Planeten und Sterne

Ein neues Bild der Entstehung von Planeten und Sternen

Untertitel: Wechselwirkungen von Körpern in Gasströmungen

Im Anhang: Ein neues Atommodell

Volkhard Radtke

Zum Verfasser

Der Verfasser dieser neuen Idee zur Planetenentstehung heißt Volkhard Radtke. Er ist am 16. Juli 1956 in Bochum geboren. Er schloss eine Ausbildung als Physiklaborant in seiner Heimatstadt ab. Zudem hat er zwei Studien in Süddeutschland an Fachhochschulen abgebrochen. Er studierte Physikalische Technik und Sozialpädagogik. Seine Arbeit konzentriert sich auf den sozialen, künstlerischen und gestalterischen Bereich. Ein wesentlicher Bestandteil seines Lebens ist ein umfangreiches Tagebuch. Die intensive Beschäftigung mit der Astronomie beginnt im Jahre 1999. Seitdem konzentriert er sich in seiner ganzen Arbeit auf die Probleme der Planetenentstehung.

Zum Verlag

Der *Radtke Verlag* ist ein Selbstverlag, in dem als erstes Buch *Planeten und Sterne - Ein neues Bild der Entstehung und der Sternentwicklung* erschienen ist. Das Buch ist in seiner ersten Ausgabe im September 2005 erschienen. Es geht darum, dem momentanen Denken in der Astronomie eine neue Idee zu vermitteln, aber auch darum, diese als Gedankengut festzuhalten. Diese richtet sich an die Fachwelt der Astronomie. Dazu gibt es zwei Ausgaben. Die erste Ausgabe hat 142 Seiten. Die zweite Ausgabe wird ab dem Jahre 2013 gedruckt und hat unterschiedliche Längen, weil immer an dem Buch gearbeitet wird. Das erste Buch der zweiten Ausgabe steht in der Technischen Hochschule von München Garching (266 Seiten), in der Uni Kiel (286 Seiten) in der Uni Jena (286 Seiten) und in der Technischen Hochschule von Karlsruhe (294 Seiten).
Die Nationalbibliothek wir die zweite Ausgabe im Jahre 2017 mit 316 Seiten abgeben. Im Jahre 2017 gelangt das Buch in die Library of Congress in Washington mit 330 Seiten. Ab dem Februar des Jahre 2020 wird entschieden, ob das Buch in der großen oder kleinen Bibliothek der Universität von Yale in Amerika mit 366 Seiten aufgenommen wird. Die Landesbibliothek in Münster bekommt ebenfalls das Planetenbuch mit 366 Seiten und in der Nationalbibliothek im Leipzig wird das Planetenbuch in dieser zweiten Ausgabe mit 366 Seiten auch noch einmal aktualisiert.

ISBN: 3-00-017013-8

Das zweite Buch ist ein reines Tagebuch mit dem Titel *Tagebuch eines Sonderlings – Die Wanderschaft vom Jahre 1988 bis 1989*. Es handelt sich um das frühe Tagebuch. Da komme ich von einer einsamen Insel, auf der ich 5 Monate gelebt habe und in dem Jahr noch ohne Wohnsitz bin. Ich lebe in der Zeit an ganz verschiedenen Orten. Es ist eine Zeit des Gesellschaftszweifels und der Orientierung. Am Ende dieses Zeitabschnittes beginnt die Sesshaftigkeit.

ISBN-13: 978-3-00-020304-6

Das dritte Buch, hat den Titel *Tagebuch eines Sonderlings – Der Sommer 2008 – Mit Marion in der Psychiatrie* Es ist die Zeit, in der ich die zweite Psychose nach Vaters Tod im Jahre 2004 habe. In der Zeit existiert das Planetenbuch schon drei Jahre. Der Kontakt zu Physikern aus der Planetenforschung hat

schon stattgefunden. Das Planetenbuch steht noch nicht an den Universitäten. Ich erfahre erst im Jahre 2013 davon, dass die erste Ausgabe des Planetenbuches in Potsdam an der Universität steht. Die Idee, diesen Buchausschnitt zu veröffentlichen, besteht darin, dass ich einen Rückblick machen wollte, um die labile Seite eines Lebens zu beschreiben.

ISBN: 978-300-058082-6

Das vierte Buch hat den Titel *Tagebuch eines Sonderlings – Der Sommer 2017, Marions Tod* Es dreht sich eigentlich um die Arbeit in der Forschung. Das Planetenbuch steht da schon in den erwähnten Universitäten. In diesem Sommer nimmt sich Marion das Leben, und daher gebe ich dem Ausschnitt dieses Tagebuches den entsprechenden Titel. Ich lebe dort schon seit mehreren Jahren wieder in einer psychisch stabilen Form.

ISBN: 978-3-00-058083-3

Das fünfte Buch hat den Titel *Tagebuch eines Sonderlings –Der Sommer 2018 – Ansichten zu einem Paradies.* Da werde ich von einem Freund gebeten jungen Menschen aus ganz Europa etwas über das Leben und die Kunst zu erzählen und das führt auch dazu, dass ich kurz darauf Personen aus der Forschung kennen zu lernen. Zu denen ich denen deren Kontakt halte. Da beginnt eine Öffnung für Menschen, die aktiv in der Forschung tätig sind. Das ist dann auch eine Hilfe für die eigene Arbeit. Darauf hin wird das Planetenbuch im nächsten Jahr in der ganzen Welt verteilt.

ISBN: 978-3-00-066460-1

Die Planetenentstehung und ihre Auswirkungen auf die Sternentwicklung

Diese Abhandlung wurde im September 2005 veröffentlicht. Sie hat sich in den nächsten Jahren immer weiter entwickelt, und ist von Volkhard Radtke erdacht und geschrieben worden. Mittlerweile gibt es auch die zweite Ausgabe zu dem Buch. Beide Ausgaben stehen in mehreren Universitätsbibliotheken.

Das Thema

Diese Abhandlung ist eine Zusammenfassung aus Gedanken über gut 21 Jahren geistiger Auseinandersetzung. Sie ist der Versuch, die Planetenentstehung und die Sternentwicklung bis in frühe Generationen der Sterne zu erklären. Sie erläutert das Prinzip der Entstehung aller Körper um einen Stern.

Darüber hinaus beschreibt es die Einflüsse der Planetenentstehung auf die Entwicklung der Sterne. Die Doppel- und Mehrfachsternentstehung wird neu definiert. Zudem wird die Dynamik der Sternentstehung über die Generationen von Sternen entwickelt. Zur Galaxieentstehung sind auch noch einige Gedanken festgehalten. Am Schluss folgt ein neues Atommodell.

Inhaltsverzeichnis

Zum Verlag 3
Vorwort zur ersten Auflage 18
Vorwort zur zweiten Auflage 19
1. Einführung 21
1.1. Themenbereiche des Buches 21
1.2. Die Planetenentstehung in der Geschichte 21
1.3. Position der Physik zur Planetenentstehung der letzten Jahre 22
1.4. Folgen der Veränderung der Planetenentstehung 23
1.5. Die Gesetze von Systemen 24
1.6. Die Unterschiede der Denkansätze 24
1.7. Themenverteilung im Buch 25
2. Planetenentstehung 26
2.1. Probleme der Planetenentstehung 26
2.1.1. Das Temperaturproblem von Meteoriten und großen Körpern 26
2.1.2. Das Rotationsproblem der Körper um einen Stern 28
2.1.3. Die Strukturen der Mondsysteme 30
2.1.4. Trennungsverfahren von Eisen und Gestein 30
2.1.5. Das Drehimpulsproblem eines Sterns 30
2.1.6. Die Position der Exoplaneten 31
2.1.7. Die Entwicklungsgeschwindigkeit 31
2.1.8. Innere Struktur der Erde 31
2.2. Das Prinzip der Körperbildung in Sternnähe 33
2.2.1. Positionen der Körper um einen Stern 33
2.2.2. Die Bedeutung der Planetenpositionen 33
2.2.3. Sternbildung und Planetenentstehung 34
2.2.4. Entstehungsbereich und Sterntemperaturen 36
2.2.5. Die Bedeutung des Entstehungsbereiches 39
2.3. Große Körper im Sonnensystem 41
2.3.1. Die Erklärung großer Strukturen im Sonnensystem 41
2.3.2. Grenzgröße einzelner Klassen von Festkörpern 42
2.3.3. Planeten vor der Gasaufnahme 44
2.3.4. Entwicklung vom Planeten zum Gasplaneten 46

2.4. Die Akkretionsscheibe bei der Planetenentstehung 51
2.4.1. Die Sternrotation und die Akkretionsscheibe.....51
2.4.2. Die Abplattung der Akkretionsscheibe 54
2.4.3. Das Ende der Akkretionsscheibe.....56
2.4.4. Die Akkretionsscheibe und die Klassen von Körpern.....56
2.4.5. Definition und Funktion der Gasscheibe.....57
2.4.6. Gasscheibe und Quasare.....57
2.5. Trennungsverfahren in der Gasscheibe 58
2.5.1. Entwicklungsstufen 58
2.5.2. Das Prinzip der Körperbildung.....59
2.5.3. Klassen der Körperbildung.....61
2.5.4. Trennung der Substanzen, Inklination und Rotation 61
2.5.5. Grenzwerte der Tropfenbildung bei Eisen und Nickel.....62
2.5.6. Die Entwicklung der Tropfen bis zu Bahngeschwindigkeit.....64
2.5.7. Streuung der Tropfen beim Aufstieg.....64
2.5.8. Trennung von Eisen und Gestein durch die Gasströmung 65
2.5.9. Isotopenverhältnis von Sauerstoff, Stickstoff und Xenon 66
2.5.10. Wellenbewegung von dem Durchbruch der Gasscheibe.....67
2.5.11. Wechselwirkung zwischen Chaos und Ordnung.....67
2.5.12. Exzentrizität, Rotation und Abdrift 68
2.5.13. Rotation und Körperklassen 68
2.5.14. Körperform, Abdrift und Periheldrehung.....69
2.5.15. Der Komet 67 P und der Komet Borisov 70
2.6. Entwicklung der Meteoriten.....73
2.6.1. Die Meteoriten und das Ende des Entstehungsbereiches 73
2.6.2. Undifferenzierte Meteoriten 73
2.6.3. Die kohligen Chondrite und die „Die Fremdlinge“.....74
2.6.4. Isotope der kohligen Chondrite 75
2.6.5. Eisenanteil der Steinmeteoriten.....76
2.6.6. Die Größe der Chondren 76
2.6.7. Eisen-Stein-Meteoriten.....77
2.6.8. Entwicklung von Eisennickel.....77
2.6.9. Nickel als Bestandteil der Eisenmeteoriten.....78
2.6.10.Mischungsverhältnis von Eisen und Nickel 78
2.6.11. Zum Trennungsverfahren von Eisen und Nickel.....79
2.6.12. Nickelgehalt in Meteoriten und Planeten 79
2.6.13. Quasikristalle.....80
2.6.14. Der Asteroid Itokawa 80

8.6.15. Der Asteroidengürtel und Alter des Sonnensystems 81
2.6.16. Der Asteroid Ryugu und Bennu 81
2.7. Sonnenflecken und Meteoritenentwicklung 83
2.7.1. Meteoriten und die Sternoberfläche 83
2.7.2. Ursachen der Sonnenflecken 83
2.7.3. Rhythmen der Sonnenflecken 84
2.7.4. Bewegung der Sonnenflecken 84
2.7.5. Ursachen des Sonnenfleckenzyklus 85
2.7.6. Körperentwicklung bei unterschiedlicher Metallizität 85
2.7.7. Häufigkeitsverteilung der Elemente in der Sonne 86
2.7.8. Eisenvorkommen bei Sternen mit nahen Exoplaneten 86
2.7.9. Zum Magnetismus bei Sternen und Planeten 87
2.8. Körper und Klassen 89
2.8.1. Körpergrößen in ihren Klassen 89
2.8.2. Größe der Körper beim Durchdringen der Akkretionsscheibe 89
2.8.3. Abdrift und Periheldrehung 90
2.8.4. Rotationseinbruch der Asteroiden 91
2.8.5. Rotation und Abdrift eines Körpers 93
2.8.6. Dichte der Klassen von Asteroiden 93
2.8.7. Prinzipielles zum Asteroidengürtel 94
2.8.8. Dichte einer Klasse und Sternmasse 95
2.8.9. Einfang und Massengewinn 95
2.8.10. Die Plutinos und der Kuiper-Gürtel 96
2.8.11. Inklination der Plutinos 99
2.8.12. Die innere Struktur von Eris 102
2.8.13. Der Kuiper-Gürtel 102
2.8.14. Die Farben der Körper im Kuiper-Gürtel 103
2.8.15. Körper außerhalb des Kuiper-Gürtels 104
2.8.16. Abplattungsbreite der Gasscheibe um einen Stern 104
2.8.17. Veränderung der Periheldrehung bei größeren Körpern 105
2.8.18. Kometen 106
2.8.19. Kometen und Asteroidengürtel bei anderen Sternen 109
2.9. Große Monde und Planeten 110
2.9.1. Die Klassifikation von Monden und Planeten 110
2.9.2. Monde, Planeten und die Gasaufnahme 110
2.9.3. Einfang der Monde und Masse des Planeten 113
2.9.4. Jupiters und Saturns Massen beim Einfang ihrer Monde 114
2.9.5. Die T-Taurikrise und die Entwicklung des Jupitersystems 115

2.9.6. Das Zusammentreffen von Planeten untereinander....115
2.9.7. Die abnehmende Dichte von Pluto bis Iapetus....116
2.9.8. Magnetfelder und Rotation der Erdmonde....118
2.9.9. Einschlagskrater der Monde....120
2.9.10. Größe der Mondpaare untereinander....122
2.9.11. Wassermengen bei Planeten und Monden....123
2.9.12. Ein Salzmeer in Callisto....125
2.9.13. Anteil von Lanthan gegenüber Kalium im inneren Sonnensystem....126
2.9.14. Das Erdinnere....128
2.9.15. Die Wassermengen der Erde....130
2.10. Rotation, Magnetismus und Drehung der Mondsysteme....134
2.10.1. Fragen zum Thema....134
2.10.2. Kräfte beim Durchdringen der Gasscheibe....134
2.10.3. Erklärung der Rotation und Trägheit von Festkörpern....136
2.10.4. Rotationsneigung und ehemalige Inklination der Planeten....138
2.10.5. Drehung der Mondsysteme....140
2.10.6. Magnetachsen und Inklination....142
2.10.7. Allgemeines zur Änderung der Inklination....142
2.10.8. Iapetus und der Erdmond....142
2.10.9. Verschiebung der Magnetachsen der Gasplaneten....142
2.10.10. Die Stärke des Magnetismus und die Rotation....143
2.10.11. Drehimpuls der Gasscheibe und des Sterns....144
2.10.12. Drehung der Mondsysteme im Kuiper-Gürtel....144
2.11. Das Ring- und Kleinmondsystem der Gasplaneten....145
2.11.1. Die Kleinkörper bei den Gasplaneten....145
2.11.2. Ring- und inneres Kleinmondsystem der Gasplaneten....145
2.11.3. Körpergrößen und Abstände im inneren Kleinmondsystem....147
2.11.4. Äußere Kleinmonde der Gasplaneten....148
2.11.5. Gegenläufige Kleinmonde des Jupiter....148
2.11.6. Äußere Kleinmonde des Saturn....149
2.11.7. Der Saturnmond Pan....150
2.11.8. Äußere Kleinmonde des Uranus....150
2.11.9. Äußere Kleinmonde des Neptun....150
2.12. Exoplaneten....152
2.12.1. Wechselwirkung zwischen Planeten und Sternen....152
2.12.2. Wechselwirkung zwischen Sternrotationen und Gasscheibe....152
2.12.3. Entwicklungsprinzip und Klassen von Gasplaneten....152
2.12.4. Die Klassen der Exoplaneten und die Sternmasse....153

2.12.5. Perioden der Exoplaneten und Gasaufnahme 155
2.12.6. Prinzip der Perioden der Exoplaneten 155
2.12.7. Gasaufnahme von Planeten und Klassen von Körpern 155
2.12.8. Sternmasse und Positionen von Exoplaneten 158
2.12.9. Mehrfachsysteme bei den Exoplaneten 162
2.12.10. Metallizität der Sterne und Exoplaneten 163
2.12.11. Die Häufigkeit der Braunen Zwergen 163
2.12.12. Exoplaneten und Doppelsterne 164
2.12.13. Entstehungsort, Exoplaneten und Mehrfachsternsysteme 165
2.12.14. Lücken bei Exoplaneten und Sternhaufen 166
2.12.15. Auswertung zum Diagramm 1 166
2.12.16. Exoplaneten im Nahbereich eines Sterns 167
2.12.17. Exoplaneten in großen Abständen 169
2.12.18. Sternabstand und Größe von Exoplaneten 170
2.12.19. Die Abdrift und die Periheldrehung 171
2.12.20. Metallizität und Sternentwicklung 172
2.12.21. Bete Pictoris b 173
2.12.22. Das System von Kepler 10 173
2.12.23. Das Planetensystem von Trappist 1 174
2.12.24. Das System Kepler 107 176
2.12.25. Mondsysteme der Exoplaneten 177
2.13. Zusammenfassung zur Entwicklung von Planeten 179
2.13.1. Grundlegende Prinzipien der Körperbildung 179
2.13.2. Wirkende Kräfte 179
2.13.3. Wirkung der Kräfte 180
2.13.4. Wesentliche Prinzipien der Entwicklung 180
3. Die Sternentwicklung 181
3.1. Einzelsterne und Erststerne 181
3.1.1. Prinzip der Sternenentstehung 181
3.1.2. Sternentstehung über die Temperatur und Sternmasse 182
3.1.3.Fusionsstörungen und Sternmasse 185
3.1.4. Die Wirkung der Konvektionszonen 186
3.1.5. Spektralklassen und Sternrotation 186
3.1.6. Leuchtkraftverminderung der Jungsterne 188
3.1.7. Sichtbare Einflüsse der Planeten auf die Sterne 189
3.1.8. Metallizität und Sternentwicklung 190
3.2. Doppelsterne 192
3.2.1. Der Übergang vom Planeten zum Stern 192

3.2.2. Arten der Doppelsterne 193
3.2.3. Abstände der Doppelsterne 195
3.2.4. Häufigkeit und Spektrum der Doppelsterne 196
3.2.5. Massenunterschied der Doppelsterne 197
3.2.6. CP-Sterne 198
3.2.7. RS-Canum-Venaticorum-Sterne 199
3.2.8. Ap- und Am-Sterne 199
3.2.9. Sternklassen bei verschiedenen Sterntemperaturen 201
3.2.10. Die obere Grenze der Zwergnova 201
3.2.11. Entstehung der Pulsare in Zweitsternen 203
3.2.12. Die Struktur der Wolf-Rayet-Sterne 203
3.2.13. Zwei Arten der Doppelsternentwicklung 204
3.2.14. Enge Doppelsterne bei Mehrfachsternsystemen 205
3.2.15. Die Leuchtkraftklassen nach dem Verlassen der Hauptreihe 205
3.2.16. Cepheiden und W-Vir-Sternen 207
3.2.17. Die RR-Lyrae-Sterne 209
3.2.18. Doppelsternbildung und Planetenentstehung 210
3.2.19. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz 211
3.3. Fusionsprozesse 212
3.3.1. Fusionsprozesse und Positionen im HRD 212
3.3.2. Fusionsstufe oberhalb des Heliums 213
3.3.3. Fusionsprinzip der Nova 213
3.3.4. Arten der Supernova und ihre Fusion 215
3.3.5. Späte Struktur der Supernova 1987 A 219
3.3.6. Arten der Gammastrahlenausbrüche (GRBs) 220
3.3.7. Entwicklung der Pulsare 222
3.3.8. Pulsare und Gravitationswellen 224
3.3.9. Die Häufigkeit der Positronen im Universum 226
3.3.10. Magnetare und Radioblitze 226
3.3.11. Schwarze Löcher und ihr Aufbau 228
3.3.12. Das Objekt V 404 Cygni 230
3.3.13. Fusionsprozesse und Neutronenhäufigkeit 231
3.4. Das Ende der Sterne 232
3.4.1. Der Unterschied zwischen DA- und DB-Sternen 232
3.4.2. Die Temperaturlücke der DB-Sterne bei 30ooo bis 45ooo Kelvin 233
3.4.3. Supernovaüberreste und der Eisenanteil 234
3.4.4. Pulsare und Doppelsterne 235
3.4.5. Das Ende von Haupt- und Einzelsternen 236

3.4.6. Planetarische Nebel und Doppelsterne 237
3.4.7. Zur Allgemeine Relativitätstheorie 237
3.5. Zusammenfassung zur Entwicklung von Sternen 239
3.5.1. Grundsätzliche Prinzipien der Sternbildung ohne Planetenentstehung 239
3.5.2. Steuerungsprinzip und der Mechanismen zur Sternentwicklung 239
3.5.3. Sterngenerationen 239
3.5.4. Prinzip der Doppelsternentstehung 240
3.5.5. Prinzipien der Sternsteuerung durch Doppelsterne 240
3.5.6. Metallizität und Häufigkeit schwerer Elemente im Universum 241
3.5.7. Das neue Klassifikationssystem 241
3.5.8. Das Prinzip von Pulsaren und Schwarzen Löchern 241
3.6. Die alten Sterngenerationen und Galaxien 243
3.6.1. Wesentliche Strukturen bei der Galaxiebildung 243
3.6.2. Metallizität und alte Sterngenerationen 244
3.6.3. Sternverhalten und Metallizität 246
3.6.4. Metallizität und frühere Sterngenerationen 247
3.6.5. Bewegungsdynamik der Galaxien 249
3.6.6. Große Galaxiestrukturen 250
3.6.7. Zwei Generationen von Kugelsternhaufen 252
3.6.8. Richtungen der Galaxie- und Sternentstehung 253
3.6.9. Auslöser der Entstehung erster Sterne 253
3.6.10. Gasströme und Quasare im früheren Universum 254
3.6.11. Der Bulge und die Größe des Schwarzen Lochs 254
3.6.12. Wachstum von massiven Schwarzen Löchern 255
3.6.13. Richtungen und Ausdehnung des Universums 260
3.6.14. Die Dunkle Materie 260
3.6.15. Die Größe des Universums 261
4. Wissenschaftskritik und Analyse 262
4.1. Allgemeine Gedanken 262
4.1.1. Unterschiede der Idee zum bisherigen Denkansatz 262
4.1.2. Körperbildung und Strömungseinfluss der Gase 263
4.1.3. Betrachtungsebene und Art des Denkens 263
4.1.4. Gedankenschritte und ihre Überprüfung 263
4.1.5. Einfachheit der Idee und ihre Gesetzmäßigkeit 264
4.2. Diskussion der Idee im Bezug auf Planetensysteme 265
4.2.1. Das Temperaturproblem der Kleinkörper 265
4.2.2. Das Temperaturproblem bei großen Körpern 265
4.2.3. Trennungsverfahren von Eisen und Gestein 265

4.2.4. Rotation von Festkörpern 266
4.2.5. Größen und Klassen von Körper 266
4.2.6. Die Gasaufnahme der Gasplaneten 267
4.2.7. Exoplaneten und die Massen der Sterne 267
4.2.8. Zusammenfassung zur Planetenentstehung 268
4.3. Diskussion der Idee im Bezug auf Sternsysteme 269
4.3.1. Sternenentstehung und die Gasscheibe 269
4.3.2. Sonnenflecken und Konvektionszonen 269
4.3.3. Planetenentstehung und Sternentwicklung 269
4.3.4. Exoplaneten und Doppelsterne 270
4.3.5. Abschließender Gedanke zu den Sternen 270
4.3.6. Zusammenfassung 271
4.3.7. Kritik an der Physik im Bezug auf die Planetenforschung 271
4.3.8. Allgemeine Änderungen im bisherigen Denken 272
4.3.9. Die fehlende Statistik 273
5. Epilog 274
Tabellen 275
Tabelle 4: Monde der Planeten 275
Tabelle 5: Daten über Planeten 277
Tabelle 6a: Daten zu den Monden in unserem Sonnensystem 278
Tabelle 6b: Objekte im Kuiper-Gürtel 280
Kommentar zur Massenbestimmung der Sonne: 280
Tabelle 6c: Objekte im Kuiper-Gürtel 281
Tabelle 7a: Eigenschaften der Chemische Elemente 282
Tabelle 7b: Dichte der Asteroiden 285
Tabelle 8: Exoplaneten 286
Tabelle 9: Exoplaneten mit Mehrfachsystemen 296
Tabelle 10: Sternspektren und Masse 301
Tabelle 11: Massen von Hauptreihensternen mit Exoplaneten 302
Liste von Grafiken und Tabellen 307
Literatur zur Astronomie 310
Anhang: Das Atom und die Struktur der Elemente 313
6. Fragen zum Atom 315
6.1. Die Geschichte der Elementarteilchenforschung 316
6.2. Entstehung der Atome 317
6.2.1. Der Atomkern 317
6.2.2. Das Elektron und seine Entstehung 319
6.2.3. Das Elektron und die Positionen der Quark 319

6.2.4. Das Elektron und Ursache der Neutrinos 319
6.2.5. Entstehung der Atomkerne 321
6.2.6. Die Anpassung des Up-Quarks 323
6.2.7. Das magnetische Feld einer elektromagnetischen Welle 323
6.2.8. Das Top-Quark und das Bottom-Quark 323
6.2.9. Die Bedeutung des Higgsteilchens 324
6.2.10. Das Verhältnis von Materie und Antimaterie 325
6.2.11. Elektron und Positron im Atomkern 326
6.2.12. Die Paritätsverletzung (C-P-Verletzung) 326
6.2.13. Das Prinzip von Materie und Antimaterie 327
6.3. Die Elemente 328
6.3.1. Die erste Schale im Atomkern 328
6.3.1.1. Vom Wasserstoff zum Deuterium 328
6.3.1.2. Vom Tritium zum Helium 329
6.3.1.3. Helium und das Elektron 331
6.3.1.4. Die Hauptreihe im HRD 332
6.3.1.5. Der Betazerfall in Sternen 332
6.3.2. Die weiteren Schalen im Atomkern 333
6.3.2.1. Vom Helium über das Lithium hinaus 333
6.3.2.2. Struktur der zweiten Schale 334
6.3.2.3. Das vierte und fünfte Proton auf der zweiten und dritten Schale 335
6.3.2.4. Die ersten drei Schalen des Atomkerns 337
6.3.2.5. Der Magnetismus 338
6.3.2.6. Leitfähigkeit von Metallen 339
6.3.2.7. Eisen als optimale Fusionsstufe 339
6.3.2.8. Die vierte und fünfte Schale des Atomkerns 340
6.3.2.9. Die Dichte der Elemente 341
6.3.2.10. Die spezifische Geometrie des Atomkerns 341
6.3.2.11. Nuklide und die Struktur des Atomkerns 342
6.3.2.12. Stabile Nuklide und Neutronenüberschüsse 342
6.3.2.13. Der Wasserstoff und die Fusionsprozesse 344
6.3.2.14. Energiemenge und Größe der Quarks 344
6.3.2.15. Der Bauplan der Atomkerne 345
6.3.2.16. Die Bedeutung der Strukturen im Atomkern 345
6.3.2.17. Die Struktur der Pulsare 345
6.3.2.18. Neutrinos und Fusionsprozesse in der Sonne 347
6.3.2.19. Planetarische Nebel 347
6.4. Ladung und wirkende Kräfte 348

6.4.1. Zusammenhalt des Atomkerns 348
6.4.2. Ladung der Schalen im Atomkern und das Elektron....348
6.4.3. Überlegungen zum Compton-Effekt 348
6.4.4. Elementarteilchen und Wellenfunktion....349
6.4.5. Stabilität eines Teilchens....349
6.4.6. Abstand des Elektrons vom Atomkern....349
6.4.7. Das Elektron und sein Grundzustand 350
6.4.8. Die Quantenzustände des Elektrons 350
6.4.9. Quantensprünge im Vergleich....351
6.4.10. Der Schritt zu den Quantensprüngen....352
6.4.11. Die Temperatur und der Grundzustand 353
6.4.12. Bindung des Elektrons an den Atomkern....353
6.4.13. Der Spin beim Elektron....353
6.4.14. Kovalente Bindung und Anomalie des Wassers....354
6.4.15. Das Elektron unabhängig vom Atomkern 354
6.4.16. Die Frage zum Symmetriebruch....355
6.4.17. Die Aggregatzustände und Atomstruktur....355
6.4.18. Teilchen am Doppelspalt....356
6.4.19. Die Geschwindigkeit der Teilchen 356
6.4.20. Die Bewegung der Elementarteilchen 357
6.4.21. Die Frage nach der Ruhemasse 357
6.4.22. Der Schritt zu den Quantensprüngen....357
6.4.23. Temperatur und Grundzustände der Elektronen....358
6.4.24. Die Ladung der Teilchen und die Gravitation....359
6.4.25. Zur Tabelle des Periodensystems 359
6.5. Kernspaltung und Fusionsprozesse 360
6.5.1. Die Atomspaltung....360
6.5.2. Der α Zerfall....360
6.5.3.Der Verlauf der β Zerfalls 360
6.5.4. Arten der Neutrinos 361
6.5.5. Der radioaktive Zerfall 362
6.5.6. Die Spaltung des Urans 362
6.5.7. Fusionsprozesse....363
6.5.8. Atomstruktur, Pulsare und Schwarze Löcher 363
6.5.9. Magnetare und das Atommodell 365
6.5.10. Atome im Anfang des Universums 365
6.6. Zusammenfassung 368
6.6.1. Die Kräfte im Atomkern....368

6.6.2. Die Bindung des Elektrons an den Atomkern 368
6.6.3. Ähnlichkeiten zum Atommodell von Niels Bohr 369
6.6.4. Einstein und die Wechselwirkungsteilchen der Physik 369
6.6.5. Gegensätzliche Prinzipien 370
6.6.6. Allgemeines zum Atommodell 371
Bilder- und Grafikverzeichnis 375
Literatur zum Atom 376

Vorwort zur ersten Auflage

In dieser Abhandlung geht es um die Bildung von Körpern um einen Stern. Es wird darin ein neuer Entstehungsablauf entwickelt, der auf zentrale Probleme innerhalb unseres Sonnensystems Antwort geben möchte. Es geht darin um die Frage: Wie kommt es zur Rotation von Körpern, die sich um den Stern bilden? Auf die Stellung der Mondsysteme bei den Gasplaneten wird versucht, eine Antwort zu geben. Es geht um die Größen und die Position der Monde bei den Gasplaneten. Das heißt, es geht allgemein um die Strukturen innerhalb unseres Sonnensystems. Wie könnten diese entstanden sein?

Eine der wesentlichen zentralen Frage liegt darin: Wie entstehen aus kleinen Körpern große Körper. Wie bilden sich unterschiedliche Körperklassen, wie Eisen-, Gesteins- und Eiskörper.

Im weiteren Blickfeld geht es um die Position anderer Planeten um einen Stern. Wie kann man diese unterschiedlichen Positionen erklären.

Eine weitere zentrale Frage liegt darin, welchen Einfluss hat die Bildung von Körpern um einen Stern auf den Stern selbst. Dann geht es darum, wie sich Doppel- und Mehrfachsternsysteme bilden.

Die letzte Frage liegt darin, welchen Einfluss könnte die Planetenentstehung auf die unterschiedlichen Sterngenerationen haben.

Die Antwort auf all diese Fragen ergibt sich aus der Idee, dass alle Körper kondensieren und sich in Sternnähe entwickeln. Der zweite wichtige Gedanke liegt darin, dass bei der Entstehung der vielen kleinen Körper, der Stern stark beeinflusst wird. Die Entstehung von Körpern um einen Stern, seien es nun Monde oder Planeten, steuern demnach die Entwicklung der Sterne.

Darüber hinaus kann man mit dieser neuen Idee eine ganze Menge Aussagen zum Verhalten von Sternen machen. Man kann damit erklären, warum Sterne nicht rotieren, oder, warum sich ihre Oberflächen unterschiedlich zusammensetzen.

Innerhalb dieser neuen Idee zur Entwicklung der Körper um den Stern, stellt sich heraus, dass sich bei Doppelsternen der zweite Stern aus einem Planeten entwickelt. Das bedeutet, auf der einen Seite existiert ein Stern, wie unsere Sonne und auf der anderen Seite ein Stern mit Eisen oder Gesteinskern. Innerhalb eines Sterngebildes hätte man demnach ganz unterschiedliche Typen von Sternen.

Da die Beschreibung der Entwicklung des Planeten zum Stern sehr genau erklärt wird, können klare Aussagen zu den Abständen von Doppelsternen unterschiedlicher Temperatur gemacht werden. Im nächsten Punkt ist man in der Lage das innere Verhalten dieses zweiten Sterns genau zu beschreiben und es lassen sich damit mehrere Phänomene erklären.

Kommen wir noch einmal zu der Idee selbst zurück! Sie besagt, dass sich alle Körper in der Nähe des Sterns bilden. Sie entstehen hintereinander und sie entstehen paarweise. Monde sind eingefangene Körper und waren vorher gleichwertige Körper, wie Planeten.

Während der Entwicklung des Sterns werden alle Körper ständig in Bewegung gehalten. Die treibende Kraft ist die Reibung der Körper in dem Gas, das sich zum Stern bewegt. Ein weiterer Faktor ist die Periheldrehung.

So lange Sterne Gase aufnehmen, treiben Körper vom Stern weg. Unterschiedliche Körpergrößen sorgen für eine unterschiedliche Abdrift. Alle Körper haben wegen der Gasstruktur spezifische Inklinationen. Demnach halten sich kleine Körper in ähnlichen Bahnen im Bezug zum Stern auf. So ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sie zusammen treffen und größer werden.

Der wesentliche Faktor für die Bildung von Körpern um einen Stern ist die Kondensation. Darauf hin bilden sich unterschiedliche Klassen in unterschiedlichen Abständen zum Stern. Eisen und Gestein bildet sich im ähnlichen Abstand zum Stern, aber unter verschiedenen Inklinationen. Damit

existiert schon in der frühen Phase ein Trennungsverfahren nach der Dichte der Körper innerhalb einer Gasscheibe.

Bei der Bildung von Körpern in der Nähe des Sterns bekommen alle Körper innerhalb des Gases eine Rotation. Ein großer Teil der Körper stürzt dabei während seines Heranwachsens in den Stern. Gesteinskörper mit Eisenanteilen oder reine Eisenkörper erzeugen darauf hin Magnetfelder. Stürzen diese Körper in den Stern, verstärken sich die Magnetfelder in den tieferen Regionen des Sterns, weil dort der Wasserstoff metallische Eigenschaften entwickelt. Das führt zu großen Unruhen in der Sternoberfläche, und zur Bildung von Sonnenflecken und Konvektionszonen bei kühlen Sternen. Bei heißeren Sternen sind die Konvektionszonen in tieferen Regionen, weil sich der Entstehungsbereich von Körpern sehr weit entfernt hat. Die höhere Temperatur des Sterns sorgt für den größeren Abstand des Entstehungsbereichs. Damit stürzen keine Körper mehr in den Stern. Der Stern wird damit auch nicht gebremst. Somit ist auch nicht verwunderlich, dass mit dem Absinken der Konvektionszonen zu dem heißen Stern hin, die Rotation der Sterne mit einem Mal zunimmt.

In dieser kurzen Betrachtung sieht man den Blickwinkel, zur Entstehung von Körpern um einen Stern und den Einfluss dieser Körper auf den Stern. Dieser Blickwinkel der Körperbildung wird innerhalb dieses Buches dargelegt und näher erklärt. Daraus entwickelt sich ein neues Bild der Entstehung, aber auch ein neues Bild über den inneren Aufbau von Sternen. Aus diesen neuen Entstehungsbildern kann man das Verhalten der Sterne unterschiedlicher Art und Temperatur ableiten. Die Erklärung geht jedoch weiter, weil damit auch das Verhalten der alten Sterngenerationen plausibel wird. *(September 2005)*

Vorwort zur zweiten Auflage

Die zweite Ausgabe ist deswegen notwendig, weil die Entwicklung der Planetenentstehung im Jahre 2005 so viel verändert hat. Zudem kommt, dass immer mehr Exoplaneten gefunden wurden. Erst diese große Zahl von Exoplaneten macht eine entsprechende Auswertung möglich. Im Buch sind 450 Exoplaneten ausgewertet. Diese wären in dieser Ausgabe neu.

Die Ergänzung des Buches führte zu einer Reihe von neuen Grafiken. Die zweite Ergänzung im Buch bezieht sich auf Fusionsprozesse. Auch da sind neue Zusammenhänge klar geworden. So hat sich das Bild im Sternaufbau in den weiteren Jahren erweitert. Zum Beispiel sind mir die Bedeutung der Wolf-Rayet-Sterne und die Aufteilung der Doppelsterne im hohen Temperaturbereich klarer geworden. Dadurch ist erst ein neues Klassifikationssystem für alle Sterne entstanden. Das gesamte Bild der Sterne rundet sich damit ab.

Hinzugekommen sind dann auch Gedanken, die sich mit dem Thema der Entstehung von Galaxien beschäftigen. Auch da ergab sich eine neue Sicht, die den Ort der Entstehung von Kugelsternhaufen nicht innerhalb der Galaxien sah. In diesen Gedanken geht es um sehr große Gasströmungen im frühen Universum, die eigentlich nicht zur Idee der Planetenentstehung gehören. Sie sind aber in der neuen Auflage aufgenommen worden, weil auch dort wichtige neue Gedanken vorliegen, die es so in der Physik noch nicht gibt. Zudem findet man am Ende des Buches ein neues Atommodell. Es ist Jahre 2007 entwickelt worden, und ist ebenfalls aus einer geometrischen Überlegung entstanden. Da entstehen Gedanken, die Grundlegens an der Physik ändern.

Bei der weiteren Entwicklung ist wesentlich, dass innerhalb der Idee zur Planetenentstehung immer klarer wird, welche Strömungsgesetze die Bewegung der Körper bestimmen. Letztendlich kann man immer genauer bestimmen, wie die Rotation, die Abdrift und die Exzentrizität von Körper über ihre Eigenschaften zu erklären sind. Es kommen aber noch weitere neue Gedanken zu unserem Sonnensystem hinzu. Das Bild zur Entwicklung und den Klassen von Körpern bei den Exoplaneten erfährt auch noch eine weitere Veränderung. Aus diesem Grund muss das Buch mit einer neuen Ausgabe erweitert werden.

Mit der ersten Auflage ist auch der Kontakt zu den verschiednen Physikern im Bereich der Astronomie entstanden. Die Kontakte waren ganz unterschiedlich. Der Versuch sich mit dem Denken in der Physik zu vermitteln, ist nicht gelungen. Trotzdem ist es wichtig seine Position zu beziehen und

genau zu formulieren. Da das Buch in den letzten Jahren auch in den Universitätsbibliotheken zu finden ist, ist die Aufgabe erfüllt, sein Denksystem darzustellen. Da kann es jeder lesen.

Man muss bei der Entwicklung der neuen Daten sehen, dass sie nicht nur für die Idee nur Planeten- und Sternenentstehung passen, sondern auch zu den Galaxien und ihrer Entwicklung und der Entstehung und dem Aufbau des Atoms. Es bleibt daher abzuwarten, was sich in Zukunft zusätzlich als richtig erweisen wird. Im Bezug darauf haben sich bei der Arbeit recht gute Vorhersagen ergeben.

Zur zweiten Ausgabe müsste man sagen, dass sie mehrere Erweiterungen hatte. Das Thema hat sich einfach weiter entwickelt. Es hat immer neue Daten gegeben. Damit ist das Buch immer länger geworden. An den Universitäten stehen daher auch mit der zweiten Ausgabe Bücher mit unterschiedlicher Länge. Das ergibt sich aus dem Entwicklungsverlauf der Arbeit. In den letzten bedien Jahren wird das Buch auch im Ausland abgegeben.

Da sich die zweiten Ausgabe des Buches in den Seiten unterscheidet, muss man immer auf das Datum nach dem Epilog schauen. Da zählt die Angabe des Monats und des Jahres.

Volkhard Radtke, Bochum im April 2020

1. Einführung

1.1. Themenbereiche des Buches

Im Buch geht es um die Fragen der Planetenentstehung und den Zusammenhang zwischen die Planetenentstehung und Sternentstehung. Als nächstes geht es um die Entstehung von Doppel- und Mehrfachsternsystemen. Und es geht um die Entstehung von Sternen über die Sterngenerationen. Das wären die Hauptthemen. Am Ende des Buches dreht es sich noch um die Entstehung von Galaxien, und um Strömungsstrukturen im frühen Universum. Der Anhang behandelt die Entstehung der Atome.

Die neuen Gedanken besagen, dass die Planeten in der Nähe des Sterns entstehen und die Sternentstehung steuern. Sie entstehen mit ihren Mondsystemen hintereinander und nicht gleichzeitig. Zudem sind Planeten Vorläufer von Mehrfachsternsystemen. Die Sterne der Kugelsternhaufen entstehen nicht innerhalb der Galaxien. Diese Sternentstehung geht von einzelnen Zentren im Kosmos aus. Protonen und Neutronen drehen sich mit ihren Quarks in den Elementen um eine Achse. Das wären, kurz gesagt, die grundlegend die neuen Gedanken.

In diesem Buch sind die Themen kurz gefasst und besprochen. Die gesamte Entwicklung der Gedanken, und damit verbunden auch der geistige Weg mit seinem Für und Wider finden in einem Tagebuch statt, was sich über 14 Jahre hinzieht. Es hat in den Jahren einen Umfang von mehr als 7000 Seiten erlangt. Insofern ist das Buch nur eine Kurzfassung all dem was dazu gedacht worden ist. das Tagebuch ist genauestens dokumentiert.

1.2. Die Planetenentstehung in der Geschichte

Der technische Fortschritt speziell in der Astronomie, hat seit Galileo gezeigt, dass diese sofort zu neuen Erkenntnissen geführt haben. Man musste nur genügend genau rechnen, und konnte beweisen, dass nicht die Erde sondern die Sonne im Zentrum unseres Sonnensystems steht. Dieser Fortschritt ging immer weiter fort. Also müsste man zu dem Schluss kommen, neue Fortschritte führen immer gleich zu neuen Erkenntnissen in der Astronomie.

Man konnte auch immer weiter in die Ferne schauen, mehr Sterne und Galaxien erkennen, man ist in der Lage die Spektren von Sternen zu analysieren und wusste im späteren Verlauf dadurch sehr viel von Sternen. Trotzdem blieb es im Dunklen, wie nun ein Sonnensystem, also ein Stern mit seinen Planeten entsteht. Der Fortschritt hat nur gezeigt, wo die Körper im Kosmos liegen, er hat aber nicht gezeigt, wie sie entstehen, und das ist bis heute noch so.

Die Meteoritenforschung des 19. Jahrhunderts ist noch von großer Bedeutung. Erst spät wurde in der konservativen Welt der Physik akzeptiert, dass Steine vom Himmel fallen würden, und eben aus unserem Sonnensystem kommen.

In den 70ger Jahren des letzten Jahrhunderts kam die Mondfahrt hinzu. Man hatte immer mehr Mondgestein und konnte dort genaue Analysen machen. Es kommen immer mehr Sonden hinzu, die das Sonnensystem untersuchen. Die Datenflut ist damit sehr groß geworden, das Bild vom Sonnensystem sehr genau, aber trotzdem hat es bis dahin noch nicht gereicht Antwort zu geben, wie nun Planeten, Monde und alle anderen kleineren Körper um einen Stern entstanden sind.

In der Neuzeit, als erst seit dem Jahre 1992 hat man Planeten um andere Sterne gefunden. Nicht viel früher weiß man nun von Gasscheiben, die wie Kant sie schon prognostizierte, um Sterne zu finden sind. Einmal fällt mit dem Name Kant auf, dass nicht unbedingt die Physiker, diejenigen waren, die Antworten auf das Entstehen von Planeten gegeben haben. Es war ein Denker und Philosoph, der für damalige Zeit Erkenntnisse hatte, die für heutige Zeiten noch bezeichnend sind.

Mit den neuen Planeten um andere Sterne traten ganz andere Strukturen von Planetensystemen auf. Ihre Zahl ist mittlerweile sehr groß, etwa 500 Planeten, und wächst ständig, Wesentlich ist, dass vorwiegend Gasplaneten in allen Abständen um einen Stern vorzufinden sind. Sie liegt nicht in Abständen, wie man sie in unserem Sonnensystem vorfindet. Man glaubte, das Sonnensystem wäre mit seinen Monden und Planeten typische Struktur. Durch die Exoplaneten ist dieses Bild hinfällig.

Die Frage ist nun, wo und natürlich wie Planeten entstanden sind. Diese Fragen werden aber immer schwieriger. Vor allem halten sie sich genau da auf, wo auch Doppelsterne sind. Man weiß auch, dass sie sich nicht nur in der gleichen Richtung drehen, wie in unserem System. Es sind große Gasplaneten gefunden worden, die sich gegen die Drehrichtung der Sternrotation bewegen. Nur Kometen als Kleinkörper haben ebenfalls solche Richtungen.

Man muss auch in eine andere Richtung schauen, nämlich ins Erdinnere. Die Geologen haben herausgefunden, dass der Kern der Erde fest ist, dass sich der Eisennickelkern unter einem anderen Winkel als die Gesteinsmantel dreht, und das er sich vor allem schneller dreht. Das bedeute, die Erde besteht aus zwei verschiedenen Körpern, die sich ineinander unter verschiedenen Winkeln drehen.

Kehren wir zu Galileo zurück, so hat unserer technischer Fortschritt keinen direkten und einmaligen Hinweis geliefert, um nun zu sagen, wie Planeten entstanden sind. Aber eines kann man schon sagen, eine Lösung liegt nicht in einem einmaligen Hinweis, sondern sie findet in einer komplexeren Datenanalyse statt, die auch die Geometrie des Sonnensystems beachtet. Das ist Voraussetzung um ein Verständnis zu erlangen.

1.3. Position der Physik zur Planetenentstehung der letzten Jahre

Schaut man herum und fragt sich, was über die Planetenentstehung gesagt wird, muss man auch da eine kurze Reise in die Vergangenheit machen. Es ist vor 20 Jahren und später noch viel darüber diskutiert worden, dass gerade die Meteoriten Hinweise liefern, die für eine warme Entstehung sprechen. Auch die Wärmequellen der Gasplaneten und selbst der festen Körper im Sonnensystem könnten für eine warme Entstehung am Anfang sprechen. Man hätte in den letzten Jahren dafür noch mehr Hinweise, da ja ein großer Teil der Exoplaneten in der unmittelbaren Nähe des Sterns zu finden sind. Wären sie dort entstanden, müssen die Temperaturen sehr hoch gewesen sein.

Die Exoplaneten würde die Diskussion der warmen Entstehung demnach unterstützen, aber es hat sich in den letzten Jahren innerhalb der Physik eine Haltung zur Entstehung durchgesetzt, die für die kalte Entstehung von Körpern aus Staub eintritt. Demnach werden zum Beispiel auch solche Mechanismen, - wie der Regen oder besser noch der Hagel, bei dem in kurzer Zeit Tennisball große Körper entstehen können, - in einer Gasscheibe um einen Stern abgelehnt. Dort regnet es nach ihrer Ansicht nicht. Die Diskussion hat sich also über die Jahre verändert.

Neben der kalten Entstehung ist man sich heute weitgehend einig, dass Planeten in der Ferne entstehen und dann zum Stern wandern. Das führt aber zu einem größeren Drehimpulsproblem für Sterne, die bei massearmen Sternen relativ langsam rotieren.

Zudem ist man zu dem Schluss gelangt, dass Planeten erst nach der Gasaufnahme des Sterns entstehen. Erst nimmt der Stern oder Doppelstern seine Gase auf. Der Staub bleibt über und dann entsteht aus dem Staub das Planetensystem. Das ist das neuste, was aus dem Unterricht einer Universität zu erfahren ist.[1]

---

[1] Im Wintersemester 2010/11 habe ich im Unterricht der Uni Bochum gesessen und mir vom Prof. Chini erklären lassen, was zurzeit über die Planetenentstehung gedacht wird. Die Vorlesung drehte sich um Exoplaneten.

Originale E-Mail von Prof. Chini vom Dezember 2010:

Sehr geehrter Herr Radtke,

Es handelt sich hier um zwei unterschiedliche Entwicklungsstadien:

1. Solange der Stern noch jung ist, sammelt er noch Masse auf und wächst. Das ist auch das Stadium, in dem er Herbig-Haro Jets aussendet. In diesem Stadium ist die Gasdichte nahe beim Stern am höchsten.

Einer der wichtigen Gedanken ist auch dieser, dass die Planetenentstehung von der Sternentstehung klar getrennt wird, obwohl man auch da klare Hinweise hat, dass Planeten Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Elemente des Sterns hat. ist nämlich ein Planet in der Nähe eines Sterns ist auch die Häufigkeit schwerer Elemente dieses Sterns sehr viel höher. (Hier wird übrigens argumentiert, es könne deswegen nicht sein, weil die Menge zu groß wäre.[2] Man kann sich wohl nicht vorstellen, dass 30 Erdmassen Eisen in einen Stern fallen.)

Der nächste Punkt ist auch sehr wichtig. Man könnte über die Exoplaneten zu dem Schluss gelangen, dass diese Gasplaneten Vorläufer von Doppelsternen sind. demnach könnte man auf den Gedanken kommen das Doppelsterne, in dem Sinne wäre es der zweite Stern, Planetenkerne haben und demnach einen anderen Aufbau hätten als der Hauptstern. Diesen Gedanken kann man durchaus erwägen, aber er wird von der Physik kategorisch abgelehnt. Auch da gibt es Hinweise die dafür sprechen. Bei den G-Sternen gibt es die ersten engen Doppelsterne, die oft auch magnetische Eigenschaften haben, und just bei der gleichen Sternmasse und auch in unmittelbarer Nähe des Sterns findet sich der erste magnetische Exoplanet (Den magnetischen Planet findet man im Diagramm 2.).

Einer der wichtigen Punkte, der zur grundlegenden Denkweise von Physikern gehört ist eine statische Sicht der Dinge. Das bedeutet, sie geht mehr oder minder davon aus, dass die Körper im Universum, da entstanden sind wo man sie heute findet. Diese grundlegende Einschränkung des Denkens in der Physik ist oft die Ursache dafür, dass sie die Prozesse der Entstehungen im Universum und das bezieht sich nicht nur auf Planeten und Sterne nicht begreift.

Ein weiterer Punkt oder man müsste es auch eine Schwäche nennen, liegt darin, dass Physiker immer wieder etwas postulieren, und nicht überprüfen, ob es nun wirklich so ist. Ihnen fehlt einfach die Bereitschaft der gezielten Untersuchung. Eines der schönen Beispiele wäre dort die Hintergrundstrahlung, die schon viel früher postuliert wurde aber nie untersucht wurde. Es war der Zufall, dass Radiotechniker diese Strahlung fanden, die mit der Astronomie gar nichts zu tun hatten. In der einen Richtung haben sie Glück gehabt. Es hast sich bestätigt, was sie annahmen, aber auf der anderen Seite ist es eher peinlich, dass sie das nicht untersucht haben. Bezieht man das noch mal auf die Gasscheibe, so postuliert die Wissenschaft keinen Einfluss durch sie, überprüft aber auch nicht, ob dieser Einfluss eventuell doch existiert. In diesem Buch wird aber beschrieben, dass es diesen Einfluss sehr wahrscheinlich doch gibt, und dass es auch möglich ist, ihn in diesem Sonnensystem nachzuweisen.

Mit dieser kurzen Erklärung hat man die heutige Position der Physiker aus der Astronomie zur Planetenentstehung. Man sieht hier schon auch in den Andeutungen meiner Gedanken, dass man völlig anders denken könnte. Es reicht aber der Hinweis dazu und es wird erst im späteren Text darauf Bezug genommen.

1.4. Folgen der Veränderung der Planetenentstehung

Man muss jetzt mit einem gedanklichen Strategiespiel beginnen und sich überlegen, was passiert, wenn es zu einer starken Änderung der Planetenentstehung kommt. Planeten können einen grundlegenden Einfluss auf die Entwicklung der Sterne haben. Planeten könnten Vorläufer von Doppel- und Mehrfachsternsysteme sein. Im einen Fall hätten Planeten einen Steuermechanismus und im zweiten Fall müsste man sich neue Gedanken über den inneren Aufbau der Sterne machen. Man hätte nämlich Sterne mit und ohne Planetenkerne. Diese Kerne verändern die Fusionsprozesse, und

---

2. Wenn der Stern „fertig“ ist, beginnt irgendwann die Planetenbildung. Dann führen mehrere Prozesse dazu, dass der innere Bereich nahe beim Stern zuerst sein Gas verliert: Im Wesentlichen wird es durch den Sternwind in die äußeren Bereiche der Scheibe transportiert.

Viele Grüße - Rolf Chini (Ruhruniversität Bochum)

[2] Sterne und Weltraum - 2-2001 - S. 115

eventuell könnte man damit viele Probleme bei Sternen und Doppelsternen erklären. Zunächst einmal würde das bisherige einheitliche Bild des Aufbaues aller Sterne fallen. Das gesamte Bild vom Aufbau der Sterne könnte sich demnach mit den neuen Gedanken verändern.

Da Physiker an der alten Vorstellung festhalten werden, werden sie verhindern wollen, dass andere Gedanken zum Aufbau der Sterne aufkommen. Vor allem hätte sie dann nichts in der Hand. Sie wusste nicht wie groß Planetenkerne sind. Sie wissen nicht welcher Art sie sind. All das sind Fragen, die schon bei den Gasplaneten nicht beantwortet sind. Trotzdem muss man Erwägungen treffen, die diese Gedanken erlauben. Wenn die Planetenentstehung ganz anders zu verstehen wäre, wird nicht nur die Welt der Planeten ganz anders, sondern auch der Aufbau der Sterne ändert sich gravierend. Das sollte man als Gedanken vor Augen haben.

1.5. Die Gesetze von Systemen

Hat man Systeme entschlüsselt, stößt man auf Gesetze, die diese Systeme erklären können. Mit diesen Gesetzen kann man die Bestandteile eines Systems in ihrer Entwicklung verständlich machen. Bezieht man das auf Sternsysteme mit Planeten, so ist man damit auch in der Lage andere Sternsysteme als unser Sonnensystem zu erklären. Man kann mit der Systematik verständlich machen, wie andere Systeme aufgebaut sein müssen. Man kann zum Beispiel sagen, was sie für Planeten haben, welche Mondsysteme diese umgeben und anderes Dinge werden damit auch verständlich. Wesentlich ist aber erst einmal die Logik eines Systems verständlich zu machen. Nur wer diese Lösung mit der entsprechenden Logik hat, kann andere Systeme erklären. Wenn man es kann, ist das auch der Beweis der Richtigkeit einer systematischen Analyse.

Diese Systeme muss man Physikern erst mal verständlich machen und ihnen zeigen, dass bestimmte statistische Auswertungen notwendig sind. Das wäre unter anderem Aufgabe dieses Buches.

1.6. Die Unterschiede der Denkansätze

Die Arbeit zum Entstehen der Planeten hat verschiedene Punkte, bei denen grundsätzlich anders gedacht wird als bei Physikern der heutigen Zeit. Man muss sagen, es bezieht sich auf die momentane Richtung in der die Physik heute ihre Gedanken festlegt. Es gibt unter Physikern sicher die unterschiedlichsten Ansichten, von denen ich im Kontakt mit ihnen erfahren habe.

Der erste Punkt in dem ich mich mit meinem Denkansatz gegenüber der Physik unterscheide, liegt darin, dass ich aufgebe, Körper wären dort entstanden, wo man sie heute findet. Das bezieht sich nicht nur auf Planeten und Sterne, sondern auch auf Galaxien. Ich gebe auf, dass die Körper gleichzeitig entstanden wären. Die Kraft, die diese Körper bewegt ist die aktive Phase der Gasscheibe in der frühen Entwicklung des Sterns.

Der zweite Punkt in dem ich mich in meiner Idee von der heutigen Physik unterscheide, liegt in der Erklärung des Temperaturproblems. Die Physik nimmt als Ursache des Temperaturgebers den atomaren Zerfall von Elementen. Wenn man den atomaren Zerfall als Wärmequelle aufgibt, weil sie wie im Fall von Jupiter und anderen Körpern im Sonnensystem unzureichend ist, fällt auch die Ansicht, dass Körper gleichzeitig entstanden sind.

Meine Idee besagt demnach, dass Körper hintereinander entstehen, und die Positionen aller Körper sich aus der Wechselwirkung mit der aktiven Gasscheibe ergeben. Die dort wirkenden Kräfte transportieren Körper in die heute vorgefundenen Positionen. Aus den daraus folgenden Gesetzen ist man in der Lage, den Aufbau von Systemen und deren innere Strukturen und genauso auch den Drehimpuls zu erklären. Damit wären die ältesten Körper außen und die jüngsten innen.

Der dritte Punkt der Unterscheidung, liegt in der Trennung von Substanzen unterschiedlicher Dichte und Temperatur. Physiker versuchen dies über ein Gravitationsfeld eines massenreichen Körpers zu erreichen. Die Körper kommen gemischt zusammen und trennen sich durch das Absinken der dichteren Körper in den Kern. In meiner Idee trenne ich Subtanzen in einem Entstehungsbereich

über die Temperatur. Das wird mit dem Abstand geregelt. Das heißt, je größer der Abstand, umso höher die Temperatur. Dabei geht es immer um Kondensationstemperaturen.

Eisen und Gestein kann man jedoch so nicht trennen, da sie bei ähnlichen Temperaturen kondensieren. Hier habe ich die Erklärung über die Strömung in der Gasscheibe gefunden. Dort spielt die Abplattung der Gasscheibe eine Rolle, die bei bestimmten Geschwindigkeiten der Gase um einen Stern einsetzt. Mit diesen Strukturen ist das Trennungsverfahren möglich, auch wenn Eisen und Gestein bei gleichem oder ähnlichem Radius, sprich ähnlicher Temperatur kondensieren.

Ein weiterer Unterschied im Denkansatz liegt in der kategorischen Trennung von Planetenentstehung und Sternentwicklung. Die Physik geht davon aus, dass das eine sich vom anderen getrennt entwickelt. Da die Körper nach dieser Arbeit in der Nähe des Sterns entstehen ist der Einfluss nicht nur vorhanden, sondern die Körper steuern die Sternentwicklung.

Entstehen nun alle Körper in der Nähe eines Sterns, fällt die bisherige Vorstellung von der Doppel- oder Mehrfachsternentstehung. Beim zweiten oder dritten Stern handelt es sich in meinen Betrachtungen immer um einen Planeten, der sich weiter zum Stern entwickelt. Sterne hätten demnach in ihren verschiedenen Positionen eines Systems auch einen ganz anderen inneren Aufbau. Sie müssen daher neu klassifiziert werden. Hier steckt eine der wesentlichen Aussagen in der Arbeit. Diese besagt, dass Physik nur feststellen kann, bei welchen unterschiedlicher Sterntemperatur Anomalien auftreten, während ich in dieser Arbeit zum großen Teil sagen kann, warum sie bei bestimmten Sterntemperaturen auftreten.

Bei der Dynamik der Sternentstehung, kann ich erklären, warum ein kühler Stern die Rotation verliert, warum es so viele kühle Sterne gibt, und wie sich Sterne der alten Generation in ihrer Entwicklung verhalten. Ich bin in der Lage die Entwicklung der Sterne über die Generationen zu beschreiben.

Damit ist alles gesagt, was diese Arbeit von dem heutigen Denksystem der Physik unterscheidet.

1.7. Themenverteilung im Buch

Am Anfang werden die wesentlichen Fakten und Probleme aufgeführt. Dann wird ein kurzer Überblick über den prinzipiellen Ablauf der Entstehung aufgeführt. Dann wird die Gasscheibe erklärt und anschließend werden alle Entwicklungsphasen vom kleinsten Körper also den Chondren bishin zum Gasplaneten erklärt. Am Ende der Planetenentstehung werden die Exoplaneten besprochen. Dann werden die wesentlichen Punkte oder Prinzipien der Planetenentstehung kurz zusammenfasst.

Dann beginnt die Erklärung zu Einzelsternen und den Erststernen in Mehrfachsystemen. Mit den Doppelsternen geht es dann weiter zu Sternen im Alter und zum Schluss werden die unterschiedlichen Generationen von Sternen besprochen. Nach diesem Thema der Sterne wird das Wesentliche noch mal zusammengefasst.

Am Ende kommen große Strukturen im Universum zur Sprache. Es handelt sich bei diesen Überlegungen nicht mehr um die grundlegende Idee, sondern auch um Gesetze, die sich aus ihr ergeben und ebenfalls mit Strömungen zu tun haben. Es geht aber vor allem auch um den Gedanken, dass nichts da entsteht, wo man es heute vorfindet. Also auch da widerspreche ich den heutigen Vorstellungen der Physik.

Als eigene Abhandlung findet sich am Ende noch ein Atommodell. Auch hier geht es um geometrische Vorstellungen zum Atomkern.

2. Planetenentstehung

2.1. Probleme der Planetenentstehung

2.1.1. Das Temperaturproblem von Meteoriten und großen Körpern

Das Temperaturproblem der Entwicklung der Körper um einen Stern teilt sich in zwei Aspekte. Es ist einmal die ehemalige Temperatur der Meteoriten und zum anderen der Wärmefluss von großen Körpern in unserem Sonnensystem.

Die undifferenzierten Meteoriten, speziell die kohligen Chondrite, zeigen Kalzium-Aluminium-Reiche Einschlüsse (CAIs) neben kühlen Chondren (2.1.)[3]. Sie sind so zusammengekommen und haben sich seit ihrem Entstehen nicht mehr verändert. Zudem sind sie die ältesten Körper unseres Sonnensystems und spiegeln daher die früheste Phase der Planetenentstehung wieder. Es müssen zu Beginn der Entwicklung schon äußerst hohe Temperaturen zwischen 1500 und 1900 Kelvin geherrscht haben, die von außen gekommen sein müssen.

Die Olivinkörner im Allende-Meteoriten sprechen für eine schnelle Entwicklung in einem heißen Gas, was die äußeren Schichten dieser Körner mit FeO angereichert hat (2.8.)[4].

Auch die differenzierten Meteoriten lassen auf hohe Temperaturen schließen. Die Widmannstättischen Figuren in Eisenmeteoriten sind nur zu erklären, wenn sich ein Körper über mehrere 10 Millionen Jahre nahe dem Schmelzpunkt hält (7.10.)[5]. Zudem weisen diese Meteoriten Remaglypte auf, die nur durch die turbulente Bewegung heißer Gasmassen erklärbar sind (15.2.)[6]. Der Temperaturgeber kommt demnach auch hier von außen.

---

[3] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Schmelztemperatur und Entwicklung der kohligen Chondrite. Die Zusammensetzung bestimmter Chondren (CAI´s) fordert Temperaturen über 1500 Kelvin, die Jahre angedauert haben könnten. - S. 84 f

[4]Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Olivin-Körner haben einen dünnen Mantel mit stark angereichertem FeO und könnten durch ein heißes Gas erklärt werden. Die Erhitzungsphasen müssen mehrmals aufgetreten sein. - S. 85 f

[5] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Widmannstättischen Figuren - S. 222

[6] Rolf W. Bühler: „Meteorite“ - Urmaterial aus dem interplanetaren Raum, Weltbild Verlag GmbH, Augsburg 1992 Birkhäuser Verlag Basel

Die Eisenmeteoriten von Cabin Creek und Bushman, Land, Namibia weisen ausgebildete Remaglypte auf, die nur dadurch zu erklären sind, dass sich dieser Körper in schnell bewegten turbulenten und vor allem heißen Luftmassen aufgehalten haben muss. Die Remaglypten sind nicht durch Ausbrennen von niedrigschmelzenden Mineralien zu erklären, was vielfach angenommen wird. Es sind daumengroße Dellen in der Oberfläche.

S. 117 & 119

Um nun eine einheitliche Lösung für die erforderlichen Temperaturen aller unterschiedlichen Arten der Meteoriten zu erhalten, kann ein Temperaturgeber nur von außen kommen. Das schließt die undifferenzierten Meteoriten ein.

In den Kometen, die sich auf den unterschiedlichsten und auch sehr großen Bahnen um die Sonne bewegen, findet man ebenfalls Olivinkörner[7]. Olivinkörner können nur in der Nähe des Sterns entstehen. Kometen sind demnach auch Körper, die aufgrund ihrer inneren Zusammensetzung einen Hinweis liefern, dass sie in der Nähe des Sterns entstanden sind.

Tab. 7.2: Wärmefluß an der Oberfläche von Sonne und Planeten.

Objekt	**Gemessener Wärmefluß [Jm $^{-2}$s $^{-1}$]**
Sonne	66'000'000
Erde	0,055
Mond	0,03
Jupiter	7,6
Io	1–3
Saturn	2,8
Uranus	< 0,18
Neptun	0,28
Solarkonstante	1360

Tabelle 1: Wärmefluss von Körpern im Sonnensystem (19.13.)[8].

Alle größeren Körper im Sonnensystem haben eine Wärmequelle und damit einem Wärmefluss. Sie geben mehr Wärme ab als sie bekommen. Zudem weisen Monde, wie Miranda Strukturen auf, die ehemals von einer hohen Temperatur während der Entstehung sprechen. Besonders deutlich wird der Wärmefluss bei Jupiter, da er so viel Wärme abstrahlt, dass sie nicht mehr durch das Absinken schwerer Elemente in den Kern oder durch den radioaktiven Zerfall erklärbar ist (19.12.)[9]. Auch bei kleinen Körpern, wie Enceladus, ist nicht durch den Zerfall radioaktiver Elemente erklärbar (5.129.)[10].

Ein weiterer Gedanke, den man sich vor Augen führen muss, liegt darin, dass es nicht nur um die unterschiedlichen Körper in der Gasscheibe geht, die eine hohe bis sehr hohe Temperatur zum

---

[7] Presseinformation der Esa - „Die Edelstein-Connection“: Kometen enthalten Olivinkörner, die nur in der nähe eines Sterns entstanden sein können. - Nr. 10-97 Paris 28. März 1997

[8] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Tabelle über den gemessenen Wärmefluss bei größeren Objekten in unserem Sonnensystem. - S. 140

[9] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Jupiter gibt 2½-Mal mehr Wärme ab als er von der Sonne bekommt. Diese Wärme kann nicht durch Kernreaktionen oder dem Zerfall radioaktiver Nuklide erklärt werden. - S. 65 f

[10] Enceladus gibt 10 Mal mehr Energie ab, als durch den Zerfall radioaktiver Elemente bekommen könnte.

Sterne und Weltraum, 10-2013, S. 40

Zeitpunkt ihres Entstehens vorweisen. Es geht einfach um das heiße Gas als gesamte Masse. Dieser Gedanke ist sehr erheblich, denn das Gas muss als solches aufgeheizt werden. Dazu kommt, dass sich das Gas zum Stern bewegt. Das bedeutet, es wir immer frisches und kühles Gas hinzugefügt. Dieses Gas muss als ganzes erwärmt werden. Diese Energie für diese Wärmequelle ist von erheblicher Größe, und kann nur in der Nähe eines Sterns aufgebracht werden.

Wenn wir nach einer Lösung für die gesamte Problematik des Temperaturgebers suchen, kommt meiner Auffassung nach nur die Sonne als Träger dieser Temperatur in Frage. Damit müssten alle Körper, hier schließe ich die Ringe und das Kleinmondsystem der Gasplaneten aus, in der Nähe der Sonne entstanden sein.

2.1.2. Das Rotationsproblem der Körper um einen Stern

Alle Körper, die die Sonne direkt umrunden, rotieren, während die Monde und Pluto eine gebundene Rotation aufweisen. Die Erklärung dafür ist der Massenschwerpunkt. Liegt dieser Schwerpunkt innerhalb eines Körpers, weist er eine Rotation auf; liegt er außerhalb des Körpers hat er die gebundene Rotation. Der Massenschwerpunkt liegt bei allen Monden und bei Pluto außerhalb von ihnen.

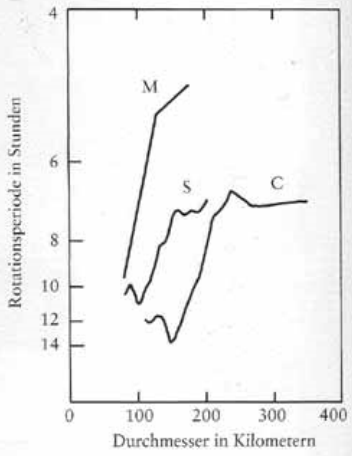
Bei Merkur und Venus bedarf es auf Grund ihrer Position im Sonnensystem einer gesonderten Erklärung.

KURZINFORMATION 7.3
Wie schnell rotieren Asteroiden?

Einige Asteroiden rotieren mit der maximal möglichen Geschwindigkeit! Die schnellsten benötigen für eine Umdrehung nur wenige Stunden. Theoretische Berechnungen ergaben, daß diese Körper bei einer geringfügig höheren Umdrehungsgeschwindigkeit Material von ihrer Oberfläche fortschleudern würden.

Innerhalb einer bestimmten Asteroidenklasse rotieren die größten Körper am schnellsten. Bei einer bestimmten Größe drehen sich die metallischen M-Asteroiden schneller als die S-Asteroiden, während die kohlenstoffhaltigen C-Asteroiden am langsamsten sind.

Wenn die Asteroiden homogen aufgebaut sind, dann besitzen die M-Asteroiden eine hohe Dichte, während diejenigen der S-Klasse eine mittlere Dichte und die der C-Klasse die geringste Dichte haben. Das würde bedeuten, daß große und dichte Asteroiden am schnellsten rotieren. (Nach: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature *296*, 418 (1982))



Grafik 1: Rotation der Klassen der Asteroiden (vergleiche mit Grafik 5) (7.4.)[11].

Zudem ist die Rotation abhängig von der Größe und der Dichte und der Inklination. Je größer der Körper, je größer seine Dichte und je kleiner seiner Inklination, umso höher ist die Rotation. Es

[11] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Rotation in Relation zu Masse, Dichte und Größe. Textquelle: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature 296, 418 (1982), - S. 210

besteht ein komplexer Zusammenhang auch in der geometrischen Zuordnung im Sonnensystem. Dieses Verhältnis lässt sich an den Asteroiden, und sehr wahrscheinlich auch bei den Körpern im Kuiper-Gürtel nachweisen (siehe Grafik 1). Zudem finden sich im Asteroidengürtel Körper mit hoher Rotation (siehe Tabelle 6a)[12]. Man muss die Rotation auch in großen Entfernungen vom Stern erklären können.

Im Fall der Erde existieren zwei Rotationsneigungen. Der Eisenkern rotiert unter einem kleineren Winkel gegenüber der Ekliptik als der Gesteinsmantel (5.2.)[13]. Er rotiert zudem schneller als der Gesteinsmantel. Das würde für eine getrennte Entstehung von Eisen und Gestein sprechen. Bei den Asteroiden finden wir das gleiche Verhalten zwischen Eisen und Gestein in getrennten Körpern vor. Da die Achse des Eisenkerns der Magnetachse der Erde entspricht, ist es sehr wahrscheinlich, dass der Eisenkern der Auslöser für das Magnetfeld ist. Daraus kann man zurück schließen, wie sich Magnetfelder in anderen Körpern, wie bei den Gasplaneten entwickeln könnten und dass sie generell etwas mit der Rotation zu tun haben müssen.

Das Rotationsproblem ist nur über die Strömung eines Gases zu erklären. Um jedoch eine entsprechende Gasgeschwindigkeit und Gasdichte zu erlangen, die eine Rotation auslösen könnte, muss man sich in die Nähe des Sterns begeben, wo Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 300 km/s vorlagen, als die Sonne in ihrer frühen Entwicklung stand (16.3.)[14]. Das Gas hat eine geringere Geschwindigkeit als die jeweiligen Körper, die in der gleichen Umlaufbahn liegen. Die Gasscheibe verdichtet sich in Sternnähe auf der Rotationsebene. Aus dieser Struktur erklären sich die Rotation und die Rotationsneigung der Körper.

Demnach ist auch die Rotation eines Körpers nur in Sternnähe zu erklären. Damit müsste nicht nur die Rotation, sondern auch ihre dichtespezifische Neigungsachse geklärt werden.

Zur Grafik 1 müsste man noch sagen, dass die Entwicklung der Körper im Asteroidengürtel nur eine bestimmte Zeit angedauert hat. Danach ist der Bereich ausgekühlt, weil die Sonne kleiner geworden ist. Die Entwicklungsgeschwindigkeit der Körper ist abhängig. Je größer die Dichte, umso langsamer entwickeln sich die Körper, weil sie in der Strömung wenig widerstand leisten. Aus dem Grund bringt die M-Klasse die kleinsten Körper hervor und die C-Klasse bringen die größten Körper hervor. Die S-Klasse ist eine Mischung aus Eisen und Gestein und liegt dazwischen. Der Rotation steigt nur so lange eine aktive Gasscheibe vorliegt.

Die erreichten Größen der drei Klassen in Grafik 1 haben auch noch eine Bedeutung. Die M- und die S-Klasse haben eine hohe Dichte und haben sich langer entwickelt als die C-Klasse der Asteroiden. Die C-Klasse hat eine geringere Dichte. Daher haben sich diese Körper schneller entwickelt und sind so auch im Asteroidengürtel größer geworden.

---

[12] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Tabelle über vier ähnliche Objekte mit Pluto aus dem Kuiper-Gürtel. Eines der Objekte hat die Form eines Eies und eine besonders hohe Dichte, die höher ist als die von Pluto. Die Rotation für eine Umrundung beträgt 3,9 Stunden. - 1-2007, S. 7

[13] Der geschmolzene Eisenkern der Erde beginnt ab 2900 Kilometer Tiefe. Der innere Kern von 2400 Kilometern Durchmesser dreht sich etwa um 10° Neigung gegenüber der Rotationsachse, und er dreht sich schneller als der Mantel. Im Gegensatz zu der Plattenbewegung der Kruste bewegt er sich über 1 Million Mal schneller, was 20 Kilometer pro Jahr entspricht. Die Schnelle Bewegung im Kern ist der Rotationsrichtung der Erde entsprechend nach Osten ausgerichtet. - Sterne und Weltraum, 4-1997 - S. 335

[14] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

Rotationen im T-Tauristern. Bahngeschwindigkeit der Scheibenmaterie in der Nähe der Sternoberfläche: 300 km/s. Rotationsgeschwindigkeit der Oberfläche des Sterns hat nur noch 30 km/s. - S. 177

2.1.3. Die Strukturen der Mondsysteme

Die Drehung der Mondsysteme bei den Gasplaneten steht in sehr eng mit der Rotation verbunden. Die Drehung ist ein kontinuierlicher Prozess. Auch hier scheint eine Lösung in einer starken Strömung zu liegen, die eher in Sternnähe vorliegt.

Zudem gibt es bei den Monden klassische Größen. Die Jupitermonde haben eine obere Grenze. Die Uranusmonde und Saturnmonde haben ebenfalls eine andere Obergrenze ihrer Monde. Triton und Pluto bilden auch wieder eine eigene Klasse mit einer Obergrenze. So kann man von unterschiedlichen Klassen von Körpern reden, deren innerer Aufbau sich auch unterscheidet. Dazu gibt es noch Untergrenzen. Io und Erdmond sind ähnlich groß, genau so, wie Mimas, Miranda und Proteus ähnlich Größe sind. Hier geht es um die Frage, wie es zum Entstehen entsprechender Klassen und ihren Größen kommt.

2.1.4. Trennungsverfahren von Eisen und Gestein

Das Trennungsverfahren von Eisennickel und Gestein existiert. Schon bei den Chondren in Meteoriten der Kohligen Chondrite, als den undifferenzierten Meteoriten. Es ist getrennt durchgeführt in den Meteoriten und in den Asteroiden. Dabei findet man ganz reine Formen von Körpern aus Eisennickel. Das Trennungsverfahren über ein Gravitationsfeld ist nicht nachgewiesen. Bei den Körpern des Asteroidengürtels ist sie zu klein. In der Erde müsste das Eisen der oberen und unteren Schichten im chemischen Gleichgewicht stehen, was für ein Trennungsverfahren Voraussetzung wäre. Das ist nicht der Fall (19.8.)[15]. Aus Wolfram Isotopen des inneren Erdmantels geht hervor, dass der Eisennickelkern getrennt entstanden ist (51.5.)[16]. Zudem rotiert der Eisennickelkern unter einem anderen Winkel als der Mantel. Es gibt daher keinen Hinweis im Sonnensystem auf ein existierendes Trennungsverfahren über das Gravitationsfeld eines massenreichen Körpers. Es muss damit ein anderes Verfahren gefunden werden, um Eisen und Gestein voneinander zu trennen.

2.1.5. Das Drehimpulsproblem eines Sterns

Bei der Bildung eines Sterns haben wir es mit dem Drehimpulsproblem zu tun. Bewegen sich Gase auf ein Zentrum zu, worin sich ein Stern bildet, müsste der Drehimpuls dort sehr hoch sein. Das ist nicht der Fall. Daher muss das Drehmoment auf irgendeine Art abgeführt worden sein. Wären alle Körper in Sternnähe entstanden und weggewandert, wäre das eine Antwort auf dieses Drehimpulsproblem. Das Abwandern von Körpern wäre aber auch nur eine Teillösung. Der Magnetismus spielt mit Sicherheit auch eine Rolle beim Rotationsverlust eines Sterns.

Findet die Rotation in Sternnähe statt und wird durch die Reibung im Gas ausgelöst, so wird auf diese Art auch Drehimpuls abgeführt. Das gilt auch für die Drehung der Mondsysteme. Auch das Drehimpulsproblem spricht für die Entstehung aller Körper in Sternnähe.

---

[15] Ludolf Schulz: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Das Fe3+-Fe2+-Verhältnis im Erdmantel ist viel zu hoch um jemals mit dem Metall des Kerns im chemischen Gleichgewicht gewesen zu sein. Flüchtige Verbindungen müssten vermehrt im inneren der Erde vorzufinden sein. Das ist nicht der Fall. Diese Fakten sprechen für die getrennte Entstehung von Kern und Hülle der Erde. - S. 240

[16] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Untersuchung an Isotopen von Wolfram, die an Gesteinsproben von Hawaii und von Südafrika aus dem inneren Gesteinmantel der Erde ergeben eine getrennte Entstehung des Kerns aus Eisennickel. - 4-2004, S. 201

2.1.6. Die Position der Exoplaneten

Die Exoplaneten bewegen sich zum großen Teil in der unmittelbaren Nähe eines Sterns (5.1.)[17]. Das könnte als Hinweis für die Entstehung der Körper in Sternnähe gewertet werden.

Meine eigene Untersuchung über die unterschiedlichen Temperaturen der Sterne und der Häufigkeit und Perioden von Exoplaneten, kommt zu dem Schluss, dass die Bildung von Exoplaneten temperaturabhängig ist. Das lässt darauf schließen, dass die Kondensation die Basis für die Entwicklung der Körper um einen Stern ist. Damit müssten alle Körper in der Nähe entstanden sein.

2.1.7. Die Entwicklungsgeschwindigkeit

Wenn wir einhellig der Meinung wären, die Körper seien alle in der Nähe des Sterns entstanden, bliebe keine andere Möglichkeit, als dass sie hintereinander entstanden sind. Dabei würde das Argument auftreten, es dauerte viel länger bis sich so viele Körper bilden, als wenn sie gleichzeitig entstünden. Das scheint im ersten Moment richtig zu sein. Betrachtet man diesen Aspekt jedoch genauer, so liegt die schwierigste und langsamste Phase in der Entwicklung von großen Körpern um einen Stern im Anfang. Diese erste Entwicklung kleinster Körper ist abhängig von der Größe des Raums, in der sie entstehen und von der Geschwindigkeit, mit der sich Körper bewegen. Der Raum wird mit dem Abstand vom Stern größer und die Geschwindigkeit kleiner. Mit steter Entfernung vom Stern nimmt damit die Entwicklungsgeschwindigkeit der Körper sehr rasch ab.

Anders ist es bei der Entwicklung in Sternnähe. Dort findet die erste Phase in einem begrenzten Raum statt. Nehmen wir dies an, so könnte der Raum über die Strömungsverhältnisse sogar noch stärker eingeschränkt sein. Das bedeutet, dass dort, wo die Entwicklung besonders langsam abläuft, eben in dieser Anfangsphase der Raum für alle Körper besonders klein und die Geschwindigkeit der einzelnen Körper besonders hoch ist.

Sind Körper ein Stück weggewandert, entwickeln sich hinter ihnen schon die nächsten Körper. Die Entwicklung setzt sich während des Wegwanderns fort. Damit hätten wir nach einer bestimmten Phase eine parallele Entwicklung mehrerer Körper.

Es ist daher kein Widerspruch, sondern eher förderlich, wenn wir von einer Entstehung aller Körper in Sternnähe ausgehen. Das spricht für eine sehr schnelle Entwicklung, was uns übrigens die Asteroiden vorführen. Sie haben sich äußerst rasch gebildet (5.21.)[18].

2.1.8. Innere Struktur der Erde

Die innere Struktur der Erde weist eine klare Schichtung vor Materialien unterschiedlicher Art vor. Eine Trennung der Schichten hat nicht innerhalb der Erde stattgefunden. Die Gesteinsformen besonders über Kern-Mantel-Grenze (KMG) sind dafür viel zu zähflüssig. Sie besitzen Fließeigenschaften von Glas. Es würde Milliarden von Jahre dauern einen Austausch stattfinden zu

---

[17] Thomas Bührke: „Rätsel um extrasolare Planeten“

Es sind 50 Planeten um andere Sterne gefunden worden. Die meisten weisen eine hohe Exzentrizität auf und stehen oft sehr viel näher am Stern als Merkur. Das Maximum der Exzentrizität liegt bei einer Periode von ungefähr 200 Tagen, also etwa auf der Venusbahn. - Sterne und Weltraum, 2-2001 - S. 115

[18]Aus Laboruntersuchungen der Meteoriten geht hervor, dass die Asteroiden innerhalb von wenigen Millionen Jahren entstanden.

Sterne und Weltraum, 5-2002 - S. 32

lassen (59.3.)[19]. Da das Material separiert worden ist, kann es nur außerhalb des Planeten also in kleineren Körpern stattgefunden haben. Besonders auffallend in den Schichten der Erde ist die KMG in 2900 Kilometern Tiefe. Unterhalb von ihr nimmt die Dichte von 5 g/cm³ auf 10,5 g/cm³ zu (59.4.)[20].

Die neuen Messungen Neutrinodetektoren zeigen, dass die Wärmequelle durch den atomaren Zerfall von Uran und Thorium nicht ausreichen, um die langanhaltende Temperatur im Erdinneren zu erklären (68.1.)[21].

[19] Peter Giese, Geodynamik und Plattentektonik – Beiträge aus Spektrum der Wissenschaft, - Heidelberg Berlin Oxford, - Spektrum, Akad. Ver. – 1995

Aufgrund der hohen Viskosität des unteren Mantels müsste die Erde noch heute die Zusammensetzung wie zu seiner Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren haben. - S. 17

[20] Dichteverlauf im Erdinneren (Grafik) Die Dichte nimmt in der Tiefe von 600 Kilometern von 4 g/cm³ bis 4,6 g/cm³ zu in der Tiefe von 2900 km (D“-Schicht und KGM) nimmt sie von 5 g/cm³ auf 10,5 g/cm³ zu (flüssig) und in 5100 km Tiefe nimmt sie noch mal von 12,7 g/cm³ auf 13,4 g/cm³ zu. Da beginnt der feste Kern. - S. 25

[21] Über Neutrinodetektoren konnte man nachweisen, dass Uran und Thorium als Ursache für die Wärmequelle der Erde im Inneren nicht ausreicht. - Welt am Sonntag, Deutsche Wochenzeitung, 31.8.14, S. 63

.

2.2. Das Prinzip der Körperbildung in Sternnähe

2.2.1. Positionen der Körper um einen Stern

Große Planeten wie Jupiter bewegen sich um andere Sterne oft auf viel kleineren Bahnen als bei Merkur. Man muss daher ein System entwickeln, das große Planeten in großen und kleinen Bahnen erklären kann. Um eine Entstehung von Körpern um einen Stern zu erklären, muss man damit jede feste Örtlichkeit aufgeben.

In ihrer frühen Entwicklung haben Körper ständig ihre Bahnen verändert, weil Gase zum Stern strömten und sich Körper von ihm entfernten. Daraus ergibt sich in der Nähe des Sterns die cirkumstellare Scheibe. Diese Strömungsstruktur ist ausschlaggebend für die Entwicklung und die Position von Körpern. Zudem waren sie einmal sehr klein und somit stark durch eine Strömung beeinflusst.

Es geht demnach um die Frage, wie Körper in ihre Positionen kamen und wie aus kleinsten Körpern große entstanden. Die Position eines jeden Körpers muss sich aus seiner Eigenschaft der Masse und Dichte erklären lassen.

Tab. 6.4: Minerale in Ca-Al-reichen Einschlüssen (CAIs) und die Temperaturen des Beginns ihrer Kondensation in einem abkühlenden Sonnennebel von 10 Pa Druck und einer solaren Elementzusammensetzung.

Mineral	**Chem. Formel**	**Kondensations-Temperatur [°C]**
Korund	Al_2O_3	1485
Perowskit	$CaTiO_3$	1374
Melilith	$Ca_2Al_2SiO_7$ $Ca_2MgSi_2O_7$	1350
Spinell	$MgAl_2O_4$	1513
Metall	NiFe	1200

Tabelle 2: Kondensationspunkt von Mineralien (19.2.)[22]

2.2.2. Die Bedeutung der Planetenpositionen

Um begründen zu können, warum sich ein Körper in einer bestimmten Bahn um einen Stern befindet, muss man wissen, woher er kommt und somit, wo er entstand. Er kann nur da entstanden sein, wo die Bedingungen für die Entstehung von Körpern förderlich waren. Zu diesen gehört eine bestimmte Gasdichte und eine bestimmte Temperatur der Kondensation. Diese sind nur in einem bestimmten Abstand vom Stern und seiner Temperatur gegeben. Der Asteroidengürtel hat zudem einen Aufbau der für die Kondensation sprechen würde.

Da Pluto und Merkur trotz ihrer sehr unterschiedlichen Positionen in ihrer Gesteinszusammensetzung verwandt sind, dürfte ihr Entstehungsort nicht all zu weit auseinander

[22] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993 Tabelle, S. 119

gelegen haben. Gestein hat zur Bildung eine hohe Kondensationstemperatur (siehe Tabelle 2). Das spricht für einen Entstehungsbereich in der Nähe eines Sterns.

Es ist daher zu erläutern, warum Körper um einen Stern an unterschiedlichen Orten vorzufinden sind. Durch die Verwandtschaft aller größeren Körper im Sonnensystem, muss von einem Entstehungsbereich ausgegangen werden. Eine Lösung ist daher nur möglich, wenn die Körper um einen Stern, einschließlich ihrer großen Monde hintereinander entstanden sind.

Die Position ist damit eine Kategorie des Alters. Pluto wäre einer der ältesten Körper und Merkur der jüngste im Sonnensystem. Die Begründung einer Position liegt in der Länge der Zeit, mit der er sich im Gasstrom bewegte, aus dem die Sonne entstand. Frühe Entstehung bedeutet somit einen langen Aufenthalt im Gasstrom; daraus folgt eine große Entfernung von der Sonne. In entfernten Systemen sind Monde stärker gedreht. Merkur ist demnach als letzter Körper entstanden, hielt er sich nur eine kurze Zeit im Gasstrom auf, und erreichte so eine geringe Entfernung zur Sonne. Danach war die Gasaufnahme der Sonne beendet.

Die großen Monde sind der Reihenfolge nach eingefangen worden. Der Planet wird in diese Reihe eingeordnet. Die inneren und äußeren Kleinmonde haben eine externe Geschichte, wobei die äußeren eingefangen wurden.

Diese Ansicht hat zwei ganz große Vorteile. Das Temperaturproblem ist ganz und das Drehimpulsproblem zum Teil gelöst. Die Gase bewegen sich zum Stern während die Körper vom ihm wegwandern.

2.2.3. Sternbildung und Planetenentstehung

Planeten entsprechen einer bestimmten Entwicklungsphase des Sterns. Der Stern verändert seine Größe und seine Temperatur während seiner Entstehung. Er nimmt ständig an Temperatur zu und ist in der frühen Phase sehr groß gewesen. In seiner frühen Phase nimmt er auch an Rotation zu. Zu der Rotation gehört auch cirkum-stellare Scheibe eines Sterns.

Die Sonne war zum Beispiel für eine bestimmte Zeit ein T-Tauristern und wurde in dieser Zeit um das Mehrfache ihres Durchmessers kleiner. Bis zu dieser unruhigen Phase ihres Lebens könnte sie 50 Mal größer gewesen sein als zum heutigen Zeitpunkt (16.4.)[23]. Sie hatte demnach einen größeren Durchmesser als die Merkurbahn. In dieser T-Tauriphase ist sie sehr schnell kleiner geworden. Das erkennt man am Einbruch der Leuchtkraft bei Jungsternen geringer Masse (siehe Grafik 2).

In dieser Entwicklung zum kleineren Stern verliert der Stern an Rotation, wobei die Gasscheibe die 10fache Rotationsgeschwindigkeit gegenüber dem Stern hat. Meines Erachtens ist der Verlust der Größe eines Sterns eine Ursache des Rotationsverlustes. In der Gasscheibe bilden sich Körper, die durch ihre Rotation und die damit erzeugten Magnetfelder beim Absturz in den Stern diesen bremsen. Die Körperbildung in Sternnähe ist die Ursache für ihren Rotationsverlust. Das kann nur bei kühlen Sternen stattfinden, da der Entstehungsbereich, der sich nach der Kondensation richtet, nah genug am Stern liegt. Das führte zur Bildung der Konvektionszonen und der Sonnenflecken, die nur bei kühlen Sternen zu finden sind. Oberhalb von 6000 K trennt sich der Entstehungsbereich vom Stern. Hier ist bei den Sternen dann zweierlei zu beobachten. Einmal sinken die Konvektionszonen in tiefere Schichten und zum anderen nimmt die Rotation der Sterne mit einem mal zu (14.16.)[24] (5.8.)[25]. Dieses Bild muss auf die Planeten in unserem Sonnensystem übertragen werden.

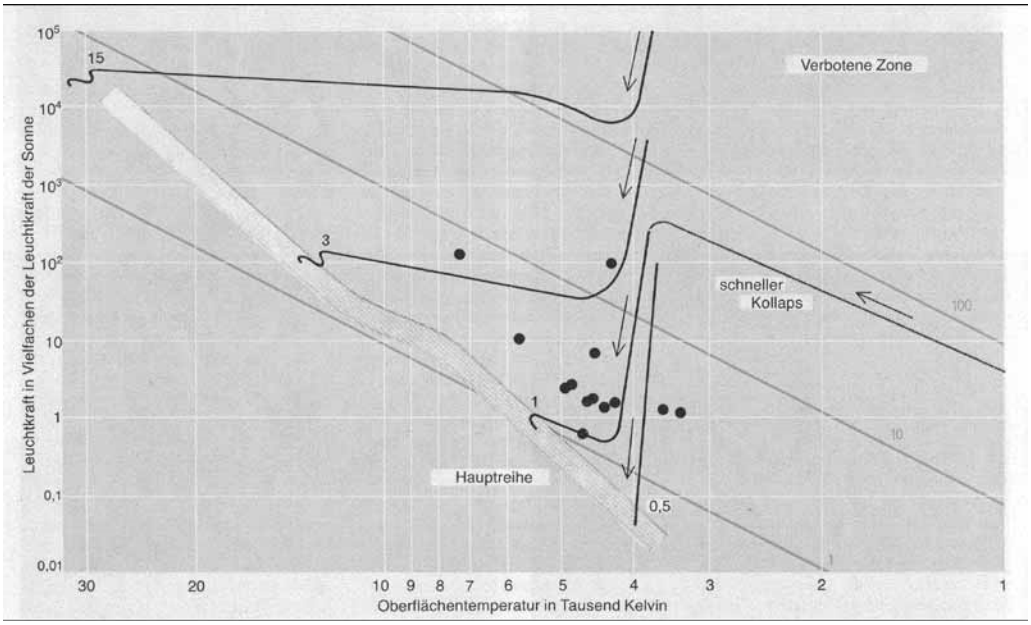
---

[23] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

T-Tauristerne sind beträchtlich größer als 2 aber kleiner als 50 Sonnenradien. - S. 147

[24] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Ab der Temperatur, wo die Konvektionszonen tiefer in den Stern verschwinden, steigt die Rotation der Sterne an. - S. 165



Grafik 2: Größenveränderung in der Jungsternphase (Vorhauptreihensterne) (2.2.)[26]

Wenn die Planeten und Monde hintereinander entstehen, entsprächen die äußeren Planeten der frühen Phase und die inneren Planeten der späten Phase der Sonnenentwicklung. Zum späten Zeitpunkt war die Sonne sehr viel kleiner. Diese beiden Phasen der Sonne und der Größeneinbruch müssten sich bei den Planeten niedergeschlagen haben und sie in zwei Bereiche teilen. Diese Einteilung ist gut zu sehen. Im äußeren Bereich finden wir die Gasplaneten mit ihren Monden und im inneren Bereich die festen Planeten. Dazwischen liegt der Asteroidengürtel.

Der Asteroidengürtel weist die Struktur eines Entstehungsbereiches auf. Das bedeutet, es existieren bestimmte Klassen, sortiert in einem bestimmten Abstand zur Sonne und diese Klassen sind nach Kondensationsstufen geordnet. Er wäre demnach das Fragment eines Entstehungsbereiches, der durch die schnelle Verkleinerung der Sonne ausgekühlt und damit in seiner Entwicklung erhalten geblieben ist.

Nach diesem Bild wären die Gasplaneten mit ihren Monden Ausdruck der T-Tauriphase unserer Sonne. Der Entstehungsbereich stand in dieser Phase nicht so weit von der Sonne entfernt und ein beträchtlicher Teil der Körper, die sich dort gebildet haben, sind in die Sonne gestützt. So wären von der Zeit der Bildung des Kuiper-Gürtels bis hin zu Callisto große Mengen Eisen und eisenhaltigem Gestein in den Stern gestürzt. In dieser Phase ist die Sonne sehr unruhig gewesen. Betrachtet man im Vergleich dazu kühlere Sterne, so fällt auf, dass die Konvektionszonen und die damit verbundenen Sonnenflecken zunehmen (10.5.)[27]. Diese Sterne sind in dieser Phase stecken geblieben und haben sich nicht weiter entwickelt, wie unsere Sonne.

---

[25] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD.

Sterne und Welltraum, 7-1998 - S. 626

[26] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Temperatur und Leuchtkraftentwicklung bei Jungsternen kleinerer Masse. - S. 101

[27] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Unsere Sonne und die Planeten haben sich nach der T-Tauriphase noch weiter gebildet und das innere Planetensystem ist entstanden. Wesentlich ist dabei, dass die inneren Planeten ein unterentwickeltes Planetensystem ist. Die Erde hat es nicht geschafft weitere Körper außer dem Erdmond einzufangen.

Das wesentliche dieser Betrachtung liegt darin, dass man auf dieses Weise einerseits die Planetenentstehung besser versteht, zum anderen aber auch erkennen kann, warum sich Sterne unterschiedlichster Temperatur so oder so verhalten. Das Andere ist, man kann den Asteroidengürtel so stehen lassen wie er ist. Das ist auch sehr wesentlich, denn jede Struktur und jedes Detail in unserem Sonnensystem, aber auch an anderen Orten, hat seine Bedeutung. Dahinter stecken wesentliche Aussagen und die Aufgabe ist es, heraus zu bekommen, warum diese Strukturen entsprechend sind.

In der Grafik 2 ist noch folgender Zusammenhang wichtig. Der Leuchtkrafteinbruch wird dadurch ausgelöst, weil ab den M5-Sternen Körper in den Stern stürzen. Da setzt sie Abplattung der Gasscheibe ein und der Stern erhält eine differenzielle Rotation. Es stürzen dann eine bestimmte Zeit Körper mit schweren Elementen in den Stern, stören die Rotation und später, wenn die schweren Elemente in tiefere Region gelangen, stören sie auch die Fusion. Sterne ab 4000 Kelvin haben dann den Fusionseinbruch. Das ist für alle Sterne gleich, auch wenn sie unterschiedliche Massen erreichen. Der leichte Anstieg der Leuchtkraft nach dem starken Verlust begründet sich darin, dass die schweren Elemente in den Kern absinken. Das verbessert die Fusion im Stern.

2.2.4. Entstehungsbereich und Sterntemperaturen

Wenn man diese Gedanken zum Entstehungsbereich weiter spielte, würde sich bei heißeren Sternen, also ab den F-Sternen, der Entstehungsbereich völlig vom Stern trennen. Das bedeutet, alle Sterne, die eine höhere Temperatur erlangen als die G-Sterne, haben eine andere Oberfläche, haben aber auch einen anderen Kern. Während bei kühlen Sternen ständig Körper in diesen stürzen, haben die heißeren Sterne, abgesehen von den CP-Sternen, eine ruhige Oberfläche. Ausdruck der kühlen Sterne sind die Konvektionszonen und Sonnenflecken. Die Konvektionszonen und Sonnenflecken beginnen ab den M5-Sternen und versinken ab den F-Sternen in tiefere Schichten und verschwinden erst bei den A-Sternen (10.5.). Hier besteht der wesentliche Zusammenhang, der sich auf die Rotation der Sterne bezieht. In dem Moment, also ab den F-Sternen, wo die Konvektionszonen in tiefere Schichten verschwinden, steigt die Rotation an. (siehe Grafik 3). (10.7.)[28]

Bei den kühlen Sternen liegen Magnetfelder vor, die den Sonnenflecken verwandt sind (10.3.)[29]. Von den Sonnenflecken weiß man, dass sie Einfluss auf die Rotation der Sonne nehmen. Beim Maximum der Sonnenflecken rotiert unsere Sonne um 400 km/h langsamer als im Minimum

---

Die Tätigkeit der Chromosphären und Koronen und damit auch der Magnetismus (Sonnen-fleckentätigkeit) nimmt von den späten A-Sternen (kühle A-Sterne) bis hin zu den M5-Sternen zu, und brechen dann mit einem mal ab. - S. 174

[28] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Rotationsgeschwindigkeit der F-Sterne, von 30 km/s bis 100 km/s, - S. 193

[29] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Flare-Sterne zeigen die stärkste Tätigkeit von Chromosphären an, mit unregelmäßigen kurzen aber starken Ausbrüchen, die der Sonnenfleckentätigkeit und deren Auswirkung auf die Chromosphären unserer Sonne verwandt sind. - S. 131 f + 176,

(13.4.)[30]. Da erkennt man den Zusammenhang sehr gut. Es existierte daher ein Steuerungsmechanismus. Dieser besteht darin, dass bei kühleren Sternen so viele Körper abgestürzt sind. Die Entstehung von Körpern in Sternnähe steuert demnach die Rotation des Sterns.

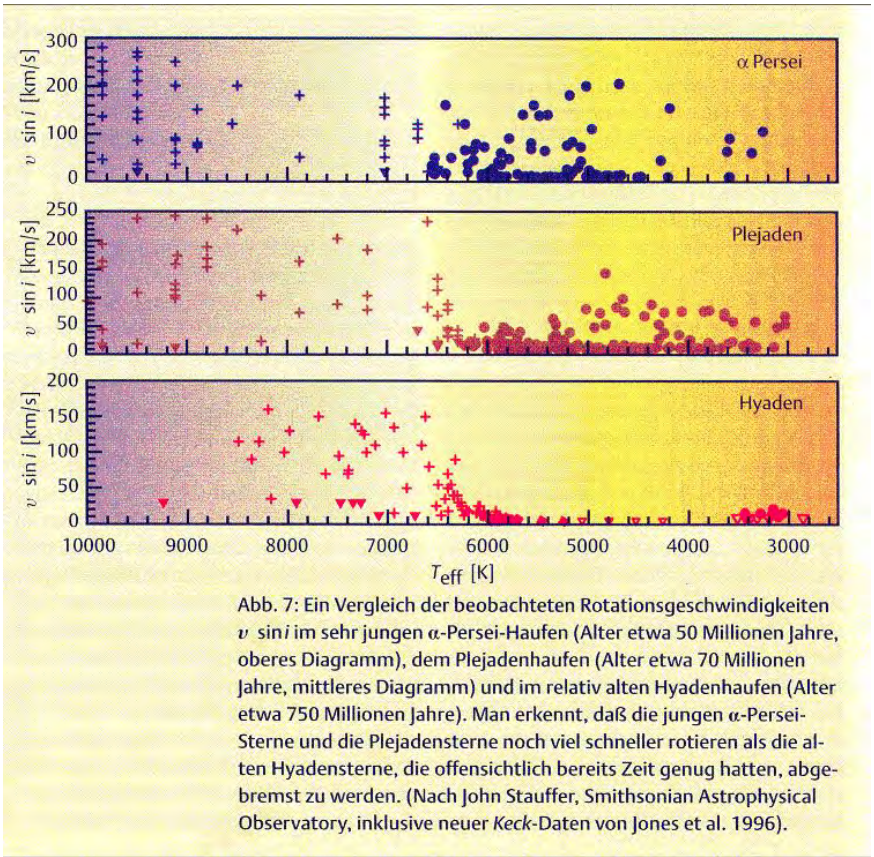


Abb. 7: Ein Vergleich der beobachteten Rotationsgeschwindigkeiten $v \sin i$ im sehr jungen α-Persei-Haufen (Alter etwa 50 Millionen Jahre, oberes Diagramm), dem Plejadenhaufen (Alter etwa 70 Millionen Jahre, mittleres Diagramm) und im relativ alten Hyadenhaufen (Alter etwa 750 Millionen Jahre). Man erkennt, daß die jungen α-Persei-Sterne und die Plejadensterne noch viel schneller rotieren als die alten Hyadensterne, die offensichtlich bereits Zeit genug hatten, abgebremst zu werden. (Nach John Stauffer, Smithsonian Astrophysical Observatory, inklusive neuer *Keck*-Daten von Jones et al. 1996).

Grafik 3: Rotation von Jungsternen (5.8.)[31]

Die Rotation ist daher ein sehr wichtiger Faktor für die weitere Entwicklung des Sterns. Nur bei genügend hoher Rotation und entsprechender Sternmasse plattet die Gasscheibe ab. Das Gas wird linear, wenn eine bestimmte Geschwindigkeit überschritten wird. Bei geringer Geschwindigkeit ist sie turbulent. Bei hoher Geschwindigkeit wird sie linear. Innerhalb der linearen Strömung verdichtet das Gas mit der weiter steigenden Rotation. Das sorgt für die differenzielle Rotation des Sterns. Der wichtige Effekt liegt darin, dass in der dichten linearen Strömung der Sonnenwind keinen Einfluss hat. Nur in dieser Linearen Strömung kann das Gas bei stärkerem Sonnenwind die Sternoberfläche erreichen.

---

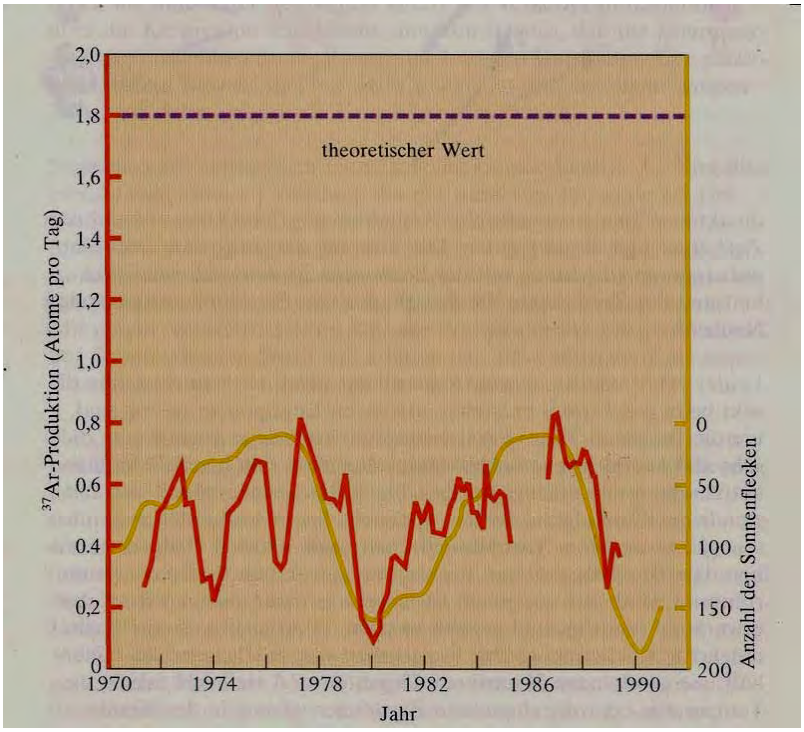
[30] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Von 1967 bis 1977 nahm die Rotation am Äquator der Sonne von 7200 km/h auf 7600 km/h zu. Die Beschleunigung ist im Bereich von 10° bis 15° am höchsten. Die Magnetfelder der Sonnenflecken sind in diesem Bereich am stärksten, und verhalten sich umgekehrt proportional gegenüber der Rotation. - S. 62

[31] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD.

Sterne und Weltraum 7-1998 - S. 626

Nur da, wo die Gasscheibe sich abplattet, bilden sich größere Körper. Sie setzen sich in der Gasscheibe auf zwei Ebenen ab und müssen von dort aus diese Gasscheibe durchdringen. Das können sie nur wenn sie größer werden. Dabei erlangen sie auch ihre frühe Rotation. Das heißt, die Körperbildung setzt in der Sternentwicklung mit einem Mal ein.



Grafik 4 : Neutrinohäufigkeit in der Sonne und Sonnenfleckentätigkeit (14.1.)[32]

Dieses zweiteilige Bild der Sterne über ihre Temperatur findet eine Logik, wenn man von einem Entstehungsbereich ausgeht, der sich mit ansteigender Temperatur der Sternoberfläche von ihm trennt. Das bedeutet aber auch, dass Sterne in ihrem inneren Aufbau sehr unterschiedlich sind. Die kühlen Sterne hätten große Anteile schwerer Elemente in sich aufgenommen. Diese erzeugen starke Konvektionszonen einerseits und die schweren Elemente sinken in die Tiefe des Sterns und mindern dadurch die Fusionsprozesse grundlegend. Deswegen ist die Fusion zu gering. Die Konvektionszonen vermindern die Fusion des Sterns. Die Fusion ist an die Sonnenflecken gebunden und sie ist umgekehrt proportional zum Fusionsprozess. Das ist an der Neutrinostrahlung der Sonne zu erkennen. Sie ist sehr viel geringer wenn ein Maximum an Sonnenflecken vorliegt (siehe Grafik 4). Diese Neutrinos sind ein Maß für die Stärke des Fusionsprozesses in der Sonne. Hierbei sollte man wissen, dass die Neutrinos nicht durch Magnetfelder beeinflusst werden können (51.1.)[33]. Hier muss man jedoch die erhöhte Radiostrahlung im Maximum der Sonnenflecken vor Augen haben. Radiostrahlen waren vorher Gammastrahlen, die durch den Compton-Effekt in Strahlung geringerer Wellenlänge

[32] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Die ältesten Neutrinomessungen über 20 Jahre in Süddakota mit Perchlorethylen haben nur ein Viertel der berechneten Neutrinos nachgewiesen. Das verblüffende des Experiments ist die umgekehrte Proportionalität gegenüber den Sonnenflecken. - S. 156 ff

[33] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Neutrinos sind ungeladene Elementarteilchen und werden nicht durch Magnetfelder beeinflusst. - 8-2008, S. 398

umgewandelt wird. Das heißt, die Elektronen des Magnetismus haben schon einen Einfluss auf die Umwandlung der Strahlung. Hier geht es darum, dass Energie aus dem inneren Abtransportiert wird und der Fusionsprozess damit gemindert wird. Das führt zu der Kurvenfunktion.

Die Physik versucht diese Minderung der Neutrinos durch die Umwandlung der Neutrinos in ihre drei Arten zu erklären, geht dabei aber nicht auf den Zusammenhang mit den Sonnenflecken ein, der meines Erachtens sehr wichtig ist. Sie bleibt aber der Beweis dieser Umwandlung schuldig. (22.7.)[34]. Es ist auch so, dass die Komplexität eines Sterns, speziell die der Konvektionszonen zu hoch sein dürfte, um Schlussfolgerungen im Bezug auf Neutrinos machen zu können.

Ein weiterer Hinweis liegt in der Fusion von Jungsternhaufen. Ganz junge Sternhaufen liegen im HRD weit oberhalb der Hauptreihe. Erst mit der Zeit sinken sie ab und setzen sich auf die Hauptreihe. Das hat damit zu tun, dass die Planetenentstehung in der Nähe stattfindet und Körper in den Stern fallen. Diese vergasen und sinken in das Innere erst im späteren Verlauf tritt im Inneren eine bleibende Fusionsstörung auf. Die Fusion ist gestört durch das Absinken schwerer Elemente. Daher ist auch die Neutrinostrahlung grundlegend geringer.

Die Sonne ist zudem noch ein spezieller Fall unter den Sternen. Die Sonne hat im Gegensatz zu anderen Sternen eine stärkere Einschränkung der Rotation. Das heißt, dass sie sich nur mit 2 km/s am Äquator bewegt. Der Normale G-Stern hat dagegen 5 km/s. Das bedeutet, dass bei der Sonne mehr Körper abgestürzt sind als bei anderen Sternen. Das hat im weiteren Verlauf zu stärkeren Fusionsstörungen im inneren geführt. Damit ist auch die Neutrinostrahlung geringer.

Kommen wir zu der gesamten Betrachtung zurück, so wäre dieses Bild der Planetenbildung schlüssig mit der Sternenentstehung verbunden. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Bildung von Körpern in Sternnähe die gesamte Entwicklung der Sterne steuert. Sie bestimmt im letzten Sinne, wie massenreich Sterne werden und wie viele Sterne massenreich werden. Unter diesem Gesichtspunkt hätte die Planetenentstehung einen äußerst großen Einfluss auf die generelle Sternentwicklung. Bezieht man dies auf die abnehmende Metallizität bei früheren Sterngenerationen, wäre das von fundamentaler Bedeutung. Es geht demnach nicht nur darum zu erklären, wie sich Körper um einen Stern bilden, sondern darum, wie deren Einfluss auf den Stern aussieht.

2.2.5. Die Bedeutung des Entstehungsbereiches

Was auffällt, ist folgendes, die Erklärungen zu den Planeten, ihrer Größen und damit verbundenen Klassen sind alle vom Prinzip des Entstehungsbereiches in der Nähe des Sterns abhängig. Es geht dort immer um die Strömungsgeschwindigkeit und der damit verbundenen Abplattungsrate. Der Entstehungsbereich ist im Temperaturaufbau immer der gleiche. Damit erklärt man nicht nur die Planeten sondern alle Arten und Häufigkeiten von Doppelsternen. Es sind in dem Sinne völlig kontinuierliche Vorgänge, die nach genauen Gesetzen funktionieren.

Der Entstehungsbereich wurde erst mal über den Asteroidengürtel erklärt, und bezog sich in den frühen Entwicklungsjahren nur auf das Sonnensystem. Trotzdem war es im Sonnensystem noch schwierig, die Wechselwirkung der Klassen von Körpern zu begreifen. Das hat auch seine Zeit benötigt. Es bedurfte dort auch vieler Daten, die zum Teil erst in den letzten Jahren durch genauere Messmethoden gefunden werden konnten. Damit hat sich das Bild über diesen Entstehungsbereich verbessert.

Jetzt ist die Entwicklung so weit geschritten, dass damit alle Planeten und alle Mehrfachsternsysteme in ihrem Aufbau verständlich gemacht werden können. Das zeigt, wie wichtig das Verständnis für diesen Bereich ist. An diesem Bereich ist das ganze Verständnis im inneren

---

[34] Die Umwandlung der Neutrinos in ihre unterschiedlichen Arten ist bekannt, aber der Beweis dieser Umwandlung steht noch aus.

Spektrum der Wissenschaft 1-2012 – S. 16

Aufbau für alle Körper im Universum gebunden. Die Dimension dieses Bildes vom Entstehungsbereich ist daher ungeheuerlich groß. Deswegen ist auch das Augenmerk so sehr darauf gerichtet. Dabei spielen auch die Meteoriten mit all ihren Informationen eine große Rolle. Darauf bauen alle anderen Schritte auf, um dann immer größere Körper und alle Klassen von Körpern im Bezug auf die unterschiedlichen Sternmassen zu verstehen.

2.3. Große Körper im Sonnensystem

2.3.1. Die Erklärung großer Strukturen im Sonnensystem

Wie beginnt man nun die Dinge, in dem Sinne die Körper zu erklären? Aus den letzten Betrachtungen geht hervor, dass alle Körper in der Nähe des Sterns entstehen. Also gibt es nur einen Entstehungsbereich. Dieser Bereich muss zudem eine Struktur vorweisen, die den Kondensationspunkten von Elementen oder Molekülen entspricht. Eisen kondensiert bei anderen Temperaturen als Wasser. Zudem kann man den letzten Gedanken entnehmen, dass der Stern eine Krise erlebt, das wäre die T-Taurikrise, bei der er recht schnell kleiner wird. Wenn demnach einen Entstehungsbereich sucht, könnte ein solcher als Rest übrig geblieben sein, während der sich verkleinert. Er ist in dem Sinne ausgekühlt. Eine Solche Struktur ist tatsächlich im Sonnensystem zu finden. Diese Struktur hat der Asteroidengürtel, der sich zwischen Mars und Jupiter befindet. Dieser Gürtel ist der erste Ansatzpunkt der Erklärung.

Man könnte über die Tropfenbildung sofort erklären, wie vom kleinsten Körper, - das wären die Chondren, - über die Meteoriten, zu immer größere Körper vorgeht, und so das Heranwachsen erklärt. Es geht aber darum eine kürzeren Beschreibung zu liefern, wie sich das gesamte System von großen Körpern, - in dem Sinne reguläre Monde und Planeten, – gebildet haben. So gelangt man erst einmal zu einem Überblick. Anschließend kann man ins Detail gehen und jede Stufe der Entwicklung beschreiben.

Daher beginne ich bei den Asteroiden. Dort liegen die einzelnen Klassen von Körpern schon vor, die sich innerhalb dieses Gürtels gebildet haben. Die erste Entwicklung liegt nicht darin, wie sich die einzelnen Klassen gebildet haben, sondern, wie haben sich diese zu Monden und Planeten weitergebildet haben. Damit hätte man die Frage beantwortet, wie sich die großen Strukturen entstanden sind.

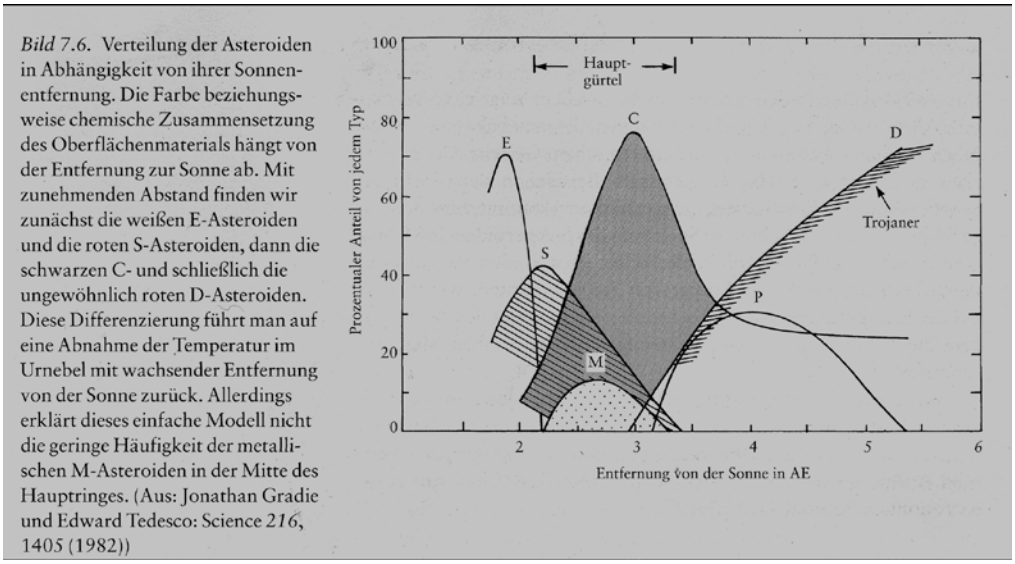


Bild 7.6. Verteilung der Asteroiden in Abhängigkeit von ihrer Sonnenentfernung. Die Farbe beziehungsweise chemische Zusammensetzung des Oberflächenmaterials hängt von der Entfernung zur Sonne ab. Mit zunehmenden Abstand finden wir zunächst die weißen E-Asteroiden und die roten S-Asteroiden, dann die schwarzen C- und schließlich die ungewöhnlich roten D-Asteroiden. Diese Differenzierung führt man auf eine Abnahme der Temperatur im Urnebel mit wachsender Entfernung von der Sonne zurück. Allerdings erklärt dieses einfache Modell nicht die geringe Häufigkeit der metallischen M-Asteroiden in der Mitte des Hauptringes. (Aus: Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science *216*, 1405 (1982))

Grafik 5: Klassen der Asteroiden und Sonnenabstand (7.4.)[35]

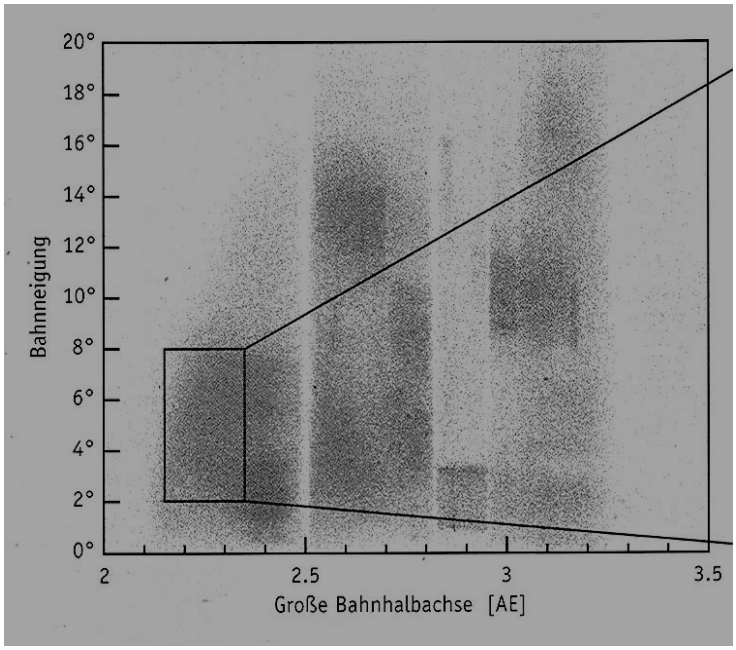
[35] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“, Cambridge University Press 1991

Die Asteroiden besitzen bei der M-Klasse eine hohe Dichte, bei der S-Klasse eine mittlere Dichte und bei der C-Klasse eine geringe Dichte. Textquelle: Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science 216, 1405 (1982) S. 210

2.3.2. Grenzgröße einzelner Klassen von Festkörpern

Die Größe der Körper um unsere Sonne ist abhängig von den Klassen, wie wir sie bei den Asteroiden vorfinden. Diese Klassen stehen mit einer bestimmten Dichte im Zusammenhang. Es sind drei Klassen wesentlich, die C-Klasse, die E-Klasse und die M-Klasse, also leichtes Gestein, schweres Gestein und Körper aus Eisen. Diese Klassen bestimmen, welche maximale Größe ein Körper erreicht. Es gibt noch eine S-Klasse unter dem Asteroiden. Sie ist eine Mischung aus der E- und der M-Klasse aufgrund der schwachen Rotation der Gasscheibe (Siehe Grafik 5). Sie erklärt die geringe Häufigkeit der M-Klasse. Die S-Klasse mischt sich, weil die Eindringtiefe von Körpern bestimmter Größe bei geringerer Abplattung der Gasscheibe größer ist, und erreicht damit die M-Klasse, die sich bei geringerer Inklination bildet. Damit mischt sich die E-Klasse mit Eisenkörpern verändert ihre Dichte und entwickelt sich in der Strömung anders als die E-Klasse. Die E-Klasse hat ihr Maximum bevor die M-Klasse entsteht. In der frühen Phase nimmt sie der M-Klasse die Körper weg. Mit der Entwicklung der M-Klasse fällt ihre Häufigkeit stark ab. Da sieht man recht gut die Konkurrenz zwischen den Klassen.

Diese Größe eines Körpers erklärt sich aus der Geschwindigkeit mit der ein Körper durch den Entstehungsbereich getrieben wird. Diese Geschwindigkeit nenne ich Abdrift. Die Abdrift ist bei einem Eisenkörper wesentlich niedriger als bei einem Gesteinskörper. Zudem entsteht ein Gesteinskörper geringer Dichte, wie man sie in der C-Klasse der Asteroiden vorfinden, eher in der äußeren Region des Entstehungsbereiches. Damit kann er nicht so viel an Masse sammeln.



Grafik 6: Asteroiden und ihre Inklination. Dieser Grafik entnimmt man, dass die E- M- und S-Klasse eine geringe Inklination aufweisen. (5.104.)[36]

Zur Abdrift muss man jedoch noch ein paar nähere Erläuterungen machen. Die Abdrift ist in erster Linie von der Dichte des Körpers abhängig. Die Dichte bestimmt Inklination und Exzentrizität.

---

[36] Die Asteriden weisen spezifisch zu ihrer hohen Dichte eine geringe Inklination auf. Der Grafik ist zu entnehmen, dass gerade die E-, M-, und S-Klasse im Bereich bis 2,5 EA diese geringe Inklination vorliegt.

Sterne und Weltraum, 6-2007 - S. 31

Körper ähnlicher Dichte haben daher auch eine ähnliche Inklination (Grafik 6). Inklination und Exzentrizität verhalten sich umgekehrt proportional zur Dichte. Die Körper müssen die Gasscheibe durchdringen die sich zur Ekliptik hin verdichtet. Haben die Körper eine hohe Exzentrizität, so bewegen sie sich in einer langen Bahn durch die verdichtete Gasströmung. Auf dieser treiben sie in diesem langen Weg schneller vom Stern davon. Hier wirken zwei Faktoren. Ein Körper geringer Dichte bietet die größere Oberfläche und er bewegt sich über die große Exzentrizität länger durch das verdichtete Gas als ein Körper mit hoher Dichte. So wandert der Körper schneller hinaus und kann in der Zeit weniger Masse sammeln.

So sind Pluto, Triton und auch der Kern von Neptun der E-Klasse der Asteroiden zugehörig. Dann folgt eine ganze Reihe von Körpern der C-Klasse. Von Proteus bis hin zu Iapetus. Hier ordnen sich die Planeten ein. Auch sie gehören dieser Klasse an. Ab hier, damit meine ich, ab Titan, treten die Körper der M-Klasse der Asteroiden auf (19.1.) (Tabelle 6)[37]. Das sind Körper mit Eisenkern. Dazu gehört dann auch Jupiter. Diese Linie von Körpern mit Eisenkern zieht sich bis Merkur. Wir sehen in der Reihenfolge, dass nach dem Kuiper-Gürtel erst die E-Klasse auftaucht. Da könnte, wie bei Pluto zu sehen, immer ein Körper der C-Klasse dazwischen liegen. Plötzlich existiert nur noch die C-Klasse, und mit einem Mal taucht die M-Klasse auf. Das muss noch im Detail besprochen werden.

Ein weiterer Faktor für seine Größe ist der Einfangzeitpunkt durch den Planeten. Je weiter der Planet vom Entstehungsbereich entfernt ist, umso größer wird der Mond. Später eingefangene Monde bewegen sich wegen der angestiegenen Masse und größeren Gravitation des Planeten in größeren Bahnen. Der jeweilige Bahnradius des Mondes ist damit ein Maß für die Masse des Planeten zum Einfangzeitpunkt. Ist der Mond eingefangen, nimmt er kaum mehr an Masse zu. Die Körper, die er mitbringt und die Körper, die ihm vorauseilen, fallen auf den Planeten.

Bei den Monden des Jupiters wird am Dichtegefälle die Wanderschaft durch diesen Entstehungsbereich besonders deutlich. Körper, die früh eingefangen wurden, haben eine hohe Dichte, weil der Einfang in der Mitte des Entstehungsbereiches stattfand. Körper, die später eingefangen wurden, haben eine geringe Dichte. Diese haben in der äußeren Region des Entstehungsbereiches eine große Menge Wasser gesammelt.

Dem Planeten kommt eine gesonderte Rolle im Bezug auf seine Masse zu. Er entwickelt seine Masse im Zentrum mehrerer Körper schneller. Bis zum Einfangen des ersten Mondes ist der Planet genauso strukturiert, wie dieser. Er ist in der Größe und der Zusammensetzung diesem Körper ähnlich. Danach nimmt er schneller an Masse zu als seine Monde.

Die Kometen bilden eine eigene Kategorie von Körpern und haben die geringste Dichte und eine geringe Kondensationstemperatur. Sie sind damit im äußeren Teil des Entstehungsbereiches entstanden. Durch die geringe Dichte werden sie beim durchdringen der Gasscheibe auf stark exzentrische Bahnen gebracht. Damit konnten sie nicht groß werden, weil sie sehr schnell in großen Entfernungen gelangen. Ein weiterer Grund liegt darin, dass ständig heranwachsende Gesteinskörper aus der inneren Region des Entstehungsbereiches durch die äußere wanderten. Damit behinderten sie die Entwicklung der Kometen zu großen Körpern.

Die nächste höhere Größenkategorie von Körpern beginnt mit ungefähr 400 km Durchmesser und kann bis 1500 km Durchmesser erreichen (5.28.)[38]. Hier handelt es sich um Körper aus leichtem Gestein und einer dicken Eisschicht. Wir haben es hier mit der C-Klasse der Asteroiden zu tun, aus der die verschieden großen Körper entstanden. Dieses leichte Gestein entsteht im Gegensatz zum Eis

---

[37] Ludolf Schulz: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

[38] Bei den großen Monden der Gasplaneten gibt es drei wesentliche Grenzgrößen. Die großen Saturnmonde, die des Uranus, Proteus von Neptun und Charon von Pluto gehören zu den Monden der C-Klasse.

Sterne und Weltraum Spezial 7 10-2002

näher zur Sonne und bewegt sich wegen der höheren Dichte langsamer aus dem Entstehungsbereich heraus. Durch diese höhere Dichte werden die Körper größer als Kometen. Der jeweilige Körper sammelt erst Substanzen hoher und dann geringer Dichte. Kern und Mantel entstehen separat.

Die nächste Kategorie von Körpergrößen entspricht Körpern wie Pluto und Triton. Ihre Obergrenze liegt bei 2700 km Durchmesser. Diese Körper haben einen Gesteinskern hoher Dichte. Das wäre bei den Asteroiden die E-Klasse. Darüber sammelt sich leichtes Gestein und eine Eisschicht. Innerhalb des Entstehungsbereiches entwickelt sich die E-Klasse näher zum Stern. Zudem können wir feststellen, dass die Dichte der C-Klasse von Uranus bis Saturn noch einmal abnimmt. So sind Rhea und Iapetus die Körper mit geringster Dichte und demnach am äußersten Rande des Entstehungsbereiches entstanden.

Das bedeutet, in einer früheren Entwicklungsphase haben sich die Körper mehr aus der inneren Region des Entstehungsbereiches entwickelt, und später immer mehr in die äußere Region verlagert.

Die letzte Kategorie beinhaltet Körper mit einem Eisenkern, die in unserem Sonnensystem entstehen können. Das wären Körper wie Titan oder die Galiläischen Monde mit über 5000 Kilometern Durchmesser[39]. Über dem Eisenkern liegen zwei Gesteinsmäntel unterschiedlicher Dichte. Die äußere Schicht ist aus Eis, wobei Io so früh eingefangen wurde, dass es ihm nicht mehr möglich war Eis aufzunehmen.

Callisto nimmt zum Kern hin nicht so stark an Dichte zu wie Ganymed[40]. Er wandert als letzter aus dem Entstehungsbereich und erlebt schon den Temperatureinbruch der Sonne. Wahrscheinlich weist er ein Gemisch aus Eisen und Gestein auf. Betrachtet man im Zusammenhang damit den Aufbau des Asteroidengürtels, so schließt die S-Klasse der Asteroiden die E- und M-Klasse ein, und hat ihr Maximum genau da, wo sich diese beiden anderen Klassen berühren (7.4.)[41]. Sie ist eine Mischung aus beiden Klassen, und wäre vergleichbar mit den Eisensteinmeteoriten. Aus dieser Mischung besteht Callisto im Kern. Damit steigt seine Dichte zum Zentrum nicht so stark an. Callisto hatte sich bis zur T-Tauriphase der Sonne entwickelt. Zu der Zeit trennte die Gasscheibe Eisen und Gestein nicht mehr so gut. Damit ist es auch nicht verwunderlich, dass von der M-Klasse nicht mehr so viele Körper im Asteroidengürtel existieren.

Die Größe der Körper im inneren Sonnensystem hatten wir schon erklärt. Sie hängt mit der höheren Temperatur der Sonne zu ihrem Entstehungszeitpunkt zusammen.

2.3.3. Planeten vor der Gasaufnahme

Die Planeten waren am Anfang nicht größer als ihr erster eingefangener Mond. Sie sind ihren Monden gleich. Was sie unterscheidet ist nur die Rotation. Das bedeutet, Jupiter war kein anderer Körper als Titan und demnach eher vergleichbar mit der Erde und ihrem Mond. Denken wir in unserem System in Paaren so gehört Titan zu Jupiter, Io zu Europa und Ganymed zu Callisto. Hier

---

[39] Der Eisenkern von Titan ist noch nicht nachgewiesen. Ich gehe aber davon aus, dass er dem Aufbau von Ganymed entspricht.

[40] Bei Callisto ist die Dichte im Kern nicht so hoch, wie bei allen anderen Monden.

Sterne und Weltraum 7-2002 - S. 26

[41] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“, Cambridge University Press 1991

Unterteilung verschiedener Arten der Asteroiden im Asteroidengürtel. Textquelle: Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science 216, 1405 (1982) - S. 211

sind die Paare klar. Der Grund für das Entstehen von Paaren liegt an der Gasscheibe, die Körper gleicher Art und Dichte zu beiden Seiten der Ekliptik trennt. Diese Trennung setzt sich bis zum Einfang des Mondes durch, und soll später noch einmal näher erläutert werden.

Auch bei den äußeren Gasplaneten Saturn und Uranus finden sich diese gleichen Paare. Saturn selbst fehlt jedoch sein Partner. Mimas und Enceladus sind ein Paar und die letzten beiden Monde, die Uranus eingefangen hat, Titania und Oberon sind auch komplett. Es muss ein Körper entstanden sein, den Saturn verloren hat. Er müsste eine Größe haben, die dem ersten eingefangenen Mond der äußeren Gasplaneten von ca. 400 Kilometern Durchmesser entspricht. Wenn er nicht eingefangen wurde, müsste er sich als einzelner Körper zwischen dem Uranussystem und dem Saturnsystem befinden. Diesen Körper gibt es tatsächlich. Es ist Chiron.[42] Der Partner von Saturn ist eigentlich Phoebe. Er hat einmal zwischen Saturn und Uranus gestanden und ist später von Saturn eingefangen worden, als er als Gasplanet von der Sonne weggewandert ist.

Chiron hat einen Durchmesser von etwa 180 bis 370 km und er bildet ein Koma von 40ooo–130ooo km Durchmesser aus. Er ist zwar für einen Kometen zu groß, zeigt aber durch dieses Koma die Eigenschaften eines Kometen (13.1.)[43]. Er steht zwischen den beiden Planeten im Verhältnis 3:5, ist äußerst dunkel und hat ein Koma. Das spricht dafür, dass er in der äußersten Region des Entstehungsbereiches entstand, einen kleinen Gesteinskern sammelte, worauf die Eisschicht folgte. Wichtig ist seine verwandte Größe gegenüber dem ersten eingefangenen Mond, wie Miranda oder Mimas. Die weitere Entwicklung von Chiron zum größeren Körper hat deswegen nicht stattgefunden, weil das nur mit dem Einfang eines Körpers ähnlicher Größe möglich gewesen wäre.

Es könnte jedoch sein, dass Chiron wirklich nur aus Eis besteht. Damit wäre er wirklich ein zu großer Komet. Wo bleibt dann aber der Gesteinsanteil. Hier bliebe die Möglichkeit, dass Phoebe den Gesteinsanteil darstellt. Er bewegt sich retrograd und ist wahrscheinlich wie Triton aus dem äußeren Bereich von Saturn eingefangen worden. Zudem bringt er ein ganzes Ringsystem in das Saturnsystem mir einer eigenen Bahnneigung (51.7.)[44]. Er hat auch eine entsprechende Dichte von 1,6 g/cm³, die zusammen mit Chiron der Dichte und der Größe von Mimas oder Miranda angepasst wären. Das würde auch aufzeigen, dass sich Gesteinskörper und Kometen, beide getrennt zu größeren Körpern entwickeln können. Das Ringsystem von Phoebe muss nach den Überlegungen viel älter sein, als das innere Ringsystem von Saturn.

Saturn und Uranus bestehen im Kern aus leichtem Gestein. Neptun hat schon den Gesteinskern mit schwerem Gestein. Bei Saturn hat man nachgewiesen, dass er einen mehrschichtigen festen Kern hat (27.86.)[45]. Da kann man erkennen, dass die Gasplaneten sich aus den verschiedenen Klassen von Körpern zusammensetzen, wie man sie im Asteroidengürtel findet. Bei Jupiter und bei

---

[42] Chiron ist ein Körper, der wahrscheinlich nicht so groß ist. Der größte Körper ist nach neueren Daten Chariklo. Dieser hat zudem zwei Ringe. Demnach hätten Phoebe und Chariklo ein Körper werden sollen.

[43] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Chiron, Durchmesser 180 bis 370 Kilometer, bei Annäherung an die Sonne bildet sich eine Koma von 40ooo bis 130ooo Kilometern Durchmesser. Trotz seiner Größe zeigt er das Verhalten eines Kometen. - S. 81

[44] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Der große neue Ring im Saturnsystem hat die Bewegungsebene von Phoebe, und er befindet sich genau in der Mitte dieses Rings. - 12-2009, S. 642

[45] Saturn hat im Inneren einen Festkörper, der eine Schalenstruktur vorweist. Zudem ist das Ringsystem von Saturn sehr alt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 2.9.2020, S. N1

der Erde dreht es sich um einen Eisenkern. Damit ist ihr erster eingefangener Mond, ungleich größer als der bei den Gasplaneten. Io und der Erdmond sind daher ähnlicher Größe.

Wie man die einzelnen Klassen bei den Gasplaneten erkennt, wird erst später erklärt. Man kann aber kurz voraus greifen. Den Kern des Planeten in seiner Rotationsneigung kann man an seiner Magnetachse erkennen. Hierbei muss die Magnetachse im Bezug zur Ekliptik gesetzt werden. Das wird in der Astronomie nicht getan. Daher muss man den jeweiligen Wert für den Planeten aus seiner Rotationsneigung errechnen. Wenn man das getan hat, haben Jupiter und die Erde einen sehr kleinen Winkel der Magnetachse gegenüber der Ekliptik, der nur knapp über 10° liegt. Bei Saturn und Uranus liegt er weit über 20°. Neptun hat eine Magnetachse von 17,4°. Er unterscheidet sich daher sehr klar von Saturn und Uranus.

Um die Magnetachsen zu erklären, muss man die Rotation erklären. Die Rotation ergibt sich aus der ehemaligen Inklination des Körpers. Die Inklination ist ein Faktor seiner Dichte. Sie ist kleiner je größer die Dichte des Körpers ist. Die Gasplaneten haben mit zunehmender Masse beim Einfang ihrer Monde stark an Dichte zugenommen. Dadurch ist ihre Inklination kleiner geworden. Sie haben sich auf dieser Weise der Ekliptik genähert. Was jedoch gleich geblieben ist, das ist die Rotationsneigung des Kerns.

Ein sehr schöner Vergleich ist im Bezug auf diese Überlegungen Pluto. Er hatte es nur geschafft, einen großen Mond einzufangen. Damit konnte er als Vertreter der E-Klasse der Asteroiden keine all zu große Masse erreichen. So ist er bei der Strömung der Gasscheibe um die Sonne in seiner Inklination von 17,15° geblieben. Dieser Wert ist sehr verwandt mit der Magnetachse des Neptuns, wenn man sie im Bezug zur Ekliptik setzt. So findet man in Pluto eine Bestätigung dieser theoretischen Überlegung.

2.3.4. Entwicklung vom Planeten zum Gasplaneten

Die Masse des Planeten wächst, während er Mond für Mond einfängt. Die Ursache liegt einmal an den Strömungsverhältnissen in Sonnennähe und zum anderen an seiner steigenden Gravitation. Seine steigende Masse führt dazu, dass seine Abdrift immer kleiner wird. Das bedeutet, es kommen immer schneller kleinere Körper auf ihn zu, die der jeweilige Mond aus dem inneren Bereich mitbringt.

Vergleichen wir diesen Prozess mit Pluto, so hat er einen Mond eingefangen, und sicher sind viele Plutinos auf ihn abgestürzt, die der Mond aus dem Entstehungsbereich mitgebracht hat. Seine Gravitation reicht aber nicht, um alle einzufangen. Erst wenn er weitere Monde eingefangen hätte, wäre seine Masse groß genug geworden, Gase aufnehmen zu können. Dafür war zu seiner Zeit die Periheldrehung zu schwach.

Mit der zunehmenden Masse eines Planeten nimmt seine Dichte wegen der Gravitation zu. Seine Abdrift wird kleiner. Er entfernt sich nicht mehr vom Stern. Dadurch fängt er mehrere Paare von Körpern ein. Man kann sagen, dass ein Gasplanet entsteht, wenn er drei Paare eingefangen sind. Das gilt für Uranus, Saturn und auch für Jupiter. Bei Jupiter ist es nur so, dass ihm Titan davonläuft und er dann das nächste Paar einfängt. Es ist demnach eine Frage der Masse des Planeten, wann er Gase aufnehmen kann. Mit der höheren Masse eines Planeten ist die Gravitation an seiner Oberfläche stärker als der Sonnenwind. Dann beginnt die Gasaufnahme und die Abdrift nimmt zu.

Allgemein ist die Gasaufnahme nur abhängig von der Masse des Planeten. Ausschlaggebend ist nur der Sonnenwind. Sie ist nicht an die Klassen von Körpern gebunden. Ein Planet aus Klassen von Körpern hoher Dichte beginnt mit der Gasaufnahme näher am Stern als ein Planet mit einer Klasse von Körpern geringer Dichte. Je höher die Masse des Sterns, umso größer ist auch sein Sonnenwind. Damit muss ein Planet auch mehr Masse sammeln, um Gase aufnehmen zu können. Bei Sternen höherer Masse ist auch die Dichte der Gasplaneten höher. (siehe Tabelle 3b) Die Klassen der Körper sind abhängig von der Rotationsgeschwindigkeit der Gasscheibe um einen Stern und seiner Abplattung. Das hängt mit dem Trennungsverfahren nach der Dichte zusammen. Körper höherer Dichte können erst bei einer höheren Rotation der Gasscheibe eine eigene Klasse bilden. Klassen von Körpern erreichen bei den Monden immer nur eine bestimmte Größe.

Wenn der Planet genug Monde eingefangen hat, beginnt seine Gasaufnahme und damit wandert er aus der Nähe des Sterns weg, weil sein Volumen so schnell heranwächst und damit seine Abdrift vergrößert wird. Damit wird die Position in der Nähe des Sterns frei und der nächste Planet kann sich dort zum Gasplaneten entwickeln. Da es drei Paare sind die den nächsten Gasplaneten bilden, dauert es eine längere Zeit. In der Zeit ist der vorige Gasplanet schon sehr weit von dem Stern weggewandert. Die großen Abstände zwischen den Gasplaneten begründen sich mit der langen Entwicklungszeit von drei Paaren an Festkörpern.

Wird ein Planet zum Gasplaneten, hat er auch die Region verlassen in denen Körper höherer Dichte kondensieren. Auch der Bereich in dem Wasser kondensiert ist schon durchwandert. Er ist damit auch außerhalb des Bereiches in dem Kometen entstehen. Wenn er Gase aufnimmt, ist das Gas wasserverarmt. Das kann man bei Jupiter sehen. Hier ist schon zum zweiten Mal gemessen worden, dass seine Gashülle wasserarm ist (27.37.)[46].

Während der Gasplanet wegwandert, nimmt er demnach Gase auf. Diese Gase kommen von außen und wollen eigentlich zum Stern. Der Planet fängt aber die Gase ab, und daher ist die Region innerhalb von Gasen fast leer. Das ist der Grund, warum man bei Gasscheiben um junge Sterne Ringsysteme findet.

Hier geht es auch um die Frage, warum Neptun der erste Gasplanet ist. Neptun war ein Körper wie Pluto, also auch ein Körper der sich aus der E-Klasse entwickelt hat. Die Entwicklung der Körper der E-Klasse wird abgebrochen, weil sich Körper der M-Klasse entwickelt haben. Die ersten beiden sind Titan und Jupiter als Festkörper. Beide Körper haben Eisenkerne und mehr Masse als die Körper der E-Klasse. Sie lösen von innen eine Periheldrehung aus. Das verstärkt die paarweise Entwicklung von Körpern und so sammelt Neptun ein Mondsystem wie man es heute noch bei Uranus findet. Dann gewinnt er an Masse und wird zum Gasplaneten. Jetzt existiert kurzfristig eine große Masse in der Nähe des Sterns und diese sorgt ihrerseits weiterhin für eine starke Periheldrehung. Diese Entwicklung beginnt als die Sonne 0,7 Sonnenmassen hat. Damit ist der plötzliche Häufigkeitsanstieg der Exoplaneten erklärt (Diagramm 1 siehe beim Thema Exoplaneten).

Wenn man sich noch mal fragt, was die Ursache der Entwicklung der Körper mit Eisenkern ist, so liegt das wiederum an der Gasscheibe, die sich mit immer höherer Sternmasse stärker abplattet. Das führt zu einem besseren Trennungsverfahren nach der Dichte. Eine stärkere Abplattung verhindert die starke Streuung von Eisenmeteoriten. Dadurch finden sie eher zusammen und bilden eine eigene Klasse.

Im Bezug auf diese Überlegungen gibt es demnach einen Grenzwert an Masse bei der die Gasaufnahme beginnt. Dazu gibt es eine Untersuchung die kleine Exoplaneten in der Nähe des Sterns analysiert, die sich in zwei Gruppen von kleinen Exoplaneten unterscheidet. Planeten bis zu 1,5 Erdradien sind feste Körper, wie die Erde, darüber hinaus sind Planeten mit 4 Erdradien kleine Gasplaneten ähnlich wie Neptun. Diese binden schon große Mengen Gase an sich (5.131.)[47].

Es gibt auch eine Gruppe von Gasplaneten, die kleiner sind als Neptun oder Uranus. Sie liegen bei 6-8 Erdmassen (siehe Grafik 21b). Diese findet man nicht im Sonnensystem. Sie sind aber unter 0,95 Sonnenmassen recht häufig (siehe Tabelle 9). Dieser Typ von Gasplanet mit Gesteinskern tritt deswegen auf, weil die Periheldrehung zu schwach ist. Es kondensieren weniger Körper, damit benötigt ein Planet mehr Zeit, um seine Masse für die Gasaufnahme zu erlangen und damit ist das

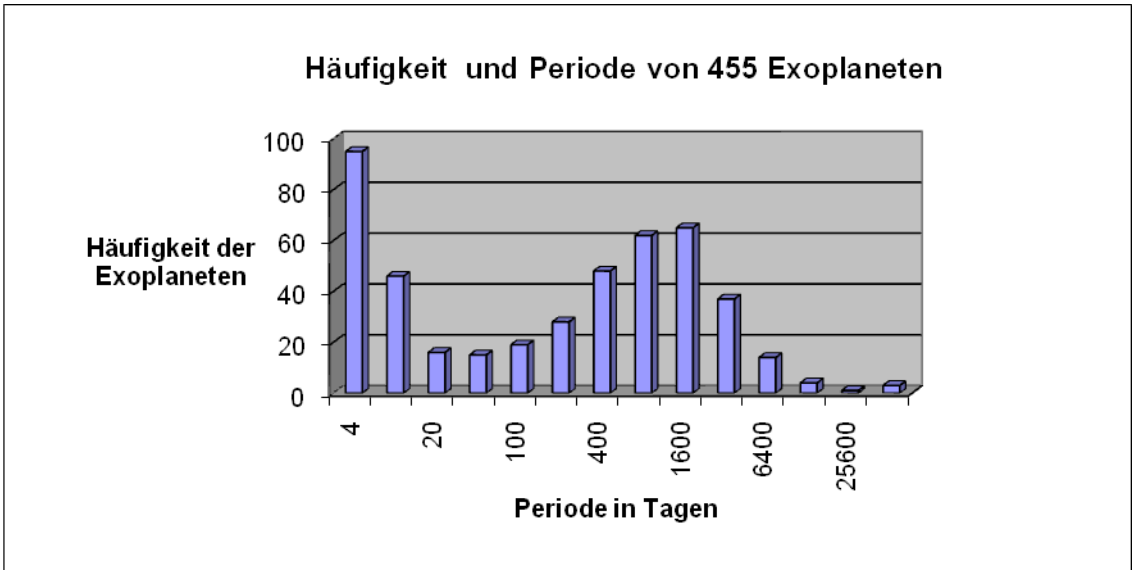
---

[46] Jupiter hat eine Wasserarmut in den oberen Schichten seiner Gashülle. Das Ammoniakgas steigt im Äquatorbereich auf und sinkt in höheren Breiten wieder in tiefere Schichten. Zudem hat die Junosonde einen größeren Gesteinskern bei ihm festgestellt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 31.5.17, S. N1

[47] Kleine Exoplaneten in Sternnähe unterscheiden sich in zwei Gruppen. Bis 1 ½ Erddurchmesser sind die Körper fest, wie unsere Erde. Darüber hinaus sind sie kleine Gasplaneten wie Neptun und haben damit eine erhebliche Gasschicht. Zudem sind sie sehr häufig. –Sterne und Weltraum, 3-2014, S. 17

Abstand zum Stern bei der Gasaufnahme größer. Da ist der Sonnenwind schwächer und die Untergrenze ist kleiner als bei einem geringeren Abstand zum Stern. Im Sonnensystem war die Periheldrehung größer und aus dem Grund haben Neptun und Uranus auch eine größere Masse als Gasplaneten. Wichtig ist nur, dass es innerhalb einer Klasse von Körpern unterschiedliche Größen von Planetenkernen gibt und damit auch unterschiedliche Massen als Gasplaneten.



Grafik 7: Häufigkeit und Perioden der Exoplaneten [48]

Nehmen Planeten Gase auf, verlieren sie an Dichte und treiben damit wieder von der Sonne weg. So kann sich der nächste Körper in diese Position setzen und zum Gasplaneten werden. Es gibt demnach im Bezug zum Stern einen bestimmten Abstand, wo der werdende Gasplanet eine ganze Weile verweilt, bis er weiter vom Stern weggetrieben wird. Die Periode in der Gasplaneten verweilen, liegt ungefähr bei 4 Tagen. Exoplaneten zeigen bei dieser Periode eine große Häufigkeit (Grafik 7). Ein Hinweis, dass die Entstehung mit der Gasaufnahme in der Nähe des Sterns stattfindet, bekommt man durch die Zusammensetzung der Gashülle von Jupiter. Darin befinden sich schwere Elemente (5.170.)[49]. Das bedeutet, dass aus dem Entstehungsbereich Körper wegwandern und auf Jupiter abstürzen. Damit verändert sich die chemische Zusammensetzung seiner Gase.

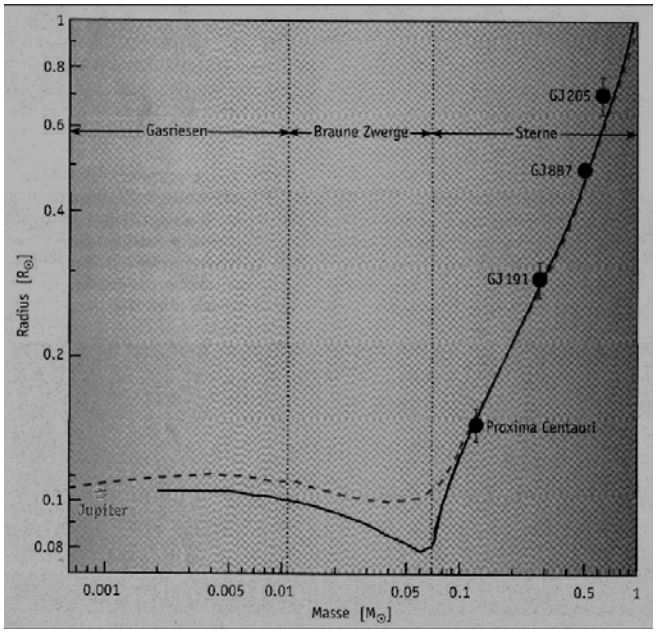
Einen weiteren direkten Hinweis findet man in der Gasscheibe eines noch jungen Sterns mit drei Exoplaneten. Das System hat die Bezeichnung LkCa 15 (22.37.)[50]. Es ist ein Stern mit drei Planeten von den zwei Gasplaneten sichtbar sind. Der Gasplanet, der dem Stern am nächsten steht, nimmt noch Gase auf. Also kann man an diesem Beispiel erkennen, dass in der Nähe eines Sterns die Gasaufnahme stattfindet.

[48] Die Grafik ist eine eigene Auswertung. Die Auswertung bezieht sich auf Tabelle 8

[49] Jupiter hat in seiner Gasoberfläche schwere Elemente. - Sterne und Weltraum, 10-2019, S. 14

[50] Bei dem System LkCa 15 nimmt der Exoplanet Gase auf, der dem Stern am nächsten steht.
Spektrum der Wissenschaft - 5-2016, S. 10 f

In der Entstehungsphase von Saturn und Jupiter ist der Verlauf anders, folgt aber dem gleichen Prinzip. Bei ihnen kommt die T-Taurikrise der Sonne zur Geltung (16.4.)[51]. Sie wird kleiner, der Sonnenwind nimmt rapide ab, und damit nimmt als erstes Saturn früher Gase auf, und später folgt Jupiter. Ihre große Masse hat die Ursache in der T-Taurikrise. In dieser Phase bricht die Entstehungsbereich zusammen und bildet sich in der Nähe des Sterns von neuem. Damit bleiben sie auch in der Nähe des Sterns.



Grafik 8: Durchmesser von Gasplaneten und Braunen Zwergen (5.33.)[52]

Nimmt ein Planet Gase auf, verliert er an Dichte und wandert aus der Position heraus, weil die Strömung der Gasscheibe wieder einen größeren Einfluss gewinnt. Rein theoretisch kann jedoch der Planet vor seiner Gasaufnahme eine kritische Masse erreichen, die so hoch ist, dass er sich selbst mit der Gasaufnahme nicht mehr vom Stern entfernt. Das liegt daran, dass Planeten nicht viel größer werden als Jupiter (siehe Grafik 8). Dadurch führte eine kritische Masse zu einer kritischen Mindestdichte. Nimmt die Dichte demnach wieder zu, weil er Gasplanet mehr Masse wird seine Abdrift wieder kleiner. Es führt immer dazu, dass ein Gasplanet sich irgendwann nicht mehr vom Stern entfernt.

Der Grund warum Exoplaneten in der Nähe des Sterns bleibt oder in einer zweiten Position bleiben, liegt vor allem darin, dass die Entwicklung des Sterns abbricht. Zudem kommt, dass es nur Planeten mit Eisenkern gelingt länger in der Nähe des Sterns zu bleiben. Das wäre ein Körper wie Jupiter, der aufgebaut ist, wie seine Monde. Das ist nur deswegen möglich, weil die Dichte von Anbeginn an größer war und damit auch weniger absank. Daher hätte er der Nähe des Sterns bleiben können.

Alle anderen Planeten wandern aus der Position in Sternnähe heraus und bieten damit dem nächsten Planeten die Möglichkeit Gasplanet zu werden. Bei den Jupitertypen ist es jedoch so, dass sie

---

[51] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

T-Tauristerne sind beträchtlich größer als 2 aber kleiner als 50 Sonnenradien. - S. 147

[52] Ab der Größe Jupiters werden Gasriesen nicht mehr größer. Bis hin zum Maximum der Masse eines Braunen Zwerges nimmt sie sogar noch etwas ab. - Sterne und Weltraum, 3-2003 - S. 16

die T-Taurikrise erleben und damit zu früh den Nahbereich des Sterns verlassen. Damit verlieren auch sie die Möglichkeit zum Stern zu werden. Das ist jedoch nicht ausschließen, dass sie es schaffen. Unter den G-Sternen gibt es tatsächliche eine Anhäufung von Sternen, die es geschafft haben, dass sich ein Jupiter zum Stern entwickelt hat. Ein Jupiter schafft es vor der T-Taurikrise so viel Masse als Festkörper zu sammeln, dass er nicht mehr wegwandert. Dadurch wird er zum Stern. Die T-Taurikrise setzt etwa bei Sternen ab 0,9 Sonnenmassen ein. Damit sinkt dort die Wahrscheinlichkeit, dass ein Jupiter zum Stern wird.

Allgemein kann man zu Gasaufnahme sagen, dass sie in einem bestimmten Abstand vom Stern stattfindet. Das ergibt sich aus diesen Überlegungen. Da herrscht in diesem Abstand auch eine bestimmte Temperatur. Also nehmen Gasplaneten in ihrer ersten Phase eine bestimmte oder ähnliche Temperatur an. Betrachtet man nun junge Exoplaneten um einen Stern, so liegt deren Temperatur ungefähr bei 600° Celsius. Das spricht dafür, dass sie hintereinander in einem bestimmten Abstand vom Stern entstanden sind. (27.22.)[53]

[53] Exoplaneten bei ganz jungen Sternen habe etwa eine Temperatur von 600° Celsius.

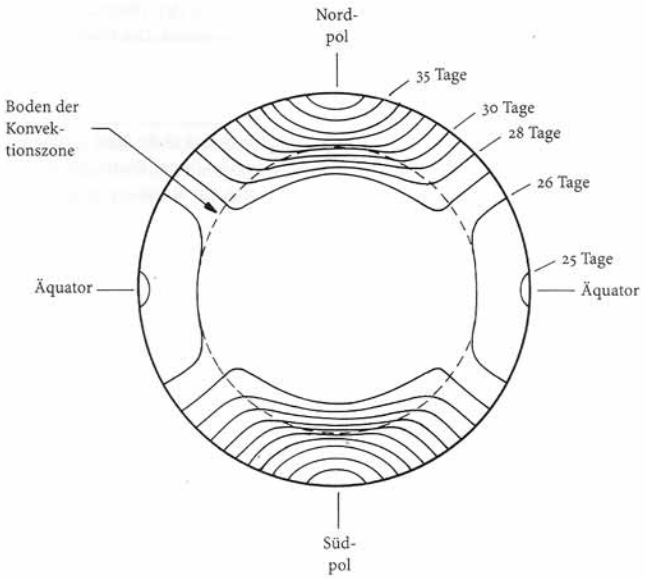
Frankfurter Allgemeine Zeitung 6.1.16, S. N 2

2.4. Die Akkretionsscheibe bei der Planetenentstehung

2.4.1. Die Sternrotation und die Akkretionsscheibe

Da der wichtigste Abschnitt der Planetenentstehung in der Nähe eines Sterns abläuft, ist es wichtig zu wissen, wie die Strömungsverhältnisse zum Zeitpunkt der Sternenentstehung ausgesehen haben. Sterne bilden bei ihrer Entstehung eine Akkretionsscheibe, und diese weist gegenüber der Rotation des Sterns innerhalb dieser Entwicklung eine höhere Geschwindigkeit auf. Es existiert demnach einmal die Rotation des Sterns und eine höhere Rotation seiner Akkretionsscheibe (16.3.)[54]. Um das besser zu verstehen, muss man sich die Rotation der Sonne genauer anschauen.

Abb. 4.11. Differentielle Rotation im Sonneninneren. Anders als ein Festkörper wie die Erde dreht sich die sichtbare Oberfläche der Sonne (*äußerer Kreis*) nicht in allen Breiten, oder Entfernungen vom Äquator, mit derselben Geschwindigkeit. Diese differentielle Rotation zeigt sich im größten Teil der Konvektionszone, wo die Rotationsgeschwindigkeit nahezu unabhängig ist von der Tiefe. Der gesamte äußere Teil der Sonne rotiert also relativ langsam; die Gegend am Äquator braucht für eine volle Umdrehung etwa 25 Tage, die in Polnähe jedoch 35 Tage. Im Gegensatz hat jeder Punkt der festen Erde die gleichen Rotationsgeschwindigkeit, und die Tageslänge beträgt deshalb unabhängig von der Breite immer 24 Stunden. Das ist gut so, denn differentielle Rotation würde schließlich die Kontinente zerreißen. (Nach helioseismologischen Daten, die Kenneth Libbrecht am Big Bear Sonnenobservatorium erhielt)



Grafik 9: Differenzielle Rotation im Sonneninneren (36.1.)[55]

Die Strömungsverhältnisse der Sonne werden über ihre differentielle Rotation verständlich. Sie dreht sich am Äquator in 24,8 Tagen um sich selber. Auf dem 20. Breitengrad braucht sie 25,4 Tage, auf dem 40. Breitengrad sind es 26,7 Tage und auf dem 70. Breitengrad haben wir 31 Tage (13.3.)[56]. Die Rotation nimmt vom Äquator bis in größere Breiten ab. Am Äquator existiert die

[54] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

Die Rotation der T-Tauristerne - S. 177

[55] Prof. Kenneth R. Lang, “Die Sonne, Stern unserer Erde“ Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

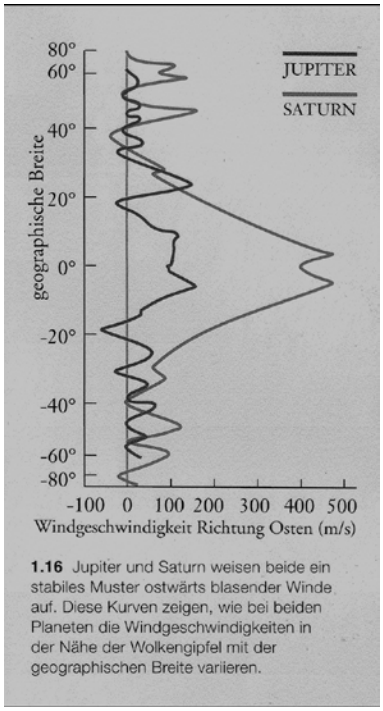
Die differentielle Rotation der Sonne findet nur in der Konvektionszone statt. - Grafik, - S. 69

[56] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Die differenzielle Rotation der Sonne. - S. 61

höchste Rotation. Diese differenzielle Rotation findet nur in den Konvektionszonen der Sonne statt (siehe Grafik 9). Daran erkennt man, dass die Akkretionsscheibe nur für eine bestimmte Phase existiert hat.

Dieses Prinzip existiert nicht nur bei der Sonne, sondern bei allen größeren Gaskörpern, wie auch bei Jupiter oder Saturn als eine differenzierte Rotation. (siehe Grafik 10) Im Bereich des Äquators haben auch sie eine höhere Rotation. Die Erklärung liegt in der Gasaufnahme. Die Aufnahme eines Gaskörpers findet da statt, wo die höchste Rotation existiert. Das ist am Äquator. Dort verdichtet sich das Gas und die Geschwindigkeit des Gases nimmt zu.



Grafik 10 : Gasrotation von Jupiter und Saturn (20.6.)[57]

Bei der Entstehung der Sterne ist die Rotation wesentlich höher als in einer späteren Entwicklung. In der sternnahen Gasscheibe kann eine Geschwindigkeit von 300 km/s vorliegen, während der Stern 10-mal langsamer rotiert (16.3.)[58]. Sicher existierte am Anfang einmal eine synchrone Rotation, die später verloren ging. Es kam zu diesem Unterschied der Rotation. Hier könnte man die Frage stellen: Warum treibt diese Gasscheibe den Stern nicht an? Ich drehe die Betrachtung um, und komme zu der Frage: Was existiert in der Gasscheibe und bremst die Rotation des Sterns? Es existierte etwas, was einen höheren Einfluss hat als die Gasscheibe selber. Die Ursache des Rotationsverlustes kann nur in der Nähe des Sterns, also in der Gasscheibe selbst liegen, und es muss etwas mit Magnetismus zu tun haben, denn beim Auftreten der Sonnenflecken, die oberhalb und

---

[57] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

S.41

[58] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“ Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

Rotationen im T-Tauristern. Bahngeschwindigkeit der Scheibenmaterie in der Nähe der Sternoberfläche: 300 km/s. Rotationsgeschwindigkeit der Oberfläche des Sterns eine Größenordnung kleiner ist. - S. 177

unterhalb des Sonnenäquators entstehen, fällt die Rotation ab. Nachdem die Sonnenflecken zum Beispiel 1977 ihr Maximum erreichten, fiel anschließend die Rotation der Sonne im Bereich von 10° bis 15° von 7600 km/h auf 7200 km/h (13.4.)[59].

Hierbei muss man eines noch vor Augen haben. Der Äquator der Sonne und die Linien der Sonnenflecken liegen nicht in der Ebene der Ekliptik. Diese sind noch mal um 7,15° gegenüber der Ekliptik geneigt (29.5.)[60]. Das muss man so verstehen, dass sich nach dem Verschwinden der Gasscheibe unsere Sonne um diesen Winkel geneigt hat.

Vergleicht man den Magnetismus der Sonne mit anderen Sternen so nimmt die Rotation zu den kühlen Sternen hin ab, aber der Magnetismus nimmt zu (10.6.)[61]. Hier sollte man Ursache und Wirkung nicht vertauschen. Der Magnetismus ist die Ursache und der Rotationsverlust die Auswirkung. Die Ursache des Magnetismus muss wiederum in der umliegenden Gasscheibe liegen. Der Stern wird über den Magnetismus gebremst, während die Gasscheibe „nur" über das Drehmoment des Sterns gebremst wird. Wenn etwas aus der Gasscheibe für den bremsenden Magnetismus sorgt, so ist diese Wirkung höher als die rückwirkende Bremsung des Sterns.

Die Geschwindigkeit der Gasscheibe um die Sonne war demnach in der Entstehungsphase 150-mal schneller als ihre Rotation heute. Die differenzierte Rotation war während der Entstehung der Sonne damit viel stärker ausgeprägt. Die Geschwindigkeit und auch die Dichte nahmen zum Äquator hin stark zu.

In dieser Region hatte der Sonnenwind keinen Einfluss, weil die Gase dort zu dicht waren. Damit weist der Stern in seiner frühen Entwicklung an der Oberfläche unterschiedliche Strukturen auf.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die T-Tauristerne, so könnte man annehmen, sie nähmen in dieser frühen Phase nur Gase auf. Das ist falsch. Sie machen beides. Sie nehmen Gase auf und sie geben im gleichen Zuge Gase ab (29.1.)[62]. Bei einer homogenen Gasstruktur ist das nicht möglich. Dort könnte man nur sagen, der Sonnenwind sei so stark, dass er eine Gasaufnahme nicht zulässt oder er ist so schwach, dass diese Gasaufnahme möglich ist. Es gäbe nur ein Ja oder Nein. Da es beides gibt, müssen unterschiedliche Strömungsstrukturen an der Sternoberfläche herrschen.

---

[59] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis", Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Die Rotation der Sonne und ihre Sonnenflecken. - S. 62

[60] Prof. Dr. Helmut Scheffler, Landessternwarte Heidelberg-Königsstuhl, Prof. Dr. Hans Elsässer, Max-Planck-Institut für Astronomie: „Physik der Sterne und der Sonne" Heidelberg, Wissenschaftsverlag Mannheim-Wien-Zürich, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage 1990

Die Bewegungslinie der Sonnenflecken ist gegenüber der Ekliptik um 7,15° geneigt. - S. 33

[61] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren", Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Der Sternmagnetismus der Chromosphären nimmt zu den kühleren Zwergsternen zu und die Rotation nimmt ab. Der typische G-Stern rotiert mit 5 km/s (dies im Gegensatz zur Sonne, die nur mit 2 km/s rotiert), der K-Stern mit 2 km/s und der M-Stern mit 1 km/s. - S. 172 ff

[62] Prof. Dr. Helmut Scheffler, Landessternwarte Heidelberg-Königsstuhl, Prof. Dr. Hans Elsässer: „Physik der Sterne und der Sonne", Max-Planck-Institut für Astronomie Heidelberg, Wissenschaftsverlag Mannheim-Wien-Zürich, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage 1990

Von T-Tauristernen kann man von Massenverlustraten ausgehen, die von 10 hoch minus 8 bis10 hoch minus 7 Sonnenmassen pro Jahr ausmachen. - S. 206

Wie diese Struktur aussieht, zeigen uns die T-Tauristerne selbst. Sie geben die Gase über die Pole ab. Es kann auch dazu führen, dass die Herbig-Haro-Objekte über den Polen Gase in zwei gegenläufigen Jets bilden (2.4.)[63]. Auch hier wird die Gasaufnahme nur über die Rotationsebene funktionieren. Das überflüssige Gas schießt über die Pole eines jungen Sterns hinweg.

Der wohl massenreichste Stern in unserer Milchstraße, Eta Carina, hat eine außergewöhnlich hohe Rotation. Er gibt größte Mengen Gase in zwei Keulen über den Polen ab, aber genau auf der Rotationsebene ist der Raum leer (26.1.)[64]. Das Gas kann dort nicht vom Stern entweichen. Auch hier zeigt sich, dass der Sonnenwind diesen Bereich nicht durchdringen kann.

Die Schlussfolgerung wäre, dass ein Stern der mehr Gase aufnehmen will, seine Rotation ständig erhöhen muss, je höher seine Masse ist. Nur über die Verdichtung des Gases durch hohe Geschwindigkeiten kann er dem Sonnenwind etwas entgegensetzen. Verliert ein Stern die Rotation, sind seine Gasaufnahme und damit auch seine Entwicklung beendet.

2.4.2. Die Abplattung der Akkretionsscheibe

Wenn man in der Betrachtung bleibt, die Körper seien hintereinander entstanden, wären die Körper des Kuiper-Gürtels die frühste Entwicklung von Körpern im Sonnensystem. Wenn wir davon ausgehen, dass die Exzentrizität kleinerer Körper Ausdruck ihrer Dichte ist, so könnte man vom Kuiper-Gürtel annehmen, dass die Entstehung von Körpern mit einem Mal einsetzt. Die kleinen Halbachsen der Körper liegen alle im Bereich bis 47 AE (siehe Grafik 17) (5.31.)[65].

Das bedeutet, ab einer bestimmten Rotation, damit verbindet sich eine bestimmte Geschwindigkeit des Gases (5.61.)[66], setzt die Abplattung der Gasscheibe plötzlich ein (siehe Grafik 11). Das kommt daher, weil die Masse des Sterns sich immer mehr auf das Zentrum konzentriert und die Geschwindigkeit des Gases zu den höheren Sternmassen immer weiter zunimmt. Damit nimmt die Gasdichte ständig zu, und das führt ab einer bestimmten Geschwindigkeit des Gases zur Abplattung der Gasscheibe. Diese Abplattung setzt daher bei einer ganz bestimmten Sternmasse plötzlich ein. Das wäre ab den M5-Sternen, und genau da setzt die Tätigkeit der Konvektionszonen plötzlich ein.

---

[63] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Herbig-Haro-Objekte (H-H-Objekte) - S. 95 ff

[64] Süddeutsche Zeitung

Eta Carinae ist ein Stern mit 100 Sonnenmassen und hat eine sehr hohe Rotation. Der Gasauswurf geht über die Pole. Die Rotationsebene ist frei von Gasen.

Zeitung Nr. 296 - S. 11, 24.12.2003

[65] Der Aufbau des Kuiper-Gürtels zeigt, dass die Entstehung größerer Körper um die Sonne in einem bestimmten Abstand, nämlich ab 47 bis 48 AE plötzlich beginnt. Ab 41 AE gibt es keine Körper mehr, die eine Kreisbahn vorweisen. Das wäre im Bereich der Plutinos. Hierzu gibt es zwei Graphiken.

Sterne und Weltraum, 1-2003 - S. 21 f

[66] Jede Strömung wird dann turbulent, wenn sie ein bestimmtes Maß an Reibung, Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsstärke erreicht. Dieser erreichte kritische Wert wird mit einer Reynolds-Zahl beschrieben. Diese Turbulenz tritt mit einem mal auf.

Sterne und Weltraum Spezial 1-2003 - S. 89

Ist diese Gasscheibe nun abgeplattet, werden die kondensierten Körper in zwei Bereiche getrennt und können sie erst dann durchdringen, wenn sie eine bestimmte Masse erreichen. Durch diese Scheibe entsteht damit ein Stau, der die Körper zwingt, größer zu werden. Das werden viele Körper nicht schaffen, weil die Sonne noch so kühl ist und der Entstehungsbereich sehr nahe an Stern liegt. Damit stürzen sie in den Stern.

Übertragen wir den Kuiper-Gürtel auf die Entwicklungsphase unserer Sonne, so setzt ab einer bestimmten Rotation, was auch für eine bestimmte Temperatur des Sterns spricht, der Bewurf mit größeren Objekten ein. Dies müsste sich direkt auf die Oberflächen von Sternen auswirken.

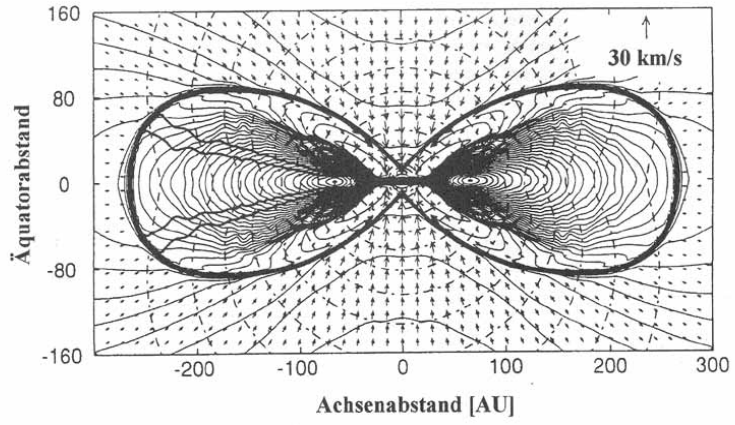


Abbildung 5.6: Struktur einer kollabierenden Gaswolke von 10 Sonnenmassen nach 7074 Jahren, gesehen von der Kante der sich im Inneren bildenden Scheibe (nach Yorke, Bodenheimer und Laughlin 1995). Im Zentrum hat sich eine Masse von 2.7 $M_\odot$ geformt. Die Pfeile bezeichnen die lokalen hydrodynamischen Strömungsgeschwindigkeiten, wobei die Länge der Vektoren am rechten oberen Bildrand skaliert sind. Die durchgezogenen Linien sind sogenannte Isodensiten, also Linien gleicher Materiedichte. Deutlich ist eine äußere Schockfront sowie im Inneren die Bildung einer massiven *protostellaren* Akkretionsscheibe zu sehen. Nähere Erläuterungen im Text.

Grafik 11: Kollabierende Gaswolke. (2.12)[67]

Tatsächlich stellen wir bei den kühlsten Sternen fest, dass an den M5-Sternen die Konvektionszonen mit entsprechendem Magnetismus mit einem Mal entstehen (10.5.)[68]. Damit wäre die Ursache für das Entstehen der Konvektionszonen der Absturz größerer Körper in einen Stern gegeben (14.3.)[69]. Der Magnetismus erklärt sich, weil die Körper beim Durchdringen der Gasscheibe

[67] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Grafik zur kollabierenden Gaswolke - S. 150

[68] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Tätigkeit der Chromosphären und Koronen und damit auch der Magnetismus (Sonnen-fleckentätigkeit) nimmt von den späten A-Sternen (kühle A-Sterne) bis hin zu den M5-Sternen zu, und bricht dann mit einem Mal ab. - S. 174

[69] James B. Kaler „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

zu rotieren beginnen und auf Grund ihrer metallhaltigen Zusammensetzung ein Magnetfeld entwickeln. Dieses stürzt mit dem Körper in den Stern und damit überträgt sich dieser Magnetismus auf die Sternoberfläche und dringt danach in tiefere Schichten ein. Es ist damit nicht verwunderlich, dass nur in der Konvektionszone die differenzielle Rotation der Sonne zu finden ist. Nur da existierte eine Akkretionsscheibe.

Das Wesentliche für die Betrachtungen liegt darin, dass wir es hier wieder mit einem Bindeglied zwischen Planetenentstehung und Sternentwicklung zu tun haben könnten.

Die Abplattung ist einmal abhängig von der Rotation zum anderen aber auch abhängig von der Masse des Sterns. Ist die Masse des Sterns sehr hoch, konzentriert sich die Masse stark auf das Zentrum. Das führt wiederum dazu, dass die wirkende Kraft auf die Abplattung mit der steigenden Masse des Sterns größer wird. Wenn demnach die Rotation ab den A-Sternen kaum mehr steigt, so nimmt jedoch die Abplattung auf die Gasscheibe mit der Masse des Sterns zu.

2.4.3. Das Ende der Akkretionsscheibe

Wenn die Akkretionsscheibe ab einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit mit einem Mal abplattet, so muss sie in umgekehrter Richtung auch mit einem Mal zusammenbrechen. Das bedeutet für die Planetenentstehung, dass sie mit einem Mal beendet ist, wenn die Akkretionsscheibe eine bestimmte Rotationsgeschwindigkeit verliert. Die Bildung der Körper hört mit einem Mal auf. Damit klingt die Körperbildung nicht langsam aus. Wäre das so, müssten im inneren Sonnensystem die Körper zur Sonne hin langsam kleiner werden. Das ist nicht der Fall. Das spricht für dieses abrupte Ende (5.31.)[70].

Der zweite Aspekt liegt darin, dass unter einer bestimmten Rotation die Sternentwicklung mit einem Mal zusammenbricht. Damit ist die Gasaufnahme wegen des zunehmenden Sonnenwindes sofort beendet. Das bedeutet, kühle Sterne, die diese Rotation einmal unterschritten haben, beenden ihre Weiterentwicklung. Weil es diese absolute Untergrenze der Rotation gibt, existiert auch eine Temperaturgrenze, ab welcher der Stern heiß genug ist, oder in dem Sinne früh genug die Temperatur erreicht, ab der sich der Entstehungsbereich der Körper vom Stern trennt. Damit verstärkt sich die Rotation schlagartig ab einer bestimmten Sterntemperatur (5.8.)[71].

2.4.4. Die Akkretionsscheibe und die Klassen von Körpern

Es gibt unterschiedliche Klassen bei den Planeten, und deren Entwicklung ist abhängig von der Entwicklung der Gasscheibe. Je schneller eine Gasscheibe dreht, umso stärker plattet sie in Sternnähe ab. Diese Stärke der Abplattung entscheidet über die Entstehung der Klassen bei den Planeten und Monden. Die erste Klasse setzt bei dem M5 Sternen ein. Hier dominiert das Eis. In der

---

Zitat: „Wenn Stellartheoretiker einen letzten Wunsch frei hätten, dann würden sie sich vermutlich eine exakte Theorie der Konvektion wünschen.“ - S. 192

[70] Der Aufbau des Kuiper-Gürtels zeigt, dass die Entstehung größerer Körper um die Sonne in einem bestimmten Abstand, nämlich ab 47 bis 48 AE plötzlich beginnt. Ab 41 AE gibt es keine Körper mehr, die eine Kreisbahn vorweisen. Das wäre im Bereich der Plutinos. Hierzu gibt es zwei Graphiken.

Sterne und Weltraum, 1-2003 - S. 21 f

[71] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD. Die Rotation steigt bei 6300 Kelvin mit einem Mal sehr stark an.

Sterne und Weltraum, 7-1998 - S. 626

zweiten Klasse dominiert das Gestein, also die E-Klasse. Diese beginnt ab Sternen mit 0,5 Sonnenmassen. Die M-Klasse mit Eisen- und Nickelkernen bildet sich bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen. Ab 1,1 Sonnenmassen Teilen sich die Kerne in Eisenkernen und in Nickelkernen. Bei Sternen mit 1,5 Sonnenmassen haben wieder kurzfristig die Gesteinskörper der E-Klasse die Vormacht. Bei Sternen ab 1,6 Sonnenmassen entstehen Körper mit dem Kern der Dichte von Elementen 12 g/cm³ bis 20 g/cm³. Diese Trennungsverfahren sind alle an die Abplattung der Gasscheibe gebunden. Das bedeutet, je höher die Dichte eines Körpers ist, umso stärker streut er. Eine höhere Abplattungsrate verhindert diese Streuung. Das Prinzip drückt sich in der Häufigkeitsverteilung von Exoplaneten aus, deren Klassen zudem untereinander eine Wechselwirkung haben. Dieses entscheidet auch, ob sich Gasplaneten bilden oder nicht. Die Größe der Mondsysteme würde sehr genau den Unterschied in der Größe der Klasse vorführen können.

2.4.5. Definition und Funktion der Gasscheibe

Die Akkretionsscheibe ist das gesamte Gasgebilde, das einen Stern umgibt. In dieser Beschreibung zur Planetenentstehung ist jedoch die Kernregion der Gasscheibe von zentraler Bedeutung, die nur auf der Rotationsebene eines Sterns zu finden ist. Ich spreche von der abgeplatteten Gasscheibe, die sich zur Ekliptik verdichtet. Es ist demnach nur der innere Teil einer Akkretionsscheibe.

In den letzten Betrachtungen ging es um die Funktion der inneren Gasscheibe im Bezug auf den Stern. Die Funktionen im Bezug auf die Körperbildung sind jedoch noch vielseitiger. Diese Scheibe trennt Körper nach der Kondensation auf zwei Ebenen „oberhalb und unterhalb“ der Ekliptik. Aus diesem Grunde findet man die Sonnenflecken in ganz bestimmten Abständen auf beiden Seiten des Äquators. Die Gasscheibe ist in der Lage Gestein und Eisen kurz nach der Kondensation zu trennen. Daher existieren unterschiedliche Chondren aus Silikaten und Eisennickel (4.8.)[72]. Die Gasscheibe führt dazu, dass sich Körper bis zu einer bestimmten Größe und Masse auf beiden Seiten der Ekliptik stauen. Sie ist in der Lage Körpern die Rotation beizubringen. Mondgroße Körper hält sie der Dichte entsprechend in bestimmte Inklinationen. Sie bestimmt allgemein die Exzentrizität aller Körper. Die Gasscheibe ist in der Lage, die Mondsysteme um den Planeten zu drehen. Mit den unterschiedlichen Geschwindigkeiten, die eine Gasscheibe für jeden Stern erreichen kann, entstehen auch unterschiedliche Klassen von Körpern, die spezifisch zu ihrem Kern eine ganz eigene Dichte vorweisen. Als letztes bietet sie den Schutz massenreicherer Körper vor dem Sonnenwind. Auf diese Weise sind Planeten in der Lage, in der Nähe eines Sterns Gase aufzunehmen. Für die weitere Entwicklung eines Planeten zum Stern, ist das von zentraler Bedeutung. Man kann hier schon erkennen, dass die Bedeutung dieser Gasscheibe elementar ist, weil sie so viele Funktionen erfüllt.

2.4.6. Gasscheibe und Quasare

Die Gasscheibe ist bei Sternen begrenzt, weil einmal die Abstrahlung des Sonnenwindes zu stark wird und zudem die Viskosität des Gases eine Hemmung in einer immer gesteigerten Geschwindigkeit ergeben könnte. Der Stern schafft es demnach nicht über 100 oder 120 Sonnenmassen hinauszukommen. Anders ist es bei einem massiven schwarzen Loch im Kern von Galaxien. Da ist die wirkende Gravitation im Zentrum viel größer und die Rotation der Gasscheibe übersteigert. Hier geht die Abplattung der Gasscheibe weiter und verschafft dem Schwarzen Loch trotz der hohen Strahlungsenergie einen Zugang an Masse. Also hat die Gasscheibe um ein Objekt in der Struktur auch eine Bedeutung für Quasare oder Radiogalaxien.

---

[72] Argyris Sfountouris: "Kometen - Meteore - Meteoriten" Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich, 1986.

Hier sind in einem Foto Chondren aus Metallsulfiden (Eisen und Nickel) abgebildet. Es gibt demnach Tropfen aus Eisen und Nickel, die zu einem Meteoriten zusammen finden. - S. 166

2.5. Trennungsverfahren in der Gasscheibe

2.5.1. Entwicklungsstufen

Innerhalb der Akkretionsscheibe spielen sich sehr viele Prozesse bei der Entwicklung der Körper ab. Um diese besser beschreiben zu können, muss man sie in all ihre Entwicklungsstufen unterteilen.

Über die Kondensation entstehen Körper und setzen sich auf bestimmten Ebenen oberhalb und unterhalb der Ekliptik ab. Substanzen werden innerhalb der Gasscheibe ihrer Dichte nach getrennt. Das wäre die Bildung der Chondren.

Die Gasscheibe wirkt nun als Stau für diese kleinen Körper. Sie müssen die Strömung durchdringen. Um das zu können, müssen sie eine bestimmte Masse erreichen. Die erste Entwicklungsstufe betrachtet nur die Phase, bevor Körper die Gasscheibe durchdrungen haben. Das ist die Entwicklungsphase der Meteoriten.

Wenn sie die Gasscheibe durchdringen, sind sie auf eine Größe von etwa einem Kilometer Durchmesser genormt. Sie müssen einem bestimmten Druck standhalten, und das geht nur über die Masse eines Körpers. Die Dichte spielt dabei die wesentliche eine Rolle. Je höher sie bei einer Klasse ist, umso kleiner ist der Körper beim ersten Durchdringen der Gasscheibe auf der Ekliptik.

Die Dichte der Körper, oder man kann auch sagen, die Dichte einer bestimmten Klasse, bestimmt auch die grundlegende Exzentrizität der Klasse der Asteroiden und deren Inklination. Kometen nehmen eine besondere Stellung ein. Sie haben eine Dichte von ca. 0,2 g/cm³. Damit fallen sie als Körper aus der Reihe. Diese haben eine wesentlich größere Masse beim ersten Durchdringen der Gasscheibe. Zudem findet man bei ihnen die Anomalie des Wassers. Wasser dehnt sich an 4° Celsius aus. Daher wird die Abdrift größer während sie bei allen anderen Körpern kleiner wird.

Die einzelnen Klassen der Asteroiden bilden die Grundlage für die unterschiedlichen Arten von Körpern. Monde und Planeten sind erst einmal gleichwertig und setzten sich aus den Klassen zusammen.

In der nächsten Entwicklungsstufe wachsen die Körper zur Größe eines Mondes heran. Auch in dieser Stufe wirkt die Gasscheibe, aber auch die Periheldrehung bestimmt die Entwicklung dieser Körper und führt zum Zusammentreffen von kleinen Körpern mit größeren Körpern. Die Periheldrehung ist um 90° gegenüber der Abdrift versetzt. Die Inklinationen der einzelnen Klassen sind ähnlich. Die Periheldrehung führt sie in ähnliche Bahnen. Zudem wirkt die Reibung auf die Körper in gleichen Bahnen, Kleinere Körper treiben zu größeren Körpern.

Es bilden sich in der gesamten Phase zwei ähnlich große Körper (Monde) heraus. Dieses sind Mischungen aus den drei wesentlichen Klassen der Asteroiden.

In der nächsten Stufe fangen sich die beiden ähnlich großen Körper ein. Diese fangen mehrere Körper ein und einer setzt sich als Hauptkörper durch. Die Gasscheibe regelt die Mindestgröße der Monde beim ersten eingefangenen Mond. Sie bewirkt zudem die Drehung der Mondsysteme. In der Zeit gewinnt der Planet enorm an Masse und verliert an Abdrift. Er entfernt sich kaum mehr vom Stern. Diese Position kann man recht gut bei den Exoplaneten verfolgen. Hier findet man eine besonders große Anhäufung von Umlaufzeiten mit 4 Tagen.

Die Gasaufnahme des Planeten erreicht er über eine besonders hohe Masse. Diese führt zu einer hohen Dichte. Das ergibt eine kleinere Inklination mit der er in den Schutz der Gasscheibe vor dem Sonnenwind gelangt. Somit kann der Planet Gase aufnehmen. Damit nimmt die Dichte des Planeten ab. Er wandert aus der Position heraus und ein anderer Körper setzt sich in diese Position und wird zum Gasplaneten.

Die Entwicklung des Gasplaneten zum Stern kann weiter gehen. Das wird jedoch erst im Thema der Exoplaneten angeschnitten und richtig im Thema der Doppelsterne besprochen.

So hat man in Kürze die Entwicklungsphasen beschrieben. Dieses Kapitel beginnt mit der Kondensation, also der ersten Entwicklungsphase, bis die Gasscheibe die Körper trennt und auf bestimmte Ebenen bringt. Es wäre die Phase der Bildung der Chondren und Meteoriten.

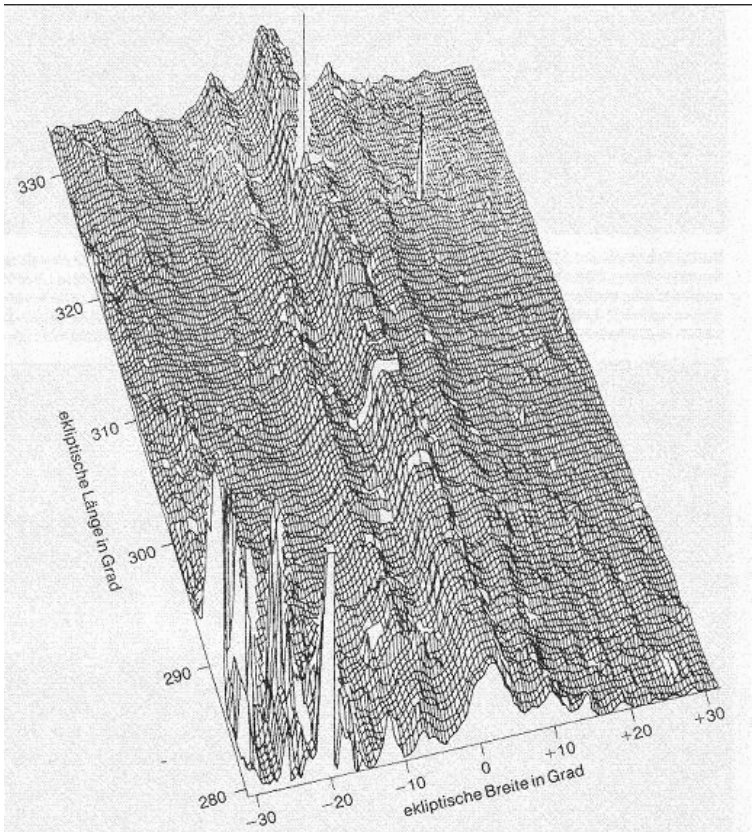


Bild 7: Die Staubbänder im Sonnensystem sind klar voneinander getrennt; sie bestehen aus Material, das die Sonne in der Entfernung des Asteroidengürtels (zwischen Mars und Jupiter) umkreist. Die Graphik zeigt die Intensität der Strahlung, die im 60-Mikrometerband empfangen wurde, als Funktion der ekliptikalen Länge und Breite. Der Grat in der Mitte zeigt einen Staubring in der Ekliptik an, der von zermahlenen Asteroiden herrühren könnte. Die beiden Grate links und rechts davon lassen sich nicht so leicht erklären; sie deuten Staubteilchen in einer um 9 Grad gegen die Ekliptik geneigten Bahn an. Möglicherweise handelt es sich um Material aus dem Zusammenstoß eines Kometen mit einem Asteroiden. Die Partikel sind anscheinend relativ groß und bestehen vorwiegend wohl aus Silicaten.

Grafik 12: Staubbänder im Asteroidengürtel (11.1.)[73].

2.5.2. Das Prinzip der Körperbildung

Nach meinen Überlegungen ist das Prinzip, wonach sich Körper um einen Stern bilden die Kondensation. Das würde bedeuten, Körper entstehen nach ihren unterschiedlichen Kondensationstemperaturen in bestimmten Abständen zum Stern. Was diese Annahme stützt, ist die Struktur des Asteroidengürtels (Grafik 5). Mit größerem Abstand von der Sonne haben die vorhandenen Körper eine geringere Kondensationstemperatur. - Was dieser Überlegung ebenfalls Recht geben könnte, ist die Herkunft der Meteoriten. Sie kommen alle aus dieser Region des

[73] Harm J. Habing, Gerry Neugebauer: „Der Infrarot Himmel“ Spektrum der Wissenschaft Verständliche Forschung Heidelberg 1986

Staubbänder im Asteroidengürtel, - S. 39 f

Asteroidengürtels und weisen zum Teil Arten auf, die der Urzusammensetzung gerade entstandener Körper entsprechen (19.5.)[74].

Das zweite Verfahren der Körperbildung liegt in der Trennung der Körper nach ihrer Dichte. Hier wirkt die Verdichtung der Gasscheibe zur Rotationsebene um einen Stern. Körper trennen sich auf beiden Seiten der Gasscheibe und nehmen entsprechend ihrer Dichte bestimmte Abstände zur Rotationsebene oder der Ekliptik des Sterns an.

Was dieses Prinzip unterstützt, ist der ähnliche Kondensationspunkt und die ähnliche Dichte von Eisen und Nickel (31.1.)[75]. (siehe Tabelle 7) Sie können nicht getrennt werden und treten daher nur gemeinsam auf. Genau das zeigen die Meteoriten. Eisenmeteorite oder Nickelmeteorite gibt es in reiner Form nicht. Was die Trennung in bestimmte Abstände zur Ekliptik unterstützt, sind einmal Staubbänder im Bereich der Asteroiden (siehe Grafik 12) und die Sonnenflecken, die in bestimmten Abständen zum Äquator auftreten.

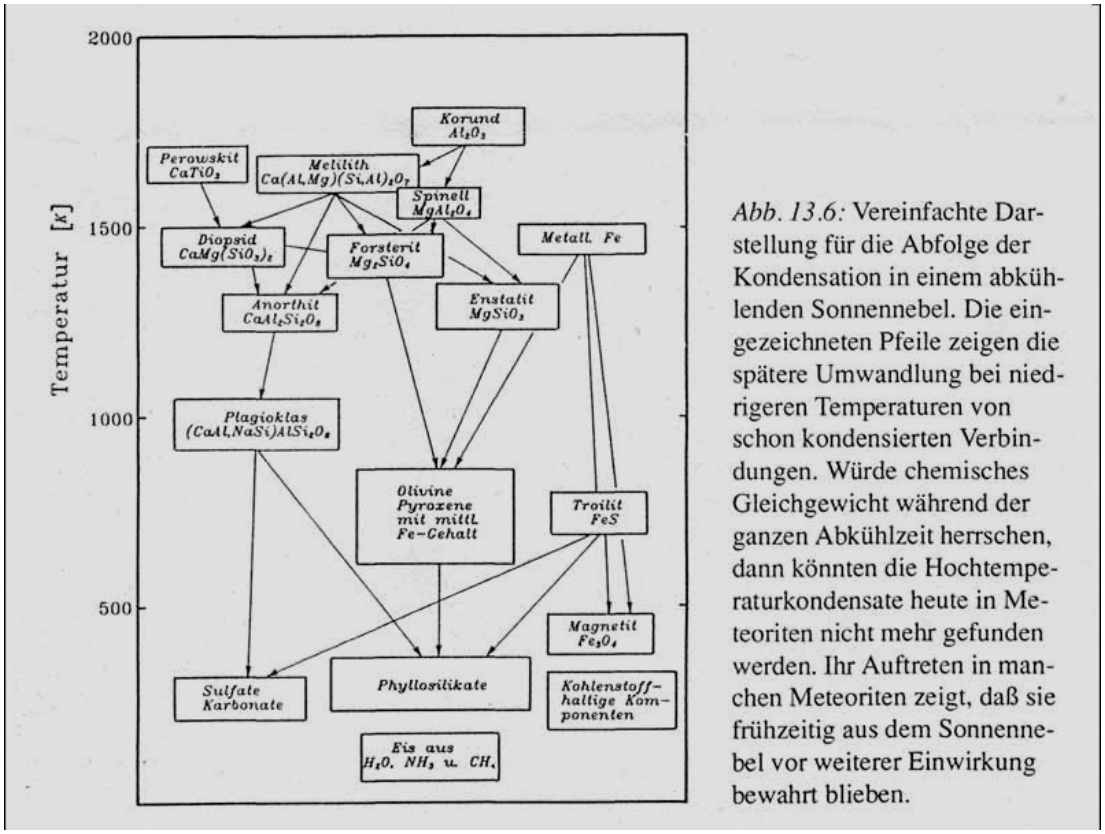


Abb. 13.6: Vereinfachte Darstellung für die Abfolge der Kondensation in einem abkühlenden Sonnennebel. Die eingezeichneten Pfeile zeigen die spätere Umwandlung bei niedrigeren Temperaturen von schon kondensierten Verbindungen. Würde chemisches Gleichgewicht während der ganzen Abkühlzeit herrschen, dann könnten die Hochtemperaturkondensate heute in Meteoriten nicht mehr gefunden werden. Ihr Auftreten in manchen Meteoriten zeigt, daß sie frühzeitig aus dem Sonnennebel vor weiterer Einwirkung bewahrt blieben.

Grafik 13: Kondensationstemperaturen verschiedener Mineralien (19.16.)[76]

---

[74] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Meteoriten kommen nach Berechnungen ihrer Bahnen aus dem Asteroidengürtel. - S. 98

[75] G. O. Müller „Lehrbuch der angewandten Chemie“ Band II –3. Auflage - S. Hirzel Verlag Leipzig 1988

Daten zu den Elementen. (Elementkonstanten) - S. 516 ff

[76] Ludolf Schulz: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Die Kondensation im abkühlenden Sonnennebel. Eisen liegt bei etwa 1500 Kelvin, und Enstatit bei etwa 1400 Kelvin. Korund, Melilith und Spinell liegen in der Kondensation oberhalb des Eisens. - S. 235

2.5.3. Klassen der Körperbildung

Aufgrund unterschiedlicher Kondensationstemperatur sowie unterschiedlicher Dichte entstehen vier Klassen von Körpern. Sie bestehen aus schwerem Gestein, Eisen, leichtem Gestein und Eis. Die ersten drei Klassen sind im Asteroidengürtel zu finden. Sie werden benannt mit der E-, M-, und C-Klasse (siehe Grafik 5) (7.4.)[77]. Die Meteoriten weisen ähnliche Klassen auf. Die E-Klasse besteht in ihrer äußeren Schicht aus Enstatite. Der Kondensationspunkt liegt etwas unterhalb von Eisen und Nickel. Nach meinen Überlegungen ist das die äußere Schicht der Gesteinskörper, die in tieferen Schichten aus Korund, Melilith und Spinell bestehen (siehe Grafik 13). All diese Gesteinsarten haben eine höhere Kondensationstemperatur als Eisen und Nickel. Daher stehen sie der Sonne näher.

Die vierte Klasse sind die Kometen. Diese Klassen entwickeln sich erst einmal getrennt, weil sie sich spezifisch ihrer Dichte und ihrer Kondensation in einer eigenen Region aufhalten oder spezifisch ihrer Dichte eine eigene Inklination aufweisen.

Körper aus der inneren Region wandern durch äußere Regionen und sammeln die Körper anderer Klassen ein und bilden demnach Schichten, die nach ihrer Dichte und Kondensation getrennt sind. Aus der Dichte des Kerns wird die Körpergröße abgeleitet.

Die Dichte der Körper entscheidet über die Inklination. Diese wird größer, je geringer die Dichte ist. Der Abstand zur Ekliptik wird mit geringerer Dichte größer, und daraus ergibt sich die höhere Inklination. Diese geht jedoch bei großen Körpern verloren, weil die Gasscheibe verschwindet. Sie werden zum großen Teil als Monde eingefangen und Planeten neigen sich wegen der später steigenden Dichte wieder zur Ekliptik. Die einzigen Körper deren Inklination erhalten bleibt, sind die Körper im äußeren Sonnensystem und die Kometen. Die Begründung liegt darin, dass vor ihnen keine größeren Körper entstanden sind. Die Erklärung für die Kometen lautet, dass sie sich so schnell von der Sonne entfernt haben.

Die Exzentrizität wird ebenfalls über die Dichte bestimmt. Körper geringerer Dichte werden beim Eintauchen in die Gasscheibe stärker gebremst und nähern sich mehr dem Stern, wenn sie die Gasscheibe auf der Ekliptik durchdringen. Die Exzentrizität nimmt mit der Masse ab. Sie lassen sich dann von der Strömung der Gasscheibe nicht mehr so stark beeinflussen. Die Exzentrizität ist wiederum bei den äußeren Körpern im Sonnensystem besonders gut erhalten und bei den Kometen ebenfalls. Im inneren Sonnensystem erkennt man noch die Tendenz von Masse und Exzentrizität.

2.5.4. Trennung der Substanzen, Inklination und Rotation

Damit nun Substanzen kondensieren, brauchen sie nicht nur eine spezielle Temperatur, sondern eine spezifische Dichte des Gases. In der Gasscheibe herrscht in einem bestimmten Abstand vom Stern eine bestimmte Temperatur und Gasdichte und die Geschwindigkeit nimmt zur Ekliptik hin zu. Die Kondensation findet daher am ehesten in der Nähe der Ekliptik statt. Dort bilden sich die meisten Tropfen. Sicher bilden sich auch in größeren Abständen Tropfen, aber in geringerer Zahl.

Sobald Tropfen entstehen, haben wir es mit zwei Geschwindigkeitsvektoren zu tun. Der eine weist direkt zum Stern, der zweite entspricht der Geschwindigkeit des Gases.

Hier kommt aber noch die dritte Bewegungskomponente dazu. Die Tropfen bewegen sich aus der starken Strömung in der Nähe der Ekliptik heraus. Es ist in diesem Sinne keine Auftriebskraft. Es ist eine Bewegung, die durch Reibung bedingt den Weg des geringsten Widerstandes sucht.

---

[77] Prof. Kenneth R. Lang und Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Unterteilung verschiedener Arten der Asteroiden, ihre Verteilung im Asteroidengürtel. Textquelle: Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science 216, 1405 (1982) - S. 211

Die Tropfen bewegen sich damit von der Ekliptik weg in Regionen geringerer Gasdichte oberhalb und unterhalb der Ekliptik. Hier werden Tropfen gleicher Art in zwei Bereiche geteilt.

Dieser Reibungswiderstand tritt ein, wenn die Tropfen entsteht und durch den freien Fall eine Eigenbewegung gegenüber dem Gasstrom entwickeln. Diese Reibungskraft wird mit der Beschleunigung immer größer. Der Tropfen beschleunigt so lange, bis die Reibungskraft so groß wird, wie die Anziehungskraft. Je geringer die Dichte eines Tropfens ist, umso größer ist die Reibungskraft, die auf seine Oberfläche wirkt. Der Tropfen aus Eisen hätte im ersten Vektor eine höhere Geschwindigkeit erreicht als der Tropfen aus Gestein. Nachdem beide die Beschleunigungsphase hinter sich haben, ist die resultierende Geschwindigkeit beider Vektoren beim Eisen höher als beim Gestein. Bevor die Tropfen aus dem dichten Gas der Gasscheibe auftauchen, haben Eisen- und Gesteinstropfen schon unterschiedliche Geschwindigkeiten. Das Trennungsverfahren beginnt demnach schon in dieser ersten Phase.

Entfernen sich nun die Tropfen von der Ekliptik, nimmt der Geschwindigkeitsvektor der direkt zum Stern führt zu. Da Eisentropfen die höhere resultierende Geschwindigkeit haben, erreichen sie eher die Bahngeschwindigkeit als Gestein. Ist diese Geschwindigkeit erreicht, werden sie sich nicht weiter von der Ekliptik entfernen. Körper höherer Dichte nehmen dadurch einen geringeren Abstand zur Ekliptik ein als geringerer Dichte. So trennen sich demnach Eisen und Gestein.

Mit abnehmender Dichte erreicht ein Körper einen größeren Abstand zur Ekliptik. Dieser Abstand bestimmt seine Inklination. Deswegen haben Kometen eine so hohe Inklination. Die Dichte eines Körpers verhält sich damit umgekehrt proportional zu seiner Inklination.

Diese Trennung innerhalb des Gasstroms erklärt auch, warum schon in der frühesten Phase der Körperentstehung, also bei den Chondren, eine getrennte Entwicklung nach der Dichte möglich ist, aber auch, wie bei Eisen und Gestein Mischformen entstehen. Zudem werden Chondren überhaupt erklärt. Sie sind aufsteigende tropfen aus der Gasscheibe.

In der weiteren Entwicklung werden die Körper und speziell der Planet einmal viel größer und erreichen über die eigene Gravitation eine sehr hohe Dichte. Diese Dichte ist immer auf die Inklination ausgerichtet. Je größer die Masse des Planeten, umso kleiner ist auch seine Inklination.

2.5.5. Grenzwerte der Tropfenbildung bei Eisen und Nickel

Wenn man die Kondensation von Körpern näher beschreibt, so ist der Kondensationspunkt auf einen bestimmten Radius um den Stern festgelegt. Demnach muss man diesen Begriff auch festlegen. Für jedes Element und für jedes Molekül gibt es diesen Kondensationsradius. Der Kondensationsradius von Eisen wäre kleiner als der von Nickel, weil Eisen bei einer höheren Temperatur zur Schmelze kommt. Da aber Nickel die größere Dichte hat, ist der Abstand der Ebene zur Ekliptik auf der sich Nickel absetzt kleiner als beim Eisen. Das bedeutet Eisen wird diese Ebene auf der sich Nickel absetzt durchdringen. Dadurch sammelt er den Anteil an Nickel. Hinzu kommt noch eines. Nickel hat eine höhere Dichte. Damit beschleunigt er auf eine höhere Geschwindigkeit, bis die Reibungskraft die Anziehungskraft ausgleicht. Bis diesem Wert einer konstanten Geschwindigkeit hat Nickel auch eine längere Strecke zurückgelegt als Eisen.

Die ist aber nur einer von zwei Vektoren, der direkt auf Stern ausgerichtet ist. Damit hat sich Nickel dem Eisen noch genähert. Demnach muss man noch einen zweiten Radius festlegen. Das beschreibt der Radius nach dem Erreichen der konstanten Geschwindigkeit, also am Ende der Beschleunigungsphase.

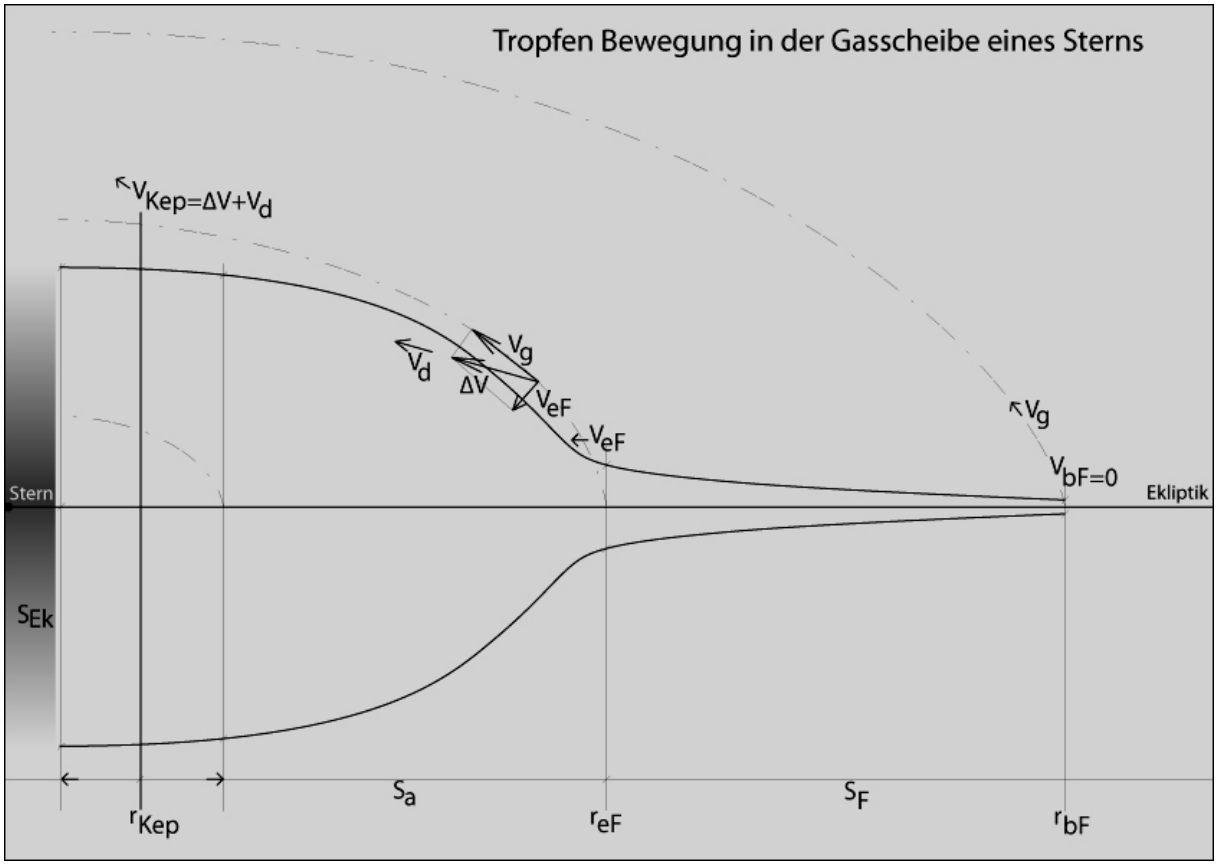
Während der Beschleunigung wird ein Weg zurückgelegt, der länger wird, wenn die Dichte höher ist. Der Betrag für die Annäherung des Nickels an das Eisen ist die Differenz der zurückgelegten Wege beider Körper. Der Nickeltropfen ist dem Eisentropfen damit näher.

Da Nickel die höhere Dichte hat, ist die resultierende Geschwindigkeit nach der Beschleunigung höher als beim Eisen. Der Unterschied ist aber nicht so groß.

Während beide Tropfen sich von der Ekliptik entfernen, nimmt die Gasdichte der Gasscheibe ab, und beide Tropfen erleben eine leichte Beschleunigung. Bis der jeweilige Topfen die erforderliche

Bahngeschwindigkeit erreicht hat. Nickel erreicht die Geschwindigkeit eher als Eisen. Damit ist der Abstand der Ebene auf der ein Nickeltropfen bleibt kleiner als beim Eisen.

Erreicht Nickel diesen Wert, ist die Bahn des Tropfens stabil. Der Tropfen nähert sich nun nicht mehr dem Stern. Demnach gibt es auch einen Radius für jedes Element und jedes, was die Bahngeschwindigkeit erreicht hat. Da der Eisentropfen einen längeren Weg zurücklegt als der Tropfen aus Nickel, bis es die Bahngeschwindigkeit erreicht hat, ist der Abstand zum Stern noch kleiner geworden und der Abstand zu den Nickeltropfen größer.



Zeichnung 1 : Tropfenbewegung in der Gasscheibe eines Sterns

r_{bF} = Radius beim Beginn des freien Falls eines Tropfens

r_{eF} = Radius am Ende des freien Falls eines Tropfens

r_{Kep} = Radius beim Erreichen der Keplerschen Geschwindigkeit = variabel

s_F = zurück gelegte Strecke während des freien Falls (Beschleunigungsphase)

s_A = zurückgelegte Strecke in der Aufstiegsphase = variabel

s_{Ek} = Abstand der Ebene zur Ekliptik auf der Körper die Keplergeschwindigkeit erreichen

V_{bF} = Geschwindigkeit der Tropfens im Punkt der Kondensation in Richtung Stern = 0

V_{eF} = Geschwindigkeit der Tropfens nach der Beschleunigungsphase

V_g = Geschwindigkeit des Gases um den Stern beim entsprechendem Radius

ΔV = resultierende Geschwindigkeit aus V_{eF} und V_g

V_d = Zunahme der Geschwindigkeit durch Dichteabnahme in der Gasscheibe

V_{Kep} = Keplergeschwindigkeit des Tropfens = $\Delta V + V_d$

2.5.6. Die Entwicklung der Tropfen bis zu Bahngeschwindigkeit

Ich habe aufgezeichnet, welche speziellen Radien bei der Bildung von Tropfen von Bedeutung sind. Es gibt den Punkt der Kondensation. Das würde ich mit r_{bF} bezeichnen (siehe Zeichnung 1). Das wäre der Beginn der Freien Falls. Als nächstes wäre der Radius wichtig, bei dem der Tropfen eine konstante Geschwindigkeit erreicht. Das wäre das Ende des freien Falls und den Radius würde ich mit r_{eF} bezeichnen. Aus beiden Radien ergibt sich die zurückgelegte Strecke während des Freien Falls. Das wäre die Beschleunigungsstrecke s_B. Demnach wäre r_{bF} minus r_{eF} gleich s_B. Die Länge der zurückgelegten Strecke ist abhängig von der Dichte des Körpers. Je höher sie ist, umso geringer ist der Reibungswiderstand und umso länger dauert die Beschleunigungsphase. Der Körper größerer Dichte legt in der Zeit eine größere Strecke zurück, und damit ist s_B größer.

Zudem muss man das V_{ef} festlegen. Das ist die erreichte Geschwindigkeit nach der Beschleunigung. Je größer die Dichte, umso größer ist auch V_{ef}. Diese Geschwindigkeit des Tropfens setzt sich aber aus zwei Vektoren zusammen. Der zweite Vektor ist die Geschwindigkeit des Gases zum Zeitpunkt der Tropfenbildung. Das wäre V_g. dieser Vektor ist um 90° gegenüber V_{ef} versetzt. Der Wert von ΔV wäre die resultierende Geschwindigkeit, und demnach die wahre Geschwindigkeit des Tropfens.

Die resultierende Geschwindigkeit ΔV nähert sich nun der erwarteten Bahngeschwindigkeit oder Keplerschen Geschwindigkeit V_{Kep} an in dem sich der Tropfen von der Ekliptik entfernt. Dadurch bewegt er sich in Regionen geringerer Gasdichte. Damit wird die Reibung kleiner und die Geschwindigkeit steigt so lange bis er diese Bahngeschwindigkeit V_{Kep} erreicht hat. Da ein Körper geringerer Dichte nach der Beschleunigung ein kleineres V_{ef} hat, muss er sich weiter von der Ekliptik entfernen, um die Bahngeschwindigkeit V_{Kep} zu erreichen. Damit ist der Abstand s_{Ek} der Ebene von der Ekliptik größer. Aus den Abständen der unterschiedlichen Ebenen ergeben sich dann die späteren unterschiedlichen Inklinationen. So ist die Dichte in Bezug zur Inklination umgekehrt proportional. Je großer s_{Ek} umso kleiner die Dichte.

Hier geht es auch um die Kondensationstemperatur der Chondren. Chondren aus Gestein mit hohem Kondensationstemperatur setzen sich näher zum Stern ab und Chondren aus Gestein mit geringerer Kondensationstemperatur setzen sich weiter vom Stern entfernt auf gleiche Ebenen ab. Die Chondren mit der höheren Kondensationstemperatur haben die größere Inklination. Im Kuiper-Gürtel kann man recht gut sehen, dass es so ganz verschiedene Inklination von Körpern gibt (siehe Grafik 18a).

Hierzu kommt noch ein weiterer Faktor. Wenn die Rotation größer wird, plattet sich die Gasscheibe Stärker ab. Besonders ab 1,1 Sonnenmassen steigt die Rotation der Sterne. in diesem Fall wird auch die Gasscheibe dichter. Kondensiert nun ein Tropfen bestimmter Art, zum Beispiel Eisen, so wird der Abstand s_{Ek} größer, und damit ist auch die Inklination der Eisenkörper größer. Als Beispiel kann man die Eisenkörper während der Entwicklung von Erde und Jupiter nehmen. So sind die ehemalige Inklination vom Eisenkern der Erde 11,8 ° gewesen, und bei Jupiter waren es 12,7°. Das sind die Werte für die Magnetachsen. Das bedeutet, zur Zeit des Jupiters war die Rotation der Gasscheibe höher und die Abplattung dieser Scheibe stärker. Wenn diese Rotation größer ist, sind auch die Mindestmassen der Körper bei der Erstdurchdringung der Scheibe größer. Damit ist auch am Ende einer Entwicklungsreihe bis zur Mondgröße der Körper größerer Masse. Das erklärt, warum Io größerer Masse ist als der Mond. Das ist einzig und allein an die Rotation der Gasscheibe gebunden.

Bei höherer Rotation ab 1,1 Sonnenmassen nimmt daher auch die Masse der Monde die einen Exoplaneten umrunden zu. Genau so wächst auch die Kernmasse schwerer Elemente des Gasplaneten (42.1.) (siehe Exoplanet Hd149026b, dessen Stern 1,2 Sonnenmassen hat.)

2.5.7. Streuung der Tropfen beim Aufstieg

Nachdem die Beschleunigung des Tropfens abgeschlossen ist, befindet sich der Tropfen beim Radius r_{eF}. Jetzt entfernt er sich von der Ekliptik und erreicht mit immer größerem Abstand von der Ekliptik die Keplersche Geschwindigkeit V_{Kep}. Das wäre bei einem bestimmten Radius erreicht, der

mit r_{Kep} bezeichnet werden soll. Dieser Radius ist im Gegensatz zu den andern beiden Radien variabel. Warum?

In dem Sinne könnte man zu dem Gedanken kommen, es wäre ein Auftrieb aus der Strömung. Das ist aber falsch. Der Tropfen bewegt sich jedoch nach der Wahrscheinlichkeit aus dem dichteren Gas heraus. Er „taucht auf", und er „taucht ein" und sucht in dieser Bewegung den Weg des geringsten Widerstandes. Wie lange er dafür benötigt, um die Keplersche Geschwindigkeit zu erreichen ist nicht festgelegt. Dadurch ist der Radius r_{Kep} variabel. Das bedeutet, die Tropfen verteilen sich auf einer Ringebene, - ich würde diese Ebene b_{Kep} bezeichnen, weil es ein Band ist. Die Tropfen werden demnach gestreut. Diese Streuung ist wiederum für die weitere Entwicklung sehr wichtig, denn die Körper die sich dort vergrößern, tauchen in die Gasscheibe ein. Dabei wird die Wahrscheinlichkeit größer, auf Tropfen zu stoßen, die ihnen entgegen kommen. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit des Wachstums.

Zudem zeigen Körper höherer Dichte eine allgemein größere Streuung. Sie können wegen des geringeren Reibungswiderstandes tiefer in die Gasscheibe eindringen, sich also wieder der Ekliptik nähern. Körper höherer Dichten haben daher mehr Schwierigkeiten zusammenzukommen. Speziell für Elemente höherer Dichte als Eisen und Nickel (Seltene Erden) ist es daher kaum möglich zu größeren Körpern zu werden. Deswegen findet man zum Beispiel unter Meteoriten keine Goldklumpen. Geht man jedoch zu höheren Sternrotationen, so findet man diese Seltenen Erden ab den F-Sternen in den Sternoberflächen. Das würde bedeuten, ab den F-Sternen könnte man unter Meteoriten Goldklumpen finden. Die Abplattung der Gasscheibe nimmt dort zu. Aus dem Grund ist das Trennungsverfahren besser.

Im Sonnensystem zeigen die Meteoriten, dass es schon eine Trennung von Eisen und Nickel gab. Das wäre bei Tänit der Fall. Da kann der Anteil an Nickel 50 % betragen. Es gibt auch der Erde im Zusammenhang damit auch einen 2 Milliarden Jahre alten Einschlag durch einen etwa 10 km großen Asteroiden in der Provinz Ontario von Kanada (27.28.)[78]. In dieser Region des Kraters ist der Anteil an Nickelerz sehr groß. Bei 10 km großen Körpern war der Anteil an Nickel in der Entwicklung des Sonnensystems auch schon recht groß. Wie hoch der Anteil an Nickel in diesem Körper war, ist aber unbekannt.

Hier geht es noch um einen Gedanken der über den Abstand der Meteorite mit Eisenanteil entscheidet. Meteorite aus Gestein mit einem Anteil an Eisen kommen dem Stern am nächsten, weil sie eine geringere Dichte haben als Eisen und somit bei der Durchdringung der Gasscheibe eine höhere Exzentrizität in der Bahn annehmen als reine Eisenmeteorite. Durch die ständige Zunahme der Temperatur eines Sterns, stürzen irgendwann keine Körper mehr in den Stern. Damit setzt auch der Bremsmechanismus aus, der dem Stern die Rotation nimmt.

2.5.8. Trennung von Eisen und Gestein durch die Gasströmung

Aus dieser Beschreibung der Kräfte und Vektoren von Körpern unterschiedlicher Dichte und Kondensation, ist man in der Lage zu erklären, wie sich Körper nach der Dichte und den Kondensationspunkt trennen. Besonders für Eisen und schwere Silikate, oder Silikate mit hohem Kondensationspunkt ist eine Trennung von Eisen und Gestein über die Strömung der Gasscheibe möglich. Man ist in der Wissenschaft immer noch der einhelligen Meinung, dass die Trennung erst innerhalb eines großen Körpers stattfindet. Die Trennung von Eisen und Gestein beginnt mit dem freien Fall, also mit dem Moment der Tropfenbildung. Ein Eisentropfen bietet den geringeren Reibungswiderstand und erreicht nach der Beschleunigung eine höhere Geschwindigkeit als Gesteinstropfen. Da sie sich auch in der Nähe der Ekliptik bilden muss das Gestein weiter aufsteigen

[78] In der kanadischen Provinz Ontario ist ein Asteroid von 10 km Durchmesser vor 2 Milliarden Jahre eingeschlagen. Dadurch findet sich an dieser Stelle ein sehr großes Vorkommen an Nickelerz.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 11.5.16, S. N2

und bewegt sich auf eine Ebene, die einen größeren Abstand zur Ekliptik vorweist. Weil diese Chondren unterschiedlicher Dichte auch unterschiedliche Geschwindigkeiten vorweisen mischt sich Eisen und Gestein nicht. So kann man erklären, dass es reine Eisenmeteoriten gibt ohne den Anteil an Gestein.

Dringt aber ein Meteorit aus Gestein in tiefere Schichten kommt er auf Schichten in denen sich Chondren aus Eisen befinden und mischt sich mit diesen. Das liegt daran, dass der Gesteinsmeteorit und die Chondren aus Eisen die erwartete Bahngeschwindigkeit erreicht haben. An in einem Bahnpunkt haben sie gleiche Geschwindigkeiten, aber unterschiedliche Richtungen. Damit sammeln Gesteinsmeteoriten immer einen Anteil an Eisen, und Eisenmeteoriten tun das nicht, weil sich bei ihnen keine weiteren Klassen von Körpern hin zur Ekliptik bilden.

Es geht bei dem Verfahren der Trennung nicht nur um Eisen und Gestein. Das gleiche gilt auch für Eisen und Nickel. Wie man bei den Meteoriten sieht, haben Eisenmeteoriten unterschiedlich hohe Anteile an Nickel, und es ist daher auch möglich Eisen und Nickel voneinander zu trennen auch wenn der Unterschied der Dichte geringer ist. Wenn beide Elemente über die Gasströmung getrennt werden, ist das für die Bildung von Planeten von großer Bedeutung, denn dann werden Planeten oder Monde nicht mehr so groß, wie wir sie bei den Körpern von Titan bis Merkur kennen. Dieses Trennungsverfahren tritt noch nicht bei unserer Sonne ein. Es kommt erst zur Geltung wenn Sterne 1,1 Sonnenmassen haben. Im späteren Texten wird diese Bedeutung der Trennung genauer erklärt.

2.5.9. Isotopenverhältnis von Sauerstoff, Stickstoff und Xenon

Um dieses Trennungsverfahren besser zu verstehen, muss man sich das Isotopenverhältnis von Sauerstoff und Stickstoff bei der Sonne und den inneren Planeten im Sonnensystem anschauen. Das Isotopenverhältnis des leichten Sauerstoffs in der Sonne ist um 6 % geringer als bei den Festkörpern im inneren Sonnensystem. Die Abweichung von leichten Stickstoffisotopen der Sonne gegenüber den Festkörpern im inneren Sonnensystem beträgt sogar 40%. Sie ist bei der Sonne der Anteil leichter Isotope um 40 % höher als bei der Erde. Die Planeten unterscheiden sich im Gehalt von leichten Isotopen untereinander, aber dieser Unterschied ist gering. Die Kalziumaluminiumreichen Einschlüsse bei primitiven Meteoriten (CAIs) weisen ein ähnliches Verhältnis wie bei der Sonne auf (45.11.)[79]. Damit stünde die Frage im Raum, warum das so ist.

Isotope mit mehr Neutronen sind einfach schwerer, oder haben eine höhere Dichte, als Isotope mit weniger Neutronen. Also werden sie in der Gasscheibe nach der Dichte getrennt. Hier haben wieder Meteoriten eine geringere Eindringtiefe, und nehmen nur Elemente mit leichten Isotopen auf. Die Elemente mit Isotopen höherer Dichte bleiben in den tieferen Schichten der Gasscheibe. Größere Körper, wie die Planeten gelangen in die tieferen Schichten und nehmen diese schweren Isotope auf. Das müsste übrigens auch bei den Eisenmeteoriten so sein. dazu habe ich keine Informationen.

Der Stern nimmt nur Gase aus den äußeren Schichten auf. Das ist meine erste Annahme. Das hat etwas damit zu tun, das der Stern in der späten Phase der Entwicklung selber an Rotation verloren hat. Von daher ist es ihm nicht möglich die schnellen Gase aufzunehmen. Diese Gase verlassen den Stern über die Pole. Man muss hier sehen, dass die Gasscheibe in der späteren Phase eine viel größere Rotation hat als der Stern. Er wird über den Magnetismus gebremst. Man könnte aber auch sagen, dass die schweren Isotope über die Planeten und den Meteoriten großer Dichte dem Gas entzogen werden. Das wäre die zweite Annahme und es wäre die einfachere Antwort.

Zu diesem Zusammenhang passt auch das Verhältnis der Isotope von Xenon. Die schweren Isotope sind in der Sonne und im inneren Sonnensystem recht hoch. Dagegen sind die schweren

[79] Die leichten Isotope des Sauerstoffs sind in der Sonne ähnlich den CAIs und sie sind um 6 % höher als bei den Körpern des inneren Sonnensystems. Bei den leichten Stickstoffisotopen beträgt der Wert sogar 40 % gegenüber den Festkörpern im inneren Sonnensystem. Untereinander weichen die Werte bei den Festkörpern des inneren Sonnensystems nur leicht ab. – Bild der Wissenschaft, 7-2013, S.53 f

Isotope in der Atmosphäre der Erde gering. Bei Kometen, die eine sehr geringe Dichte vorweisen und auch eine sehr große Inklination besitzen ist das die Häufigkeit schwerer Isotope des Xenons noch geringer als in der Atmosphäre der Erde (27.40.)[80]. Bei der Erde kann man zudem erkennen, dass sie mit dem Mond in die Region gewandert ist in der die Kometen im Entstehungsbereich gebildet werden.

2.5.10. Wellenbewegung von dem Durchbruch der Gasscheibe

Bevor Körper die Gasscheibe durchdringen, tauchen sie in die Gasscheibe ein und wieder auf. Während sie den Stern umrunden, bewege sie sich wie eine Welle um den Stern herum. Die Amplitude der Welle ist abhängig von der Größe des Körpers. Die Wellenlänge ist abhängig von der Zunahme der Gasdichte der cirkum-stellaren Scheibe. Die Wellenbewegung verläuft nicht auf einer Ebene, sondern entspricht einer gekrümmten Fläche, die einem Kegelausschnitt gleich kommt.

Die Welle selber wäre eine stehende Welle. Da aber eine weitere Kraft wirkt, nämlich die Periheldrehung, führt die Welle eine Eigenbewegung durch. Die Welle wandert. Es werden nicht nur die Bahnen von Körpern gedreht, die die Gasscheibe durchdrungen haben, sondern auch der Sinusverlauf der Bahn eines Körper, die nur in das dichtere Gas eindringen. Das führt zu einer ständigen Veränderung der Bahn. Je größer die Körper sind, umso kleiner wird die Frequenz, und umso kleiner wird die Periheldrehung der Wanderung der Welle. Kleine Frequenzen laufen an großen Frequenzen vorbei. Damit verändern sich die Kreuzungspunkte unterschiedlicher Amplituden. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass Körper zusammentreffen.

Die Periheldrehung würde demnach dazu führen, dass die unterschiedlichen wandernden Frequenzen das Wachstum fördern. Diese Betrachtung ist sehr wichtig, wenn sich ein Planet mit seinen Monden in der Nähe des Sterns und des Entstehungsbereiches befindet. Sein Massengewinn erhöht die Periheldrehung und beschleunigt so die Entwicklung aller Körper.

Ein stetiger Faktor für das Wachstum der Körper ist in dieser Phase das Aufsteigen der Chondren. Diese Chondren treffen auch auf die unterschiedlichen Körper und binden sich an größere Körper.

Betrachtet man noch einmal die Amplitude, so wird dieser immer größer, je mehr Masse der Körper gewinnt. Im Moment des Durchbruchs, wird aus der Amplitude eine elliptische Bahn um den Stern. Damit wird der Weg des Körpers um den Stern in einem Moment wesentlich kürzer. Dann bleibt dem Körper nur noch die Periheldrehung als Faktor der Bahnänderung. Das heißt, die Entwicklung geht mit einem Schlag zurück.

In dieser Betrachtung liegt noch ein wesentlicher Gedanke. Körper sind nach ihrer Dichte an bestimmte Ebenen gebunden und daraus ergeben sich bestimmte Inklinationen. Je kleiner die Dichte ist, umso länger muss die Amplitude sein, um die Gasscheibe zu durchdringen. der Körper geringerer Dichte hat am Anfang eine schnellere Entwicklung, weil er diesen längeren Weg seiner Bahn hat.

2.5.11. Wechselwirkung zwischen Chaos und Ordnung

Wenn Körper in ihren Bewegungen um den Stern Sinuskurven durchführen, beschreiben die Kreuzungspunkte den Winkel des Zusammentreffens. Die Wanderungsgeschwindigkeit der Bahn ist ein Faktor für die Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens. Das Zusammentreffen könnte bedeuten, dass der kleinere Körper auf den großen stürzt. Für den großen Körper hat das eine Bahnveränderung zur Folge. Ein naher Vorbeiflug führt ebenfalls für beide zu einer Bahnveränderung. Die gegenseitige

[80] Die schweren Isotope des Xenons sind bei der Sonne und im inneren Sonnensystem häufig. In der Erdatmosphäre sind diese schweren Isotope verarmt. Beim Kometen 67P sind die schweren Isotope noch seltener. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 21.6.17, N1

Beeinflussung der Körper führt zu ungeregelten Bahnverläufen. Es entsteht ein höheres Chaos. Die Strömung zwingt den Körper wieder in eine geregelte Bahn.

Um das Wesentliche bei der Bildung kleiner Körper festzuhalten, so besteht die Entwicklung aus einer Wechselwirkung von Chaos und Ordnung. Zusammenstöße und nahe Vorbeiflüge von Körpern führen zum Chaos und die Strömung der Gasscheibe stellt die Ordnung wieder her.

Bei kleineren Körpern ist die Wirkung größer und bei größeren nimmt die Wirkung ab. Bei kleineren Körpern ist das chaotische Verhalten größer und bei größeren Körpern nimmt es zunehmend ab.

2.5.12. Exzentrizität, Rotation und Abdrift

Wenn man sich daher zwei Körper gleicher Größe aus Eis und aus Eisen vorstellt, so ist die Wirkung der Reibung eines Gases auf die Oberfläche gleich. Die Masse ist aber von erheblichem Unterschied. Kometen können 0,2 g/cm³ haben und ein Meteorit aus Eisennickel kann eine Dichte von etwa 8 g/cm³. Der Unterschied im Zahlenwert und demnach auch in der Masse wäre 39 Mal so viel für den Meteoriten aus Eisennickel. In entsprechendem Maße wäre auch die Amplitude eines Meteoriten aus Eisennickel sehr viel kleiner als die des Körpers aus Eis. Die Größe der Amplitude ist in der weiteren Entwicklung das Maß für die spätere Exzentrizität. Diese ist damit beim Kometen bei geringer Dichte viel höher als bei einem Eisenkörper ähnlicher Größe.

Die Reibungskraft wird übertragen, weil die Körper in die Gasscheibe eindringen und dabei eine Rotation erfahren. Dadurch begraben sie auf der Sonnenzugewandten Seite die Gase wie einen Keil unter sich. Dieser Kraft wirkt auf die Oberfläche. Damit wird dem Körper auch die Abdrift beigebracht. Die Abdrift ist demnach bei dem Körper aus Eis auch sehr viel größer. Exzentrizität, Rotation und Abdrift gehören zusammen.

2.5.13. Rotation und Körperklassen

Wenn Meteoriten in die Gasscheibe eindringen, wirkt eine Kraft direkt auf die Oberfläche. Sie ist die direkte Linie zum Stern. Die Kraft trifft der Körper demnach einmal von der Sternzugewandten Seite. Der Körper selber bewegt sich gleichzeitig schneller als der Gasstrom. Also trifft ihn auch die Kraft von vorne. Schaut man auf die cirkum-stellaren Scheibe so setzt die wirkende resultierende Kraft auf die Seite des Körpers an. Damit wird unter diesem Winkel die Rotation beigebracht.

Die Rotation ist einmal unter den Winkeln zu betrachten, wie der Körper in die cirkum-stellaren Scheibe eindringt, und zum anderen hängt es von seiner Größe ab. Bei der Größe ist das Maß der Radius des Körpers. Wenn dieser größer wird, ist der Hebel länger und damit ist die wirkende Kraft größer und die Rotation steigt.

Die Gasscheibe selber ist ausschlaggebend, warum Körper unterschiedlicher Dichte, auch eine andere Rotation vorweisen. Da sich Meteoriten aus Eisennickel näher zur Ekliptik bewegen, befinden sie sich in einem dichteren Gas und erfahren eine größere Reibung durch das Gas. Das bedeutet, die von vorne wirkende Kraft ist größer, als bei Gesteinsmeteoriten. Aus diesem Grund ist die Rotation der Eisennickelmeteoriten größer. Je höher die Dichte einer Klasse von Körpern ist, umso höher ist auch ihre Rotation. So kann man erklären, dass die Rotation dichtespezifische Klassen von Asteroiden hervorbringt (7.4.)[81].

An den Meteoriten kann man die Rotation nicht mehr erkennen. Es ist aber so, dass die Eisennickelmeteoriten Remaglypte vorweisen, die nur durch die Reibung in einem heißen Gas an der

---

[81] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Originaltitel: „Exploration and Discovery in the Solar System.“ Cambridge University Press 1991

Rotation der Asteroiden in Relation zu Masse, Dichte und Größe. Textquelle: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature 296, 418 (1982), - S. 210

Oberfläche zu erklären ist (15.2.)[82]. Diese Oberflächenstruktur ist daher ein indirekter Hinweis für das Wirken dieser großen Kräfte. Wesentlich ist jedoch, dass bei einzelnen Körpern die Rotation so früh einsetzt. Auch die Olivin-Körner in Meteoriten weisen darauf hin, dass sich Meteoriten in einem heißen Gas bewegt haben. Die Olivin-Körner im Allende-Meteoriten bewegten sich in einem heißen Gas und sind in diesem Gas mehrfach erhitzt worden (2.8.)[83]. Auch das ist ein Hinweis, dass starke Kräfte eines Gases auf die Körper eingewirkt haben.

2.5.14. Körperform, Abdrift und Periheldrehung

Man hat im Sonnensystem eines felsigen Körper gefunden, die nicht aus ihm stammt. Seine Länge beträgt etwa 400 Meter und er ist 10 Mal länger als er breit ist und er rotiert in 7,3 Stunden um sich selber. Er bewegt sich sehr schnell durch das Sonnensystem (26.28.)[84]. Aufgrund der besonderen Form des Körpers, den es so in unserem Sonnensystem nicht gibt, kann man Rückschlüsse auf die Entwicklungen unter denen dieser Körper entstand.

Aufgrund der Größe dieses Körpers kann man sagen, dass er die Gasscheibe eines Sterns noch nicht durchdrungen hat. Die Durchdringungsgröße eines Körpers liegt nämlich bei Gasscheiben um einen Stern bei etwa einem Kilometer. Das bezieht sich aber auf unsere Sonne. Bei größeren Sternen ist auch die Gasscheibe stärker abgeplattet und folglich auch die Geschwindigkeit der Gasscheibe größer.

Jetzt geht es aber um die Frage, wie diese Form zu Stande kommt. Das Wachstum eines Körpers wird von der Abdrift und von der Periheldrehung bestimmt. Ist die Abdrift sehr stark, treffen ihn die neuen und kleineren Körper vom Zentrum aus kommend. Ist die Periheldrehung sehr stark, wird der Körper vor allem in Bewegungsrichtung von vorne durch kleinere Körper getroffen. Hat der Körper einmal eine Längsausrichtung angenommen rotiert er auf dem kleinsten Radius. Der Körper bewegt sich, wie eine Walze entgegen der Strömung. Bei einerstarken Abdrift wird der Körper vom Zentrum aus getroffen und die Längsform wird dadurch verstärkt. Da jetzt von einer Gasscheibe die Rede ist in der eine sehr starke Strömung vorherrscht, ist die Abdrift sehr stark und die Entwicklung zum länglichen Körper ist damit begünstigt.

Die Periheldrehung ist abhängig von der Häufigkeit der Körper, die sich in der Umgebung befinden. Wenn sich außerhalb von dem Körper ein Körper größer Masse befindet, ist auch die Periheldrehung sehrt stark. Der längliche Körper wird dann eher von vorne getroffen. Das wiederum verändert seine Form zu einem eher runden Objekt. Also kann man allgemein sagen, dass dieser sehr

---

[82] Rolf W. Bühler: „Meteorite“ - Urmaterial aus dem interplanetaren Raum, Weltbild Verlag GmbH, Augsburg 1992 Birkhäuser Verlag Basel

Die Eisenmeteoriten von Cabin Creek und Bushman, Land, Namibia weisen ausgebildete Remaglypte auf, die nur dadurch zu erklären sind, dass sich dieser Körper schnell bewegten turbulenten heißen Luftmassen aufgehalten hat. Die Remaglypten sind nicht durch Ausbrennen von niedrigschmelzenden Mineralien zu erklären, was vielfach angenommen wird. Es sind daumengroße Dellen in der Oberfläche. - S. 117 + 119

[83] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Bildung der Olivin-Körner verlief sehr schnell. Die Bildung zu größeren Körpern verlief sehr langsam. Diese Olivin-Körner im Allende-Meteoriten bewegten sich in einem heißen Gas mit hohem Anteil an FeO. Die Strukturen dieser Olivin-Körner besagt, dass diese Erhitzungsphasen mehrmals aufgetreten sind. - S. 85 f

[84] Man hat im Sonnensystem einen 400 Meter langen felsenförmigen Körper gefunden, der extrem lang gestreckt ist und nicht aus dem Sonnensystem stammt. Er rotiert mit 7,3 Stunden einmal um sich selber.

Süddeutsche Zeitung, 22.11.17, S. 1

lang gestreckte Körper bei einer starken Abdrift und bei einer sehr schwachen Periheldrehung entstanden ist. Es hat dort also eine starke Strömung gegeben und es haben wenige Körper in seiner Umgebung existiert. Das bedeutet, dass das Zentrale Objekt im Zentrum der Gasscheibe eine sehr hohe Masse vorweist.

Bei diesen Überlegungen geht es auch um das Trennungsverfahren. Es ist abhängig von der Rotation der Gasscheibe. Ist sie besonders hoch, ist auch die Abplattungsrate stark und das Trennungsverfahren gut. Die Ebenen im Bezug zur Ekliptik auf denen sich Körper bestimmter Dichte bewegen, sind damit genau festgelegt. Das begünstigt das genaue zusammentreffen der Körper auf gleicher Ebene.

Ein weiterer Grund für die Bildung von länglichen Körpern die starke Abplattung der Gasscheibe durch die hohe Geschwindigkeit des Gases. Es treffen ähnlich große Körper zusammen, die erst Mal lose Verbindungen ergeben, weil die Gravitation so schwach ist. Über die Abplattung der Gasscheibe können die Körper noch ausgerichtet werden.

Jetzt geht es um die Frage, was dazu führt, dass dieser längliche Körper die Rotationsachse ändert und ihn über seine langen Enden rotieren lässt. Das steht im Zusammenhang mit der Bahnänderung. Dieser Körper bewegt sich in der Gasscheibe nicht gerade aus. Er dreht sich um das Zentrum. Je näher er am Zentrum ist, umso stärker ist seine Richtungsänderung. Die Kreisbahn oder die Elliptische Bahn ist kleiner. Wenn sich der Körper sehr nahe am Zentrum der Gasscheibe befindet ist die Änderung seiner Rotationsachse wahrscheinlicher. Er war also in der Nähe des Zentrums und hat dann die Rotationsachse geändert. Das wäre der Grund warum der Körper aus der Gasscheibe heraus getrieben wird.

2.5.15. Der Komet 67 P und der Komet Borisov

Für die Betrachtungen in diesem Kapitel ist der Komet 67 P recht wichtig. Er besteht aus zwei unterschiedlich großen Körpern und hat auf einer ebenen Fläche 330 Körper in Metergröße liegen. Wesentlich ist, dass diese kleinen Körper in großer Zahl ähnlich groß sind (69.2.)[85]. Zudem ist er ein felsenförmiger Körper, wie Asteroiden (26.15)[86].

Die beiden großen Körper haben die Durchdringungsgröße der Gasscheibe und werden über die die Gasströmung zueinander geschoben, wobei der kleinere der beiden zum größeren Körper geschoben wird. Dabei durchdringt der Komet die Gasscheibe und sammelt dabei Meteoriten ein, die sich auf bestimmten Ebenen parallel zur Ekliptik in der Gasscheibe anhäufen. Weil sich dort so viele Körper sammeln, kann der Komet eine so große Zahl ähnlich großer Körper sammeln. Die Größe von etwa einem Meter ist damit zu erklären, weil Meteoriten beim Aufsteigen zu diesen Ebenen ähnlich lange Wege zurücklegen und damit auch eine ähnliche Größe erreichen. Die ähnliche Dichte und die Größe zwingt sie dann auch in einen ähnlichen Abstand zu Ekliptik.

Die Landesonde hat drei Mal auf dem Kometen aufgesetzt bis sie zur Ruhe kam. Beim zweiten Mal war die Härte 2000-mal härter als beim ersten Mal (69.4.)[87]. Am Landeort hat man auch versucht ein Thermometer in den Boden zu hämmern. Auch das ist nicht gelungen, weil der Boden zu hart war. Es geht demnach um gefrorenes Material, also Eis. Im Prinzip entsteht ein Körper aus Regen,

---

[85] Auf einer ebenen Fläche des Kometen 67 P liegen 330 metergroße Klötze.

Die Zeit, Wochenzeitung, 14.9.14, S. 38

[86] Kometen sind felsige Körper und vergleichbar mit den Asteroiden. - Süddeutsche Zeitung, 14.11.14, S. 16

[87] Die Landesonde hat drei Mal auf dem Kometen aufgesetzt. Beim zweiten Aufsetzen war die Härte der Oberfläche 2000 Mal größer als beim ersten Aufsetzen. - Die Zeit, Wochenzeitung, 6.8.15, S. 34

also der Kondensation. Der Regen gefriert dann, weil er sich vom Stern entfernt. Das wäre dann der Hagel, und so werden die Körper größer. Daraus ergibt sich auch die Härte. Die geringen Temperaturen spielen dabei auch eine Rolle.

Die neuen Daten vom Kometen ergeben auch, dass er Sauerstoff im Eis eingebunden hat (26.22.)[88]. In dem Sinne ist es für meine Überlegungen passend. Bei der Kondensation kann sich der Sauerstoff durchaus in Tropfen und späterem Eis einbinden. Für die Physik entsteht jedoch ein Problem, da sie die Entstehung der Kometen in der Ferne über die Staubbildung erklären möchte. Das scheint aber nicht möglich zu sein. Deswegen spricht der Sauerstoff im Kometen gegen die Erklärung durch Staubbildung. Hier sollte man erwähnen, dass die jetzigen Denksysteme der Physik allgemein die kalte Entstehung durch Staub für alle Körper um einen Stern annimmt.

Der Komet 67 P hat zudem auch Hohlräume. Das lässt darauf schließen, dass sich kleine Körper bei gleicher Geschwindigkeit langsam genährt haben (26.15.)[89]. Hier geht es darum, dass eine aktive Gasscheibe kleinere Körper von geringer Dichte zu einer bestimmten Geschwindigkeit zwingt. So können sie nur langsam aufeinander treffen, und die Hohlräume bleiben erhalten. Die Größere dieser Körper schätzt man auf 10 bis 100 Meter Durchmesser. Das wären demnach Körper, die die Gasscheibe noch nicht durchdrungen haben.

Die Untersuchungen des Staubanteils von Komet 67P durch die Raumsonde Rosetta zeigen, dass die Zusammensetzung genau den Meteoriten entspricht. Es finden sich dort die gleichen Hochtemperaturkondensate in Form von CAIs, wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind (51.26.)[90]. Das bedeutet, dass Kometen bei hohen Temperaturen und in der Nähe der Sonne entstanden sind. Demnach sind die Kometen in der Nähe eines Sterns entstanden, und durch die geringe Dichte und geringe Größe über die Abdrift weggewandert.

Der Komet 67P weist eine äußerst geringe Häufigkeit der schweren Isotope des Xenons auf. Dagegen ist die Häufigkeit in der Sonne und bei den Körpern im inneren Sonnensystem sehr hoch (27.40.)[91]. Die Lösung liegt im Trennungsverfahren nach der Dichte der Körper in der abgeplatteten Gasscheibe um die Sonne. Die schweren Isotope bleiben in der Nähe der Ekliptik und die leichten Isotope bewegen sich in größere Abstände zur Ekliptik und werden von den Kometen aufgenommen.

Im Zusammenhang mit dem Kometen 67 P muss man auf ein Paar eingehen, was die Bezeichnung 288 P hat. Dieses Paar hat es nicht geschafft zusammenzukommen, sondern umkreist sich in einer lang gezogenen Bahn (27.45.)[92].. In dem Sinne ist der Komet 67 P auch ein

---

[88] Der Komet 67 P hat Sauerstoff im Eis eingebunden.

Süddeutsche Zeitung, 29.10.15, S. 16

[89] Der Komet 67 P hat Hohlräume. Das lässt darauf schließen, dass sich kleinere Körper langsam genähert haben. - Süddeutsche Zeitung, 30.9.16, S. 16

[90] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Die Rosetta Sonde hat beim Kometen 67P festgestellt, dass der festgehaltene Staub genau den Hochtemperaturkondensaten (CAIs) bei den Meteoriten entspricht. - 10-2016, S 526

[91] Die schweren Isotope des Xenons sind bei der Sonne und im inneren Sonnensystem häufig. In der Erdatmosphäre sind diese schweren Isotope verarmt. Beim Kometen 67P sind die schweren Isotope noch seltener. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 21.6.17, N1

[92] Man hat zwei Asteroiden gefunden, die einen Kilometer Durchmesser haben, und sich in einer lang gestreckten Bahn umeinander drehen. Gleichzeitig bewegen sie sich um die Sonne und zeigen Eigenschaften von Kometen. Die Bezeichnung dieses Paares ist P 288. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 27.9.17, S. N1

Doppelkörper, bei dem die beiden Komponenten zusammengekommen sind. Das hat damit zu tun, weil unterschiedlich groß sind. Über die Strömung des Gases um einen Stern, wird der kleinere Zum größeren getrieben, weil die Wirkungskraft bei kleineren Körpern größer ist als bei größeren Körper. Das Paar 288 P ist aber gleich groß mit einem Durchmesser von einem Kilometer Durchmesser. Wenn ein solches Paar eine bahn Teilen nähern sie sich nicht an. Es verhält sich aber so, dass die Strömungsstärke schwankt, wenn die Körper die Gasscheibe durchringen. Auf der Ekliptik ist die Strömung dann stärker und somit wird der vordere Körper eher gebremst als der hintere Körper. Das hat dazu geführt, dass sich beide Körper eingefangen haben, aber sie sind nie zusammengekommen, wie viele kleine Körper im Asteroidengürtel.

Der Komet Borisov weist eine sehr hohe Polarisation aus. Das bedeutet, dass er eine viel stärkere Hülle aus Gas und Staub aufweist. Er hat damit noch den Entwicklungsstand der Kometen in ihrem früheren Zustand. In seiner Gashülle befinden sich Teilchen, die über den Millimeterbereich liegen darauf schließen lassen, dass er in einer Region entstanden ist in der sich Gesteinskörper gebildet haben (26.37.)[93]. Hier geht es vor allem darum, dass es sich dort wahrscheinlich Chondren handelt, die der Komet eingefangen hat. Der Komet taucht in der frühen Entwicklung in die Region ein in der die Chondren bei kleineren Abständen zur Ekliptik entstehen. Das wäre damit auch der Hinweis, dass Kometen in der Nähe eines Sterns entstehen, wo sich die Meteoriten gebildet haben und von dort aus weggewandert sind.

[93] Der Komet Borisov hat eine stärkere Polarisation des Lichtes als alle anderen Kometen im Sonnensystem. Das spricht für einen sehr großen Ausstoß von Gasen und ist auch damit entspricht der Komet dem frühen Stand der Kometenentwicklung im Sonnensystem. Im Gas sind kleine Partikel im Mikrometerbereich enthalten. Es muss daher dort entstanden sein, wo sich Gesteinskörper bebildet haben.

Süddeutsche Zeitung, - 6.4.2021, S. 14

2.6. Entwicklung der Meteoriten

2.6.1. Die Meteoriten und das Ende des Entstehungsbereiches

In diesem Kapitel sollen ein paar Beispiele zur Struktur der Meteoriten aufgeführt werden. Vordem ist die Bildung dieser Kleinsten Körper theoretisch besprochen worden. Hier wird der Vergleich zu den unterschiedlichen Arten der Meteoriten gezogen, die auch den Arten der Asteroiden entsprechen.

Die Meteoriten sind kleine Körper aus dem Asteroidengürtel. Der Asteroidengürtel ist aus den bisherigen Überlegungen der Rest eines Entstehungsbereiches von den Körpern des äußeren Sonnensystems. Meteoriten waren wegen ihrer Masse zu klein, um die verdichtete Gasscheibe zu durchdringen. Sie entsprechen damit auch einer eigenen Kategorie von Größe, die nur verständlich wird, wenn man diese Gasscheibe vor Augen hat, in der sie entstanden. Sie sind übrig geblieben, weil sich der Asteroidengürtel als ehemaliger Entstehungsbereich nicht weiterentwickeln konnte. Er ist in dem Sinne als Entstehungsbereich zusammengebrochen und hat sich weiter zum Stern verlagert. Damit entsprechen sie in ihrem ganzen Spektrum von den Chondren bis zu den Asteroiden einem bestimmten Entwicklungsstand, der als solches eingefroren wurde, weil mit einem mal die Temperatur verloren ging.

Da die Entwicklung dieser Körper von der Gasscheibe und dem Sonnenwind abhängig ist, kann sie nur stabil sein, wenn eine höhere Rotation der Gasscheibe vorliegt. In dieser letzten Phase wird jedoch die Rotation kleiner und anschließend bricht die Temperatur ein. Diese abgeschwächte Rotation der Gasscheibe führte zu der immer schlechteren Trennung besonders von Gestein und Eisen. Die Ebenen auf denen sich die einzelnen Klassen abgesetzt haben, haben in dieser Phase zur Vermischung der Klassen geführt. Es haben sich aber auch die Chondren der einzelnen Klassen vermischt, weil der Einfluss des Sonnenwindes der Ekliptik immer näher kam. Das waren die letzten Momente des aktiven Entstehungsbereiches.

Wenn der Asteroidengürtel der Entstehungsbereich ist, würde es bedeuten, die Meteoriten existieren nur in dieser Region. Die bekannten Bahnen der Meteoriten weisen darauf hin, dass sie nur aus dem Asteroidengürtel kommen (19.5.)[94].

2.6.2. Undifferenzierte Meteoriten

Die ältesten Formen der Meteoriten sind die kohligen Chondrite. Sie gehören zu den undifferenzierten Meteoriten. Diese kann man den Asteroiden nicht zuordnen. Sie sind die ältesten Körper in unserem Sonnensystem und beschreiben damit die früheste Phase der Körperbildung.

Die kohligen Chondrite bestehen aus einzelnen Chondren. Heiße Chondren, man nennt sie auch Kalzium-Aluminium-Reiche Einschlüsse (CAIs), die zwischen 1500 und 1900 Kelvin erreicht haben müssen, liegen direkt neben kühlen Chondren (2.1.)[95]. Diese Chondren sind aus unterschiedlichen Temperaturbereichen zusammengekommen, erstarrt und so erhalten geblieben.

---

[94] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Meteoriten kommen nach Berechnungen ihrer Bahnen aus dem Asteroidengürtel. - S. 98

[95] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Diese CAIs müssen in der Nähe der Sonne entstanden sein und haben sich von der Ekliptik entfernt. Es geht dabei darum, dass sich die Körper im Entstehungsbereich neue bilden, nachdem Callisto als letzter Mond den Entstehungsbereich Verlassen hat. Danach bilden sich neue Körper, und dafür sind die kohligen Chondrite die ersten Entwicklungen. Weil sie eine so frühe Entwicklung sind, bergen sie auch ein breites Spektrum an Elementen, was dem solaren Zusammensetzung sehr nahe kommt.

Im gleichen Meteoriten gibt es FeO-Reiche Olivinkörner, die sich mehrmals durch ein heißes sehr sauerstoffhaltiges Gas bewegt haben müssen (2.8.)[96]. Diese kleinen Tropfen haben sich öfter der Sonne genähert und sind wieder von ihr weggetrieben. Dieses Verhalten ist nur zu verstehen durch die Wechselbeziehung von besonders dichtem Gas oder dem Sonnenwind. Während der Sonnenwind die Chondren in größeren Abständen zur Ekliptik wegtreibt, werden sie in geringeren Abständen zur Ekliptik im Schutz des Gasstromes gebremst und nähern sich der Sonne.

Bei den Chondren der Meteoriten ist ebenfalls festgestellt worden, dass der hohe Anteil an flüchtigem Natrium nur dann zu erklären ist, wenn die Dichte des Gases in dem die Körper entstanden sind, hundert mal höher ist als man dachte (27.3.)[97]. Auch das spricht dies für die Entstehung der Körper in der Nähe des Sterns, bei der das Gas eine laminare Struktur annimmt, weil die Geschwindigkeit des Gases überschritten wird.

Allgemein könnte man zu den Chondren sagen, sie sind Körper, die in der dichten Gasscheibe entstehen und auf bestimmte Ebenen parallel zur Ekliptik aufsteigen. Meteoriten wären die nächste Stufe von Körpern, die bestimmte Ebenen erreicht haben und von dort aus versuchen den Gasstrom zu durchdringen.

Es geht bei den undifferenzierten Meteoriten allgemein darum, dass sie in der letzten Phase der Bildung des Asteroidengürtels entstanden sind. Die Aktivität der Gasscheibe bleibt erhalten aber die Sonne wird mit der Entstehung der undifferenzierten Meteoriten schon kleiner. Dadurch, dass sich die Gasscheibe zur Ekliptik abplattet, ist dort die Gasdichte höher und die Temperatur hält sich dort besser. Steigen die undifferenzierten Meteoriten aber auf, kommen sie in kühlere Regionen und die Chondren schmelzen nicht auf. Diese Meteoriten bilden aber noch größere Körper, wie der Asteroid Bennu, der aber Holräume hat.

2.6.3. Die kohligen Chondrite und die „Die Fremdlinge“

Innerhalb der kohligen Chondrite sind CAIs zu finden, die wiederum in sich „Fremdlinge“ aufweisen. Diese haben einen Durchmesser von ca. 1 Zentimeter Durchmesser und man findet sie z.B. im Allende-Meteoriten (19.17.)[98]. Diese bestehen aus Eisennickel. Darin befinden sich Substanzen wie

---

Schmelztemperatur und Entwicklung der kohligen Chondrite. Die Zusammensetzung bestimmter Chondren (CAI´s) fordert Temperaturen über 1500 K, die Jahre angedauert haben könnten. - S. 84 f

[96] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Bildung der Olivin-Körner verlief sehr schnell. Die Bildung zu größeren Körpern verlief sehr langsam. Diese Olivin-Körner im Allende-Meteoriten bewegten sich in einem heißen Gas mit hohem Anteil an FeO. Die Strukturen dieser Olivin-Körner besagt, dass diese Erhitzungsphasen mehrmals aufgetreten sind. S. 85 f

[97] Frankfurter Allgemeine Zeitung

Der hohe Anteil an flüchtigem Natrium in den Chondren eines Meteoriten spricht dafür, dass die Chondren in einem hundert mall dichterem Gas entstanden sein müssen als man bisher annahm. - 20.7.08 – Nr. 29 S. 60

[98] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Rhenium, Wolfram, Molybdän, Platin, Palladium, Ruthenium, Osmium, Iridium und Rhodium. Diese Elemente haben alle einen sehr hohen Schmelzpunkt. Die kohligen Chondrite sind die älteste Meteoritenform, und nehmen alle Arten von Elementen auf. Die CAIs selber sind das älteste Material im Sonnensystem (70.4.)[99]. Dabei gibt es verschiedene Häufigkeiten der CAIs. Eine Art hat eine geringe Anzahl an Silikateinschlüssen. Das wären die CM-Chondrite. Eine andere Art der kohligen Chondrite sind die CO-Chondrite. Diese bestehen zu zwei Drittel aus Hochtemperaturkondensate (70.5.)[100]. Die kohligen Chondrite haben sich als erstes gebildet, und die unterschiedlichen Arten entsprechen Entstehungsorte in Entstehungsbereich. Die CO-Chondrite sind demnach nahe an der Sonne in der Gasscheibe entstanden, und die CM-Chondrite sind in etwas größerem Abstand entstanden. Die gewöhnlichen Chondrite haben ein besseres Trennungsverfahren in einer späteren Phase mitgemacht. Man kann sagen, dass der Entstehungsbereich mit dem letzten großen Körper leer geräumt war. Das wäre Callisto gewesen. Dann haben sich alle Körper neu gebildet. Körper mit geringerer Dichte bilden sich schneller. Das wären die kohligen Chondrite. Die unterschiedlichen Arten der kohligen Chondrite wären ortabhängig. Sie sind aber Zeitgleich entstanden.

Diese Elemente oder „Fremdlinge“ in den CAIs haben eine sehr hohe Dichte. Das bedeutet, innerhalb der Gasscheibe haben sich in der Nähe der Ekliptik gebildet und dort abgesetzt. Die CAIs haben diese Region durchkreuzt und sind weiter aufgestiegen. Es ist ja auch so, dass Chondren aus Nickeleisen ebenfalls in geringem Maße solche Elemente aufgenommen haben. Auch sie haben von der Ekliptik kommend den gleichen Weg gewählt.

Wenn man noch mal die Werte der Dichte dieser Fremdlinge betrachtet, so liegen sie um 20 g/cm³. Zwei Elemente haben einen Wert etwas über 10 g/cm³. Diese Elemente sind nach der Dichte innerhalb der Gasscheibe sortiert, und häufen sich auf entsprechenden Ebenen an.

Es ging dann noch um die Frage, warum Meteorite erhalten geblieben sind. Die kohligen Chondrite wie alle Arten der Meteoriten sind deswegen erhalten geblieben, weil der Entstehungsbereich des Asteroidengürtels zusammengebrochen ist. Die Sonne wurde kleiner. Der Bereich kühlte aus, und vor allem zog sich die Temperatur aus dem Bereich der abgeplatteten Gasscheibe in dieser Region zurück. Diese Krise eines Sterns findet ab 0,9 Sonnenmassen statt. Ab Sternmasse können erst Asteroidengürtel bei anderen Sternen entstehen.

2.6.4. Isotope der kohligen Chondrite

Das Verhältnis der Isotope ist bei den kohligen Chondriten im Gegensatz zu dem Gestein unserer Erde ein anderes. Wir finden dort viel mehr Isotope, die für eine größere Strahlung sprechen (22.2.)[101]. Die chemische Zusammensetzung der kohligen Chondriten entspricht der chemischen

---

Innerhalb der kohligen Chondrite befinden sich CAIs. In ihnen finden sich sog. „Fremdlinge“. Fremdlinge bestehen aus Eisen-Nickel. In diesen befinden sich wiederum Rhenium, Wolfram, Molybdän, Platin, Palladium, Ruthenium, Osmium, Iridium und Rhodium. - S. 234, Foto,

[99] Franz Brandstätter, Luduvic Ferriére, Christian Köberl, Zeitzeugen der Entstehung des Sonnensystems – Meteoriten, Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 2013,

Die Calcium-Aluminium-Reichen Einflüsse (CAIs) sind das älteste Material, was im Sonnensystem entstanden ist. - S. 97

[100] Franz Brandstätter, Luduvic Ferriére, Christian Köberl, Zeitzeugen der Entstehung des Sonnensystems – Meteoriten, Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 2013,

Die CM-Chondrite enthalten wenige Silikateinschlüsse. Dagegen bestehen die CO-Chondrite zu einem Drittel aus der Matrix und zu zwei Dritteln aus Hochtemperatureinschlüssen. - S. 96

[101] David N. Schramm, Robert N. Clayton: „Löste eine Supernova die Bildung des Sonnensystems aus?“

Zusammensetzung der Sonne. Die Entstehung ist damit zu erklären, dass sie in der frühen Phase gebildet wurden, und die anderen Chondrite später gebildet wurden. Bezeichnet ist daher, dass schon so früh Chondren aus Nickeleisen gebildet worden sind, die im Gas entstanden sind.

2.6.5. Eisenanteil der Steinmeteoriten

Eisen und Gestein kondensieren im gleichen Abstand zum Stern, setzen sich aber in einem größeren Abstand von der Ekliptik ab. Gesteinskörper dringen tiefer in den Gasstrom ein und treffen zwangsläufig auf Eisen. Daher hat Gestein bei dem Meteoriten immer einen Anteil an Eisen. Dieser Anteil ist davon abhängig, in welchem Abstand zur Ekliptik die Chondren entstehen. Je höher der Anteil an Eisen ist, umso näher bilden sie sich im Bezug auf die Ekliptik. Die unterschiedlichen Mischformen der H-, L- und LL-Chondriten lassen sich demnach über den Entstehungsort in der Gasscheibe erklären (5.53.)[102].

2.6.6. Die Größe der Chondren

Die Chondren bei Meteoriten haben unterschiedliche Größen bei den verschiedenen Klassen von undifferenzierten Meteoriten. Die undifferenzierten Meteoriten mit hoher Temperatur haben kleine Chondren und die mit sehr geringer Temperatur wie die der kohligen Chondrite haben große Chondren. Zudem sind diese Chondren auch mehrschichtig (33.22.)[103]. Wie kommt es zu den Größen und zu den verschiedenen Schichten der Chondren?

Das hat insgesamt mit der Dichte der Klassen zu tun. Die kohligen Chondrite haben die geringste Dichte und haben die meisten Schichten der Gasscheibe zu durchdringen bis sie in einem Abstand gelangen in dem sie von der Geschwindigkeit bleiben können. Die anderen Klassen haben eine größere Dichte und müssen nicht so viel aufsteigen, um in einen Abstand zur Ekliptik zu gelangen.

Die Schichten bei den Chondren haben demnach etwas mit den Schichten in der Gasscheibe zu tun. Diese werden von den Chondren durchwandert und dabei sammeln sie das Material. Das machen sie aber nicht nur stetig. Sie steigen auf, wandern wieder etwas ab und steigen weiter auf im Bezug zur Ekliptik. Diese Bewegung hat mit den Schmelzprozessen zu tun. In tieferen Schichten ist die Temperatur höher. Es geht aber auch um die höhere Reibung in einem dichteren Gas.

Der Allende-Meteorit weist ein ungewöhnliches Isotopenverhältnis auf, einmal von Sauerstoff-17 und Sauerstoff-18, und von Magnesium-26, Ca-41 und Be-10. - Spektrum der Wissenschaft, 12-1978

[102] Gewöhnliche Chondrite unterscheidet man im unterschiedlichen Gehalt an Eisen. H steht für „high Fe“ und L für „low Fe“. Gewöhnliche Chondrite zeigen einen unterschiedlichen Grad der Erhitzung. Manche haben 700° Celsius erreicht und andere 900° Celsius. Daher unterscheidet man in unterschiedliche Erhitzungsgrade und nennt sie zum Beispiel H3- bis H6-Chondrite. - Sterne und Weltraum, 10-2003 - S.28

[103] Die Undifferenzierten Meteoriten lassen sich in Klassen einteilen die der Schmelztemperatur entsprechen, was mit dem Abstand zu tun hat in dem sie entstanden sind. Meteoriten in großen Abständen haben dabei einen größeren Anteil an Staub als Meteoriten in geringen Abständen. Zudem sind die Chondren der Meteoriten in den größeren Abständen zum Stern, das wären die kohligen Chondrite, - auch größer und haben mehrere Schichten.

Spektrum der Wissenschaft, 3-2014, S. 45ff

Bei der Größe der Chondren verhält es sich grundsätzlich auch so, dass Chondren aus Nickeleisen kleiner sind als die Chondren aus Gestein (70.3.)[104]. Das hat damit zu tun, dass die Chondren aus Gestein durch die Strömung des Gases stärker beeinflusst werden, damit größere Bahnveränderungen erfahren. Dadurch steigt die die Wahrscheinlichkeit heranzuwachsen.

2.6.7. Eisen-Stein-Meteoriten

Die Entstehung der Eisen-Stein-Meteoriten ist damit zu erklären, das größere Meteoriten aus Eisennickel Gestein aufnehmen. Die Eisen-Nickel-Meteorit ist weich und bildet so die Matrix. Das Gestein, wie zum Beispiel Olivin zerbricht durch den Temperatureinfluss. Eisen-Stein-Meteoriten bilden als größere Körper die S-Klasse der Asteroiden (7.4.)[105]. Man muss sagen, dass Gesteinskörper in die Region der M-Klasse eindringt, und damit entsteht die Mischform. Das Innere der Erde unter der KGM entspricht dieser Zusammensetzung.

2.6.8. Entwicklung von Eisennickel

Eisen entsteht in der Nähe der Ekliptik. Der Sonnenwind wirkt dort nicht. Zudem lassen sich Eisenkörper durch Strömungsturbulenzen wegen der hohen Dichte viel weniger bewegen. Es braucht daher mehr Zeit, um größere Körper aus Eisen zu bilden. Daher sind die Chondren kleiner als beim Gestein.

Das drückt sich auch im Bestrahlungsalter aus. Das Bestrahlungsalter entspricht einem bestimmten Zeitraum bis ein Körper ungefähr Metergröße erreicht hat. Ab da kann ihn die Strahlung aus dem All nicht mehr durchdringen. Das Gestein hat ein Bestrahlungsalter von 20 Millionen Jahren, während Eisen 100 Millionen Jahre hat (2.7.)[106].

Eisen hat gut die doppelte Dichte vom Gestein. Würde man es in Relation zum Gestein setzen, dürfte das Entwicklungsalter nur dem doppelten Wert entsprechen. Es dauert jedoch fünfmal so lange bis ein Eisenkörper die gleiche Größe erreicht. Die Begründung liegt im Sonnenwind. Er beeinflusst nur die Gesteinskörper, weil sie den größeren Abstand von der Ekliptik haben. Der Sonnenwind ist der zusätzliche Einflussfaktor, der eine größere Bewegung kleinerer Körper provoziert und damit die Entwicklung beschleunigt. Das ist nur verständlich, wenn man davon ausgeht, dass Gesteinskörper

---

[104] Franz Brandstätter, Luduvic Ferriére, Christian Köberl, Zeitzeugen der Entstehung des Sonnensystems – Meteoriten, Verlag des Naturhistorischen Museums Wien, 2013,

Bei den Meteoriten der Chondrite sind die Chondren aus Nickeleisen im Schnitt immer kleiner als die Chondren aus Gestein. Diese Meteorite werden übrigens immer als Steinmeteorite bezeichnet.

Auffallend sind dabei die CB-Chondrite. Sie bestehen zur Hälfte aus Nickeleisen. Sie zählen zu den kohligen Chondriten. - S. 99-103

[105] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Originaltitel: „Exploration and Discovery in the Solar System.” Cambridge University Press 1991

Unterteilung verschiedener Arten der Asteroiden, ihre Verteilung im Asteroidengürtel.

Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science 216, 1405 (1982) - S. 211

[106] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Bestrahlungszeit besagt, wie lange ein Körper braucht, umeine bestimmte Größe zu ereichen, um sich damit der Strahlung aus dem All zu entziehen. Der Eisenmeteorit braucht dafür 100 Millionen Jahre, und der Steinmeteorit nur 20 Millionen Jahre. - S. 84

sich aufgrund eines Trennungsverfahrens über die Strömung der Gasscheibe in einen größeren Abstand gelangen als Eisenkörper. Nur in diesem größeren Abstand von der Ekliptik wirkt der Sonnenwind, während sich die Eisenkörper geschützt vom Sonnenwind bei geringem Abstand zur Ekliptik tiefer in der dichteren Gasscheibe bewegen. Hinter dem Bestrahlungsalter steht demnach die grundlegende Frage, wie sich Eisenmeteoriten bis zu dieser Größe getrennt vom Gestein entwickeln.

Diese langsame Entwicklungsgeschwindigkeit unterstreichen die Widmannstättischen Figuren in Eisenmeteoriten. Diese sind nur zu erklären, wenn sich ein Körper über mehrere 10 Millionen Jahre nahe dem Schmelzpunkt hält (7.10.)[107]. Eisen hat sich demnach extrem lange in Sternnähe aufgehalten.

2.6.9. Nickel als Bestandteil der Eisenmeteoriten

Wenn man die Eisennickelmeteoriten betrachtet, fragt man sich, warum es gerade Nickel ist und nicht zum Beispiel Kupfer, was man im Meteoriten vorfindet? Die Begründung kann nur daran liegen, dass sich Schmelzpunkt und die Dichte von Eisen und Nickel ähneln. Ein Bild für ihre Entstehung muss beide Faktoren erfüllen.

Bei Kupfer liegt z.B. der Schmelzpunkt ungefähr 450 K unterhalb des Eisens und bei Nickel ist er 86 K geringer. Die Dichte von Nickel ist etwas größer als beim Eisen. Wenn Nickel kondensiert, entspricht der zweite Vektor wegen der höheren Dichte einer etwas höheren Geschwindigkeit. Nickel würde mit einer höheren Anfangsgeschwindigkeit nach der Kondensation die Ekliptik verlassen und wegen der höheren Dichte in einem geringeren Anstand von ihr die Bahngeschwindigkeit erreichen. Nickel nähert sich damit dem Eisen und schiebt sich sozusagen unter die Schicht des Eisens. Wenn Eisenkörper größer werden, dringen sie zwangsläufig in dichtere Schichten der Gasscheibe und bewegt sich durch den Bereich in dem sich Nickel aufhält.

2.6.10.Mischungsverhältnis von Eisen und Nickel

Da beide Elemente also Eisen und Nickel von der Dichte ähnlich sind, so erreichen sie nach dem freien Fall eine ähnliche Endgeschwindigkeit. Mit dieser Geschwindigkeit bewegen sie sich auf die jeweiligen Ebenen in der Strömung auf beiden Seiten der Ekliptik. Weil diese Geschwindigkeiten so ähnlich sind, wird dem Eisen immer etwas Nickel beigemischt. Das ist unvermeidlich. Der Grundanteil wird durch den Aufstieg der Chondren auf die jeweiligen Ebenen in der Gasscheibe erzielt, dieser kann aber auch unterschiedlich hoch ausfallen.

Man unterscheidet zudem Kamazit (bis 7%) und Tänit (bis 50%). Bei Tänit stellt man fest, dass sich zur äußeren Schicht des Meteoriten hin der Anteil an Nickel erhöht (19.18.)[108].

Warum mischt sich dieses Kamazit nicht zu den äußeren Schichten mit weiterem Nickel? Der Grund liegt in der Dichte. Wenn der Meteorit wenig Nickel aufnimmt ist seine Dichte geringer als die des Nickels. Folglich ist der Abstand zur Ebene auf der sich der Nickel in der Gasscheibe aufhält, größer. Daher kann er sich ein Meteorit nicht mit dem Nickel vermischen, weil er zu weit entfernt ist. Vor allem sind es kleine Körper, die noch nicht so tief in den Gasstrom eindringen.

Tänit hat von vorne herein schon beim „Aufstieg“ einen größeren Anteil an Nickel aufgenommen. Damit ist auch die Dichte höher und die Ebene näher zu der Ebene auf der sich Nickel

---

[107] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Originaltitel: „Exploration and Discovery in the Solar System.” Cambridge University Press 1991

Widmannstättische Figuren, - S. 222

[108] Ludolf Schulz: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Mischungsverhältnis von Eisen und Nickel im Eisenmeteoriten - S. 107

bewegt. Beim Eintauchen ist damit die Wahrscheinlichkeit höher auf Nickel zu stoßen. Mit dem höheren Anteil wächst demnach die Wahrscheinlichkeit Nickel beim Eintauchen an sich zu binden. Wichtig ist, dass Tänit bis zu dieser Entwicklungsgröße eine eigene Temperaturquelle haben muss. Er kann in keinem größeren Körper gewesen sein, der die Ursache für eine andere Temperaturquelle wäre. Das verbietet die Struktur des Aufbaus.

Neben den Nickelanteil weißt die Verteilung auch eine spezielle Struktur auf. Diese Struktur ist im Meteoriten geordnet. Das spricht für in Wachstum vom kleinen zum großen Körper, wie ein Kristall. In dieser Textquelle kann der Anteil von Nickel auch bis 63 % steigen (54.1.)[109]. Das lässt ebenfalls darauf schließen, dass ein Meteorit dieser Art für sich entstanden ist.

2.6.11. Zum Trennungsverfahren von Eisen und Nickel

Zum Trennungsverfahren von Eisen und Nickel sei noch gesagt, dass dies erst bei Sternen ab 1,1 Sonnenmassen beginnt, weil dort die Rotation groß genug wird, um beide Elemente zu trennen. Hier kommt es aber darauf an, dass Nickel die größere Dichte hat, aber die geringere Schmelztemperatur gegenüber Eisen vorweist. Das bedeutet, Eisen entsteht näher zum Stern und Nickel in etwas größerem Abstand. Nickel setzen sich wegen der höheren Dichte auf einen Ebene ab, die Näher zur Ekliptik ist als Eisen und haben im späteren Verlauf der Entwicklung auch die kleinere Inklination. Für die Entwicklung ist aber eines Wichtig. Der Eisenkörper hat eine höhere Abdrift als der Körper aus Nickel. Also nähern sich gleich große Körper aus Eisen den Körpern aus Nickel. Diese höhere Dichte von Nickel bringt beide Klassen zusammen. Nach dem Durchdringen der Gasscheibe laufen die Entwicklungen von Eisen und Nickel wohl bei unterschiedlichen Inklinationen ab, aber sie bewegen sich aufeinander zu. Das ist nur deswegen der Fall, weil das Verhältnis zwischen Dichte und Schmelzpunkt so ist und nicht anders.

Man hat im Bezug zu Jupiters Alter primitive Eisenmeteoriten untersucht. Bei der Auswertung von 35 Meteoriten hat sich aus dem Isotopenverhältnis ergeben, dass diese Meteoriten aus zwei separierten Regionen stammen müssen (45.27.)[110]. Diese Daten sind ein Hinweis, dass die Regionen in denen Körper kondensieren durch die Gasscheibe getrennt sind und sich in bestimmte Bereiche oberhalb und unterhalb der Ekliptik absetzen. Sie können diese Regionen nur durchdringen, wenn sie größer werden.

2.6.12. Nickelgehalt in Meteoriten und Planeten

Der Nickelgehalt in im Marsgestein ist etwa 5 Mal höher als in SNC Meteoriten. Das Marsgestein ist wieder sehr ähnlich gegenüber dem Gestein der Erde (51.14.)[111]. Es ist nun die Frage,

---

[109] Jakobshagen, Arndt, Götze, Mertmann, Wallfass, - Einführung in die geologischen Wissenschaften, - 2000 Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Die Widmannstättischen Figuren haben innerhalb eines Meteoriten eine spezielle Struktur. Sie verändern sich mit der Schnittrichtung in einem Meteoriten. Der Anteil an Nickel kann bis 63 % ansteigen. - S. 30

[110] Aus der Untersuchung von 35 primitiven Eisenmeteoriten geht aus dem Isotopenverhältnis hervor, dass die Meteorite aus zwei separaten Regionen stammen.

Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen - 10-2017, S. 36

[111] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Der Nickelanteil im Gestein von der Erde und vom Mars ist sehr ähnlich. Der Nickelanteil ist 5 Mal höher als bei SNC Meteoriten. - 7-2013, S. 354

warum ist sich das Gestein der Erde und des Mars so ähnlich? Die zweite Frage besteht darin, warum diese Art Meteoriten, die dem Gestein des Mars und der Erde so ähnlich ist der Anteil an Nickel fehlt.

Zunächst muss man sagen, dass diese Art den Meteoriten schon der Gesteinsschicht entspricht, die man bei Mars und Erde findet. Die Physik wählt nun den Erklärungsansatz, dass hoher und geringer Elemente durch die Gravitation eines großen Körpers getrennt werden. Wäre dies der Fall, dürfte der Anteil an Nickel bei der Erde und dem Mars nicht gleich sein, weil die Erde 9 Mal mehr Masse besitzt als der Mars. Deren Kraft ist ungemein viel größer. Also spricht dieser gleiche Anteil gegen diese Art des Trennungsverfahrens.

Kommen wir zu der Frage, warum der Nickelanteil bei Mars und Erde so hoch ist, so erklärt sich das über die abgeplattete Gasscheibe. In ihr ist es kleinen Körpern nicht möglich die Gasscheibe zu durchdringen. Meteoriten haben demnach eine geringe Eindringtiefe und kommen nicht in die tiefere Region der Gasscheibe in der Sich der Nickel ablagert. Von daher ist der Anteil so gering. Körper wie der Mars und die Erde durchdringen die Gasscheibe mühelos und nehmen einen einsprechenden Anteil an Nickel mit. Die Art der Meteoriten spricht für eine bestimmte Entstehungsregion. Durch diese wandern Mars und Erde gleichermaßen.

2.6.13. Quasikristalle

Nur in Meteoriten findet man Quasikristalle. Diese Kristalle unterliegen einer Fünffachsymmetrie. Das Problem der Entstehung liegt darin, dass Aluminium sehr schnell oxidiert und damit in Metallischer Form in Meteoriten nicht aufzufinden ist. Bei der künstlichen Herstellung auf der Erde muss das Verhältnis von Al 63, Cu 24 und Fe 13 genau eingehalten werden, und dann muss diese Mischung plötzlich abgeschreckt werden (45.7.).

In der Entstehung der Meteoriten ist der Verlauf so, dass primitive Meteoriten in der abgeplatteten Gasscheibe in der Nähe der Ekliptik bei hohen Temperaturen als Chondren entstehen. Sie würden in Regionen aufsteigen, die von der Ekliptik weiter weg sind, bis sie eine Region erreichen in der die Gasdichte gering genug ist, um eine entsprechende Geschwindigkeit zu erreichen. Dabei kühlen sie ab.

Bei den Quasikristallen beginnt die Entwicklung in der Region des Eisens. Das Problem ist nur, dass Kupfer zum Aluminium ganz selten in die Region gelangen. Diese Elemente schmelzen einfach vorher und binden sich damit früher an andere Atome. Wenn es also gelingt, dass entsprechende Mengen an Kupfer und Aluminium in die Region gelangt, können Quasikristalle entstehen. Die Entwicklung ist dann auch sehr leicht, denn die Dichte ist bei einem solchen Kristall geringer und es steigt auf in kühlere Regionen, weiter entfernt von der Ekliptik. Das führt zu der benötigten Abkühlung.

2.6.14. Der Asteroid Itokawa

Eigentlich ist an diesem Kapitel von den Meteoriten die Rede, es sollte aber an dieser Stelle ein kleiner Asteroid erwähnt werden, der nur 600 Meter Durchmesser hat, und aus zwei Körpern zusammengesetzt ist. Er gehört zu den seltenen kleinen Asteroiden. Die Besonderheit des Asteroiden liegt darin, dass er aufgrund von systematischen Rotationsschwankungen in dem einen Körper eine Dichte von 1,75 g/cm³ haben muss und im anderen müsste deine Dichte von 2,8 g/cm³ vorliegen (27.9.)[112]. Hier hätte man demnach ein schönes Beispiel für unterschiedliche Klassen von Körpern, die in so einem Körper zusammentreffen. Wichtig dabei ist, dass schon bei solch kleinen Körpern das Trennungsverfahren nach der Dichte über die aktive Gasscheibe funktioniert. In der Regel ist es aber

[112] Der Asteroid Itokawa besteht aus zwei Körpern unterschiedlicher Dichte von 1,75 g/cm³ und 2,8 g/cm³. Das erklärt sich aus der Rotationsveränderung. Zudem ist er nur 600 Meter groß und hat um sich viel Schutt oder kleines Gestein gesammelt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.2.2014, S. N2

so, dass sich Körper gleicher Art einfangen und als erstes Doppelkörper bilden. Bei Itokawa zeigt sich, dass auch Körper unterschiedlicher Klassen beim Durchdringen der Gasscheibe aufeinander treffen können, und dass das Trennungsverfahren nach der Dichte über die Gasscheibe durchgeführt wird.

8.6.15. Der Asteroidengürtel und Alter des Sonnensystems

Da alle Meteoriten aus dem Asteroidengürtel stammen, geht es um die zeitliche Zuordnung des Asteroidengürtels im gesamten Sonnensystem. Der Asteroidengürtel präsentiert nur eine Zeitepisode in der Entwicklung des Sonnensystems. Der Zeitabschnitt dieser Entwicklungsphase findet nach der Entwicklung des Jupitersystems statt. Das besagt, das Jupitersystem ist älter.

Der Asteroidengürtel selber hat auch eine Zeitabfolge. Darin finden sich frühe Entwicklungen von Körpern und spätere Entwicklungen der Körper. Das ist bei den Meteoriten sehr gut zu erkennen. Das Alter der Meteoriten entspricht aber nicht dem Alter des Sonnensystems. Das Sonnensystem war nach dem Abschluss der Entwicklung des Jupitersystems 4,55 Milliarden Jahre alt. Das äußere Planetensystem bis hin zu Pluto muss ,diesen Überlegungen nach älter sein.

Um die Meteoriten zu verstehen, müsste am eigentlich erst den Asteroidengürtel anschauen, der im übernächsten Kapitel behandelt wird. Da sieht man die Verteilung der Klassen von Asteroiden, die den Klassen der Meteoriten entsprechen. Von den Asteroiden schließt man auf die Meteoriten.

Allgemein sollte man zum Trennungsverfahren noch sagen, dass erst mit der Trennung der Körper nach der Dichte über die Gasscheibe und über die Kondensation ein neues Verständnis geschaffen wird, was im weiteren Verlauf auch die Eigenschaften der Asteroiden erklären kann. Dabei geht es um ihre Bahnen und ihre Rotation. Nur so kann man zum Beispiel die Rotation von Festkörpern erklären, was in den nächsten Kapiteln besprochen wird. Es geht aber auch um die Kräfte, die beschreiben, wie sich Körper vom Stern entfernen. Das Verständnis geht aber noch weiter. Man kann damit auch Phänomene bei den Sternen erklären. Daher sind diese Kapitel sehr wichtig.

2.6.16. Der Asteroid Ryugu und Bennu

Der Asteroid Ryugu gehört zu der C-Klasse der Asteroiden und ist mit 900 Meter Durchmesser ein Körper, der gerade der Durchdringungsgröße der Gasscheibe um einen Stern entspricht. Er hat eine vorgegebene Form, die mit der Rotation einen symmetrischen Körper ergibt. Durch den Druck auf sie Gasscheibe sind an dem Asteroiden Flächen oberhalb und unterhalb des Äquators geschaffen worden. Über diesen Flächen liegt eine Streuschicht von lockerem Gestein (27.54.)[113]. Der Asteroid ist von beiden Seiten seiner Oberfläche geformt worden, weil er die Gasscheibe durchdrungen hat. Jede Seite der Gasscheibe wirkt auf die nördliche oder südliche Seite des Asteroiden. Körper die kleiner wären, würden diese symmetrische Form nicht erlangen, weil sie die Gasscheibe noch nicht durchdrungen haben. Die Streuschicht aus lockerem Gestein, ist erst gesammelt worden als der Asteroidengürtel ausgekühlt ist und auch das Gestein kühler war. Aus der Form kann man recht gut herleiten, dass solche Körper nur in einer aktiven Gasscheibe entstanden sein können.

---

[113] Der Asteroid Ryugu hat einen Durchmesser von 900 Metern. Er gehört zu den Körpern der C-Klasse und seine Form ist auf die Rotation angepasst. So ergibt sich eine symmetrische Struktur.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2.10.18; S. N1

Vergleichbar mit dem Asteroid Ryugu ist Bennu. Er ist in der Form ähnlich. An der Oberfläche liegt bei beiden Körpern viel loses Gestein und im Inneren sind auch beide porös. Die wesentliche Information besteht darin, dass beide Erdbahnkreuzer sind (27.58.)[114].

Man muss jetzt sehen, dass auch die Körper im Asteroidengürtel sich hintereinander entwickelt haben. Folglich sind die ältesten Körper außen und die jüngsten Körper befinden sich innen. Dazu gehören Bennu und Ryugu. Da die Sonne in der Zeit eine Krise bekommt, auskühlt und kleiner wird, verliert diese Region die Temperatur und bleibt als Rest eines Entstehungsbereiches stehen. Dieser Verlust der Temperatur in dieser Region führt dazu, dass die Körper nicht mehr komplett verschmelzen und demnach porös sind und am Ende wird erkaltendes Gestein eingesammelt. Hier hat man also den direkten Hinweis, dass die Sonne sich in der Entwicklung des Sonnensystems verkleinert hat. Damit lässt sich der Asteroidengürtel als Rest eines Entstehungsbereiches definieren.

Auf dem Asteroiden findet sich Gestein, was den kohligen Chondriten unter den Meteoriten ähnlich ist. Die großen Körper haben einen Durchmesser von etwa 95 Metern und weisen eine dunkle Oberfläche auf (27.90.)[115]. Der kleinere Gestein ist heller und hat demnach einen geringeren Anteil an Kohlenstoff. Demnach hat Bennu unterschiedlichen Arten eingesammelt. Die größeren Körper dürften sich in größeren Abständen zur Ekliptik abgesetzt haben und die kleineren Körpern werden einen geringeren Abstand von der Ekliptik gehabt haben. Dadurch, dass Bennu in der letzten Phase der Entwicklung des Asteroidengürtels entsteht und der Bereich auskühlt, sind die Entwicklungsstände der Asteroiden festgehalten.

[114] Bennu und Ryugu sind zwei kleine Asteroiden mit dem Durchmesser von 520 Metern und 870 Metern. Sie sind beide Erdbahnkreuzer und an der Oberfläche liegt eine größere Schicht von losem Gestein. Sie gehören zu C-Klasse der Asteroiden, haben beide eine ähnliche Form. Beide Körper sind in ihrem Inneren porös.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 23.3.2019, S. 60

[115] Bei den Meteoriten der kohligen Chondrite hat das Wasser einen Einfluss. Auf dem Asteroiden Bennu gibt es Gesteinsbrocken von 95 Meter Größe, die dunkel eingefärbt sind in damit einen hohen Anteil an Kohlenstoff vorweisen. Das kleinere Gestein hat eine hellere Farbe und damit geringere Anteile an Kohlenstoff. Alle diese Körper auf Bennu sind den kohligen Chondriten ähnlich.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 21.10.2020, S. N2

2.7. Sonnenflecken und Meteoritenentwicklung

2.7.1. Meteoriten und die Sternoberfläche

Die Entwicklung der Meteoriten hat ganz in der Nähe des Sterns stattgefunden. Damit existiert über sie der Bezug zum Stern und seiner Oberfläche. Die Meteoriten entsprechen einem bestimmten Entwicklungsstand in der Gasscheibe. Die Strömung zwingt sie in bestimmte Bahnen, und daher kann man Aussagen zum Auftreten der Sonnenflecken machen.

Es geht zudem darum, dass die Metallizität der Sterne schwankt. Sie zeigt eine größere Häufigkeit, wenn Exoplaneten in der Nähe sind. Exoplaneten finden sich wiederum nur bei bestimmten Sterntemperaturen. Man hat demnach den direkten Nachweis, dass sich Körper zwischen den Exoplaneten in der Nähe des Sterns und dem Stern selber entwickeln. Von daher muss man den Zusammenhang erläutern. Das gehört eigentlich schon zu den Exoplaneten, aber er wird schon hier besprochen, weil die Meteoriten die Körper sind, die sich am aller nächsten der Sternoberfläche entwickeln

2.7.2. Ursachen der Sonnenflecken

Die Sonnenflecken beginnen in größeren Breiten ungefähr bei 30° oberhalb und zeigen ungefähr bei 10° und dann bei 20° zwei Maxima (siehe Grafik 14). Am Äquator verschwinden sie. Diese Sonnenflecken spiegeln demnach die getrennte Entwicklung von Körpern in Sonnennähe wieder.

Gesteinskörper mit einem Eisengehalt dringen aus größeren Abständen zur Ekliptik in die Gasscheibe ein und stürzen rotierend in die Sonne. Eisenkörper haben den geringeren Abstand zur Ekliptik und stürzen ebenfalls ab. Sie erzeugen die größeren Magnetfelder.

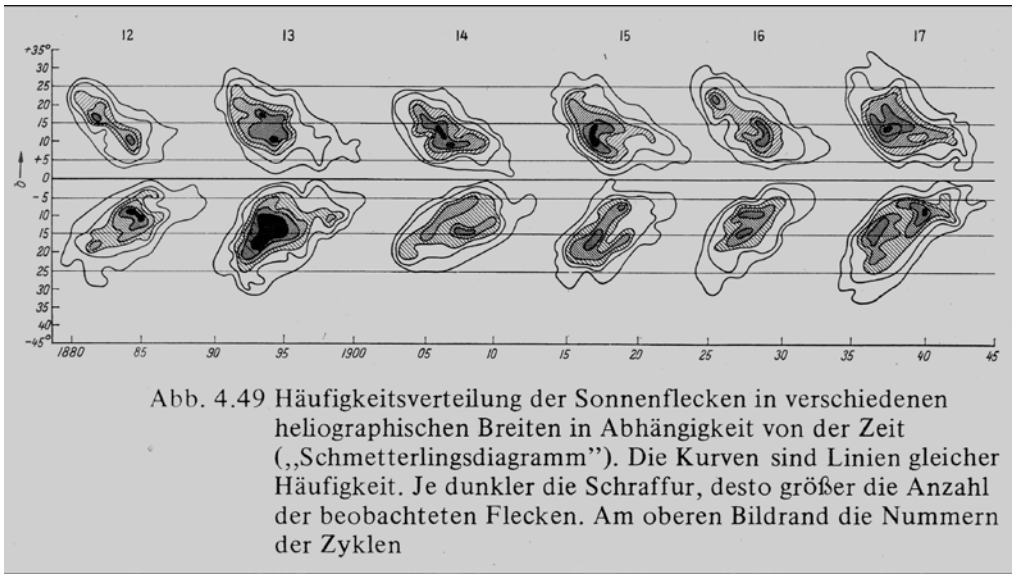


Abb. 4.49 Häufigkeitsverteilung der Sonnenflecken in verschiedenen heliographischen Breiten in Abhängigkeit von der Zeit („Schmetterlingsdiagramm"). Die Kurven sind Linien gleicher Häufigkeit. Je dunkler die Schraffur, desto größer die Anzahl der beobachteten Flecken. Am oberen Bildrand die Nummern der Zyklen

Grafik 14: Häufigkeitsverteilung der Sonnenflecken (28.1.)[116]

[116] „Astronomie I" Ernst Klett Stuttgart Friedrich Gondolatsch, 1. Auflage 1977,

Sonnenfleckenverteilung vom Jahre 1880 bis 1945 - S. 277,

Je tiefer ein Körper in diese Gasscheibe eindringt, umso größer müssen seine Masse und sein Durchmesser sein. Damit ist seine Rotation größer. Durch die zwei Maxima erkennt man die Trennung von Gesteinskörpern von Eisenkörpern.

Erreichen Körper den Äquatorbereich, haben sie das Maximum der Reibung überschritten und stürzen nicht mehr in den Stern. Daher existieren im Äquatorbereich keine Sonnenflecken. Ein Körper, der es bis dahin geschafft hat, die Strömung zu durchdringen, bleibt erhalten und wandert langsam vom Stern weg.

Betrachtet man dazu den Kuiper-Gürtel so entsprechen die Inklinationen der etwa den Breitengraden der auf der Sonnenoberfläche. Die Inklinationen gehen etwas über 30° und eine kleine Gruppe, die den Kometen entsprechen müsste, liegt bei etwas über 40° (Grafik 18a). Hier hat man eine Fächerung nach der Dichte. Da sieht man, dass es die Verbindung zwischen den Planeten und dem Stern gibt.

2.7.3. Rhythmen der Sonnenflecken

Körper, die in einen Stern stürzen erzeugen Magnetfelder. Da sie relativ konstant abstürzen, müssten ständig Sonnenflecken entstehen. Es ist aber so, dass sie rhythmisch auftreten. Die Ursache liegt darin, dass sich das Magnetfeld umpolt. Je stärker das Magnetfelder, umso eher erfolgt die Umpolung. Diese Rhythmen sind auch bei den Sternen im Instabilitätsstreifen vorzufinden, nur beschreiben sie da eine Größenveränderung. Die abgeführte Energie der Konvektionszonen aus dem Inneren führt zu diesen Größenveränderungen.

2.7.4. Bewegung der Sonnenflecken

Die Häufigkeit der Sonnenflecken schwankt nicht nur, sondern sie wandern auch von großen Breitengraden zum Äquator. Wie sollte man das erklären?

Um das zu begreifen muss man sich den Entstehungsbereich näher betrachten. Gesteinskörper mit hoher Kondensationstemperatur stehen der Sonne etwas näher als Eisenkörper. Sie setzen sich zudem in größeren Abständen zur Ekliptik ab und stürzen aus diesen größeren Breiten in den Stern. Zudem entwickeln sie sich schneller als Eisenkörper. Wegen der geringeren Dichte weisen sie auch eine höhere Exzentrizität auf als Eisen.

Setzt also die Entwicklung der Konvektionszonen bei den M5-Sternen ein, so existiert diese Entwicklungsreihenfolge, die sich dann in der Bewegung der Sonnenflecken zum Äquator manifestiert. Damit entsteht ein Rhythmus, der sich wieder an die Umpolung koppelt.

Den Ablauf musste man so beschreiben: Es stürzen erst Steinkörper in großen Abständen zum Äquator des Sterns ab. Dann folgen ihnen Eisenkörper in geringerem Abstand zum Äquator. Beide Klassen von Körpern werden größer und gelangen in immer tiefere Schichten der Gasscheibe. Das dauert eine gewisse Zeit. Mit der Größe steigt auch die Rotation des Körpers. In der Nähe des Sterns ist die Gasgeschwindigkeit des Sterns kleiner als in der Gasscheibe. Das führt zu ihrem Absturz, weil sie in dieser Gasschicht gebremst werden. Körper, die die Ekliptik erreicht haben wiederum eine beträchtliche Masse, und die Strömung kann sie nicht mehr bremsen. Damit sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass Körper, die sich dem Äquator nähern noch in den Stern stürzen. Sie haben einfach eine zu große Masse. Das wandern der Sonnenflecken kann man demnach so verstehen, dass eine Generation von Körpern heranwächst, die dann die Gasscheibe durchdringen. Das wäre der wandernde Rhythmus, der in den Sonnenflecken, und der damit verbundenen Umpolung erhalten bleibt.

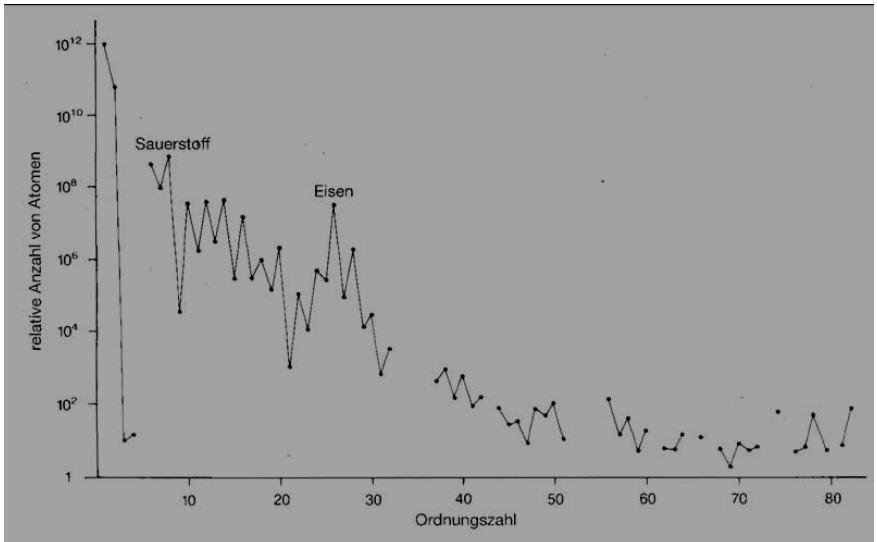
2.7.5. Ursachen des Sonnenfleckenzyklus

Das wandern der Sonnenflecken hatte ich schon zu erklären versucht. Mir kommt im Bezug darauf noch ein Gedanke. Als erstes bilden sich kleine Körper. Diese haben einen großen Abstand zur Ekliptik. Diese stürzen als erstes in den Stern. Mit der Zeit bilden sich größere Körper, die tiefer in die Gasscheibe eindringen und damit, falls sie abstürzen in einem geringeren Abstand zum Äquator vom Stern fallen. Es haben sich damit Zyklen eingespielt, die sich auf den wandelnden Magnetismus der Sonnenflecken übertragen haben. Der Sonnenfleckentätigkeit hat jedoch eine eigene Dynamik. - Das Wandern der Sonnenflecken hat die Ursache im Wachstum der Körper in der Gasscheibe.

2.7.6. Körperentwicklung bei unterschiedlicher Metallizität

Die Körper müssen generell eine Mindestgröße haben, um die Gasscheibe zu durchdringen. Das ist unabhängig von der Metallizität des Gases aus dem die Sterne entstehen. Es würde mit geringerer Metallizität nur länger dauern bis sich entsprechend viele Körper bilden. Damit entstehen auch in alten Sterngenerationen Planeten und Doppelsterne (23.3.).

Durch diesen Stau von Körpern in der Gasscheibe dauert es länger, bis Körper die Gasscheibe durchdringen. Es sind demnach erst einmal weniger dieser Körper vorhanden. Diese brauchen länger, um die kritische Dichte einer Masse zu erreichen, die dazu führt, dass die Körper sich nicht mehr vom Stern entfernen. Mit abnehmender Metallizität würde sich demnach nur eines ergeben, dass der Abstand der Doppelsterne größer wird.



6.10 Die relativen Häufigkeiten der chemischen Elemente in der Sonne. Das Diagramm ist so skaliert, daß Wasserstoff die Häufigkeit 10^{12} erhält. Es ist das Ergebnis einer Zusammenstellung von J. E. Ross und L. H. Aller aus über 100 verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriftenaufsätzen. Lithium ist in der Sonne um einen Faktor 100 weniger häufig als im interstellaren Gas und in ganz jungen Sternen. Das Diagramm enthält Daten aus *Science*, Band 191, American Association for the Advancement of Science, New York.

Grafik 15: Häufigkeit der chemischen Elemente in der Sonne (10.36.)[117].

[117] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Häufigkeitsverteilung der Elemente in der Sonne. Elemente bei denen der Siedepunkt sehr nahe am Schmelzpunkt liegt, sind nicht nachgewiesen. Diagramm - S. 167

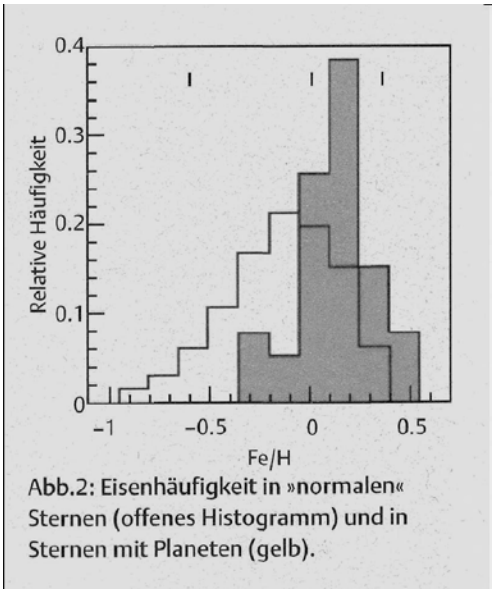
2.7.7. Häufigkeitsverteilung der Elemente in der Sonne

Elemente, bei denen der Siedepunkt sehr nahe am Schmelzpunkt liegt, sind nicht in der Lage, bei der Kondensation um einen Stern, größere Körper zu bilden. Sie vergasen bei ihrer Entwicklung, bevor sie die Gasscheibe durchdringen.

Betrachtet man die Häufigkeitsverteilung der Elemente in der Sonne, so ist es nicht verwunderlich, dass gerade diese Elemente nicht nachgewiesen werden. Elemente können erst dann in der Sonne nachgewiesen werden, wenn sie nach dem Kondensieren eine gewisse Größe erreicht haben. Dafür müssen Schmelzpunkt und Siedepunkt möglichst weit auseinander liegen (siehe Grafik 15 und Tabellen 7). Erreichen sie diese Größe nicht, hinterlassen sie beim Vergasen keine Spuren.

Wir hätten damit nicht für alle Elemente, die in der solaren Zusammensetzung fehlen, den Nachweis, aber für die Elemente, die entsprechende Eigenschaften vorweisen, hätten wir ihn schon. Es gibt sicher auch andere Gründe, warum Elemente nicht nachgewiesen werden können.

Wichtig ist jedoch nur, dass man über das Prinzip der Bildung von Körpern um einen Stern einen Bezug zur Häufigkeit der Elemente in der Sonne herstellen kann. Das wäre als ein indirekter Hinweis zu werten, dass Kondensation und die Bildung größerer Körper in der Nähe des Sterns



Grafik 16 a: Eisenhäufigkeit bei Sternen mit Exoplaneten (5.1.)[118].

2.7.8. Eisenvorkommen bei Sternen mit nahen Exoplaneten

Das hohe Eisenvorkommen der bei Sternen mit einem Exoplaneten erklärt sich über die Periheldrehung kleiner Körper durch den Gasplaneten in der Nähe des Sterns (16.6.)[119]. Die

[118] Der Anteil schwerer Elemente, insbesondere Eisen, ist bei sieben von acht Sternen, die ein Planet umkreist, stark erhöht Die erforderliche Menge, um dieses Eisen zu erklären, entsprechen im Durchschnitt 30 Erdmassen.

Sterne und Weltraum, 2-2001 - S. 115

[119] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

Eigenschaften der T-Tauristerne. Besonders hervorzuheben ist dort das Vorkommen von „anormal starken Emissionslinien des neutralen Eisens FeI 4063 Ä und FeI 4132 Ä“. - S. 157

Wellenbewegung ist eine Frequenz, die von der Größe der Körper abhängt. Es sind daher unterschiedliche Frequenzen, die übereinander liegen. Durch den Planeten in der Nähe des Sterns wandern diese Frequenzen und führen damit zu Zusammenstößen. Das fördert die Entwicklung. Damit stürzen aber auch mehr Körper ab.

Diese Eisenhäufigkeit ist ein weiterer Hinweis, für die Entstehung von Körper in Sternnähe. Bei den Exoplaneten haben daher 7 von 8 Sternen dieses erhöhte Vorkommen von schweren Elementen, insbesondere von Eisen. (Siehe Grafik 16) Um dieses Vorkommen zu erklären, müssten 30 Erdmassen aus reinem Eisen in den Stern abgestürzt sein. Im Kapitel über die Exoplaneten sieht man, dass sich diese Häufigkeit von Exoplaneten nur in einem bestimmten Massenbereich der Sterne vorzufinden ist. Sie ziehen sich von den späten K-Sternen durch den gesamten Bereich der G-Sterne.

Diese Eisenhäufigkeit ist im Zusammenhang zu den Exoplaneten im Bezug auf die Sternmassen zu betrachten. Ab einer Sternmasse von 0,7 bis 1,1 Sonnenmassen treten die Exoplaneten in großen Mengen auf. (Siehe Grafik 26) Nur ab dieser Temperatur eines Sterns ist die Metallizität in der Sternoberfläche höher. Diese erhöhte Eisenhäufigkeit ist abhängig von der Sterntemperatur und von der Gegenwart des Exoplaneten in der Nähe des Sterns.

Über die Metallizität bei nahen Exoplaneten und die Sternmasse gibt es keine Untersuchungen in der Physik. Das sollte man jedoch überprüfen. Dann könnte man nämlich sagen, dass mit dem Rotationsanstieg der Sterne bei den F-Sternen keine Körper mehr in den Stern stürzen. Das würde diese Idee zur Planetenentstehung besagen.

2.7.9. Zum Magnetismus bei Sternen und Planeten

Die Bedeutung des Magnetismus in Sternen aber auch in Gasplaneten liegt einzig und allein im Wasserstoff (Das bezieht sich auch auf Helium). Wasserstoff nimmt in den tieferen Regionen eines Sterns oder Gasplaneten metallische Eigenschaften an. Nur darüber kann man den Magnetismus in Gasplaneten und Sterne erklären.

Stürzen Festkörper in einen Gaskörper, wirken sie nur indirekt. Bei der Rotation von Sternen kann man eine ungleichmäßige chemische Verteilung von Elementen feststellen. An diese Ungleichmäßigkeiten über die Sternoberfläche ist auch der Magnetismus gebunden. Das beschreibt James B. Kaler im seinem Buch über die Ap-Sterne (10.40.)[120].

Unbestritten ist dabei, dass es sich um den Absturz von Körpern handelt. Beim einzigen magnetischen Exoplaneten ist ebenfalls der beweis darin gegeben, weil er den geringsten Abstand unter allen Exoplaneten bei dieser Sternmasse hat. Nur bei engen Paaren stürzen Planeten oder Monde ab, und diese erzeugen den Magnetismus. Damit hat man eine klare Antwort, dass der Magnetismus in Gaskörpern nur durch den Absturz von Festkörpern herrührt. Damit bleibt die Frage zum Magnetismus noch offen.

Hier ist es nun der Wasserstoff, der bei höherem Druck die metallischen Eigenschaften annimmt, die mehr oder minder kalte Metalle ebenfalls vorweisen. Das Problem versteht jedoch darin, dass der Magnetismus bei Eisen, Nickel, Kobalt und sich auch anderen Metallen mit zunehmender Temperatur verloren geht. Bei Eisen verschwindet er bei 768° Celsius, bei Nickel sind es nur 360° Celsius und bei Kobalt ergibt sich ein Wert von 1121° Celsius

---

[120] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Der Magnetismus der Ap-Sterne ist an die Oberfläche gebunden. An den Stellen der Sternoberfläche, wo die meisten Silizium-Linien vorzufinden werden, ist der Magnetismus am größten. - S. 218 f

(61.1.)[121]. Also können Meteoriten und spätere Asteroiden bei ihren hohen Entstehungstemperaturen nicht magnetisch sein. Sie selber sind nicht magnetisch und trotzdem haben sie über den Wasserstoff den Magnetismus ausgelöst.

[121] Birgitte Röthlein, Marie & Pierre Curie – Leben in Extremen, Fackelträgerverlag Köln, 2008

Der Magnetismus schwächt sich und verschwindet mit zunehmender Temperatur eines Metalls. Die Obergrenze liegt bei 768° Celsius für Eisen, 360° Celsius für Nickel und 1121°Celsius für Kobalt. - S. 51

2.8. Körper und Klassen

2.8.1. Körpergrößen in ihren Klassen

Körper, die die Gasscheibe durchdrungen haben, haben eine bestimmte Masse erreicht und entwickeln sich von daher weiter. Sie gehören immer einer bestimmten Klasse an. Diese findet man bei Asteroiden, uns sie sind abhängig vom Kondensationspunkt und der Dichte.

Das Beispiel für diese Klassen sind die Asteroiden. Alle weiteren Körper, wie die des Kuiper-Gürtels gehören schon zu den Monden und sind in einem weiteren Entwicklungszustand. Da aber die Monde und kleine Planetensysteme, wie Pluto und Charon noch nicht in der Lage alle Kleinkörper einzusammeln, findet man auch dort kleine Körper.

Die letzte und sehr wichtige Gruppe sind die Kometen. Das wäre die äußere Klasse, die eigentlich zum Asteroidengürtel gehört. Man findet sie dort jedoch nicht, denn die Anomalie des Wassers führte dazu, dass sie eine höhere Abdrift als andere Körper haben. Sie dehnen sich mit der Kälte aus und die Strömung hat auf sie einen größeren Einfluss.

Die Kometen sind zudem Körper, die von den Gasplaneten in großen Bahnen eingefangen wurden. Daher muss man auch auf das äußere Kleinmondsystem der Gasplaneten ein Auge werfen. Auch da erfährt man etwas über die Entwicklung von Körpern mit einigen Kilometern Durchmesser.

2.8.2. Größe der Körper beim Durchdringen der Akkretionsscheibe

Beim ersten Durchdringen der Gasscheibe haben Körper neben der Inklination und der Rotation auch eine spezifische Masse und damit auch eine spezifische Größe. Hier könnte man auch von einer Mindestgröße sprechen, die ein Körper braucht, um die Gasscheibe zu durchdringen.

Um sich ein Maß der Größe vorzustellen, die notwendig war die Strömung dieser Gasscheibe zu durchdringen, muss man ein Phänomen im Asteroidengürtel betrachten. In diesem Gürtel fehlen Körper bestimmter Größe. Man fand in 99% der Fälle Körper mit 100 km Durchmesser. Von Körpern mit 10 Kilometern Durchmesser hat man ungefähr die Hälfte aller vorhandenen Körper gefunden. Es ist jedoch so, dass bei den Körpern bis zu einem Kilometer Durchmesser nur wenige Objekte gefunden wurden, obwohl es davon etwa eine Million geben müsste (20.1.)[122]. Die Ursache könnte gewesen sein, dass diese kleineren Körper es nicht geschafft haben diese Strömung zu durchdringen und in die Sonne gestürzt sind. Wir hätten es demnach mit einer Mindestgröße zu tun, die erforderlich ist, um als Körper zu bestehen. Bei den Erdbahnkreuzern findet man das gleiche Phänomen. Auch da existiert ein Einbruch bei Asteroiden mit einem Kilometer Durchmesser (27.44.).

Den gleichen Hinweis haben wir auch bei den Kometen. Auch sie weisen eine Mindestgröße von ca. 1 Kilometern Durchmesser auf (30.6.)[123]. Diese Mindestgröße ist abhängig von der Dichte des Körpers. Die Kraft der Reibung wirkt auf seine Oberfläche. Da ein Körper geringerer Dichte bei einer bestimmten Masse eine größere Oberfläche vorweist, als ein Körper höherer Dichte, benötigt er mehr

---

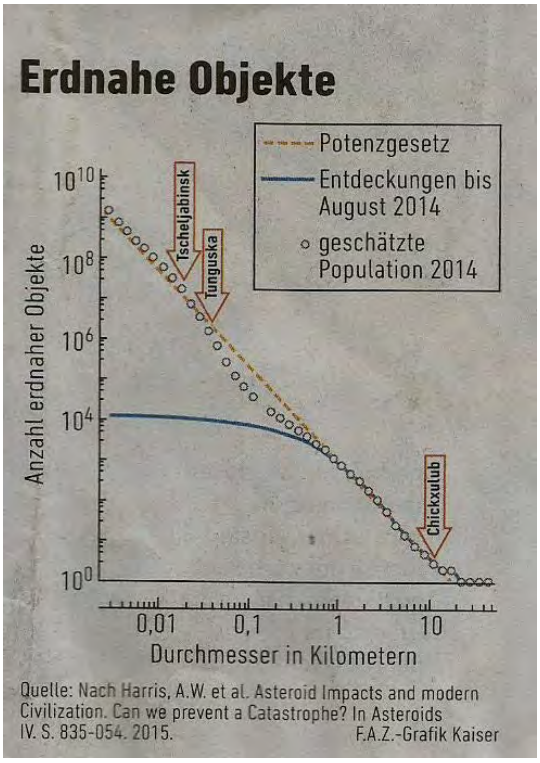
[122] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Häufigkeit der Asteroiden - S. 190

[123] John C. Brandt, Robert D. Chapman: „Die Erforschung der Kometen“, Inselverlag Frankfurt am Main und Leipzig, erste Auflage 1997. Originalausgabe W. H. Freeman and Company, New York, USA 1992,

Kometen haben eine Mindestgröße von einem oder mehr Kilometern. - S. 218

Masse, um dieser konstanten Reibungskraft etwas entgegenzusetzen. Daher muss er mehr Masse sammeln, um die Strömung der Gasscheibe zu durchdringen. Somit haben die Eisenkörper beim ersten Durchdringen der Gasscheibe eine geringere Masse als die Gesteinskörper. Die Masse der Körper nimmt mit abnehmender Dichte bei der Erstdurchdringung zu.



Grafik 16 b: Kleine Asteroiden als Erdbahnkreuzer (27.44.)[124]

Die Mindestgröße ist auch abhängig von der Rotation der Gasscheibe, die einen Stern umgibt. Massenreiche Sterne haben sehr hohe Rotationen. Zwangsläufig hatte damit auch ihre Gasscheibe eine größere Abplattung. Damit entstehen von vornherein größere Körper beim ersten Durchdringen der Gasscheibe. Diese Körper haben auf der einen Seite durch die höhere Rotation der Gasscheibe eine größere Abdrift. Da sie aber von vorne herein größer werden, wird auf der anderen Seite auch die Abdrift kleiner. Wenn sich bei heißen und schnell rotierenden Sternen Körper zu Planeten oder zu Sternen entwickeln, werden damit die Abstände der Doppelsterne nicht größer. Die Gasscheibe reguliert demnach die Abdrift der Körper.

2.8.3. Abdrift und Periheldrehung

Nach dem Durchdringen der Gasscheibe sind alle Körper gleicher Dichte auch gleicher Masse. Die Gasscheibe produziert demnach spezifisch der Dichte immer gleich große Körper. Da die Körper spezifisch ihrer Dichte und Masse auf den Gasdruck der Ekliptik geeicht sind, haben sie unabhängig von ihrer Dichte die gleiche Abdrift. Wenn sie sich nicht sehr viel weiter entwickeln würden, trieben

[124] Auch die erdnahen kleinen Asteroiden zeigen einen Einbruch bei einem Kilometer Durchmesser. An dieser Grenze nimmt die Häufigkeit zu den kleineren Körpern ab.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 3.9.17, S. 59

sie mit der gleichen Geschwindigkeit vom Stern weg. Das ist der Grund, warum die Körper des Kuiper-Gürtels weitgehend zusammengeblieben sind.

Das Verhältnis der Massen ist bei dieser Erstdurchdringung umgekehrt proportional zur Dichte. Eisen hätte beim ersten Durchdringen der Gasscheibe eine geringere Masse als Gestein.

Die Körper haben spezifisch ihrer Dichte eine Exzentrizität. Diese verhält sich umgekehrt proportional zu ihr. Körper werden bei geringerer Dichte mehr gebremst, wenn sie die Gasscheibe durchdringen. Damit nähern sie sich mehr dem Stern, und kommen so auf eine exzentrischere Bahn.

Die Abdrift wirkt auf die Oberfläche des Körpers. Die Periheldrehung wirkt nur auf die Masse, und sie ist ihr gegenüber um 90° versetzt. Im ersten Fall ist die Ursache die Kraft der Reibung eines Gases und im zweiten sind es die Planeten und Monde, die vorher den Entstehungsbereich verlassen haben. Zudem wirkt der Stern mit seiner Masse, da alle Körper in seiner Nähe entstehen. Dieser Mechanismus erklärt sich mit der Relativitätstheorie. Demnach setzt sich die Periheldrehung aus zwei Faktoren zusammen. Der zweite Faktor ist relativ konstant aber schwach. Der erste Faktor ist der stärkere und er ist abhängig vom jeweiligen Planeten und seinen eingefangenen Monden, die den Entstehungsbereich verlassen haben (28.2.)[125].

Beim Durchdringen haben wir es mit ähnlich großen Körpern gleicher Art zu tun, die relativ gleichmäßig in einem Ring den Stern auf elliptischen Bahnen und bei Inklination entsprechend ihrer Klassen umkreisen.

Entwickelt nun einer dieser Körper mehr Masse, werden ihm über die Periheldrehung langsam Körper geringerer Masse zugeschoben. Zeitgleich treiben diese Körper vom Stern weg. Über die Periheldrehung kommt es dazu, dass ein Körper ähnlicher Art mit geringerer Masse von einem größeren eingefangen wird. Dies funktioniert nur, weil die Körper gleicher Art auch die gleiche Inklination besitzen.

Hat ein Körper andere Körper ähnlicher Größe eingefangen, verringert die größere Masse seine Periheldrehung und er fängt immer schneller Körper ein. Damit wächst seine Masse in der ersten Phase vorwiegend über die Periheldrehung. Sie entscheidet letztendlich, ob größere Körper entstehen oder nicht. Hier erkennt man auch, dass sich nur Körper gleicher Art einfangen können, was den Klassen der Asteroiden entspricht. So kann sich zum Beispiel Eisen und Gestein nicht mischen, weil unterschiedliche Inklinationen vorliegen.

Einflüsse, die diese Entwicklung behindern, liegen in der Form der Körper. Da die Körper nicht rund sind, ändert sich im Bezug auf ihre Rotation die Reibung in rhythmischen Schwankungen. Damit ist die elliptische Bahn eines Körpers nicht gleichmäßig und genau so kann sich die Inklination verändern. Das ist für das Zusammentreffen von Körpern in der frühen Phase, wo sie noch klein sind, ungünstig.

2.8.4. Rotationseinbruch der Asteroiden

Treffen Körper zusammen, haben sie spezifisch zu ihrer Größe eine ähnliche Inklination und Rotation. Da sie sich in die gleiche Richtung drehen, würde ihnen ein Zusammentreffen die Rotation zum Teil nehmen. Diese würden sie nach einer kürzen Zeit wieder zu ihrer Rotation zurückfinden, da die Gasscheibe sie wieder antreibt.

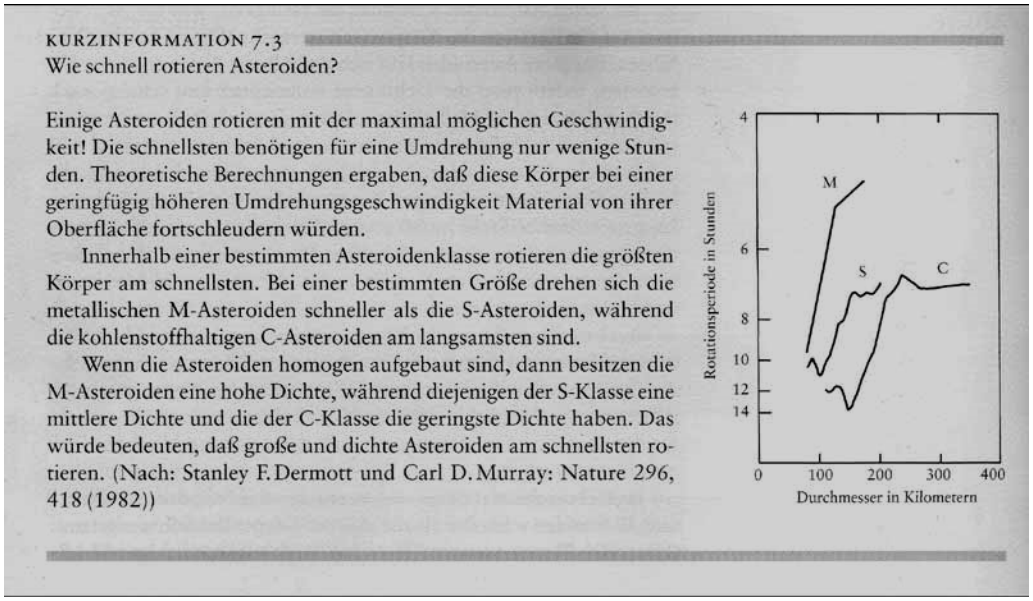
Die sich bildenden Körper haben beim ersten Durchdringen der Gasscheibe eine Masse spezifisch ihrer Dichte. Körper höher Dichte haben eine kleinere Masse, da sie der Strömung weniger Widerstand bieten. Eine Reihe von Körpern der C- Klasse hätte nach dem Durchdringen der

---

[125] Friedrich Gondolatsch: „Astronomie I“ Ernst Klett Stuttgart, 1. Auflage 1977,

Die Periheldrehung wird bei Merkur durch Venus und Erde ausgelöst, was einem Wert von 531`` pro 100 a entspricht. Den Restbetrag von 43`` pro 100 a erklärt die allgemeine Relativitätstheorie über die Masse der Sonne. - S. 134 f

Gasscheibe ähnliche Massen aber grundlegend mehr Masse als die Reihe der Körper der S-Klasse, weil diese die höhere Dichte besitzt. Sammelt nun ein Körper der S-Klasse eine Reihe von Körpern gleicher Größe ein, erreich er eine kleinere Masse. Ein Beispiel findet man im Jupitersystem. Er fängt im äußeren Mondsystem eine Reihe von gegenläufigen Kometen ein (Tabelle 4). Nach einer Reihe von kleineren Kometen mit einigen Kilometern Durchmesser folgt ein Körper größerer Masse zwischen 28-58 km Durchmesser. Die Asteroiden sind wegen der höheren Dichte kleiner.



KURZINFORMATION 7.3
Wie schnell rotieren Asteroiden?

Einige Asteroiden rotieren mit der maximal möglichen Geschwindigkeit! Die schnellsten benötigen für eine Umdrehung nur wenige Stunden. Theoretische Berechnungen ergaben, daß diese Körper bei einer geringfügig höheren Umdrehungsgeschwindigkeit Material von ihrer Oberfläche fortschleudern würden.

Innerhalb einer bestimmten Asteroidenklasse rotieren die größten Körper am schnellsten. Bei einer bestimmten Größe drehen sich die metallischen M-Asteroiden schneller als die S-Asteroiden, während die kohlenstoffhaltigen C-Asteroiden am langsamsten sind.

Wenn die Asteroiden homogen aufgebaut sind, dann besitzen die M-Asteroiden eine hohe Dichte, während diejenigen der S-Klasse eine mittlere Dichte und die der C-Klasse die geringste Dichte haben. Das würde bedeuten, daß große und dichte Asteroiden am schnellsten rotieren. (Nach: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature *296*, 418 (1982))

Grafik 1: Rotation der Asteroidenklassen (7.4.)[126].

Körper haben nun entsprechend ihrer Größe eine Rotation. Fängt ein Körper noch größerer Masse diese Reihe von kleinen Körpern ein, hat das sehr wenig Einfluss auf seine Rotation. Sie steigt weiter. Nach dieser Reihe kleinerer Körper folgt aber der größere Körper, und diese führt zum Rotationseinbruch. Das führte auch zum Temperatureinbruch im Asteroidengürtel. So ist der Aufbau von den Asteroiden Bennu und Ryugu zu erklären, die als letzte entstanden sind und denen die Temperatur gefehlt hat.

Betrachten man die Rotationskurve der Asteroiden, so hat die S-Klasse einen Rotationseinbruch bei 100 Kilometern Durchmesser und die C-Klasse bei 140 Kilometern Durchmesser. Da die C-Klasse die geringere Dichte hat, bestätigt sich unsere Annahme. Der M-Klasse fehlt der untere Einbruch der Rotation. Der Rotationseinbruch hat damit zu tun, weil die Sonne eine Krise bekommt und kleiner wird. Dadurch verlagert sich die Aktivität der Gasscheibe zur Sonne hin und das Antriebsystem wird schwächer. Dabei kühlt der Asteroidengürtel als Entstehungsbereich aus.

Den zweiten Einbruch hat die M-Klasse bei 120 Kilometern Durchmesser, die S-Klasse bei 160 Kilometern Durchmesser und die C-Klasse hat ihn bei 230 Kilometern Durchmesser. In der Größe der Körper gibt es durch das Einfangen der Reihen von Körpern eine Hierarchie. Diese bilden immer wieder neue Reihen von Körpern mit neuen Größenordnungen. Der höhere Rotationseinbruch ist mit dem unteren verbunden. Das bedeutet, nach einer Zeit der weiteren Entwicklung, fängt der Körper wieder eine Reihe von noch größeren Körpern ein. Er selber ist in der Zeit weiter gewachsen. Der Einfluss auf die Rotation ist dann aber kleiner.

---

[126] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Originaltitel: „Exploration and Discovery in the Solar System.“ Cambridge University Press 1991

Rotation der Asteroiden in Relation zu Masse, Dichte und Größe. Textquelle: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature 296, 418 (1982), - S. 210

2.8.5. Rotation und Abdrift eines Körpers

Die Kraft der Rotation wird mit der Hebellänge des Durchmessers übertragen. Mit zunehmendem Durchmesser wird die Kraft demnach größer. Die Kraft, die die Rotation auslöst, ist auch die gleiche Kraft, die die Abdrift auslöst. Mit der Rotation wird eine Masse von Gasen unter den rotierenden Körper gepresst, und führt damit zur Bahnvergrößerung. Das ist eine Kraft, die auf die Oberfläche des Körpers wirkt. Das Maß der Abdrift ist abhängig von der Größe oder dem Volumen eines Körpers. Je größer das Volumen ist, umso kleiner ist die Wirkungseffizienz einer konstanten Reibungskraft. Trotz der steigenden Oberfläche eines wachsenden Körpers, steigt das Volumen und damit seine Masse in einem höheren Maß. Die Abdrift wird mit zunehmendem Durchmesser eines Körpers kleiner. Dagegen nimmt die Rotation mit zunehmendem Durchmesser weiterhin zu.

Die Reibungskraft eines Gases setzt sich an der Oberfläche eines Körpers in die Rotation und in die Abdrift dieses Körpers um. Bei gleich großen Körpern unterschiedlicher Dichte ist die Abdrift für den Körper größerer Dichte kleiner, weil die Wirkung auf die Oberfläche im Bezug zur größeren Masse geringer ist. Der Gesteinskörper erfährt eine größere Abdrift als der Eisenkörper, wenn er die gleiche Größe hat. Von daher entwickeln sich Gesteinskörper schneller als Eisenkörper, weil sie den Raum schneller durchwandern. Die Wahrscheinlichkeit mit anderen Körpern zusammenzutreffen wird größer. Daher ist das Bestrahlungsalter von Eisenmeteoriten gegenüber Gesteinsmeteoriten höher (2.7.)[127]. Wenn Körper der Raum schneller durchwandern, weil sie eine geringere Dichte vorweisen, ist die Wahrscheinlichkeit kleiner Körper einzusammeln. Mit abnehmender Dichte des Kerns eines Körpers nimmt demnach die Gesamtmasse ab. Körper mit dem Kern der C-Klasse (zum Beispiel Iapetus) werden daher kleiner als Körper mit dem Kern der E-Klasse (zum Beispiel Triton). - Bei Kometen mit geringen Dichten von etwa 0,2 g/cm³ (30.1.)[128] bis 0,5 g/cm³ ist die Abdrift so groß, dass sie so schnell vom Stern wegwandern und es nicht mehr schaffen große Körper zu werden. Sie wandern vom Stern weg und bleiben kleine Körper.

2.8.6. Dichte der Klassen von Asteroiden

Die Dichte der Klassen der Asteroiden ist insgesamt kleiner als die entsprechenden Klassen der Meteoriten (siehe Tabelle 7b). Als Beispiel könnte man die Eisenmeteoriten wählen, die je nach Anteil an Nickel, zwischen 7,6 g/cm³ bis 7,9 g/cm³ vorweisen. Diesem Meteoriten müsste die M-Klasse der Asteroiden zugeordnet werden. Man stellt dabei aber fest, dass einmal die Dichte kleiner ist, und zum anderen, dass die Dichte der Klassen allgemein schwankt. Das ist bei den Meteoriten nicht er Fall. Das ist damit zu erklären, dass am Anfang das Trennungsverfahren über die Strömung sehr sauber arbeitet. Werden nun die Körper größer werden, tauschen sie tiefer in die Gasscheibe ein und zudem wandern sie durch die Abdrift vom Stern weg. Hierbei mischen sie sich mit Körpern anderer Klassen. Dabei spielen auch die Kometen eine besondere Rolle, obwohl sie mehr aus Eis bestehend bei geringeren Kondensationstemperaturen weiter vom Stern entfernt entstehen. Sie bilden sich zwar im äußeren Entstehungsbereich, aber ihre Exzentrizität ist sehr groß. Von daher nähern sie sich dem Stern beim durchdringen der Gasscheibe sehr stark. Sie kommen durchaus in die inneren Entstehungsbereiche. Damit mischen sie sich mit den anderen Klassen, und das führt zu einer

---

[127] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Bestrahlungszeit besagt, wie lange ein Körper braucht, um eine bestimmte Größe zu ereichen, um sich damit der Strahlung aus dem All zu entziehen. Der Eisenmeteorit braucht dafür 100 Millionen Jahre, und der Steinmeteorit nur 20 Millionen Jahre. - S. 84

[128] John C. Brandt, Robert D. Chapman: „Die Erforschung der Kometen“, Inselverlag Frankfurt am Main und Leipzig, erste Auflage 1997. Originalausgabe W. H. Freeman and Company, New York, USA 1992,

Die Dichte des Kometen Halley könnte bei 0,2 g/cm³ liegen. - S. 71

geringeren Dichte. Man kann daran auch erkennen, dass die S- und die C-Klasse viele Körper der M-Klasse aufgenommen haben. Das führt dazu, dass die M-Klasse nur wenige Körper vorweist.

Die Abstufung der Dichte passt recht gut. Man hat im Schnitt für die M-Klasse eine Dichte von 4 g/cm³, für die S-Klasse eine Dichte von etwa 3,1 g/cm³ und die C-Klasse weißt nach der Tabelle 7b eine Dichte von klapp 2,4 g/cm³ vor. Damit passt vor allem die Dichte der S-Klasse, die einer Mischung aus Gestein und Eisenkörpern ist.

Zu den Klassen gibt es auch Mischformen größerer Asteroiden, wie Ceres, Pallas und Vesta. Wie ein Mond setzten sie sich aus unterschiedlichen Klassen zusammen. Auffallend ist dabei Vesta mit einer kleinen Inklination von 7,14° und einer hohen Dichte von 4,8 g/cm³ (Tabelle 7b) zur M-Klasse. Diese entwickelt sich unter einer kleinen Inklination. Zudem hat Vesta auch einen Eisenkern (26.9.)[129]. Demnach setzt sich der Asteroid aus der M-Klasse und der S-Klasse zusammen. Der Eisenkern spricht dann auch für die hohe Rotation. Wie man aus Grafik 6 sieht entstehen die Körper der M-Klasse bei kleiner Inklination. Dazu passt Vesta. Die Entwicklungszeit dieser drei großen Körper dürfte gleich sein. Körper höherer Dichte entwickeln sich langsamer. So ist auch Vesta der kleinste von den drei Körpern. Körper höherer Dichte haben zudem eine kleinere Abdrift, und so steht Vesta auch näher zur Sonne als die anderen beiden Körper. Ceres unterscheidet sich auch in der äußeren Form von Vesta. Die Krater ähneln eher dem Mond Thea von Saturn. Beide haben eine geringe Dichte an der Oberfläche. Zudem ist Ceres nur ein zweischichtiger Kleinplanet ohne Eisenkern (5.152.)[130]. Das erklärt auch seine schnellere Entwicklung zum größeren Körper.

2.8.7. Prinzipielles zum Asteroidengürtel

Es geht einerseits darum, zu erklären, wie das Sonnensystem entstanden ist. Dafür benötigt man die Daten zu den Körpern vom Asteroidengürtel, weil er der Rest eines Entstehungsbereiches ist. Dabei muss man aber sehen, dass der Asteroidengürtel als Entstehungsbereich einmal auskühlt, weil die Sonne kle4iner wird, zum anderen nimmt auch die Abplattung der Gasscheibe ab. Damit funktioniert das Trennungsverfahren nach der Dichte nicht mehr richtig und es können sich damit kleinere Körper einfangen, die normalerweise abgestürzt wären. Auch die Eisenkörper haben damit eine kleinere Inklination. Das hat mit dieser schwachen Abplattung zu tun.

Es gibt daher wegen der schwachen Strömung viele Doppelkörper im Asteroidengürtel die immer noch zeigen, dass die Strömung Körper in der Bewegung beeinflusst. Der kleinere Körper wird immer zum größeren Körper geschoben. Er nähert sich ihm langsam an. Weil nun die Gravitation der beiden Körper klein ist, treffen sie gleich aufeinander. Sind diese Körper größerer Masse, haben sie eine kleine Gravitation und gelangen in eine Umlaufbahn umeinander. Ein Beispiel ist dabei der Asteroid Kleopatra. Er hat Ausmaße von 219 km Länge und besteht aus zwei Körpern von 94 km Durchmesser und 84 km Durchmesser. Beide Körper zusammen sind kürzer als der ganze Körper in seiner Länge. Diese Körper haben sich erst umrundet, haben dann Material gesammelt und dann haben sie sich miteinander verbunden. Wäre die Gasscheibe aktiv gewesen, könnten sich solche Körper nicht bilden. Ein gutes Beispiel für den hohen aktivitätsgrad der aktiven Gasscheibe ist der Mond Hyperion. Hyperion war ein Mond von Titan und ist ihm entrissen worden als Titan von Saturn eingefangen worden ist. Hyperion hätte als Mond bei Titan nicht überlebt und wäre abgestürzt. Die Oberflächenstruktur von Hyperion zeigt den aktivitätsgrad der aktiven Gasscheibe um unsere Sonne. Bennu ist als Erdbahnkreuzer auch ein schönes Beispiel, dass am Schluss der Entwicklung die Körper ausgekühlt sind und als lose kleine Körper auf dem Asteroiden liegen.

Man muss auch die Frage stellen, wo ein Asteroidengürtel bei anderen Sternen zu finden ist. Grundsätzlich bildet sich der Asteroidengürtel durch die Krise eines Sterns, der kleiner wird, weil so

---

[129] Vesta hat einen Eisenkern. - Süddeutsche Zeitung 11.5.12, S. 16

[130] Ceres ist ein zweischichtiger Kleinplanet ohne Eisenkern. Sterne und Weltraum 1-2017, S. 13

viele Körper in den Stern abgestürzt sind. Das ist in der Regel nach der Entwicklung eines Jupitersystems. Dieses System kann sich erst bei Sternen ab 0,8 Sonnenmassen bilden. Man kann sagen, dass man bei Sternen ab 0,9 Sonnensystemen Asteroidengürtel finden kann. Es ist dann noch eine Frage, wann die Krise beim Stern einsetzt. Nach der Entwicklung eines Jupiters muss sich im Entstehungsbereich ein neues System bilden und dann müsste die Krise des Sterns einsetzen. Nur dann würde einen Entstehungsbereich von Planeten in der Anfangsphase als Rest bleiben.

2.8.8. Dichte einer Klasse und Sternmasse

Ich unterscheide hier M-, die S- und die C-Klasse, was sich auf das Sonnensystem bezieht. Diese Klassen sind Entwicklungen für Sterne ab 0,7 Sonnenmassen (siehe Diagramm 1 im Kapitel für Exoplaneten). Der neue Vertreter in diesem Massenbereich der Sterne ist die M-Klasse. In dem Sinne ist in diesem Sternmassen bereich die C-Klasse eine Zwischenklasse.

Im Bereich der Sterne von 0,5 und 0,6 Sonnenmassen herrscht nur die S-Klasse. Man kann auch sagen es wären die Körper aus Gestein. Ein Körper wie Pluto wandert durch den ganzen Entstehungsbereich und Körper mit Eisenkernen können noch nicht einer eigenen Klasse werden. Das besondere in diesem Sternmassenbereich liegt darin, dass es dort kaum Gasplaneten gibt.

Sterne mit noch kleinerer Masse, sie wären im Bereich von 0,3 bis 0,4 haben Planetensysteme in denen die Eiskörper gegen Gesteinskörper kämpfen. Iris wäre dort ein Vertreter dieser Klasse. Er ist ein Eiskörper der Gesteine einsammelt, und steht in Konkurrenz zu Sedna einem reinen Eiskörper der zum Planeten wird (Tabelle 6b). Man kann in dem Sinne drei Stufen im Sonnensystem erkennen, wobei früheren Stufen kurze Entwicklungen sind, die die Sonne übersprungen hat. Das Wesentliche liegt darin, dass die Entwicklung der Klassen mit der Rotation der Gasscheibe des Sterns im Zusammenhang steht. Eine höhere Rotation verbessert die Entstehung der Klassen höherer Dichte. Sie dominieren in einer bestimmten Phase der Sternentwicklung andere Klassen. Im Sonnensystem ist es dann gut zu erkennen, wenn man begriffen hat, dass sich die Körper hintereinander entwickelt haben. Dabei haben sich die Körper mit Eisenkernen bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen entwickelt. Bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen liegt die Grenze der Körper mit Eisenkernen. Das kann man im Diagramm 2 bei den Exoplaneten sehen. Erst die Häufigkeitsverteilung der Exoplaneten im Bezug auf die Sternmasse zeigt, wie sich die Klassen Körpern entwickeln.

2.8.9. Einfang und Massengewinn

Hat ein Körper noch eine geringere Masse von ein paar Kilometern Durchmesser, würde er zu einem größeren getrieben werden und sich ihm über die Strömung langsam nähern. Es gäbe in diesem Sinne keinen Aufschlag. Sie würden quasi aneinander kleben bleiben. Der Gesamtkörper hätte dann ungefähr die Form einer Hantel. Im Asteroidengürtel ist das öfter zu beobachten.

Körper von über 100 Kilometern Durchmesser haben eine Gravitation. Nähert sich ihnen ein kleiner Körper, so würde er schon mit einer gewissen Wucht aufschlagen.

Je größer die Masse eines Körpers wird, umso mehr werden kleinere Körper beschleunigt. Das müsste ab irgendeiner Masse rein theoretisch dazu führen, dass eine Unmenge kleinerer Körper als Monde um einen anderen existieren. Das ist nicht der Fall. Wir finden dort nur einzelne Fälle unter den Asteroiden, weil hier jedoch die Gasscheibe wegen der Verkleinerung der Sonne verschwunden ist.

Die Erklärung, warum es diese kleinen Körper nicht gibt, liegt daran, dass sie die Strömung der Gasscheibe durchdringen müssen. Damit haben sie es mit ständig wechselnden Gasdichten und Strömungsgeschwindigkeiten zu tun. Kleine Körper, die es schaffen, in eine Umlaufbahn von einem Körper mit einigen 100 Kilometern Durchmesser zu gelangen, werden über die wechselnden Strömungen beim Durchdringen der Ekliptik die eingefangenen Körper auf elliptische Bahnen gebracht und kommen zum Absturz. Die Gasscheibe um den Stern sorgt dafür, dass nur größere Körper Bestand haben.

Die großen Monde des Saturns bieten wiederum ein Beispiel, wo es kleine Körper geschafft haben in die Bahnen oder zwischen die Bahnen des Saturns zu gelangen (siehe Tabelle: 3a). In dieser Beziehung ist Saturn unter den Gasplaneten ein Einzelfall. Das erklärt sich daraus, dass Saturn in den äußersten Regionen des Entstehungsbereiches entstand. Bis er zu einem größeren Planeten wurde, ist er sehr weit hinausgewandert. Dazu kommt, dass die Sonne über die T-Taurikrise kleiner wurde und damit auch ihre Gasscheibe schrumpfte. Damit blieben solch kleine Körper nur in seinem Mondsystem erhalten.

Monde:

Name	Durchmesser	Entfernung [1]	Umlaufzeit [2]
Atlas	60 km	137 670 km (2.28)	14^h 27^m
1980 S 27	110 km	139 350 km (2.31)	14^h 43^m
1980 S 26	100 km	141 700 km (2.35)	15^h 06^m
Epimetheus	120 km	151 420 km (2.51)	16^h 41^m
Janus	190 km	151 470 km (2.51)	16^h 41^m
Mimas	390 km	185 400 km (3.08)	22^h 37^m
Mimas B	10 km	185 400 km (3.08)	22^h 37^m
Enceladus	500 km	238 200 km (3.95)	1^d 08^h 53^m
Tethys	1 050 km	294 600 km (4.89)	1^d 21^h 19^m
Telesto	34 km	294 600 km (4.89)	1^d 21^h 19^m
Calypso	34 km	294 600 km (4.89)	1^d 21^h 19^m
Tethys D	15 km	294 600 km (4.89)	1^d 21^h 19^m
1980 S 34	15 km	350 000 km (5.81)	2^d 10^h 34^m
Dione	1 120 km	377 400 km (6.26)	2^d 17^h 41^m
Helene	36 km	377 400 km (6.26)	2^d 17^h 41^m
Dione C	20 km	377 400 km (6.26)	2^d 17^h 41^m
1981 S 9	15 km	470 000 km (7.80)	3^d 19^h 19^m
Rhea	1 530 km	527 000 km (8.74)	4^d 12^h 26^m
Titan	5 150 km	1 221 620 km (20.26)	15^d 22^h 41^m
Hyperion	310 km	1 483 000 km (24.6)	21^d 06^h 38^m
Japetus	1 450 km	3 560 000 km (59.0)	79^d 07^h 56^m
Phoebe	200 km	12 950 000 km (214.8)	550^d 08^h

Tabelle 11-8: Saturnmonde

[1] in Klammern die Entfernung in Einheiten des Saturnradius
[2] siderische Umlaufzeit

Tabelle 3a: Die Monde des Saturn (13.10)[131]

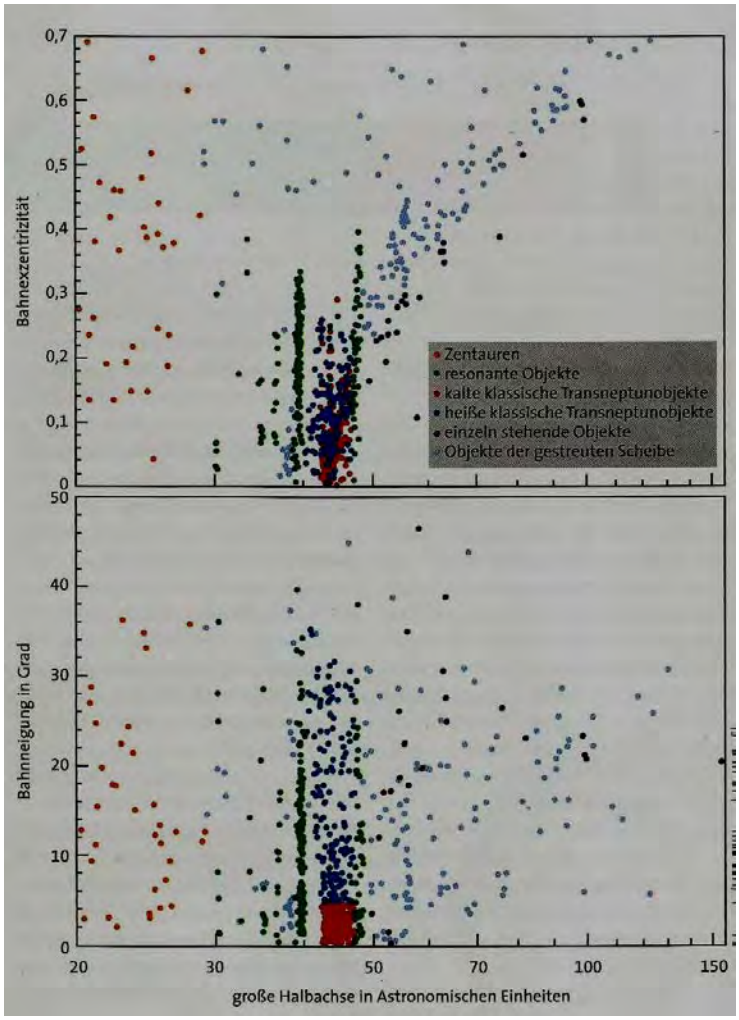
2.8.10. Die Plutinos und der Kuiper-Gürtel

Bei Pluto und seinem Mond Charon findet man die Plutinos. Sie sind eine Reihe von Körpern die sich um Pluto ansiedeln und in zwei Gruppen mit spezifischen Bahnen um die Sonne einteilen lassen. Die eine Gruppe bewegt sich etwas näher zu Neptun und die zweite direkt in der Plutobahn. Die besonderen Eigenschaften dieser Gruppe liegen darin, dass ihre einzelnen Körper mehrere 100 Kilometer Durchmesser haben. Einzelne Körper können bis zu 1000 Kilometer Durchmesser haben (5.10.)[132]. Man spricht in bei diesen Körpern manchmal schon vom Kuiper-Gürtel. Ich wähle für

[131] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993 - S. 74

[132] „Der hellste Bewohner des Kuiper-Gürtels„ (NOAO Press Release # 10, 2.7.) Objekt 2001 KX 76 weist bei einer angenommenen Albedo von 7 % eine Größe von 960 km vor. Bei einem Albedo von 4 %, was für die Körper des Kuiper-Gürtels eher der Regel entspricht würde der Durchmesser sogar 1300 km entsprechen. Dieser Körper wäre demnach größer als der Plutomond Charon (1200 km Durchmesser). - Sterne und Weltraum, 10-2001 - S. 827

meine Betrachtungen eine getrennte Definition zwischen dem Kuiper-Gürtel und den Plutinos. Der Kuiper-Gürtel ist die Gruppe von Körpern, die sich außerhalb der Plutinos bewegen und als eigene Gruppe zu erkennen sind. Sie unterscheidet sich nicht nur in ihren größeren Bahnen, sondern auch darin, dass sie wesentlich kleiner sind als die Plutinos. Ihre Größen liegen zwischen 25 und 45 Kilometern Durchmesser. Es gibt aber einzelne außergewöhnlich große Körper in dieser Region, von denen ich glaube, dass es reine Eiskörper sind.



Grafik 17: Objekte des Kuiper-Gürtels (5.140.)[133].

Diese Körper der Plutinos haben eine ganz unterschiedliche Exzentrizität. Sie dürften ähnlich wie die Inklination einen Hinweis auf die Dichte des jeweiligen Körpers liefern. Hier geht es nach dem Prinzip, je größer die Dichte, umso kleiner ist die Exzentrizität (siehe Grafik 17).

Pluto hat sich aus dem schweren Gestein der E-Klasse gebildet. Warum gelang es ihm, sich so früh zu bilden? Die Ursache liegt darin, dass die Körper der E-Klasse beim ersten Durchdringen der Gasscheibe eine höhere Masse haben als Eisenkörper. Mit ihrer höheren Anfangsmasse gelingt es ihnen, zu einem großen Gesamtkörper zu werden, wenn die Rotation steigt. Daher rührt auch der Größenunterschied aller Körper.

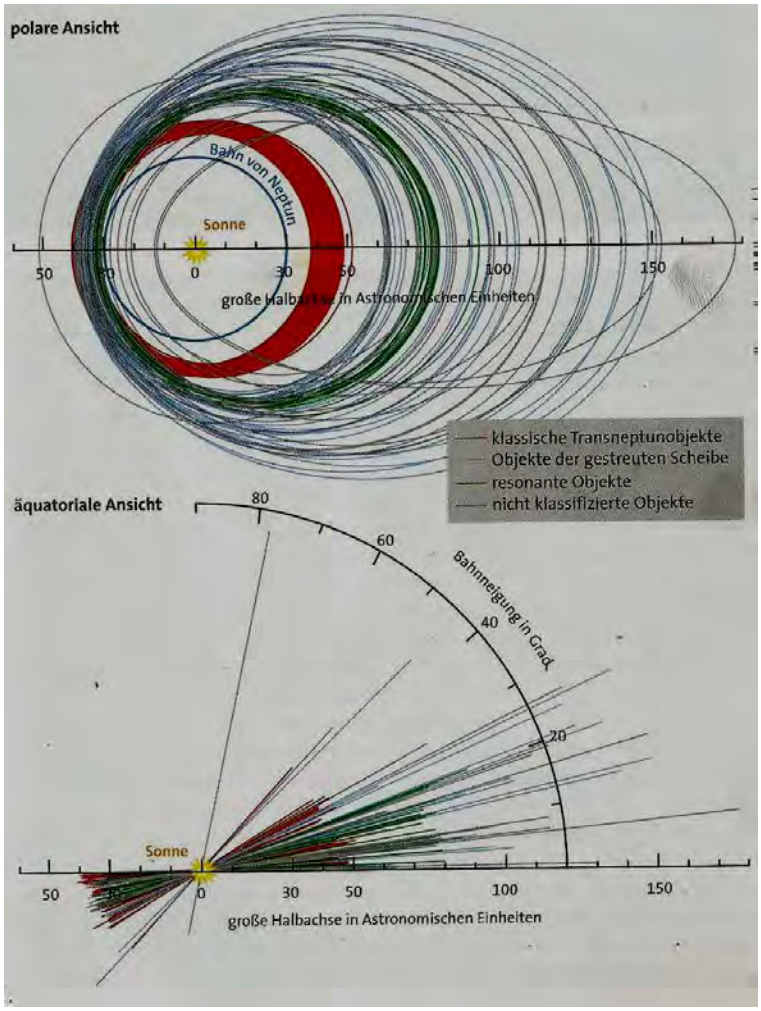
---

[133] Der Aufbau des Kuiper-Gürtels zeigt, dass die Entstehung größerer Körper um die Sonne in einem bestimmten Abstand, nämlich ab 47 plötzlich beginnt.

Sterne und Weltraum, 6-2015 - S. 29

Pluto hat demnach die entsprechende Masse im Kern aus Bestandteilen der E-Klasse erreicht und anschließend gelingt es ihm die Körper der C-Klasse einzufangen. Das liegt daran, dass die E-Klasse im Bezug auf die C-Klasse einen geringen Unterschied in der Dichte vorweist. Damit ist die Inklination dieser beiden Klassen ähnlich. Die E-Klasse hatte damit keine Probleme die C-Klasse aufzunehmen. Somit konnte sich in diesem Abschnitt der Entwicklung Pluto bilden, und zudem einen Mond einfangen. Damit das geschehen konnte, musste auch der Kuiper-Gürtel existieren. Er löste eine gewisse Periheldrehung aus, die zur Bildung größerer Körper führte.

Die Erklärung für den sauberen Kurvenverlauf in Grafik 17 liegt in der abnehmenden Dichte durch den immer höheren Anteil an Eis eines Körpers. Damit wird die Abdrift größer und die Körper gelangen in größere Abstände zur Sonne. Die Exzentrizität ist da ein Maß für die Dichte und den Anteil an Eis eines Körpers.



Grafik 18a: Inklination der Körper des Kuiper-Gürtels in Gruppen (5.141.)[134]

Als Körper der E-Klasse ist er am nächsten an der Sonne entstanden. Damit hat er Kern eine höhere Temperatur erreicht als die Körper der M-Klasse, wie unsere Erde. Folglich ist es auch logisch das er eine tektonische Tätigkeit vorweist. Daher sieht man bei Pluto Gebirge aus Eis, die 3400 Meter Höhe erreichen und es gibt Flächen ohne Einschlagskrater. Die Oberfläche kann nicht älter als 100

[134] Grafik zur Inklination in Gruppen bei den Körpern des Kuiper-Gürtels.

Sterne und Weltraum 6-2015, S. 31

Millionen Jahre sein (26.20.)[135]. Zudem hat Pluto einen Eisvulkanismus (27.26.)[136]. Das erklärt auch die Starke Veränderung der Oberfläche.

Die Einschlagkrater haben bei Pluto in der Größe von 13 km Durchmesser einen starken Einbruch in der Häufigkeit (27.56.)[137]. Das hat damit zu tun, weil Pluto, wie auch andere Körper im Kuiper-Gürtel die Region verlassen haben in der die Gasscheibe um die Sonne noch abgeplattet war. Damit konnten kleinere Körper überleben und sind erhalten geblieben. Dadurch hat sich das Kleinmondsystem neben Charon von Pluto gebildet und es gibt allgemein im Kuiper-Gürtel eine große Zahl kleinerer Körper, die erhalten geblieben sind.

Zu den Gebirgen aus Eis kommen das Methan und der Äthan, was die Ebenen ausfüllt. Bei Pluto sind diese Kohlenwasserstoffe gefroren. Beim Titan ist das Methan flüssig, weil die Temperaturen höher sind. Diese Kohlenwasserstoffe sind genauso wie das Wasser ein sehr Häufiges Molekül, die sich in den Dunkelwolken bilden aus denen dann Sterne und Planeten entstehen. Das hat damit zu tun, weil der Kohlenstoff und der Sauerstoff im Universum so häufig sind. Vom Wasserstoff gibt es im Universum genug. Also bilden sich solche Molekühle sehr leicht. Prinzipiell geht es um die Kondensation bei der Bildung von Körpern um einen Stern und daher sammeln größere Körper größere Schichten aus Wasser und später sammeln sie Schichten auch den Kohlenwasserstoffen. Diese findet man in den äußeren Schichten bei Pluto.

2.8.11. Inklination der Plutinos

Die Plutinos wären demnach die früheste Entwicklung von Körpern die die Mondgröße erreichen. Da ich bei der Entwicklung von 3 wesentlichen Klassen der Körper spreche, müsste diese dort schon vorzufinden sein. Die Klassen unterscheiden sich vor dadurch, dass sie spezifisch ihrer Dichte eine Inklination nehmen. Diese ist umgekehrt proportional. Je dichter der Körper ist, umso geringer ist seine Inklination. Diese Inklinationen liegen tatsächlich vor (siehe Grafik 18 a und 18 b). Hinzu kommt, dass diese Inklinationen auch den Winkeln der Magnetachsen der Gasplaneten entsprechen.

Die Inklinationen sind in dieser Region des Sonnensystems ursprünglichen erhalten geblieben. Im Asteroidengürtel hatte man haben ähnliche Inklinationen existiert. Dadurch, dass Jupiter so viel Masse bekam und zur Ekliptik gewandert ist, habe sich die Asteroiden gesenkt. Über diese Inklinationen ist auch zu erklären, warum sich die Klassen getrennt entwickeln konnten.

Körper der M-Klasse, also Körper mit Eisenkern, konnten sich noch nicht zu großen Körpern bilden. Sie sind jedoch als Eisenkörper schon in geringsten Inklinationen vorhanden. Im Zusammenhang damit hat man im Kuiper-Gürtel kleine Körper gefunden, die fast Kreisbahnen vorweisen. Das dürften Körper aus Eisen und Nickel sein (26.24.)[138].

---

[135] Pluto hat 3400 Meter hohe Berge. Diese müssen aus Eis bestehen. Es gibt größere Flächen ohne Einschlagskrater. Damit muss Pluto auch heute noch tektonisch aktiv sein, und dazu benötigt er eine Wärmequelle. - Süddeutsche Zeitung, 17.7.15; S. 14

[136] Pluto hat einen Eisvulkanismus. Sein Mond Charon hat dagegen keinen Vulkanismus.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 23.3.16, S. N1

[137] Einschlagskrater von 13 km Durchmesser sind auf Pluto stark verarmt.

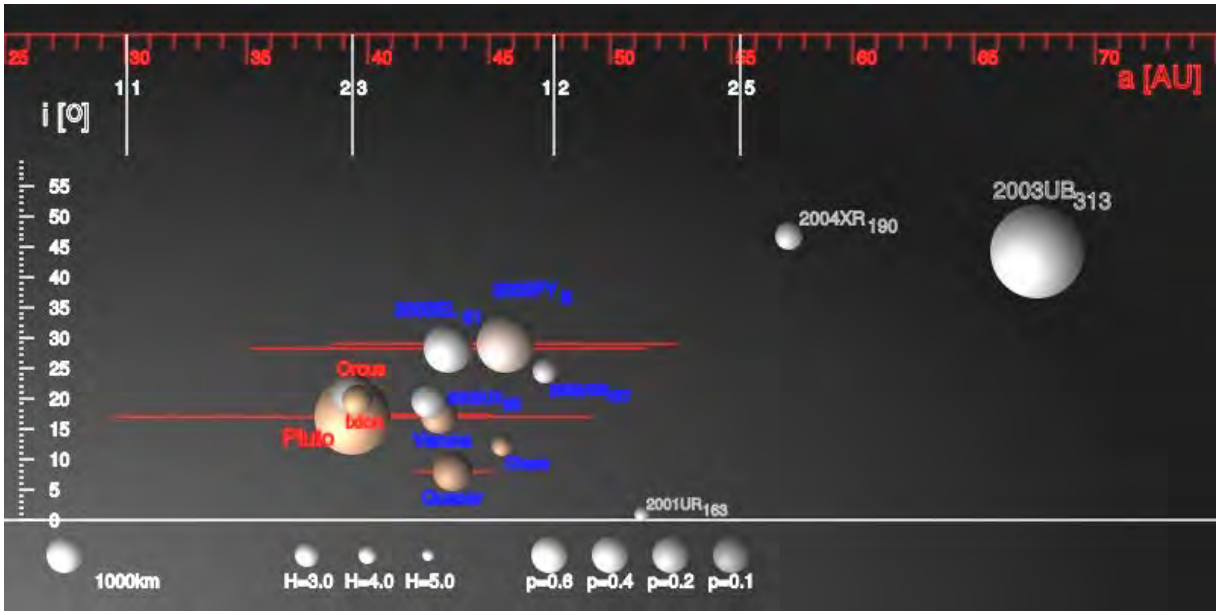
Frankfurter Allgemeine Zeitung, 6.3.2019, S. N2

[138] Im äußeren Kuiper-Gürtel sind kleine Objekte gefunden worden, die sich nahezu auf Kreisbahnen bewegen.

Süddeutsche Zeitung, 20.7.16, S. 16

Körper im Bereich von etwas über 40° Inklination, sind Eiskörper die größere Mengen Gestein gesammelt haben. Dadurch nehmen sie noch mal an Dichte zu und vergrößern die Inklination. Es könnten auch reine Eiskörper sein (Sedna). Bezieht man diese frühe Entwicklung des Sonnensystems auf die Exoplaneten bei kühlen Sternen, das wären Sterne mit 0,3 bis 0,4, so wäre der Kandidat 2003UB-313 (Der neuer Name ist Eris) ein Körper, dem es gelingt bei solch kleinen Sternen zum Gasplaneten zu entwickeln (siehe Kapitel zu den Exoplaneten).

Der Kleinplanet 2003EL-61 (Haumea) ist einmal ein unförmiger Körper und zum anderen wird seine Dichte von 2,6 bis 3,3 g/cm³ geschätzt. Zudem rotiert er mit 3,9 Stunden einmal um sich selber. Die Oberfläche ist Wassereis (51.3.)[139] (siehe Tabelle 6a). Beim Kleinplaneten Haumea hat man zudem ein Ringsystem gefunden. Es hat 70 km breite und zum Kleinplaneten einen Abstand von 1000 km (22.47.)[140]. Hier handelt es sich um einen Körper mit Eisenkern, also einem Körper der M-Klasse aus dem Asteroidengürtel. Er hat Körper der E-Klasse eingefangen, die ganz aus der Nähe der Sonne kamen.



Grafik 18b: Inklinationen der Körper im Kuiper-Gürtel (23.6)

Der wesentliche Gedanke, der sich hinter dieser hohen Rotation verbirgt, liegt darin, dass ein Körper in dieser Entfernung von einem Stern eine solche Rotation nicht erfahren kann. Es herrscht dort einfach nicht so eine Gasdichte. Damit ist die Erklärung über die Strömung eines Gases nicht mehr möglich. Die hohe Rotation der M-Klasse der Asteroiden im Bezug zu ihrer Dichte und geringen Inklination sind jedoch nur über die Strömung eines Gases zu erklären, was sich sehr stark zur Ekliptik verdichtet. Da nun der Kleinplanet 2003EL-61 ebenfalls diese hohe Rotation aufweist, ist auch er ein

---

[139] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Tabelle über vier ähnliche Objekte mit Pluto aus dem Kuiper-Gürtel. Eines der Objekte hat die Form eines Eies und eine besonders hohe Dichte, die höher ist als die von Pluto. - 1-2007, S. 7

[140] Der Kleinplanet Haumea hat ein Ringsystem von 70 Kilometer Breite in 1000 Kilometer Entfernung zum Planeten. - Spektrum der Wissenschaft, 12-2017, S. 11

Hinweis dafür, dass er in der Nähe der Sonne entstanden seien muss. Damit ist auch zwingend, dass alle Körper in der Nähe eines Sterns hintereinander entstanden sind.

Wenn man den Wert der Rotation mit Vesta im Asteroidengürtel vergleicht (5,34 h), so ist der Kleinplanet 2003EL-61 (Haumea.) bedeutend schneller. Das spricht für eine höhere Aktivität der Gasscheibe als die Körper des Kuiper-Gürtels entstanden sind. Die hohe Rotation von Vesta steht in der Verbindung mit dem Eisenkern, den der Asteroid hat (26.9.)[141]. Vesta hat im Asteroidengürtel eine andere Entwicklung durchgemacht Kleinplanet 2003EL-61 im Kuiper-Gürtel. Er ist ein Körper mit Eisenkern und ein unterentwickelter Körper der M-Klasse. Vesta und alle Körper im Asteroidengürtel haben eine kleine Inklination eingenommen, weil außerhalb von ihnen die Gasplaneten entstanden. Die Körper im Kuiper-Gürtel haben ihre Inklination beibehalten, weil noch keine großen Körper entstanden sind. Wichtig ist die Proportionalität zur Dichte eines Körpers. Sie passt zum Rotationsverhalten der Klassen on Körpern im Asteroidengürtel (Grafik 1).

Zudem geht es bei 2003EL-61 um die Frage, warum dieser Körper eine so große und ähnliche Inklination hat. Hier geht es darum, dass dieser Körper der E-Klasse entspricht, wie man sie bei den Asteroiden findet. Diese Klasse von Gesteinskörpern hat eine große Inklination und wandert in die Region wo sich kleine Körper der M-Klasse gebildet haben. Diese werden aufgenommen und die Dichte nimmt zu. Demnach wäre der Kleinplanet 2003EL-61 eigentlich ein Körper S-Klasse der Asteroiden, der eine Mischform aus der S-Klasse und der M-Klasse ist. Er ist auch ein Beispiel, dass in der frühen Phase der Planetenentstehung die E-Klasse die M-Klasse beherrscht. Die E-Klasse ist mit der hohen Temperatur näher zur Sonne entstanden und hat bei der geringeren Dichte auch eine größere Inklination. Die hohe Temperatur und die Zunahme der Dichte führen zu einer kleineren Abdrift. So bewegt sich der Körper länger in einer Gasregion, wo die Strömung stärker ist. Das erhöht die Rotation. Die unrunde Form besteht darin, dass Körper der M-Klasse aufgenommen worden sind.

Es geht bei der Grafik 18a auch um die Frage, warum es Körper mit so kleinen Inklinationen gibt. Das hat mit der Dichte der Körper zu tun. Je kleiner die Inklination, umso höher ist die Dichte der Körper. Gleichzeitig mischen sich solche Körper auch mit anderen Körpern, die eine andere Dichte haben. Auch wenn es in dieser frühen Phase noch keine ausgeprägte Klasse von Körpern gibt, die der M-Klasse aus Eisen und Nickel entsprechen, so findet man doch viele Körper mit viel höherer Dichte, die eine kleinere Inklination vorweisen.

Einer der kleine Körper aus der Kuiper-Gürtel ist beim Vorbeiflug der Raumsonde New Horizons gefunden worden. Er ist Doppelkörper mit einer Länge von 34 Kilometern. Der größere der beiden Körper hat etwa 20 Kilometer Durchmesser. Hier ist es sehr wichtig, dass er seinerseits aus runden Körpern besteht, die sich zu diesem größeren Körper gesammelt haben. Diese Körper haben etwas 8 bis 9 Kilometer Durchmesser. Dieser Körper hat eine kleine Inklination 1,9°. Der Körper hat die Bezeichnung 2014 MU 69 (26.31.)[142]. Man nennt ihn auch Ultima Thule.

Man hat die Durchdringungsgröße von etwa einem Kilometer Durchmesser, wie man sie im Asteroidengürtel findet. Hier sammeln sich Reihen von Körpern ein, dann die Untergröße der Körper von dem Körper 2014 MU 69 bilden. Dann sammeln sich wieder Reihen von Körpern ein, die die Klasse der nächsten Größe von Körpern bilden. Die chemische Zusammensetzung besteht aus Methanoleis und anderen organischen Verbindungen. Das entspricht der Oberfläche vom Mond Titan. Das bedeutet, dass der Körper 2014 MU 69 im äußeren Entstehungsbereich gebildet wurde (27.72.)[143].

---

[141] Vesta hat einen Eisenkern. - Süddeutsche Zeitung 11.5.2012, S. 16

[142] Das Objekt 2014 MU 69 ist ein Doppelkörper aus dem Kuiper-Gürtel mit 34 Kilometer Länge. Der größere Körper setzt sich aus einer größeren Anzahl von Kugeln zusammen, die etwa 8 bis 9 Kilometer Durchmesser haben. Das Objekt ist etwa 6,5 Milliarden Kilometer von der Erde entfernt.

Süddeutsche Zeitung 28.1.2019, S. 16

[143] Das Objekt 2014 MU 69 (Ultima Thule) hat eine chemische Zusammensetzung aus Methanoleis und anderen Organischen Verbindungen. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 19.2.2020, S. N1

Dieser Körper ist auch ein Beispiel für die Entwicklungsstufen, wie man sie in der Grafik 18a findet. Da kann man ganz gut sehen, dass die Körper des Kuiper-Gürtels in Stufen mehr werden und such größer werden. Langsam reichert sich der Entstehungsbereich durch die Kondensation an, eine Entwicklung wird durchlaufen und dann in der nächsten Entwicklungsphase sind mehr Körper vorhanden und die Periheldrehung nimmt zu. Damit können auch größere Körper entstehen.

2.8.12. Die innere Struktur von Eris

Eris gehört zu den Kleinplaneten und einer Klasse von Körpern, die alle eine Inklination über 40° haben (Grafik 18a). Diese Körper haben ihre Entwicklung als Kometen begonnen, sind aber größer geworden und haben dann begonnen neben dem Eis auch Gestein an sich zu binden. Das bedeutet, diese Körper bestehen aus einer Mischung von Gestein und Eis. Dabei ist das Gestein abgekühlt und im Eiskörper eingefroren. Man findet dort größere und kleinere Körper. Eris ist einer der größten. Bei diesen größten Körpern verhält es sich so, dass sie sich durch den Druck im Kern erwärmen und damit das Eis im Inneren schmilzt. Das Gestein bleibt in fester Form erhalten, und sinkt damit in das Zentrum. Damit ist eine bestimmte innere Region der großen Körper ab einer bestimmten Tiefe flüssig und das Gestein ist als lose Körper nur abgesunken. Der Kern besteht demnach aus einzelnen Gesteinskörpern, die nicht fest miteinander verbunden sind. In den äußeren Regionen findet sich Gestein und Eis in gemischter Form vor. Dabei ist das Gestein im Eis eingebunden.

2.8.13. Der Kuiper-Gürtel

Im Kuiper-Gürtel fällt auf, dass sich ab 47 AE mit einem Mal Körper unterschiedlichster Exzentrizität und Inklination bilden (siehe Grafik 18). Meine Deutung ist, dass die Gasscheibe eine Strömungsgeschwindigkeit erreicht hat, bei der sie sich mit einem Mal abplattet. Erst damit werden kondensierte Körper gezwungen, sich auf bestimmten Ebenen oberhalb und unterhalb der Ekliptik abzusetzen. Diese Körper brauchen erst einmal eine bestimmte Masse, um die Gasscheibe zu durchdringen. Über die Gasscheibe werden nun auch Substanzen unterschiedlicher Dichte und unterschiedlicher Kondensationstemperatur in bestimmte Regionen auf beiden Seiten der Ekliptik trennt. Somit beginnen sich die einzelnen Klassen wie sie bei den Asteroiden zu finden sind, zu bilden. Was ihnen fehlt, ist ein weiterer Anstieg der Rotation. So können sich nicht nur einzelne kleine Körper bilden.

Körper gleicher Exzentrizität entsprechen damit auch gleicher Klasse. So bestehen z.B. die Körper ohne Exzentrizität aus Eisen und entsprechen der M-Klasse der Asteroiden. Die Exzentrizität wächst in dieser Gruppe deswegen so stark an, weil Körper mit Gesteinskern größere Mengen Eis als äußere Hülle haben. Das bedeutet, die Dichte nimmt ab, während die Exzentrizität zunimmt. Körper geringer Dichte erfahren eine höhere Abdrift. Die einzelnen Klassen müssten eine höhere Konstanz der Dichte haben als bei den Asteroiden, weil die Strömung der Gasscheibe in der frühen Entwicklungsphase stärker war. Die Exzentrizität ist aber auch abhängig von der Größe der Körper. In der frühen Phase entstehen kleinere Körper mit höherer Exzentrizität und in der späteren Phase entstehen mehr Körper und die Körper sind größer. Dabei nimmt ihre Exzentrizität ab. Das sieht man ganz gut an Grafik 18a. In der unteren Grafik von 18a stehen die verschiedenen Inklinationen für die unterschiedliche Dichte der Körper. Körper größerer Dichte haben eine kleinere Inklination. Im Periodensystem der Elemente findet man ganz unterschiedliche Größen in der Dichte und sie schlagen sich im Kuiper-Gürtel in der Inklination der Körper nieder. Die Fächerung reicht bis 35°. Das entspricht den Sonnenflecken, die auch bis 35° vorzufinden sind.

Prinzipiell geht es um die Frage, warum im Kuiper-Gürtel so viele Körper existieren. Das hat damit zu tun, dass Körper, wie Pluto und Eris noch nicht groß genug sind, um die Region zu entleeren. Erst ab der M-Klasse, den Körpern mit Eisenkernen, wird eine Masse erreicht, die den Raum zum größeren Teil entleert, weil damit vor allem die Gasplaneten entstehen.

2.8.14. Die Farben der Körper im Kuiper-Gürtel

Die Körper im Kuiper-Gürtel haben unterschiedliche Farben. Stark rötliche Objekte haben kleine Inklinationen. Hier spricht man auch von „kalten“ Transneptunobjekten. Diese bergen auch die meisten Mehrfachsysteme (5.142.)[144]. Man findet dort auch farblich unterschiedliche Objekte (Grafik 17 und 18a). Zu den größeren Inklinationen nimmt die Farbe ab. In dem Fall spricht man von „heißen“ Transneptunobjekten. Aus der Grafik 18a kann man sehen, dass es spezielle Gruppen gibt, die eine größere Häufigkeit bei bestimmten Winkeln vorweisen. Eine Gruppe setzt sich im Bereich von gut 40° ab. Darin befindet sich auch Iris, ein Körper ähnlicher Größe wie Pluto.

Es gibt noch eine weitere Farbeinteilung. Besonders große Körper haben eine ganz helle Oberfläche, weil aus ihrem Inneren Gase in Form von Wasserdampf oder Kohlenwasserstoffen entweichen, wie Methan. Diese gefrieren und bilden die helle Oberfläche. Bei den größeren steckt also eine Energiequelle dahinter, die zu diesen Ausgasungen führt.

Es gibt noch eine weitere Gruppierung mit zwei Farben. Diese findet man bei Zentauren, also den Körpern innerhalb der Neptunbahn. Diese Gruppen sind rötlich oder graublau, wie zum Beispiel Chiron.

Wichtig dabei ist, dass die unterschiedlichen Farben für unterschiedliche Klassen von Körpern sprechen und diese mit der Inklination verbunden sind. In dem Thema der Meteoriten würde das Trennungsverfahren über die abgeplattete Gasscheibe besprochen, und das führt in der weiteren Entwicklung zu Klassen von Körpern, die nach der Dichte getrennt werden. Dabei erhalten die Körper in der weiteren Entwicklung bestimmte Inklinationen. Genau das bestätigt sich hier im Kuiper-Gürtel.

Geht man noch mal auf die unterschiedlichen Größen der Bahnen ein, so hängen sie mit dem Alter der Köper zusammen. Je weiter sie außen sind, umso älter sind die Körper. Iris ist demnach in einer früheren Phase entstanden als Pluto.

Es wäre noch die Frage zu klären, warum bei kleinen Inklinationen so viele Vielfachsysteme existieren. Das hat auch generell mit der Abplattungsbreite zu tun. Die Körper wandern aus dem Bereich der abgeplatteten Gasscheibe heraus. Damit können sich kleinere Körper einfangen ohne abzustürzen, weil sich die Strömungsverhältnisse nicht so stark ändern. Die Vielfachsysteme haben sich demnach später eingefangen, nachdem sie weiter vom Stern weggewandert sind. Dazu kommt, dass das Zusammentreffen von Körpern bei kleinen Inklinationen größer ist.

Zu den Zentauren sollte man noch sagen, dass sie zu der Gruppe der Körper des Kuiper-Gürtels gehören. Neptun hat sich dort hinein geschoben und den bestand dieser Gruppe dezimiert. Sie sprechen aber für die Entwicklung von den M5-Sternen (etwa 0,15 Sonnenmassen) bis 0,7 Sonnenmassen. Bis 0,7 Sonnenmassen gab es demnach noch keine Gasplaneten.

Im Kuiper-Gürtel fällt noch auf, dass die Bahnverteilung von Körpern hoher Exzentrizität einseitig ist. Es wäre jetzt die Frage, warum das so ist. Hier geht es darum, dass bei der Entstehung dieser Körper in der Nähe der Sonne die Periheldrehung dazu führte, dass kleinere Körper zu größerem Körpern gedreht worden sind (22.36.)[145]. Dadurch liegen sie auf einer Seite. Diese Erklärung ist deswegen wichtig, weil Physik aus dieser einseitigen Lage der Körper, glauben es gäbe einen neunten Planeten im äußeren Sonnensystem. Die Ursache für diese einseitige Lage ist die Sonne

[144] Die Körper des Kuiper-Gürtels weisen bestimmte Klassen von Körpern auf, die an die Inklination gebunden sind. Kleine Inklinationen haben auch eine eigene Farbe, die stark rötlich ist. Zu größeren Inklinationen hin, nimmt die Farbe ab. Bei kleineren Inklinationen existiert eine größere Häufigkeit an Mehrfachsystemen. Bei den Zentauren gibt es ebenfalls zwei Farben.

Sterne und Weltraum, S. 29 f

[145] Mehrere große Transneptunobjekte zeigen in der elliptischen Bahn eine einseitige Ausrichtung.

Spektrum der Wissenschaft - 3-2016, S. 8

mit ihrer Kraft gewesen. Diese einseitige Lage ist damit auch ein Hinweis, dass alle Körper in der Nähe eines Sterns entstehen. Den neunten Planeten wird man auf jeden Fall nicht finden.

Aus der Grafik 18a geht auch hervor, dass in den Inklinationen eine Stufung vorliegt. Die Körper haben sich stufenweise vergrößert und das Material hat sich in der Zeit immer weiter angereicht. Es nach einer Zeit konnten dann mehr Körper und auch größere Körper entstehen. Kleinere Körper haben dabei eine größere Exzentrizität und mit der Größe nimmt die Exzentrizität ab.

2.8.15. Körper außerhalb des Kuiper-Gürtels

Bis sich die Körper höherer Dichte im Kuiper-Gürtel entwickeln, dauerte es eine längere Zeit. In dieser Zeit entwickeln sich in der Region wo Kometen entstehen, die Körper völlig ungestört. Damit konnten die Kometen zu einem großen Körper zusammen finden. Ein Körper wie Sedna hätte mindestens einen Durchmesser von 1300 Kilometern und ein Perihel von 76 AE. Damit befindet er sich außerhalb des Kuiper-Gürtels. Er hat sich wegen der geringeren Dichte noch mal abgesetzt (23.4.).

Ein Grund, warum sich dieser Körper leichter bildet konnte, als Körper höherer Dichte liegt darin, dass Körper geringerer Dichte eine größere Masse benötigen, um die Gasscheibe zu durchdringen. In späteren Phasen ist es ständig so, dass Körper bei ihrer Entwicklung die Region, in der Kometen entstehen, stören. So können nur noch kleine Körper entstehen.

Körper, die sich außerhalb des Kuiper-Gürtels bilden kennen keine Abplattung der Gasscheibe und daher entstehen auch sehr kleine Körper, die die Größe der Meteoriten haben. Allgemein hat jeder Stern eine solche Region um sich herum. Das zeigt zum Beispiel der Stern Formalhaut (27.36.)[146]. Das entspricht der frühen Entwicklung eines Planetensystems. Dabei verhält es sich so, dass dieser Kleinkörpergürtel umso weiter vom Stern entfernt ist, je größer die Masse des Sterns ist. Je größer die Gasmassen eines Sterns sind, umso weiter wird ein solcher Gürtel hinausgeschoben.

2.8.16. Abplattungsbreite der Gasscheibe um einen Stern

Man muss sich im Bezug auf Pluto und den Kuiper-Gürtel Fragen zum Prinzip der Größen von Körpern stellen. Pluto selber hat neben Charon noch vier keine äußere Monde (24.10.)[147]. Genauso sind es Kleinplaneten wie Pluto, die nur ein kleines Mondsystem haben. Zudem grenzen sich die Kleinplaneten wie Pluto in der Größe klar von den anderen Körpern des Kuiper-Gürtels ab. Alle anderen sind nämlich sehr viel kleiner.

Hier geht es um folgendes Prinzip. Die plötzliche Abplattung der Gasscheibe bei den M5-Sternen besagt auch, dass es eine bestimmte Abplattungsbreite gibt. In dieser frühen Entwicklung des Sterns ist die Abplattungsbreite noch nicht so groß. Durchwandert ein Körper diese Region sind kleine Körper generell zum Absturz bei einem anderen Körper gezwungen. Bewegt sich ein Körper außerhalb dieser Region kann er kleinere Körper aufnehmen. So kann man recht gut die Monde des Pluto erklären. Bis er Charon eingefangen hat, war er noch in der Region der abplatteten Gasscheibe. Da ist er auch sehr stark herangewachsen und hat fast alle Körper aufgenommen. Sicher hat aber auch

---

[146] Der Stern Formalhaut ist erst 440ooo Jahre alt und hat einen Ring aus Kleinkörpern in einer Entfernung von 20 Milliarden Kilometern vom Stern. Der Ring selber zeigt eine asymmetrische Strahlungsverteilung, die zu den Keplerschen Gesetzen passt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 24.5.17, S. N1

[147] „Kosmos“ Franckh Kosmos Verlag GmbH&Co. Stuttgart

Pluto ha 5 Monde, die in einer Ebene stehen. Davon sind vier Kleinmonde, die sich außerhalb um Pluto drehen. 2015, S. 171

Charon noch einige Körper abbekommen hat. Dann hat er die Region verlassen und hat kleine Körper in seine Umlaufbahn gezogen. Da ist er nicht mehr viel gewachsen.

So würde man Pluto erklären. Bei den anderen Kleinplaneten ist es genauso. Kleinplaneten haben wenig Körper mit einer Mindestgröße als Monde eingefangen und sind dabei nur wenig gewachsen. Aus dem Grunde sind sie auch keine Gasplaneten geworden. So hat man zum Beispiel bei Sternen im Bereich von 0,5 und 0,6 Sonnenmassen Kleinplaneten, wie Pluto, die lange Reihen von Kleinmondsystemen bilden, aber keine Gasplaneten.

Zu Pluto müsste man noch sagen, dass er der erste Kleinplanet ist der einen Mond, wie Charon eingefangen konnte, der über 1000 km Durchmesser hat. Die vorigen Körper haben immer nur Monde mit 350 km Durchmesser einfangen können. Der Grund besteht darin, dass mit seiner Entwicklung die Periheldrehung stärker geworden ist. Die Entstehung von Gasplaneten ist aber erst dann möglich, wenn ein Planet mehrere Monde einfangen kann.

Allgemein kann man zum Kuiper-Gürtel sagen, dass größere Körper die Region der Abplattung verlassen. Damit können sie auch kleinere Körper einfangen. Somit findet man auch viele Mehrfaschsysteme, die zum Beispiel bei den Asteroiden fehlen (5.139.)[148]. Dazu konzentrieren sich die Mehrfachsysteme auf kleine Inklinationen. Das hat etwas damit zu tun, dass Körper mit großen Inklinationen starke Strömungswankungen mitmachen. Das kann dazu führen, dass sich Impulse hochschaukeln. So kommt es zum Absturz von Körpern.

Die Kleinmondsysteme sind grundsätzlich etwas sehr typisches dafür, weil alle Körper des Kuiper-Gürtels die Region verlassen in denen die Gasscheibe noch abgeplattet ist. Da sie aus der anfänglichen Entwicklung des Sonnensystems stammen, bleiben sie erhalten. Man findet dort auch kleine Monde, die zum Beispiel gerade die Durchdringungsgröße von einigen Kilometern Durchmesser vorweisen. Das kann man recht gut am Kleinmondsystem von Pluto sehen (45.31.)[149]. Zwei Monde von Pluto haben diese Durchdringungsgröße und sind auch Doppelkörper ähnlich wie beim Kometen 67 P. Die anderen beiden Monde entsprechen der nächsten größeren Kategorie von Körpern. Die Kleinmondsysteme liefern im Kuiper-Gürtel recht gute Hinweise über die grundsätzlichen Entwicklungsabläufe bei der Bildung von Planetensystemen.

2.8.17. Veränderung der Periheldrehung bei größeren Körpern

Die größeren Körper im Kuiper-Gürtel haben eine einseitige Lage. Sie sind zu einer Seite gedreht, und es ist die Frage, warum das so ist. Hier geht es um die Periheldrehung. Sie ist in dieser frühen Entwicklung noch zu klein, um Körper über 2000 km Durchmesser einfangen zu können. In der späteren Entwicklung wächst die Masse der eingefangenen Monde auf 1500 km Durchmesser. So entstehen die ersten Gasplaneten. Erst dadurch steigt die Kraft der Periheldrehung weiter und das Jupitersystem mit Monden von mehr als 5000 km Durchmesser kann eingefangen werden und entstehen. Es geht nicht nur um den Aktivitätsgrad einer Gasscheibe, sondern auch um die Menge der Körper, die sich in der Nähe eines Sterns gebildet haben. Diese nimmt mit der Entwicklung eines Sterns zu, und das vergrößert die Periheldrehung.

Zur Periheldrehung sollte man sagen, dass sie deswegen zunimmt, weil eine neue Klasse von Körpern entsteht, die um 5000 km Durchmesser haben. Das wäre die besagte M-Klasse mit Eisenkernen. Diese kann nur entstehen, weil mit der wachsenden Masse des Sterns die Geschwindigkeit und die Abplattungsrate der Gasscheibe zunehmen. Das findet bei Sternen ab 0,7 Sonnenmassen statt.

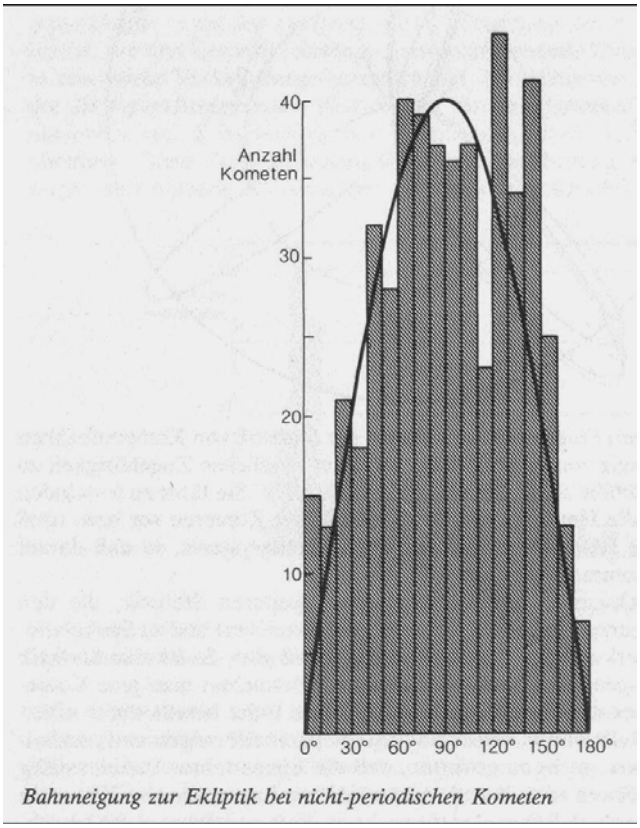
---

[148] Der Kuiper-Gürtel besteht zu 30 % aus Mehrfachsystemen. Im Asteroidengürtel sind sie dagegen ganz selten. Sterne und Weltraum, 6-2015, S. 31 f

[149] Die Kleinmonde von Pluto folgt auf einem kleineren Mond ein größerer Mond und diese Folge wiederholt sich noch einmal. Alle vier Monde sind für sich wieder Doppelkörper. - 12.2017, S. 81

2.8.18. Kometen

Die Kometen sind in der äußeren Region des Entstehungsbereiches entstanden. Was diesen Entstehungsort unterstützt, liegt darin, dass sie Enstatite und Kalzium-Aluminium-Reiche Einflüsse (CAIs), die 1400°Celsius erwarten. Bei den Kometen finden sich die gleichen Substanzen, wie bei den Meteoriten (26.4.)[150]. Das spricht dafür, dass sie in der Nähe des Sterns entstanden sind. Auch die neuesten Auswertungen vom Kometen Wild 2 sprechen dafür, dass die Kometen aus dem Asteroidengürtel stammen, weil sie dem Material der Meteoriten sehr ähnlich sind (27.2.)[151].



Grafik 19: Langperiodische Kometen (4.6.)[152].

Aufgrund der geringen Dichte, die 0,2 g/cm³ entsprechen könnte, können sie eine sehr hohe Inklination und Exzentrizität erreichen (30.1.)[153]. Diese hohe Inklination kann dazu führen, dass sie in

[150] Im Kometen Wild 2 sind Enstatite gefunden worden und CAIs, also kalzium- und aluminiumsreiche Mineralien. Diese müssen bei 1400° Celsius entstanden sein. - Süddeutsche Zeitung 15.12.06; - S. 20

[151] Den Proben des Kometen Wild 2 ist zu entnehmen, dass die Kometen aus dem Asteroidengürtel stammen. (Entnommen aus der Zeitschrift Science.), - Frankfurter Allgemeine 30.1. 2008 - Nr. 25 S. N1

[152] Argyris Sfountouris: „Kometen - Meteore - Meteoriten" Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich, 1986.

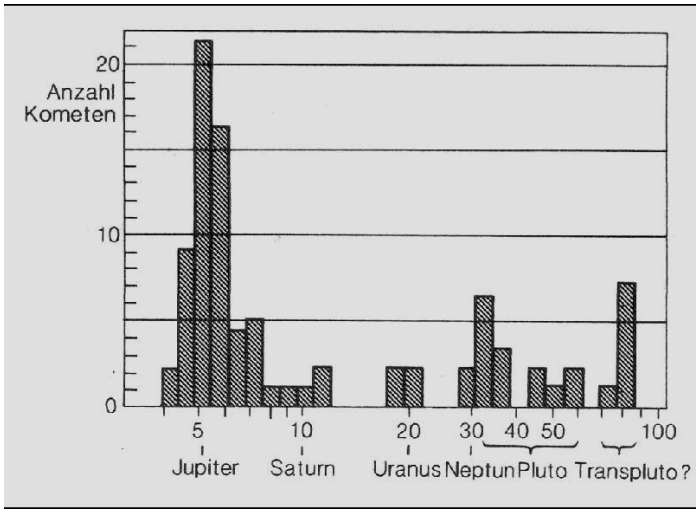
Nichtperiodische und kurzperiodische Kometen in der Häufigkeit und ihrer Inklination. - S. 128 f,

[153] John C. Brandt, Robert D. Chapman: „Die Erforschung der Kometen“, Inselverlag Frankfurt am Main und Leipzig, erste Auflage 1997. Originalausgabe W. H. Freeman and Company, New York, USA 1992,

die Gegenläufigkeit umkippen. Die Ursache ist wieder die Gasscheibe, die die Körper einmal in einen großen Abstand bringt und zum anderen stark abbremst. Damit nähern sie sich sehr stark dem Stern und kommen auf eine stark exzentrische Bahn.

Wenn Kometen einmal hohe Inklinationen erreichen, trifft sie die Strömung der Gasscheibe nicht mehr von vorne und bremst sie, sondern sie trifft sie mehr und mehr von „oben“ oder von der Seite und lenkt sie auf diese Weise in die gegenläufige Bahn. Sind sie einmal umgekippt, treffen sie wieder auf die Gasscheibe. Damit stauen sich Körper bei 150°, und wir finden dort mehr Kometen als zum Beispiel bei 30° (siehe Grafik 19). An dieser Verteilung erkennt man, dass sie in der Nähe des Sterns entstanden sein müssen, wo die Gasscheibe existierte. Diese Struktur weisen die langperiodischen Kometen auf. Diese gegenläufigen Kometen müssten im Gegensatz zu den anders bewegenden Kometen schneller rotieren, weil sie beim durchdringen der Gasscheibe der Sonne einer viel stärkeren Strömung ausgesetzt sind. Das bringt sie auch in große Abstände zur Sonne. Hier wäre wieder die Strömung der Gasscheibe die Ursache, warum gegenläufige Kometen die Oortsche Wolke bilden.

Neben den langperiodischen Kometen gibt es kurzperiodische Kometen. Diese teilt man ein in die Kometenfamilien (siehe Grafik 20). Man kann die kurzperiodischen Kometen immer einem Planeten zuordnen. Diese haben eine andere Häufigkeitsverteilung als die langperiodischen Kometen. Ihnen fehlen zum großen Teil die gegenläufigen Kometen. Diese gegenläufigen Kometen sind aus meiner Überlegung von den Gasplaneten eingefangen worden und bilden jeweils immer das äußere Kleinmondsystem. Die Gasplaneten haben diese Körper über ihre Gasscheibe gebremst und eingefangen. Daher besteht der größte Teil der Kleinkörper in großen Bahnen bei den Gasplaneten aus gegenläufigen Kometen.



Grafik 20: Kometenfamilien (4.2.)[154]

Eingefangen wurden meist nur die gegenläufigen Kometen, weil sie in der Gasscheibe des Planeten stärker gebremst wurden und die mitläufigen wurden in planetenspezifische Bahnen umgelenkt. Demnach kamen die langperiodischen Kometen durch die Gasscheiben der jeweiligen

---

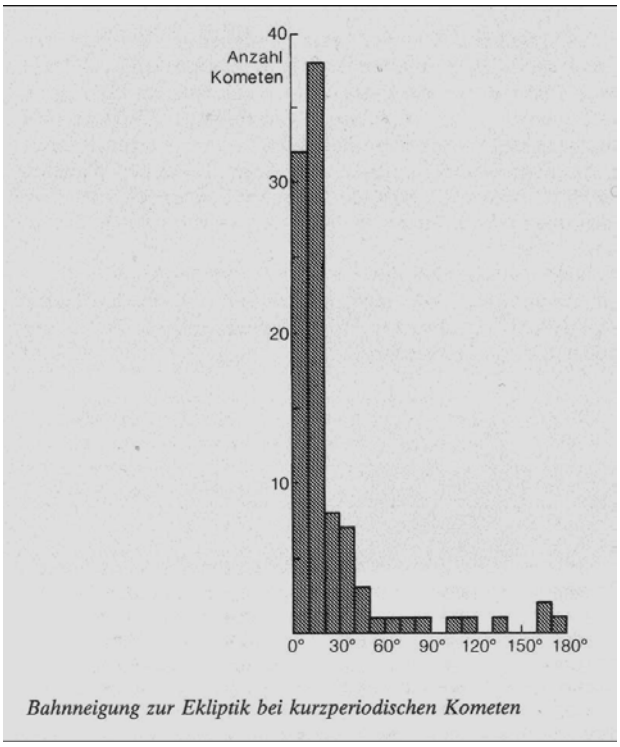
Die Dichte des Kometen Halley könnte bei 0,2 g/cm³ liegen. - S. 71

[154] Argyris Sfountouris: „Kometen - Meteore - Meteoriten" Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich, 1986.

Kometenfamilien - S. 128

Gasplaneten in ihre kleineren Bahnen und bildeten die Kometenfamilien. - Da die Gasplaneten sich in der Nähe der Ekliptik aufhalten, konnten sie nur Körper geringer Inklination erreichen. Sie haben daher die größte Häufigkeit von 0° bis 30° und treten ab 60° nur noch vereinzelt auf (siehe Grafik 21a).

Bei den kurzperiodischen Kometen tritt jedoch ein Problem auf, und dies bezieht sich auf den Kometen in besonders kleinen Bahnen. Hier handelt es sich um die Jupiter- und Saturnfamilie. Diese Kometen verlieren ständig an Masse und haben daher eine Lebensdauer von kaum einer Million Jahren (30.3.)[155]. Damit kann es nicht sein, dass sie aus der anfänglichen Entwicklung des Sonnensystems stammen. Besonders die Kometen der Juipterfamilie müssten sich schnell verbraucht haben.



Grafik 21a: Kurzperiodische Kometen (4.6.)[156]

Betrachtet man jedoch, die eingefangenen Kometen bei der Uranusfamilie, so haben sie Durchmesser von 20 bis 190 Kilometern. Der Erklärungsansatz liegt demnach in der Größe. Die Kometen waren viel größer. Sie sind nur bei Jupiter und Saturn klein geworden. Die Kometenfamilien bei den äußeren Gasplaneten sind größer. Das erkennt man an den eingefangenen äußeren

[155] John C. Brandt, Robert D. Chapman: „Die Erforschung der Kometen“ Inselverlag Frankfurt am Main und Leipzig, erste Auflage 1997. Originalausgabe W. H. Freeman and Company, New York, USA 1992,

Kometen verlieren einige Meter an Durchmesser bei einer Umrundung. Ein Komet mit 10 Kilometern Durchmesser, wie Halley, würde sich in weniger als einer Million Jahre aufbrauchen. - S. 83

[156] Argyris Sfountouris: „Kometen - Meteore - Meteoriten" Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich, 1986.

Nichtperiodische und kurzperiodische Kometen in der Häufigkeit und ihrer Inklination. - S. 129 f,

Kleinmonden des Uranus (19.1.)[157]. Sie entsprechen der ursprünglichen Größe. Weil sie größer waren und ihre Periode ebenfalls, kann man davon ausgehen, dass sie aus der anfänglichen Entwicklung stammen. Das bedeutet, die erste Durchdringung der Gasscheibe liegt bei 20 bis 40 Kilometer Durchmesser. - Jupiter kann keine Kometen einfangen, weil er keine Gasscheibe mehr hat. In der Entstehung hatte er eine Gasscheibe. Diese Gasscheibe war die Bremse für die Kometen. Die langsame Ausbremsung führt zu einem großen Abstand zu Jupiter.

Das passt auch zur Dichte, denn Gesteinskörper haben eine Dichte von etwa 3,8 g/cm³ und die Dichte von Kometen liegt bei 0,2 g/cm³. (Es gibt aber auch Angaben zu Kometen von 0,5 g/cm³). Das Zahlenverhältnis ist etwa 1 zu 20. Die Durchdringungsgröße des Gesteins liegt etwas bei 1 Kilometer Durchmesser. Der Zahlenwert passt genau zusammen. Demnach ist nur die Anfangsgröße unverstanden.

Weil die gegenläufigen Kleinmonde der Gasplaneten nach dem Einfang mit den Gasplaneten aus der Nähe der Sonne weggewandert sind, und nie wieder in ihre Nähe kamen, wären sie zur Altersbestimmung von hoher Bedeutung. Am interessantesten wären die gegenläufigen Kleinmonde von Uranus. Sie hätten die älteste Datierung im „erreichbaren“ Sonnensystem. Sie wären demnach älter als die kohligen Chondrite mit 4,6 Milliarden Jahren. Sie wären vorher entstanden, und würden beweisen, dass die Körper im Sonnensystem hintereinander standen sind. - Die gegenläufigen Kometen können sich durchaus in der Sternnähe zu größeren Körpern entwickeln und zum Planeten werden. Demnach würden sie sich retrograd bewegen. Die Ursache dafür liegt darin, dass sie auf die Gasscheibe stoßen und sich dort stauen. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung zum großen Körper. Neue Daten zeigen, dass es die retrograden Planeten gibt.

2.8.19. Kometen und Asteroidengürtel bei anderen Sternen

Man hat mittlerweile auch Kometen um andere Sterne gefunden. Das wäre beim Stern Beta Pictoris, ein Stern der 63 Lichtjahre von der Sonne entfernt ist, 2 Sonnenmassen vorweist und vor allem erst 23 Millionen alt ist. Diese Kometen wären demnach noch ganz junge Objekte in einem anderen Sonnensystem. Diese Kometen teilen sich in zwei Gruppen ein, eine innere Gruppe und eine äußere. Die innere Gruppe hat die größere Leuchtkraft, und man kann daher davon ausgehen, dass sie daher die jüngeren Kometen sind (26.14.)[158]. Dagegen hat die äußere Gruppe eine kleinere Leuchtkraft und sie scheinen damit älter zu sein. Diese Größenverteilung ist insofern schon etwas sehr Wichtiges, weil sie darauf schließen lässt, dass Kometen hintereinander und in der Nähe des Sterns entstanden sind, und weggewandert wären.

Es geht dann noch um die Frage, warum es zwei Gruppen gibt. Auch Beta Pictoris hatte eine T-Taurikrise und ist dabei kleiner geworden. Das hat dann zu der Lücke der Kometen geführt. Damit müsste es im mittleren Bereich des Planetensystems auch eine Lücke geben in der sich ein Asteroidengürtel befindet. Dieser Asteroidengürtel würde sich zu kleinen Sternmassen immer näher zum Stern verschieden. Die ersten Sterne, die Asteroidengürtel vorweisen würden, können erst ab Sterne mit 0,9 Sonnenmassen sein. Die Obergrenze der Sternmasse für einen Asteroidengürtel liegt an der Obergrenze der Zwergnova (siehe Grafik 43: Veränderliche Sterne im HRD). Darüber hinaus ist die Entwicklung eines Sterns großer Masse so schnell, dass der Stern keine T-Taurikrise mehr erlebt, weil der Einfluss der Planetenentstehung auf den Stern zu kurz ist. Näheres dazu wird aber erst im Kapitel der Sterne besprochen.

---

[157] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

[158] Beta Pictoris weist zwei Gruppen von Kometen auf. Die innere Gruppe hat die größere Leuchtkraft und die äußere Gruppe hat die kleinere Leuchtkraft. Das Sternsystem ist 63 Lichtjahre von der Erde entfernt und es ist 23 Millionen Jahre alt. – Süddeutsche Zeitung, 23.10.2014, S. 16

2.9. Große Monde und Planeten

2.9.1. Die Klassifikation von Monden und Planeten

Die großen Monde und Planeten sind gleichwertige Körper. Welcher Körper Planet oder Mond wird, ist nur eine Frage des Einfangzeitpunktes. Unter diesen Körpern gibt es unterschiedliche Grundgrößen und damit auch eine eigene Kategorie von Körpern. Jede Kategorie setzt sich aus den drei wichtigen Klassen der Asteroiden zusammen. Um das zu verstehen, muss man den Asteroidengürtel vor Augen haben. Dort hat jede Klasse aufgrund ihres Kondensationspunktes einen bestimmten Bereich in dem sie durch die Kondensation entsteht.

Wie schon beschrieben, entsteht jede Klasse der Asteroiden für sich in ihrem Bereich. Daraus bilden sich jeweils zwei Körper, die durch den Entstehungsbereich wandern und damit Material einer anderen Klasse sammeln. Die unterschiedlichen Schichten eines Planeten oder Mondes entstehen getrennt, weil er durch die unterschiedlichen Regionen des Entstehungsbereiches wandert und dort die Körper einfängt.

Die Körper gelangen durch die Abdrift, oder die Änderung der Inklination, in eine andere Region und Klasse des Entstehungsbereiches. Damit stören sie die Entwicklung der anderen Klasse. Die Änderung der Inklination tritt nur bei der M-Klasse auf, also den Körpern mit einem Kern aus Eisen-Nickel.

Man unterscheidet die Arten von Monden in folgender Weise. Es gibt, wie bei den Asteroiden die Körper der C-, der E- und der M-Klasse benannt. Die drei Arten beziehen sich auf den Kern des jeweiligen Körpers. Ganymed oder Io wären zum Beispiel Körper der M-Klasse. Sie haben einen Kern aus Eisen-Nickel. Die Monde des Uranus wären zum Beispiel Körper der C-Klasse. Sie hätten einen leichten Silikatkern. Pluto und Triton sind Körper mit dem Kern der E-Klasse.

Die Entwicklung einzelner Kategorien von Monden ist anhängig von der Gasscheibe und ihrer Geschwindigkeit. Ist die Geschwindigkeit höher können erst bestimmte Klassen entstehen, weil die Gasscheibe starker abplattet und damit das Trennungsverfahren der Körper unterschiedlicher Dichte besser funktioniert. So haben die Monde mit Eisenkern in unserem Sonnensystem einen späten Entwicklungsbeginn, nehmen dann aber einen sehr starken Einfluss auf das ganze System.

Es geht daher nur darum welche Kategorie von Monden sich in einer bestimmten Entwicklungsphase des Sonnensystems bevorzugt bilden. Ist das verstanden, kann man die gesamte Struktur der Entstehungsfolge von Körpern verstehen.

Im äußern Sonnensystem entsteht die E- und C-Klasse. Im mittleren Bereich findet sich nur die C-Klasse und im inneren Bereich dominiert nur die M-Klasse. Diese strukturelle Verteilung gilt dann noch zu erklären.

In diesem Kapitel wird auch auf die Gasaufnahme eines Planeten Bezug genommen.

2.9.2. Monde, Planeten und die Gasaufnahme

Innerhalb der Gasscheibe um einen Stern bilden sich zu beiden Seiten dieser Scheibe getrennt eine Reihe von Körpern mit ähnlicher Zusammensetzung, damit auch ähnlicher Dichte und ähnlicher Inklination. Über die Periheldrehung werden kleinere Körper zu größeren Körper gedreht, und mit der Zeit setzt sich auf beiden Seiten je ein großer Körper durch. Damit entstehen paarweise Körper, die den Entstehungsbereich und den Stern verlassen.

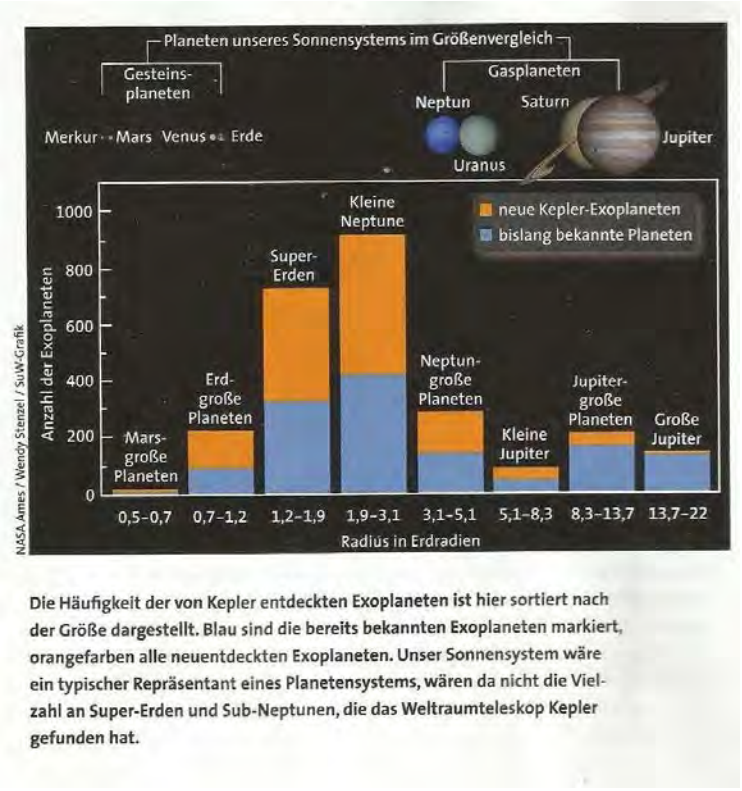
Diese beiden Körper haben demnach erst einmal nur einen Teil der anderen Körper eingefangen, und mit ihnen kreisen diese vielen kleineren Körper und verlassen den Entstehungsbereich.

Stoßen diese beiden Körper nun auf einen Planeten mit Monden, werden sie der Reihenfolge nach eingefangen. Dabei ist der Planet in der Lage, diese kleinen Körper einzufangen, die von den Monden nicht eingefangen werden können.

Nachdem ein Paar eingefangen wurde, dauert es wieder eine Zeit, bis sich das nächste Paar entwickelt. In dieser Zeit wandert auch der Planet mit seinen Monden weiter. Damit wird der Weg für das nächste Paar länger. Das bedeutet, sie werden in dieser Zeit größer und sammeln mehr Masse.

Betrachtet man unter dem Aspekt das Uranussystem, so sieht man bei ihm den kontinuierlichen Sprung in der Größe der Mondpaare um ca. 500 Kilometer Durchmesser. Das gleiche findet sich bei Saturn, wenn man Titan und Hyperion mal bei Seite lässt und auch bei Jupiter, nur sind diese Paare größer. Auf die vorher beschriebene Weise kann man erklären, wie diese Paare, die ja einem kategorischen Prinzip entsprechen, zustande gekommen sind.

Bei dieser Betrachtung kommt man zu der Frage, warum bei der Größe der Monde von 1500 km Durchmesser die Entwicklung aufhört (19.1.)[159]. Warum bildet sich ein neues System? Der Grund liegt darin, dass der Planet nach mehreren Monden, - es sind in der Regel drei Paare, - eine so hohe Masse gewonnen hat und damit die Gasaufnahme beginnt. Er gewinnt an Masse weil die Monde Massen mitbringen, die sie selber nicht einfangen können. Durch die dann einsetzende Gasaufnahme verliert er an Dichte, seine Abdrift wir größer und er wandert aus der Sternnähe weg. An dieser Stelle bildet sich dann wieder ein neues System.



Die Häufigkeit der von Kepler entdeckten Exoplaneten ist hier sortiert nach der Größe dargestellt. Blau sind die bereits bekannten Exoplaneten markiert, orangefarben alle neuentdeckten Exoplaneten. Unser Sonnensystem wäre ein typischer Repräsentant eines Planetensystems, wären da nicht die Vielzahl an Super-Erden und Sub-Neptunen, die das Weltraumteleskop Kepler gefunden hat.

Grafik 21b: Klassen und Größe von Exoplaneten (5.151.)[160]

[159] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

[160] In der Häufigkeitsverteilung der Größen von Exoplaneten findet man die meisten Gasplaneten bei 1,3 bis 3,1 Erdradien. (Grafik) – Sterne und Weltraum, 11-2016; S. 20

Nach dem Einfang seiner Monde hat er im Bezug zur Sonne oder zum Stern auch eine bestimmte Position. Bei den Exoplaneten findet man eine Anhäufung bei Umlaufzeiten von 4 Tagen (Diagramm 1). Das bezieht sich auf Planeten der M-Klasse also mit Eisenkern. Die Planeten mit reinem Gesteinskörper haben einen etwas höheren Abstand von Stern. Der liegt bei 10 bis 20 Tagen Umlaufzeit. Sterne mit 0,7 Sonnenmassen bringen solche Systeme hervor, wie bei Saturn Uranus und Neptun (Diagramm 1).

Mit der Gasaufnahme verändert sich die Größe des Planeten sehr stark. Das sieht am an der Häufigkeitsverteilung von Exoplaneten im Bezug zu ihrer Größe (Siehe Grafik 21b). Die Festkörper gehen etwa bis 1,2 Erdradien. Sie werden mir Erdgroßen Planeten benannt. In den beiden Gruppe Gruppen von 1,2 bis 3,1 Erdradien steigt die Häufigkeit mit einem Mal stark an. Hier beginnt eine schlagartige Gasaufnahme, und sie endet auch bei der Gruppe mit 3,1 Erdradien, weil der Gasplanet die Nähe des Sterns verlassen hat. Man nennt diese Gruppe der kleinen Neptuns. Das ist auch klar, denn Uranus und Neptun waren kleiner als sie die Nähe der Sonne verlassen haben.

Zu Neptun muss man allgemein etwas sagen. Er ist der erste Gasplanet, der sich im Sonnensystem bildet. Sammelt er seine Monde ein, bleibt er in er Nähe der Sonne. Die Körper des Kuiper-Gürtels wandern aber weiter. Damit entsteht hinter ihm erst einmal eine Lücke in der es kaum Körper gibt. Beginnt dann seine Gasaufnahme, wandert er von der Sonne weg. Dann durchquert er die Lücke und fängt dann größere Körper ein, die sein Mondsystem zerstören. Diese Stürzen auf Neptun ab. Es ist daher kategorisch so, dass alle äußeren Exoplaneten immer ihr Mondsystem verlieren. So unterscheiden sie sich von allen anderen Gasplaneten. Bei Neptun ist Triton übergeblieben. Er ist der letzte Körper, den er von außen eingefangen hat.

Wichtig ist auch, dass ein großer Teil der Exoplaneten in der Nähe eines Sterns keine Gase aufgenommen haben und Festkörper sind wie im inneren Sonnensystem. Der Planet benötigt eine bestimmte Masse, um durch seine Gravitation Gase aufnehmen zu können. In der Nähe eines Sterns ist der Sonnenwind einfach zu stark. Diese Masse könnte etwa bei 2,5 bis 3 Erdmassen liegen. Bis zu dieser Masse sammelt der Planeten schichten von Wasser und Kohlenwasserstoffverbindungen, wie man sie auf Titan gefunden hat. Dann beginnt die Gasaufnahme. Man hat in inneren von Jupiter festgestellt, dass dort mit einem Mal eine Gasschicht von schweren Elementen beginnt (27.63.)[161]. Oberhalb der Schicht befinden sich vorwiegend Wasserstoff und Helium. Durch den hohen Druck und der Ansteigenden Temperatur werden solche Schichten von schweren Elementen gasförmig. Sie bleiben aber als Schichten mit schweren Elementen in der Entsprechenden des Inneren eines Planeten.

Betrachtet man dazu Tabelle 9 mit den Mehrfachsystemen der Exoplaneten, so findet man bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen mittlerweile Planeten mit äußerst kleinen Massen in der ersten Position im Bezug auf den Stern. Dieser Körper in der ersten Position hat auch immer die kleinste Masse. Die Exoplaneten von HD40307 könnte ein recht gutes Beispiel für die untere Massengrenze der Gasaufnahme sein.

Eine Besonderheit findet man bei Körpern mit Eisenkernen. Sie entwickeln nach den ersten Silikatschichten über diesem Eisenkern einen Magnetismus, und dieser bildet einen Schutz vor dem Sonnenwind. Daher können sie eher Gase aufnehmen. Das führt zu einer Veränderung der Inklination. Sie wird größer. Damit wird der Sonnenwind stärker, weil die Dichte der Gasscheibe schwächer wird. Dann wird diese Gasaufnahme auch gestoppt, und die Gase werden wieder abgeblasen. Man sieht hier, dass die Gasscheibe ebenfalls bei der Gasaufnahme eine Rolle spielt.

Es gilt jetzt die Klassen der Gasplaneten zu unterscheiden. Es gibt unter den Gasplaneten genau so wie unter den Planeten drei Arten. Neptun ist der Gasplanet, der bei allen Sternen als erstes auftritt. Er ist Vertreter der E-Klasse. Uranus und Saturn sind Vertreter der C-Klasse und Jupiter ist ein Vertreter der M-Klasse. Er ist der erste Gasplanet mit Eisenkern. Alle diese Klassen erkennt man an der Magnetachse im Bezug zur Ekliptik. Der erste Körper, der sich gebildet hat und einen Eisenkern vorweist, ist jedoch Titan.

---

[161] Jupiter hat eine äußere Gasschicht aus Wasserstoff und Helium. In tieferen Regionen beginnt plötzlich eine Gasschicht aus schweren Elementen. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 28.8.19, S N2

Die Ursache der Entstehung der Gasplaneten dieser Art ist Titan und Jupiter. Sie sind die ersten Körper mit Eisenkerne, die sich bilden, weil die Abplattung der Gasscheibe um den Stern höher geworden ist. dadurch ist das Trennungsverfahren besser. Das findet bei Sternen ab 0,7 Sonnenmassen statt (siehe Diagramm 1). In dem Moment, wo sich dieser beiden Körper bilden, sind sie die größten Körper. Das erhöht die Periheldrehung außerhalb von ihnen, und das führt dazu, dass Planeten mehr Monde einfangen können. Bei den Körpern des Kuiper-Gürtels ist es noch so, dass sie nur einen regulären Mond einfangen konnten. Damit fehlte dem Kleinplaneten Masse und er wanderte aus der Nähe des Sterns weg. Mit Titan und Jupiter als Festkörper ändert sich das und der erste Planet sammelt eine Reihe an Monden ein. In dem Sinne verhält es sich auch so, dass sie das Jupitersystem parallel zum Neptun, Uranus und Saturn entwickelt hat.

Die Gasplaneten als Vertreter E- und die C-Klasse wandern kategorisch von Stern weg, wenn sie Gase aufnehmen. Das ist aber bei den Vertretern der M-Klasse nicht so. Jupiter wäre der erste Gasplanet mit Eisenkern gewesen, der die Möglichkeit gehabt hätte, nicht nur Gasplanet zu werden, sondern auch sich weiter zum Stern zu entwickeln. Er hat es deswegen nicht geschafft, weil die T-Taurikrise der Sonne zu ihrer Verkleinerung geführt hat, und Jupiter so zu früh Gase aufgenommen hat. Hätte das nicht stattgefunden, wäre das innere Planetensystem seinen Monden geworden, und sicher auch zum Teil abgestürzt.

Das heißt diese Körper der M-Klasse sind durchaus in der Lage zu Doppelsternen zu werden. Sie setzt in manchen Fällen zu spät ein und damit gibt es ei den G-Sternen vereinzelt enge Doppelsterne. Sie liegen bei etwa Sternen mit etwa 0,8 Sonnenmassen und nennen sich RS-Canum-Venaticorum-Sterne. (siehe Kapitel Doppelsterne)

Bei Sternen höherer Masse ist die Rotation der Gasscheibe höher. Damit ist das Trennungsverfahren über die Strömung besser. Daher gibt es dort auch Klassen von Körpern mit Schichten nur aus Nickel (ab Sterne mit 1,2 Sonnenmassen), nur aus Eisen und bei Sternmassen von etwa 1,9 Sonnenmassen aus einem Kern mit Nickel und einem Mantel aus Eisen. Da ist Eisen und Nickel klar getrennt. Das entspricht etwa der M-Klasse.

2.9.3. Einfang der Monde und Masse des Planeten

Wenn sich zwei Körper in Mondgröße einfangen, nähert sich der kleinere Körper dem größeren Körper. Der größere Körper verzögert seine Geschwindigkeit und der kleinere beschleunigt. Dadurch geht der eine auf eine äußere und der andere auf eine innere Bahn. Je größer die Masse und damit auch die Gravitation beider Körper, desto größer ist der Unterschied der Bahnveränderung.

Der größere Körper gewinnt schneller an Masse, weil er die größere Gravitation hat. So verlagert er den gemeinsamen Schwerpunkt immer mehr zu sich hin, bis der Schwerpunkt in ihm liegt. Hat er das einmal erreicht, gewinnt er deswegen an Masse, weil sich alle eingefangenen kleinen Körper nach dem Einfang um ihn drehen. Beim Durchdringen der Gasscheibe um die Sonne stürzen sie auf ihn ab. Der zweite Körper (Mond) wird dadurch in seinem Massengewinn benachteiligt, weil sich die Körper um den Planeten drehen. Nicht nur die Gravitation ist der Nachteil für den Mond, sondern auch seine Position. Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Saturnmonde, so sind bei ihnen zwei Arten von Einschlagskratern vorzufinden (9.2.3.)[162]. Ein gutes Beispiel ist dabei Dione. Die erste Generation sind große Krater, und dann folgen in der zweiten Generation viele kleine Einschlagskrater. In dieser ersten Phase ist der Mond noch alleine im Entstehungsbereich unterwegs. Nach dem Einfangen drehen sich alle Körper um den Planeten. Früher oder später stürzen sie wegen der ungleichmäßigen Strömungsverhältnisse ab. Nach dem Einfang durch den Planeten ändert sich diese Situation und der Mond fängt nur noch kleine Körper ein.

[162] Laurence A. Sonderblom, Torrence V Johnson: „Die Monde des Saturn“ Spektrum der Wissenschaft 3/1982

Dione hat zwei Kategorien von Einschlagskratern und unterschiedliche Strukturen von Bug und Heck. Das Heck ist von hellen Streifen überzogen, die sich durch die Krater ziehen. - S. 160 f

Gehen wir zurück zu unserem ersten Paar eingefangener Körper, bei denen sich einer ins Zentrum setzt, so nähern sich diesem äußeren Paar zwei weitere Körper, die den Entstehungsbereich verlassen haben. Das äußere System hat schon an Masse gewonnen, weil es über die größere Gravitation verfügt. Diese ist damit auch die Ursache, warum der ankommende Körper eine größere Bahnveränderung erfährt. Das führt zu einer größeren Umlaufbahn um den Planeten. Unter diesem Blickwinkel ist der Radius der eingefangenen Monde ein Maß für die Masse des Planeten zum Einfangzeitpunkt.

Hierbei muss man noch einen anderen Fall betrachten. Er ist bei den Kometen erwähnt. Es besteht die Möglichkeit, dass sich mehrere retrograde Kometen zu einem großen Körper entwickeln. Dieser Körper dürfte einmal die Planetengröße erreichen und dann zum Gasplaneten werden. Da es sich um reine Eiskörper handelt, die dann die Gase sammeln, ist ihre Dichte auch sehr gering. Durch die Gasscheibe gelangen solche Planeten auch nicht zur Ekliptik. Wichtig ist dabei nur, dass es sich mit bei diesen Gasplaneten, um eine neue Klasse von Exoplaneten handelt, die diesen reinen Eiskern besitzen. Demnach müssen alle retrograden Gasplaneten eine solch geringe Dichte vorweisen.

Geht man im Bezug zu diesem Entwicklungsablauf auf die Temperatur ein, so ist das erst Paar, was sich einfängt, sehr nahe am Stern entstanden. Die Temperatur beider Körper ist sehr hoch. Wenn die nächsten Paare vom Planeten eingefangen werden, ist er nicht mehr so nahe am Stern und alle eingefangenen Körper haben schon Schichten mit Körpern aus etwas kühlerer Temperatur gesammelt. Da ein Mond kaum mehr am Masse gewinnt, ist es so, dass gerade die ersten regulären Monde eine besonders hohe Temperatur vorweisen. So hat Enceladus Geysire am Südpol oder Io zeigt einen starken Vulkanismus. Das ist auf den Entwicklungsablauf zurückzuführen.

2.9.4. Jupiters und Saturns Massen beim Einfang ihrer Monde

Ein Beispiel für die abnehmende und ansteigende Abdrift eines Körpers wäre Jupiter mit dem Einfang seiner Galiläischen Monde. Wenn er Io einfängt, ist er noch mitten im Entstehungsbereich. Als er Europa einfängt, dürfte er da gewesen sein, wo die Kometen entstehen, also in der äußeren Region. In diesem Bereich hat er Ganymed eingefangen. Jupiter wird große Mengen Wasser gesammelt haben, während er die äußeren drei Galiläischen Monde einfing. Dazu kam das Material, was die Monde mitbringen. Seine Dichte nimmt schon deswegen zu, weil er das Wasser der Kometen sammelt. Durch diese steigende Masse des Planeten nimmt die Abdrift ab und sie geht gegen null, nachdem er Callisto, also seinen vierten Mond eingefangen hat. Er dürfte nicht allzu weit vom Entstehungsbereich entfernt gewesen sein.

Betrachtet man dabei den Abstand der Monde von Jupiter, so wird er nach außen hin größer. Das heißt, die Masse des Planeten steigt mit jedem weiteren eingefangenen Mond immer schneller an. Weil der Planet an Masse und Gravitation zunimmt, wird seine Gravitation größer und er sammelt schneller an Masse, weil er aus einem größeren Umfeld Körper einfängt.

Das verhält sich zum Beispiel bei den ersten Monden des Saturns anders. Saturn ist, entsprechend seiner Monde, selbst noch kleiner und daher nimmt seine Masse am Anfang noch langsamer zu. Damit steigen die Abstände auch in einem geringeren Maß.

Nachdem Callisto entstanden ist, kommt die Sonnenkrise. Es dauert dann noch eine Zeit bis Jupiter das Mondsystem eingefangen hat und dann beginnt er Gase aufzunehmen. Der Entstehungsbereich kühlt aus. Der Asteroidengürtel als Rest des Entstehungsbereiches wandert zu Jupiter. Mit der Gasaufnahme sinkt die Dichte, und die Abdrift setzt wieder ein. Der äußere Bereich der Asteroiden erreicht Jupiter. Damit wird eine Reihe dieser Körper in 11 Millionen Kilometern Abstand zu Jupiter eingefangen. Dieser große Abstand, den die Kleinmonde gegenüber Callisto haben, ist das Zeichen, dass die Gasaufnahme begonnen hat. Hier hat die T-Taurikrise der Sonne eingesetzt. Damit gewinnt der Planet auf eine andere und sehr schnelle Weise Masse.

Jupiter ist durch seine große Masse und seine großen Dichte zur Ekliptik gewandert. Damit ist seine Inklination sehr klein geworden. Die Asteroiden haben die Inklination von 26° bis 28° gehalten und werden so eingefangen.

Jupiter verliert in der weiteren Entwicklung durch die Gasaufnahme an Dichte und seine Abdrift wird größer als die der Asteroiden. Zum Einfangzeitpunkt hat er mit dem Gasmantel eine Dichte, die denen der Asteroiden entsprach. Im Schnitt haben sie eine Dichte von 3 g/cm³.

Während dieser Zeit hat sich der Entstehungsbereich neu gebildet in dem die inneren Planeten entstehen. Es dauert aber eine Weile bis neue Körper und Kometen entstehen. In der Zeit steigt die Masse Jupiters weiter an. Die gegenläufigen eingefangenen Kometen finden sich in einem Abstand von über 20 Millionen Kilometern. Diese Abstände der Kometen sprechen von einer großen Gasmasse, die er mittlerweile gesammelt hat. Seine Dichte hat abgenommen, und damit entfernt er sich von der Sonne.

Bei Saturn ist der Abstand der Monde etwas anders als bei Jupiter. Bis Rhea nehmen ihre Abstände in kleinerem Maße zu. Von Rhea zu Titan verdoppelt er sich. Hyperion nimmt eine Sonderrolle ein, und bei Iapetus haben wir es noch mal mit mehr als einer Verdoppelung zu tun (5.28.) (siehe Tabelle 5). Zu Hyperion müsste man sagen, dass er mit Sicherheit abgestützt wäre, wenn er als Mond bei Titan geblieben wäre. Das Saturnsystem hat ihn aber entrissen, so ist er erhalten geblieben. An ihm kann man sehen, wo sich Titan während seiner Entwicklung bewegt hat. Er hat sich näher zur Sonne entwickelt als Mimas, Miranda und Proteus. Dadurch sind die Einschlagkrater bei Hyperion in der Häufigkeit viel größer als bei den anderen drei Monden.

Die Interpretation kann nur sein, dass Saturn früher mit der Gasaufnahme beginnt. Sie beginnt, bevor diese letzten beiden Monde eingefangen worden sind. Auch hier ist die Ursache die Verkleinerung der Sonne und ein abnehmender Sonnenwind. Dadurch, dass die Masse von Saturn so schnell steigt, ist die Anziehungskraft auf den nächsten Körper größer, und somit wird auch die Bahn des Mondes größer. Die Bahngröße des Mondes ist immer ein Maß für die Masse des Planeten zum Einfangzeitpunkt.

2.9.5. Die T-Taurikrise und die Entwicklung des Jupitersystems

Die Körper des Jupiters sind im Gegensatz zu den vorigen Körpern des Saturns wesentlich höherer Masse. Saturn hat selbst mit den eingefangenen Monden noch keine so große Masse. Durch die T-Taurikrise nimmt Saturn früher Gase auf und gewinnt damit stark an Masse. Das verstärkt die Periheldrehung und damit steigt, die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Körper mir Eisenkern früher gegenseitig einfangen. Da die Körper aber ähnlich groß sind, gelingt das nicht. So entfernt sich Titan und auch im Vergleich dazu der Mars von der Erde. Der zweite fängt dann den dritten Körper ein.

Die T-Tauriphase eines Sterns unterstützt demnach das frühe Entstehen von Jupitersystems. Damit finden sich viele Systeme dieser Art in einer sternnahen Position. Das bezieht sich auf Sterne ab 0,8 Sonnenmassen, wo die T-Tauriphase eine bedeutende Rolle einzunehmen beginnt. Bei ihnen ist das effektive wirken der T-Tauriphase zu erkennen.

2.9.6. Das Zusammentreffen von Planeten untereinander

Es gibt zwei Fälle aus den bisherigen Überlegungen, bei denen ein Planet mit einem oder mehreren Monden ein anderes System eingeholt haben könnte. In dem einen Fall ist es Hyperion. Er könnte ein Mond von Titan gewesen sein und damit hätte sich ein kleines Planetensystem einem größeren genähert. Im zweiten Fall ist es Neptun. Er ist in kleinere Planetensysteme getrieben und hat sie von außen eingefangen.

Die Ursache ist die frühe Gasaufnahme des massenreicheren Systems. Sie führt zu einer größeren Abdrift und damit treibt es schneller zu kleineren Planetensystemen mit höherer Dichte.

Als sich Titan Saturn näherte, ist Hyperion in eine immer stärkere elliptische Bahn gelangt. Bei seiner letzten Umrundung hat er die Gravitation beider Körper genutzt und ist in einem Swing-by in eine Umlaufbahn des Saturns gelangt. Kurz danach folgte Titan. Hyperion nutzt in diesem Sinne die Gravitationsfelder beider Körper. So ist er wohl etwas früher eingefangen worden, hat aber die größere Bahn erreicht. Durch den Schwung bekam er auch eine höhere Exzentrizität.

An dieser Betrachtung erkennt man auch, dass kleinere Systeme von größeren Systemen zerrissen werden. Nähert sich ein kleines System von innen, werden die Elemente einzeln beschleunigt und kommen in die gleiche Rotationsrichtung wie die Monde des großen Systems. Nähert sich ein großes System einem kleinen System, so werden die Körper der Reihe nach aus dem kleinen System getrennt und in der Geschwindigkeit verzögert und kommen in die gegenläufige Richtung des großen Systems. So erklärt sich die Rotationsrichtung von Triton im Neptunsystem.

Triton wird nicht der einzige Körper gewesen sein, sondern vor ihm werden mehrere Körper von Neptun eingefangen worden sein. Die Ursache liegt in der Gasaufnahme der Planeten. Da Neptun die größere Masse gegenüber den äußeren Systemen besaß, beginnt er mit der Gasaufnahme. Damit verlier er an Dichte und erhöhte seine Abdrift. Kleinere Systeme konnten das nicht und so verloren sie weniger an Dichte.

Neptun bewegt sich in das äußere Kleinplanetensystem fängt Mond für Mond ein. In dieser Zeit nimmt er noch Gase auf. Körper, die eingefangen werden, bewegten sich gegen die Gasrichtung, erfahren eine Reibung und erleiden auf diese Weise einen stetigen Bahnverlust. Damit näherten sich dem vorhandenen Mondsystem, was sich in anderer Richtung dreht. Nähern sich zwei große Körper, die in Entgegengesetzter Richtung drehen, nehmen sie sich ihre Geschwindigkeit und stürzen beide ab. Auf diese Weise sind die Monde paarweise abgestürzt.

Die Begründung, warum Triton erhalten blieb, liegt daran, dass die Gaszufuhr versiegte. Damit wurde er nicht mehr gebremst und blieb erhalten.

Zum Neptunsystem muss man noch folgendes sagen. Neptun verliert an Abdrift, weil so viele Körper auf ihn abstürzen. Er bewegt sich ja als äußerster Gasplanet in den Kuiper-Gürtel hinein. Die abstürzenden Körper erhöhen die Dichte. So ist die Dichte gegenüber Uranus viel größer. Durch diese kleinere Abdrift passt Neptun auch nicht mehr in die Titus-Bode-Beziehung. Diese gilt für alle Körper im inneren Sonnensystem bis Uranus. Sie gilt aber nicht mehr für Neptun (51.25.)[163].

2.9.7. Die abnehmende Dichte von Pluto bis Iapetus

Wenn die Planeten und Monde hintereinander entstanden sind, fällt eines auf: Von Pluto bis Iapetus nimmt die Dichte der Körper ständig ab. Das hat auch etwas damit zu tun, welche Arten von Monden oder Planeten sich zu einer bestimmten Zeit entwickelt haben. Um das in der Entwicklung verständlich zu machen, müssten die Monde des Neptun noch erhalten sein und es wäre auch schön, hätte man die Körper, die zwischen Triton und Neptun unabhängig um die Sonne kreisten. Es bleibt der indirekte Hinweis, dass die Dichte von Neptun sehr viel höher ist, als die des Uranus. Ein Teil der Dichte ergab sich daraus, dass Monde und Planeten in ihm abgestürzt sind. Rechnet man diese ab, dürfte sie immer noch höher gewesen sein, als die des Uranus und seiner Monde.

Ein Nachweis für die Kerndichte Neptuns ist die Neigung der Magnetachse von 17,4° gegenüber der Ekliptik. Das ist ein Zeichen dafür, dass er der E-Klasse der Asteroiden zugehörig ist. Demnach war er ein Körper wie Pluto. Triton entspricht der gleichen Klasse, und es wird noch ein weiterer Körper der E-Klasse zwischen Pluto und dem Neptunsystem existiert haben. Da auch sie paarweise entstanden sind, existierten vier Körper dieser Art. Hinzu kommen Monde, die aus der C-Klasse stammen. Davon hatte Triton einen und der Unbekannte könnte zwei gehabt haben. Nach Neptun werden nur noch Körper der C-Klasse entstanden sein. Die starke Veränderung der Dichte im Sonnensystem setzt nach diesen Betrachtungen bei Neptun ein.

Die Ursache für dieses plötzliche Dichtegefälle ist das Auftreten der M-Klasse. Der erste Vertreter wäre Titan. Ihre Entwicklung ist nur möglich, weil sich Eisenkörper, die schon fest sind

---

[163] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Die Titus-Bode-Beziehung gilt nur bis zum Gasplaneten Uranus. Für Neptun und Pluto gilt sie nicht mehr.

10-2016, S. 524

einen Gesteinsmantel sammelt der relativ heiß ist und sich damit auf dem Eisenkern verflüssigt. Das führt zu einem frühen Magnetismus. Der schützt vor dem Sonnenwind. Damit gelangen Eisenkörper eher zu einer Gasaufnahme, und das ändert ihre Inklination. Dieser wird größer und damit stören sie die Entwicklung der E-Klasse (siehe nächster Text). Genau gesagt, schneidet dieser erste Eisenkörper den inneren Entstehungsbereich in dem sich die E-Klasse bildet, vom äußeren Bereich ab. Damit können sich außerhalb dieser Grenze an der sich der Eisenkörper befindet, nur noch Körper der C-Klasse bilden. Das ist auch der Grund, warum der Sprung im Wert der Magnetachsen im Bezug zur Ekliptik zwischen Uranus und Neptun existiert. Auch Neptun und Saturn waren anfangs Körper der C-Klasse. Indem die beiden Körper mit Eisenkern weiter hinaus wandern, führt das zu einem weiteren Dichteverlust, den man an den Monden von Uranus bis Saturn erkennen kann (19.1.)[164]. Erst danach ordnen sich die beiden Körper ein.

Die Körper die diesen Schnitt in der Entwicklung der Klassen vollziehen sind Titan und Jupiter. Das ist ab den Sternen mit 0,7 Sonnenmassen. Erst dann treten massiv Gasplaneten oder Exoplaneten auf.

Es geht dann um die Frage, warum Titan Jupiter nicht eingefangen hat? Er ordnet sich dem Saturnsystem zu, während Jupiter mit Io das neue Mondsystem bildet. Die Ursache liegt darin, dass die großen Körper der M-Klasse gleich groß werden, wenn sie den ganzen Entstehungsbereich durchlaufen haben. Damit ist die Periheldrehung und die Abdrift gleich und sie können sich nicht einfangen. Das gleiche gilt auch für Mars und Erde. Dadurch gelangt er ins Saturnsystem. Ab diesem Zeitpunkt bilden sich nur noch Körper mit Eisenkern, denn jeder weitere Körper nimmt an Inklination zu und fängt damit alle Gesteinskörper hinter ihm ein.

Dieser Gedanke macht insofern Sinn, da die M-Klasse der Asteroiden zwischen der E- und der C-Klasse liegt. Indem sich diese M-Klasse weiter entwickelt, schiebt sie sich zwischen diese beiden Klassen. Hat sie sich einmal in diese Region geschoben, bewegt sie sich weiter in die Richtung des äußeren Entstehungsbereichs. Titan und Jupiter beschneiden den Bereich schon recht früh. Sie ordnen sich aber erst in diese Reihe von Körpern ein, nachdem Rhea und Iapetus entstanden sind.

Zu diesen Erklärungen gehört auch die Frage, warum sich Titan und Hyperion als sein ehemaliger Mond zwischen dem Mond Rhea und dem Mond Iapetus bewegen. Hier muss man erste einmal die Grafik 18a vor Augen haben. Jede Klasse von Körpern hatte einmal eine eigene Inklination. Es ist eine Fächerung verschiedener Klassen. Während sich jetzt die M-Klasse bei kleiner Inklination immer weiter in die Region der Entstehung der äußeren Gasplaneten schiebt, entstehen bei immer größeren Inklinationen die Gasplaneten Neptun, Uranus und Saturn. Dabei werden die Körper der M-Klasse immer größer. Titan war noch ein sehr kleiner Körper als sich Neptun gebildet hat. Erst bei der Bildung vom Saturnsystem hat er seine eigentliche Größe erreicht unter der er von Saturn eingefangen wurde. Mit der zunehmenden Masse hat Titan immer mehr Körper bei kleinen Inklinationen einfangen können. Als haben sich die Gasplaneten zum Schluss nur noch in größeren Inklinationen Körper einfangen können. Titan hat dabei als äußerster Körper das Saturnsystem unterwandert. So ist er in die Position zwischen Rhea und Japetus gelangt. Nachdem Saturn Rhea eingefangen hatte, war seine Masse so groß, dass seine Abdrift kleiner war als die Abdrift von Titan. So hat sich Titan Saturn bei einer kleineren Inklination genähert und konnte dann eingefangen werden. Erst hat er Hyperion als Mond verloren und dann ist er selber eingefangen worden. Danach begann die Gasaufnahme für Saturn und Japetus wurde ganz zum Schluss als regulärer Mond eingefangen. Wichtig ist, dass sich die Körper der M-Klasse mit dem Saturnsystem überlappt haben. Man muss hier sehen, dass Saturn einmal als kleinerer Körper in seiner Entwicklung an Titan bei einer sehr großen Abdrift vorbei zieht, dann aber immer mehr an Masse gewinnt. Damit wird seine Abdrift sehr klein und so nähert Titan wieder Saturn. Saturn entwickelt sich auch sehr viel schneller als Titan. Dadurch ist es möglich, dass dieser Bewegungsablauf zwischen beiden Körpern stattfindet. In der Zeit hat Jupiter schon mehrere seiner Monde eingefangen.

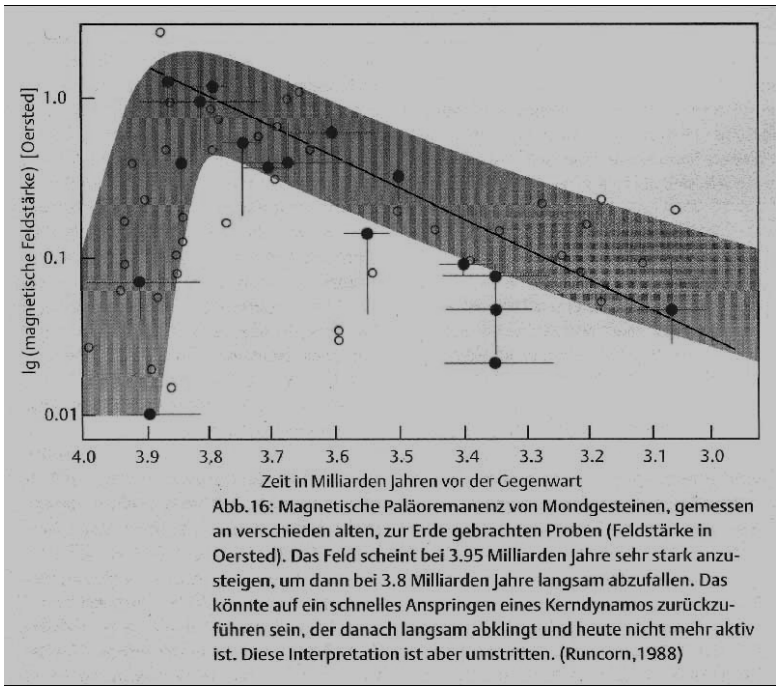
---

[164] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

2.9.8. Magnetfelder und Rotation der Erdmonde

Wenn wir annehmen die Monde seien eingefangen, müssten sie eine Rotation gehabt haben. Ein Magnetfeld wäre dafür ein Hinweis. Ganymed und Io haben ein Magnetfeld. Es würde sich über die Rotation eines Eisenkerns erklären lassen. Das würde auch bedeuten, dass die Monde insgesamt rotiert haben. Beim Erdmond ist keines mehr vorhanden, aber er hatte eines gehabt. Dem Mondgestein ist zu entnehmen, dass dieses Magnetfeld einmal sehr schnell angestiegen ist und dann langsam verloren ging (siehe Grafik 22a). Das langsame Abklingen wäre der Zeitpunkt nach dem Einfang durch die Erde.



Grafik 22a: Magnetische Eigenschaften des Mondgesteins (5.4.)[165]

Fragt man sich wie das Magnetfeld entstanden ist, muss man sich die Entwicklungsreihenfolge von Körpern mit Eisenkern vorstellen. Diese Körper entwickeln sich aus den Körpern der M-Klasse der Asteroiden. Sie bilden demnach erst den Eisenkern, der wie man bei den Astroiden sieht, eine hohe Rotation hat. Diese Körper sind feste Körper. Daher hat der Kern der Erde auch einen festen Eisenkern (5.2.)[166]. Danach sammelt der Körper den Silikatmantel aus Körpern der E-Klasse der Astroiden. Diese sind Hochtemperaturkondensate mit einem Anteil an Eisen und Nickel. Sammelt nur der Körper weitere Massen Gestein schmilzt das Eisen und der Nickel aus und bildet, wie man es bei der Erde sieht einen flüssige Schicht aus Eisennickel. Man hat dann einen festen Kern aus Eisennickel,

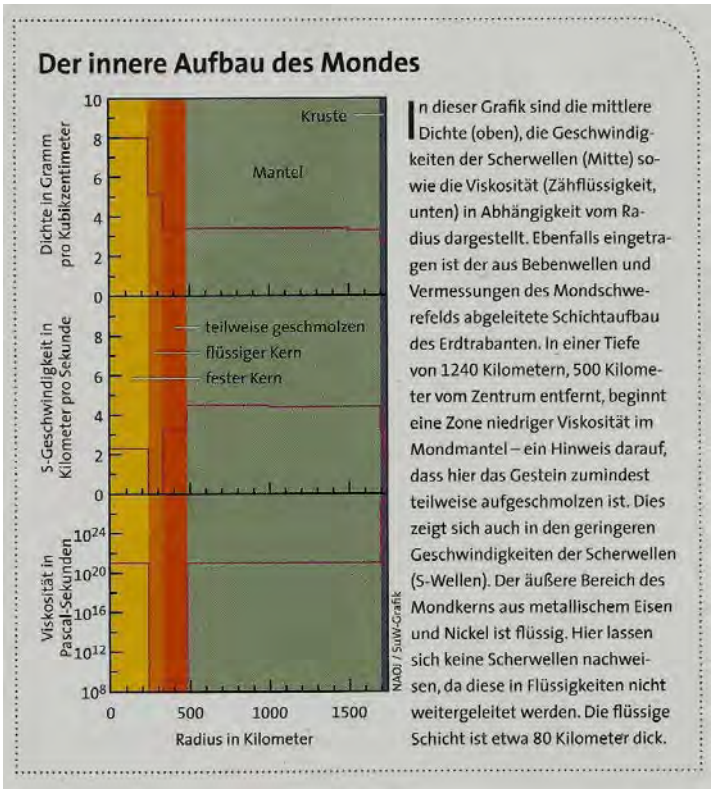
[165] Das Mondgestein von 4 bis 3,9 Milliarden Jahren weist einen starken Anstieg des Magnetfeldes vor. Von 3,9 bis 3,1 Milliarden Jahren fällt es langsam an.

Sterne und Weltraum, 11-1999 - S. 964

[166] Der geschmolzene Eisenkern der Erde beginnt ab 2900 Kilometer Tiefe. Der innere Kern von 2400 Kilometern Durchmesser dreht sich etwa um 10° Neigung gegenüber der Rotationsachse, und er dreht sich schneller als der Mantel. Im Gegensatz zu der Plattenbewegung der Kruste bewegt er sich über 1 Million Mal schneller, was 20 Kilometer pro Jahr entspricht.

Sterne und Weltraum, 4-1997 - S. 335

diese Kern wird nicht geschmolzen, - und eine flüssige Schicht aus der gleichen Zusammensetzung, wie der Kern. Wichtig ist, dass der Hochtemperaturkondensate einen höheren Schmelzpunkt haben als Eisen und Nickel (19.2.)[167]. Dadurch schmilzt nur das Eisen aus. Dazu kommt nun, dass der Mantel aus Gestein langsamer rotiert. Damit existiert ein Rotationsunterschied. Zudem wird mit der Aufnahme der Silikate auch die Inklination geändert. Dann setzt der Dynamo ein und das Magnetfeld schnellt nach oben, wie es in Grafik zum Mondgestein zu sehen ist.



Grafik 22b: Der innere Aufbau des Erdmondes (5.143.)

Auf dem Erdmond hat es auch seismische Untersuchungen gegeben. Dabei sind 28 Erdbeben in den Jahren 1969 bis 1977 festgestellt worden. Die Beben haben in der Nähe einer Überschiebung stattgefunden. Demnach gibt es auf dem Erdmond auch Plattenbewegungen, wie auf der Erde. Sie sind nur nicht so stark, wie auf der Erde (27.61.)[168]. Da die Plattentektonik auf der Erde nur über ihre Rotation erklärt werden kann, so sind die Mondbeben auch ein Hinweis auf seine ehemalige Rotation. Diese Rotation hat der Mond bekommen, bevor er von der Erde eingefangen wurde.

Betrachtet man dazu das Innere des Erdmondes, so hat er einen Eisennickelkern von 440 km Durchmesser. Die darüber liegende Schicht ist 80 Kilometer dick und flüssig. Dann folgt eine Schicht

---

[167] Ludolf Schulz: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Korund (Al 2O3) hat eine Kondensationstemperatur von 1485°C, Perowskit (Kalzium-Titan-Trioxid, CaTiO3) 1374 °C, Melilith (Ca2Al 2SiO7 & Ca2MgSi2O7) 1350°C, Spinell (MgAl 2O4) 1513°C. Die Verbindung aus Nickel und Eisen (NiFe) hätte 1200 °C. - S. 119

[168] Auf dem Erdmond haben vom Jahre 1969 bis zum Jahre 1977 28 Erdbeben stattgefunden. Die Beben lagen in der Nähe einer Überschiebung. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 15.5.2019, S. N2

von Flüssigem Gestein und ab 1240 km Tiefe beginnt das Gestein fest zu werden (5.143.)[169]. Damit ist die Größe und innere Struktur des Erdmondes Io recht ähnlich. Der Mond ist demnach ausgekühlt und hat so seinen Dynamo verloren.

Der wesentliche Gedanke bei der Rotation des Eisenkerns liegt darin, dass Monde damit nicht im System entstanden seien kann. Die Monde des Jupiters und der Erdmond müssen eingefangen worden sein. Das gilt für Monde mit Eisenkern. Man daraus schließen, dass die regulären Monde allgemein eingefangen sind. Innerhalb des Systems ist das nicht erklärbar.

Hier kommt noch ein wichtiger Aspekt beim Magnetismus hinzu. Der Kleinplanet Haumea außerhalb von Pluto hat eine sehr hohe Rotation und eine hohe Dichte. Er hätte demnach auch einen Eisenkern. Dabei ist seine Inklination groß. Die Frage wäre, warum sie so groß geworden ist, da Eisenkörper bei kleinen Inklinationen entstehen.

Mit dem Einsetzen des Dynamos hat der Körper einen Schutz über das Magnetfeld vor der Gasscheibe. Hier geht es darum, dass die zweite Schicht um den Kern flüssig ist, und dick genug ist. Das löst den Magnetismus aus. Der Magnetismus führt dann zu einer früheren Gasaufnahme, die Dichte nimmt dabei von dem Körper ab und die Inklination verändert vergrößert sich. Demnach haben alle Körper mit Eisenkern und Rotation einmal eine Gasaufnahme erlebt. Durch die Veränderung der Inklination haben sie den Schutz der Gasscheibe erlassen und später die Gase wieder verloren. Titan ist da der einzige Mond, der auch einen Eisenkern haben muss, der diese Gase behalten konnte, weil er vom Saturnsystem eingefangen wurde und diese die Nähe de Sonne verlies.

Allgemein kann man sagen, dass Physiker nicht erklären können, wie der Magnetismus beim Mond verloren gegangen ist. Sie wissen nur, dass er einmal sehr stark gewesen ist (45.30)[170]. Sie haben aber nicht verstanden, wie der Mond seinen Magnetismus verloren hat. über den Einfang des Mondes durch die Erde und über den schnellen Rotationsverlust durch die Erde, wird der Mond zur gebundenen Rotation gezwungen, und zudem kühlt er aus. Damit geht sein Magnetismus verloren. Da der Magnetismus sehr stark war, ist das ein klarer Hinweis auf die ehemalige Rotation des Mondes, und diese Rotation kann die Physik allgemein im Sonnensystem auch nicht erklären.

2.9.9. Einschlagskrater der Monde

Was ebenfalls als ein Hinweis für Rotation der Monde gewertet werden kann und dafür spricht, dass sie eingefangen sind, wären die beiden Kategorien von Einschlagskratern, die besonders gut bei den Saturnmonden zu sehen sind (9.2.)[171]. Die großen Krater in der ersten Periode umfassen den ganzen Mond. In der zweiten Periode finden sich nur noch kleine Krater und diese liegen oft auf einer Seite. Diese beiden Kategorien sprechen für zwei Perioden. In der ersten Phase entwickelt sich der Mond alleine, rotiert und sammelt alle Körper ein. Das wäre bevor er vom Planeten eingefangen wurde. Nachdem er eingefangen ist, verliert er die Rotation und wird nur von kleinen Körpern getroffen, weil der Planet die großen Körper aufnimmt. Diese zwei Phasen gibt es bei Mars und Merkur nicht. Sie sind auch nicht eingefangen worden.

---

[169] Der Mond hat einen festen Eisenkern von 440 km Durchmesser. Darüber liegt eine flüssige Schicht von 80 km Stärke. Unterhalb einer Tiefe von 1240 km ist das Gestein zum Teil noch aufgeschmolzen.

Sterne und Weltraum, 8-2015, S. 18 f

[170] Der Magnetismus ist beim Erdmond einmal seht stark gewesen. Man schätzt ihn auf 100 Tesla.

Bild der Wissenschaft, 11-2017, S. 8

[171] Laurence A. Sonderblom, Torrence V Johnson: „Die Monde des Saturn“ Spektrum der Wissenschaft 3/1982

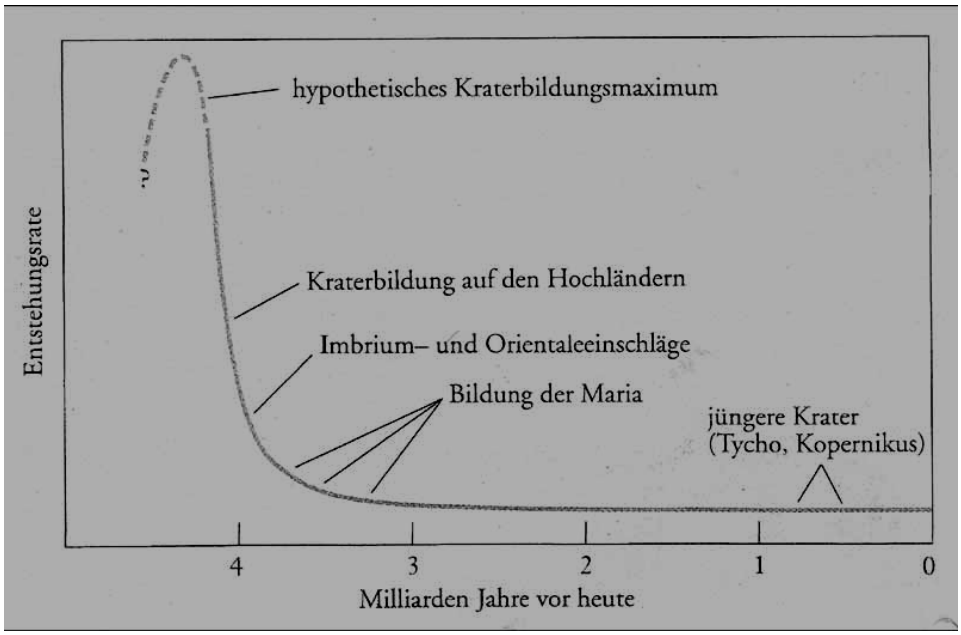
Strukturen der Oberflächen der Saturnmonde. - S. 157 ff

Die Galiläischen Monde weisen diese Struktur nicht auf, weil die äußeren drei Monde vor dem Einfang schon eine große Schicht Wasser sammeln und diese erst einmal flüssig bleibt. Io weist durch die Nähe zu Jupiter eine hohe Aktivität vor, die alle äußeren älteren Strukturen zerstört hat. Unter der Eisschicht der äußeren drei Monde müssten die Krater der ersten Periode großer Einschläge noch erhalten sein.

Bei den inneren Saturnmonden, speziell bei Enceladus, ist eine verminderte Häufigkeit der Einschlagskrater zu finden (9.2.7.)[172]. Das ist damit zu erklären, dass Saturn zu der Zeit, als er diese ersten beiden Monde einfing, noch eine geringe Masse hatte. Damit konnte er noch nicht all zu viele Körper anziehen.

Die verminderte Rate von Einschlagskratern bei Venus ist damit zu erklären, dass in dieser letzten Phase der Planetenentstehung keine größeren Körper mehr entstehen (22.12.)[173]. Die kleineren Körper werden zum größten Teil in der Atmosphäre von Venus, die sicher noch stärker gewesen sein wird, zerstört.

Beim Erdmond ist festzustellen, dass die Einschlaghäufigkeit mit einem mal rapide abnimmt (siehe Grafik 23). Die Antwort könnte darin liegen, dass dies der Einfangzeitpunkt durch die Erde war. Nach dem Eingang hat die Erde alle Körper angezogen, weil sie die größere Gravitation hatte.



Grafik 23: Einschlagskrater beim Erdmond (20.3.)[174].

[172] Laurence A. Sonderblom, Torrence V Johnson: „Die Monde des Saturn“ Spektrum der Wissenschaft 3/1982

Bei Enceladus sind die Krater seltener als bei Mimas. - S. 164

[173] Mark A. Bullock, David H. Grinspoon: „Klima und Vulkanismus auf der Venus“

Im Gegensatz zu anderen Planeten und Monden hat die Venus mit 963 Kratern äußerst wenige Einschläge.

3-2001 - S. 34

[174] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Die Einschlagskrater des Mondes sind bis 3,5 Milliarden Jahre rückschauend nahezu konstant und ihre Häufigkeit steigt danach sehr steil bis 4 Milliarden Jahre an. - Diagram, S. 67

2.9.10. Größe der Mondpaare untereinander

Die zusammengehörigen Mondpaare weisen unterschiedliche Größen und Masse auf. Mit zunehmender Masse hat der erste Mond die Fähigkeit Körper aus einem anderen Winkel in seine Umlaufbahn zu lenken und einzufangen. Das sind demnach Körper die „von dieser anderen Seite“ kommen und die der zweite Mond einfangen würde. Sie haben diesen anderen Winkel. Diese Winkelabweichung entspricht der doppelten Inklination des Körpers.

Damit dieser Einfang gelingt, bedarf es einer gewissen Gravitation. Mondpaare bis 500 Kilometer Radius haben eine zu geringe Gravitation. Diese Fähigkeit setzt erst bei den Monden ein, die über 750 Kilometer Radius haben. Hier ist die Gravitation groß genug, und damit ist der erste Körper des jeweiligen Paares in der Lage kleinere Körper der Gegenseite aufzunehmen. Das bezieht sich auf das letzte Stück der Wanderschaft bis zum Einfang durch den Planeten.

Bei den Jupitermonden ist es so, dass dieser Prozess früher einsetzt. Das liegt aber nicht nur an der Gravitation sondern an den Winkeln der einzelnen Klassen. Bei den Eisenkörpern (M-Klasse) liegt sie bei einer Inklination um 11° und bei den Gesteinskörpern der E-Klasse um 17,5°. Das der Winkel bei der M-Klasse kleiner ist, ist die Wahrscheinlichkeit Körper umzulenken größer. Nehmen wir das Paar Io und Europa, so nimmt Io Europa bestimmte Mengen Eisen weg, und dadurch entwickelt sich Europa langsamer wenn er einen Gesteinsmantel aufnimmt. Der Verlierer ist auf diese Weise Europa. Ihm fehlen Körper der E-Klasse und damit verzögert sich das Wirken seiner Gravitation in seiner mittleren Entwicklungsphase. Das wirft ihn in seiner gesamten Entwicklung sehr weit zurück. Bevor er eingefangen wird, hat er wesentlich weniger Masse einfangen können. Es ist da noch hervorzuheben, das Io und Ganymed bei den Paaren beides Mal die erste Position belegen, und daher ist es nicht verwunderlich, dass der Eisenkern fast gleich sind (5.78.)[175].

Auch bei Jupiter und Titan wird das gleiche eingetreten sein, wie bei den späteren Körpern. Titan war in der Anfangsphase größer als Jupiter. Titan und Jupiter haben wohl einen Eisenkern, weil die Abplattung eingesetzt hat. Sie sind aber die ersten mit Eisenkern und lösen die Entwicklung der Gasplaneten aus. Ihnen fehlt aber die Periheldrehung durch die äußeren Gasplaneten. So sind die Eisenkerne bei Io und Ganymed besser ausgeprägt, weil sie später entstanden sind, als schon Gasplaneten entstanden sind. Allgemein muss man auch sagen, dass die Periheldrehung Aufgrund der Allgemeinen Relativitätstheorie stärker wird, weil die Sonne ständig an Masse gewinnt.

Für das erste Paar gilt auch, dass sie sich nicht einfangen können. Das liegt daran, dass sie gleich groß sind daher die Periheldrehung und die gleiche Abdrift haben. So fängt immer der zweite des ersten Paares den ersten des zweiten Paares ein. Das heißt, Jupiter fängt Io ein und Titan läuft davon, und im inneren Sonnensystem fängt die Erde den Erdmond ein und der Mars läuft davon.

Allgemein müsste man noch etwas zu Titan sagen. Er ist am weitesten durch den Entstehungsbereich gewandert, und wurde dann mit Hyperion von Saturn eingefangen. Damit war seine Entwicklung beendet. Er hat nicht mehr sehr viel am Masse hinzugewonnen. Dadurch, dass er mit dem Saturnsystem aus der Nähe der Sonne weggewandert ist, blieb seine Oberfläche mit der Gasschicht erhalten. Da er eine Oberfläche hat, die aus Methan und Ethan besteht, liegen diese Als Seen vor. Es gibt auch Flusslandschaften, die bei einer Temperatur von - 180 Celsius tätig sind. Dazu gehören noch Anteile von Stickstoff. Die feste Oberfläche ist Eis. Diese großen Mengen an Molekülen mit der geringem Kondensationspunkt, zweigen, wie weit er schon von der Sonne entfernt war, als er gebildet worden (27.34.)[176]. Das unter dem Schutz der Gasscheibe um die Sonne.

---

[175] Der Eisenkern und Gesteinsmantel von Ganymed ist etwa genau so groß und hat den gleichen Aufbau, wie der von Io. - Sterne und Weltraum - 8-2005 - S. 10

[176] Titan hat eine Oberfläche mit Seen und Meeren, die sich aus Methan, Ethan und Anteilen aus Stickstoff zusammensetzen. Es existieren auch ausgeprägte Flusssysteme. Die Oberflächentemperatur liegt bei – 180 Celsius. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 23.4.17, S. 58 f

2.9.11. Wassermengen bei Planeten und Monden

Die Jupitermonde zeigen ab Europa große Mengen Wasser. Die Mengen müsste man eigentlich bei den inneren Planeten und unserem Mond ebenfalls vorfinden. Das ist aber nicht der Fall. Im Prinzip ist der Erdmond vergleichbar mit Io, der auch kein Wasser hat. Die Frage ist, warum die Wassermengen mit jedem neuen Mond anwachsen. Bei Europa spricht man von einer 100 bis 200 Kilometer dicken Eisschicht und bei Ganymed hat eine Schicht von 900 km Dicke (69.6.)[177]. Bei Callisto müsste sie ähnlich groß sein.

Die großen Wassermengen können nur gesammelt werden, wenn der Planet mehrere Monde eingefangen hat und damit auch den ganzen Entstehungsbereich durchläuft. Für Jupiter und Io ist es so, wie bei der Erde und dem Mond. Diese Paare fangen sich gegenseitig ein bevor der Entstehungsbereich erreicht wird in dem sich Kometen bilden. Damit haben beide eine geringe Menge Wasser, aber selbst der Erdmond hat geringe Mengen an Wasser gesammelt (27.53.)[178]. Das innere Sonnensystem entwickelt sich nicht weiter, weil die Gasscheibe zusammenbricht und damit auch keine weiteren Körper gebildet werden. Diese Körper kommen bis auf Erde und Mond auch nicht zusammen.

Beim Jupitersystem ist es so, dass es sich weiter entwickelt hat, von da ist er mit Io in den Bereich der Kometen gelangt, und hat dann die nächsten Monde eingefangen. Diese hatten dann die Möglichkeit Wassermengen zu sammeln bevor sie eingefangen wurden. Sind sie einmal eingefangen gelangen sie nicht mehr an all zu großen Massen von Körpern, weil der Planet alle Körper an sich bindet.

In dem Zusammenhang muss man noch mal auf die oberen Schichten der Gase von Jupiter eingehen. Diese Schichten sind erst viel später gebildet worden als Jupiter Gasplanet wurde und den Entstehungsbereich ganz verlassen hat. Die Gase die dort aufgenommen worden sind, haben geringere Kondensationstemperaturen. Folglich findet man in den äußeren Schichten kaum Wasserdampf (27.29.)[179]. Die Physik sucht dort vergeblich nach Wasser, weil sie ein ganz anderes Bild der Entstehung vom Sonnensystem hat.

Die inneren Planeten entsprechen der letzten Phase der Entstehung unserer Sonne nach der T-Tauriphase. Hier ist die Entwicklung nur noch kurz, bis fünf große Körper entstehen. Merkur hätte eigentlich zwei Körper werden sollen. Dann käme man auf die besagten drei Paare. Die Gasscheibe brach aber zusammen, weil der Stern so stark gebremst wurde und damit wurden aus zwei Eisenkernen einer, weil das Trennungsverfahren nicht mehr funktionierte, und dazu kamen nicht die Reste der E-Klasse, die eine Gesteinsmantel bildeten. Somit ist Merkur noch nicht einmal in den Bereich der C-Klasse gelangt und konnte überhaupt keine Wassermengen sammeln. Körper, die Wasser hatten, waren demnach nur der Mars, die Erde und der Mond. Die Wassermengen werden zudem eingeschränkt, weil am Ende die Gasscheibe abgeworfen wird. So ist der Sonnenwind viel stärker. Daher haben die Körper weniger Wasser als drei der Jupitermonde.

Bei der Erde muss die äußere Schicht sehr schnell abgekühlt worden sein. Bei Tiefbohrungen hat man festgestellt, dass sich das Erdinnere mit zunehmender Tiefe sehr schnell erwärmt. Auf der Erde finden sich zudem abgeschliffene Zirkonkristallen, die für eine sehr frühe kühle und feuchte

---

[177] Ganymed hat eine Wasserschicht von 900 km Dicke. - Die Zeit, Wochenzeitung, 16.11.17, S. 38

[178] Auf dem Erdmond ist an mehreren Regionen in den Polbereichen Eis nachgewiesen worden.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 23.8.18, S. 7

[179] Jupiter hat in seinen äußeren Schichten äußerst wenig Wasserdampf.

Frankfurter Allgemeine Zeitung - 3.7.16, S. 66

Umgebung sprechen (22.22.)[180]. Das bedeutet, es hat vor 4,2 bis 4,4 Milliarden Jahren schon Flüsse gegeben, die Gesteine rundgeschliffen haben. Durch die Plattentektonik ist es schwieriger die Erde abzukühlen, weil heißes Material immer wieder an die Oberfläche gelangt. Über den Mond hat die Erde es geschafft mehr Wassermassen an sich zu binden. So hatte sie gegenüber dem Mars einen Vorteil.

Um die Wassermengen auf der Erde zu verstehen, muss man die Atmosphäre der Erde genauer betrachten. Hier fällt auf, dass das Verhältnis von schweren Isotopen des Edelgases Xenon bei der Erde in der Atmosphäre gering ist. Dagegen ist die Häufigkeit in der Sonne und allgemein bei den Körpern im inneren Sonnensystem hoch. Dagegen hat man beim Kometen 67P festgestellt, dass die Häufigkeit schwerer Isotope äußerst gering ist (27.40.)[181]. Die Erde ist in den Bereich der Kondensation von Wasser vorgedrungen und hat mit dem Mond größere Mengen Kometen eingesammelt. Das hat sich dann in der Gasschicht der Erde niedergeschlagen. An den Kometen kann man dann zudem noch erkennen, dass das Trennungsverfahren über eine Gasströmung auch schwere und leichte Isotope trennen kann.

Neuere Untersuchungen beim Erdmond zeigen, dass er einmal einen sehr ähnlichen Wassergehalt hatte, wie die Erde. Der Anteil ist, wie bei der Erde 0,14 % (26.6.)[182]. Das spricht gegen eine Einschlagtheorie zur Entstehung des Erdmondes. Dieser Wassergehalt ergibt sich dadurch, dass im inneren Entstehungsbereich immer eine Anzahl von Kometen mit hoher Exzentrizität gelangt. Damit haben alle Monde oder Planeten gewisse Mengen Wasser in ihrem Gestein.

Das Wasservorkommen in der Oberfläche des Erdmondes ist aber eher gering. Im inneren ist der Wasseranteil wieder höher (27.41.)[183]. Es wäre die Frage, wie man das mit einem Entwicklungsablauf beschreiben kann. Beim Erdmond geht es darum, dass er zur späteren Phase nicht mehr so viel Wasser bekommen hat. In der frühen Phase war er alleine. Da hat er alle Kometen eingefangen. In der späteren Phase war er Begleiter der Erde. Da hat die Erde die meisten Kometen an sich gebunden. Es geht aber auch darum, dass der Sonnenwind in der letzten Phase der Entwicklung des Sonnensystems so stark geworden ist. Da war die schützende Gasscheibe nicht mehr da. Die Strahlung verhinderte da die Aufnahme von Wasser. Es wurde an der Oberfläche der Körper einfach zu heiß. Die Erde hat es zu dem Zeitpunkt schon geschafft größere Wassermengen an sich zu binden.

Beim Mars hat man große Grabensysteme gefunden in der Nähe von Vulkanen gefunden, die durch die Bewegung von Schmelzwasser erklärt werden könnten. Das Wasser ist jedoch

---

[180] Zirkonkristalle aus der Erdkruste haben ein Alter von 4,2 bis 4,4 Milliarden Jahren. Das Sauerstoffisotopenverhältnis beträgt 5,5 bis 7,5. Das spricht für ein kühles und feuchtes Klima auf der Erde.

Spektrum der Wissenschaft, 5-2006- S. 80 f

[181] Die schweren Isotope des Xenons sind bei der Sonne und im inneren Sonnensystem häufig. In der Erdatmosphäre sind diese schweren Isotope verarmt. Beim Kometen 67P sind die schweren Isotope noch seltener. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 21.6.17, N1

[182] Kleinste Glasperlen im Mondgestein haben Magmaeinschlüsse von Kristallen und diese weisen 0,14% Wasser vor. Das entspricht dem Wert der Erde. (bezieht sich auf einen Artikel von *Science*.) - Süddeutsche Zeitung 27.5.11, S. 18

[183] Der Erdmond hat in tieferen Schichten höhere Anteile an Wasser und in oberen Schichten geringe Anteile. Das Gestein der Apollo 15 und 17 Flüge lieferte Gestein aus dem inneren des Mondes. Das Ergebnis über die oberen Schichten des Mondes lieferten Untersuchungen im Infrarot-Bereich.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 26.7.17, S. N2

verschwunden (26.21.)[184]. Der Mars hat ebenfalls den Entstehungsbereich durchlaufen und ist in die Region gelangt in der er größere Wassermengen aufgenommen hat. Das ist auch gefroren, und in einer späteren Entwicklung wieder aufgetaut. Das hat damit zu tun, dass die Sonne im Laufe ihrer Entwicklung heißer geworden ist. Das Wasser ist dann zum großen Teil ins All entweicht.

Zum inneren Sonnensystem muss man allgemein sagen, dass es ein abgebrochener Prozess zum Gasplaneten ist. Wenn die Erde weitere Monde eingefangen hätte, wäre sie weiter in die Region gewandert in der sehr viel mehr Wasser kondensiert. Die Monde hätten dann mehr Wasser bekommen und wären so geworden wie im Jupitersystem. Die Grenze an der große Massen an Wasser aufgenommen werden liegt bei Körpern mit Eisenkern erst beim zweiten Mond, weil er später eingefangen wird und so in die Region gelangt in der das Wasser kondensiert.

2.9.12. Ein Salzmeer in Callisto

Auf Grund ihrer Wanderschaft durch den Entstehungsbereich müssten Europa, Ganymed und Callisto eine große Wasserschicht haben. Die ist bei Europa und Ganymed festgestellt worden (5.25.)[185]. Es ist aufgrund des Ablaufs der Entwicklung auch klar, dass Ganymed die größere Eisschicht besitzt.

Aus den Gravitationsmessungen der Galileosonde ergibt sich bei Callisto eher eine homogene Zusammensetzung. Seine Dichte nimmt zum Kern nicht so stark zu wie bei Ganymed. Bei Callisto spricht man nicht von einer großen Wasserschicht, weil man sich wahrscheinlich über die Art der Zusammensetzung nicht im Klaren ist. Aber es ist klar, dass er keinen Eisenkern hat wie Ganymed, Europa und Io.

Aus meinen Überlegungen heraus, besteht Callisto aus einem Gemisch aus Eisen und Gestein, was der S-Klasse der Asteroiden entspricht. Darüber liegt eine Schicht aus leichtem Gestein. Die äußere Hülle ist eine dicke Schicht aus Eis und darunter eventuell sogar Wasser. Diese Schicht hat er in der äußeren Regionen des Entstehungsbereiches eingesammelt, wie alle anderen Monde auch.

Es ist demnach die Frage, wie könnte man dieses Eis oder ein in der Tiefe vorhandenes Meer lokalisieren? Den Hinweis dazu liefert das ausgelöste Magnetfeld von Callisto gegenüber Jupiter. Callisto selber hat kein Magnetfeld, aber er verändert das Magnetfeld von Jupiter. Um nun diese Veränderung in einem Bild darzustellen, müsste man eine hole Kupferkugel um Jupiter kreisen lassen. Diese hohle Kugel würde dem gleichen Effekt entsprechen, wie eine Kugelschale aus einem Salzmeer von einigen 10 Kilometern Dicke (22.14.)[186]. Wenn nun diese tiefe Schicht eines Meeres in Callisto existiert, dann ist es auch logisch, dass oberhalb von ihm nur Eis existiert. Das würde bedeuten, die äußere Schicht von Callisto wäre ein dicker Panzer aus Eis und darunter befände sich diese dicke

---

[184] Auf dem Mars muss es größere Mengen an Wasser gegeben haben, um die Gräben in der Nähe von Vulkanen erklären zu können. Das Wasser ist jedoch verschwunden. - Süddeutsche Zeitung 6.8.15, S. 12

[185] Die Galiläischen Monde weisen getrennte Schichten von Eisen im Kern, Gestein im Mantel und Eis und/oder Wasser in den äußeren Schichten vor. Auf Io ist kein Eis zu finden. Bei Callisto ist die Dichte im Kern nicht so hoch, wie bei allen anderen Monden. Die stärke der Eis und Wasserschicht wird bei Europa auf 70-200 km geschätzt und bei Ganymed auf bis zu 800 Kilometer.

Sterne und Weltraum 7-2002 - S. 26

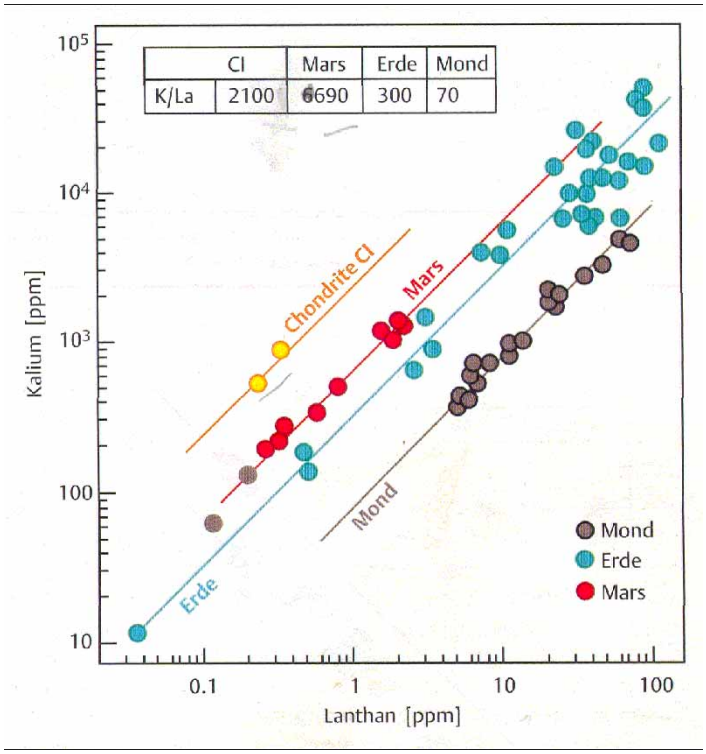
[186] Torrence, V. „Johnson: Jupiter und seine Monde“ - Callisto verändert das Magnetfeld von Jupiter in der Weise, dass es am besten mit einer holen Kupferkugel erklärbar wäre. Der Ersatz für diese Kugel wäre ein Meer aus Salzwasser von mehreren 10 Kilometern Dicke möglich.

Spektrum der Wissenschaft, 3-2001 - S. 68

Schicht eines Salzmeeres. Damit wäre die äußere Schicht von Callisto Ganymed ähnlich, der ebenfalls diesen dicken Eispanzer hat.

2.9.13. Anteil von Lanthan gegenüber Kalium im inneren Sonnensystem

Der Anteil von Lanthan gegenüber Kalium steigt im inneren Sonnensystem von den äußeren Körpern zu den inneren Körpern an (siehe Grafik 24). Lanthan ist ein schwerflüchtiges Element, und Kalium ist dagegen ein leichtflüchtiges Element. Die Veränderung dieses Verhältnisses könnte man dahingehend interpretieren, dass die Temperatur bei dem Entstehen des jeweiligen Körpers gestiegen ist. Das wäre ein Hinweis für den Anstieg der Temperatur der Sonne während ihrer Entwicklung. Demnach wäre der Temperaturunterschied zwischen Erde und Mars nicht einmal so groß gewesen, aber er ist es zwischen Erde und Mond. Der Mond präsentiert eine spätere Phase der Entwicklung im Sonnensystem, wo ihre Temperatur noch einmal ansteigt. Er ist der Partner von Venus. Durch dieses Verhältnis der Werte kommt man zu dem Gedanken, dass der Mars der Erde viel ähnlicher ist als die Erde dem Mond. Das passt auch zur Altersbestimmung des Erdmondes. Er wird auf 4,51 Milliarden Jahre geschätzt, und wäre demnach etwa 30 Millionen Jahre jünger als die Erde (5.154)[187]. Demnach müsste Venus das gleiche Alter haben wie der Mond.



Grafik 24: Kalium-Lanthan-Anteil im inneren Sonnensystem (5.3.)[188].

[187] Der Mond wird aufgrund von Zirkon-Kristallen auf 4,51 Milliarden Jahre geschätzt. Er wäre demnach 30 Millionen Jahre jünger als die Erde. - Sterne und Weltraum, 3-2017, S. 11

[188] Das Kalium/Lanthan-Verhältnis ist bei den CI-Meteoriten 2100, beim Mars liegt er bei 690, bei der Erde entspricht er 300 und der Mond hat einen Wert von 70.

Stern und Weltraum, 9-1999 - S. 747

Hinzu kommt, dass das Magma des Mondgesteins wesentlich hochviskoser gewesen ist als bei der Erde. Schwere Elemente überwiegen im Vergleich zur Erde gegenüber den leichten Elementen, und der Mond weist gegenüber der Erde einen höheren Anteil an Wolfram auf (12.1.)[189]. Diese Daten sprechen für eine höhere Entstehungstemperatur der Mondoberfläche gegenüber der Erdoberfläche.

Zudem sollte man noch kurz die chemische Zusammensetzung der Meteoriten in Bezug auf die Planeten erklären. Die schwerflüchtigen Elemente im Erdmantel sind gegenüber diesen kohligen Chondriten verarmt (2.9.)[190].

Die Erklärung für das verminderte Vorkommen von Elementen höherer Ordnungszahl in der Erdkruste, aber auch in der Marskruste liegt in der Wanderschaft der Planeten durch den Entstehungsbereich begründet. Als sie den Kern entwickelten, bewegten sie sich noch in einer Region höherer Temperatur, womit auch Stoffe höherer Kondensationstemperatur vorhanden waren. Je weiter sie aus diesem Bereich heraus gewandert sind, um so mehr bewegten sie sich in Bereiche geringerer Temperatur. Dort kondensierten leichtere Stoffe. Diese bildeten die Kruste des Planeten (51.29.)[191].

Das bedeutet für das innere Sonnensystem, Mars und Erde sind das erste Paar. Was diese Ähnlichkeit unterstützt, ist die gleiche Art im Vulkanismus und es hat auch eine Sedimentbildung durch Wasser existiert (51.23.)[192]. Das zweite Paar sind der Erdmond und die Venus, und das dritte Paar wären eigentlich Merkur und ein weiterer Körper. Da aber zu dem Zeitpunkt der Entstehungsbereich zusammen bricht, werden aus zwei Körpern, der E-Klasse und der M-Klasse Merkur. Merkur hat damit die doppelte Menge an Eisen und schwerem Gestein. Der Erdmond wäre vergleichbar mit dem Mond Io aus dem Jupitersystem und die Venus wäre vergleichbar mit dem Mond Europa. Das würde bedeuten, dass die Venus kurz bevor der Erdmond von der Erde eingefangen wurde, kleiner war als der Erdmond.

Bei Erde und Mond sieht man, dass sie unterschiedlichen Paaren angehören. Das zeigt auch einen Altersunterschied zwischen der Erde und Mond. Er zeigt nur 4,36 Milliarden Jahre gegenüber der Erde mit 4,56 Milliarden Jahren *(Ruhrnachrichten am 27.10.2011).*

Wichtig ist auch, dass die Entwicklung von Merkur abgebrochen ist, weil er der letzte war der entstand. Er ist nicht durch den ganzen Entstehungsbereich gewandert, wie alle anderen Körper. Das liegt daran, weil am Ende die Gasscheibe um die Sonne plötzlich zusammen brach. Die Körper aus den Merkur entstand, sind daher sehr heiß gewesen und haben sich nicht abgekühlt. Daher ist seine

---

[189] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Eukrite haben einen hohen Wolfram-Gehalt auf dem Mond aber nicht auf der Erde nicht. - S. 75

[190] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Im Vergleich der Elementenhäufigkeit zwischen den kohligen Chondrite (C1-Chondrite) und dem Erdmantel stellt sich eine Verarmung schwerflüchtiger Elemente auf der Erde heraus. - S. 87 f

[191] Die Kruste des Mars hat eine relativ geringe Dichte.

Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

4-2018, S. 193

[192] Das Marsgestein enthält Tridymit. Tridymit entsteht bei explosiven vulkanischen Eruptionen im Temperaturbereich über 870° Celsius. Zudem hat auf dem Mars eine Sedimentbildung durch Wasser existiert.

Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

8-2016, S. 419

Oberfläche viel stärker vom Vulkanismus geprägt als die Erde und die chemische Zusammensetzung ist auch eine andere (26.11.)[193]. Er ist an der Oberfläche komplett aufgeschmolzen gewesen.

Der Zusammenbruch der Gasscheibe sorgt dafür, dass Venus und Merkur keine Rotation bekommen. Zudem konnte der Erdmond nicht auf eine Ebene um die Erde gebracht werden. So schwankt seine Bahn um die Erde.

2.9.14. Das Erdinnere

Wie schon kurz zu Anfang des Buches erwähnt, hat die Erde eine klare Schichtung von Materialien in Gesteinsschichten und Eisenlegierungen mit Gesteinsverbindungen hoher Dichte. Auffallend ist die Kern-Mantel-Grenze (KMG) mit dem Dichtesprung von 5 g/cm³ auf 10,5 g/cm³ mit der Tiefe von 2900 Kilometern Tiefe tritt dieser Sprung der Dichte plötzlich auf, und zudem hat man einen wahrscheinlichen Temperatursprung von etwa 1000° Celsius (59.1.)[194]. Die darüber liegende Gesteinsschicht die Fließeigenschaften von Glas und schließt damit einen Austausch oder ein Trennungsverfahren von Eisen und Gestein aus (59.3.)[195]. In der Schicht unterhalb der KMG ist zudem ein Anteil an Gestein in der Metalllegierung aus Eisen und Nickel. In der Tiefe nimmt der Anteil an Eisen und Nickel noch einmal etwas zu.

Es existiert demnach ein fester Kern mit einer Dichte etwa um 13 g/cm³ und einem flüssigen äußeren Kern mit einer Dichte über 10,5 g/cm³. Das ist die Kernmantelgrenze (KMG). Darüber liegt ein nahezu fester Mantel aus Gestein mit geringem Anteil an Metallen. Diese Schichte hat Fließeigenschaften wie Glas. Diese müssen demnach separiert eingefangen worden sein. Die Dichte dieser äußeren Schicht beträgt auch nur noch 5,5 g/cm³. Dieser Sprung in der Dichte ist auch die Ursache dafür, warum sich die Inklination der Erde vergrößert hat. Der Unterschied zwischen der Magnetachse der Erde und der Rotationsachse des Mantels liegt in diesem Sprung der Dichte. So ist die Erde ein Körper mit zwei Rotationsachsen (5.2.)[196].

In Bezug zur KMG müsste man noch etwas zur Plattentektonik sagen. Auf der KMG findet man an verschiedenen Plätzen die D“-Schicht. Die D“-Schicht ist ein Zeichen für die frühe Plattentektonik der Erde. Es war eine Zeit als die Erde die Schicht oberhalb der KMG noch nicht

---

[193] Die Oberfläche von Merkur weißt größte Vulkantätigkeiten vor mit kilometerbreiten Lavaströmen. Zudem ist die chemische Zusammensetzung anders als auf der Erde. Es finden sich darin ein geringerer Anteil an Eisen und ein zehn Mal größerer Anteil an Schwefel gegenüber der Erde. – Süddeutsche Zeitung 30.9.11, S. 16

[194] Peter Giese, Geodynamik und Plattentektonik – Beiträge aus Spektrum der Wissenschaft, - Heidelberg Berlin Oxford, - Spektrum, Akademischer Verlag. – 1995

Dichteverlauf im Erdinneren (Grafik) Die Dichte nimmt in der Tiefe von 600 Kilometern von 4 g/cm³ bis 4,6 g/cm³ zu in der Tiefe von 2900 km (D“-Schicht und KGM) nimmt sie von 5 g/cm³ auf 10,5 g/cm³ zu und in 5100 km Tiefe (fester Kern) nimmt sie noch mal von 12,7 g/cm³ auf 13,4 g/cm³ zu. - S. 25

[195] Peter Giese, Geodynamik und Plattentektonik – Beiträge aus Spektrum der Wissenschaft, - Heidelberg Berlin Oxford, - Spektrum, Akademischer Verlag – 1995

Aufgrund der hohen Viskosität des unteren Mantels müsste die Erde noch heute die Zusammensetzung wie zu seiner Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren haben. - S. 17

[196] Der geschmolzene Eisenkern der Erde beginnt ab 2900 Kilometer Tiefe. Der innere Kern von 2400 Kilometern Durchmesser dreht sich etwa um 10° Neigung gegenüber der Rotationsachse, und er dreht sich schneller als der Mantel. Im Gegensatz zu der Plattenbewegung der Kruste bewegt er sich über 1 Million Mal schneller, was 20 Kilometer pro Jahr entspricht. Die schnelle Bewegung im Kern ist der Rotationsrichtung der Erde entsprechend nach Osten ausgerichtet. - Sterne und Weltraum, 4-1997 - S. 335

eingesammelt hatte. Die Plattentektonik ist verbunden mit der Rotation und die Erde hat in der frühen Phase ihrer Entwicklung eine Rotation von etwa 10 Stunden pro Tag. Die Plattentektonik der Erde beginnt in einer ganz frühen Phase (27.78.)[197]. Ein Hinweis der frühen Plattentektonik sind geologische Funde aus Australien. Dort hat man Zirkone gefunden, die älter als 4,2 Milliarden Jahre sind. Dieses Gestein ist in Flüssen abgeschliffen worden und wurde so vom Gebirge zum Meer transportiert. Demnach hat es zu der Zeit schon Gebirge auf der Erde gegeben und damit muss auch eine Plattentektonik existiert haben.

Die Plattentektonik ist aber auch abhängig von der Masse des Planeten. Die Venus hätte eine Plattentektonik haben können, aber ihr fehlt die Rotation. Dem Mars fehlt die Plattentektonik, weil die Masse zu klein ist. So hat die Erde als einziger Planet im inneren Sonnensystem eine Plattentektonik erlangt.

Die Plattentektonik greift eher unter dem Äquator der Erde an, weil sie durch ihre Neigung auf der Gasscheibe um die Sonne dort den Antrieb bekommen hat. Damit werden Kontinente unterhalb des Äquators starker verschoben. So haben sich Australien und Indien sehr schnell bewegt.

In den bisherigen Beschreibungen bildet sich erst der Eisenkern aus der M-Klasse (siehe Grafik 5). Dieser entwickelt sich wegen der hohen Dichte sehr langsam, dürfte aber auch nicht aus reinem Eisen und Nickel bestehen. Die Asteroiden zeigen, dass die M-Klasse in der Dichte Gesteinsanteile haben muss (siehe Tabelle 7b). Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Asteroidengürtel zu einer Zeit entstand als die Gasscheibe abgeschwächt war. Das Trennungsverfahren funktionierte nicht so gut. Bei der Erde ist die Trennung besser gewesen.

Bei dem Eisenkern handelt es noch um ein spezielles Problem. Die M-Klasse hat wegen der kleinen Inklination Schwierigkeiten sich Körper anderer Klassen mit größerer Inklination einzufangen. Also wandert ein entsprechender Körper erst weiter von der Sonne weg, sammelt mehr Masse und beginnt später Körper der S-Klasse einzufangen. Es geht darum, dass die M-Klasse mehr Schwierigkeiten hat die S-Klasse einzufangen als die S-Klasse die M-Klasse. So erklärt sich auch die getrennte Entstehung eines größeren Eisenkerns. Er braucht eine längere Entwicklung.

Nach der Bildung des Eisenkerns sammelt die Erde die Körper der E-Klasse und der S-Klasse das Körper aus einer Mischung von Eisen und Gestein (siehe Grafik 5). Das Gestein kommt eher aus dem Inneren des Entstehungsbereiches und hat eine höhere Temperatur, weil es bei geringerer Dichte schneller durch den Entstehungsbereich wandert. Dabei setzt in dieser zweiten Schicht der Magnetismus ein, das führt zu einer verfrühten Gasaufnahme von Körpern mit Eisenkern und ändert über eine frühe Gasaufnahme die vorher kleine Inklination.

Im Laufe der nächsten Phasen müsste die Erde auch den Mond einfangen. Wann das genau stattgefunden hat, kann man nicht sagen. Diese beiden wandern in die Region der C-Klasse und der D-Klasse, wie wir sie bei den Asteroiden vorfinden (siehe Grafik 5). Das sind dann vorwiegend Gesteine mit geringerem Anteil an Eisen und Nickel. Da dies der äußere Entstehungsbereich ist, ist auch die Temperatur dieser Körper nicht so hoch. Damit kann man erklären, warum der äußere Mantel eher fest ist oder sehr zäh fließend. Zum Schluss sammeln die Erde und auch der Mond noch eine Schicht an Wasser. Die größeren Anteile an Wasser gehen an die Erde.

Man findet in 660 km Tiefe noch mal einen Wechsel der Klassen und hat zudem über die Auswertung von Erdbeben große Gebirge in dieser Tiefe gefunden (27.57.)[198]. Das spricht für den

---

[197] Altes Basaltgestein in Australien lässt darauf schließen, dass die Plattentektonik bereits von 3,2 Milliarden Jahren auf der Erde existiert hat. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 29.4.2020, N1

[198] Im Inneren der Erde in 660 km Tiefe hat man große Gebirge festgestellt. Die Auswertungen stammen vom Erdbeben des Jahres 1994 in Bolivien mit der Stärke von 8,2.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 6.3.2019, S. N2

Wechsel von der C-Klasse zur D-Klasse. Jede Schicht hat ihre eigene Plattentektonik über die Rotation erhalten.

Zur Massenverteilung kann man sagen, dass Erde und Mond in der Lage waren mehr Massen an sich zu binden. Das bezieht sich vor allem auf die Erde. Das führte dazu, dass nicht so viel Körper an ihnen vorbeiziehen konnten, und so hatte der Mars weniger Masse. Er hat nur 1/9 der Erdmasse. Die Plattentektonik ist damit zu erklären, dass genügend Masse vorhanden war. Das brachte die Erde auf. Die Venus liegt mit 18,5 % der Masse unterhalb der Erde. Dazu fehlte ihr das Wasser. Diesen Bereich haben nur der Mars, die Erde und der Mond erreicht.

Mit diesem Ablauf, in Anlehnung an den Asteroidengürtel als Rest eines Entstehungsbereiches, kann man die Entwicklung der Erde und den Mond recht gut erklären, was auch passend ist zur inneren Struktur. Über diese sehr genaue Schichtung der Erde, gelangt man noch zu einem anderen Gedanken. Es wird in der Physik gerne diskutiert der Mond sei entstanden als ein marsgroßer Körper in die Erde einschlug. Hätte das wirklich stattgefunden, wäre eine so saubere Schichtung bei der Erde zerstört worden. Die inneren Strukturen sprechen gegen diesen Denkansatz. Ein weiteres Gegenargument ist die Systematik der Mondentstehung im Sonnensystem. Das kann nur mit systematischen Denkansätzen erklärt werden.

Zum Erdinneren gibt es noch zu sagen, dass aufgrund von Neutrinomessungen festgestellt wurde, dass der atomare Zerfall im Inneren der Erde dem vom Meteoriten entspricht. Meteoriten haben die gleichen Zusammensetzungen, wie das Erdinnere (45.13.)[199]. Sind demnach bei Materialien gleich, müsste auch der Entstehungsort der gleiche sein. Das würde auch damit übereinstimmen, dass Körper um einen Stern in der Nähe des Sterns und hintereinander entstehen.

Zur Erdoberfläche muss man sagen, dass sie in ihrer ganzen Entwicklung immer fest gewesen ist. Alle Körper im Sonnensystem sind nach der Entstehung immer Festkörper gewesen. Erst mit der wachsenden Masse hat sich das Innere bei größeren Körpern verflüssigt. Zudem ist jeder Körper von den heißen Regionen eines Sterns in kühle Regionen gewandert, wo er Körper geringer Temperatur eingesammelt hat. Die Sonderstellung der Erde besteht darin, dass die Plattentektonik schon sehr früh eingesetzt hat und flüssiges Gestein in Form von Lava an die Oberfläche transportiert. Das ist aber gleich wieder abgekühlt.

2.9.15. Die Wassermengen der Erde

Betrachtet man nun die Wassermengen im Erdinneren, so hat man bei Untersuchungen festgestellt, dass in einer Schicht um etwa 660 km tiefe das Mineral Ringwoodit vorkommen müsste, was bis zu 3 Volumenprozent am Wasser eingebunden haben kann. Rechnet man diese Wassermengen hoch, so kommt man auf eine Menge die den Weltmeeren der Erde entspricht (27.12.)[200]. Wie kommt es dazu, dass diese Mengen an Wasser entstanden sind?

Hierzu passt noch eine zweite Information. Das Wasser im Inneren der Erde ist anders als das Wasser in den Meeren. Also sind unterschiedliche Arten von Wasser gesammelt worden. Auch der

[199] Über die Neutrinostrahlung aus dem Erdinneren konnte festgestellt werden, dass der Atomare Zerfall aus der Erde dem der Meteoriten entspricht. Zudem reicht der gemessene atomare Zerfall aus dem Erdinneren nicht aus, um die Wärmequelle der Erde zu erklären. - Bild der Wissenschaft 2-2015, S. 44

[200] Im Erdinneren bei etwa 660 km Tiefe befindet sich sehr wahrscheinlich das Mineral Ringwoodit (Olivine) mit einem 3 Prozent Volumenanteil von Wasser. Das entspricht der Menge aller Meere auf der Erde. Das sind Messungen, die man in der gesamten Oberfläche von Nordamerika durchgeführt hat. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 18.6.2014, S. N2

Wasseranteil im Marsgestein ist unterschiedlicher Art. Es unterscheidet sich im Deuteriumanteil (27.75.)[201] Also sprechen diese Daten auch für eine schichtweise Entwicklung von Planeten.

Wenn man sich vorstellt, wie die unterschiedlichen Schichten gesammelt werden, so dauert es immer eine Zeit, bis die nächste Schicht einer anderen Art aufgetragen wird. Das hat etwas damit zu tun, dass bestimmte Klassen von Körpern in bestimmten Regionen des Entstehungsbereiches vorkommen. Die entsprechenden Monde oder Planeten wandern durch diese Regionen und treffen aufgrund der sich ändernden Temperatur auf entsprechende Körper einer Klasse.

Ist nur eine Schicht abgeschlossen, fallen auf diesen Planeten oder Mond Kometen. Das ist damit zu erklären, dass Kometen sich sehr schnell entwickeln, kleine Körper bleiben und eine geringe Dichte vorweisen. Dazu kommt noch die Anomalie des Wassers. Es dehnt sich unter einer bestimmten Temperatur aus. So bieten die Kometen bei fallender Temperatur im Gas einen immer größeren Reibungswiderstand und wandern bei gleicher Größe immer schneller weg.

Bei den Kometen muss man auch vor Augen haben, dass sie eigentlich einen geringen Kondensationspunkt haben, also weiter außen im Entstehungsbereich gebildet werden. Durch die geringe Dichte erfahren sie aber eine so große Reibung in der Gasscheibe und erlangen eine so hohe Exzentrizität. Aufgrund dieser Exzentrizität kommen sie doch in Regionen hoher Temperatur, also in die inneren Entstehungsbereich.

Also hat man während sich die Klassen von Körpern als Schichten gesammelt werden einen kontinuierlichen Bewurf von Kometen. In der Phase, wenn der Mond oder Planet keine Körper sammelt, wird auf jeden Fall Wasserschicht eingebunden. Das bedeutet, es gibt im Inneren der Erde zwischen den unterschiedlichen Schichten einer Klasse immer größere Mengen an Wasser.

Zum Wasser der Meere müsste man sagen, dass es von der chemischen Zusammensetzung den kohligen Chondriten ähnlich ist. Die chemische Zusammensetzung der Kometen ist dagegen anders (22.49)[202]. Das hat damit zu tun, dass Kometen durch breite Regionen des Entstehungsbereiches durchqueren und somit unterschiedliche chemische Eigenschaften haben. Das kondensierte Wasser und Eis in der Gasscheibe, was noch klein ist, bewegt sich nur in einer Region und hat daher eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie die kohligen Chondrite. Die Erde wandert in diese Region und sammelt nur bestimmte Mengen an Wasser. Dann bricht die Entwicklung der Planeten im inneren Sonnensystem ab. Die Gasscheibe um die Sonne verschwindet und keine neuen Kondensate werden geliefert.

Der Salzgehalt des Meereswassers ist übrigens über den Vulkanismus in der Erde zu erklären. Der Ostafrikanische Grabenbruch ist dafür ein gutes Beispiel, der sich über 3600 Kilometer Länge von Nord nach Süd zieht. In dieser Region wird sich in den nächsten Millionen Jahren ein neues Meer bilden. Der starke Vulkanismus der sich aus der Lava des Erdinneren unter der Kernmantelgrenze kommt, führt zu einem sehr starken Salzgehalt der dort vorhandenen Gewässer. Im Mittelozeanischen Graben passiert das gleiche nur sind dort die Wassermengen sehr groß.

Wichtig ist dabei, dass die Erde die ganze Zeit ein Festkörper ist. Auch die Plattentektonik hat es die ganze Zeit der letzten Entwicklung gegeben. Damit entstehen Höhenunterschiede und die Erdplatten. Diese bewegen sich ganze Zeit auf der Erde. In der Vergangenheit sind nur die chemischen Zusammensetzungen anders gewesen. In der späten Entwicklung haben sich die Basalte gebildet und in der frühen Entwicklung hat sich Komatit bebildet. Das ist eine Gesteinsform mit einem höheren

---

[201] Das Mantelgestein vom Mars hat zwei verschiedenen Wasserreservoirs mit unterschiedlichen Deuteriumanteilen. Das spricht für eine Getrennte Entwicklung der Schichten des Planeten.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 1.4.2020, N2

[202] Die chemischen Eigenschaften des Wassers auf der Erde sind den kohligen Chondriten ähnlich, sie passen aber nicht so gut zu den chemischen der Kometen.

Spektrum der Wissenschaft 9-2018, S. 59

Kondensationspunkt (22.50.)[203]. Das heißt die Erde war im Inneren heißer. Die Höhenunterschiede dürften auf der Erde in der Anfangsphase kleiner gewesen sein. flüssiges Wasser hat es auf der Erde schon vor 4,4 Milliarden Jahren gegeben. Das ist durch Sauerstoffeinschlüsse der Zirkone nachgewiesen.

Man muss auch noch etwas zum Antriebssystem der Plattentektonik sagen. Die Erde hatte in ihrer letzten Entwicklung eine Inklination von 23,5° gehabt. Unter diesem Winkel durchdringt sie die Gasscheibe, die die Sonne umgibt. Damit liegt das Antriebssystem eher auf der südlichen Region des Äquators. Das ist auch der Grund, warum sich der Mittelozeanische Graben zum Äquator hin nach Osten verschiebt. Das bestimmt damit auch die Form Afrikas und Südamerikas. Die Bewegungsdynamik der Erdplatten ist unterhalb des Äquators aus dem Grund einfach höher. Damit kann man auch erklären, warum sich Indien und Australien von der Antarktis getrennt haben. Im Bereich des Äquators ist zudem der größte Vulkanismus aus der Erde.

Zur Entwicklung der Pflanzen und Tierwelt auf der Erde müsste man noch sagen, dass Afrika als Kontinent einen Vorteil hatte nachdem die Dinosaurier vor 65 Millionen Jahren ausgestorben sind. Afrika bildete keine großen Gebirgslagen auf der Westlichen Seite, als sich der Atlantik gebildet hat. Damit konnten Westwinde den Regen weit in das Land hineintragen. So hat sich dort ein großes und reiches Tropengebiet aus dem dann die Tiere in eine Steppe auswandern konnten. So konnten nur in Afrika die größten Landtiere, wie Elefant und Giraffe entstehen. Die Größe der Tiere hängt mit den fehlenden Gebirgsformen im Westen des Kontinentes zusammen. Die Ausbreitung der großen Tierarten in Afrika, Europa und Asien beginnt in Afrika. Sehr viel später hat sich dann eine Tierart gebildet, - die sich der Mensch nennt, - und hat ebenfalls diesen Tropengebieten verlassen, hat den aufrechten Gang gelernt, ist zum Jäger geworden und diese großen Tiere mit anderen Jägern anderer Tierarten gejagt und hat mit ihnen geteilt.

Man muss allgemein sagen, dass die Erde schichtweise entsteht, wie alle Körper im Sonnensystem und dass das Wasser erst zum Schluss auf die Erde kam. Die Plattentektonik gibt es schon als die Schicht bis zu Kernmantelgrenze (KMG) gebildet wurde. Das bedeutet, dass es schon so etwas wie einen Mittelozeanischen Graben gab, bevor das Wasser auf die Erde kam. Es existierten Gebirge und Vulkane bevor das Wasser auf die Erde kam. Mit dem Wasser sind dann die Ozeane entstanden. Da die Erde nur einen Mond eingefangen hat, hat sie sich in der Region in der das Wasser kondensierte nur kurze Zeit aufgehalten. Hätte die mehrere Monde eingefangen, hätte sie mehr Masse gewonnen und die Abdrift wäre kleiner gewesen. Damit wären die Wassermengen größer geworden. Die Wassermenge eines Planeten ist demnach abhängig von der Anzahl seiner regulären Monde. In den Meeren sind dann vor etwa 4 Milliarden Jahren die biologischen Formen des Lebens gestanden und haben sich lange Zeit nur dort aufgehalten.

Man kann bei der Erde noch etwas zu den Meereshöhenunterschieden sagen. Der Pazifik ist auf der Seite Amerika, also der Westküste, gesenkt. Auf der asiatischen Seite, also der Ostküste, ist der Spiegel erhöht (68.5.)[204]. Dieser Höhenunterschied hat mit der Rotation der Erde zu tun. Die Erde dreht sich von Westen nach Osten und das Wasser der Meere verschiebt sich vom Westen zum Osten und erhöht den Meeresspiegel an den Ostküsten. Da der Pazifik der größte Ozean auf der Erde ist, existiert dort auch der größte Höhenunterschied.

Man muss noch allgemein etwas zu den Wassermengen bei Planeten oder Monden sagen. Wenn ein Planet mehrere Monde eingefangen hat, hat er mehr Masse gewonnen und seine Abdrift ist

---

[203] Das vulkanische alte Gestein der Lava aus der Erde besteht aus Komatit. Dieses Gestein hat einen höheren Schmerzpunkt als die Basalte aus späterer Zeit. Das Erdinnere war demnach zum frühen Zeitpunkt heißer. Das älteste Gestein auf der Erde ist zudem 100 Millionen Jahre jünger als das Gestein der Meteoriten.

Spektrum der Wissenschaft 9-2018, S. 57

[204] Der Meeresspiegel ist auf der Westseite Amerikas im Pazifik gesenkt. Auf der Asiatischen Seite des Pazifiks ist der Meeresspiegel erhöht. - Welt am Sonntag, Deutsche Wochenzeitung - 22.9.19, S. 21

damit kleiner. Die größere Masse an Wasser gewinnt er dadurch, weil er den Bereich in dem das Wasser kondensiert langsamer durchläuft. Durch die größere Masse kann er zudem mehr Wasser aus größerer Entfernung an sich binden. Es sind demnach zwei Faktoren, die die Wassermenge bestimmen, wenn ein Körper den Entstehungsbereich durchläuft.

Interessant ist dabei Titan. Titan hat schon den ganzen Entstehungsbereich durchlaufen und war hinter der Region in der das Wasser kondensiert. So hat er schon Elemente aus Kohlenwasserstoffketten bei sehr geringem Kondensationspunkt gesammelt. Dann ist er von Saturn eingefangen worden. An ihn sieht man, dass ein kleinerer Körper diese Region in der Wasser kondensiert auch ganz durchläuft. Damit ist auch seine Wasseraufnahme abgeschlossen.

2.10. Rotation, Magnetismus und Drehung der Mondsysteme

2.10.1. Fragen zum Thema

In diesem Kapitel geht es um die Drehung der Mondsysteme, um die Achse und die innere Struktur des Gasplaneten. Welche Wirkung hat die Gasscheibe des Sterns auf die Monde und den Planeten? Welche Kräfte wirken. Dann geht es um die Frage, was sind die Magnetachsen der Planeten.

2.10.2. Kräfte beim Durchdringen der Gasscheibe

Körper rotieren, weil sie sich schneller als das Gas bewegen und sich beim Durchdringen der Gasscheibe in immer dichteres Gas bewegen. Hierdurch erfahren sie eine Reibung und rotieren.

Die Rotation hat als Achse das Massenzentrum des Körpers. Der Hebel, der die Kraft überträgt, ist der Radius von der Rotationsachse bis zur Außenfläche des Körpers. Je größer der Körper geworden ist, umso größer ist der Hebel an dem die Reibung angreift, und umso größer wird seine Rotation. Es geht dabei einmal nicht so sehr um den Hebel, sondern um die größere Fläche auf die eine Gasreibung wirkt. Der eigentliche Faktor liegt aber in der Entwicklungszeit. Ein größerer Körper benötigt eine längere Entwicklungszeit und dadurch wirkt die stetige Kraft einer Reibung durch das Gas länger. Es geht hier um die große Trägheit einer Masse, die durch diese langfristig wirkende Kraft zu einer hohen Rotation gebracht wird *(Erklärung im nächsten Text).* Körper hoher Dichte haben eine geringere Inklination, bewegen sich in einer stärkeren Strömung und haben daher eine höhere Rotation als Körper geringer Dichte (7.4.)[205]. Dabei muss man bei der Dichte einer Klasse von der Tendenz der Dichte einer Klasse sprechen. Die Klassen mischen sich untereinander und daher kann man nur von der Tendenz einer Dichte sprechen (siehe Tabelle 7b Dichte der Asteroiden).

Die Rotation und die Abdrift gehören übrigens zusammen. Bei der Rotation begräbt der Körper einen Strömungskeil unter sich und dieser bringt ihm einen Zuge die Rotation bei und im anderen Zuge die Bahnvergrößerung. Die Kraft der Reibung nimmt mit zunehmendem Durchmesser eines Körpers zu, weil die Oberfläche größer wird. Die Wirkungseffizienz der Abdrift nimmt mit zunehmendem Durchmesser eines Körpers aber ab, weil das Volumen und die damit verbundene Masse schneller steigen als die Oberfläche des Körpers. Mit zunehmender Masse eines Körpers geht sie immer gegen Null. Nur so ist es zu verstehen, dass Festkörper sich zum Beispiel bei 4 Tagen Umlaufzeit sammeln und dann mit der Gasaufnahme beginnen. Für die Rotation gilt diese Gesetzmäßigkeit der Wirkungseffizienz nicht. Sie wird wirklich mit zunehmender Größe eines Körpers auch in der Wirkung größer.

Die Kraft die auf einen Körper wirkt, der die Gasscheibe durchdringt, lässt sich in zwei Vektoren zerteilen. Ein Vektor 1 wirkt parallel zur Ekliptik und treibt den Körper vom Stern weg. Ein Vektor 2 steht senkrecht zur Ekliptik und treibt den Körper von der Ekliptik weg. Bei größerer Inklination wird Vektor 2 gegenüber Vektor 1 größer.

Hat man es mit zwei Körpern zu tun, die sich auf der Ebene der Inklination umrunden, kann der Schwerpunkt in einem der beiden Körper liegen oder zwischen beiden. Der Körper (Planet), der den Schwerpunkt in sich hat, verhält sich beim Durchdringen der Gasscheibe wie der Einzelkörper.

---

[205] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Rotation der Asteroiden in Relation zu Masse, Dichte und Größe. Textquelle: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature 296, 418 (1982) - S. 210

Seine Rotation wird weiterhin angetrieben. Der andere Körper (Mond) wird beim Durchdringen vom Vektor 1 in eine elliptische Bahn um den Planeten gebracht und vom Vektor 2 aus der Inklinationsebene des Planeten erst einmal in die Rotationsebene der Ekliptik gedreht. Das bedeutet, die Kraft, die beim Planeten zur Rotation führt, führt beim Mond zur Drehung seiner Bahnebene um den Planeten und zu einer elliptischen Bahn. Die Drehung der Mondsysteme ist demnach der Ersatz für die Rotation.

Zerlegt man diese Kraft in ihre Vektoren, treibt die eine vom Stern weg und die andere drängt ihn von der Ekliptik weg. Die Kraft, die ihn von der Ekliptik wegdrängt, führt dazu, dass die Bahn des Mondes geändert wird. Seine Bahn wird aus der Inklination des Planeten in die Ebene der Ekliptik gedreht.

Stehen der Mond auf der Sternzugewandten Seite und der Planet im Aphel, führt die Kraft dazu, dass er zum Planeten gedrängt wird. Auf den Mond wirkt zwar die kleinere Kraft, weil seine Oberfläche kleiner ist, aber sie hat gegenüber der Masse eine größere Wirkung. Damit nähert er sich dem Planeten.

Auf der Sternabgewandten Seite wirken die gleichen Kräfte. Die eine drängt ihn wieder in die Inklination des Planeten und die andere von ihm weg. Der Unterschied liegt darin, dass der Mond in dieser Sternabgewandten Position weiter von der Ekliptik entfernt ist. Dort sind die Kräfte der Strömung geringer. Damit geht die Tendenz aller Kräfte dahin, dass der Mond zur Ekliptik gedreht wird. Die Stärke der Drehung ist abhängig von der Inklination des Planeten und von seinem Abstand gegenüber dem Planeten. Je größer beide sind, umso größer ist die wirkende Kraft.

Bisher war der Blickwinkel eine Seitenansicht, was einer senkrechten Ebene auf der Ekliptik entspricht, und zum anderen fehlte die Bewegungsrichtung des Mondes, des Planeten und die des Gases. Damit dies besser verständlich ist, wählt man eine Aufsicht. Das wäre eine parallele Ebene zur Ekliptik.

Die weiteren Positionen wären die Heckposition und die Bugposition des Mondes im Bezug zum Planeten. So wären alle vier Richtungen erklärt.

Die Bugposition zeigt die Richtung des Planeten an und die des Gases. Der Planet ist schneller als das Gas. Der Mond bewegt sich von der Heckposition in die Sternabgewandte Position zur Bugseite. In der Sternabgewandten Position hat er die gleiche Bewegungsrichtung wie das Gas und der Planet. In der sternnahen Position bewegt er sich in die entgegen gesetzte Richtung von Planet und Gas.

In der Bug- und Heckposition trifft ihn die Strömung des Gases von vorne. Also aus der Richtung von der Das Gas kommt. Er wird in der ersten Position zum Planeten gedrängt und in der zweiten von ihm entfernt. Je stärker die Strömung ist, umso exzentrischer wird die Bahn. Die Exzentrizität nimmt zu, wenn sich das System der Ekliptik nähert. Sie ist größer, wenn der Mond kleiner ist. Damit werden kleinere Körper über die Strömung in der Nähe der Ekliptik zum Absturz auf den Planeten gebracht.

Da der Mond eine Inklination hat, bewegt er sich gleichzeitig in dichteres Gas, wenn er sich dem Stern nähert und sich vom Bug zur Sternzugewandten Seite bewegt. Er setzt sich einer höheren Reibung aus, je weiter er sich in diese Richtung bewegt. Das führt zur Drehung der Ebene der Mondbahn und verzögert seine Geschwindigkeit. Seine Annäherung an den Planeten hat in dieser Position demnach zwei Ursachen. Kurz nach dieser Bugposition kommt er dem Planeten von allen Positionen am nächsten.

In der Sternzugewandten Seite ist seine Bewegungsrichtung dem Planeten und der Strömung entgegengesetzt. Die Reibung des Gases wird geringer und er beginnt sich vom Planeten zu entfernen.

In der Heckposition treibt ihn die Strömung vom Planeten weg, er bewegt sich auf Grund der Inklination aus dichterem Gas heraus, womit die frontale Abbremsung kleiner wird. Hier wird er den größten Abstand vom Planet haben.

In der Sternabgewandten Position haben wir schon festgestellt, dass der Mond eine größere Entfernung vom Planeten hat. In dieser Position wird er jedoch durch die Strömung des Gases gebremst, und zwar mehr gebremst als der Planet. Damit kommt er dem Planeten wieder näher.

Betrachtet man diese Position ohne die Strömungsrichtung des Gases, wie ich es vordem beschrieb, so würden wir davon ausgehen, dass er sich vom Planeten entfernt.

Wenn wir die Gravitation des Sterns einbringen, wirkt sie am stärksten in der Bugposition. Damit hilft sie dem Mond in dieser Position vom Planeten wegzukommen. Alles in allem bleibt die Bugposition des Mondes die gefährlichste. Dort läuft er am meisten Gefahr abzustürzen.

Da der Planet ständig Körper einfängt, die meistens kleiner sind als Monde, wirkt die Strömung viel stärker auf sie. Sie kommen auf stärkere elliptische Bahnen und der Abstürzpunkt liegt etwas hinter der Bugposition auf der Abgewandten Seite des Planeten vom Stern. Im gleichen Zuge wirkt aber auch die Gravitation der Sonne. Damit kommt ein Körper, der den Planeten umkreist, auf der abgewandten Seite des Sterns dem Planeten am nächsten. Der Absturzpunkt liegt immer zwischen Bug und Sternabgewandter Seite. Das gilt auch wenn sich Körper, wie zum Beispiel Iapetus um einen Planeten drehen. Er hat Kleinkörper mit in das Saturnsystem gebracht, die sich auf seiner Rotationsebene befanden. Dann hat er die Rotation verloren. Saturn hat immer mehr Gase aufgenommen, seine Gravitation ist gestiegen und damit wurden die Kräfte der Gravitation und der Gasströmung immer stärker. Das führte zum Absturz der Kleinkörper. Diese sind zwischen der Bugseite und der Saturnabgewandten Seite. Deswegen befindet sich dort ein Kranz ähnlich wie eine Nussschale auf dem Äquator (5.81.)[206].

Man könnte diesen Ablauf der Bewegungen auch mit zwei Ellipsen beschreiben. Die eine Ellipse, die für die Gravitation zuständig wäre, hätte den geringsten Abstand auf der Abgewandten Seite des Körpers vom Stern, und die andere Ellipse, die für die Strömung des Gases zuständig ist hätte den geringsten Abstand auf der Bugseite des Planeten. Das Resultat ist die Kombination aus diesen beiden Ellipsen. Bei Strömungsschwankungen dreht die resultierende Ellipse.

2.10.3. Erklärung der Rotation und Trägheit von Festkörpern

Um die Rotation von Festkörpern innerhalb der Gasscheibe noch mal in einem einfachen Bild zu erklären, muss man sich ein Motorboot vorstellen auf dem sich eine Person vorne am Bug hinlegt. Die Person hält eine Stange waagerecht in der Hand. Auf der Stange befindet sich eine gelagerte Kugel. Fährt nun das Motorboot los und eilt über das Wasser, so bewegt sich die Person mit der Stange und der Kugel über das Wasser. Setzt er diese Stange auf das Wasser auf, beginnt diese Kugel zu rotieren (49.1.)[207].

Für die Kugel nimmt man nun einen Asteroiden und für den See eine verdichtete Gasscheibe um einen Stern. Der Asteroid hat die Bewegung des Motorbootes wird aber von dem Stern angezogen. Dadurch bewegt er sich im Kreis um den Stern. Um nun die Rotation zu erklären, muss man sich eine Stange denken, die diesen Asteroiden durchdringt. Diese gedachte Stange wird nun nicht senkrecht auf die Gasoberfläche gehalten sondern im schrägen Winkel, so dass die gedachte Stange im rechten Winkel zur direkten Linie zum Stern steht. Unter dem Winkel bekommt der Asteroid die Rotation. Unter sich begräbt er Gase, die dafür sorgen, dass er sich vom Stern entfernt. Wächst nun der Asteroid heran, wird mit steigendem Durchmesser aber auch der Oberfläche, die Rotation über die Zeit seiner Entwicklung größer.

Was bedeuten aber die Rotation und die Massenträgheit eines Körpers? Um diese Gedanken verständlich zu machen, muss man wieder zu dem Bild des Motorbootes zurückkehren, was über einen

---

[206] Der Bergrücken am Äquator von Iapetus liegt auf der saturnabgewandten Seite der vorauseilenden Hemisphäre.

Sterne und Weltraum 8/2005 / S. 23

[207] Richard Lenk „Brookhaus abc Physik“ VEB F. A. Brockhaus Verlag Leipzig 1973

Beschreibung des Magnuseffeks zur Erklärung der Rotation von Körpern in einer Strömung. - S. 934

See fährt. Vorne ist die Kugel, die gelagert auf die Oberfläche des Wassers gesetzt wird. So kommt die Kugel in Rotation, wenn sie auf die Oberfläche einsetzt. Dabei geht es um die Frage, wie groß die Kräfte sind die diese Kugel zum rotieren bringt. Es geht aber auch, um die Größe und die Masse der Kugel, die gehalten wird.

Eine leichte Kugel, - sie mag zum Beispiel hohl sein, - wird schneller zur Rotation gebracht als eine massive Kugel. Zudem werden zwei unterschiedlich große aber leichte Kugeln beide auf die gleiche Geschwindigkeit gebracht, und das sehr schnell, weil sie eben leicht sind. haben diese beiden unterschiedlich großen Kugeln an der Oberfläche die gleiche Geschwindigkeit erreicht, so rotiert die kleinere Kugel bezogen auf ihre Umdrehung oder die Winkelgeschwindigkeit schneller als die große. Trotz der gleichen Geschwindigkeit hätte die kleinere Kugel die größere Rotation. Kleinere und vor allem leichte Kugeln haben die Eigenschaft, dass sie sehr schnell ihre maximale Rotation bei konstanter Kraft erreichen, aber auch verlieren können.

Betrachtet man dabei die auftretenden Kräfte, so sind sie bei dem Bild des Motorbootes sehr groß in Relation zu dem Körper. Er wären tragbare Massen und Größen von Körper und diese setzen sich in den Bezug zu dem Motorboot und dem See. Die Kräfte der Gasscheibe um einen Stern sind sehr viel größer, und es sind vor allem größere Relativgeschwindigkeiten oder Differenzgeschwindigkeiten, zwischen dem Körper und der Gasscheibe. Es kann sich in Bereichen von mehreren Kilometern pro Sekunde bewegen. Demnach ist die wirkende Reibungskraft viel größer als bei unserem Motorboot auf dem See.

Gehen wir aber zurück zu unserem Motorboot und legen einmal eine massive Kugel, - zum Beispiel aus Holz, - und bauen vorne am Boot eine Halterung an, die diese Masse halten kann. Fährt man dann los, stellt man fest, dass diese Kugel nur ganz langsam in Bewegung kommt, und dann stetig an Rotation zunimmt. Sie reagiert langsamer und braucht viel mehr Zeit, um auf eine entsprechende Rotation zu kommen. Wenn eine Kugel dann einmal so schnell dreht, kann man sie auch nicht mehr so gut anhalten, wie bei dieser hohlen Kugel. Hier kann man jetzt sagen, es wäre die Trägheit einer großen Masse, die dafür sorgt, dass ein langfristig zugeführter Impuls auch lange erhalten bleibt.

Gehen wir jetzt in den Kosmos und schauen uns den Stern an, um den sich massive Körper aus Gestein oder aus Eisen mit mehreren Kilometern Durchmesser bewegen, und eine Gasscheibe durchdringen. Erfährt nun ein Körper dieser Größe und Masse eine entsprechende Rotation. Ein einmaliger Impuls, wenn man dort einmal vortritt, bringt nichts. Auf die Kraft die dort konstant durch die Gasscheibe übertragen wird, ist dann relativ klein, aber die Dauer der Wirkung dieser Reibungskraft macht es dann möglich, dass eine solcher Körper eine enorme Rotation erreichen kann. Sie bewegen sich immer in dieser Gasscheibe und müssen sie ständig durchdringen. Wir haben es mit einer dauernd wirkenden Kraft zu tun.

Wenn nun ein Asteroid größer wird, braucht er eine entsprechend längere Zeit, um diese Größe zu erreichen, entsprechend länger ist er auch in der Gasscheibe, und hat damit die größere Rotation gegenüber kleineren Asteroiden, die eine kürzere Entwicklungszeit haben. Mit zunehmender Größe des Asteroiden kommt hinzu, dass die relative Wirkungskraft größer wird, weil sich der Hebel verlängert und die Oberfläche des Körpers heran wächst. Das Grundlegende sind jedoch die langzeitlich wirkenden Reibungskräfte auf den Körper. Das zieht sich über die ganze Zeit seiner Entwicklung.

Körper, wie die Erde waren in der Anfangsphase nahezu flüssig. Das Material wurde auch getrennt gesammelt. Die Schicht oberhalb der KGM (Kernmantelgrenze) ist ebenfalls getrennt gesammelt worden und führt bei der Reibung dazu, dass die Konvektionstätigkeit in Gang gebracht wird. Nur so ist die Plattentektonik zu erklären. Sie ist an die Erklärung der Rotation von Festkörpern gebunden. Sie setzt eine aktive Gasscheibe voraus, und eine entsprechend hohe Masse des Planeten. Der Mars war daher für die Konvektionstätigkeit zu klein, und bei der Venus, war die aktive Gasscheibe nicht mehr vorhanden. So hat sie keine Rotation und keine Konvektion.

Man kann an der Plattentektonik auch sehen, wo die Auflagefläche der Erde auf der Gasscheibe lag. Sie liegt unterhalb des Äquators und der Antrieb richtet sich gegen Osten. Das entspricht der Rotationsrichtung der Erde.

2.10.4. Rotationsneigung und ehemalige Inklination der Planeten

Wenn Körper den Stern verlassen, haben sie spezifisch ihrer Dichte und der Klasse von Körpern eine Inklination. Bei schweren Gesteinskörpern liegt die Inklination bei etwa 17°. Leichtes Gestein, also die C-Klasse liegt über 20° und bei Eisenkörper im Kern hatten etwas über 10°. Unter diesem Winkel bekommen sie ihre Rotation. Diese Inklination hält der Körper, bis er zum Planeten wird und seine Monde eingefangen hat. Während er die Monde einfängt, nimmt er nicht nur sehr stark an Masse zu, sondern auch an Dichte. Das wird ausgelöst durch die Gravitation. Mit höherer Dichte wird die Inklination kleiner. Während des Mondeinfangs beginnt auch die Drehung des Mondsystems.

Die Gasaufnahme setzt mit zunehmender Entfernung vom Stern ein und passt sich der Bewegungsebene der Monde um den Planeten an, die sich mit dem Abwandern vom Stern weiterhin in ihrer Ebene drehen. Damit verschwindet die ursprüngliche Rotationsneigung im Kern. Die Rotationsneigung bleibt erhalten und drückt sich im Winkel der Magnetachse zur Ekliptik aus. Die Magnetachse der Gasplaneten entspricht der ehemaligen Inklination des Planetenkerns.

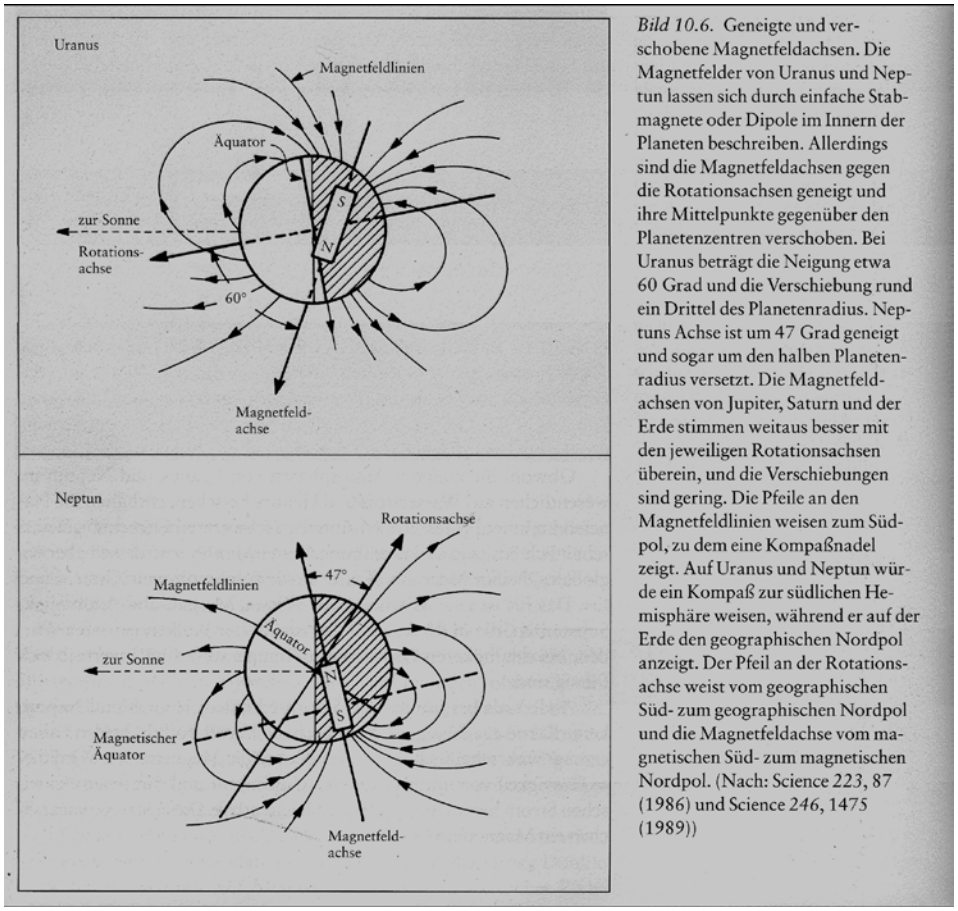


Bild 10.6. Geneigte und verschobene Magnetfeldachsen. Die Magnetfelder von Uranus und Neptun lassen sich durch einfache Stabmagnete oder Dipole im Innern der Planeten beschreiben. Allerdings sind die Magnetfeldachsen gegen die Rotationsachsen geneigt und ihre Mittelpunkte gegenüber den Planetenzentren verschoben. Bei Uranus beträgt die Neigung etwa 60 Grad und die Verschiebung rund ein Drittel des Planetenradius. Neptuns Achse ist um 47 Grad geneigt und sogar um den halben Planetenradius versetzt. Die Magnetfeldachsen von Jupiter, Saturn und der Erde stimmen weitaus besser mit den jeweiligen Rotationsachsen überein, und die Verschiebungen sind gering. Die Pfeile an den Magnetfeldlinien weisen zum Südpol, zu dem eine Kompaßnadel zeigt. Auf Uranus und Neptun würde ein Kompaß zur südlichen Hemisphäre weisen, während er auf der Erde den geographischen Nordpol anzeigt. Der Pfeil an der Rotationsachse weist vom geographischen Süd- zum geographischen Nordpol und die Magnetfeldachse vom magnetischen Süd- zum magnetischen Nordpol. (Nach: Science *223*, 87 (1986) und Science *246*, 1475 (1989))

Grafik 25: Magnetachsen von Uranus und Neptun (7.1.)[208]

Aus dem Grunde, dass Körper zur Ekliptik wandern, weisen auch die Asteroiden nicht mehr die ehemalige Inklination vor. Es dürfte aber noch die Tendenz der Inklination der einzelnen Klassen unterschiedlicher Dichte erkenntlich sein. Als Beispiel kann man dort den Asteroiden Psyche

[208] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Die Achse des Magnetfeldes von Uranus und Neptun. - S. 292

anführen. Er wird als metallisch angegeben (20.4.)[209]. Damit gehört er zu der M-Klasse der Asteroiden. Seine Inklination entspricht 3,09°. Das würde der Tatsache entsprechen, dass Eisenkörper eine kleine Inklination haben. Gesteinskörper haben in der Tendenz eine größere Inklination.

Bei Pluto war die Masse noch sehr klein und zudem noch keine großen Körper vorhanden, daher behält er seine Inklination bei. Da die Entwicklung der Planeten mit Merkur und Venus abrupt endet, schaffen sie es nicht, zur Ekliptik zu wandern. Daher steigt die Inklination der Planeten von der Erde bis Merkur an.

Betrachten wir die Rotation der großen Gesteinskörper, so hat die Erde zum Beispiel einem Gesteinsmantel mit einer Rotation von 23,4°, Mars hat einen von 25°. *(Diese großen Winkel werden im späteren Text besprochen.)* Der Gesteinsmantel von Jupiter ist nicht erkenntlich. Bei den äußeren Gasplaneten dürfte die Magnetachse dem rotierenden Kern entsprechen. Saturn liegt in seiner Inklination ungefähr bei 26,7° plus minus 0,8°. Uranus hat entschlüsselte 22,1° im Bezug zur Ekliptik. (Um diesen Wert zu entschlüsseln, muss man 180° von der Rotationsneigung mit 97,9° abziehen (19.1)[210]. Damit bleiben 82,1°. Davon werden noch mal 60° abgezogen. Dieser Wert von 22,1° ist die Abweichung der Magnetachse von der Rotationsachse.)

Neptun würde ebenfalls den entschlüsselten Wert von 17,4° gegenüber der Ekliptik erreichen. (Um den Wert zu erhalten, müsste man die 47° der Neigung der Magnetachse von der Neigung der Rotationsachse, das wären 29,6°, abziehen.) (siehe Grafik 25). Pluto passt genau in diese Reihe. Er hat seine Inklination von 17,15° beibehalten. Die Inklination und die Rotationsneigung sind Ausdruck der Dichte des Planetenkerns und stehen in umgekehrt proportionalem Verhältnis zueinander. Das Verhältnis unterstreicht, dass die Dichte dieser Planetenkerne zu den äußeren Planeten hin zunimmt und die Planetenkerne damit der Dichte ihrer Monde entsprechen. Dabei zeigt sich, dass Neptun ohne seinen Gasmantel zu früheren Zeiten eine wesentlich höhere Dichte hatte als Uranus. Das ist damit zu erklären, dass Neptun, wie Pluto, aus der E-Klasse stammt und Uranus aus der C-Klasse stammt, die bei den Asteroiden vorzufinden sind.

Diese Winkel sind der Hinweis auf die ehemaligen Inklinationen und die jetzige Rotationsneigung der Körper mit Gesteinsmantel oder reinem Gesteinskern im Gasplaneten.

Die Rotation des Eisenkerns entspricht den Magnetachsen bei entsprechenden Planeten. Merkur hat eine Magnetachse von 10°, bei der Erde 11,7°. Jupiter rotiert unter einem Winkel von 3,1°. Dazu addiert sich die Magnetachse von 9,6°. Die Magnetachse hat bei ihm damit eine Neigung von 12,7° gegenüber der Ekliptik. Hier sieht man eine fallende Tendenz von Jupiter bis Merkur. Das passt, da die Rotationsgeschwindigkeit der Gasscheibe zum Ende der Entstehung immer mehr nachlässt.

Was uns noch mal unterstützt, dass die Magnetachsen im Kern der Planeten wirklich der Rotation entsprechen, ist die Tatsache, dass der Erdkern unter einem anderen Winkel rotiert als die Erde selbst. Er rotiert ungefähr unter 10° und ist damit der Magnetachse sehr verwandt (5.2.)[211]. Zudem dreht sich der Kern erheblich schneller. Das passt zu den Eisenasteroiden, die ebenfalls schneller rotieren als die Gesteinskörper. In der Gasscheibe bewegt sich das Eisen in einem dichteren Gas näher zur Ekliptik und erfährt dort eine größere Reibung. Die unterschiedlichen Rotationsachsen

---

[209] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Klassen großer Asteroiden. Der Asteroid „Psyche“ ist metallisch. - S. 191

[210] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

[211] Der geschmolzene Eisenkern der Erde beginnt ab 2900 Kilometer Tiefe. Der innere Kern von 2400 Kilometern Durchmesser dreht sich etwa um 10° Neigung gegenüber der Rotationsachse, und er dreht sich schneller als der Mantel. Im Gegensatz zu der Plattenbewegung der Kruste bewegt er sich über 1 Million Mal schneller, was 20 Kilometer pro Jahr entspricht. - Sterne und Weltraum, 4-1997 - S. 335

in einem Festkörper und Geschwindigkeiten sind nur über diese getrennte Entstehung von Kern und Mantel erklärbar. Was dies noch mal unterstützt ist die chemische Zusammensetzung der Erde (19.8.)[212].

Zu den Überlegungen der Rotationsachsen gibt es noch eine Besonderheit. Die Rotationsachsen von Erde und Mars, haben einen besonders hohen Wert. Der Eisenkern hatte bei der Erde eine Rotationsneigung von 11,7° und demnach auch einmal eine entsprechende Inklination. Mit der Aufnahme des Silikatmantels beschreibt sie und auch der Mars eine starke Veränderung der Inklination. Hier muss aber die Inklination in einer Proportion zur Dichte des Körpers vorweisen. Die Erde hat eine druckbelastete Dichte von 5,52 g/cm³. Man müsste noch die Rotationsneigung der Saturnachse sehen. Dieser Wert liegt bei 26,7°. Er steht in Relation zur geringen Dichte von Saturn und seinen Monden. Weil er und seine Monde die geringste Dichte von den äußeren Gasplaneten vorweist, haben sich diese Körper auf sehr große Abstände zur Ekliptik absetzen. Daher ergibt sich auch die großer Wert für die Rotationsachse im Bezug zur Ekliptik. Jetzt muss man aber auch den Vergleich zum Mars ziehen. Er hat eine bedeutend höhere Dichte und trotzdem ist seine Rotationsneigung 25°. Also ist sie vom Wert nicht viel kleiner als die Rotationsneigung von Saturn. Mit dem Eisenkern hat er aber einen hohen Kondensationspunkt bei seiner Entstehung gehabt. Dann hat er einen Gesteinsmantel auch mit hohem Kondensationspunkt gesammelt, und hat seine Inklination vergrößert. Damit liegt seine Entstehung sehr nahe an der Sonne. Saturn ist dagegen viel weiter von der Sonne entfernt entstanden und deswegen sind der Abstand zu Ekliptik und die damit verbundene Rotationsneigung nicht so groß. Der Kondensationspunkt der Körper hat durch den Entstehungsort auch einen Einfluss auf die Inklination eines Körpers.

Auch der Erdmond ist in seiner Achse über die aktive Gasscheibe um die Sonne gedreht worden. Dazu geben Eisablagerungen an den Polen des Mondes den Hinweis. Diese Eisablagerungen sind gegenüber den jetzigen Polen um 5,5° versetzt (51.24.)[213]. Diese Gasscheibe muss auch aktiv gewesen sein, damit die Erde ihre Rotation bekommen konnte. Nachdem der Mond eingefangen worden ist, war sie demnach noch eine kurze Zeit aktiv.

2.10.5. Drehung der Mondsysteme

Wenn ein Planet einen Mond einfängt, entspricht der Einfallswinkel ungefähr der Inklination des Planeten. Hat der Planet den größten Abstand vom Stern, ist sein Abstand von der Ekliptik auch der größte. Steht der Mond in dieser Stellung dem Stern am nächsten, hätte er den geringeren Abstand zur Ekliptik. Er ragt tiefer in die Strömung der Gasscheibe. Damit erfährt er eine Reibung im Gas, wenn er den Planeten umrundet. Er taucht auf der Sternzugewandten Seite in die Strömung ein, und das führt dazu, dass die Bahnebene des Mondes um den Planeten gedreht wird. Diese Ebene gleicht sich der Rotationsebene aller Körper im Sonnensystem an. Bei jedem weiteren Mond wird die Reibung der Strömung verstärkt, da der Mond einen größeren Abstand vom Planeten hat und tiefer in die Gasscheibe ragt. Das führt zu einer gleichmäßigen Drehung, die nur über die Strömung eines Gases erklärbar ist.

---

[212] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Aus der Isotopengeochemie des Bleis muss der Erdkern sehr früh entstanden sein. Das Fe3+-Fe2+-Verhältnis im Erdmantel ist viel zu hoch um jemals mit dem Metall des Kerns im chemischen Gleichgewicht gewesen zu sein. Flüchtige Verbindungen mussten vermehrt im inneren der Erde vorzufinden sein. Das ist nicht der Fall. (siehe 5.27.) - Diese Fakten sprechen für die getrennte Entstehung von Kern und Hülle der Erde. - S. 240

[213] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Aufgrund von Einablagerungen an den Polen des Erdmondes kann man erkennen, dass der Pol in früheren Zeiten einmal um 5,5° versetzt gewesen ist. - 9-2016, S. 467

Der Drehimpuls bleibt erhalten, während sich der Planet vom Stern entfernt. Der Einfluss der Gasscheibe verschwindet, weil sie nur bis zu einem bestimmten Abstand zum Stern existiert. Das Mondsystem führt diese Drehung der Rotationsebene weiter. Die Gasaufnahme bestimmt demnach nicht der Planet mit seiner Rotationsachse, sondern die Bewegungsebene des Mondsystems.

Jedes System würde sich in der Regel bis in die Senkrechte drehen. Dort wirkt die entgegenkommende Strömung der Gase als Bremse und hebt den Drehimpuls des gesamten Systems auf. Ein großes System wird schneller gebremst als ein kleines, weil ein größerer Hebel existiert. Daher ist Pluto mit Charon über die Senkrechte hinaus gedreht worden und landet bei 122,5°, während das Mondsystem des Uranus bei 97,9° verharrt. Wenn Pluto und Charon eine Rotationsebene hatten, die ihrer Inklination entsprach, also 17,15°, so hätten sie sich, einmal in die Rotationsebene der Sonne und noch um 122,5° gedreht. Die Gesamtdrehung beträgt 139,65° (19.1.)[214].

Dagegen hatte sich Uranus, der im Kern eine Rotationsachse von 22,1° hat, was der Magnetachse gegenüber der Ekliptik entspricht, aus dieser Position in die Ekliptik gedreht und über die Senkrechte hinaus zu 98°. Das Mondsystem ist bei ihm demnach um 121,7° gedreht worden.

Neptun verliert sein äußeres Mondsystem, weil er Planeten und Monde einfängt. Er verliert dabei sein Mondsystem in dem der Drehimpuls liegt. Daher erreicht Neptun nur einen Winkel von 29,6°. Er hatte eine Inklination von 17,2°, was wieder seiner Magnetachse entspricht, und dieses System hat sich zur Ekliptik und um weitere 29,6° gedreht (19.1.). Das gesamte System ist wegen des verlorenen Drehimpulses nur um 46,8° gedreht worden.

Saturn hat eine Rotationsneigung von 26,7°. Seine Magnetachse weicht um 0,8° ab (7.8.)[215]. Die Ursache dieser minimalen Drehung liegt darin, dass Saturn und seine Monde im äußeren Entstehungsbereich gebildet werden und wegen der geringen Dichte schnell wegwandern. Der zweite Grund findet sich in der Sonne. Damit zieht sich die Gasscheibe aus der Region zurück, bevor die letzten beiden großen Monde, Titan und Iapetus eingefangen werden. Weil Iapetus der letzte ist, wird er nicht mehr auf die gleiche Rotationsebene aller Monde gebracht. Das liegt daran, dass sich diese Gasscheibe um die Sonne zurückgebildet hat, oder dass Saturn mit seinem Mondsystem so weit von der Sonne weggewandert ist. Bei der Magnetachsneigung hat man das Problem, dass die Rotationsneigung wegen der unterschiedlichen Gasströmungen auf Saturn auch nicht genau bestimmbar ist. Von daher weiß die Physik nicht genau, ob es eine Abweichung gibt.

Bei Jupiter hat sich das Mondsystem stärker gedreht, weil er näher zur Sonne entstand. Seine Inklination mit Gesteinskern ist nicht bekannt. Die des Eisenkerns lag bei 12,7° gegenüber der Ekliptik, was wieder der Magnetachse entspricht (7.8.). Mit Gesteinskern könnte er eine Inklination von 20° gehabt haben auf dessen Ebene sich seine Monde bewegten. Heute liegt seine Neigung bei gut 3°. Damit hätte sich sein Mondsystem um ungefähr 17° gedreht. Die Gasscheibe hatte hier einen größeren Einfluss als bei Saturn aber dann hat sie sich auch aus dieser Region zurückgezogen.

Die Gasaufnahme der Gasplaneten ist der Drehung der Mondsysteme verbunden. Das System ist deswegen stabil, weil die Gasscheibe um die Sonne ständig als Kraft wirkt. Ist die Gasaufnahme beendet, bleibt die Rotationsneigung des Planeten erhalten. Bei der Sonne ist es anders. Sie stößt die Gasscheibe ab und verändert ihre Rotationsachse. Daher hat die Rotationsachse der Sonne gegenüber der Ekliptik eine Neigung.

---

[214] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

Daten zu Planeten und Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

[215] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“, Originaltitel: “Exploration and Discovery in the Solar System.” Cambridge University Press 1991

Neigung des Magnetfeldes der Planeten von Jupiter und Saturn. Bei Saturn wird nicht angegeben in welcher Richtung er abweicht. Es fehlt die Angabe, ob der Wert von 26,8° im Bezug zu Ekliptik kleiner oder größer wird. - S. 370

Bei der Drehung der Mondsysteme geht noch mal um die Magnetachsneigung der Planeten gegenüber der Ekliptik. Diese Winkel entsprechen den ehemaligen Inklinationen der Planetenkerne. Je kleiner Der Winkel ist, umso größer muss die Dichte eines Körpers sein. Diese Winkel liegen vom Wert alle unter 35°. Im Kuiper-Gürtel hat man eine Fächerung der Körper bis 35°. Das zeigt die Grafik 18b und die Sonnenflecken treten auch nur bis zu einem Winkel von 35° auf. Die Winkel der Magnetachsneigung gegenüber der Ekliptik passen zu diesen Werten.

2.10.6. Magnetachsen und Inklination

Da man davon ausgehen könnte, dass die Magnetachsen den inneren Körpern der Gasplaneten entsprechen, und diese auf bestimmte Klassen von Körpern zurückzuführen sind, so müsste es im Sonnensystem noch Hinweise geben, die diesen Achsen entsprechen. Die Körper des Asteroidengürtels sind auf die Dichte abgestimmt. Sie liefern den Hinweis, dass Körper einmal entsprechend ihrer Dichte Inklinationen hatten. Später haben sie jedoch ihre Inklinationen gesenkt. Die Plutinos, aber auch der Kuiper-Gürtel, liefern den Hinweis, dass die Körper entsprechend ihrer Dichte Inklinationen vorweisen (siehe Grafik 18). Bei den Plutinos sind diese drei wesentlichen Klassen der Körper mit entsprechenden Inklinationen noch vorzufinden (siehe Grafik 19). Der Grund liegt darin, dass in dieser äußeren Region keine größere Körper gebildet haben, wie Jupiter, die mit ihrer Gravitation die Körper zur Ekliptik gezogen haben. Demnach würden die Plutinos der wirkliche Hinweis für die Annahme, dass alle Körper entsprechend ihrer Dichte ehemals eine Inklination hatten. Aus diesen Bahnen erklären sich Rotation von Körper und auch der Magnetismus der Gasplaneten.

2.10.7. Allgemeines zur Änderung der Inklination

Man müsste noch allgemein etwas zur Änderung der Inklination sagen. Im Asteroidengürtel haben die Körper ihre Inklination gesenkt. Das liegt daran, weil sich schon so viele Körper auf der Ekliptik bewegt haben. Die ganze Reihe der Gasplaneten ist dort schon entstanden. Man sieht zum Beispiel auch von Merkur über die Venus zur Erde hin kleiner wird. Auch da ist die Inklination der Planeten gesunken. Betrachtet man dagegen die Körper des Kuiper-Gürtels, so ist bei ihnen die Inklination erhalten geblieben. Daher kann man bei ihnen noch die Klassen von Körpern recht gut erkennen. Das ist ein Zeichen dafür, dass es vorher keine größeren Körper gab, die entstanden sind. Aus der Inklination kann man indirekt auch die Entstehungsreihenfolge erkennen.

Unter den Asteroiden kann man zudem erkennen, dass sie von der früheren Gasströmung beeinflusst worden sind. Ihre Inklination ist im Mittel höher als die Inklination der großen Asteroiden. Es hat bei ihrer Entwicklung dieser Region noch eine schwache Strömung existiert, und diese hatte auf die kleineren Körper eine größere Wirkung.

2.10.8. Iapetus und der Erdmond

Es gibt eine Ähnlichkeit im abgelaufenen Entwicklungsprozess zwischen dem Erdmond und Iapetus. Bei Iapetus ist durch den Rückzug der Gasscheibe die Inklination gegenüber der Rotationsebene Saturns geblieben. Beim Erdmond liegt der gleiche Fall vor. Er fängt den Mond in der letzten Phase der Planetenentstehung ein, als die Gasscheibe um die Sonne zusammen bricht, weil ihre Rotation zu klein geworden ist. Damit wird der Mond nicht in die gleiche Rotationsebene gebracht, wie die Erde. Dieser plötzliche Einbruch führt sogar zu einer schwankenden Inklination.

2.10.9. Verschiebung der Magnetachsen der Gasplaneten

Die Magnetfelder der Gasplaneten sind alle aus dem Zentrum versetzt. Bei Saturn ist der Grad der Versetzung sehr klein. Bei den anderen Gasplaneten ist er relativ groß. Bei Neptun und Uranus ist das Magnetfeld auf der Sonnenabgewandten Seite stärker. Bei Jupiter ist die Magnetachse um 18ooo

Kilometer aus dem Zentrum versetzt, aber es ist nicht angegeben, in welcher Richtung er versetzt ist (20.2.)[216].

Bei Jupiter ist das Magnetfeld über den Eisenkern definiert. Was ist aber das schwache Magnetfeld der äußeren Gasplaneten. Sie haben nur einen Gesteinskern und eine Schicht Wasser und darüber liegt eine Gashülle, die zum großen Teil aus Wasserstoff besteht. Nur bei Jupiter und Saturn dürfte der Wasserstoff metallisch sein. Die Ursache könnte eine leitende Salzwasserschicht sein. Die Achsenneigung verursacht der rotierende Planetenkern, und die Verschiebung ergibt sich aus dem versetzten Kern in der leitenden Wasserhülle.

Für Jupiter bedeutet das, dass sein Eisenkern sich näher an der Sonne befindet. Damit müsste sein Magnetfeld meiner Annahme nach zur Sonne versetzt sein.

Bei den äußeren Gasplaneten ist der Träger des Magnetismus die Wasserschicht. Da auch hier der Gesteinskern zur Sonne hin versetzt rotiert, ist die größere Wassermenge auf der abgewandten Seite und damit das Magnetfeld dort stärker. Wie stark das Magnetfeld versetzt ist, hängt davon ab, wie groß der Mantel aus Wasser ist. Die Menge des Wassers ist abhängig von der Dichte des Planetenkerns. Je höher sie ist, umso näher ist der Entstehungsort zur Sonne hin verlagert und umso mehr Masse hatte der Planet mit seinen Monden als er den Bereich der Entstehung der Kometen durchquerte. Damit hätte Jupiter die größten Wassermengen, dann folgte Neptun und als drittes Uranus. Der Körper mit der kleinsten Wassermenge wäre Saturn. So kann sich das Magnetfeld bei ihm am wenigsten verlagern. Damit ist es bei Neptun und Uranus am stärksten versetzt.

2.10.10. Die Stärke des Magnetismus und die Rotation

Jupiter dürfte einen Kern aus Eisen haben, was man aus der ähnlichen Neigung der Magnetachse ableiten kann. Er wäre von der Entwicklung nicht viel größer als die Eisenkerne seiner Monde. Die Stärke des Magnetfeldes entspricht 7,8 Gauß (45.28.)[217]. Sie ist vielfach stärker als das Magnetfeld der Erde. Wie kommt es aber dann zu einem so starken Magnetismus? Dieser erklärt sich daher, dass sein Kern sehr schnell rotiert. Den Grund für diese hohe Rotation liefert die Gravitation, die diesen Kern verkleinert. Über den Impulserhaltungssatz muss sich damit seine Rotation erhöhen. Jupiter unterscheidet sich grundsätzlich von den anderen Gasplaneten, die alle nur Gesteinskerne vorweise. Aus dem Grund ist bei den äußeren drei Körpern das Magnetfeld viel schwächer.

Wenn sich nun ein Gasplanet mit Eisenkern zum Stern entwickelt, verstärkt sich sein Magnetfeld, und es kann sogar dazu führen, dass die Rotation von innen angetrieben wird.

Was dieses Prinzip unterstützt, ist die Rotation eines Braunen Zwerges. Seine Masse ist 32-mal größer und seine Rotation ist mehr als doppelt so groß wie die von Jupiter. Jupiter rotiert mit 12,7 km/s und dieser Braune Zwerg mit 28 km/s (5.68.)[218]. Diese hohe Rotation bestätigt den Gedanken, dass die Rotation und indirekt damit das Magnetfeld vom Kern bestimmt werden.

---

[216] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Die verschobene Magnetachse Jupiters - S. 47

[217] Von der Junosonde ist gemessen worden, dass das Magnetfeld von Jupiter doppelt so stark ist, wie man bisher angenommen hat. Es liegt bei 7,8 Gauß.

Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen - 10-2017, S. 36

[218] Der Braune Zwerg hat zudem eine Temperatur an der Oberfläche von 1500 Kelvin, und seine Gravitation ist 158,5 g. - Sterne und Weltraum, 4-2004 - S. 13

2.10.11. Drehimpuls der Gasscheibe und des Sterns

Die Drehungen aller Mondsysteme führen den Drehimpuls aus der Gasscheibe in Sternnähe ab, in der die Körper entstehen. Die Rotation aller Körper, nicht nur jener, die weggewandert sind, sondern auch derjenigen, die abgestürzt sind, nimmt den Drehimpuls aus der Gasscheibe. Der nächste Faktor, der den Drehimpuls aus der Gasscheibe nimmt, liegt da, dass Körper über die Strömung vom Stern weggetrieben werden. Die Menge der abgestürzten Körper dürfte in den früheren Phasen einer Sternentwicklung sehr hoch gewesen sein. Damit führt sie große Mengen Drehimpuls ab.

Der größere Effekt entsteht jedoch durch die Entwicklung der Magnetfelder über die Rotation der Körper, die in den Stern stürzen. Wohl verliert sich die Rotation dieser vielen Körper, aber das Magnetfeld, was mit dem vergasenden Körper existiert, bleibt erhalten und wird auseinander gezogen. Es arbeitet gegen die Rotation des Sterns und bremst diesen. In der Sonne ist das bis heute noch in den Sonnenflecken zu beobachten. Der wesentliche Gedanke liegt darin, dass der Stern in seiner Gasscheibe den Drehimpuls produziert, den er sich selber durch den Absturz der Körper nimmt.

Betrachtet man noch mal die Eisenmenge, die eventuell in Sterne gestürzt seien könnte, was einer Masse von etwa 30 Erdmassen entsprechen könnte, so dürfte das für gewaltige Magnetfelder sorgen, die Durchaus in der Lage sind dem Stern die Rotation nehmen kann (siehe Grafik 17). Das bremst den Stern viel mehr als die Entwicklung der Rotation aller Körper.

Der gesamte Drehimpuls des Sterns geht demnach durch diese magnetische Ausbremsung verloren. Er verliert sich, weil alle Körper in seiner Nähe eine Rotation bekommen, weil alle vom Stern wegtreiben, soweit kein Planet zum Stern wird. Der Drehimpuls geht verloren, weil kleinere Körper auf größere abstürzen. Dort wandelt sich der Drehimpuls in Wärme um. Der letzte Faktor, der den gesamten Drehimpuls nimmt, liegt in der Drehung der Mondsysteme durch die Gasscheibe. Auf diese Weise wird das Drehimpulsproblem der Sterne gelöst. Der Konsens wäre aber auch, dass letztendlich die Planetenentstehung die Sternentwicklung steuert.

2.10.12. Drehung der Mondsysteme im Kuiper-Gürtel

Man hat innerhalb des Kuiper-Gürtels zwei verschiedene Arten von Monden. Es gibt kleine Monde die ein Körper aus dem Kuiper-Gürtel erst einfängt, wenn er die Abplattung der Gasscheibe verlässt und es gibt große Monde ab etwa 350 km Durchmesser, die ein Körper einfängt, wenn er sich noch innerhalb der Abplattung der Gasscheibe befindet. (siehe Tabelle 6a) Nur die großen Mondsysteme werden durch die Abplattung der Gasscheibe gedreht. Die kleinen Monde bleiben in der gleichen Inklination, wie der entsprechende Körper im Kuiper-Gürtel.

2.11. Das Ring- und Kleinmondsystem der Gasplaneten

2.11.1. Die Kleinkörper bei den Gasplaneten

Wenn man sich mit dem Ring- und dem Kleinmondsystem beschäftigt, so steht das immer im Zusammenhang zur Gasaufnahme. Die Gasaufnahme und das dahinter liegende Prinzip als solches sind schon erklärt. Jetzt geht es nur noch darum, wie sich diese Kleinsysteme gebildet haben und welchem Zusammenhang sie mit der Gasaufnahme stehen. Man muss die Entwicklungsphase der Sonne vor Augen haben und kann dann aus der Struktur der Kleinkörper schließen, was näher passiert ist.

Man muss zwischen dem inneren und dem äußeren Kleinmondsystem unterscheiden. Das innere Kleinmondsystem steht in Verbindung mit dem Ringsystem und ist ein Kondensationsprodukt. Das liegt daran, weil der Planet und das Gas in der Nähe des Sterns so heiß waren und dann um den Planeten komprimiert wurden. Damit entstehen Körper, die nach außen hin größer werden, weil sie von innen nach außen wandern und dabei heranwachsen. Dieses innere Kleinmond- und Ringsystem ist damit auch ein weiterer Hinweis, dass alle Gasplaneten in der Nähe des Sterns waren.

Es geht dabei nicht nur um die Kondensation sondern auch darum, dass die Gasplaneten eine bestimmte Rotation vor der Gasaufnahme. Sie dürfte für alle vor der Gasaufnahme um 9 Stunden für einen Umlauf betragen haben. Damit hat die Strömung eine bestimmte Geschwindigkeit und sie plattet nur in einem bestimmten Bereich ab. Nur da entstehen Körper. Daher hat das Ringsystem nur eine bestimmte Breite.

Das äußere Kleinkörpersystem wird durch das Gas eingefangen und gelang in eine Umlaufbahn um den Planeten. Ohne die Gasscheibe würden diese Körper abstürzen. Da sie aber innerhalb der Gasscheibe eine Dämpfung erfahren erleben sie den sanften Einfang und geraten in stabile Bahnen.

Beim Jupiter gibt es eine Ausnahme. Er hat neben dem einen Teil der Körper des Asteroidengürtels eingefangen.

2.11.2. Ring- und inneres Kleinmondsystem der Gasplaneten

Das Ringsystem hat etwas damit zu tun, weil ein Planet, der vom Stern wegwandert seine Temperatur beibehält. Es gibt dann eine Kugelschale in einem bestimmten Abstand in dem Kondensation stattfindet. Damit entstehen Tropfen, die in eine Umlaufbahn um den Planeten gelangen und sich in Rotationsrichtung des Planeten bewegen. Es geht dabei um Niedertemperaturkondensate. In dem Sinne bestehen sie aus Wasser und werden zu Eiskörpern. Das Ringsystem entsteht dadurch, weil der Planet die Gasscheibe um den Stern durchdringt und dadurch auf eine Ebene mit dem Mondsystem gebracht wird. Es ist dabei noch nicht mal notwendig, dass eine Gasaufnahme des Planeten stattfindet, und es ist nicht nötig, dass es ein Gasplanet ist. Daher findet man auch Körper, die kleiner sind und Ringe ausbilden. Ringsysteme bilden sich erst in größere Entfernung zum Stern, weil dort die aktive Gasscheibe um den Stern nicht mehr wirkt, die kleine Körper zum Absturz bringt. Die Gasplaneten sammeln erst ihre Monde, wandern damit weg, und dann haben sie den genügenden Abstand um ein Ringsystem zu bilden.

Hier muss aber auch der Frage nachgehen, warum gerade Saturn ein so großes Ringsystem ausbildet. Es ist so, dass Titan und Jupiter, der zu der Zeit noch ein Festkörper war, sich immer weiter nach außen geschoben haben. Sie waren Auslöser warum Neptun zum Gasplanet wurde. Dann hat sich dem System noch das Uranussystem gebildet, und anschließend entstand das Saturnsystem. In der ganzen Entwicklung hat sich der Entstehungsbereich dieser Körper immer weiter von der Sonne entfernt, weil Titan und Jupiter herausgerückt sind. Hier ist es zum Beispiel auch dem Saturnsystem

gelungen zwischen den großen Monden kleine Monde mitzunehmen. Das ist ein Zeichen, dass Saturn in der Ferne zum Stern entstand. Das hat als nächstes die Folge, dass auch das Ringsystem so groß geworden ist.

Hinzu kommt noch etwas anderes. Saturn hat nicht geschafft alle Körper einzufangen, weil er auch recht klein mit seiner Entwicklung begann. Von daher sind Körper weggewandert, die er nicht eingefangen hat. Daher hat man eine ganze Reihe von Körpern zwischen Saturn und Uranus. Es sind 387 Objekte (5.132.)[219]. Der größte Körper ist der Asteroid 10119, und er weißt auch ein Ringsystem auf. Also ist es unabhängig davon ob nun ein Körper Gase aufnimmt oder nicht.

Kommen wir noch mal auf das Ringsystem. In diesem Ringsystem sieht man vor allen, dass sich die kleineren Körper zu größeren entwickeln, indem sie von innen nach außen wandern. Das Kleinmondsystem ist Resultat der Kondensation kleiner Körper, die dem Ringsystem entsprungen sind. Demnach haben alle Gasplaneten Ringsysteme und ein inneres Kleinmondsystem. Betrachtet man die Einzelnen Ringe so hat man immer kleinere Körper, die einen Teil des Ringes ausmachen, und dann folgt ein kleinerer Mond von 10 bis 100 Metern Durchmesser. Dann schließt sich ein Leerraum an (64.4.)[220]. Die Gase, die Saturn eingefangen hat, sorgten für eine Gasströmung, die kleinere Körper zu größeren Körpern geschoben hat. Hier gilt dann auch der Satz, dass die Wirkungseffizienz einer Strömung mit zunehmender Größe eines Körpers abnimmt, weil das Volumen schneller heranwächst als die Oberfläche eines Körpers.

Da die Temperaturen der Planeten, nachdem sie aus dem Entstehungsbereich weggewandert sind, nicht all zu hoch gewesen sein können, bestehen alle diese Körper aus einem Kondensat geringerer Temperatur. Somit hat ein Mond wie Amalthea nur eine geringe Dichte (5.32.)[221]. Diese spricht damit für eine andere Entstehungsgeschichte als die der Galiläischen Monde. Informationen, die dies ebenfalls unterstützen, sind rötliche Substanzen, die nur im Ringsystem von Saturn vorzufinden sind, aber nicht in seiner Atmosphäre (5.20.)[222]. Material kondensiert und wird somit ausgefiltert.

Die Kondensation wird sich nicht nur auf Bildung von Kleinmonden ausgewirkt haben. Viele der Substanzen sind einfach hinausgetrieben und haben die großen Monde von der Rückseite getroffen. Daher findet man bei mehreren Monden des Saturns ein weißes Heck mit Schlieren, die sich bis zum Bug ziehen. Enceladus lag besonders günstig und ist daher völlig von dieser hellen Schicht ummantelt worden (9.2.)[223]. Die weiße Schicht ist demnach ein aufgelegter äußerer Belag. Das gilt

---

[219] Die Zahl von 387 Kleinplaneten umkreisen die Sonne zwischen Saturn und Uranus. Unter ihnen ist der Asteroid 10119 mit 250 km Durchmesser der größte, und er weist ein Ringsystem vor.

Sterne und Weltraum, 6-2014, S. 18

[220] Die vielen Ringe des Saturns ergeben sich dadurch, dass immer wieder ein größerer Körper von 10 bis 100 Metern Durchmesser die kleineren Körper als Ringsystem begrenzt. Dadurch entstehen Leerräume.

Welt am Sonntag, Deutsche Wochenzeitung, 28.8.17, S. 20

[221] Amalthea, einer der Kleinmonde in Jupiternähe, hat eine ausgesprochen niedrige Dichte, die in der Nähe des Wassereises liegt. - Sterne und Weltraum, 2-2003 - S. 13

[222] Die Ringe des Saturns enthalten rötliche organische Substanzen, die im Gasmantel bei Saturn nicht zu finden sind. - Sterne und Weltraum, 9-2001 - S. 723

[223] Laurence A. Sonderblom, Torrence V Johnson: „Die Monde des Saturn“ Spektrum der Wissenschaft 3/1982

Enceladus ist gänzlich von hellen Substanzen umhüllt. Tethys, Dione, Rhea und Iapetus haben unterschiedliche helle Strukturen, die sich vom Heck zum Bug ziehen. Die Substanzen näherten sich den Körpern von hinten.

S. 157 ff

auch für Iapetus, wo man annimmt, die dunkle Struktur auf der Heckseite sei aufgelegt. Das wäre aus meiner Überlegung verkehrt. Die dunkle Seite ist seine wirkliche Struktur. Er ist genau so dunkel, wie die C-Klasse der Asteroiden oder wie Chiron.

Zu Saturn kann man speziell feststellen, dass sich sein Mondsystem nur minimal gedreht hat. Das ist der Grund, warum sein Ringsystem so gut erhalten ist. Diese Behauptung ergibt nur einen Sinn, wenn man erkennt, dass die Magnetachsen die Rotationsneigungen eines Planetenkerns sind. Insofern wäre das Vorhandensein der Ringe ein indirektes Indiz für die angenommene innere Struktur der Gasplaneten.

Sucht man nach der Begründung, warum nun Substanzen geringer Dichte, wie Eis und Reif vom Gasplaneten wegtreiben, so liegt diese darin, dass der Gasplanet zur Zeit seiner Gasaufnahme auch eine abgeplattete Gasscheibe besaß. Diese entsteht durch die hohe Rotation der Gasplaneten, die um das mehrfache größer ist als die heutige Rotation der Sonne. Diese ist auch die Ursache für die schnellere Rotation von Saturn und Jupiter im Bereich ihres Äquators (20.6.)[224]. Nur mit diesen speziellen Strömungsstrukturen einer Gasschreibe ist verständlich, wie kleine Eiskörper geringer Dichte sich vom Gasplaneten entfernt haben. Körper müssen einer verdichtete Gasschreibe durchdringen und kommen so einmal auf exzentrische Bahnen, und erleben darüber eine Vergrößerung ihrer Bahn.

Das Ringsystem eines jeden Gasplaneten ist immer entstanden als der Planet mit der Gasaufnahme begann. Nachdem der Planet alle seine regulären Monde eingefangen hat begann die Gasaufnahme in der Nähe der Sonne. Also ist das Ringsystem eines Gasplaneten etwas jünger als seine regulären Monde. Da die Körper um die Sonne hintereinander entstanden sind, ist das älteste Ringsystem außen.

2.11.3. Körpergrößen und Abstände im inneren Kleinmondsystem

Das innere Kleinmondsystem der Gasplaneten zeigt die Tendenz, dass bei einem größeren Körper in einer äußeren Bahn der Abstand zu einem kleineren Körper in einer inneren Bahn geringer ist. Hier erkennt man den Einfluss der Strömung des Gases, was sich dem Gasplaneten genähert hat. Diese führte dazu, dass sich kleinere Körper schneller vom Planeten entfernt haben als größere. Die Ursache liegt in der abnehmenden Abdrift mit zunehmender Größe.

Ein Beispiel plötzlich endender Strömung bietet das Paar Epimetheus und Janus. Die Bahn des kleineren Epimetheus ist um 50 Kilometer geringer als die Bahn von Janus. So treffen sich beide alle vier Jahre. Bei diesem Treffen wird Epimetheus beschleunigt und Janus etwas gebremst. Somit wird der Abstand kleiner und nach diesem Treffen wird der Abstand der Bahn wieder größer (13.11.)[225]. Wären sie etwas näher zueinander oder etwas weiter von Saturn entfernt, würden sie zwangsläufig zusammen kommen. Die Gaszufuhr Saturns ist demnach beendet worden, kurz bevor dieses Zusammentreffen stattgefunden hätte. Somit bleiben sie das unerreichte Paar, was sich immer wieder nähert und doch nie erreicht.

---

[224] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Erhöhte Geschwindigkeiten der Gase der Gasplaneten am Äquator von Jupiter und Saturn. Saturn hat eine besonders hohe Geschwindigkeit. - S. 41

[225] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Epimetheus nähert sich alle 4 Jahre Janus mit einer Geschwindigkeit von 9,5 km/h. Dieser geringe Geschwindigkeitsunterschied liegt daran, dass der Unterschied im Abstand zu Saturn nur 50 km beträgt. - S. 75

2.11.4. Äußere Kleinmonde der Gasplaneten

Die eingefangenen äußeren Kleinmonde werden über die Gasscheibe des Planeten eingefangen, während er den Gasmantel sammelt. Dadurch werden Körper gebremst, die sich durch die Gasscheibe bewegen. Es sind Körper aus der äußeren Region des Entstehungsbereiches, und es handelt sich dabei meistens um Kometen. Diese Überlegung unterstützt die Tatsache, dass das äußere Kleinmondsystem von Saturn und Jupiter der äußeren Region des Asteroidengürtels spektroskopisch ähnlich ist (5.70.)[226] Phoebe wäre die einzige Ausnahme.

Die Gasscheibe des Gasplaneten, der sich außerhalb des Entstehungsbereiches weiterentwickelt, wirkt wie ein Kometenfänger. Sie hat die Richtung der Rotation des Planeten und später die Richtung der Rotationsebene des Mondsystems. Dieses wird gedreht, und damit dreht sich auch die Ebene der Gasaufnahme des Planeten.

Der Planet bleibt, während er sich von der Sonne entfernt in der Nähe der Ekliptik. Er kann demnach nur Kometen geringer Inklination umlenken. Das wären Kometen bis 30° und ab 150°. Die gegenläufigen Kometen fängt er zum großen Teil ein, und es fehlt dort das Maximum von 150° bis 180°. Daher haben wir bei den kurzperiodischen Kometen nur ein Maximum von 0° bis 30° (4.6.)[227].

Gegenläufige Kometen bewegen sich gegen diesen Strom, der sich um den jeweiligen Planeten befindet und werden besonders stark gebremst, wenn sie diese Gasscheibe durchdringen. Auf diese Weise sind zum großen Teil die gegenläufigen Kometen eingefangen worden, weil sie die größte Abbremsung innerhalb der Gasscheibe erfahren. Dazu wirkt die Gravitation des Planeten.

2.11.5. Gegenläufige Kleinmonde des Jupiter

Jupiter hätte die Kometen eingefangen. In dieser Reihe kleiner Kometen ist die untere Grenzgröße zwei Kilometer Durchmesser. Die Größe bestätigt, dass die Körper eine Mindestgröße haben müssen, um die Ekliptik zu durchdringen. Der Wert, von ungefähr einem Kilometer Durchmesser für Körper höherer Dichte, ergab sich aus dem Fehlen von Körpern bestimmter Größe im Asteroidengürtel (20.1.)[228]. Da die Kometen geringerer Dichte sind, müssen sie größer gewesen sein. Der Wert von zwei Kilometern Durchmesser würde dem entsprechen.

Zudem fällt auf, dass sich nach mehren kleinen Kometen ein größerer Komet auftaucht (siehe Tabelle 4) (5.28.). Da geht es um die Frage, wie sich eine solche Struktur erklären lässt. Die Kometen selber kommen aus den inneren Bahnen des Sonnensystems und wandern vom Stern weg. Demnach hat Jupiter diese Kometen eingefangen, als er Gase aufnahm und eine Gasscheibe gebildet hat. Vordem hat er noch Asteroiden eingefangen und im späteren Verlauf die gegenläufigen Kometen.

Die Körper in der Gasscheibe um den Stern entwickeln sich alle nach dem gleichen Prinzip. Alle müssen die Gasscheibe durchdringen, die die Sonne umgibt und haben daher diese Mindestgröße. Im gleichen Zuge wird über die Periheldrehung dafür gesorgt, dass sich aus einer Reihe gleich großer

---

[226] Die äußeren Kleinmonde von Jupiter und Saturn weisen das gleiche Spektrum auf wie die Körper des äußeren Asteroidengürtels. - Sterne und Weltraum 9-2004 - S. 12

[227] Sfountouris, Argyris "Kometen - Meteore - Meteoriten" 1986, Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich,

Nichtperiodische und kurzperiodische Kometen. Häufigkeit und Inklination - S. 128 f

[228] David Morrison: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Bei Asteroiden über 100 Kilometern Durchmesser sind 99% gefunden. Bis 10 Kilometer Durchmesser sind 50% gefunden. Körper ist zu einer Größe von einem Kilometer sind jedoch nur wenige Objekte gefunden worden, obwohl es eine Million geben dürfte. - S. 190

Körper einer dieser Körper durchsetzt und den nächsten Körper einfängt. Hat er es geschafft einen Körper einzufangen, so wird der Zahl der eingefangenen Körper immer größer, weil die Periheldrehung bei ihm nicht mehr so stark wirkt, wie bei den kleineren Körpern. Damit setzt sich in einer Reihe gleich großer Körper ein Körper durch, der sehr viel mehr Masse besitzt als alle anderen. Da Jupiter eine ganze Reihe Körper einfängt, findet sich immer wieder ein großer Körper dazwischen.

Betrachtet man die Intervalle der Körper, so werden die Reihen kleiner Körper kürzer, und die einzelnen Körper zwischen den Intervallen werden nach außen hin immer größer. Das ist damit zu erklären, dass sich Jupiter im Zuge seiner Entwicklung immer mehr vom Entstehungsbereich entfernt hat. Dadurch wird der sich durchsetzende große Komet noch größer. Das wäre die Logik, die sich hinter den Intervallen der eingefangenen Kometen von Jupiter versteckt.

2.11.6. Äußere Kleinmonde des Saturn

Saturn hat als einziger Planet mitlaufende Kometen in mittleren Bahnen und in den äußersten Bahnen nur noch gegenläufige Kometen. Im Gegensatz zu den anderen Gasplaneten hat er schon in der Nähe des Entstehungsbereiches eine Gasscheibe entwickelt. Die Ursache für das Einfangen der mitlaufenden Kometen hat damit zu tun, dass er verfrüht Gase aufnimmt. Im weiteren Verlauf entfernt auch er sich vom Entstehungsbereich nimmt durch die Gasaufnahme an Gasen zu und kann durch die größere Entfernung auch nur noch gegenläufige Kometen einfangen.

In einer Reihe von Kleinmonden ist Phoebe die Ausnahme. Er hat einen Durchmesser von 215 km (51.27)[229]. Nach neueren Untersuchungen der Cassini-Huygens-Sonde hat dieser Mond eine Dichte von 1,6 g/cm³. Zudem ist die obere Schicht aus Eis (23.5.) (siehe Tabelle 4). Demnach wäre er ein leichter Gesteinskörper, den Saturn von außen eingefangen hat. Es ist also nach dem gleichen Prinzip eingefangen worden wie Triton.

Das Besondere an Phoebe liegt jedoch darin, dass er in der Mitte eines großen Staubrings liegt (51.7.)[230]. Diesen Ring hat er auch mit in das Saturnsystem gezogen. Er muss demnach aus einem anderen Material bestehen als der innere Ring. Das Material hat eine höhere Kondensationsstufe als der innere Ring aus Eis. Es wären eher Silikate mit geringem Kondensationspunkt.

Bei der Entstehung des regulären Mondsystems sind die Körper paarweise in der Nähe des Sterns gebildet worden und weggewandert. Es müssen demnach durch das ganze Sonnensystem hindurch immer Paare existieren, wobei sich die Planeten einordnen. Was fehlt, wäre der Partner zu Saturn. Das dürften Phoebe und Chiron gewesen ein (13.1.)[231]. Chiron wäre der Eisanteil dem Phoebe fehlt. Dann hätte man einen Körper von etwa 400 Kilometer Durchmesser. Durch Titan ist die Entstehung der Körper immer weiter in die äußere Region der C-Klasse verlagert worden, und so hat sich der Partner von Saturn nicht richtig entwickeln können.

---

[229] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Phoebe hat eine ganz alte Oberfläche mit einer dunklen Schicht von 300 bis 500 Metern dicke. Er hat zudem einen Durchmesser von 213 km. - 1-2018, S. 24

[230] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Der große neue Ring im Saturnsystem hat die Bewegungsebene von Phoebe, und er befindet sich genau in der Mitte dieses Rings. - 12-2009, S. 642

[231] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Chiron, Durchmesser 180 bis 370 Kilometer, bei Annäherung an die Sonne bildet sich eine Koma von 40ooo bis 130ooo Kilometern Durchmesser. Trotz seiner Größe zeigt er das Verhalten eines Kometen. - S. 81

Im Bezug zu Phoebe und Chiron müsste man sich Mimas und Enceladus anschauen. Das ist das nächste Paar. Wobei der eine 400 Kilometer Durchmesser und der andere knapp 500 Kilometer Durchmesser. Enceladus hat dazu eine 60 Kilometer dicke Eisschicht und der Gesteinskern hat etwa 380 Kilometer Durchmesser (26.12.)[232]. So hat man einen Vergleich zu den Eismengen und dem Gestein.

2.11.7. Der Saturnmond Pan

Der Kleinmond Pan bewegt sich im Ringsystem des Saturns. Er hat einen maximalen Durchmesser von 35 Kilometern. Er hat schwere Schleifspuren, wie bei Miranda. Das wesentliche ist aber der Kranz, den der Kleinmond umgibt. Dieser ist sehr stark ausgeprägt. (5.156.)[233]. Dieser Kranz von Pan ist jedoch proportional viel größer und zieht sich wie eine Hutkrempe um den ganzen Körper. Dazu gibt es noch zwei weitere Körper, die ebenfalls diesen Kranz vorweisen. Das ist Kleinmond Atlas mit ähnlicher Größe und es der dritte ist Daphnis als kleinerer Mond (5.162)[234].

Es gab die erste Phase als Saturn die Gase aufnahm. Da werden durch Kondensation solche Körper wie Pan gebildet. Das ist in der Zeit als Saturn selbst mit der Gasaufnahme in der Nähe der Sonne beginnt. Die zweite Phase hat viel später stattgefunden. Da ist Saturn schon in der gewohnten Position im Sonnensystem und Enceladus hat als regulärer Mond über Geysire Wasserdampf abgegeben. Diese speisen das Ringsystem des Saturns und führen dazu, dass sich bei diesen Kleinmonden ein Kranz bildet.

2.11.8. Äußere Kleinmonde des Uranus

Das äußere Kleinmondsystem und die Intervalle der Körper sind bei Uranus größer als das der inneren Gasplaneten. Das ist damit zu erklären, dass die Gasaufnahme später eingesetzt hat. Er hat in seiner Entwicklung noch nicht die T-Tauriphase erlebt, die zur frühen Gasaufnahme führt. Generell kann man dort erkennen, dass Kometen größer werden, wenn sie sich weiter vom Stern entfernen.

2.11.9. Äußere Kleinmonde des Neptun

Neptun hat bis auf Proteus sein gesamtes großes Mondsystem und auch sein äußeres Kleinmondsystem durch den Einfang von Monden und Planeten aus dem äußeren Bereich des Sonnensystems verloren. Der einzige kleine Körper ist Nereid und der hat die größte Exzentrizität aller Kleinkörper bei den Gasplaneten. Mittlerweile hat man zudem einen weiteren Kleinkörper gefunden, der sich in einer äußerst großen Umlaufbahn um Neptun befindet. Es ist sicher nicht auszuschließen, dass dort noch mehrere gefunden werden (5.56.)[235].

---

[232] Enceladus hat eine etwas 60 km dicke Eisschicht. Am Südpolbereich ist sogar eine 10 km dicke Schicht Wasser vorzufinden.

Süddeutsche Zeitung, 4.4.2014, S. 16

[233] Der Mond Pan aus dem inneren Saturnsystem hat einen Durchmesser von maximal 35 m. und besitzt eine breite Krempe, die sich um den ganzen Mond zieht. - Sterne und Weltraum, 5-2017, S. 10f

[234] Die inneren Kleinmonde von Saturn, wie Pan, Atlas und Daphnis haben alle neben der runden Form eine Krempe, die den Körper umschließt. - Sterne und Weltraum, 10-2017, S. 33

[235] Ein Mond von 38 Kilometern Durchmesser, einem Abstand von 49,5 Millionen Kilometern, einer Inklination von 124,2° und einer Exzentrizität von 0.27 ist bei Neptun gefunden worden.

Bei Nereid fällt erst einmal auf, dass er nicht gegenläufig ist, wie alle äußeren Kleinmonde der anderen Gasplaneten. Nereid ist nämlich ein Gesteinskörper, der aus der äußeren Region kommt. Für den neuen Körper in dieser großen Bahn Neptuns gilt das gleiche. Zu dem Zeitpunkt, als die Kleinmonde eingefangen wurden, existierte die Gasscheibe nicht mehr. Dafür spricht auch der große Radius von Nereid. Damit fand dieser Einfang ungedämpft statt, womit sich die Exzentrizität zu erklären ist.

Sterne und Weltraum, 11-2003 - S. 15

2.12. Exoplaneten

2.12.1. Wechselwirkung zwischen Planeten und Sternen

Aus meinen bisherigen Überlegungen gibt es zwischen der Planetenentstehung und dem Stern eine Wechselwirkung. Einmal ist die Entwicklung von der Temperatur abhängig, da ich von der Kondensation ausgehe. Zum anderen ist sie davon abhängig welche Rotation der Stern erreicht. Bei steigender Temperatur bewegt sich der Entstehungsbereich vom Stern weg. Bei steigender Rotation verändert sich das Entstehen von Körper und ihre Klassen. Bei der Rotation werden bestimmte Schwellwerte erreicht, die überschritten eine ganz neue Entwicklungsphase einläuten.

2.12.2. Wechselwirkung zwischen Sternrotationen und Gasscheibe

Beim Stern muss man zwei Arten der Rotation unterscheiden. Es ist einmal die Rotation des Sterns selber und zum anderen die Rotation der Gasscheibe. Auch hier herrschen starke Wechselwirkungen. Die Gasscheibe entsteht ab einer bestimmten Sternrotation. In ihr entstehen Körper. Diese rotieren, stürzen in den Stern, erzeugen Magnetfelder und bremsen den Stern. Dieser ausgelöste Magnetismus hat eine hohe Bremswirkung auf den Stern. Dadurch rotiert die Gasscheibe schneller als der Stern.

Wenn nun der Stern langsamer rotiert als seine Gasscheibe entsteht auch eine Rückwirkung. Der Stern bremst die Gasscheibe. Hier ist die Wechselwirkung bedingt durch die Reibung der Oberfläche. Dabei hat die Gasscheibe das größere Drehmoment. Sein Mechanismus ist bedeutend schwächer als in die andere Richtung, aber er wirkt länger und am Ende effektiver.

Für unsere Betrachtung bedeutend, dass die einmal erreichte Rotation der Gasscheibe für eine längere Zeit erhalten bleibt. Das ist beim Überschreiten bestimmter Schwellwerte von hoher Bedeutung, denn eine anlaufende Entwicklung wird nicht sofort wieder ausgekoppelt. Aufgrund der Wechselwirkung zwischen der Gasscheibe und dem Stern ist das nicht möglich.

2.12.3. Entwicklungsprinzip und Klassen von Gasplaneten

Der wesentliche neue Gedanke in diesem Modell zur Planetenentstehung liegt darin, dass alle großen Körper in der Nähe der Sonne entstanden sind und von der Strömung des Gases weggetrieben werden. Demnach sind alle Körper hintereinander entstanden und haben sich gegenseitig eingefangen und größere Systeme gebildet, wie die der Gasplaneten. Es gibt unterschiedliche Klassen von Gasplaneten. Diese Klassen der Gasplaneten sind an die Klassen von Körpern gebunden, die aus dem Entstehungsbereich herauswandern.

Die Arten der Körper ergeben sich aus den verschiedenen Klassen, wie sie im Asteroidengürtel vorzufinden sind. Die Entwicklung der einzelnen Klassen ist abhängig von der Temperatur des Sterns. Damit verbunden ist die Rotationsgeschwindigkeit eines Sterns. Mit steigender Temperatur war die Rotation in den frühen Entwicklungsphasen eines Sterns höher. Das nimmt wiederum Einfluss auf die Bildung der unterschiedlichen Klassen, die aus dem Asteroidengürtel herauswandern. Zum Beispiel setzt die Bildung der Körper mit Eisenkern, also Körper der M-Klasse, später ein. Die Bildung der Körper aus der E-Klasse, wie etwa Pluto oder Triton, tritt früher ein. Dieses versetzte Entstehen bleibt bei allen Sterntemperaturen erhalten. Sie verschiebt sich nur in spätere Phasen, wenn man sich zum Beispiel zu kühleren Sternen bewegt. Aus diesen unterschiedlichen Klassen von Körpern bilden sich die Klassen der Gasplaneten. So kann man sagen, dass Neptun als ein Vertreter der E-Klasse zu verstehen ist und Jupiter ein Vertreter der M-Klasse ist.

Zudem kommt die Wechselwirkung dieser beiden Klassen von Körpern bevor sie zu Gasplaneten werden. Dadurch, dass die M-Klasse die E-Klasse abschneidet, ist es der E-Klasse möglich gewesen, Gasplanet zu werden. Das ist so zu verstehen: In der frühen Phase unserer Sonnensystems sind lauter Kleinplanetensysteme entstanden. Ein Pluto wandert in die C-Klasse der Asteroiden und fängt einen Mond der C-Klasse ein. Dann folgt Triton und macht das gleiche. Vielleicht fängt er auch zwei Monde der C-Klasse ein, aber dann kommt der nächste Körper der E-Klasse schneidet die Entwicklung ab. Das ist das Problem der Kleinmondsysteme. Es wird nun unterbrochen, weil plötzlich die Körper der M-Klasse auftreten und die Entwicklung der E-Klasse abschneidet. Damit wandern nur noch Körper der C-Klasse aus dem Entstehungsbereich heraus und der letzte Körper der E-Klasse sammelt eine ganze Reihe Körper der C-Klasse ein. Damit erreicht er erst die Masse, um die Inklination zu senken und zum Gasplaneten zu werden. Neptun war in unserem System der erste, dem das gelang. Um das richtig zu verstehen muss man sich über die Entwicklungsgeschwindigkeiten der einzelnen Klassen im Klaren sein. Die M-Klasse mit Eisenkern entwickelt sich sehr langsam und verlässt den Entstehungsbereich auch mit geringer Abdrift. Dadurch können sich während dieser Zeit so viele Körper der C-Klasse bilden, die von dem letzten Körper der E-Klasse eingefangen werden. Das Entstehen der M-Klasse stört demnach die Entwicklung der E-Klasse und sorgt damit für die ungestörte Entwicklung der C-Klasse.

Sobald Neptun mit der Gasaufnahme beginnt, sammelt der die Kleinmondsysteme ein, zerstört dadurch sein Mondsystem und sie stürzen zum größten Teil bis auf Triton ab. Das ist nur möglich, weil die Kleinplaneten, wie Pluto und Triton noch keine Gase aufnehmen können. Ihre Abdrift bleibt weiterhin gering.

Neben dem Massengewinn durch die Gasaufnahme ist der zusätzliche Massengewinn durch die Einnahme dieser Kleinmondsysteme bestimmt. Deswegen hat er in unserem Sonnensystem mehr Masse als Uranus.

Wesentlich bei der Betrachtung der kühlen Sterne sind daher diese beiden Typen von Gasplaneten, die ich mit Jupiterklasse und mit Neptunklasse bezeichnen möchte. Sie zeigen eine Wechselwirkung in ihren einzelnen Körper während das Sonnensystem entsteht. Bei sehr kleinen Sternmassen entwickelt sich nur die C-Klasse.

2.12.4. Die Klassen der Exoplaneten und die Sternmasse

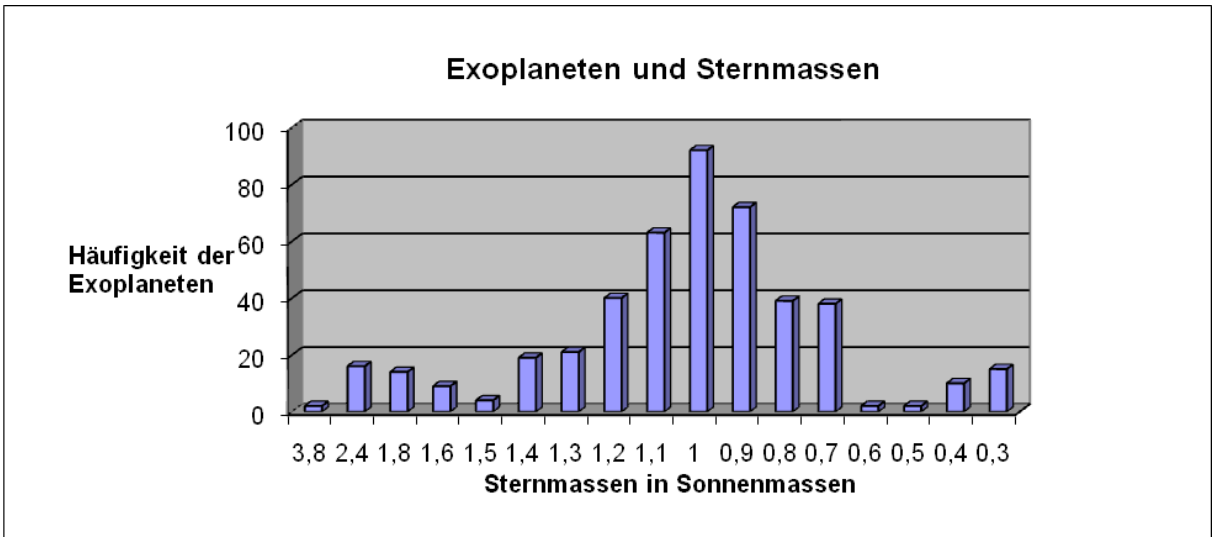
Im Bereich der Sterne von 0,3 und 0,4 Sonnenmassen entwickeln sich Körper aus Eis wir Iris im äußeren Sonnensystem. Das sind Eiskörper, die aber einen großen Anteil an Gesteinen an sich binden, und daher zu einer hohen Dichte gelangen. Es können sich aber auch Eiskörper bilden, wie Sedna im Sonnensystem. Diese bilden Gasplaneten in der Nähe oder in der Ferne. Die Dichte kann recht gering sein. Der Planet Koi 314 c hat eine geringe Dichte und umkreist einen M-Stern (27.8.).

Bei Sternen von 0,5 bis 0,6 Sonnenmassen entstehen nur Kleinmondsysteme die einem Pluto entsprechen. Pluto steht als Vertreter der E-Klasse. Diese stört ständig, die C-Klasse und damit können sich keine größeren Planetensysteme bilden (siehe Grafik 26).

Ab 0,7 Sonnenmassen bildet sich die M-Klasse aus und stört die Entwicklung der E- Klasse. In unserem Sonnensystem war es Titan. Der letzte Körper der E-Klasse sammelt daher ungestört Körper der C-Klasse ein und bildet sich zum ersten Gasplaneten. Titan ha durch seine Störung, die Entstehung der Gasplaneten erst wieder möglich gemacht.

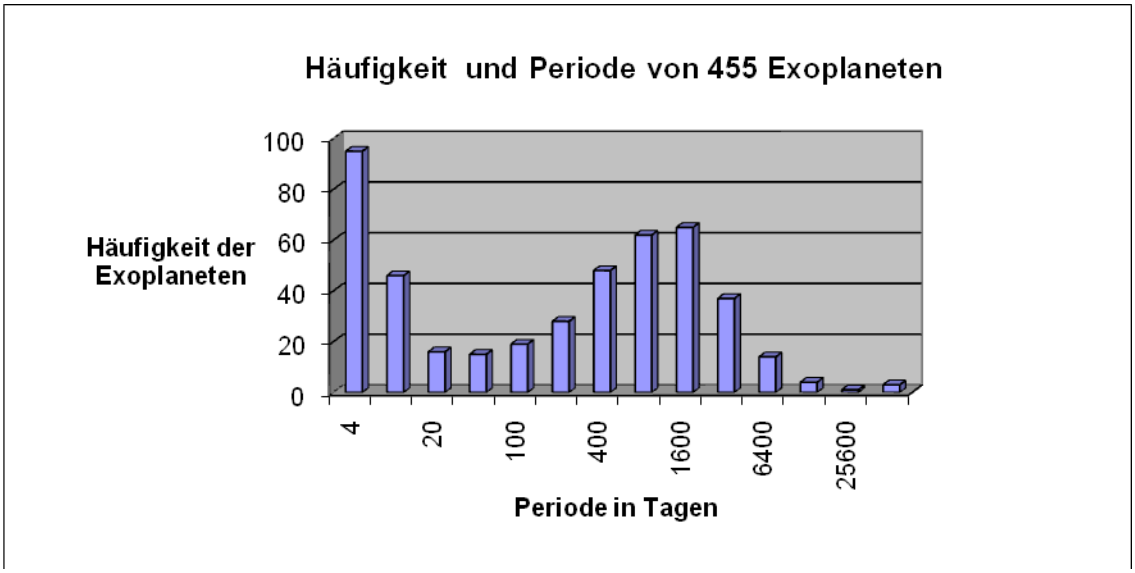
Ab 0,8 Sonnenmassen entwickelt sich die M-Klasse zu Gasplaneten. Das zeigt sich darin, dass die Häufigkeit der Exoplaneten in Sternnähe zunimmt. Die M-Klasse ist die einzige Klasse, die in der Lage ist ohne die T-Taurikrise in Sternnähe zu bleiben. Zwangsläufig entwickelt sie sich daher bei den G-Sternen auch zu den ersten engen Doppelsternen. Das sind die RS-Canum-Venaticorum-Sterne. Vorläufer ist zum Beispiel der magnetische Exoplanet hd189733. (siehe Diagramm 2)

Ab 0,9 Sonnenmassen setzt die T-Tauriphase ein und führt zur verfrühten Gasaufnahme. Damit entwickeln sich Gasplaneten günstiger, und es bilden mehr Gasplaneten es bilden sich in dem Sinne noch mehr Jupitertypen. Vor allem tritt über die T-Taurikrise eine starke Streuung der Exoplaneten ein.



Grafik 26: Häufigkeit der Sterne mit Exoplaneten[236]

Bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen steigt die Rotation der umgebenden Gasscheibe an und plattet damit mehr ab. Der Sonnenwind wird stärker und damit muss der Planet mehr Masse sammeln, um Gase aufnehmen zu können. Das führt dazu, dass Planeten größer werden und sich weiter zu Braunen Zwergen oder Sternen entwickeln. Damit nimmt die Häufigkeit der Exoplaneten ab (siehe Grafik 26). Zudem werden die Elemente unterschiedlicher Dichte besser selektiert, und fallen dann als seltene Erden in den Sternoberflächen des Erststerns auf. Es entstehen die Am-Sterne.



Grafik 7: Häufigkeit und Perioden der Exoplaneten [237]

Bei Sternen mit 1,5 Sonnenmassen, können sich Exoplaneten kaum bilden, weil der Sonnenwind so stark ist und der Planetenkern vor der Gasaufnahme sehr groß ist. Damit werden auch

[236] Eigene Grafik: Ausgewertet aus 455 Sternen Die Grafik hat keine proportionale Aufteilung auf der x-Achse. Die Massenbestimmung des Sterns über die Parameter der Exoplaneten ist nach der Tabelle 6a erklärt.

[237] Die Grafik ist eine eigene Auswertung. Die Auswertung bezieht sich auf Tabelle 8

mehr Monde eingefangen, die dann bei Sternen mit 1.6 Sonnenmassen, also ab den F2-Sternen bei 7100 Kelvin, zum Absturz kommen. Das führt dann zum Magnetismus der Ap-Sterne.

2.12.5. Perioden der Exoplaneten und Gasaufnahme

Betrachtet man den Periodenverlauf aller Exoplaneten, so fallen zwei Maxima auf. Ein Periodenmaximum liegt bei vier Tagen und das zweite zwischen 400 bis 3200 Tagen (siehe Grafik 7). Die erste Periode erklärt sich daraus, dass der Planet Masse zunimmt und die Abdrift kleiner wird. Die druckbelastete Dichte nimmt zu. Damit wird die Inklination kleiner und der Planet als Festkörper gelangt in den Schutz der Gasscheibe. Dort beginnt die massive Aufnahme von Gasen. Er wird sehr viel größer und die Abdrift nimmt wieder zu. So springt er in große Perioden.

Der Jupitertyp mit Eisenkern tritt als Gasplanet bei Sternen mit 0,9 Sonnenmassen auf. Erst bei dieser Masse entwickelt sich das Mondsystem voll und der Planet sammelt eine große Dichte, bei der er trotz der Gasaufnahme in manchen Fällen nicht den Stern verlässt. Durch die T-Taurikrise kann es sein, dass dieser Planetentyp vom Stern wegwandert. Er Erreicht dann aber wieder sehr schnell eine kritische Dichte und die Abdrift nimmt wieder ab. So setzen sich Gasplaneten in bestimmten Bahnen von etwa 1600 Tagen Umlaufzeit fest. Die T-Taurikrise mit der Abschwächung des Sonnenwindes führt vor allem dazu, dass alle Gasplaneten mehr Gase aufnehmen können, und damit die Häufigkeit der Exoplaneten bei Sternen mit 0,9 Sonnenmassen steigt.

Die zweite und große Periode erklärt sich aus dem Grenzwert der Gasplanetengröße. Gasplaneten werden nicht viel großer als Jupiter. Sammeln sie während sie wegwandern mehr Gase ein, nimmt die Dichte wieder zu und auch da geht die Abdrift wieder gegen Null. Daher setzen sich Gasplaneten allgemein auf größere Perioden fest.

2.12.6. Prinzip der Perioden der Exoplaneten

Bei dieser Periode von vier Tagen erreicht der Planet mit dem Einfangen der Monde eine so hohe Masse, dass die Abdrift gegen Null geht. Das hat die Ursache darin, dass die Masse schneller wächst als die Reibungskraft. Die Reibungskraft wirkt auf die Oberfläche, und diese steigt in geringerem Maß als die Masse. Deswegen bleibt der Planet bei der Periode von 4 Tagen eine geraume Zeit.

Im gleichen Zuge nimmt die druckbelastete Dichte zu. Damit sinkt die Inklination, und er gelangt in den Schutz der Gasscheibe. Damit beginnt die Gasaufnahme, die Dichte nimmt ab und der Gasplanet wandert aus dieser Periode von 4 Tagen heraus. Der Gasplanet erreicht bei der weiteren Gasaufnahme jedoch eine obere Grenze seiner Größe. Er wird nicht viel größer als Jupiter und nimmt damit in der weiteren Entwicklung an Dichte zu. Damit geht die Abdrift wieder gegen Null. Erklärt sich das zweite Maximum zwischen 400 und 3200 Tagen.

Hinzu kommt ab 0,8 Sternmassen den zweiten Faktor der T-Taurikrise, wo Gase sehr früh und in sehr großem Umfang aufgenommen werden. Das führt zu einem starken Dichteverlust des Gasplaneten großen Sprüngen bei den Perioden.

2.12.7. Gasaufnahme von Planeten und Klassen von Körpern

Die Gasaufnahme der Gasplaneten ist einmal abhängig von der Dichte des jeweiligen Planeten vor der Gasaufnahme, und er ist abhängig von der Stärke der Abplattung der Gasscheibe. Der dritte Faktor ist die T-Taurikrise eines Sterns. Der Stern wird kleiner und dem Planeten ist es eher möglich Gase aufzunehmen. Das begünstigt die Gasaufnahme. So haben Saturn und Jupiter besonders viele Gase aufnehmen können. Nur diese Faktoren entscheiden über die Gasaufnahme eines Planeten.

Man unterscheidet im Sonnensystem drei Klassen von Körpern unter den Festkörpern, und diese gelten auch für Gasplaneten. Es gibt die Körper der C-Klasse, die Körper der E-Klasse und die

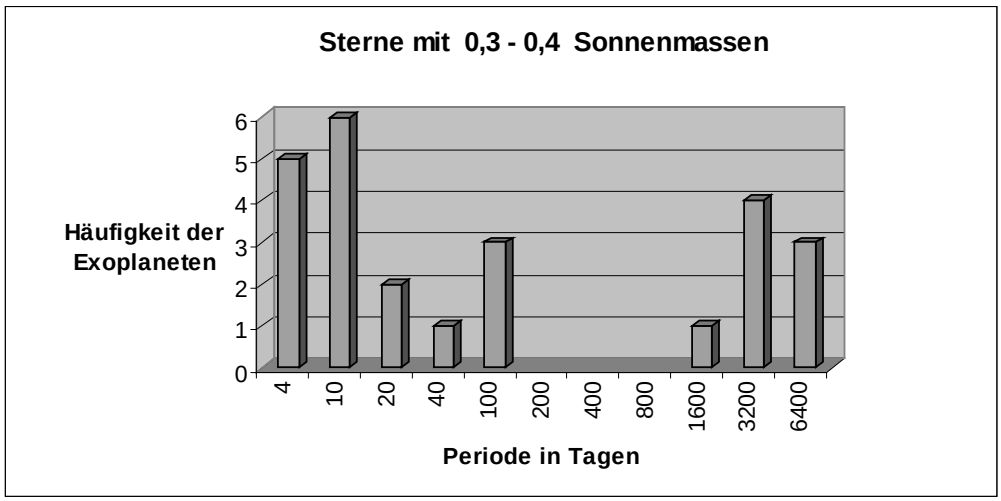
der M-Klasse. Diese Klassen erreichen für sich eine unterschiedliche Dichte. Von der C- bis zur M-Klasse nimmt die Dichte der Körper zu. Die M-Klasse hat demnach von vorne herein die größte Dichte, weil sie den Eisenkern hat. Alle Körper müssen genügend Masse erreichen, um Gasplaneten zu werden. Das gelingt über die eingefangenen Mond, die weitere Masse an Festkörpern mitbringen.

Bei Sternen von 0,3 bis 0,4 Sonnenmassen funktioniert das Trennungsverfahren der Klassen noch nicht. Es gelingt aber Eiskörpern, wie Iris in Sonnensystem Massen an sich zu binden. Daher bleiben Festkörper in kleinen Perioden bis 100 Tagen Umlaufzeit. Körper in großen Perioden sind Kometen, die Planetengröße erreichen und in der Ferne Gase aufnehmen. Das wäre im Sonnensystem ein Körper wie Sedna. (siehe Tabelle 6b: Objekte im Kuiper-Gürtel) (48.8.)

Bei Sternen mit 0,5 bis 0,6 Sonnenmassen gibt es keine Gasplaneten. Das herrschen Körper, wie Pluto mit kleinen Mondsystemen.

Bei Sternen mit 0,7 und 0,8 Sonnenmassen bilden sich Gasplaneten wie in unserem Sonnensystem, aber ohne Asteroidengürtel und das innere Sonnensystem. Diese können sich auch weiter zu den ersten engen Doppelsternen entwickeln. Das wären die RS-CVn-Sterne. Ein Vorläufer dieser Doppelsterne wäre zum Beispiel der magnetische Exoplanet hd189733b. Hier wären Monde abgestürzt, die den Planeten den Magnetismus verleihen. Das geht auch nur weil dieser Planet so nahe am Stern ist. Ein weiterer Vorläufer wäre ein Planet von 17 Erdmassen, der Festkörper ist. Dieser befindet sich auch in diesem Massenbereich von Sternen, und spricht dafür, dass Planeten der M-Klasse generell, wegen der anfänglich hohen Dichte in der Nähe des Sterns bleiben würden.

In diesem Massenbereich von Sternen findet sich noch sehr wichtiger Exoplanet in der unmittelbaren Nähe des Sterns. Der Stern ist ein K2-Stern mit 0,78 Sonnenmassen. Der Exoplanet hat einen ganz geringen Abstand zum Stern um bewegt sich in nur 14 Stunden um der Stern herum. Er selber ist ein Festkörper mit 2,59 Erdmassen. Das besondere liegt darin, dass er laut der Physik zu 70 % aus Eisen besteht. Aus meinen Überlegungen müssten aber noch sehr viel mehr schwere Elemente oberhalb des Eisens mit hohem Kondensationspunkt und hoher Dichte stecken (5.165.)[238]. Der Planet ist in dem Sinne ein Jupiter, der seine Entwicklung vor der Gasaufnahme abbricht. Dieser Jupiter wäre auch in der Nähe seines Sterns geblieben. Hier geht es einmal darum, dass man eine Untergrenze für die Masse eines Planeten vor der Gasaufnahme hat und dass man den auf die Körper mit Eisenkernen in diesem Massenbereich der Sterne hat.

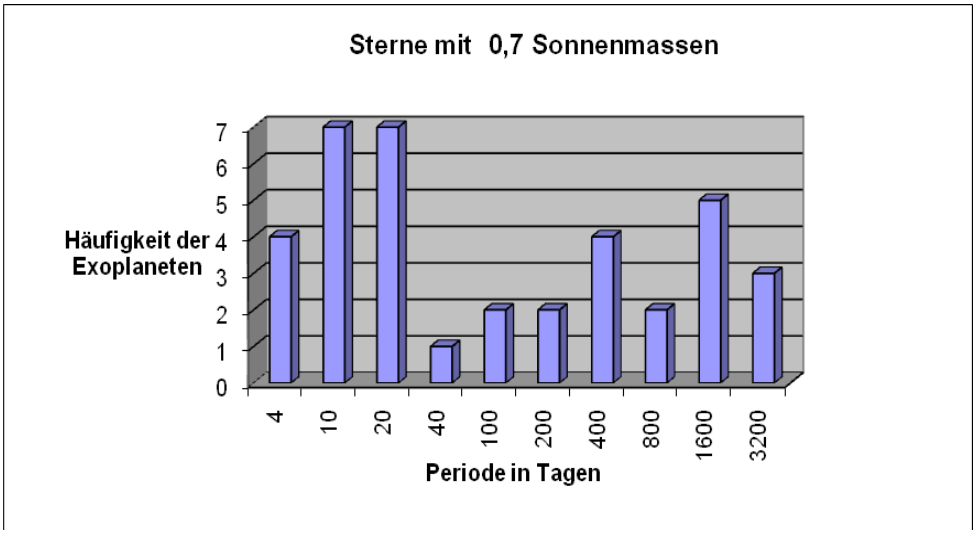


Grafik 27: Exoplaneten bei Sternen mit 0,3-0,4 Sonnenmassen [239]

[238] Der Exoplanet K2-229b umkreist seinen Begleitstern in 14 Stunden. Er hat 2,59 Erdmassen und besteht zu 70 % aus Eisen. - Sterne und Weltraum, 6-2018, S. 16

[239] Die Grafiken 26 bis 36 sind selber entwickelt.

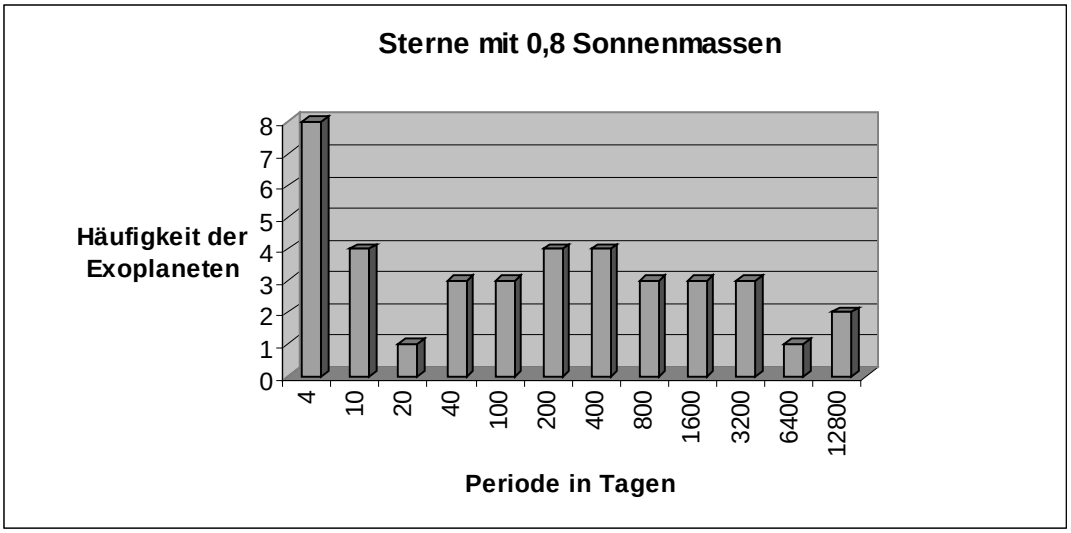
Bei Sternen mit 0,9 und 1 Sonnenmasse tritt die T-Taurikrise ein. Dieser ist in der Lage durch seine große Masse in der Nähe des Sterns zu bleiben und dann zum Doppelstern zu werden. Dieser Faktor der T-Taurikrise wirft Gasplaneten aus kleinen Perioden heraus. Die Wirkungsweise äußert sich darin, dass der Stern kleiner wird und der Sonnenwind abschwächt. Damit kann der Gasplanet mehr Gase aufnehmen und wandert vom Stern weg.



Grafik 28: Exoplaneten bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen

Bei den Sternen ab 1,1 Sonnenmassen, steigt die Rotation des Sterns. Damit plattet die Gasscheibe des Sterns wieder stärker ab und die erwartete Dichte der Körper vor der Gasaufnahme steigt. Durch diese erhöhte Rotation werden zudem alle Körper, ob nun Planeten oder Monde größer. Auch die Inklination der einzelnen Klassen wird größer und sie bewegen sich nicht mehr in so große Bahnen.

Darüber hinaus entwickeln sich noch weitere Klassen von Körper höhere Dichte als Eisen und Nickel, aber das Prinzip der Bildung von Gasplaneten bleibt das gleiche.



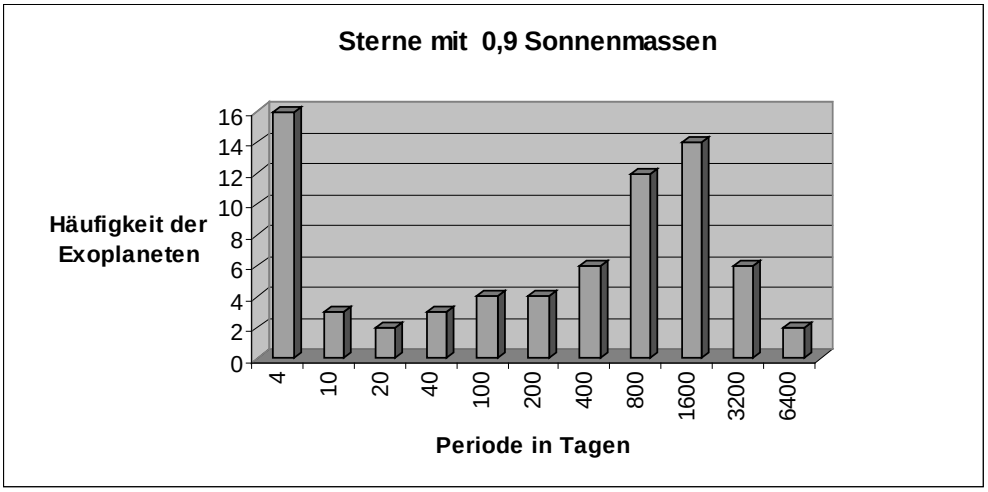
Grafik 29: Exoplaneten bei Sternen mit 0,8 Sonnenmassen.

2.12.8. Sternmasse und Positionen von Exoplaneten

Bei den Exoplaneten der Sterne mit 0,3 bis 0,5 Sonnenmassen ist eine leichte Anhäufung im Periodenbereich bis zu 100 Tagen. Bei 0,5 Sonnenmassen sind es Körper der C-Klasse, weil sie sich ungestört entwickeln können. Die Körper bei kleinen Sternen sind Mischformen aus allen Klassen.

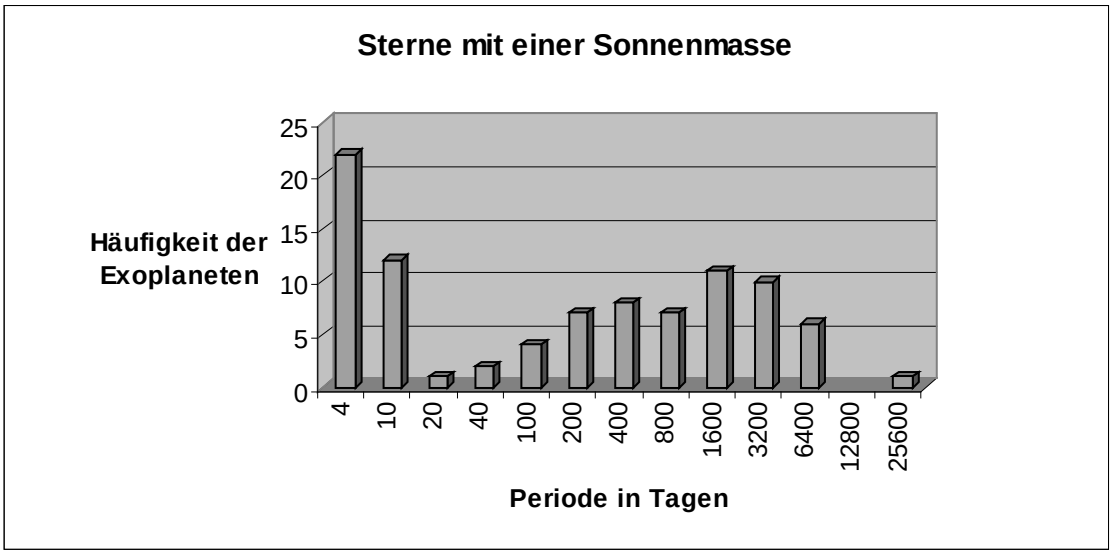
Bei 0,5 und 0,6 Sonnenmassen gibt es keine Gasplaneten, weil die E-Klasse die C-Klasse stört. Es gibt dort nur Kleinplanetensysteme und keine Gasplaneten.

Bei den Exoplaneten der Sterne mit 0,7 Sonnenmassen hat man ebenfalls keine Anhäufung bei 4 Tagen zu sehen. In dieser Phase bilden sich die Gasplaneten der C-Klasse. Die C-Klasse tritt hier aber auf bei die M-Klasse die E-Klasse abschneidet. Wir haben es hier mir einer doppelten Störung zu tun. Die Körper der M-Klasse sind aber noch zu wenige um selber Gasplaneten zu bilden.



Grafik 30: Exoplaneten bei Sternen mit 0,9 Sonnenmassen.

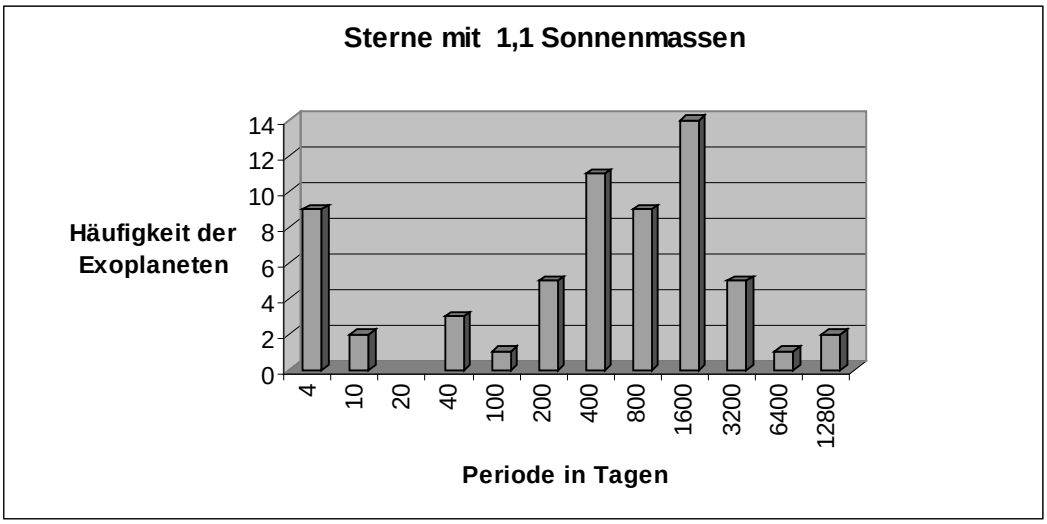
Bei den Exoplaneten der Sterne mit 0,8 Sonnenmassen tritt zum ersten Mal bei den Perioden von 4 Tagen eine Anhäufung auf. Hier entwickeln sich die Körper der M-Klasse zu Gasplaneten. Die restlichen Körper verteilen sich aber recht gleichmäßig über alle Perioden.



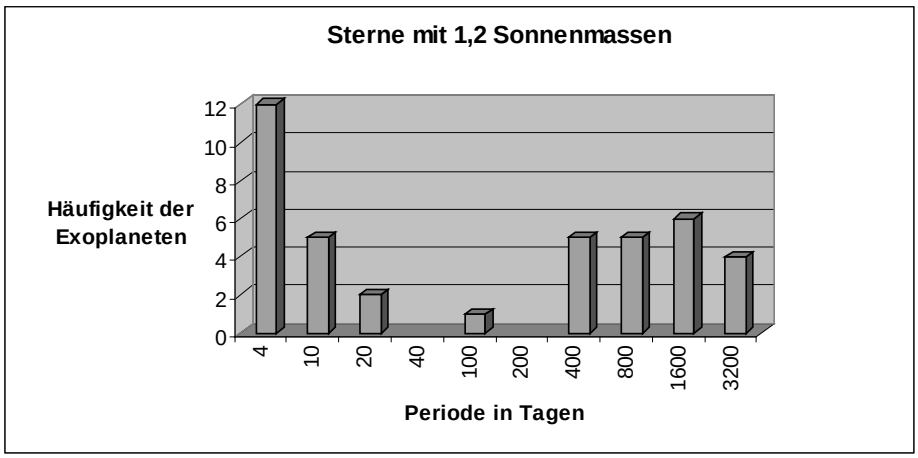
Grafik 31: Exoplaneten bei Sternen mit einer Sonnenmasse

Bei Sternen mit 0,9 Sonnenmassen wirkt die T-Tauriphase und führt zu immer stärkeren Sprüngen der Exoplaneten durch die frühe Gasaufnahme. Daher vermindert sich die Weiterbildung der Gasplaneten zu engen Doppelsternen, wie den RS-Canum-Venaticorum-Sternen. Das führt auch zur Verminderung von Doppelsternen allgemein, weil Gasplaneten den Stern zu schnell verlassen und damit in der Ferne nicht mehr genügend Gase ausnehmen können (siehe Grafik 37).

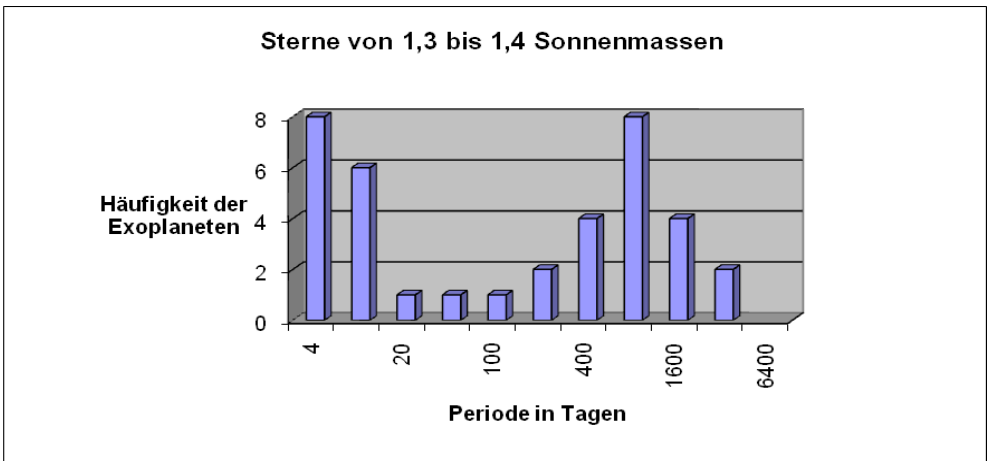
Bei den Exoplaneten von Sternen mit einer Sonnenmasse entstehen die engen Doppelsterne kaum mehr, es bleiben aber noch viele Exoplaneten in Sternnähe. Darüber hinaus wandert der Entstehungsbereich immer weiter vom Stern weg und damit sinkt die Häufigkeit der Perioden von 4 Tagen und wandert zu größeren Perioden. Zudem wird die Rotation der Gasscheibe ab 1,1 Sonnenmassen größer und aber auch der Sonnenwind nimmt zu. Die Gasaufnahme setzt wegen dem Sonnenwind später ein. So hat der Planet mehr Masse vor der Gasaufnahme und entwickelt sich eher zum Braunen Zwerg oder zum Stern. Es gibt damit auch weniger Planeten, Monde und auch Exoplaneten. Man kann dann davon ausgehen, dass die Dichte des festen Planetenkerns ab 1,2 Sonnenmassen größer wird.



Grafik 32: Exoplaneten bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen

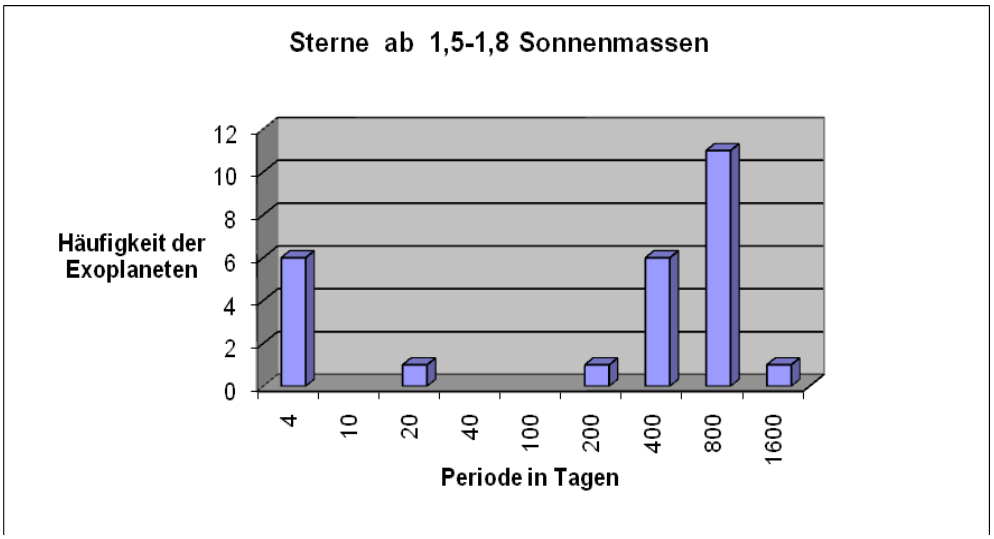


Grafik 33: Exoplaneten bei Sternen mit 1,2 Sonnenmassen



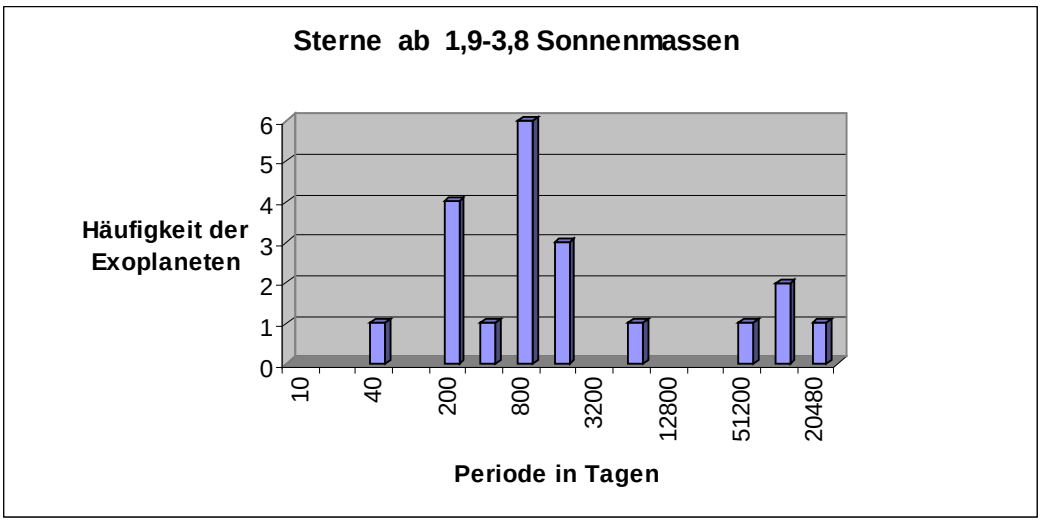
Grafik 34: Exoplaneten bei Sternen mit 1,3 und 1,4 Sonnenmassen

Ein gutes Beispiel ist der Exoplanet Hd149026. Er hat nur 0,36 Jupitermassen, aber eine Dichte von 1,17 g/cm³ (siehe Tabelle 3b). Sein Stern hat 1,2 Sonnenmassen. Er ist demnach in dem Bereich, wo die Rotation des Sterns wieder steigt. Bei ihm müssen 60 % bis 70 % seiner Masse aus festen Materialien bestehen und der Rest aus Gasen oder flüssigem Material. Bei diesem Stern müsste sich nachweisen lassen, dass die Rotation besonders hoch ist. Er wäre dann ein Beweis, dass die Rotation den Planetenkern von Gasplaneten und damit den daraus entstehenden Zweitsternen bei größeren Sternmassen vergrößert. Dieser Zweitstern wird in den weiteren Betrachtungen als Vertreter des Erdtypen, und der Ap- und Bp-Sterne bezeichnet. Das sind Sterne, die eher die Hauptreihe verlassen, weil dieser komprimierte Planetenkern im Zweitstern die Fusion beschleunigt. Aus ihm entsteht später auch die Zwergnova, deren Zündmechanismus der Eismantel eines Planetenkerns ist. Daher ist die hohe Masse des Planetenkerns dieses Exoplaneten von hoher Bedeutung.



Grafik 35: Exoplaneten bei Sternen ab 1,5 Sonnenmassen

Man könnte hier noch allgemein etwas zur Tabelle 3b etwas sagen. Beim Exoplaneten Hd149026 und beim Exoplaneten OGLE-TR-132b liegt die Dichte über 1. (Tabelle 3b) Bei beiden Planeten ist auch der Stern größter Masse. Man sieht schon an dieser kleinen Tabelle, dass es einen Zusammenhang zwischen der Dichte des Planeten und der Masse des Sterns geben könnte. Es ist übrigens auch so, dass man an dieser Tabelle den Fehler von Physikern sieht. Sie ordnen die Planeten nicht den Sternen und ihrer Masse zu. Dadurch sehen sie nicht, dass es diesen Zusammenhang gibt.



Grafik 36: Exoplaneten bei Sternen ab 1,9 Sonnenmassen

In diesem Massenbereich von Sternen wird später auch ein enges Dreifachsternsystem erwähnt, bei dem der zweite Stern noch ganz klein ist. Er hat die Bezeichnung EBLM JO 555-57Ab, ist nicht viel größer als Saturn und hat doch 85,2 Jupitermassen. Der Hauptstern ist ein F8-Stern mit 1,13 Sonnenmassen (5.160.)[240]. Dieser Stern hat einen großen Planetenkern und daher auch einen so geringen Durchmesser, weil die Dichte im Kern so groß ist. in dem Fall ist eine Erde zum kleinen Stern geworden und auch Jupiter hat sich zum großen Stern entwickelt.

TAB. 2 | EXTRASOLARE PLANETEN

Planet	Periode [Tagen]	große Halb-achse [AU]	M [$M_{Jupiter}$]	Radius [$R_{Jupiter}$]	Dichte [g/cm^3]	Exzentrizität e
HD 149026 b	2,9	0,042	0,36	0,7	1,17	0
HD 189733 b	2,2	0,031	1,15	1,2	0,93	0
HD 209458 b	3,5	0,045	0,69	1,3	0,37	0,07
OGLE-TR-10 b	3,1	0,042	0,54	1,2	0,43	0
OGLE-TR-111 b	4,0	0,047	0,53	1,0	0,66	0
OGLE-TR-113 b	1,4	0,023	1,32	1,1	1,26	0
OGLE-TR-132 b	1,7	0,031	1,20	1,1	1,02	0
OGLE-TR-56 b	1,2	0,023	1,45	1,2	0,97	0
TrES-1	3,0	0,039	0,61	1,1	0,60	0,135
XO-1b	3,9	0,049	0,90	1,2	0,67	–

Exoplaneten, die bislang sowohl mit der Transit- als auch mit der Radialgeschwindigkeitsmethode vermessen wurden (nach: Jean Schneider, exoplanet.eu).

Tabelle 3b: Die Dichte von Exoplaneten (42.1.)[241]

[240] Der Stern EBLM JO 555-57Ab ist ein Dreifachsystem mit zwei sonnenähnlichen Sternen. Der Hauptstern wird von einem ganz kleinen Stern mit 85 Jupitermassen in 7,8 Tagen und einem Abstand von 0,082 AE umrundet. - Sterne und Weltraum, 9-2017, S. 10f

[241] Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“ WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

Die Dichte von 10 Exoplaneten. - S. 290

Die Perioden der Exoplaneten verteilen sich bei den Sternen höherer Masse auf eine kleine und eine größere Periode. In diesen Perioden finden sich zu den höheren Sternmassen, also im A-Sternbereich die Doppel- und Mehrfachsternsysteme.

2.12.9. Mehrfachsysteme bei den Exoplaneten

Bei Sternen mit 0,3 und 0,4 Sonnenmassen findet man bis auf eine Ausnahme bei knapp 0,5 Sonnenmassen nur Mehrfachsysteme in kleineren Perioden bis 100 Tagen. Bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen sind sie in der Nähe eines Sterns klein und in der Ferne ähnlicher Masse. Die Systeme bei Sternen mit 0,8 Sonnenmassen haben eine ähnliche Masse. Diese Systeme sind vergleichbar mit Neptun und Uranus. Hier wirkt noch keine T-Taurikrise, die zu größeren Massenunterschieden führt, wie man sie in unserem Sonnensystem kennt. Ab 0,9 Sonnenmassen finden sich große Massenunterschiede bei Exoplaneten in einem System.

Die kleinsten Masse entsprechen der frühsten Phase der Entwicklung unseres Sonnensystems also der äußeren Region, also dem Kuiper-Gürtel. Es ist eine Mischung aus Körpern verschiedenen Klassen. Diese Körper wandern noch nicht so weit weg, weil die Abplattung der Gasscheibe noch nicht so stark ist. Damit kommt es nur zu einer geringen Gasaufnahme, und die Körper wandern nicht so weit vom Stern weg. Gasplaneten in großen Perioden sind Kometen, die sich auch zu größeren Körpern entwickeln können und dann zu Gasplaneten werden. Diese können nur zu Gasplaneten werden, wenn sich in der Nähe dieser Sterne kleine Gasplaneten bilden.

Bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen entsteht der erste Neptun, also ein Vertreter der E-Klasse. Auslöser sind die ersten Körper im Jupitersystem, die einen Eisenkern haben. Weil damit Körper größer werden, führen sie zu einer größeren Periheldrehung. Er sammelt Körper der C-Klasse und kann somit genügend Masse sammeln um über eine höhere druckbelastete Dichte, seine Inklination zu senken und im Schutz der Gasscheibe Gase aufzunehmen. Ihm folgen weitere Vertreter der C-Klasse und bilden solche Systeme, wie das Uranussystem. Hier gibt es dann mehreren Reihen von Gasplaneten.

Bei Sternen 0,8 Sonnenmassen tritt das Jupitersystem mit Körpers aus Eisenkernen auf, weil die Entwicklungszeit lang genug ist. Diese Mondsysteme brauchen mehr Zeit, um sich zu bilden. Auch hier findet man neben einem Jupiter eine ganze Reihe Gasplaneten.

Ab 0,9 Sonnenmassen treten die T-Taurikrisen ein und die M-Klasse bildet Gasplaneten. Durch diese frühe Gasaufnahme gibt es Massenunterschiede bei den Gasplaneten eines Sterns.

Bei größeren Sternmassen bilden sich auch die inneren Körper des Sonnensystems zu einem Gasplaneten. Ich spreche da vom Gasplaneten des Erdtyps. Dieser bleibt in kleinen Bahnen und entfernt sich nicht mehr vom Stern, weil er nach der T-Taurikrise entsteht und damit auch nicht früher Gase aufnimmt. Bei größeren Sternmassen ist die Entwicklungszeit der Systeme früheren Systeme kürzer und damit sind die Reihen von Gasplaneten auch kürzer. Bei größeren Sternmassen gibt es daher weniger Gasplaneten.

Betrachtet man die Mehrfachsysteme unter den Exoplaneten in Tabelle 9, so haben mehrere Systeme in der ersten Position eine sehr kleine Masse. Das könnte schon dafür sprechen, dass sie in der Nähe heranwachsen und beim Hinauswandern größer werden. Hier handelt es sich vor allem in den ersten Positionen um Festkörper, die dann Gase aufnehmen und dadurch erst den Stern verlassen. Diese Struktur würde dem Bild der Planetenentstehung entsprechen.

Es geht dann noch um die Frage, warum, die Mehrfachsysteme der Exoplaneten so unterschiedlich sind. Das hat mit den Klassen der Körpern zu tun, wie sie im Asteroidengürtel zu erkennen sind (Grafik 5). Das Problem liegt vor allem an der E-Klasse der Asteroiden, die durch die M-Klasse wandert. Damit entsteht die S-Klasse. Diese Klasse ist eine Mischform aus Gesteinskörpern und Eisenkörpern. Da geht es immer um die Dominanz einer Klasse. Es ist dann die Frage, wann die M-Klasse dominiert. Das kann früher oder später in einen Planetensystem eintreten. Deswegen findet man sie auch in den unterschiedlichsten Positionen zum Stern.

2.12.10. Metallizität der Sterne und Exoplaneten

Die Eisenhäufigkeit in Sternen mit nahen Exoplaneten ist höher und wird durch die Exoplaneten selber ausgelöst (Grafik 37). Die Exoplaneten sorgen für eine große Periheldrehung der Körper in unmittelbarer Sternnähe. Dadurch wandern die Sinusverläufe der Körper, die in die Gasscheibe eindringen. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass Körper zusammen treffen und damit kommen sie eher zum Absturz.

Aus Grafik 26 entnimmt man, dass Gasplaneten ab 0,7 Sonnenmassen in immer häufiger Zahl auftreten. Ab dieser Sternmasse können mehrere Gasplaneten bei einem Stern entstehen, die immer wieder vom Stern wegwandern. Das führt dazu, dass die Häufigkeit der abstürzenden Körper konstant hoch ist. Es ist damit nicht verwunderlich, dass damit bei 0,8 Sonnenmassen die T-Tauriphase einsetzt. Es sind bis dahin viele Körper abgestürzt, haben die Sonnenflecken erzeugt, und diese vermindern die Fusion in tieferen Regionen. Das führt zur Verkleinerung des Sterns, was eine der Eigenschaften der T-Tauristerne ist.

Da sich der Entstehungsbereich von 0,7 Sonnenmassen bis 1,1 Sonnenmassen immer mehr vom Stern trennt, weil die Körper in größerem Abstand zum Sternentstehen, stürzen immer weniger Körper ab. Wenn die Körper, die Metallizität im Stern erzeugen, muss sie in dieser Richtung abnehmen. Spätestens ab 1,1 Sonnenmassen trennt sich der Entstehungsbereich vom Stern. In dem Bereich der Sternmasse gibt es noch einige Exoplaneten. Bei ihnen muss die Metallizität niedriger sein. Das wäre eine qualitative Aussage zu meinem Entstehungsmodell für Körper um einen Stern.

Die Metallizität der Exoplaneten selber ist geringer als die der Sterne, weil bei ihnen das aufgenommene Gas ausgefiltert ist. Das zeigt der Exoplanet HAT-P-26b, der sich in 4,2 Tagen um einen Stern mit 0,816 Sonnenmassen bewegt (27.35.)[242]. Diese Daten sind demnach ein wichtiger Hinweis, dass die Kondensation in der Nähe eines Sterns stattfindet.

2.12.11. Die Häufigkeit der Braunen Zwergen

Man muss bei Braunen Zwergen zwischen zwei Arten von Braunen Zwergen unterscheiden. Einmal gibt es Gaskörper, die es nicht schaffen Sterne werden. Das wären Braune Zwerge, die aufgrund der Entstehung von Planeten, die sie umrunden ihre Entwicklung abbrechen. Trappist ist ein gutes Beispiel für einen sehr kleinen Stern, der doch recht viele Planeten vorweist. Das wird bei Braunen Zwergen nicht anders sein.

Die andere Art von Braunen Zwergen entsteht aus Planeten um Sterne. Diese Gaskörper beenden ihre Entwicklung, weil der Stern seine Gasaufnahme abschließt. Aus dem Grund kann auch der Braune Zwerg keine Gase mehr aufnehmen.

Allgemein existieren sehr viele Braune Zwerge. In jedem Sternentstehungsgebiet der Milchstraße ist der Anteil 30 % (5.161.)[243]. Das bezieht sich aber auf die Sternpopulation I. in den Kugelsternhaufen sind die M-Sterne schon recht selten, und es gibt dort mit Sicherheit auch weniger Braune Zwerge. Das lässt sich damit erklären, weil bei der geringen Metallizität die Planeten seltener sind. Damit werden Sterne allgemein weniger gebremst.

---

[242] Der Exoplanet HAT-P-26b hat einmal eine ganz geringe Metallizität und zum anderen findet sich in der Gashülle größere Mengen Wasserdampf. Er hat eine Umlaufzeit von 4,2 Tagen.

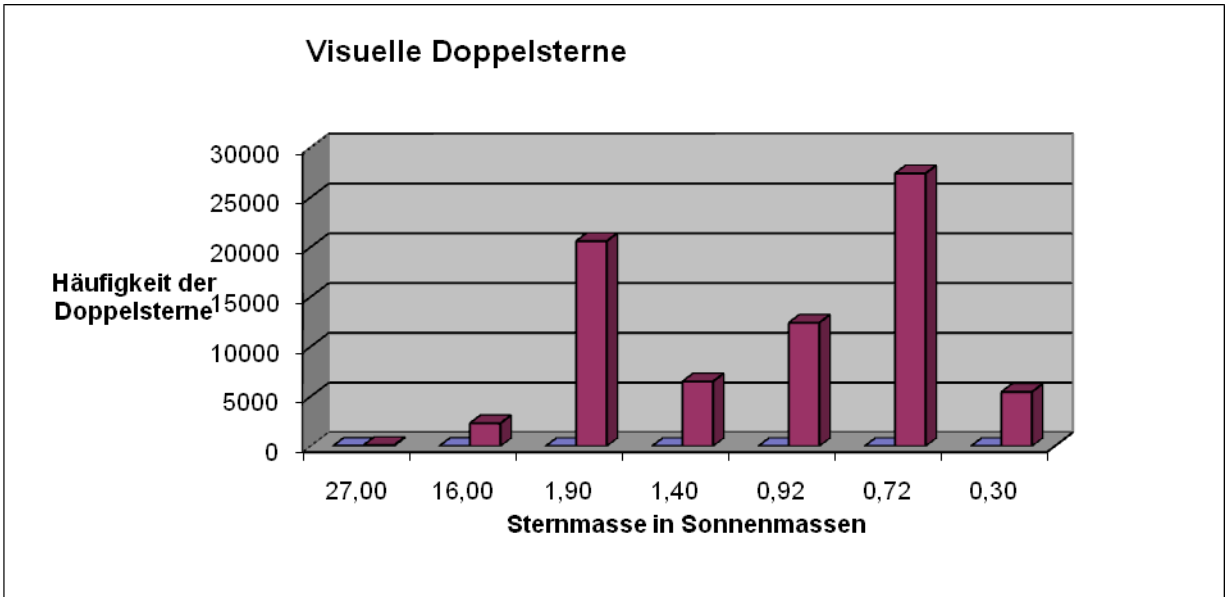
Frankfurter Allgemeine Zeitung, 17.4.17, S. N1

[243] Alle Arten von Sternentstehungsregionen in der Milchstraße weisen 30 % an Braunen Zwergen auf.

Sterne und Weltraum, 9-2017, S. 13

2.12.12. Exoplaneten und Doppelsterne

Betrachtet man nur Grafik 26 und 37a, so sieht man den direkten Zusammenhang zwischen den Exoplaneten und den Doppelsternen. Der Anstieg bei 0,7 Sonnenmassen zeigt eindeutig diese Ähnlichkeit. In diesem Bereich wandern mehrere Gasplaneten ab und bilden Mehrfachsysteme in großen Perioden, was schon bei den T-Tauristernen festzustellen ist (16.5.)[244] (12.4.)[245]. Die Ursache sind Planetenkerne mit Eisennickelkernen, also der M-Klasse, die mit der Sternmasse auftreten, die E-Klasse abschneiden und damit dem letzten Körper der E-Klasse die Möglichkeit geben zum Gasplaneten zu werden. Das wäre im Sonnensystem Neptun. Die gemischte M-Klasse ist hier der ausschlaggebende Impuls zu einer Reihe von Gasplaneten. Diese können sich dann weiter zum Stern entwickeln.



Grafik 37a: Häufigkeit der visuellen Doppelsterne und Sternmasse [246]

Bei Doppelsternen mit 0,92 Sonnenmassen nimmt die Häufigkeit ab, während die Häufigkeit der Exoplaneten zunimmt. Begründet wird das mit der frühen Gasaufnahme durch die T-Taurikrise. Die Körper nehmen zwar eher Gase auf, weil der Sonnenwind nachlässt, das vermindert aber die Möglichkeit über den Gasplaneten zum Stern zu werden. Sie müssen in der Nähe versuchen möglichst

[244] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“ Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

Auch wenn man keine Bedeckungsveränderliche gibt, findet man eine sehr große Zahl von Doppelsternen unter der T-Tauristernen. - S. 185

[245] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Kurze Perioden finden sich bevorzugt bei den heißen Sternen, während lange Perioden vorwiegend bei den kühleren Sternen vorkommen. - S. 157

[246] Die Werte für die Häufigkeit der visuellen Doppelsterne sind der Grafik 42 entnommen. Es wurde nur die Masse der Sterne gegen die Spektralklasse getauscht, die sich auf die Massen von Zwergsternen der Hauptreihe beziehen.

viel feste Masse zu sammeln um nicht zu weit vom Stern abzudriften. Je weiter sie weg sind, umso weniger Gase können sie aus der Gasscheibe um den Stern aufnehmen.

Bis 1,4 Sonnenmassen geht der Abfall bei Doppelsternen und bei Exoplaneten weiter. Der Grund liegt darin, dass sich die Körper der M-Klasse ab Sterne mit 1,1 Sonnenmassen in Körper aus Eisen und Nickel trennen. Die Körper werden kleiner und die Wahrscheinlichkeit Gasplanet zu werden, nimmt ab.

Bei Doppelsternen mit 1,9 Sonnenmassen steigt die Häufigkeit von Doppelsternen wieder steil an. Das hat die Ursache, dass der Nickelkern so groß wird und das Eisen als Mantel an sich bindet. Damit hat man wieder die M-Klasse zusammen. Diesmal aber getrennt in zwei Schichten. Diese bleiben bis zu hohen Massen von Doppelsternen erhalten. Der hohe Anteil an Nickel kann man an einer Supernova erkennen in der man das Spektrum der Elemente qualitativ ausgewertet hat. Das liegt bei 5 bis 7 Sonnenmassen (22.28.)[247]. Das ist sicher zum Teil auf Fusionsprozesse zurückzuführen, aber ein großer Teil lag vorher im Stern schon. Er hatte einen sehr großen Planetenkern.

In dem Massenbereich von Sternen gilt auch noch die T-Taurikrise, bei der ein Jupitertyp und ein Erdtyp entstehen können. Ein Beispiel dafür ist Algolsystem. Das ist ein Dreifachsystem bei dem die dritte Komponente also der Jupitertyp die größere Masse gegenüber dem Erdtyp hat. Der Jupitertyp hat dort eine Umlaufzeit von 679,6 Tagen und der Erdtyp hat 2,8673 Tage (38.1.)[248].

2.12.13. Entstehungsort, Exoplaneten und Mehrfachsternsysteme

Das Diagramm 1 ist eine gute Darstellung, um einen Zusammenhang zwischen Doppelsternen und Exoplaneten herzustellen. Ein Perioden und Sternmassenverhältnis müsste auch für Doppelsterne erstellt werden. Das bezieht sich vor allem auf die Sterne des Instabilitätsstreifens. Damit kann man direkte Vergleiche zu den Exoplaneten ziehen, und den Übergang von den Exoplaneten zu den Doppelsternen nachweisen. Das Sternmassenverhältnis bezieht sich auf den Erststern, der bei den Mehrfachsternsystemen die größere Masse.

Wenn sich herausstellen sollte, dass die Exoplaneten im Perioden-Sternmassendiagramm (Diagramm 1), in Strukturen sitzen, aus deren Folge man erkennen kann, dass sie sich zu Sternen entwickeln, muss man davon ausgehen, dass alle Mehrfachsternsysteme Planetenkerne haben. Bei den Planeten versucht man zurzeit noch anzunehmen sie seien in der Ferne entstanden und zum Teil zum Stern gewandert. Wenn aber klar ist, dass alle Mehrfachsternsysteme im Zweit- und Dritt-Stern aus einem Planetenkern bestehen, müsste man auch von ihnen annehmen, sie wären in der Ferne entstanden. Das ist äußerst unwahrscheinlich. Demnach zwingt der Zusammenhang zwischen Planetenentstehung und Mehrfachsternentwicklung dazu, dass alle Körper in der Nähe des Sterns entstanden sein müssen.

---

[247] Der Anteil an Nickel 56 bei einer Supernova beträgt 5 bis 7 Sonnenmassen.

Spektrum der Wissenschaft, 8-2012 – S. 47

[248] „Die Milchstraße – Innenansicht unserer Galaxie“ Johannes Viktor Feitzinger - Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin 2002

Das Algol-System besteht aus einen engen Doppelsternsystem und wird von einem dritten Stern umlaufen. Algol A ist ein B8 Hauptreihenstern mit 3,6 Sonnenmassen und 2,89 Sonnenradien. Der Begleiter Algol B scheint ein G oder K-Stern mit 0,79 Sonnenmassen und 3,53 Sonnenradien zu sein, der sich gerade von der Hauptreihe entfernt. Das System hat eine Periode von 2,8673 Tagen. Algol C hat 1,6 Sonnenmassen und 1,5 Sonnenradien und bewegt sich mit einer Periode von 679,6 Tagen um die zentralen Sterne. Das Algol-System hat 6 Nebenperioden. - S. 173

2.12.14. Lücken bei Exoplaneten und Sternhaufen

Betrachtet man das Diagramm 1 und stellt es neben die Grafik 3 (5.8.), so sieht man in beiden Darstellungen Lücken, einmal bei 0,4 bis 0,5 Sonnenmassen und zum anderen bei 1,5 Sonnenmassen. Das besagt, dass da, wo es keine Exoplaneten gibt, es teilweise bei bestimmten Sternhaufen auch keine Sterne gibt. Wie könnte man diesen Zusammenhang verstehen?

Wenn man davon ausgeht, dass das Auftreten von Exoplaneten die Sternentwicklung bremst. Wenn nun diese Bremse weg ist nur noch Kleinplanetensystem kaum Einfluss auf den Stern nehmen, so entwickelt er sich ungestört weiter bis er wieder in einen Temperaturbereich kommt wo Exoplaneten vorgefunden werden. Diese Lücken wären demnach als Hinweis für den Einfluss der Planeten auf die Sternentwicklung zu werten.

2.12.15. Auswertung zum Diagramm 1

Das Diagramm 1 gibt die in der Senkrechten die Umlaufzeit t für Exoplaneten an. Man sieht dann sehr genau eine durchgehende Linie der Anhäufung von Exoplaneten bei 800 Tagen. Würde man jetzt den Abstand der Exoplaneten in die Senkrechte eintragen würden, hätte diese Linie bei 800 Tagen einen Anstieg zu den hohen Sternmassen hin. Der Abstand zum Stern wird demnach bei steigender Sternmasse immer größer.

Trägt man in der Senkrechten nicht die Zeit **t** ein sondern den Abstand **r** ein, so hat mein ein Diagonale im Diagramm und eine waagerechte Linie. Dahinter steckt demnach eine Funktion. Welche Bedeutung diese Funktion hat, bleibt damit eine Frage.

Periode in Tagen																		
204800		1																
102400		2																
51200																		
25600										1								
12800									2			2						
6400		1							1	6	2	1				2	1	
3200						2		4	5	10	6	3	3			2	2	
1600		3	3	1			4	6	14	11	15	3	5			1		
800	2	4	6	1	4	4	3	5	9	7	12	3	2		2			
400		1	4	2		3	1	5	11	8	6	4	4				1	
200		4		1		2			5	7	4	4	2					
100							1	1	1	4	4	3	2	1			3	
40		1					1		3	2	3	3	1				1	
20			1			1		2		1	2	1	7			1	1	
10						1	5	5	2	12	3	4	7			2	2	
4				4	2	2	6	11	9	22	17	8	4	1		2	1	
Sternmasse	3,8	2,4	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	

Diagramm 1: Umlaufzeit und Häufigkeit der Planeten und der Sternmasse

Wenn die Gedanken zum Diagramm 1 und dem besonderen Vorkommen von Exoplaneten weiter führt, so geht es darum, dass Festkörper erst eine kritische Masse erreichen bis sie Gase aufnehmen. Dabei geht die Abdrift gegen Null. Der Festkörper wird immer größer und die Masse wächst schneller als seine Oberfläche. Dazu kommt noch die druckbelastete Dichte durch die Gravitation, die zu einer immer höheren Dichte führt, und die Abdrift zusätzlich vermindert. Das alles passiert zwischen 3 und 4 Tagen Umlaufzeit.

Dann beginnt die Gasaufnahme eines Körpers. Er wandert aus der Nähe des Sterns weg und erreicht wieder eine kritische Größe, bei der die Dichte immer größer wird. Das ist etwa die Jupitergröße. Nimmt die Dichte ständig zu, wir die Abdrift immer kleiner. Es kommt auch da zu einem Abstand vom Stern, bei dem der Gasplanet einfach nicht mehr weiter vom Stern wegwandert. Das bedeutet, die Gasplaneten, bei 800 Tagen haben diesen kritischen Wert erreicht und müssen eine größere Dichte vorweisen als der Durchschnitt anderer Exoplaneten. Das muss noch untersucht werden.

Was bedeutet der immer größere Radius dieser Gasplaneten bei immer größerer Sternmasse. Das heißt nicht weiter als das: Die Strömung wird mit zunehmender Masse eines Sterns immer stärker. Die Abplattung der Gasscheibe wird stärker und damit auch die Abdrift größer. Da es sich um immer gleiche Arten von Gasplaneten handelt, werden sie bei gleichen Eigenschaften in immer größere Abstände zum Stern geschoben.

Bei dieser Gasaufnahme des Planeten vergeht eine bestimmte Zeit **t** vorüber bis er die kritische Größe erreicht bei der der Planeten nicht mehr größer wird und seine Dichte damit ständig steigt. In dieser bestimmten Zeit, wird er um eine bestimmte Strecke vom Stern weggetrieben. In dieser bestimmten Zeit wirken nun die verschiedenen Strömungsstärken der unterschiedlichen Gasscheiben.

Das ist die Lösung des Rätsels, und damit ist ein Beweis geliefert, dass die Strömung Planeten vom Stern wegtreibt. Also kann man damit widerlegen, was Physiker behaupten, nämlich, dass sich Planeten zum Stern hinbewegen. Das ist falsch, sie bewegen sich vom Stern weg.

2.12.16. Exoplaneten im Nahbereich eines Sterns

Betrachtet man die feinen Strukturen der Exoplaneten genauer, so erkennt man an Diagramm 2, dass mit dem Anstieg der Rotation des Sterns bei 1,1 Sonnenmassen die Exoplaneten weniger werden. Unterhalb dieser Masse existieren kleine Sternrotationen. Nimmt die Rotation ab 1,1 Sonnenmassen zu, so wird auch das Trennungsverfahren besser. Eisen und Nickel beginnt sich zu trennen und bilden jeweils eigene Körper, die kleiner sind als deren vorige Mischkörper. Damit reduziert sich die Bildung zu größeren Körpern und ihre Häufigkeit nimmt an. Das erklärt, warum man die meisten Exoplaneten bei einer Sonnenmasse, also bei den G2-Sternen, vorfindet.

Die untere Linie der Exoplaneten von 0,9 bis 1,3 Sonnenmassen ist die Begrenzung der M-Klasse. Es zeigt sich an ihr auch, dass sich der Entstehungsbereich für Planeten mit steigender Temperatur vom Stern entfernt.

Das Maximum der Exoplaneten findet sich bei 3,5 Tagen Umlaufzeit. Das entspricht gut 6,8 Millionen Kilometer Abstand vom Stern. In dieser Position erreicht der Planet seine maximale Masse fester Bestandteile vor der Gasaufnahme. Seine Abdrift ist gegen Null gegangen. Seine Inklination senkt sich durch die steigende Dichte immer mehr und er gelangt in die Nähe der Ekliptik in der er Gase aufnimmt. In diesem Abstand beginnt für den Planeten die Gasaufnahme.

An dieser unteren Kante der Häufigkeit sieht man, dass sich der Entstehungsbereich mit der steigenden Temperatur entfernt. Der Sprung bei 0,9 Sonnenmassen zum Stern hin, hat mit der T-Taurikrise des Sterns zu tun. Hier geht es darum, dass der Stern kleiner wird und der Entstehungsbereich sich von neuem näher am Stern bildet. Dadurch bleibt ein Asteroidengürtel, der Rest eines Entstehungsbereiches ist. Da man diese Asteroidengürtel erkennen kann, ist es wichtig festzustellen, dass diese aus den Überlegungen dieses Buches erst ab dieser Sternmasse auftreten. Im Bezug darauf muss man die Grafik 2 betrachten. Darin haben alle Sterne unterschiedlicher Masse einen Leuchtkrafteinbruch, der etwa bei 4000 Kelvin liegt. Bis zu dieser Masse entwickelt sich ein Stern bis durch den Absturz von Körper die Fusion im Inneren beeinträchtigt wird. Man muss hier einfach sehen, dass es eine bestimmte Zeit benötigt, bis diese schweren Elemente in die Region der Fusion abgesunken sind.

Bei Sternen mit 1,2 Sonnenmassen beginnt eine neue Klasse von Körpern ganz in der Nähe des Sterns. Sie wird verständlich, wenn man die Am-Sterne betrachtet. Die kühlsten Am-Sterne treten ab 6300 Kelvin auf. Bei ihnen findet man die Seltenen Erden. Das bedeutet, diese neue Klasse hat

Kerne mit Elementen der Seltenen Erde. Diese haben ein sehr hohe Dichte, und damit eine kleinere Abdrift. Zudem haben sie einen höheren Kondensationspunkt. Damit entstehen sie näher am Stern. Sie können zu größeren Körpern werden, weil die Rotation der Gasscheibe zunimmt (siehe Grafik 3). Die Körper der Seltenen Erden können aber keine eigene Klasse bilden. Sie bilden nur Körper aus, die au der Nähe des Sterns wegwandern und von Körpern der E-Klasse, wie man sie bei den Asteroiden findet aufgenommen werden. So verlagert die E-Klasse ihre Entwicklung näher zum Stern und das führt zu der stärkeren Streuung in Sternnähe bei Sternen von 1,2 Sonnenmassen. Die Seltenen Erden würden bei ihrer kleinen Inklination weiter wandern und von der M-Klasse der Asteroiden aufgenommen werden. Bei Sternen mit 1,4 Sonnenmassen bilden die Seltenen Erden eine eigene Klasse aus. Diese nehmen einen immer größeren Abstand ein, weil die Rotation der Gasscheiben zu höheren Sternmassen größer wird. Damit nimmt dieser Klasse einen immer größeren Abstand vom Stern ein. Diese Exoplaneten sind dann auch die Vorläufer der Ap-Sterne.

Perioden in Tagen							Rotations-anstieg								
7,5												1			
7								1							
6,5					1					1					
6						2				1					
5,5								1			2				
5				1		1		1		1				1	1
4,5					2			2			1				1
4			1		1	1	2	4	4	2	1				
3,5					2	5	3	3	5	2	1				1
3		1			1	1	2	7	3	2	1				
2,5						1	4	2	4		1			1	
2	1			1			1	3		2[249]	1				
1,5		1			1	1	1	2	1						1
1			1	1				2	3		1			1	
0,5						1			2						
Sonnenmassen	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3

Diagramm 2: Kleinperioden von Exoplaneten[250] und Sternmassen

Allgemein kann man zum Diagramm 2 sagen, dass sich immer weniger Exoplaneten bei größeren Sternmassen in der Nähe aufhalten können, weil der Sonnenwind immer stärker wird und die Abdrift immer größer wird. Man findet dann Planeten bei größeren Sternmassen nur noch in größeren Abständen zum Stern, wie man es in Diagramm 1 sehen kann. Exoplaneten, die einen sehr kleinen Abstand zum Stern haben, müssen auch einen sehr großen festen Planetenkern haben. Ein Beispiel dafür ist TOI-849. Es ist ein Exoplanet, der den Durchmesser von Neptun vorweist und ein Festkörper ist, wie die Erde (27.82.)[251]. Er dürfte 40 Erdmassen vorweisen. Der Begleitstern hat 0,89 Sonnenmassen.

[249] Einer von den beiden Exoplaneten ist der magnetische Planet hd189733b.

[250] Dieses Diagramm ist eine Auswertung von 453 Exoplaneten.

[251] Der Planet TOI-849b hat einen Durchmesser wie Neptun, ist aber ein Festkörper, wie die Erde. Er befindet sich in unmittelbarer Nähe seines Sterns und an seiner Oberfläche herrschen Temperaturen von 1500° Celsius.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 5.7.2020, S. 57

Zum Nahbereich der Sterne mit Exoplaneten gibt es noch folgendes Untersuchungsergebnis. Man hat bei den K-, G-, und F-Sternen festgestellt, dass die Häufigkeit in Eisen in der Nähe höher ist als in der Ferne eines Sterns (5.166.)[252]. An dieser Häufigkeitsverteilung erkennt man die M-Klasse. Alle Körper mit Eisenkernen können sich erst bei Sternen ab 0,7 Sonnenmassen entwickeln. Diese befinden sich auch nur in der Nähe eines Sterns.

Im Diagramm 2 findet man auch den ersten magnetischen Exoplanet. Er hat die Bezeichnung HD 189733. Stern um den sich dieser Exoplanet bewegt hat 0,832 Sonnenmassen. Genau in diesem Massenbereich findet man auch enge Doppelsterne, wie II Pegasi. Bei diesem Doppelsternsystem hat der Hauptstern auch 0,8 Sonnenmassen und ebenfalls magnetische Eigenschaften. Der Begleiter ist ein M-Stern mit 0,4 Sonnenmassen (5.168.)[253]. Hier entwickelt sich in beiden Fällen ein Jupiter weiter und sammelt mehrere Monde mit Eisenkernen. Diese kommen zum Teil zum Absturz. Das führt zu den magnetischen Eigenschaften. Im einen Fall ist es der Planet auf dem die Monde abstürzen und im andern Fall ist es der Hauptstern auf den sie abstürzen. Indirekt ist das ein Hinweis, dass hier schon Monde mit Eisenkernen existieren.

Im Bereich von 1,3 Sonnenmassen findet man noch einen Exoplaneten, der sich bei 1,25 Tagen ganz nahe am Stern bewegt. Das ist WASP 121b. Der Abstand vom Stern beträgt 0,025 AE. Die Oberflächentemperatur beträgt 2100° Celsius und der Planet verdampft Eisen (22.52.)[254]. Hier sind demnach Eisenkörper abgestürzt. Das spricht dafür dass sich die Gasplaneten in der Nähe von Sternen entwickeln. Bei 1,3 Sonnenmassen streut die Entwicklung der Exoplaneten in Sternnähe. Demnach bilden sich da Schon Klassen von Körpern mit höherer Dichte als Eisen näher am Stern.

2.12.17. Exoplaneten in großen Abständen

Die Exoplaneten haben, wie man dem Diagramm 1 entnimmt, zum Teil sehr große Abstände vom Stern. Die 68 AE besetzt ein Stern mit 1,4 Sonnenmassen. Die Deutung der großen Bahnen lassen darauf schließen, dass die Exoplaneten bei Sternen mit 1,4 und 1,9 Sonnenmassen eine Sonderstellung einnehmen. Ich gehe davon aus, dass es Kometen sind die zu Planten wurden und dann in so große Bahnen gelangt sind.

Bei Sternen ab 1,2 Sonnenmassen streuen die Klassen von Körpern und die Dominanz der Eisennickelkerne geht zurück. Dadurch entstehen kleinere Körper und diese können die Kometen nicht halten. Dadurch wandern sie weg und werden in der Ferne zu Gasplaneten.

Bei 1,9 Sonnenmassen beginnen sich die Nickelkörper mit einer Eisenschicht gegenüber den reinen Eisenkörpern durchzusetzen. Da herrscht ein Gleichgewicht und wieder können Kometen entfliehen und in der Ferne zu Gasplaneten werden.

---

[252] Bei der Untersuchung von 221 K-, G- und F-Sternen, die zusammen 289 Exoplaneten beherbergen, hat sich gezeigt, dass die Häufig des Eisens bei den Planeten in der Nähe der Sterne und bei den Sternen selber erhöht. Im äußeren Bereich der Planeten ist der Anteil des Eisens wieder normal.

Sterne und Weltraum, 6-2018, S. 15

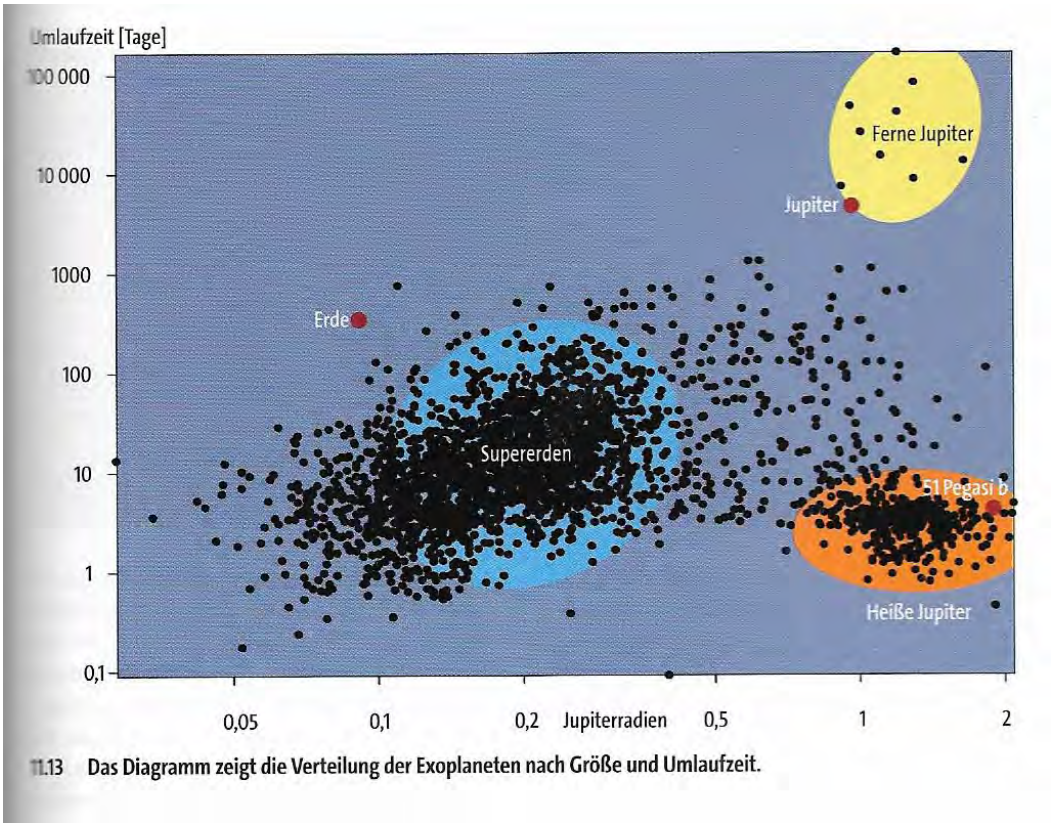
[253] Ein K-Stern mit Begleiter hat eine Masse von 0,8 Sonnenmassen und ist in seiner Entwicklung schon zum Überriesen geworden. Er hat ein starkes und unregelmäßiges Magnetfeld, hat einen Durchmesser von 3,4 Sonnenmassen und eine Rotation von 6,7 Tage. Der Begleiter ist ein M-Stern mit 0,4 Sonnenmassen.

Sterne und Weltraum, - 9-2019, S. 20

[254] Der Exoplanet WASP-121b bewegt sich in unmittelbarer Nähe des Sterns hat eine Temperatur von 2100° Celsius. Bei ihm verdampft Eisen. - Spektrum der Wissenschaft, - 10-2019, S. 15

2.12.18. Sternabstand und Größe von Exoplaneten

Betrachtet man die Exoplaneten nach ihrer Größe und nach ihrem Abstand gegenüber dem Stern findet man drei Gruppen. (Siehe Grafik 37b) In der Physik werden sie mit „Heiße Jupiter“, „Exzentrische Riesen“ und „Unriesen“ bezeichnet. Die ersten beiden Gruppen sind immer Gasplaneten, die letzte benannte Gruppe besteht aus Planeten als Festkörper und als kleine Gasplaneten. Ihre Größe ist kleiner als Uranus und Neptun. Diese dritte Gruppe hat die meisten Planeten, Es gibt demnach auch eine große Zahl an kleinen Gasplaneten unter der Größe von Neptun und Uranus. Solche Vertreter findet man im Sonnensystem nicht. Auffallend ist bei den Exoplaneten, dass die Planeten kleinerer Masse in der Nähe sind und die größeren von Körpern sich in der Ferne aufhalten. Die Exzentrischen Riesen haben in der Regel 2 Jupitermassen und die heißen Jupiter liegen da drunter. Das wäre schon ein Hinweis, der für eine Entwicklung spricht, bei der Körper vom Stern wegwandern. Während sie das tun, wachsen sie heran.



Grafik 37b: Größe der Exoplaneten und dem Abstand vom Stern (24.1.)[255]

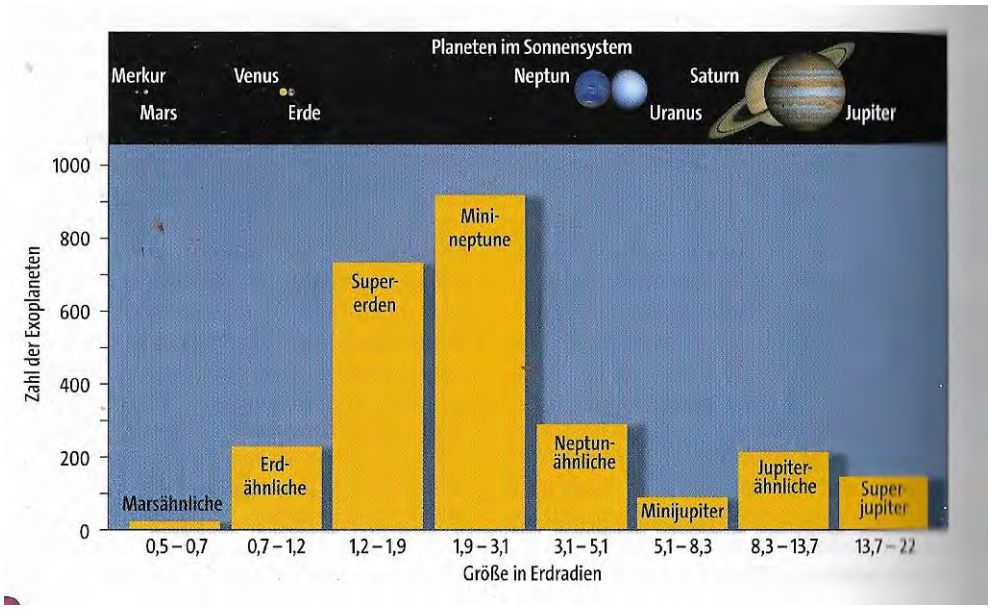
Zu der Unterscheidung der heißen Jupiter von Exzentrischen Riesen gibt es noch ein Merkmal. Die heißen Jupiter haben eher Kreisbahnen. Die Exzentrischen Riesen haben eher stark elliptische Bahnen. Die Erklärung dafür liegt darin, dass die Heißen Jupiter Planeten sind mit Eisenkernen. Einmal wandern sie nicht so schnell weg und zum anderen lassen sie sich durch die Gasscheibe nicht so leicht auf eine Exzentrische Bahn bringen. Man findet sie vor allem bei Sternen von 0,7 bis 0,8 Sonnenmassen und bei Sternen ab 0,9 Sonnenmassen. In ersten Fall ist es ein Jupiter, wie in unserem Sonnensystem und im zweiten Fall ist es eine Erde, die die Körper des inneren Sonnensystems eingefangen hat und auch zum Gasplaneten wurde. (siehe Diagramm 2)

[255] „Kosmos“ Franckh Kosmos Verlag GmbH&Co. Stuttgart

Diagramm zum Abstand vom Stern und der Größe von Exoplaneten. - 2018, S. 245

Zur Grafik 46 müsste man allgemein noch sagen, dass sie sicher wichtig ist. Aber das aller wichtigste besteht darin Planeten nach der Masse des Sterns zu sortieren, wie in Diagramm 1 oder Diagramm 2. Nach der Masse muss deswegen sortiert werden, weil die Spektren der Sterne ungenau sind.

Die Grafik 37b zeigt die Erde und die Supererden. Die Erde ist ein unterentwickeltes Dreifachsystem, die nur einen Mond eingefangen hat. Daher hatte sie eine kleine Masse und ist weiter von der Sonne weggewandert, weil die Abdrift größer ist. Die Supererden sind wiederum Planeten, die vier Monde eingefangen haben, eine höhere Masse haben und daher auch eine kleinere Abdrift vorweisen. Aus dem Grund sind die Supererden näher am Stern vorzufinden. Die Wahrscheinlichkeit ist auch viel höher, dass ein Planet vier Monde einfängt und damit mehr Masse gewinnt. Das innere Sonnensystem ist schon etwas sehr seltenes. Das kann man an Grafik 37c sehen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich ein komplettes Mondsystem bildet und der Planet auch mit der Gasaufnahme beginnt. Daher sind die Supererden und die Minineptune so häufig. Zwischen den Supererden und den Minineptunen ist auch die Grenze der Gasaufnahme.



Grafik 37c: Größe der Exoplaneten und ihre Häufigkeit (24.12.)[256]

2.12.19. Die Abdrift und die Periheldrehung

Es geht noch mal um die Frage, warum Planeten bei ähnlichen Abständen zum Stern so verschiedene Massen vorweisen können. (siehe Diagramm 2 und Anfang Tabelle 8) Also existiert dort keine Ordnung. Umgekehrt ist es aber möglich Exoplaneten bei Mehrfachsystemen in ihrer Größenordnung den Massen der Sterne zuzuordnen. Warum herrscht eine Ordnung innerhalb eines Systems und gleichzeitig existiert eine Unordnung in der Größe der Planeten unterschiedlicher Sterne?

Die Antwort lautet, dass die Abdrift eine konstante Kraft ist und die Periheldrehung ist eine variable Kraft. Es sind nur diese beiden Kräfte, die bei der Entwicklung von Planetensystemen wirken.

Wollte man das Prinzip erklären, müsste man sagen, dass die Abdrift mit der Sternmasse wächst. Die Periheldrehung ist davon abhängig wie schnell kleine Körper bei der Entstehung von Planeten zusammenfinden. Hier müsste man noch sagen, dass kleine Körper immer in den Stern

[256] „Kosmos“ Franckh Kosmos Verlag GmbH&Co. Stuttgart

Diagramm zur Häufigkeit und Größe von Exoplaneten. - 2018; S. 248

abstürzen können. Viele kleine Körper helfen nicht, da alle Körper abstürzen können. Sie müssen größer werden, um dem Absturz zu entgehen.

Nimmt man als Beispiel Titan und Jupiter als Festkörper, so löst ihre Entstehung die Entwicklung der Gasplaneten aus. Dadurch entsteht als erstes das Neptunsystem. Ist nun die Masse von Titan und Jupiter besonders groß, würde auch das Neptunsystem größer werden. Das Neptunsystem sorgt dafür, dass Uranus und Saturn entstehen. Also würden sich auch Uranus und Saturn vergrößern, wenn Neptun größer wird. Alle drei Gasplaneten sorgen dafür, dass das Jupitersystem entsteht. Jupiter wird auch größer, wenn diese drei größer sind. Am Ende wären alle Gasplaneten größer, aber das Verhältnis der Größe wäre das gleich geblieben. Die Periheldrehung kann sich demnach in einem System vervielfältigen. Das führt zu einer massiven Veränderung in der Größe.

Trotzdem gelten die Regeln bestimmter Klassen von Körpern. Bestimmte Klassen von Körpern bilden sich bei bestimmten Sternmassen. Zum Beispiel bildet sich die M-Klasse immer bei Sternen ab 0,7 Sonnenmassen und löst die Entwicklung der Gasplaneten aus.

Bei den Exoplaneten geht es demnach um folgendes Problem. Eine neue Klasse von Exoplaneten macht es erst möglich, dass größere Körper entstehen. Im Sonnensystem sind es Körper, wie Jupiters und Titan. Sie lösen eine stärkere Periheldrehung aus. Damit hat man eine zusätzliche Kraft, die die steigende Abdrift überwindet. Dieser Klasse von Körpern entsteht bei 0,7 Sonnenmassen. Zu höheren Sternmassen steigt die Abdrift immer weiter an, weil die Gasscheiben um Sterne immer schneller drehen. Deswegen benötigt man eine neue Klasse von Körpern, die noch mehr Masse hat als die neue Klasse von Körpern bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen. Dieser Klasse entsteht dann bei Sternen mit 1,9 Sonnenmassen. Dann ist es wieder möglich, dass Festkörper genügend Monde einfangen, um dann Gase aufnehmen zu können.

2.12.20. Metallizität und Sternentwicklung

Wenn man sich den Bremseffekt der Sterns durch die Planetenentstehung betrachtet, so liegt er bei der geringer Metallizität vor allem im Bereich der Sterne knapp unter 6300 Kelvin. Darüber hinaus trennt sich der Entstehungsbereich vom Stern. Also kann der Stern nur gebremst werden, wenn vorher, also bei kühleren Temperaturen viele Körper abstürzen. Das wird vor allem dadurch ausgelöst, dass sich Gasplaneten in der Nähe des Sterns bilden. Wenn die schweren Elemente fehlen, kann sich aber kein Planet bilden. Sie lösen eine Periheldrehung aus, und damit stoßen eher Körper zusammen und stürzen ab.

Betrachtet man das Sonnensystem, so hat es etwa Material für 5 Gasplaneten. Die Festkörper vom inneren und vom äußeren Sonnensystem könnten noch einen weiteren Gasplaneten hervorbringen. Wenn nun die Metallizität zu einem Fünftel reduziert wird, könnte sich noch ein Gasplanet bilden. Unterschreitet man diesen Wert, kann sich kein Gasplanet bei einer Sonnenmasse bilden. Es setzt mit einem mal unterhalb dieses Wertes eine starke Sternenentstehung ein, die dazu führt, dass sehr viel mehr Sterne entstehen und vor allem entwickeln sich die Sterne viel mehr zu heißen Sternen.

So ist es verständlich, dass die Kugelsternhaufen in so großer Zahl entstehen, weil deren Metallizität sehr viel geringer ist als ein Fünftel unserer Sonne. Man muss einfach sehen, dass es unterhalb dieses Wertes von einem Fünftel der Sonnenmasse eine sprunghafte Entwicklung der Sterne stattfindet.

Betrachtet man die Planetenentstehung bei Sternen mit geringer Metallizität, so findet dort die gleiche Entwicklung statt, wie bei Sternen mit hoher Metallizität. Das Bedeutet, dass die der alten Sternpopulation II genau die gleichen Mechanismen herrschen nach denen Planeten entstehen. Es ist nur so, dass bei geringerer Metallizität weniger Planeten und Monde entstehen können. Ein gutes Beispiel ist dafür der Stern KOI 561a. Er ist ein Stern der Population II befindet sich aber in der Nähe unserer Sonne. Er ist also in den Spiralarmen unserer Milchstraße. Die Metallizität entspricht einem drittel des solaren Wertes. Er hat drei Planeten in unmittelbarer Nähe. Seine Masse beträgt 0,805 Sonnenmassen. Der erste Planet hat die dreifach Masse unserer Erde und den 1,5-fachen Durchmesser

der Erde und dieser Planet ist Einfestkörper (27.92.)[257]. Man kann hier sehen, dass ein Jupiter mit Eisenkern seine Monde eingefangen hat, aber seine Gasaufnahme hat noch nicht begonnen. Für diese Sternmasse ist Das Planetensystem typisch. Die Entwicklung der Planetensysteme ist demnach unabhängig von der Metallizität eines Sterns. Das kann man bei KOI 561a ganz gut sehen. Die anderen beiden Planeten haben mit der Gasaufnahme begonnen und sind aus der Nähe weggerückt.

2.12.21. Bete Pictoris b

Am Ende des Kapitels zu den Exoplaneten könnte man noch Beta Pictoris b erwähnen. Es ist ein Planet bei dem man einerseits die Rotation bestimmen konnte und andererseits auch seine Temperatur. Der Planet hat 8 Jupitermassen, weist einen Abstand von AE gegenüber dem Hauptstern vor, und gehört zu einem A4-Stern mit etwa 8800° Celsius. Das System ist erst 23 Millionen Jahre alt. Demnach ist es sehr jung, und der Planet hat eine höhere Rotation als Jupiter. Liegt bei 8,1 Stunden plus/minus einer Stunde. Das wären einem Durchmesser von etwa 1,7 Jupiterradien am Äquator 25 km/s. Wesentlich bei den Daten ist aber die Temperatur des Planeten. Sie liegt bei 1300° bis 1380° Celsius (5.133.)[258].

Die Rotation des Planeten ist einfach zu erklären. Die A-Sterne rotieren schnell recht schnell. Daher war auch die Rotation der Gasscheibe höher als die bei G-Sternen. Das bedeutet auch, dass Planeten allgemein bei A-Sternen alle schneller rotieren müssten.

Wesentlich wichtiger ist der Nachweis der Temperatur bei dem Planeten. Hier geht es um die Wärmequelle. Der atomare Zerfall wäre als Wärmequelle ausgeschlossen und daher bleibt nichts anderes übrig als dass der Planet in der Nähe des Sterns entstand und von da aus weggewandert ist. das wäre demnach auch ein Hinweis für die Entstehung der Planeten in der Nähe des Sterns.

2.12.22. Das System von Kepler 10

Kepler 10 ist insofern ein sehr wichtiges System, weil es sich um zwei Planeten handelt, die Festkörper sind und so den Stern umkreisen. Es geht dabei um die Frage, wie es zu den Unterschiedlichen Bahnen kommt. In der Regel nimmt ein Planet irgendwann Gase auf und verlässt die Grundposition, und der nächste Planet entsteht in der Grundposition. Weder Kepler 10b noch Kepler 10c haben Gase[259]. Beide sind Festkörper (5.136.)[260]. Verstehen kann man das nur, wenn man

---

[257] Der Stern KOI 561a gehört der alten Sternpopulation II an und ist etwa 10 Milliarden Jahre als. Er hat drei Planeten in kleinen Abständen. Der innerste Planet KOI 561b hat etwa 3 Erdmassen und 1,5 Erdradien. Er ist ein Festkörper mit der ähnlichen Dichte, wie unsere Erde. Das System ist 280 Lichtjahre von der Erde entfernt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 20.1.2021, S. N2

[258] Beta Pictoris b hat eine Rotation von 8,1 Stunden plus/minus einer Stunde. Er hat eine Außentemperatur von 1300° bis 1380° Celsius. Der Hauptstern hat 2 Sonnenmassen. - Sterne und Weltraum, 8-2014, S. 14 f

[259] Die beiden Planeten sind in der Tabelle nicht aufgeführt, die Angaben zum Abstand des Sterns fehlen.

[260] Kepler 10b hat 3,3 Erdmasse und kreist ganz in der Nähe des Sterns. Er braucht weniger als einen Tag für eine Umrundung und er hat 1,5 Erdradien an Durchmesser. Die Dichte beträgt 5,8 g/cm³.

Kepler 10c hat 17,2 Erdmassen umkreist den Stern in 45 Tagen, hat 2,4 Erdradien und eine Dichte von 7,1 g/cm³. Er ist zudem ein Festkörper (Sternmasse beträgt 0,895 Sonnenmassen.).

Sterne und Weltraum, 10-2014, S. 12

die Masse des Sterns betrachtet. Sie beträgt 0,895 Sonnen. Das ist genau die Grenze, an der die T-Taurikrisen einsetzt, der Stern sich verkleinert und der Entstehungsbereich verlagert wird. Die Krise entstand nachdem die Körper von Kepler 10c fertig waren. Mit der T-Taurikrise ab 0,9 Sonnenmassen tritt erst ein Asteroidengürtel bei Sternen auf.

2.12.23. Das Planetensystem von Trappist 1

Es soll noch ein sehr kleiner Stern erwähnt werden, der drei Planeten in der Größe der Erde beherbergt. Später hat sich die Zahl auf 7 Planeten vergrößert. Das System nennt sich Trappist 1[261]. Es ist nur die Größe der Körper bekannt. Ihre Größe entspricht ungefähr der Erde. Ob sie Gasplaneten sind oder Festkörper, weiß man nicht. Genauso ist nicht bekannt, ob die Planeten eine Rotation haben. Der Stern ist ein M8-Stern mit 0,09 Sonnenmassen. Es ist ein Planetensystem, was um einen Stern bewegt, unterhalb der M5 Sterne liegt (27.27.)[262]. Insofern hat der Stern keine differenzielle Rotation und auch keine Konvektionszonen mit entsprechenden Sonnenflecken. Das Planetensystem hat sich nicht unter einer abgeplatteten Gasscheibe entwickelt.

Die Planeten von TRAPPIST-1

Planet	TRAPPIST-1b	TRAPPIST-1c	TRAPPIST-1d	TRAPPIST-1e	TRAPPIST-1f	TRAPPIST-1g	TRAPPIST-1h
Umlaufperiode in Tagen	1,51	2,42	4,05	6,10	9,21	12,35	≈ 20
Transitdauer in Minuten	36,4	42,4	49,1	57,2	62,6	68,4	≈ 76,7
Bahnneigung in Grad	89,7	89,7	89,8	89,9	89,7	89,7	89,8
Exzentrizität	< 0,081	< 0,083	< 0,070	< 0,085	< 0,063	< 0,061	?
Große Halbachse in AE	0,0111	0,0152	0,0214	0,0288	0,0371	0,0451	≈ 0,063
Mittlere Entfernung in Millionen Kilometer	1,66	2,27	3,21	4,30	5,55	6,74	≈ 9,4
Durchmesser (Erde = 1)	1,086	1,056	0,772	0,918	1,045	1,127	0,755
Masse (Erde = 1)	0,85 ± 0,72	1,38 ± 0,61	0,41 ± 0,27	0,62 ± 0,58	0,68 ± 0,18	1,34 ± 0,88	?
mittlere Dichte in g/cm³	3,7 ± 3,1	7,7 ± 2,9	4,9 ± 3,3	4,4 ± 4,2	3,3 ± 0,9	5,2 ± 3,5	?

Die aus den Transit Timing Variations (TTV) abgeleiteten Massen und mittleren Dichten sind mit großen Unsicherheiten behaftet.

Tabelle 12: Planeten vom Stern Trappist 1 (5.155.)[263]

Ohne die abgeplattete Gasscheibe gibt es kein Trennungsverfahren über die Inklination. Es gibt damit auch nicht die Klassen von Körpern, wie sie im Asteroidengürtel beschrieben werden. Es gibt aber ein Trennungsverfahren über den Abstand zum Stern nach der Kondensation. Die Körper wären demnach Mischkörper aus allen Klassen, die einen Kondensationspunkt vorweisen, der bis zum Eisen und Nickel geht. Trappist 1 ist ein Stern mit 2300° Celsius an der Oberfläche. Es entstehen demnach Meteoriten, die nach der Temperatur sortiert sind, und sich beim Wegwandern zu größeren Körpern entwickeln. Dabei gibt es schon Klassen von Körpern, aus Eis aus Gestein und aus der Mischung von Gestein und Eisen mit Nickelanteilen.

---

[261] Dieses Planetensystem ist nicht in den Diagramm 1 oder Diagramm 2 aufgeführt.

[262] Ein Stern von 0,08 Sonnenmassen besitzt drei Planeten in der Größe unserer Erde. Es ist unbekannt ob es feste Körper sind oder kleine Gasplaneten. - Frankfurter Allgemeine Zeitung - 4.5.16, S. N2

[263] Angaben zu den sieben Planeten von Trappist 1. Hier kann auch die Dichte der Planeten angegeben werden. Die möglichen Schwankungen sind aber sehr groß. - 4-2017, S. 27

Hier kommt noch ein Aspekt hinzu. Bei der abgeplatteten Gasscheibe erfahren Körper eine stärkere Exzentrizität. Das bringt sie in die Nähe des Sterns und sie stürzen ab. Bei allen Sternen oberhalb der M5-Sterne ist die Abstutzrate höher als darunter. Da finden befinden sich die Körper eher in Kreisbahnen und stürzen nicht ab.

Während der Stern sich entwickelt, steigt seine Temperatur und der Entstehungsbereich wird immer breiter. Also ist der erste Körper außen nur aus Eis. Das wäre der äußere Trappist h. Der nächste Körper besteht aus Gestein und Eis und wandert durch den gesamten Entstehungsbereich. Dadurch ist er auch der größte Körper. Das wäre Trappist g. Nachdem sich der erste Körper aus Eis und Gestein gebildet hat, bildet sich gleich der nächste Körper. Dieser wird aber eingeschränkt, weil sich in der inneren Region schon Körper aus Eisen und Gestein bilden. Das wäre Trappist c. er wandert langsam heraus. Daher werden folgende Planeten auch kleiner. So erklärt sich die abnehmende Größe von Trappist g bis Trappist d. Es geht darum, dass der Bereich der Entstehung des Gesteins immer mehr durch die beiden inneren Planeten eingeschränkt wird. Zum Schluss bildet sich Trappist c.

Betrachtet man dabei die Dichte, so ist klar, dass Trappist c die höchste Dichte hat. Trappist g hat auch eine hohe Dichte weil er den gesamten Entstehungsbereich durchlaufen hat. Nachdem zwei große Körper den Entstehungsbereich durchlaufen haben, fehlt das Material hoher Dichte. Das muss erst mal angereichert werden. So hat Trappist f erst mal eine geringe Dichte und diese nimmt bis zu Trappist d zu, weil dieser Körper später entsteht. Trappist b muss dann wieder eine kleine Dichte haben, weil Trappist c, den Raum mit Körpern hoher Dichte leer geräumt hat. Auf diese Weise erklärt man die Dichte und die Größe der Körper. Auch gilt wieder das Gesetz, dass sich Körper hintereinander um einen Stern bilden.

Der Hintergrund für diese Überlegungen ist das Bestrahlungsalter der Meteoriten. Je größer die Dichte eines Meteoriten ist, umso länger benötigt er um eine bestimmte Größe zu erlangen (2.7.)[264]. Die Strömung hat bei höherer Dichte einen geringen Einfluss auf den Körper.

Die ähnliche Größe der Körper von Trappist 1 ist mit der fehlenden Abplattung einer Gasscheibe zu erklären. Mit der Abplattung werden die Körper stärker über ihre Exzentrizität gestreut. Größere Körper haben dann den Vorteil, dass sie mit ihrem Gravitationsfeld die Streuung kompensieren können. An kleineren Planeten ziehen viele Körper vorbei. Gibt es keine Abplattung, ist das Wachstum aller Körper eher gleichmäßig. Der Unterschied in der Masse wird nur dadurch erzeugt, dass Körper größerer Dichte eingefangen werden. Damit hat ein Planet eine Abdrift und bewegt sich langsamer durch den Entstehungsbereich. So sammelt er mehr Masse.

Das Mondsystem der Planeten besteht aus ganz kleinen Körpern, weil es keine abgeplattete Gasscheibe gibt stürzen die Körper nicht ab, wenn die eingefangen werden. Der Planet entwickelt sich langsamer, weil weniger Körper auf ihn abstürzen. Dadurch, dass die abgeplattete Gasscheibe fehlt, stürzen auch weniger Körper in den Stern.

Die wichtige Information besteht darin, dass die Planeten von Trappist 1 fast Kreisbahnen haben. Das ergibt sich daraus, weil die abgeplattete Gasscheibe bei ihrer Entstehung fehlte. Die Bahnen lassen sich daher über die Gasströmung erklären. Die Gasströmung spielt demnach bei der Entwicklung von Planetensystemen eine Rolle. Zudem verhält es sich so, dass die wegwandernden Planeten der Gasscheibe den Drehimpuls nehmen. So wird die Entwicklung keiner Sterne gebremst.

Da der Stern Trappist 1 keine Abplattung der Gasscheibe hat, ist er ein gutes Beispiel dafür, dass sehr kleine Sterne schwere Elemente ausfiltern. Damit setzt er seine eigene herunter. Das gilt auch für Braune Zwerge, die ebenfalls Planetensysteme bilden können. So kann man Zum Beispiel

---

[264] Prof. Dr. H. J. Fahr, Dr. E. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ 1998 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin

Die Bestrahlungszeit besagt, wie lange ein Körper braucht, umeine bestimmte Größe zu ereichen, um sich damit der Strahlung aus dem All zu entziehen. Der Eisenmeteorit braucht dafür 100 Millionen Jahre, und der Steinmeteorit nur 20 Millionen Jahre. - S. 84

auch erklären, dass der Braune Zwerg SDSS J0104+1535 eine so geringe Metallizität hat (5.158)[265]. Er gehört zur Sternpopulation II und hat von der Erde nur eine Entfernung von 750 Lichtjahren. Auch er müsste ein kleines Planetensystem haben in dem die schweren Elemente gesammelt worden sind.

Von Trappist 1 ist jetzt auch bekannt, dass alle Planeten Festkörper sind. Der Anteil an Wasser beträgt etwa 5 %, und die inneren 5 Planeten haben keine Atmosphäre (27.48.)[266]. Die Wassermengen wären damit zu erklären, ein Planet in der Größe der Erde noch nicht so viel Wasser an sich binden kann. Er ist im Entstehungsbereich gerade nicht so weit gewandert, und hat die Region gerade erreicht in dem Wasser kondensiert. Wenn ein Planet den ersten Mond mir Eisenkern eingefangen hat, hätte er den Bereich erreicht. Erst wenn er den zweiten Mond einfängt, wäre er selber in der Lage größere Mengen Wasser an sich zu binden, und hätte auch eine größere Masse als unsere Erde. Jupiter hat sich mit seinem zweiten Mond in dieser Region befunden, und daher hat auch Europa gewisse Wassermengen an sich binden können. Dazu war der Erdmond und auch Io noch nicht in der Lage.

2.12.24. Das System Kepler 107

Ein gutes Beispiel für die Aktivität der Gasscheibe ist System von Kepler 107. Das System ist ein G2-Stern mit 0,978 Sonnenmassen. Es besteht auf vier Exoplaneten. Kepler 107b hat dabei eine Dichte von 5,3 g/cm³ und steht dem Stern am nächsten. Kepler 107c hat eine Dichte von 12,6 g/cm³ und steht in der zweiten Position zum Stern. Kepler 107c steht für die Entwicklung der M-Klasse. In dem Sinne ist es ein Jupiter, wie in unserem Sonnensystem. Es hat in dem Fall erst 4,25 Erdmassen und beginnt gerade mit der Gasaufnahme. Bei Sternen mit 0,8 Sonnenmassen kann ein solcher Planet zum engen Doppelstern werden. Bei Kepler 107c gelingt das nicht und der Planet, der sich zum Schluss entwickelt, ist das Resultat, der Gasscheibe, die die Rotation verliert. Dadurch funktioniert das Trennungsverfahren nach der Dichte nicht mehr und es entstehen nur noch Körper aus Gestein. Es geht aber auch darum, dass Kepler 107c den Entstehungsbereich entleert. Dadurch müssen erst mal neue Eisenkörper der M-Klasse gebildet werden (Grafik5). Eisenkörper haben dann eine viel längere Entwicklungszeit und so bildet sich der Planet Kepler 107b mit geringer Dichte. Hier geht es auch noch darum, dass die E-Klasse der Asteroiden in die M-Klasse wandert und Körper aus der M-Klasse einsammelt. So entsteht die S-Klasse der Asteroiden (Grafik 5). Weil nun die M-Klasse der Asteroiden fehlt kann sich aus der E-Klasse auch keine S-Klasse bilden. Folglich bilden die E-Klasse und die C-Klasse einen großen Körper. Das wäre Kepler 107b.

Der Stern Kepler 107 ist für die Beurteilung von Sternen auch sehr wichtig. In der frühen Phase der Auswertung von Exoplaneten ist mir aufgefallen, dass die Sternspektren nicht zu den Sternmassen passen. Die Sonne ist genauso ein G2-Stern wie Kepler 107 und beide sind Hauptreihensterne. Damit müsste auch die Sterntemperatur gleich sein. Die Sonne hat 5770 Kelvin und Kepler 107 hat 5854 Kelvin. So müsste Kepler 107 sogar etwas mehr Masse haben als unsere Sonne. Das ist nicht der Fall. Die Masse von Kepler 107 ist etwas kleiner als die Masse der Sonne. Demnach ist die Massenbestimmung eines Sterns nach seiner Temperatur ungenau. Das war dann auch der Anlass Diagramm 1 und Diagramm 2 nach der Masse der Sterne zu sortieren und die Masse aus den Bahnparametern der Exoplaneten abzuleiten.

Dazu käme noch ein Gedanke, der die Abstände von Planeten betrifft. Die Abstände sind auch von der Gasaufnahme des Planeten abhängig. Die Gasaufnahme des Planeten ist abhängig vom Sonnenwind des Sterns. Hat ein Stern einen stärkern Sonnenwind, wird die Gasaufnahme der Planeten verzögert und sie können nicht so gut vom Stern wegwandern. Das ist auch ein Grund, warum die

---

[265] Der Braune Zwerg SDSS J0104+1535 hat 90 Jupitermassen und befindet sich in 750 Lichtjahren Entfernung von der Erde. Er entstammt der Population II und hat 1/250igstel des solaren Wertes und besitzt damit eine außergewöhnlich geringe Metallizität. - Sterne und Weltraum, 6-2017, S. 12

[266] Im Planetensystem von Trappist 1 sind alle Körper Festkörper und haben höchstens 5 % Wasseranteil. Die inneren 5 Planeten habe keine Atmosphäre. - 7.2.18, S. N2

Planeten von Kepler 107 einen so geringen Abstand zum Stern haben. Für die Sterne mit einer Sonnenmasse ist das sehr typisch (Diagramm 1). Es sammeln sich viele Planeten in der Nähe dieser Sterne.

Die Abstände der Planeten sind aber auch abhängig von dem Verhalten des Sterns. Unsere Sonne hat zum Beispiel einen größeren Rotationsverlust als vergleichbare Sterne. Es sind bei ihr mehr Körper abgestürzt und das hatte auch zur Folge, dass die Fusionsprozesse durch diese absinkenden Körper stärker gestört worden sind. Dadurch wurde sie kleiner und der Entstehungsbereich hat sich verlagert. So entstand der Asteroidengürtel. Dadurch haben die Gasplaneten mehr Gase aufnehmen können und sind weggewandert.

Der Rotationsverlust eines Sterns würde man über den Magnetismus der Sonnenflecken erklären. Der Magnetismus führt aber auch zum schnelleren Abtransport der Energie aus dem Inneren des Sterns. Die Energie definiert sich über die Geschwindigkeit der Elektronen. Diese Energie der Elektronen wird über den Magnetismus der Sonnenflecken schneller angeführt. Das führt dann zur Minderung der Neutrinostrahlung.

Man muss allgemein etwas zu Planeten mit höher Dichte sagen, wie sie bei Kepler 107 vorliegt. Das sind Planeten, die noch nicht so viele Gase oder keine Gase aufgenommen haben. Daher ist ihre Masse auch nicht zu groß. Bei Sternen mit einer Sonnenmasse sind solche Körper immer in der zweiten Position. Bei Sternen mit 0,8 Sonnenmassen sind sie in der ersten Position. Bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen gibt es wohl die ersten Körper mit Eisenkernen, aber diese Bilden noch keinen Planeten. Je mehr Masse ein Stern hat, umso länger ist die Entwicklungszeit solcher Körper mit Eisenkernen. Erst bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen ist die Abplattungsrate der Gasscheibe so groß, dass sich diese Klasse der Körper bilden kann. Also bieten diese Körper mit hoher Dichte eine Möglichkeit, das Entwicklungsprinzip von Planetensystemen zu verdeutlichen.

Über diese hohe Dichte von Kepler 107 kann man auch das Auftreten der ersten engen Doppelsterne von den RS-Canum-Venaticorum-Sternen bei kleinen Sternmassen erklären. Diese treten bei Sternen ab 0,8 Sonnenmassen auf. Weil die Dichte so hoch ist, bleibt der Planet in der Nähe des Sterns und entwickelt sich zum Zweitstern.

2.12.25. Mondsysteme der Exoplaneten

Die Mondsysteme der Exoplaneten zu finden, ist auf jeden Fall viel schwieriger als die Exoplaneten selber. Den ersten scheint man jetzt doch gefunden zu haben. Er ist ein Exoplanet von 10 Jupitermassen und hat eine Umlaufzeit von 287 Tagen. Der Stern selber hat die Hauptreihe schon verlassen und hat 1,8 Sonnenradien als Durchmesser erreicht. Dieser Exoplanet hat einen Begleiter mit der Masse von Neptun. Der Abstand beträgt 19 Planetenradien (5.162.)[267]. Der Begleiter findet sich in unmittelbarer Nähe vom Exoplaneten. Die Entwicklung ergibt sich daraus, dass sich aus dem Ringsystem eines Gasplaneten Monde entwickeln. Da der Planet noch keine hohe Temperatur vorweist, bestehen diese Monde aus Eis. Sie können den Planeten nicht verlassen, weil sie auf das alte Mondsystem stoßen. Sie fangen dann Körper, wie den Mond Io bei Jupiter ein und bleiben in diesen Positionen. Neuentwickelte Mondsysteme bleiben daher immer in der Nähe eines Exoplaneten. Voraussetzung ist aber auch, dass der Exoplanet eine große Masse hat. Nur dann ist er in der Lage größere Monde vorzubringen. Bei Jupiter konnte sich nur Amalthea als größter Mond im Ringsystem bilden. Das reicht natürlich nicht aus. Wenn dann ein Mond in der Nähe des Exoplaneten größer wird, beginnt er auch mit der Gasaufnahme. So kann dann ein Mond hervorbringen, der die Größe von Neptun erreicht. Entwickelt sich ein solcher Exoplanet zum Stern, hat er immer einen engen Begleiter. Dieser kann sich dann auch wieder zum Stern entwickeln.

[267] Der Exoplanet Kepler 1625b dreht sich mit 287 Tagen ein Mal um seinen Stern. Er hat 10 Jupitermassen und er hat einen Mond der ihn in nur 19 Planetenradien umrundet. Die Masse dieses Mondes entspricht der Masse von Neptun. - Sterne und Weltraum, 10-2017, S. 15

Was beim Mond vom Exoplanet Kepler 1625 b wichtig ist, wäre seine Neigung von 45° (26.30.)[268]. Das Mondsystem ist gedreht worden, ähnlich wie bei Uranus. Bei Uranus wurde es nur weiter bis in die Senkrechte gedreht. Die schwache Drehung könnte auch ein Zeichen sein, dass das Mondsystem zum Teil zerstört worden ist, wie bei Neptun.

Schaut man auf Diagramm 2, so hat man dort eine große Häufigkeit von Exoplaneten bei Sternen mit einer Sonnenmasse. Eine Erde ist dort gerade zum Gasplanet geworden und dann hat der Stern seine Gasaufnahme beendet. Bei etwas höherer Sternmasse hätte sich eine Erde weiter entwickelt und wäre zum größeren Gasplaneten geworden. Damit wandert sie aus der Nähe weg. Die Häufigkeit der Exoplaneten in der Nähe eines Sterns nimmt demnach wieder ab.

Zu den Mondsystemen kann man allgemein sagen, dass sie eine Reihe von Körpern sind, die bei einem Stern bestimmter Masse immer gleich ist. Was sich verändern kann, sind nur die Planeten im Bezug zum Sternabstand, aber diese Reihe der Monde bleibt gleich. Die Reihe ist wiederum anhängig vom Aktivitätszustand des Sterns. Bei knapp 0,7 Sonnenmassen ist die Gasscheibe so stark, dass Körper mit Eisenkernen entstehen. Demnach werden dann auch die Monde größer und können 5000 km Durchmesser erreichen. Im Sonnensystem gibt es davon einschließlich der Planeten 11 Körper. Bei einem Stern kleinerer Masse ist diese Anzahl der Körper kleiner. Das wäre zum Verständnis noch mal wichtig.

[268] Bei Kepler 1625 b wird der erste Mond bei einem Exoplanet nachgewiesen. Der Mond hat die Masse von Neptun. Er ist demnach ein sehr großer Mond. Zudem ist die Mondbahn um 45° geneigt.

Süddeutsche Zeitung, 5.10.18, S. 16

2.13. Zusammenfassung zur Entwicklung von Planeten

2.13.1. Grundlegende Prinzipien der Körperbildung

Nachdem alle Fakten zu Planetensystemen zusammengetragen und die verschiedenen Details der Körperbildung besprochen worden sind, sollte alle wesentlichen Fakten zusammengetragen werden.

Die Entstehung von Körpern um einen Stern beruht erst einmal auf Kondensation. Damit existiert nur ein Bereich in dem sich alle Körper um einen Stern bilden. Dieser Entstehungsbereich verschiebt sich mit der wachsenden Temperatur eines Sterns.

Alle Körper entstehen in der Nähe und hintereinander und wandern vom Stern weg. Die grundlegende Kraft, die dies bewirkt, ist die Reibung des Gases. Monde und Planeten sind gleichwertig und fangen sich gegenseitig ein.

Monde und Planeten bilden sich aus verschiedenen Klassen. Der Asteroidengürtel ist der Rest eines Entstehungsbereiches und zeigt die verschiedenen Klassen. Die Bildung der Klassen ist abhängig von der Rotation des Sterns und seiner Gasscheibe.

Die Rotation des Sterns führt ab einer bestimmten Größe zur Abplattung der Gasscheibe. Erst mit der Abplattung können sich die einzelnen Klassen bilden. Die unterschiedlichen Rotationsstufen sind entscheidend für die Entwicklung bestimmter Arten von Monden und Planeten. Es gibt im Wesentlichen drei Arten von Monden und Planeten.

Die unterschiedlichen Arten von Monden und Planeten zeigen untereinander Wechselwirkungen. Entsteht die eine Art kann damit die Entwicklung einer anderen unterbunden werden.

So lange ein Planet einzelne Monde einfängt, nimmt seine Masse ständig zu und seine Abdrift geht nahezu gegen Null. Daher ist es so, dass sich Exoplaneten bei einem Sternabstand von 0,04 AE häufen. Der Planet bleibt erst einmal in der Nähe des Sterns.

Planeten sind in der Lage zu Gasplaneten zu werden, wenn sie mehrere Monde einfangen. Ihre Masse wird so groß, dass ihre Dichte steigt und ihre Inklination sinkt. Damit kommen sie in den Schutz der Gasscheibe vor dem Sonnenwind und die Gasaufnahme beginnt. Werden sie Gasplaneten wandern sie vom Stern weg, weil die Dichte stark abnimmt, und das nächste System von Monden und Planeten setzt sich an seine Stelle. So können Reihen von Gasplaneten entstehen.

Bei den Gasplaneten unterscheidet man, wie bei den Planeten und Monden in drei Arten.

Die Rotation von Körpern um einen Stern entsteht dadurch, dass die Gasscheibe durchdrungen wird. Die Rotationsgeschwindigkeit ist abhängig von der Größe des Körpers und von seiner Dichte.

Bei komplexeren Systemen rotiert nur der Körper, der im Zentrum den Schwerpunkt des gesamten Systems in sich trägt. Körper die außerhalb liegen, werden um die gemeinsame Achse gedreht, weil sie die Gasscheibe durchdringen. Im Sonnensystem sind die äußeren Systeme stärker gedreht, als die inneren Systeme. Sie haben beim Hinauswandern eine längere Entwicklung durchgemacht.

2.13.2. Wirkende Kräfte

Die wirkenden Kräfte die dazu führen, dass Körper vom Stern wegwandern ist die Reibung des Gases. Das wäre die Abdrift. Je größer die Masse eines Sterns, umso höher ist die Abdrift. Die zweite Kraft ist die Periheldrehung. Sie ist eine Variable und sorgt für unterschiedliche Massen bei Exoplaneten. Sie führt dazu, dass kleinere und größere Körper in die Bahn anderer gedreht werden.

Der Sonnenwind ist ebenfalls eine Kraft, die auf die Gase und die sich bildenden Körper wirkt. Sie ist entscheidend für die Gasaufnahme des Planeten. Sie ist abhängig von der Masse des Sterns.

Körper rotieren, stürzen in den Stern und entwickeln dabei magnetische Kräfte, die den Stern bremsen. Oberhalb von 6300 Kelvin trennt sich der Entstehungsbereich vom Stern und die Rotation der Sterne nimmt ab da zu.

2.13.3. Wirkung der Kräfte

Die Reibungskraft in einer Gasscheibe führt zur Rotation eines Körpers. Die Kraft führt zur Abdrift und zur Exzentrizität. Je größer die Dichte, umso kleiner ist die Exzentrizität.

Körper benötigen aufgrund der Reibung eine Mindestgröße um die Gasscheibe zu durchdringen.

Körper benötigen je nach Art eine bestimmte Mindestgröße um eingefangen zu und in einer stabilen Bahn zu bleiben.

Die Reibungskräfte der Gasscheibe ergeben für Körper je nach ihrer Dichte eine bestimmte Inklination.

Körper werden aufgrund ihrer Größe und Dichte unterschiedlich schnell vom Stern weggetrieben. Je größer die Dichte, um so kleiner die Abdrift. Mit zunehmender Größe eines Körpers nimmt die Wirkungseffizienz einer konstanten Strömung ab, weil sich die Oberfläche langsamer vergrößert als das Volumen. Daher verlassen kleinere Körper den Stern schneller als größere.

Sind ein oder mehrere Mond eingefangen werden sie um die Achse des Planeten gedreht. Das ist die gleiche Kraft die dem Körper die Rotation beibringt.

Die Gasaufnahme eines Planeten wirken die Kräfte des Sonnenwindes. Sie verhindern die Gasaufnahme des Planeten. Die Gasscheibe wirkt über die Rotation und die damit verbundene Abplattung gegen den Sonnenwind. Das erwartet vom Planeten eine bestimmte Dichte. Diese ist wiederum abhängig von der Masse oder der Gravitation. Damit hat er die Kraft im Schutz der Gasscheibe Gase aufzunehmen. - Die Gasaufnahme eines Planeten steht in einer Wechselwirkung der Kräfte zwischen der dem Sonnenwind und der Rotation des Sterns.

Die Periheldrehung verstärkt sich, wenn sich ein Gasplanet außerhalb des Entstehungsbereiches befindet. Die Wirkung der Periheldrehung wird mit steigender Masse größer bis er sich durch die abnehmende Dichte wegwandert.

Körper, die in den Stern stürzen, wirken über Magnetfelder auf den Stern und bremsen ihn. Da der Stern in tieferen Schichten Metallische Eigenschaften hat werden die Magnetfelder extrem verstärkt. Der Stern wiederum wirkt auf die Rotation seiner Gasscheibe und bremst ihn. Die Wirkung abstürzender Körper auf die Rotation ist sehr viel größer als die Wirkung des Sterns auf die Gasscheibe.

2.13.4. Wesentliche Prinzipien der Entwicklung

Da alle Körper hintereinander entstehen und Hinauswandern, bietet das Sonnensystem ein Bild für die verschiedenen Phasen der Entwicklung vom Stern und den Planeten. Da die ältesten Körper bis auf die Kometen, außen sind, kann man von außen nach innen alle Phasen der Bildung des Sonnensystems beschrieben. Diese allgemeine Beschreibung ist auf andere Sterne übertragbar. Jede Entwicklungsphase spricht für eine bestimmte Sternmasse.

Die Körperbildung um einen Stern erklärt sich nur aus der Gasströmung also der Gasscheibe, und den Eigenschaften der Körper in form ihrer Dichte. Dazu kommt die Periheldrehung als variable Kraft. Durch die Rotationsgeschwindigkeit der Gasscheibe entstehen unterschiedliche Klassen vom Körpern, die untereinander konkurrieren. Die Planetenentstehung steuert die Sternentwicklung.

3. Die Sternentwicklung

3.1. Einzelsterne und Erststerne

3.1.1. Prinzip der Sternenentstehung

Aus den bisherigen Betrachtungen der Planetenentstehung kommt man zu dem Schluss, dass es nicht nur eine Verbindung zwischen der Entwicklung des Sterns und der Bildung seines Planetensystems gibt. Es existiert durch die Planetenentstehung ein starker Einfluss auf den Stern. Dabei geht nicht nur darum, dass Körper in den Stern stürzen, sondern es geht darum, dass die Körper eine Rotation mit sich bringen, die Magnetfelder entwickeln und den Stern bremsen. Sie erzeugen damit die Sonnenflecken und diese bremsen den Stern.

Diese Sonnenflecken bilden sich, weil der Stern eine gewisse Rotation erreicht. Das findet ab den M5-Sternen statt. Damit entstehen einmal die Sonnenflecken und damit verbundenen Konvektionszonen. Konvektionszonen sind daher Ursache der Planetenentstehung in der Nähe des Sterns. Ist die Geschwindigkeit der Gasscheibe unterhalb der M5-Sterne zu langsam verhält sich das Gas turbulent, überschreitet es diese, plattet die Gasscheibe ab. Damit setzt auch die Entstehung von größeren Körpern bis hin zu Planeten aus Chondren ein.

Diese Abplattung der Gasscheibe ist ein Garant für die Zufuhr von Gasen, die sich auf der Oberfläche des Sterns absetzen. Diese ist nur möglich, weil sich die Gasscheibe verdichtet. Würde sie das nicht tun, dann hätte der Sonnenwind keine Probleme diese Gase abzublasen. Dass er es trotzdem tut, sieht man an Jungsternen, an T-Tauristernen oder an Herbig-Haro-Objekten. Diese geben über die Pole Gase ab, während sie Gase auf der Rotationsebene, also am Äquator, aufnehmen.

Diese Gasscheibe hat demnach zwei Funktionen. Sie ist einmal eine Hilfe, damit Sterne Gase aufnehmen können. Weil sie eine Gasdichte über die Rotation erzeugt, die stärker ist als der Sonnenwind, können Gase die Oberfläche erreichen. Damit wächst die Masse des Sterns. Da er nur eine bestimmte Rotation erreicht, kann er nur eine bestimmte Masse erreichen. Dann wird der Sonnenwind zu groß und die Gase werden abgeblasen. Das Verständnis für den Massegewinn bei Sterne mit besonders hoher Masse, kann man nur über diese Steigerung der Rotation und der damit verbunden Abplattung der Gasscheibe erklären (51.6.)[269].

Auf der anderen Seite bremst sie mit der Körperbildung in Sternnähe die Entwicklung des Sterns. Hier handelt es sich um eine indirekte Störung der Rotation des Gesamtsystems. Der Stern wird in der Rotation magnetisch gestört und dieser bremst die Gasscheibe. Eine relativ ungestörte Entwicklung des Sterns ist nur möglich, wenn er eine Temperatur erreicht, die den Entstehungsbereich vom Stern trennt.

Der zweite Faktor der die Rotation der Gasscheibe direkt bremst, liegt in der Rotation und der Abdrift von Körper um einen Stern. Alle Körper entstehen in der Nähe des Sterns und werden vom Stern weggetrieben. Zudem erhalten sie die Rotation. Diese Effekte nehmen der Gasscheibe den Drehimpuls. Wenn zum Beispiel in dem Massenbereich der Sterne von 0,5 und 0,6 Sonnenmassen kaum Gasplaneten entstehen, sondern nur kleine Planetensysteme, wie im Kapitel der Exoplaneten

---

[269] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Es ist ungeklärt, warum Sterne über 10 Sonnenmassen noch Gase aufnehmen können. (Prof. Chini)

12-2004, S. 680

erklärt wird, entwickelt sich der Stern relativ ungestört weiter. Jungsterne machen daher oft einen Sprung von 0,5 Sonnenmassen bis nach 0,7 Sonnenmassen (siehe Grafik 3). Das liegt daran, dass der Drehimpuls der Gasscheibe bei diesen Sternmassen nicht gestört wird.

Der zweite wichtige Gedanke, der sich aus der Planetenentstehung ergibt, liegt darin, dass sich ein Planet durch das Sammeln von Substanzen hoher Dichte so viel Masse entwickelt und sich nicht mehr über die Strömung vom Stern entfernt. Dabei kommt auch die Klasse eines Planeten zur Geltung. Planeten wie Jupiter mit einem Eisenkern entwickeln größere Mondsysteme und auch massereichere Planeten. Daher ist es bei ihnen wahrscheinlicher zum Zweitstern zu werden.

Die nahen Zweitsterne haben wiederum einen steuernden Einfluss auf den Erststern. Über die synchrone Rotation fördern sie die Entwicklung von kühlen Sternen, weil sie das System antreiben. Bei heißen Sternen ist es wiederum so, dass sie das gesamte System bremsen. Der Zusammenhang wird nur verständlich, wenn man sich über die Eigenschaften des Sonnenwindes und die Funktion der Gasscheibe im Klaren ist.

3.1.2. Sternentstehung über die Temperatur und Sternmasse

Um die Entwicklung der Sterne über unterschiedlichen Temperaturen also Sternmassen darzustellen, kann man unser Sonnensystem als Bezug nehmen. Da die Planeten und Monde hintereinander entstanden sind, sind die ältesten Körper außen und die jüngsten Körper innen. Man kann daher im Sonnensystem einen Altersablauf erkennen, der bestimmte Phase beschreibt und jeweils immer für kleinere Sternmassen spricht. Diese Phasen können direkt auf Sterntemperaturen auf der Hauptreihe und den damit zusammenhängenden Sternmassen übertragen werden. Anhand der Verteilung der Exoplaneten hat man schon gesehen, dass sich die Gasplaneten in einem ganz typischen Muster verteilen und man bei bestimmten Sternmassen sich auch bestimmte Klassen von Planeten entwickeln.

Die Planetenentstehung beginnt plötzlich ab dem Kuiper-Gürtel, also ab 47 AE (siehe Grafik 17). Das entspricht der Phase unserer Sonne, als sie die Temperatur eines M5 Sterns erreicht hatte. Ab den M5 Sternen setzt mit einem Mal eine Verdichtung der Gasscheibe auf der Ekliptik des Sterns ein. Das Gas wird auf der Rotationsebene in Sternnähe zusammengepresst und führt zur differenziellen Rotation des Sterns. Diese differenzielle Rotation beginnt erst mit dem Auftreten der Konvektionszonen und der damit verbunden Sonnenflecken.

Man muss sagen, erst plattet sich eine Gasscheibe ab, das führt zur differenziellen Rotation des Sterns und als Folge entstehen größere Körper, weil sich eine Trennungsschicht bildet, die kleinere Körper durchdringen müssen. Diese Körper stürzen zum Teil in den Stern und führen zur Unruhe in seiner Oberfläche. Damit erklärt sich, warum Chromosphären und Konvektionszonen und damit verbundene Sonnenflecken mit einem Mal entstehen (10.5.)[270]. Der Absturz ist damit zu erklären, dass der Entstehungsbereich noch sehr nahe am Stern liegt. Damit bilden sich in diesem M-Sternbereich die Flare-Sterne. das sind Sterne, die besonders unruhig sind.

Weil sich in diesem Bereich die ersten Planeten bilden, kommt es dort auch zur Bildung von Doppelsternen. Es ist damit nicht verwunderlich, dass Flare-Sterne oft Doppelsterne sind. Hier sieht man auch, dass der Einfluss eines Körpers in der Nähe eines Sterns zu besonderer Unruhe führt, denn er löst die Periheldrehung aus, und damit stoßen mehr Körper zusammen und stürzen ab. Hier kann man auch erkennen, dass Flare-Sterne nur im M-Sternbereich auftreten. Sobald man über die Grenze von 0,5 Sonnenmassen tritt, fehlen Planeten in der Nähe und die Unruhe der Sterne geht zurück.

---

[270] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Tätigkeit der Chromosphären und Koronen und damit auch der Magnetismus (Sonnenfleckentätigkeit) nehmen von den späten A-Sternen (kühle A-Sterne) bis hin zu den M5-Sternen zu, und brechen dann mit einem Mal ab. - S. 174

Die Entstehung größerer Planeten bis hin zum Zweitstern ist auch die Ursache, dass sich so viele Sterne nicht weiterentwickeln. Auf zwei Arten wird Drehimpuls aus der Gasscheibe entzogen, einmal durch den erhöhten Absturz von Körpern in den Stern und der damit verbundenen magnetischen Bremsung und zum anderen, weil diese größeren Körper rotieren und wegwandern. Das ergibt eine Erklärung, warum es in diesem Bereich kleiner Sternmassen so viele Sterne existieren. Diese geht übrigens zurück, wenn man die alte Sterngeneration betrachtet. In den Kugelsternhaufen ist die Zahl der M-Sterne sehr gering. Es fehlen schwere Elemente, also bilden sich auch kaum Planeten. Damit fehlt auch die Störung der Sternentwicklung.

Wie man der Verteilung der Exoplaneten entnimmt, setzt oberhalb der Sterne von 0,5 Sonnenmassen eine ruhige Entwicklung ein. Es bilden sich nämlich bis zu 0,6 Sonnenmassen so gut wie keine Gasplaneten und damit kann sich der Stern weiter entwickeln. Daher findet man bei Jungsternhaufen in diesem Massenbereich häufig Lücken (siehe Grafik 3 und Diagramm 1). Es gibt dort einfach keine Sterne.

Ab Sternen mit 0,7 Sonnenmassen treten wieder Gasplaneten und man sieht in den Jungsternhaufen auch wieder mehr Sterne, die sich nicht mehr weiter entwickeln. Auch hier sieht man wieder den Zusammenhang zwischen Planeten und der Entwicklung von Sternen. In diesem Massenbereich entstehen jedoch ganze Reihen von Gasplaneten und gleichzeitig nimmt die Häufigkeit der Doppelsterne stark zu (Grafik 37). Hier findet man den Hinweis, dass Planeten Vorformen späterer Doppelsterne sein könnten.

Ab Sternen mit 0,8 Sonnenmassen treten dann die ersten Exoplaneten in einer höheren Häufigkeit besonders in der Nähe des Sterns auf. Dazu zeigt sich der erste magnetische Exoplanet mit dem geringsten Abstand vom Stern. Gleichzeitig entstehen in diesen Massenbereich die ersten engen Doppelsterne, die RS-Canum-Venaticorum-Sterne. Sie sind ebenfalls magnetische Sterne. hier zwingt sich der Gedanke fast auf, dass Planeten frühere Formen von späteren Doppelsternen sind.

Auf Grund dieser großen Mengen von Körpern, die bis dahin in den Stern fallen sind, kommt es bei den kühlen Sternen zur T-Tauriphase. Der Stern verliert an Rotation. Zwischen Stern und Gasscheibe entsteht ein Rotationsunterschied, der dem zehnfachen Wert entspricht. Der zweite Effekt liegt darin, dass Massen dieser aufgeschmolzenen Körper in den Kern des Sterns sinken und die Konvektionszonen mit den Sonnenflecken erzeugen. Damit wird der Fusionsprozess im Stern gemindert. Der Druck sinkt und der Stern verliert in dieser Phase schnell an Größe, weil ihn seine Masse zur Kontraktion zwingt (16.4.)[271]. Die Verminderung der Rotation des Sterns wird durch die Magnetfelder rotierender Körper ausgelöst. Die Verminderung der Fusion wird durch Magnetismus der Sonnenflecken angezeigt. Die Sonnenflecken sind selber zwar kühl, aber sie führen durch die Konvektionszonen große Mengen an Energie aus dem Zentrum ab. So stören sie die Fusion von Wasserstoff zu Helium. Diese Störung wirkt sich auf alle Sterne bis zu 8,3 Sonnenmassen aus. Bei allen wird der Stern kleiner bis er die Hauptreihe erreicht. Die Störung beginnt bei den M5-Sternen und wirkt sich bei Sternen mit etwa 4000 K und etwa 0,8 Sonnenmassen schon während der Entstehung der Planeten (siehe Grafik 38).

Ab Sternen mit 0,9 Sonnenmassen entfernen sich die Planeten wieder aus der Nähe eines Sterns. Sie nehmen durch die T-Taurikrise eher Gase auf und wandern vom Stern weg. Das vermindert die Möglichkeit zum engen Doppelstern zu werden. Die RS-Canum-Venaticorum-Sterne treten nur noch selten auf.

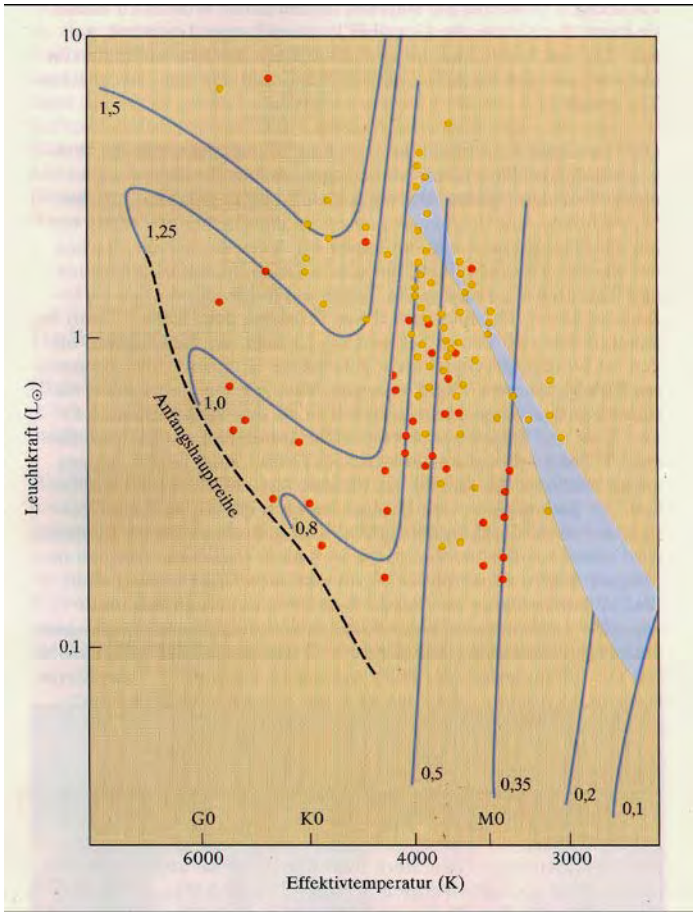
In diesem Massenbereich beginnt auch die Bildung von zwei Planeten mit Eisennickelkern. Diese Planeten belegen nun eine zwei bestimmten Abstanden, wie sie bei Exoplaneten im Diagramm 1 vorzufinden sind. Damit wird zu höheren Temperaturen ein größer Planet in größeren Abständen geschaffen und in kleineren Abständen ein kleiner Planet. Dabei können sich zum Dreifachsystemen bei den Sternen entwickeln. Diese ziehen sich bis zur oberen Grenze der Zwergnova (siehe Grafik 43).

---

[271] F. G. Surdin, S. A. Lamzin: „Protosterne“ Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

T-Tauristerne sind beträchtlich größer als 2 aber kleiner als 50 Sonnenradien. - S. 147

Da haben die Dreifachsysteme bei den Doppelsternen ihr Ende. Das dürfte etwa bei 15000 Kelvin liegen. Das wären B3-Sterne von etwa 8,3 Sonnemassen. Diese Dreifachsysteme entstehen nur deswegen, weil der Erststern noch eine Störung erfährt und sich damit verkleinert.



Grafik 38: T-Tauristerne im HRD (14.5.)[272]

Mit einer Sterntemperatur von 6000 Kevin, also bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen, endet der Einfluss des Entstehungsbereiches von Körpern auf einen Stern. Oberhalb der G-Sterne nimmt die Rotation der Sterne stark zu (5.8.)[273]. Im gleichen Zuge sinken die Konvektionszonen in das Innere des Sterns (14.16.)[274]. Die Konvektionszonen sind daher ein klares Zeichen der Berührung vom Entstehungsbereich der Körper mit dem Stern. Demnach beginnt die Beeinflussung des Sterns ab 3000 Kelvin. Von da an werden größere Körper gebildet, die in den Stern stürzen. Das ist damit zu erklären,

[272] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Die Leuchtkraft und Temperatur (HRD) der T-Tauristerne. - S. 274

[273] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD.

Sterne und Weltraum, 7-1998 - S. 626

[274] James B. Kaler: „Sterne“, 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Ab der Temperatur, wo die Konvektionszonen tiefer in den Stern verschwinden, steigt die Rotation der Sterne an. Es gibt daher einen Zusammenhang zwischen Konvektionszonen und niedriger Rotation. - S. 165

dass die Abplattung zunimmt. Ab 6000 Kelvin ist dieser Absturz von Körpern beendet. Alles was kondensiert, wird zu Monden oder Planeten.

Ab den F-Sternen hat man es zu höheren Temperaturen hin generell mit hohen Sternrotationen zu tun. Diese Rotationen sind nur möglich, weil der Stern sich vom Entstehungsbereich getrennt hat. Dabei tritt ein weiterer Effekt in, der mit der Gasscheibe im Zusammenhang steht. Die Gasscheibe erfährt nur bis zu den A-Sternen hin eine immer höhere Rotation und damit auch eine größere Abplattung. Hierbei tritt eine weitere Verbesserung des Trennungsverfahrens ein. Körper höhere Dichte als Eisen und Nickel, die insgesamt eine geringere Häufigkeit haben erfahren nun eine geringere Eindringtiefe in die Gasscheibe, damit werden sie in bestimmten Bereichen der Gasscheibe stärker separiert und können sich zu größeren Körpern bilden. Diese befinden sich wegen der höheren Kondensationstemperatur gegenüber Eisen und Nickel wieder näher am Stern und stürzen dabei ab. Damit treten die Am-Sterne genau bei 6300 Kelvin auf, und stehen im Zusammenhang mit der Veränderung der Gasstruktur der Gasscheibe. Hier findet demnach auch ein wichtiger Hinweis, der unterstützt, dass das Trennungsverfahren von Körper unterschiedlicher Temperatur und Dichte über die Strömung eines Gases vollzogen wird.

Nachdem die Konvektionszonen ab 6000 Kelvin in tieferen Schichten verschwinden, spielen sie noch bis zu den A-Sternen eine Rolle. Sie wirken aus tieferen Schichten und führen dazu, dass Sterne in diesem Temperaturbereich pulsieren. Daher findet sich bei den A-Sternen der Instabilitätsstreifen. Diese Sterne hatten in ihrer früheren Zeit einen längeren Kontakt mit dem Entstehungsbereich, und darauf hin sind auch bei ihnen Konvektionszonen entstanden, die aber in der letzten Phase ihrer Entwicklung zugedeckt worden sind. Diese wirken jedoch aus der Tiefe weiter und führen dazu, dass diese Sterne pulsieren.

Ab den Sternen mit 1,5 Sonnenmassen entsteht eine Klasse von Planeten mit höher Dichte als Eisen und Nickel, was aus der oberen Lücke der Exoplaneten zu schließen ist oberhalb dieser Lücke tritt dann die Bildung ein neuer Typ von engem Doppelstern ein, der wieder zum Magnetstern wird. Das wären die Ap-Sterne, die bei Sternen ab 7400 Kelvin gebildet werden Dieser Sterntyp ist vergleichbar mit den RS-Canum-Venaticorum-Sternen. Auch diese Sterntypen entstehen kurz oberhalb der unteren Lücke Exoplaneten bei 0,7 Sonnenmassen. In beiden Fällen hat sich eine neu Klasse von Planeten mit einer höheren Dichte gegenüber vorigen Klassen aus kühleren Sterntemperaturen gebildet.

Bei Sterne oberhalb von 17ooo Kelvin, bei Sternen mit etwa 8,3 Sonnenmassen und dem Ende der Zwergnova entwickelt sich der Stern so schnell, dass er keine Störung mehr durch die Planetenentstehung erfährt und damit entwickeln sich anstelle von Dreifachsystemen nur noch Doppelsterne. Diese entsprechen dann dem späteren Typ der Wolf-Rayet-Sterne. An dieser Grenze nach unten hin befinden sich auch die Cepheiden mit etwa 8 bis 9 Sonnenmassen (12.12.)[275]. Diese haben aber die Hauptreihe verlassen und sind zu den kühlen Sternen im HRD gewandert. Sie sind an der Obergrenze von Sternmassen bei denen die Konvektionszonen Auslöser für das Pulsieren der oberen ruhigen Schichten des Sterns sind. Zu den hohen Sternmassen gibt es keine unruhigen Schichten im Inneren der Sterne. Die Cepheiden sind zudem auch Dreifachsysteme.

3.1.3.Fusionsstörungen und Sternmasse

Die Entwicklung der Sterne durchläuft mit höherer Masse schneller durch den Entstehungsbereich Der Absturz von Körper in Sternnähe wird größerer Sternmasse geringer. Folglich ist es auch so, dass die Fusionsstörung der Absinkenden schweren Elemente in der Tiefe des Sterns auch mit größerer Sternmasse abnimmt. Damit verkleinert sich der Stern mit höherer Masse immer

[275] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980
Cepheiden könnten 8-9 Sonnenmassen haben und sind Mehrfachsystem. - S. 219

weniger, bevor er sich nach einem Anstieg auf die Hauptreihe setzt. Der Anstieg ist eine Entwicklung die nach der Störung folgt. Das zeigt sich im Diagramm 38.

3.1.4. Die Wirkung der Konvektionszonen

Die Konvektionszonen entstehen plötzlich ab den M5-Sternen. Über die Sonnenflecken oder Sternflecken wird die Energie nach außen getragen. Die oberen Schichten unterhalb der Konvektionszonen werden somit kühler.

Der Fusionsprozess im Kern treibt die Wärme nach draußen, was sehr langsam durch die Schichten von statten geht, und der Stern wirkt mit seiner großen Masse als Isolationsschicht, die die Hitze im Kern hält.

Wenn die Hitze langsam hinaus kann, wirkt eine Abkühlung auch nur langsam nach innen. Mit dem Entstehen der Konvektionszonen wird die Fusion erst einmal nicht beeinflusst, weil sie nicht tief genug in den Stern reichen. Diese Wirkung tritt erst zu einem späteren Zeitpunkt ein.

Da die Konvektionszonen erst ab den M5-Sternen entstehen und nur bis zu einer bestimmten Tiefe reichen, dauert es eine Zeit bis die tieferen Schichten gestört werden, wo die Fusion stattfindet. Erst dann folgt die Minderung der Fusion und der Stern verkleinert sich. Alle Sterne bis zum oberen Ende der Zwergnova erleben daher einen Größeneinbruch, weil dort noch in tieferen Schichten die Konvektionszonen auftauchen.

Weil die Planetenentstehung mit der Sternentwicklung gekoppelt ist, wirkt sich dieser Einbruch immer auf die Planetenentstehung aus. Er führt immer zum Zusammenbruch des Entstehungsbereiches.

Die Konvektionszonen werden demnach durch die Planetenentstehung ausgelöst. Diese wirkt über die Zeit in die Tiefe. Das beeinträchtigt die Fusion. Der Stern verkleinert sich, und das führt zur plötzlichen Verlagerung des Entstehungsbereiches. Mit der Fusionsverminderung im Stern geht die Wirkung demnach wieder nach außen.

Da Planeten hintereinander entstehen, ist diese Wirkung ab Sternen mit 0,9 Sonnenmassen bis zur oberen Grenze der Zwergnova immer zu sehen. In unserem Sonnensystem ist der Rest einen Entstehungsbereiches zwischen Jupiter und Mars. Das ist der Asteroidengürtel. Egal, wo man nun Sterne mit Konvektionszonen betrachtet, sie haben immer einen Hinweis in der Struktur des Planetensystems oder eines Mehrfachsternsystems.

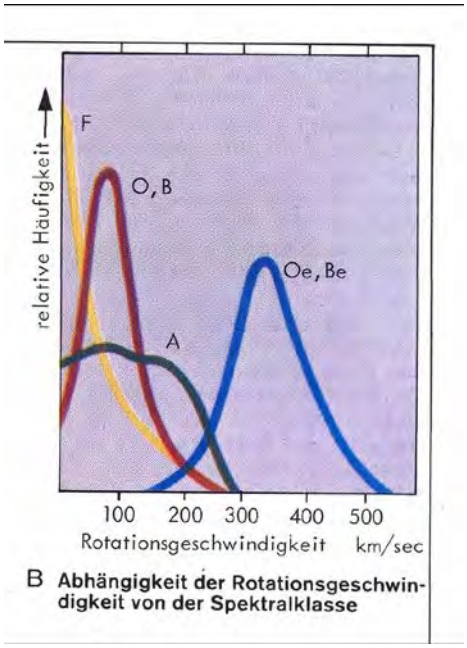
Zudem gibt es noch etwas zur Tiefe der Konvektionszonen zu sagen. Die Tiefe der Konvektionen nimmt von den G-Sternen zu den M-Sternen zu. Das erklärt sich damit, dass die Abplattung der Gasscheibe bei diesen Sternen ähnlich groß ist und damit auch die Durchdringungsgröße der Körper. Von den M- zu den G-Sternen stürzen ähnlich große Körper ab. Da aber die Temperatur zu den M-Sternen sinkt, können die Körper bei den M-Sternen tiefer eindringen bevor sie vergasen. Ihre Wirkung hält demnach langer an, und damit wirkt sie tiefer.

3.1.5. Spektralklassen und Sternrotation

Die Bedeutung der unterschiedlichen Rotationen von den F-Sternen bis zu den O-Sternen ist wie folgt zu erklären (siehe Grafik 39). Bei den F-Sternen beginnt die Rotation anzusteigen, weil sich der Entstehungsbereich für Planeten und ihre Systeme vom Stern trennt. A-Sterne und F-Sterne haben beide die Rotationsgrenze von ungefähr 300 km/s gemeinsam, weil in ihrer früheren Phase der Entstehungsbereich der Planeten dafür gesorgt hat, dass sie in ihrer Rotation gebremst wurden.

Doppelsterne haben bei diesen Sternen alle eine geringere Rotation, weil der Zweitstern den Erststern bremst, zum anderen aber auch, weil er selber Rotation als Festkörper bekommt und als Gaskörper von der Gasscheibe bewegt wird. Somit führt er Drehimpuls ab. Dadurch gibt es, schwach erkennbar, bei den A-Sternen zwei Maxima. Diese sind aber nicht so klar getrennt, wie bei den O- und B-Sternen. Sie haben die Berührungsphase mit dem Entstehungsbereich für Planeten nur kurz erlebt.

Damit entwickelt sich der Erststern ungestörter und kann eine höhere Rotation erreichen als die aufgeführten kühleren Sterne. Es handelt sich bei den Oe- und die Be-Sternen um Einzelsterne. Die O- und B-Sterne mit geringer Rotation sind Doppelsterne.



Grafik 39 : Rotation ab den F-Sternen (12.8.)[276]

Die Rotation der Doppelsterne ist unabhängig von der Temperatur und Masse eines Sterns und liegt in der Häufigkeit bei etwa 100 km/s liegt. Das liegt darin, dass ähnlich viel Drehimpuls wie schon beschrieben durch den der Zweitstern abgeführt wird.

Bei Vorhauptreihensternen kann man recht gut sehen, dass sie schon sehr früh ihre Rotation verlieren. Das hat damit zu tun, dass die Planeten von Anfang an in der aktiven Gasscheibe den Stern bremsen. Die Vorhauptreihensterne lassen sich zum Beispiel im Orionnebel in drei Gruppen aufteilen. Je weiter eine Gruppe vom Orionnebel weg ist, umso größer ist sie, und umso geringer ist die Rotation der einzelnen Sterne (27.43.)[277]. Das heißt, die Gruppen haben aus Loops heraus die Dunkelwolke verlassen, und ihre Dynamik hat immer mehr nachgelassen. So sind die Gruppen kleiner geworden. Wichtig ist, dass schon nach einer Million Jahren die Rotation der Sterne verloren geht.

Dabei muss man noch mal den Vergleich ziehen mit der Metallizität. Diese Metallizität ist im Orionnebel hoch, weil die Sterne der Population I entsprechen. Damit ist die Sternentstehungsrate in den Gruppen auch klein, weil die Menge der Planeten die Entwicklung bremst. Bei geringerer Metallizität und größeren Gasregionen wäre die Sternentstehungsrate viel höher. Sterne würden in viel größeren Gruppen entstehen, und es würden mehrere Gruppen sein.

[276] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Tabelle über Rotation und die Spektralklasse der Sterne. S. 154

[277] Die Vorhauptreihensterne im Orionnebel unterscheiden sich im Farben-Helligkeits-Diagramm in drei unterschiedlichen Gruppen. Diese Gruppen unterscheiden sich auch örtlich im Orionnebel. Die größte Gruppe ist am weitesten entfernt und hat die kleinste Rotation. Je näher man zum Orionnebel kommt umso kleiner sind die Gruppen und umso größer ist die Rotation der Gruppe. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2.8.17; S. N1

3.1.6. Leuchtkraftverminderung der Jungsterne

Die Leuchtkraftverminderung der Jungsterne die für eine Zeit unterhalb der Hauptreihe liegen, erklärt sich damit dass Körper in den Stern absinken, Magnetfelder entwickeln und damit die Fusion für eine Zeit stören (siehe Grafik 40). Haben sie den Kern einmal erreicht, steigt die Fusion wieder an.

Zudem ist in der Grafik zu erkennen, dass zu jede Sternhaufen eine bestimmte Menge oberhalb der Linie liegen, die die Hauptreihe bestimmt. Es gibt Sterne, die eine höhere Fusion an den Tag legen. Das sind die Zweit- und Drittsterne, die den Planetenkern haben und schneller fusionieren. Also kann man hier erkennen, dass die Zweitsterne einen anderen inneren Aufbau haben.

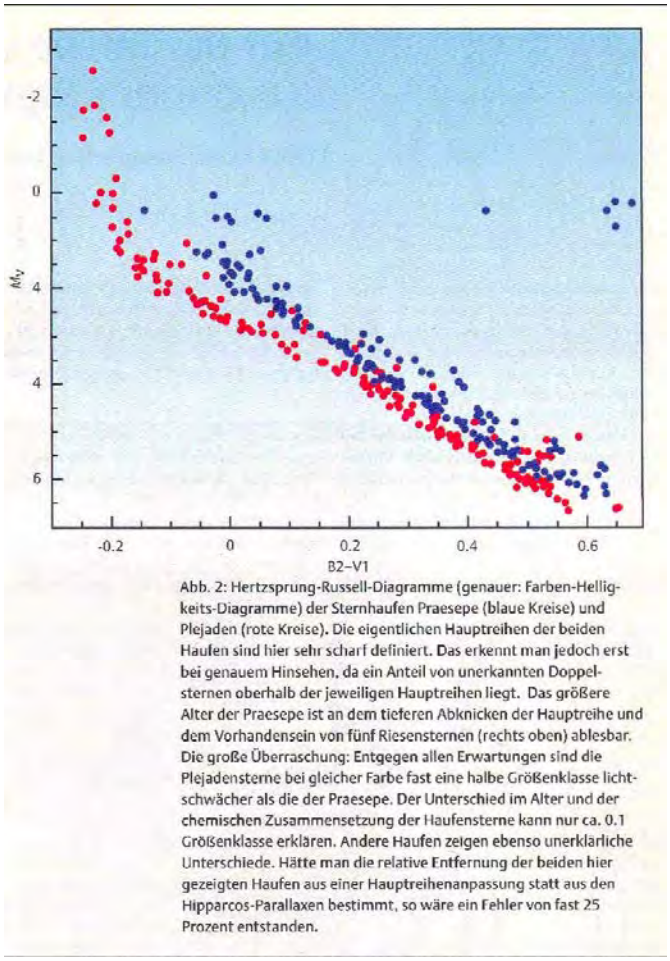


Abb. 2: Hertzsprung-Russell-Diagramme (genauer: Farben-Helligkeits-Diagramme) der Sternhaufen Praesepe (blaue Kreise) und Plejaden (rote Kreise). Die eigentlichen Hauptreihen der beiden Haufen sind hier sehr scharf definiert. Das erkennt man jedoch erst bei genauem Hinsehen, da ein Anteil von unerkannten Doppelsternen oberhalb der jeweiligen Hauptreihen liegt. Das größere Alter der Praesepe ist an dem tieferen Abknicken der Hauptreihe und dem Vorhandensein von fünf Riesensternen (rechts oben) ablesbar. Die große Überraschung: Entgegen allen Erwartungen sind die Plejadensterne bei gleicher Farbe fast eine halbe Größenklasse lichtschwächer als die der Praesepe. Der Unterschied im Alter und der chemischen Zusammensetzung der Haufensterne kann nur ca. 0.1 Größenklasse erklären. Andere Haufen zeigen ebenso unerklärliche Unterschiede. Hätte man die relative Entfernung der beiden hier gezeigten Haufen aus einer Hauptreihenanpassung statt aus den Hipparcos-Parallaxen bestimmt, so wäre ein Fehler von fast 25 Prozent entstanden.

Grafik 40 : Jungsterne auf der Hauptreihe (5.9.)[278]

Den Hinweis der diesen Gedanken unterstützt bietet die Neutrinostrahlung in der Sonne. Diese Neutrinos sind ein Abfallprodukt der Fusion und ergeben ein genaues Maß für ihre Stärke. Bis vor einigen Jahren hat man nur ein Drittel der Neutrinos gefunden und die Langzeituntersuchungen haben ergeben, dass sich die Neutrinohäufigkeit umgekehrt proportional zu den wiederkehrenden Sonnenflecken verhält (siehe Grafik 4). Selbst wenn sich die Neutrinos in andere Arten umwandeln,

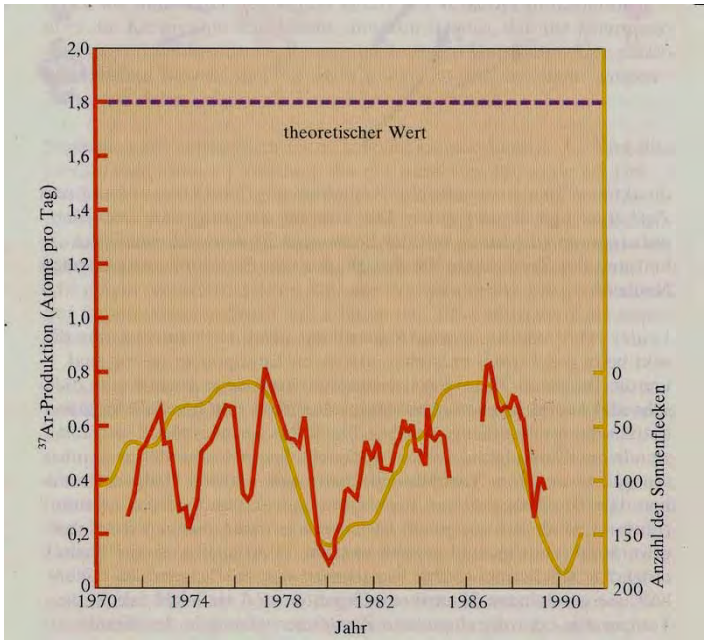
[278] Die geringere Leuchtkraft der jungen Plejaden gegenüber dem Sternhaufen der Praesepe, könnte als Ursache das Absinken schwerer Elemente haben. Dieses Phänomen findet man bei jungen Sternhaufen öfter.

Sterne und Weltraum, 11-1997 - S. 941

bleibt diese umgekehrte Proportionalität erhalten (51.8.)[279]. Da die Sonnenflecken rhythmisch auftreten, zeigen auch die Neutrinos Rhythmen in ihrer Häufigkeit. Hier muss ein Zusammenhang zwischen den äußeren Regionen eines Sterns und seinen tiefen Zonen bestehen. Ein weiterer Hinweis liegt bei kühlen M-Sternen. Hier wird öfter festgestellt, dass deren Leuchtkraft viel zu gering ist (5.6.)[280] (5.67.)[281]. Das liegt daran, weil der starke Magnetismus der Konvektionszonen die Fusion stört.

3.1.7. Sichtbare Einflüsse der Planeten auf die Sterne

Wenn man sich fragt, wo der Einfluss vom Planeten auf den Stern zu erkennen ist, so muss man nur bestimmte Grafiken im Zusammenhang betrachten. Dabei sollte man die Frage vor Augen haben, wie verliert der Stern seine Rotation? Diese Rotation ist, wie schon erklärt die Basis für die weitere Entwicklung des Sterns und regelt seine Gasaufnahme.



Grafik 4 : Neutrinohäufigkeit und Sonnenfleckentätigkeit (14.1.)[282].

---

[279] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Die Arten der Neutrinos können sich einerseits in ihre unterschiedlichen Arten umwandeln und zum anderen besitzen sie unterschiedliche Massen. Das Elektron ist nicht konstanter Masse. Elektron und Neutrino sind jedoch konstanter Masse. - 7-2010, S. 355

[280] Drei M7-Sterne mit zu geringer Leuchtkraft in 140 Lichtjahren Entfernung.

Sterne und Weltraum, 8 & 9-1998 - S. 717

[281] In der Entfernung von 7,8 Lichtjahren ist ein M6.5 Stern gefunden worden, der um das Dreifache seiner Leuchtkraft zu schwach ist. Er hat ungefähr das 300ooostel der Leuchtkraft unserer Sonne.

Sterne und Weltraum, 11-2003 /- S. 12

[282] James B. Kaler: „Sterne“, 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Aus der Grafik 4 sieht man, dass im Maximum der Sonnenflecken die geringste Fusion stattfindet. Die Sonnenflecken führen zudem bei der Sonne zur verminderten Rotation. Beim Maximum hat sie 7200 km/h und beim Minimum 7600 km/h (13.4.)[283]. Die Rotation bei α Persei und bei den Plejaden, also bei den jüngsten Sternhaufen, bricht im Bereich von 5000 bis 6000 Kelvin als erstes ein und breitet sich dann zu den kühlen Sternen hin aus (Grafik 3). Unter den Exoplaneten ist ihre Häufigkeit im Bereich von 0,7 bis 1,2 Sonnenmassen am höchsten. Deren Sterntemperaturen liegen von 4300 bis 6300 Kelvin. Der Rotationsverlust tritt als erstes ein, wo man die meisten Exoplaneten findet und setzt sich dann zu den kühlen Sternen fort.

Exoplaneten in Sternnähe sorgen zudem für höhere Metallizität der Sterne und befinden sich genau in dem Spektrum von Sternen, wo der Rotationsverlust als erstes auftaucht. Der Einfluss erklärt sich über die Periheldrehung, die der Exoplanet auslöst. Das spricht auch dafür, dass der Entstehungsbereich zwischen dem Exoplaneten und dem Stern liegt.

Die Fusionsstörungen sind damit zu erklären, dass schwere Elemente in Stern absinken. Damit entstehen bei einem Stern die Sonnenflecken, die über den Magnetismus Energie aus dem Inneren abführen. Bei einer hohen Sonnenfleckentätigkeit ist damit die Fusion gemindert. Die Elektronen alt träger der Energie haben dann im Inneren kleinere Geschwindigkeiten. Diese hohe Energie ist Notwendig, um aus Protonen Neutronen zu machen. Diese werden weiter zu Helium zusammengebaut.

Bei der Sonne ist es auch so, dass sie einen hohen Rotationsverlust hatte. Sie rotiert nur mit 2 km/s am Äquator. In der Regel haben ein G-Sterne 5 km/s. Bei ihr sind demnach viel mehr Körper abgestürzt Das führte zu einer stärkeren Ausbremsung und das hatte auch den Grund, warum sich die Sonne so stark verkleinert hat. Das sieht man am Asteroidengürtel, der als Rest eines Entstehungsbereiches ausgekühlt ist. Damit ist die Sonne auch insgesamt kühler. Das wäre dann die Erklärung für die geringe Neutrinostrahlung der Sonne. Vergleicht man sie mit Kepler 107, der ebenfalls ein G2 Stern ist, so hat dieser Stern eine etwas geringere Masse als unsere Sonne und doch ist seine Temperatur etwas höher. Da sind weniger Körper abgestürzt und ist die Fusion höher und der Sonnenwind auch stärker. Es gibt unterschiedliche Fusionsstufen auch bei gleicher Sternmasse. Die Fusion ist generell kleiner, wenn die Rotation eines Sterns geringer ist. Die Konvektionszonen stellen allgemein ein Problem in der genauen Massenbestimmung eines Sterns über das Spektrum dar. Zu einer genaueren Massenbestimmung gelangt man dann über die Bahnparameter der Exoplaneten. Man kann aber allgemein sagen, dass die Konvektionszonen eines Sterns die Ursache für die Schwankungen bei der Fusion darstellen.

3.1.8. Metallizität und Sternentwicklung

Wenn man den Verlauf der Sternentwicklung bei unterschiedlicher Metallizität betrachtet, wird die Menge der schweren Elemente die in einen Stern stürzen zu den älteren Generationen geringer. Es hängt aber auch damit zusammen, dass weniger Gasplaneten entstehen, die mit ihrer Periheldrehung in Sternnähe den Absturz von Körpern unterstützen. Sterne werden damit bei geringerer Metallizität weniger gebremst und die Häufigkeit der Sterne nimmt zu. Dazu kommt, dass bei weniger Planeten auch weniger Drehimpuls aus der Gasscheibe genommen wird. Alle Sterne

---

Die ältesten Neutrinomessungen über 20 Jahre in Süddakota mit Perchlorethylen haben nur ein Viertel der berechneten Neutrinos nachgewiesen. Das verblüffende des Experiments ist die umgekehrte Proportionalität gegenüber den Sonnenflecken. - Neutrinomessungen haben bei der Wahl des Elementes Gallium etwa die Hälfte der erwarteten Neutrinos gefunden. - S. 158+159

[283] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Die Rotation der Sonne und ihre Sonnenflecken. S. 62

erreichen bei geringerer Metallizität damit eine höhere Masse. Bei mehreren Kugelsternhaufen sind massenarme Sterne sehr selten (45.1.)[284].

Der zweite Faktor, der die Entwicklung zum heißen Stern beeinflusst, ist der Zweitstern. Bei geringerer Metallizität ist der Abstand größer, und heiße Sterne werden durch den Zweitstern ebenfalls weniger gebremst. Zudem werden die Doppelsterne weniger. Damit werden Sterne generell mit abnehmender Metallizität heißer und sie werden zahlreicher. Der Aufbau des Zweitsterns mit Planetenkern ist unabhängig von der Metallizität. Der Grund liegt darin, dass die Masse des Planeten vor der Gasaufnahme durch den Sonnenwind des Hauptsterns bestimmt wird. Der Hauptstern wiederum ist abhängig von der Metallizität. Ist sie geringer, sind auch die Konvektionszonen schwächer und pulsierenden Sterne im Instabilitätsstreifen verhalten sich anders. So unterscheiden sich die Cepheiden von den W-Vir-Sternen.

Wegen der geringeren Menge schwerer Elemente zeigen die heißesten Sterne auch ein anderes Verhalten. Dies ist recht gut in der Magellanschen Wolke zu sehen, wo die Sterne heißer sind als in unserer Milchstraße (10.19.)[285]. Dieses Verhalten ist in den alten Sterngenerationen ebenfalls vorzufinden. Kühlere Sterne geringerer Masse zeigen das Verhaltensmuster von Sternen höherer Temperatur und Masse. So könnte man auch in diesen alten Sterngenerationen davon ausgehen, dass die Kerne schwerer Elemente kleiner sind, weil weniger schwere Elemente existieren. Damit würden die Kerne kühlerer Sterne aus alten Populationen den Kernen von Sternen höherer Temperatur aus der jüngeren Population ähnlich sein. Das Verhalten eines Sterns scheint daher stark davon abhängig zu sein, wie die Kernzusammensetzung eines Sterns aussieht.

Bezieht man diese Überlegungen auf das frühe Universum, so dürfte die erste Sterngeneration nur aus massenreichen Sternen bestanden haben. Da gab es keine Sterne geringer Masse, weil sie ungebremst waren. Diese Sterne haben sehr kurz gelebt und haben dann eine große Menge an schweren Elementen in den entsprechenden Regionen an das Universum abgegeben. Von massereichen Sternen weiß man, dass 40% der Masse an Gasen wieder abgegeben wird (27.10.)[286] Bei dieser ersten Sterngeneration könnte der Anteil noch höher gewesen sein. Dabei ist sicher auch ein sehr großer Anteil an Eisen. Im Perseus-Galaxienhaufen hat man eine gleichmäßige Verteilung von Eisen festgestellt (51.18.)[287]. Das spricht schon dafür, dass sehr früh Sterne schwere Elemente produziert und an das Universum abgegeben haben.

---

[284] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

M12, NGC 6218 und NGC 2298 sind Kugelsternhaufen und weisen alle eine Unterhäufigkeit an Sternen geringer Masse auf. - 5-2007, S. 60 f

[285] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die hellsten Überriesen in der Magellanschen Wolke sind deutlich heller als in unserer Galaxis. - S. 101

[286] Planetarische Nebel haben einzelne diskrete Farben, die dem Spektrum eines Elementes entsprechen. Der Stern stößt dabei bis zu 40% seiner Masse ab.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 30.3.2014, S. 56f

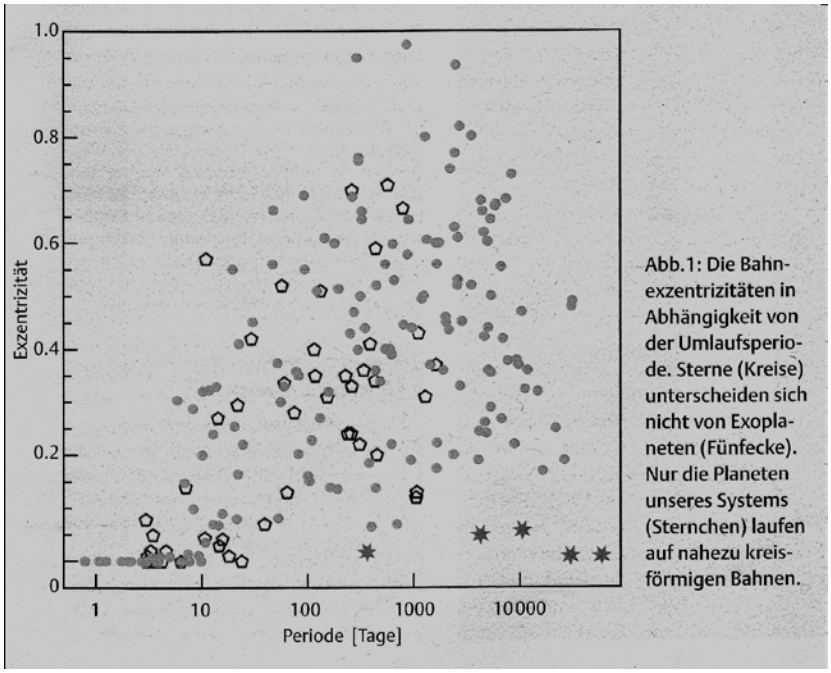
[287] Im Perseus-Galaxienhaufen ist die Verteilung des Eisens sehr homogen.

Naturwissenschaftliche Rundschau, 1-2014, S. 12

3.2. Doppelsterne

3.2.1. Der Übergang vom Planeten zum Stern

Die Doppelsterne sind aus den bisherigen Überlegungen eine Weiterentwicklung vom Planeten zum Stern. Es handelt sich damit gegenüber dem Erststern um eine ganz andere Kategorie von Sternen. Sie haben den Planetenkern, sei er aus Eisen, Gestein oder beidem, und darüber liegen eine Schicht Wasser und ein Gasmantel. Daher muss man zwischen Erststern und Zweitstern unterscheiden. Was diesen Gedanken stützt, ist die Tatsache, dass Doppelsterne sehr unterschiedlich sind. Sie sind im Bezug auf Einzelsterne auf der Hauptreihe im HRD leuchtkräftiger (5.9.)[288]. Dazu kann man beobachten, dass Exoplaneten einen ähnlichen Abstand wie Doppelsterne haben (siehe Grafik 41).



Grafik 41: Bahnparameter von Exoplaneten und Doppelsterne (5.1.)[289]

Die kritische Masse, die ein Planet braucht, um in Sternnähe zu bleiben, erreicht er über die Inklination. Die Größe und die Dauer der Inklination bestimmen die Masse des Planeten und die

---

[288] Doppelsterne liegen nach Untersuchungen der Hipparcos- Sonde allgemein, ob nun jung oder älter, oberhalb der Hauptreihe.

Sterne und Weltraum, 11-1997 - S. 941

[289] Diagram über 50 Exoplaneten, die meist eine hohe Exzentrizität aufweisen und dem Stern sehr nahe stehen. Sie bewegen sich in ähnlichen Abständen, wie bei Doppelsternen (Auch in dieser Grafik ist der Nullpunkt der Exzentrizität falsch gesetzt, zudem fehlt Merkur, der eine gewisse Exzentrizität hat.).

Sterne und Weltraum, 2-2001 - S. 115

Rotation der Gasscheibe. Eine große Inklination verbietet die Gasaufnahme des Planeten, weil in diesem großen Abstand von der Ekliptik der Sonnenwind herrscht. Er sammelt somit nur Massen hoher Dichte und damit geht seine Abdrift gegen Null und seine Inklination verkleinert sich. Damit beginnt er Gase aufzunehmen. Wegen der sinkenden Abdrift sammeln sich Gasplaneten bei einer Periode von 4 Tagen (siehe Grafik 7).

Gasplaneten werden nicht größer als Jupiter (5.33.)[290]. Damit nimmt die Dichte wohl kurzfristig ab und die Abdrift wieder zu, aber dann geht sie wieder gegen Null bis die Fusion zum Stern beginnt.

In dieser Kategorie befinden sich die Exoplaneten, die sich über den Braunen Zwerg zum Stern entwickeln. Entwickeln sich nun Braune Zwerge zu Sternen würden sie sich wegen der Fusion ausdehnen und sich noch einmal ein Stück vom Erststern entfernen. Aus dieser Logik müssen Exoplaneten oder Braune Zwerge einen geringeren Abstand zum Erststern haben als Doppelsterne. Das Maximum der Häufigkeit der Exoplaneten liegt tatsächlich etwas näher zum Erststern als bei Doppelsternen. (5.1.)[291] (siehe Grafik 41)

Man muss nun aber zwei Arten von Doppelsternen unterscheiden. Bei den kühlen Sternen bildet sich der zweite Stern aus einem Neptun, also einem Körper, der einen Gesteinsplaneten im Kern hat. Dieser gewinnt seine Masse indem er seine Abdrift beibehält und äußere Kleinsysteme einfängt. Die äußeren Kleinmondsysteme entwickeln sich umfangreicher, bei kühlen Sternen, weil die Entwicklung des Neptuns später einsetzt. Diese Massen hoher Dichte sammelt ein Neptun ein. Er kann zum Stern werden. Daher sind bei Sternen unter einer Sonnenmasse äußere Exoplaneten generell größter Masse.

Die Entstehung eines Neptuns als Gasplanet ist wiederum nur möglich, weil Körper der M-Klasse, die Entwicklung der E-Klasse, abschneiden. In unserem Sonnensystem hat ein Körper, wie Titan dies ausgelöst. Damit erreicht Neptun eine hohe Masse und wird zum Gasplaneten. Die Jupiterklasse in denen Körper mit Eisenkern existieren, löst die Entwicklung eines Neptuns als Gasplaneten aus. Nur wenn sie ausgelöst wird, kann sich ein solcher Gasplanet zum Stern entwickeln. Die Entwicklung der Körper der Jupiterklasse beginnt etwas unterhalb von Sternen mit 0,7 Sonnenmassen. Im gleichen Zuge setzt auch die Entwicklung der Doppelsterne ein, weil diese Wechselwirkung dieser Körperklassen existiert (siehe Grafik 26 und Grafik 37).

Wenn der Zweitstern aus einem Planeten entstanden ist, müsste er auch ähnliche magnetischen Eigenschaften vorweisen. Diese Eigenschaften wären zum Beispiel der Unterschied zwischen Rotationsachse und Magnetachse. Sie sind bei beiden Klassen von Körpern zu finden. Das spricht auch für ihre Verwandtschaft und unterstützt den Gedanken, dass aus dem Planeten der Zweitstern wird. Das bedeutet aber auch, dass magnetische Sterne nur in Doppelsternsystemen zu finden wären und dass nur einer von beiden ein Magnetstern seien kann.

3.2.2. Arten der Doppelsterne

Bei den kühlen Doppelsternen hätte der Zweitstern einen Planetenkern aus Gestein. Das ist der Neptuntyp. Doppelsterne der Temperatur unserer Sonne hätten im Zweitstern einen Planeten aus

---

[290] Ab der Größe Jupiters werden Gasriesen nicht mehr größer. Bis hin zum Maximum der Masse eines Braunen Zwerges nimmt sie sogar noch etwas ab.

Sterne und Weltraum, 3-2003 - S. 16

[291] Diagram über 50 Exoplaneten, die meist eine hohe Exzentrizität aufweisen und dem Stern sehr nahe stehen. Sie bewegen sich in ähnlichen Abständen, wie bei Doppelsternen.

Sterne und Weltraum, 2-2001 - S. 115

Eisenkern und Gesteinsmantel. Bei den heißen Doppelsternen sind die Eisenkerne und Gesteinsmäntel im Zweitstern größer, weil sich der Entstehungsbereich vom Erststern getrennt hat.

Bei den heißen Doppelsternen hat der Zweitstern den Eisenkern und damit in der frühen Phase seiner Entwicklung eine höhere Dichte. Zudem ist der Entstehungsbereich vom Erststern getrennt und er sammelt daher schneller Masse hoher Dichte. Sie haben damit eine geringere Abdrift und einen geringeren Abstand zueinander als kühle Doppelsterne.

Bis zu den B3-Sternen erleben Sterne noch Krisen während ihrer Entwicklung (siehe Grafik 43). Das führt zu Konvektionszonen, die im weiteren Entwicklungsverlauf in tieferen Schichten verschwinden. Nur dort, wo sich Konvektionszonen um einen Stern gebildet haben, erlebt der Stern eine Verkleinerung. Die Konvektionszonen in tieferen Schichten sind gleichzeitig der Grund für die Pulsation der Sterne. Die Krise des Sterns führt dazu, dass sich zwei Körper mit Eisenkern bilden, die beide zum Stern werden können. Im Sonnensystem haben wir einen Jupiter und im inneren die Erde, die ebenfalls zum Gasplanet und weiter zum Stern werden kann. Daher spreche ich im Instabilitätsstreifen vom gestörten Jupitertyp und dem Erdtyp, der sich weiter zum Stern entwickeln kann. Weil der Jupitertyp durch die Krise in der Entwicklung gestört wird und aus der Position der Bildung des Gasplaneten springt, kann sich der Erdtyp entwickeln. Daher existieren von den F- bis zu en B3-Sternen zwei Typen mit Eisenkern. Das heißt, man hat es in diesem Temperaturbereich meistens mit Dreifachsystemen zu tun. Der Erdtyp aber auch der späte Jupitertyp sind die Vertreter der CP-Sterne. Der Erdtyp ist zudem der Vertreter der Zwergnova. Alle Zweitsterne sind schwach pulsierend, weil der Planetenkern den Puls schwächt.

Oberhalb der B3-Sterne haben wir es mit einer eigenen Klasse von Sternen. Der Erststern hat eine unbedeutende Krise und in seiner frühen Entwicklung. Er kennt keine Konvektionszonen im inneren und hat daher auch keine Pulsation. Damit entwickelt sich der Jupitertyp ungestört. Er bleibt in seiner Position und der Erdtyp kann sich nicht mehr entwickeln. Es gibt demnach oberhalb der B3-Sterne nur noch Doppelsterne, und den Zweitstern bezeichne ich mit dem ungestörten Jupiter. Der Jupitertyp ist als Zweitstern auch viel massenreicher. Hier beginnt die Region der Supernova und der Pulsare. Nur der ungestörte Jupitertyp kann Pulsare hervorbringen.

Damit sind die Klassen der Mehrfachsternsysteme erklärt. Zusammenfassend kann man sagen, man muss grundlegend zwischen dem Erststern und den Zweitsternen unterscheiden. Unter den Zweitsternen existieren der Neptuntyp, der gestörte Jupitertyp, der Erdtyp und der ungestörte Jupitertyp. Damit erfasst man die gesamte Klassifizierung der Mehrfachsternsysteme. Da Nebenperioden bei heißen Mehrfachsternsystemen existieren, sind diese ein Zeichen dafür, dass sich Körper wie Saturn oder Uranus ebenfalls zu größeren Körpern weiterentwickeln können.

Bei geringerer Metallizität nehmen die Häufigkeit der Doppelsterne und ihr Abstand zueinander zu. Eine Mindestgröße von Körpern ist in der anfänglichen Entwicklung beim Durchdringen der Gasscheibe vorgegeben. Es entstehen weniger Körper und diese brauchen länger, um die kritische Masse zu erreichen. Daher wandern sie weiter weg.

Der wachsende Abstand der Doppelsterne bei abnehmender Metallizität führt einmal bei den CP-Sternen dazu, dass weniger Planeten und Monde in die Sterne abstürzen. Körper, die in Sternnähe entstehen und wegwandern haben mehr Raum. Damit nimmt ihre Häufigkeit stark ab (5.11.)[292]. Zum anderen führt dies dazu, dass der Zweitstern an Einfluss verliert. Bei geringerer Metallizität entstehen mehr heiße Einzelsterne.

[292] Die Häufigkeit der CP-Sterne in der Magellanschen Wolke ist deutlich niedriger als in unserer Galaxie. Im Sternhaufen NGC 1866 beträgt sie nur 1,5 % gegenüber 5 % unserer Galaxie, und eine noch geringere Präsenz findet sich in seiner Umgebung (dort nur 0,3 %).

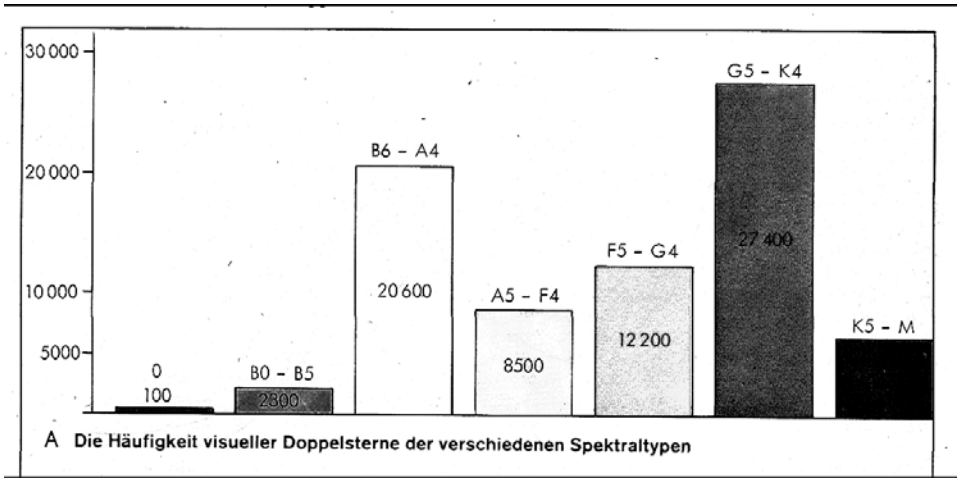
Sterne und Weltraum, 11-2001 - S. 933

3.2.3. Abstände der Doppelsterne

Bei den kühlen Sternen ist der Abstand der Doppelsterne größer als bei den heißen und massenreichen Sternen (12.4.)[293]. Das liegt daran, dass sich der Gasplanet vom Jupitertyp mit Eisenkern, der in der Nähe des Sterns bleiben würde, erst ab Sternen mit 0,9 Sonnenmassen bildet. Ab da gibt es erst enge Doppelsterne. Bei den kühlen Sternen entwickeln sich Gasplaneten der Neptunklasse oder der Saturnklasse und diese wandern nachdem sie das Kleinplanetensystem einsammelt haben, vom Stern weg. Sie können erst im späteren Verlauf zu Doppel- oder Mehrfachsternsystemen werden.

Bei den heißen Doppelsternen hat der Zweitstern den Eisenkern und damit in der frühen Phase seiner Entwicklung eine höhere Dichte. Zudem ist der Entstehungsbereich vom Erststern getrennt und er sammelt daher schneller Masse hoher Dichte. Sie haben damit eine geringere Abdrift und einen geringeren Abstand zueinander als kühle Doppelsterne.

Bei geringerer Metallizität nehmen die Häufigkeit der Doppelsterne und ihr Abstand zueinander zu. Eine Mindestgröße von Körpern ist in der anfänglichen Entwicklung beim Durchdringen der Gasscheibe vorgegeben. Es entstehen weniger Körper und diese brauchen länger, um die kritische Masse zu erreichen. Daher wandern sie weiter weg.



Grafik 42: Häufigkeit von visuellen Doppelsternen (12.3.)[294]

Der wachsende Abstand der Doppelsterne bei abnehmender Metallizität führt einmal bei den CP-Sternen dazu, dass weniger Planeten und Monde in die Sterne abstürzen. Körper, die in Sternnähe entstehen und wegwandern haben mehr Raum. Damit nimmt ihre Häufigkeit stark ab (5.11.). Zum anderen führt dies dazu, dass der Zweitstern an Einfluss verliert. Bei geringerer Metallizität entstehen mehr heiße Einzelsterne.

Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Von 594 spektroskopischen Doppelsternen haben nur 61 eine Periode über zwei Jahre. Die meisten Werte liegen nur bei ein paar Tagen. In 42 Fällen liegt die Umlaufzeit unter einem Tag. Kurze Perioden finden sich bevorzugt bei den heißen Sternen, während lange Perioden vorwiegend bei den kühleren Sternen vorkommen. - S. 157

[294] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“, Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Die Häufigkeit ist die Summe aus scheinbaren und wirklichen Doppelsternen. - S. 158

3.2.4. Häufigkeit und Spektrum der Doppelsterne

Die Doppelsterne haben über die Temperatur aller Sterne verteilt zwei Maxima (siehe Grafik 37). Es gibt ein Maximum bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen (K4 / 4500K) und das zweite Maximum entsteht bei Sternen ab 1,9 Sonnenmassen (A4 / 8800K). Für beide Maxima muss es eine Begründung geben. Dann muss begründet werden, warum sie in zwei Stufen abnimmt. Bei den visuellen Doppelsternen nimmt Häufigkeit oberhalb der B5-Sterne (15oooK) stark abnehmen. Hier sollte man jedoch sehen, dass die spektroskopischen Sterne fehlen. Die Häufigkeit ist sehr viel höher. Häufigkeit von Sternen mit größeren Abständen nimmt jedoch ab, und das muss auch begründet werden. Zudem muss der Beginn der Doppelsterne ab den M5-Sternen (3000K) begründet werden (siehe Grafik 3). Die Grafik 3 zeigt auch bei einzelnen Sternhaufen eine Lücke von 3700K bis 4200K.

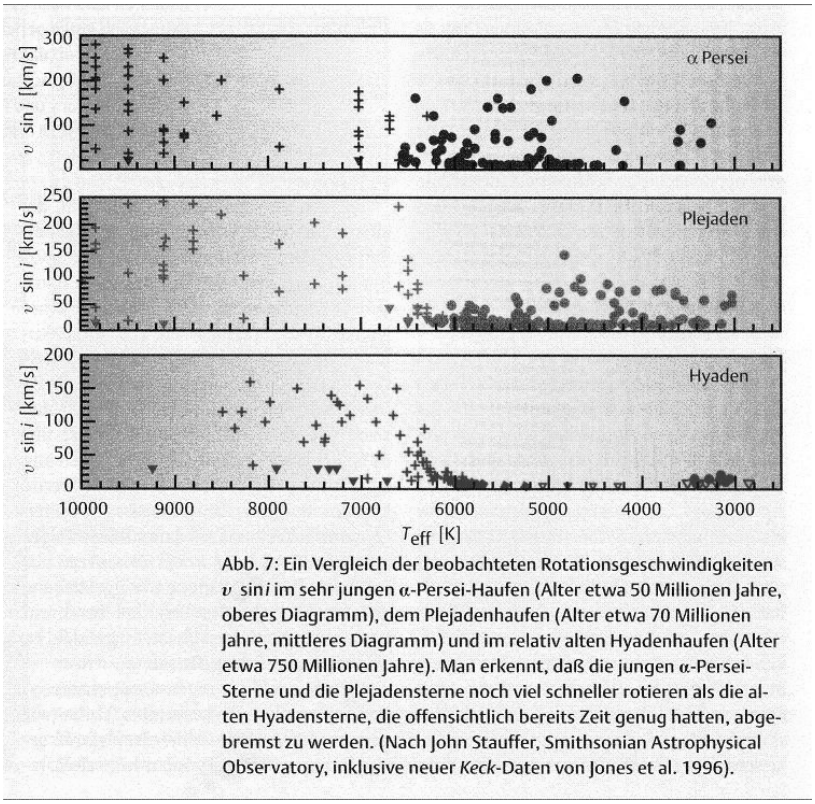


Abb. 7: Ein Vergleich der beobachteten Rotationsgeschwindigkeiten $v \sin i$ im sehr jungen α-Persei-Haufen (Alter etwa 50 Millionen Jahre, oberes Diagramm), dem Plejadenhaufen (Alter etwa 70 Millionen Jahre, mittleres Diagramm) und im relativ alten Hyadenhaufen (Alter etwa 750 Millionen Jahre). Man erkennt, daß die jungen α-Persei-Sterne und die Plejadensterne noch viel schneller rotieren als die alten Hyadensterne, die offensichtlich bereits Zeit genug hatten, abgebremst zu werden. (Nach John Stauffer, Smithsonian Astrophysical Observatory, inklusive neuer *Keck*-Daten von Jones et al. 1996).

Grafik 3: Rotation von Jungsternen (5.8.)[295]

Die Begründung für das Entstehen der ersten Doppelsterne ab den M5-Sternen liegt darin, dass dort erst die Konvektionszonen bei Sternen entstehen. Erst mit ihr entsteht die differenzielle Rotation des Sterns, diese lässt auf die abgeplattete Gasscheibe schließen, die nötig ist, damit Planeten entstehen. Erst wenn diese entstehen, können sich Gasplaneten bilden.

Die Lücke bei 3700 K bis 4200K kann man mit der Lücke der Exoplaneten begründen. Dort fehlen die Exoplaneten im Bereich der Sterne von 0,5 bis 0,6 Sonnenmassen.

Der Anstieg bei Doppelsterne ab 0,7 Sonnenmassen stimmt mit dem Anstieg der Exoplaneten überein. Hier werden Planeten vom Typ des Neptuns und des Uranus zu Doppelstern. Das hat damit zu tun, weil die Rotation der Gasscheibe des Sterns so hoch geworden ist. Damit ist die Abplattung der Gasscheibe größer geworden und auch das Trennungsverfahren der Körper nach der Dichte. So konnte

[295] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD.

Sterne und Weltraum 7-1998 - S. 626

die M-Klasse entstehen, die sich aus Körpern mit Eisenkernen bestehen. Diese Körper verstärken die Periheldrehung lösen die Entstehung von Gasplaneten aus. Das hat auch die Folge, dass sich Doppelsterne bilden können. Es ist wichtig zu verstehen, dass die steigende Rotation der Auslöser für die Entstehung von Gasplaneten und Doppelsternen bei Sternen von 0,7 Sonnenmassen ist.

Die Abnahme der Häufigkeit von Doppelsternen bei den G4-Sternen begründet sich mit der T-Taurikrise. Die Planeten beginnen zu früh Gase aufzunehmen und wandern vom Stern weg. Ihnen fehlt die kritische Masse um in der Ferne noch zum Stern zu werden. Damit nimmt die Häufigkeit der Planeten zu und die der Doppelsterne ab.

Erst bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen nimmt dann durch die immer stärkeren Sonnenwind auch die Häufigkeit der Exoplaneten ab. Die Planetenkerne werden damit vor der Gasaufnahme größer und die Häufigkeit der Exoplaneten kleiner. Hier wäre es wichtig eine Statistik zu den Braunen Zwergen zu haben. Die Häufigkeit der Braunen Zwerge muss ab 1,1 Sonnenmassen zunehmen. Dazu gibt es aber keine Statistik. Diese wäre aber von hoher Bedeutung.

Die Häufigkeit der Doppelsterne nimmt bei Sternen mit 1,2 Sonnenmassen weiter ab, weil das Trennungsverfahren nach der Dichte über die Gasscheibe eines Sterns noch besser funktioniert. So streuen die Exoplaneten bei dieser Sternmasse stärker (siehe Diagramm 2). Es entstehen Klassen von Körpern mit einer Dichte oberhalb von Eisen und Nickel liegen. Das mindert die Entstehung von Doppelsternen zu höheren Massen hin.

Die Begründung für den Anstieg der Doppelsterne bei 1,9 Sonnenmassen liegt in der stetigen Erhöhung der Sonnenwindes dadurch nehmen Gasplaneten immer später Gase auf und entwickeln sich weiter zu Braunen Zwergen oder Doppelsternen.

Die letzte Frage bezieht sich darauf, warum die Häufigkeit der Sterne bei den B5-Sternen (15oooK) so stark abnimmt. Diese Frage steht im Zusammenhang mit dem oberen Ende der Ap-Sterne. Sie enden bei 15oooK (10.47.)[296]. Bis zu dieser Temperatur wandert der Jupitertyp durch die T-Taurikrisen des Erststerns weg und der Erdtyp entsteht. Bei hohen Temperaturen hat der Stern keine große Krise mit entsprechendem Leuchtkraftverlust und aus beiden Typen entsteht nur noch ein Zweitstern mit hoher Masse. Unterhalb existieren Dreifachsysteme und oberhalb der Temperatur sind es nur noch enge Doppelsterne, die meist nur als spektroskopische Doppelsterne erkannt werden.

3.2.5. Massenunterschied der Doppelsterne

Die Massenunterschiede der Doppelsterne sind dadurch zu erklären, dass der Zweitstern einen Planetenkern hat. Dieser entwickelt sich später, weil erst der Planet entstehen muss und er sich später zum Stern entwickelt. Weil er später entsteht, kann er auch nicht die Masse eines Erststerns erreichen. Der Zweitstern ist immer geringerer Masse und zudem anders aufgebaut. So kennt man den Erststern und den Einzelstern immer an der Masse.

Die Masse der Zweitsterne ist bei kühlen Doppelsternen unabhängig vom Erststern. Zu höheren Temperaturen hin, - das beginnt an den G-Sternen, - ist sie abhängig von Erststern. Man kann sagen die RS-Canum-Venaticorum-Sterne sind noch ungestörte Jupitertypen. Zu den höheren Temperaturen hin stört die Verkleinerung, also die T-Taurikrise des Erststerns die Entwicklung eines Jupiters. Es fehlen daher Doppelsterne im Übergang von den G-Sternen zu den F-Sternen.

Im Bereich der Instabilitätsstreifens gibt es Doppelsterne oder Sterne mit drei Komponenten. Das äußere System nenne ich den Jupitertyp und hat die größere Masse. Das kleinere System entsteht

---

[296] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Am-Sterne beginnen bei den F4–Sternen (6300K). Die magnetischen Ap- Sterne beginnen bei den F0-Sternen (7400K) und enden bei den B5-Sternen (15oooK). Dem überlagern sich die nichtmagnetischen Quecksilber-Mangan-Sterne, die bis zu den B4-Sternen (16oooK) reichen. – S. 217 & S. 238

aus einer Erde und wird erst im späteren Verlauf größer und ebenfalls zum Stern. Im Instabilitätsstreifen hat man eine entfernte Komponente mit größerer Masse und in der zweiten eine nahe Komponente mit kleinerer Masse. Damit lässt sich ein System wie Algol erklären, wo das Dreifachsystem diesen erklärten Aufbau hat (38.1.) [297].

Eine frühe Entwicklung dieser Komponente mit kleiner Masse, in der Nähe des Sterns, wäre zum Beispiel ein F8-Stern. Bei einem solchen Stern mit 1,13 Sonnenmassen ist ein sehr kleiner Begleiter in der Nähe gefunden worden. Er hat nur 85,2 Jupitermassen und einen Abstand von 0,0874 AE, und trägt die Bezeichnung EBLM JO 555-57Ab. Es handelt sich da um ein Dreifachsystem (5.160.)[298]. Er ist ein typischer Vertreter für den Erdtyp. Er hat einen sehr großen Planetenkern und Gasmassen, die gerade ausreichen die Fusion gerade in Gang zu halten und ist kaum größer als Saturn. Bei einer Sonnenmasse kann aus der Erde noch kein Stern werden. Das geht nur wenn der Stern etwas mehr Masse vorweist. Bei diesem F8-Stern ist es dann möglich. Außerhalb von seinen Begleiter müsste es auch einen Asteroidengürtel geben, der Ausdruck der T-Taurikrise des Sterns ist. Der Stern EBLM JO 555-57Ab ordnet sich auch recht gut in das Diagramm 2 ein. Hier geht es darum, dass in der Nähe eines Sterns bei 1,1 Sonnenmassen die Exoplaneten nicht so stark streuen. Weil Exoplaneten dort komprimiert auftreten, ist es möglich, dass ein kleiner Doppelstern entstehen kann. In dem System ist der zweite Planet ein Jupiter gewesen, der sich zum Stern entwickelt. Er hat auch viel mehr Masse, als der kleine Stern.

Oberhalb des Instabilitätsstreifens erfährt der Erststern keine Verkleinerung mehr. Demnach entwickelt sich der Jupitertyp ohne Störung. Dafür fällt der Erdtyp weg. Das wäre ab den B3-Sternen. So entstehen bei hohen Sterntemperaturen nur noch Doppelsterne, die eine größere Masse besitzen als ihre kühleren Vertreter. Es ist aber nicht auszuschließen, dass entfernter Gasplaneten, ebenfalls zu Sternen werden.

3.2.6. CP-Sterne

Die CP-Sterne zeichnen sich dadurch aus, dass schwere Elemente zu den heißen Sternen hin plötzlich wieder häufiger werden. Damit verbunden sind äußere Magnetfelder, die vergleichbar sind mit den Sonnenflecken. Die Erklärung liegt darin, dass Körper bis hin zu der Größe eines Planeten abgestürzt sind. Aus der Größe der abstürzenden Körper ergibt sich auch die Stärke der Magnetfelder. Der Starke Magnetismus der Doppelsterne setzt nach beiden Lücken bei den Exoplaneten ein.

Da es sich um heiße Sterne handelt, kondensieren Körper mit hoher Ordnungszahl und diese beeinflussen die Sternoberflächen. Die Begründung für den Absturz vom Planeten liegt darin, dass es sich meines Erachtens bei den CP-Sternen generell um enge Doppelsterne handelt. Bei den G-Sternen würde ich ihn den ungestörten Jupitertyp vor der T-Tauriphase nennen. Bei den A- und B-Sternen spreche ich vom gestörten Jupitertyp der den Am-Stern bildet, und dem Erdtyp der ein Ap- und Bp-Stern. Sie können als Doppel- oder Dreifachsterne im Instabilitätsstreifen auftreten.

---

[297] „Die Milchstraße – Innenansicht unserer Galaxie“ Johannes Viktor Feitzinger - Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin 2002

Das Algol-System besteht aus einen engen Doppelsternsystem und wird von einem dritten Stern umlaufen. Algol A ist ein B8 Hauptreihenstern mit 3,6 Sonnenmassen und 2,89 Sonnenradien. Der Begleiter Algol B scheint ein G oder K-Stern mit 0,79 Sonnenmassen und 3,53 Sonnenradien zu sein, der sich gerade von der Hauptreihe entfernt. Das System hat eine Periode von 2,8673 Tagen. Algol C hat 1,6 Sonnenmassen und 1,5 Sonnenradien und bewegt sich mit einer Periode von 679,6 Tagen um die zentralen Sterne. Das Algol-System hat 6 Nebenperioden. - S. 173

[298] Der Stern EBLM JO 555-57Ab ist ein Dreifachsystem mit zwei sonnenähnlichen Sternen. Der Hauptstern wird von einem ganz kleinen Stern mit 85 Jupitermassen in 7,8 Tagen und einem Abstand von 0,082 AE umrundet. - Sterne und Weltraum, 9-2017, S. 10f

3.2.7. RS-Canum-Venaticorum-Sterne

Die RS-Canum-Venaticorum-Sterne oder RS-CVn-Sterne sind G-Sterne. Sie sind jedoch Unterriesen und bedeckungsveränderliche Sterne. Es sind Doppelsterne, aber unabhängig davon auch veränderliche Sterne. Ihre Rotation ist synchron, und sie rotieren beide im Vergleich zu ihren Artgenossen sehr schnell (10.12.)[299]. Die Helligkeitsschwankungen werden durch riesigen Sternflecken erzeugt. Die Rotation macht diese Flecken besonders sichtbar. Diese Sterne haben ausgeprägte Koronen, die sich durch Röntgenstrahlung bemerkbar machen. Damit sind sie vergleichbar mit den Flare-Sternen unter den M-Sternen.

Da es sich um enge Doppelsterne handelt und Planeten in der Nähe des Sterns entstehen, kommen diese zum Absturz. Die Parallele zu den Flare-Sternen liegt darin, dass auch bei ihnen kleinere Körper abstürzen. Somit haben sie die gleiche Ursache für ihr Verhalten. Die Körper die bei den RS-CVn-Sternen abstürzen, sind nur großer.

Wesentlich bei diesen Sternen ist auch ein Verhalten, was für alle engen Doppelsterne unter den G-Sternen gilt. Ihre Rotation ist höher als die der Einzelsterne (10.11.)[300]. Vergleicht man dieses Verhalten mit den heißen engen Doppelsternen, so verhält es sich dort umgekehrt. Bei den engen Doppelsternen ist dies langsamer.

Das ist damit zu erklären, dass der Zweitstern aus einem Planeten entsteht und damit das größere Drehmoment entsteht. Seine Rotation lässt sich so durch den Erststern nicht nehmen. Da bei den kühlen Sternen der Erststern über die Planetenentstehung in seiner Nähe ausgebremst ist, treibt er ihn an. Die heißen Sterne halten die Rotation. Bei ihm wird diese Rotation daher über den zweiten Stern gebremst.

Dieser Doppelsterntyp ist die Weiterentwicklung eines Exoplaneten zum RS-Canum-Venaticorum-Sterne. Das Bezeichnende liegt darin, dass mondgroße Körper abstürzen und diesen Magnetismus an der Oberfläche erzeugen. Demnach müsste der Vorläufer, also ein Exoplanet bei etwas kühleren Sternen zu finden sein, die ebenfalls einen Magnetismus aufweisen. Das entsprechende Beispiel findet man beim Exoplaneten hd189733b (5.109.)[301]. Dieser ist ein Magnetstern und laut seiner Masse von 0,83 Sonnenmassen entspricht dies einem K0-Stern. Also liegt er ganz nahe unterhalb der G-Sterne und man könnte diesen Exoplaneten wirklich als Vorläufer verstehen.

3.2.8. Ap- und Am-Sterne

Die Ap- und die Am-Sterne gehören zu den CP-Sternen. Sie zeichnen sich durch besonders schwere Elemente an der Oberfläche aus (10.9.)[302]. Bei den Ap-Sternen kommt ein sehr starker

---

[299] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

S. 183 f

[300] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Die Rotation ist bei engen G-Sternpaaren erhöht, während sie bei Paaren heißer Sterne verlangsamt ist. - S. 216 f

[301] Der Exoplanet hd189733b hat ein Magnetfeld. - Sterne und Weltraum 9-2008 – S. 41

[302] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Am-Sterne zeigen ein hohes Vorkommen von schweren Elementen oberhalb des Eisens und ein besonderes Vorkommen der seltenen Erden. Die metallreichen A-Sterne gehören Doppelsternsystemen. - S. 215 ff

Magnetismus hinzu. Dieser konzentriert sich vor allem auf die kühlen Ap-Sterne (29.7.)[303]. Die Sternoberflächen zeigen ungleichmäßige chemische Verteilungen. An den Stellen, wo sich Silizium sammelt, ist der stärkste Magnetismus (10.40.)[304]. Bei beiden handelt es sich vorwiegend um enge Doppelsterne. Das Temperaturspektrum liegt bei den Ap-Sternen bei 7400K bis 15oooK und bei den Am-Sternen bei 6300K bis 10oooK (10.47.)[305]. Bei den Am-Sternen existiert noch ein Zusammenhang zum Abstand der Doppelsterne. Sie existieren nur in einem Bereich von 2,5 bis 100 Tagen. Doppelsterne mit kleineren oder größeren Abständen sind keine Am-Sterne mehr. Bei den Ap-Sternen fällt zudem ein Zusammenhang zu den RS-CVn-Sternen auf, die ja ebenfalls magnetische Sterne sind. Beide Typen entstehen etwas oberhalb der Lücke bei den Exoplaneten. Die RS-CVn-Sterne bilden sich oberhalb der Lücke von Exoplaneten mit 0,7 Sonnenmassen. Die Ap-Sterne bilden sich oberhalb der Lücke von Exoplaneten bei 1,5 Sonnenmassen.

Die große Häufigkeit schwerer Elemente ist bei den Am-Sternen damit zu erklären, dass die Rotation der Stern ab 6300 Kelvin zunimmt (5.8.) [306] (siehe Grafik 3). Das Trennungsverfahren von seltenen Elementen mit hoher Dichte funktioniert besser wenn die Gasscheibe stärker abgeplattet ist. Dadurch ist es möglich Körper höherer Dichte auf einer Ebene zu halten. In der weiteren Entwicklung bilden die Körper der Seltenen Erden eine eigene Klasse und setzen sich gegenüber Eisen und Nickel durch. Diese Körper sind dann auch größer als zum Beispiel die großen Monde des Jupiters. Zudem benötigt man einen Planeten oder Stern in der Nähe. Diese sorgt für eine stärkere Periheldrehung und führt zu Zusammenstößen vom Meteoriten. Das führt zu Bahnveränderungen und zum wahrscheinlicheren Absturz solcher Körper. Daher benötigt man einen Gasplanet oder Stern in 2,5 bis 100 Tagen Abstand.

Besonders seltene Kondensate mit hohem Kondensationspunkt haben bei der Zunahme der Rotation eine bessere Entwicklung. Daher kann die neue Klasse erst bei 7400 Kelvin entstehen.

Wenn die Rotation der Gasscheibe bei Sternen über einer Sonnenmasse zunimmt, setzt das Trennungsverfahren von Eisen und Nickel ein. Die Einheitliche Klasse mit den Planetenkernen wie wir sie in unserem Sonnensystem kennen, also die besagte M-Klasse, teilt sich in zwei Klassen auf, also Eisen und Nickel getrennt. Damit entstehen immer weniger Exoplaneten bis 1,5 Sonnenmassen (Diagramm 1), also etwa bei 7100 Kelvin.

---

[303] Prof. Dr. Helmut Scheffler, Landessternwarte Heidelberg-Königsstuhl, Prof. Dr. Hans Elsässer, Max-Planck-Institut für Astronomie: „Physik der Sterne und der Sonne“ Heidelberg, Wissenschaftsverlag Mannheim-Wien-Zürich, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage 1990

Der Magnetismus der kühlen Ap-Sterne ist am größten. - S. 214

[304] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Der Magnetismus der Ap-Sterne ist an die Oberfläche gebunden. Die Häufigkeit der Silizium-Linien an der Sternoberfläche ist an die Stärke des Magnetismus gebunden. - S. 218/219

[305] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Am-Sterne beginnen bei den F4–Sternen (6300K). Die magnetischen Ap- Sterne beginnen bei den F0-Sternen (7400K) und enden bei den B5-Sternen (15oooK). Dem überlagern sich die nichtmagnetischen Quecksilber-Mangan-Sterne, die bis zu den B4-Sternen (16oooK) reichen. – S. 217 & S. 238

[306] Rotation und Temperatur von 3 Jungsternhaufen verschiedenen Alters im HRD.

Sterne und Weltraum 7-1998 - S. 626

Der Kondensationspunkt liegt bei diesen Elementen höher als bei Eisen und beim Nickel, und zudem wäre die Dichte höher. Damit entstehen die Tropfen noch näher am Stern und die Abdrift ist kleiner, weil die Dichte höher ist. So nimmt der Abstand der engen Doppelsterne durch diese neue Klasse von Körpern ab. Diese Gedanken beziehen sich auf die Am-Sterne.

Dann geht es noch um die Frage der Rotation der magnetischen Sterne. Der Bremseffekt liegt darin, dass diese abstürzenden Körper den Stern über den Magnetismus bremsen. Je größer das Magnetfeld, umso größer ist auch der Rotationsverlust des Gesamtsystems. Das verhält sich, wie bei der Sonne mit ihren Sonnenflecken. Bei den meisten Sonnenflecken rotiert sie am langsamsten.

Der Magnetismus, der der in Verbindung mit den Konvektionszonen steht, ist gleichzeitig die Ursache für das spätere Pulsieren der Sterne. Von daher ist es so, das sich die Cepheiden, die W-Vir-Sterne und die RR-Lyrae-Sterne von den magnetischen Sternen ableiten.

Ordnet man die Ap-Sterne den Exoplaneten zu, so wäre sie die Vertreter des Erdtyps in sehr geringem Abstand zum Erststern und demnach auch der Kandidat für die spätere Zwergnova. Sie sind auch die Sterne der Leuchtkraftklasse IV. Die Obergrenze der Temperatur der Ap-Sterne ist damit zu erklären, dass die Zwergnova endet und die Wolf-Rayet-Sterne beginnen.

3.2.9. Sternklassen bei verschiedenen Sterntemperaturen

Ab den F-Sternen, aber eher bei den A-Sternen können zwei Planetentypen und der Erststern existieren. Die Kernzusammensetzung dieser Sterne ist unterschiedlicher Art. Die Planetentypen haben wesentlich weniger Gase zu Verfügung, die sich auf die Instabilität auswirken.

Die Zweitsterne haben eine größere Dichte als der Erststern. Der gestörte Jupitertyp ist vom Erdtyp zu unterschieden. Der Erdtyp hat von allen die größte Dichte, wenn man sie in der gleichen Entwicklungsphase vergleicht. Der gestörte Jupitertyp hat zudem immer mehr Masse als der Erdtyp, weil er seine Entwicklung eher beginnt.

Der Jupitertyp sammelt große Mengen Kometen, wenn der Erdtyp noch in der Entwicklung ist. Der Erdtyp kann noch nicht alle Kometen einfangen, weil ihm die Masse fehlt. Der gestörte Jupitertyp, demnach in der dritten Position, kann sich daher zur Nova entwickeln.

Der Erdtyp entwickelt sich später und kann erst mit zunehmender Temperatur des ersten Sterns mehr Masse und damit auch mehr Kometen einsammeln. Damit nimmt er dem Jupitertyp die Eismassen. Die Nova geht beim Jupitertyp mit steigender Temperatur des Erststerns zurück während sie beim Erdtyp zunimmt. Im gleichen Zuge kann jedoch der Erdtyp die Nova nicht zünden, weil es ihm an Masse fehlt. Er kann es erst dann, wenn er zum weißen Zwerg geworden ist und Gase vom Erststern abzieht. Mit zu nehmender Temperatur des Erststerns wird die Zwergnova stärker. Sie bricht mit einem Mal ab, weil der Erdtyp im oberen Temperaturbereich verschwindet. Im gleichen Zug beginnt die Existenz der Wolf-Rayet-Sterne. Sie entwickeln sich aus dem ungestörten Jupitertyp.

Die Sterne mit Planetenkernen bieten zusätzlich eine Erklärung, warum sie eher die Hauptreihe verlassen. Der Erdtyp hat mit Abstand den größten Planetenkern, weil er am spätesten entsteht. Damit ist sein fusionsfreier Raum der größte, und die fusionsfähige Masse am geringsten. Durch die hohe Dichte im Kern fusioniert er zudem relativ schnell und verlässt viel eher die Hauptreihe. Damit lässt sich das Phänomen erklären, warum massenärmere Sterne die Hauptreihe eher verlassen.

3.2.10. Die obere Grenze der Zwergnova

Wenn der gestörte Jupitertyp in der dritten Position endet, ist die Sternkrise des Erststerns so klein, dass der Erdtyp nicht mehr entsteht. Dieses Ende liegt bei den B1-Sternen und da, wo die Zwergnova endet und die WN-Sterne beginnen (Grafik 43). Der Erdtyp steht in der zweiten Position und geht einfach in den ungestörten Jupitertyp über.

Der Erdtyp in dieser zweiten Position ist nun der Stern mit der Zwergnova. Wo die Zwergnova endet, setzt der WN-Stern ein. Diese Grenze hat nichts mit dem Instabilitätsstreifen zu tun.

Die obere Grenze bedeutet, dass der Instabilitätsstreifen im Jupitertyp der zweiten Position seine Grenze hat. Im Moment würde ich sagen, dass die WN-Sterne innerhalb des Instabilitätsstreifens liegen. Das ist richtig. Die WN-Sterne gehen bis zu den B3-Sternen.

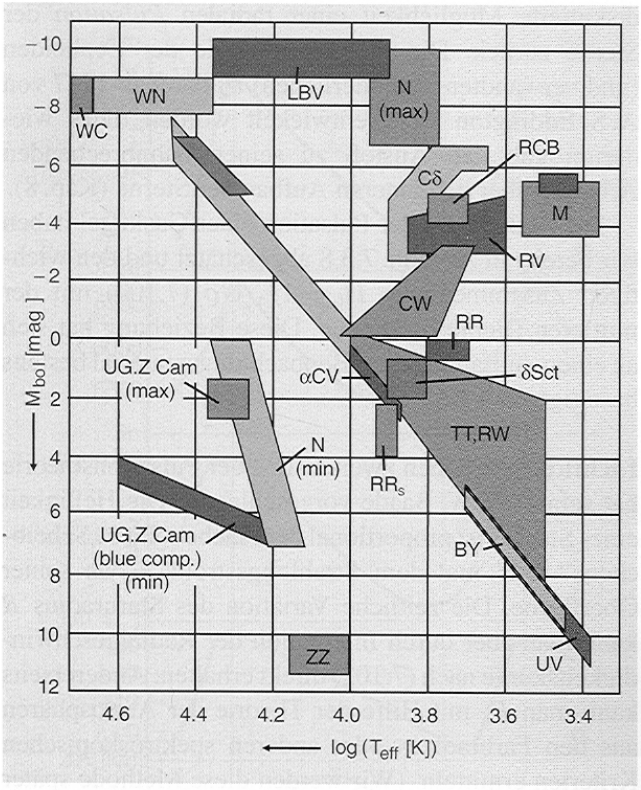


Abb. 7.31. Schematische Positionen einiger Typen veränderlicher Sterne im Hertzsprung-Russell-Diagramm (M_{bol}, T_{eff}) nach H. W. Duerbeck und W. C. Seitter

αCV	α CVn-Variable	RRs	Zwergcepheiden
BY	BY Dra-Sterne	RV	RV Tau-Sterne
Cδ	klassische Cepheiden	RW	RW Aur-Sterne
CW	W Vir-Sterne	TT	T Tau-Sterne
δSct	δ Sct-Sterne	UG	U Gem-Sterne
LBV	Leuchtkräftige Blaue Variable	UV	UV Cet-Sterne
M	Mira-Variable	WC, WN	Wolf-Rayet-Sterne
N	Novae	Z Cam	Z Cam-Sterne
RCB	R CrB-Sterne	ZZ	ZZ Cet-Sterne

Grafik 43: Veränderliche Sterne im HRD (41.2.) [307]

[307] „Der neue Kosmos“ 7. Auflage, Einführung in die Astronomie und die Astrophysik, A. Unsöld, B. Baschek, Springer Verlag Berlin, Heidelberg New York 2002

Grafik für Typen von veränderlichen Sternen im HRD. - S. 249

3.2.11. Entstehung der Pulsare in Zweitsternen

Die Entstehung der Pulsare in Neutronensternen ist immer im Zusammenhang mit der Supernova statt. Da zündet der Silikatmantel als Fusionsprozess des Planetenkerns in einer Kugelschale. Damit wirkt die Kraft nach innen und sie wirkt nach außen. Innerhalb der Schale kann die Energie nicht entweichen, und so entstehen alle Elemente oberhalb des Eisens. Der Pulsar selber entsteht dann durch Fusionsprozesse aus einem Atom, was so groß wird, dass es durch sein eigenes Ladungsfeld zusammengehalten wird. Um das zu verstehen, muss man im Anhang des Buches das Atommodell betrachten. Der Atomkern wird dort als Schalenstruktur beschrieben. Führen nun die Fusionsprozesse, zu einer sehr dichten Schalenbesetzung, wird das Atom stabil. Der Pulsar entsteht demnach aus einem Fusionsprozess und nicht durch einen Gravitationskollaps. Das passt auch nicht zur Supernova.

Nachdem später die Gashülle bei der Supernova verschwindet, bleibt der Pulsar, oder es bleibt kein Pulsar. Es gibt aber eine Reihe von Supernovae bei der kein Pulsar über bleibt. Das hat damit zu tun, dass die Energie des Schalenzünders nicht gereicht hat, den Pulsaren über Fusionsprozesse herzustellen.

So entstehen große Mengen schwerer Elemente. Man kann allgemein sagen, dass alle Elemente oberhalb des Eisens aus entsprechenden Prozessen in Doppelsternen entstanden sind. Voraussetzung für einen späteren Pulsaren ist immer ein Doppelsternsystem (13.15.)[308].

Kandidaten, die zu den Doppelsternen passen, wären einmal die CP-Sterne und zum anderen die Wolf-Rayet-Sterne. Bei beiden Kategorien von Körpern handelt es sich um Doppelsterne (12.9.)[309](10.9.)[310]. Der Partner ist ein O-Stern. Bei den CP-Sternen wird der Planetenkern nur verdichtet. Auch das erhöht schon den Magnetismus. Bei den Wolf-Rayet-Sternen finden wir zwei Arten, die im HRD nebeneinander liegen (siehe Grafik 43). Es gibt einmal die kühleren WN-Sterne und neben ihnen liegen die heißeren WC-Sterne. Der Pulsar findet sich nur im WC-Stern.

3.2.12. Die Struktur der Wolf-Rayet-Sterne

Die Wolf-Rayet-Sterne sind heiße und schnell rotierende Doppelsterne. Sie unterscheiden sich in WC- und WN-Sternen. Der ringförmige Nebel spricht für eine hohe Rotation des gesamten Systems. Sie gehören nicht zu den Planetarischen Nebel (10.29.)[311]. Eine wesentliche Eigenschaft liegt

---

[308] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Pulsare sind nur in engen Doppelsternen vorzufinden. - S. 154

[309] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Die Wolf-Rayet-Sterne sind enge Doppelsterne. - S. 157 ff

[310] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die metallreichen A-Sterne gehören Doppelsternsystemen. - S. 215 bis 217

[311] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Wolf-Rayet-Sterne bilden ringförmige Nebel, die sich ganz klar von den Planetarischen Nebeln unterscheiden. Sie können demnach nicht die Vorform eines Planetarischen Nebels sein. - S. 263

im besonders starken Sonnenwind, der bis zu 4800 km/s haben kann (10.39.)[312]. Die WC- und die WN-Sterne sind die Begleiter ist der Stern mit dem Planetenkern. Die WC- und WN-Sterne sind demnach der Kandidaten für eine Supernova und sie beschreiben die späte Entwicklungsphase eines massenreichen Doppelsterns.

Der WN-Stern hat die kleinere Masse und kann daher bei der Abgabe seiner Gase größere Mengen an Gasen abstoßen und somit werden tiefere Schichten frei in denen der Stickstoff durch Fusionsprozesse frei wird. Bei den WC-Sternen ist die Masse höher und daher werden weniger Gase abgegeben. Somit werden dort nur die Schichten bis zum Kohlenstoff frei. Der WC-Stern ist daher auch eher der Kandidat für die Supernova. Das zeigt auch, dass Elemente in kleinen Stufen durch Fusionsprozesse vergrößert werden.

Der Charakter der Wolf-Rayet-Sterne liegt im starken Sonnenwind. Demnach bleibt die Frage, wie dieser Sonnenwind zu erklären ist. Wenn sich der Zweitstern entwickelt nimmt er Masse an Gasen auf, beginnt mit der Fusion über dem Planetenkern und dieser Planetenkern wird immer mehr komprimiert. Er bleibt dabei ein fusionsfreier Kern. Dieser hat eine außergewöhnlich hoher Dichte, und um sich herum, ist die Fusion erhöht. Die erhöhe Fusion benötigt aber hunderttausende von Jahren um an die Oberfläche zu gelangen (36.2.)[313]. Durch diese verzögerte Reaktion sammelt er mehr Masse, und später tritt der erhöhte Sonnenwind auf. Wichtig ist auch, dass der Wolf-Rayet-Stern immer aus einem B-Stern (Zweitstern) in einer OB-Assoziation entsteht.

Ein Beispiel dafür, dass die Fusion anders verläuft, ist das Paar W 140. Es ist ein O-Stern mit 50 Sonnenmassen, und dieser ist noch auf der Hauptreihe. Dagegen hat der Wolf-Rayet-Stern mit 19 Sonnenmassen schon die Hauptreihe verlassen und mit hat dem Kohlenstoffbrennen begonnen. (5.125.)[314].

3.2.13. Zwei Arten der Doppelsternentwicklung

Das Entstehungsprinzip von Mehrfachsternen muss in zwei Arten unterschieden werden. Es existieren der Erststern und die Zweitsterne. Alle Zweitsterne entstehen wohl aus einem Planeten, aber man muss die kühlen langperiodischen Doppelsterne von Doppelsternen mit kleinen Perioden grundsätzlich unterscheiden.

Die langperiodischen entstehen dadurch, dass der Planet Gase aufnimmt, an Dichte verliert und wegwandert. Damit fängt er Körper im äußeren Sonnensystem ein. Das gelingt ihm auch nur deswegen. Weil die eingefangen Monde in die gegenläufige Bahn kommen, das Mondsystem zerstören. Dadurch hat er einen enormen Massengewinn. Der wesentliche Gedanke liegt jedoch in die eingefangenen Körper nur gegenläufig eingefangen werden können. Sie arbeiten immer gegen die Strömung, die sich anders herum bewegt. Das heißt, bei zunehmender Gasaufnahme stürzen immer

---

[312] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Der Sonnenwind der Wolf-Rayet-Sterne liegt bei 1,6% der Lichtgeschwindigkeit. Das wären 4800 km/s. Bei O-Sternen sind die Geschwindigkeit bei 2000 bis 3000 km/s. - S. 262

[313] Prof. Kenneth R. Lang, “Die Sonne, Stern unserer Erde“ Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

Die Strahlung der Fusion benötigt 170ooo Jahre, um von inneren bis zu der Grenze der Konvektionszonen zu gelangen. Von den Konvektionszonen zur äußeren Schicht der Sonne benötigt sie 10 Tage. - S. 30

[314] Ein Wolf-Rayet Stern mit Begleiter eines O-Sterns haben 19 Sonnenmassen und 50 Sonnenmassen. Der O-Stern ist noch auf der Hauptreihe, und der Wolf-Rayet Stern hat die Hauptreihe verlassen und ist beim Kohlenstoffbrennen. - Stern und Weltraum, 1-2013 – S. 69

mehr große Monde ab. Er gewinnt so auf zwei Arten an Masse. Einmal ist es der Absturz der Körper, und zum anderen ist es die Gasaufnahme. Dadurch kann sich der Gasplanet bis zum Stern entwickeln.

Die Entwicklung des Gasplaneten zum Stern basiert bei engen Doppelsternen auf anderen Prinzipien. Die Masse des Planetenkerns ist an die Rotation und dem Sonnenwind des ersten Sterns abhängig. Die Rotation nimmt im Wesentlichen zu den heißen Sternen nicht mehr all zu stark zu. Was jedoch wächst ist der Sonnenwind. Mir dieser steigende Sonnenwind wird der Planetenkern größer. Besonders der Stern des Erdtyps entsteht später und erreicht die besonders große Masse.

Da Sterne hoher Temperatur weiterhin „Monde“ sammeln, die sich vom Stern entfernen wollen, abstürzen sie ab, weil sie zwischen den Sternen keine stabile Bahn finden. Damit erklärt sich die Oberflächenverunreinigung der CP-Sterne. Auch hier hat man es mit dem Absturz von Festkörpern zu tun. Die Kernmasse des Planeten steigt im gleichen Zuge mit der Rotation des Erststerns. Innerhalb der Instabilitätsstreifen ist der Erdtyp in der Entwicklung begrenzt, weil seine Entwicklung so spät beginnt. Sein Planetenkern ist aber trotzdem so groß. Wodurch dadurch die starken Magnetfelder der CP-Sterne entstehen. Das liegt daran, weil der Planetenkern so groß ist und damit auch eine hohe Rotation hat. Oberhalb der Instabilitätsstreifens existiert nur noch der ungestörte Jupitertyp. Seine Entwicklung setzt früher ein. das bedeutet, sein Kern ist kleiner. Damit hat er auch eine kleinere Rotation. Bei ihm stürzen wohl mehr Körper ab, aber diese verstärken nicht die innere Rotation des Kerns. So wird der Kern wohl massenreicher an schweren Elementen, aber die Kernrotation ist nicht größer.

3.2.14. Enge Doppelsterne bei Mehrfachsternsystemen

Ein weiteres besonderes Merkmal der Mehrfachsternsysteme liegt darin, dass sich ein Gasplanet der zum Stern wird (9.4.1.)[315]. Ob es nun der Jupitertyp oder der Saturntyp ist, ist eigentlich egal. Wichtig ist nur, dass sich das Ringsystem eines jeden Gasplaneten zum Entstehungsort der Planeten wird. Das äußere alte Mondsystem wird über die Strömung weggeschoben, und dann bilden sich in der Nähe des werdenden Sterns Planeten nach dem gleichen System, wie um den Erststern. Das Problem beginnt bei der Gasaufnahme des Planeten, also wenn er eine Reihe von Monden eingefangen hat. Dann nimmt seine Dichte stark ab, die Abdrift nimmt zu und er ändert in die Region, wo die alten Planeten sind. Diese fängt er gegenläufig ein. Sie zerstören das eigene Mondsystem. Die Dichte des Gasplaneten nimmt stark zu, weil alle Festkörper abstürzen. Es verhält sich so, wie bei Neptun, der in das Kleinplanetensystem wandert. Auch bei ihm stürzen die Festkörper ab. Damit nimmt die Dichte des Gasplaneten stark zu, die Abdrift nimmt stark ab und er bleibt in der Nähe des Planeten, der nun zum Stern geworden ist. Bei allen Gasplaneten die zu Sternen werden, führen die alten Monde zur Bildung enger Doppelsterne. Diese findet man vor allem bei Sternen von 0,7 bis 0,9 Sonnenmassen.

3.2.15. Die Leuchtkraftklassen nach dem Verlassen der Hauptreihe

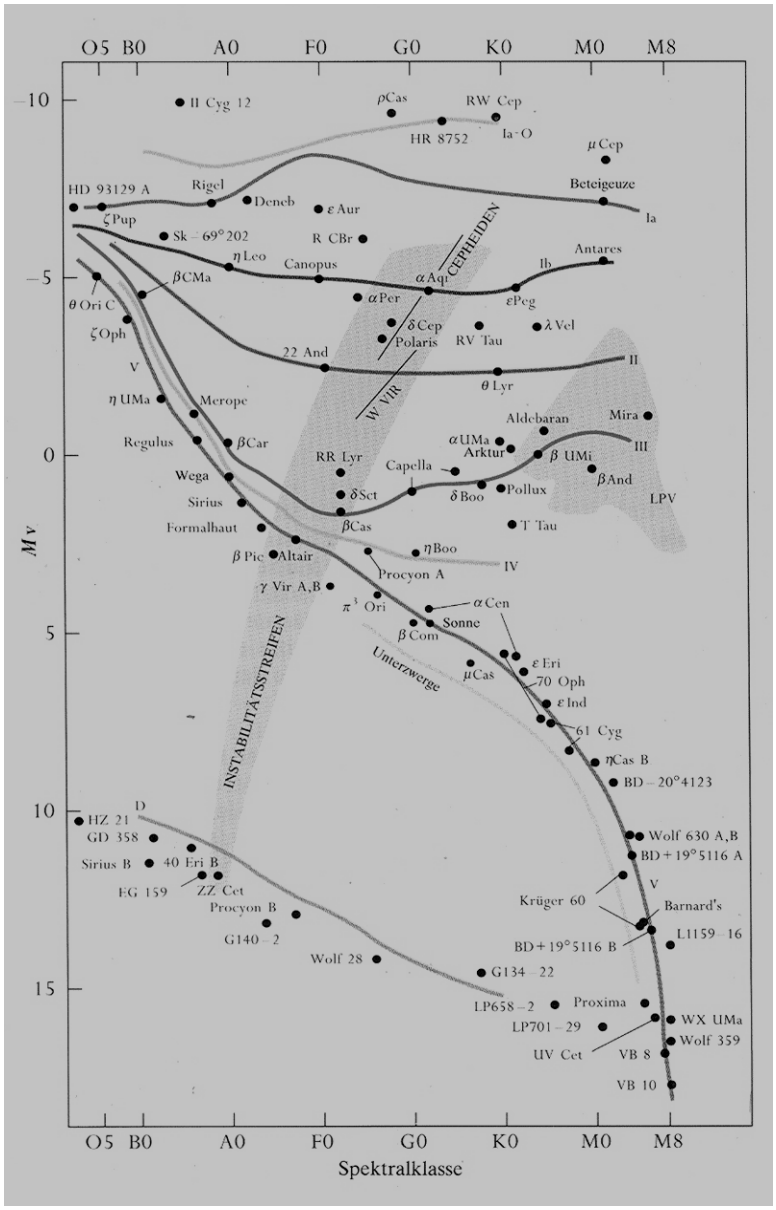
Aus den bisherigen Überlegungen ist klar geworden, dass es zwei Arten von Sternen gibt. Die einen sind Einzelsterne oder Erststerne und dem gegenüber gibt es Sterne, die aus einem Planeten entstanden sind. Das sind Zweit oder Dritt-Sterne in einem Mehrfachsternsystem. Dieser innere Aufbau hat auch Auswirkungen auf die Fusionsprozesse. Ist ein Planetenkern in einem Stern vorhanden, laufen seine Fusionsprozesse anders. Das liegt einfach daran, dass der Kern erst einmal keine Fusion möglich macht. Es fusioniert als erstes nur der Wasserstoff zu Helium und die

---

[315] Mehrfachsternsysteme in Spektrum der Wissenschaft 12-1995

Ein Dreifachsystem besteht aus einem engen Doppelstern mit einem entfernten Einzelstern. Ein Vierfachsystem besteht aus einem engen Doppelsternsystem und einem zweiten weit entfernten Doppelsternsystem. - Die Häufigkeit der Mehrfachsternsysteme zeigt bei den G-Zwergsternen ein Verhältnis von 62 Doppel-, 7 Dreifach- und 2 Vierfachsystemen. - S.48

Kernregion ist davon frei. In der ersten Stufe der Fusion fällt die Andersartigkeit der Fusion noch nicht einmal so sehr auf, weil einfach eine größere Region im Stern fusioniert. Verlassen jedoch die Sterne die Hauptreihe, fällt der Kern zusammen und es entwickelt sich in einer viel kleineren Region die Fusion der höheren Stufen. Da ist ein Planetenkern natürlich schon ein Faktor der nun auf die Fusion einen Einfluss nimmt.



Grafik 44: Leuchtkraftklassen im HRD (14.30.)[316]

Die Leuchtkraftklassen (LKK) lassen sich demnach recht leicht in die eben beschriebenen Arten von Sternen unterteilen, die bisher bei den Doppelsternen und Einzelsternen existieren. Es gilt dabei nur die Leuchtklassen zu betrachten, die die Hauptreihe verlassen haben (siehe Grafik 44).

[316] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg S.111

Die Leuchtkraftklasse III (LKK III) kann dem Erststern zugeordnet werden, der die Hauptreihe verlassen hat, und Sterne bis zum oberen Ende des Instabilitätsstreifens betrifft. Diese Sterne haben auch alle erhebliche Konvektionszonen, was auch dafür sorgt, dass diese Sterne aus den tieferen Schichten pulsieren. Damit ist auch nicht verwunderlich, dass am äußeren Ende dieser Leuchtkraftklasse die Mirasterne zu finden sind.

Die LKK IV kann Zweit- oder Drittsternen vom Jupitertyp und dem Erdtyp zuordnen. Das wäre ein Stern mit Planetenkern. Als Vorläufer finden sich bei ihnen auch die Ap- und Bp-Sterne. Ein weiteres Beispiel wäre Algol B und C. das wären Sterne die zu dieser Leuchtkraftklasse werden oder geworden sind. Diese können sich im späteren Verlauf der Entwicklung auch zur Nova oder Zwergnova entwickelt. Das wäre der enge Zweitstern im Instabilitätsstreifen.

Die LKK II müsste man der Population II zuordnen. Das wäre der Querlaufende Ast Sterne hoher Masse.

Die Sterne LKK Ia und die LKK Ib sind massereiche Doppelsterne. Die LKK Ia ist der Erststern und die LKK Ib ist der Zweitstern, und daraus bilden sich die Wolf-Rayet-Sterne. Nur aus dieser LKK Ib entstehen direkt oder indirekt alle Arten der Supernova.

Die LKK Ia-O besteht aus massereichen Einzelsternen. Es gibt bei den O3-Sternen keine Doppelsterne mehr (10.15.)[317]. Hier wäre auch die Frage zu beantworten, warum das so ist. Damit aus einem Planeten ein Gasplanet wird benötigt es wenigstens drei Mondpaare. Nur damit kommt auch der Planet zu genügend Masse, um dann mit der Gasaufnahme vom Gasplaneten zum Stern zu werden. Der O3-Stern entwickelt sich so schnell, dass diese drei Paare an Festkörpern nicht mehr entstehen. Das ist eine Rückentwicklung, die schon bei den WC-Sternen einsetzt (Grafik 43). Die Zweitsterne werden da schon kleiner und die Fusionsstufe geht zurück. Vorher wurde Stickstoff um später nur noch der Kohlenstoff fusioniert.

Das wichtige bei den Leuchtkraftklassen nach dem Verlassen der Hauptreihe liegt darin, dass die unterschiedlichen Klassen nur passen, wenn man annimmt, dass der zweite oder dritte Stern ein Planet ist, dann passt die Zahl. Gäbe es keine Unterschiede zwischen dem Erststern und dem Zweit- oder Drittstern, müssten weniger Leuchtkraftklassen existieren.

3.2.16. Cepheiden und W-Vir-Sternen

Was in der Grafik 44 auffällt, sind die Kreuzungspunkte der LKK Ib mit den Cepheiden und LKK II mit den W-Vir-Sternen. Beide Sterntypen sind pulsierende Sterne. Die erste gehört zur Population I und die zweiten zur Population II. betrachtet man nun mehrere Cepheiden, stellt man fest, dass sich generell um Doppelsterne handelt. Damit könnte man auch darauf schließen, dass die W-Vir-Sterne ebenfalls Doppelsterne seien müssten. Eine weitere Information besagt, dass die Cepheiden eine etwa 5 bis 15 Mal höhere Masse besitzen (10.51.)[318]. Hinzu kommen noch die Gruppe der RR-Lyrae-Sterne, die sich im HRD weiter unten befinden und ebenfalls pulsieren.

Die Frage ist, wie diese Pulsation zu erklären wäre, und wie es zu dem Massenunterschied dieser beiden Klassen des Instabilitätsstreifens kommt. Man müsste hier kurz einen Vergleich zu anderen pulsierenden Mira-Sternen der LKK III ziehen. Sie entstehen aus Körpern der Hauptreihe, die

---

[317] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Unter den heißen O3 Sternen sind keine Doppelsterne mehr zu finden. - S. 277

[318] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Die Cepheiden besitzen 5 bis 15 Mal mehr Masse als die W-Virginis-Sterne. - S. 198

Konvektionszonen besitzen und späteren Verlauf wegen dieser Konvektionszonen zu pulsieren beginnen. Konvektionszonen sind wiederum durch den Absturz von Körpern zu erklären. Also müssten auch die anderen pulsierenden Sterne des Instabilitätsstreifens etwas damit zu tun haben. Da bleiben die magnetischen Sternen Doppelsterne, die etwas mit dem Absturz von Mondgroßen Körpern zu tun haben.

Betrachtet man den Kreuzungspunkt des Instabilitätsstreifens mit der Hauptreihe, so liegt er an der Untergrenze der F0-Sterne, also bei 7400 Kelvin. Genau bei dieser Sterntemperatur beginnen die Ap-Sterne. Die Ap-Sterne weisen sich wiederum als enge Doppelsterne bei denen diese Mondgroßen Festkörper abgestürzt sind und die Sternoberfläche verunreinigt haben. Hier tauchen plötzlich schwere Elemente und starke Magnetfelder auf. Diese Sternunruhe an den Oberflächen ist die Ursache für die spätere Pulsation des Zweitsterns, wenn er weitere Massen an Gase um sich schichtet. Die Ursache liegt demnach in der Sternunruhe.

Die Ap-Sterne leiten sich wieder aus dem Exoplaneten ab. Bei Sternen mit 1,5 Sonnenmassen existiert eine Lücke, diese ist damit erklärt, dass sich eine neue Klasse von Körpern bildet, dessen Kern eine größere Dichte vorweist als der vorige Kern aus Eisen und Nickel. Diese Umbildung ist die Ursache für den Absturz von mondgroßen Körpern und der damit verbundenen Verunreinigung der Sternoberfläche.

Diese Sterne sind auch vergleichbar mit den Mirasternen der LKK III. Die Pulse dieser Sterne entstehen aus den Konvektionszonen. Diese liegen bei den Erst- und Einzelsternen kleiner Masse in tieferen Schichten als bei den Cepheiden. Das hat die Ursache darin zu suchen, dass die Störung schon früh, also bei den M-Sternen einsetzt.

Bleibt jetzt noch zu erklären, warum die W-Vir-Sterne eine wesentlich geringere Masse besitzen. Vom Prinzip entstehen in der Population II auf die gleiche Weise aus einem Planetenkern und erreichen dann die Sterngröße. Bei geringerer Metallizität benötigt der feste Kern mehr Zeit. Damit setzt die Gasaufnahme später ein und er kann weniger Masse sammeln.

Bei den W-Vir-Sternen gibt es noch ein weiteres Phänomen. Die Kugelsternhaufen konzentrieren sich auf das Zentrum der Milchstraße (29.4.)[319] und sind höherer Metallizität gegenüber den Kugelsternhaufen des Halos (5.50.)[320]. Das ist damit zu erklären, dass die W-Vir-Sterne größerer Masse sind, als zum Beispiel die RR-Lyrae-Sterne und damit eher vergehen. Bei höherer Metallizität sind die Kugelsternhaufen jünger und daher ist ein Teil dieses Sterntyps noch nicht vergangen.

Man muss noch kurz noch etwas zu der Zuordnung der Cepheiden sagen. Die Cepheiden habe die Hauptreihe verlassen und sind in den kühlen Bereich des HRD geändert, dort wo man den Instabilitätsstreifen findet. Geht man ihre Entwicklung zurück, würden sie bei der Hauptreihe bei 8 oder 9 Sonnenmassen anzusiedeln sein. Das ist etwa 17000 Kelvin und es wären ehemals B3-Sterne gewesen. Das ist genau die Grenze bei ich davon ausgehe, dass die Dreifachsysteme bei Sternen enden (12.12.)[321]. Es ist genau an Obergrenze der Zwergnova und die Untergrenze der WN Sterne. Das ist

---

[319] Prof. Dr. Helmut Scheffler, Landessternwarte Heidelberg-Königsstuhl, Prof. Dr. Hans Elsässer, Max-Planck-Institut für Astronomie: „Physik der Sterne und der Sonne“ Heidelberg, Wissenschaftsverlag Mannheim-Wien-Zürich, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage 1990

Die W-Virginis-Sterne bilden in den Kugelsternhaufen eine starke Konzentration zum Zentrum der Milchstraße. S. 137

[320] Metallizität der Kugelsternhaufen unserer Galaxie nimmt zum Zentrum hin zu. Über 10 Kiloparsec hinaus ist die Metallizität nahezu konstant. - Sterne und Weltraum, 10-2003 - S. 45

[321] Joachim Herrmann: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980
Cepheiden haben 8-9 Sonnenmassen und sind Mehrfachsystem. - S. 219

die Grenze der Dreifachsysteme und darüber hinaus, also bei den WN-Sternen gibt es nur noch Doppelsterne. Die Cepheiden besetzen eine Obergrenze, damit haben sie eine bestimmte Masse und eine bestimmte Stärke der Konvektionszonen im Inneren. Dadurch haben sie einen bestimmten Impuls. Es ist ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Stärke der Konvektionszonen und der darüber liegenden Massen. Bei größeren Massen sind die Konvektionszonen zu schwach und die Sterne pulsieren nicht. Zudem gibt es keine Dreifachsysteme, weil ohne sonderliche Konvektionszonen dem Stern die entsprechende Krise, oder besser gesagt eine Sternverkleinerung fehlt. Diese ist Voraussetzung damit ein Planetensystem wegwandert und ein neues entsteht. Aus diesen beiden entstehen dann Sterne. Da der zweite später entsteht als der dritte Stern ist der zweite kleinerer Masse als der dritte Stern. Der Hauptstern, also der Cepheid bildet immer die größte Masse. Hieran kann man sehen, wie stark die Planetenentstehung mir der der Entwicklung von Mehrfachsternsystemen verbunden ist.

Betrachtet man nur beide Arten der pulsierenden Sterne in der Population I und der Sternpopulation II, so liegen die Sterne der Population II in einem geringeren Temperaturbereich es Instabilitätsbereiches im HRD. Das ist mit der Metallizität zu erklären. Sie ist in der alten Population II geringer. Dadurch kondensieren weniger Schwere Elemente und wandern vom Stern weg und der Stern sammelt schneller Gase. So erreicht er schneller eine Schichtdicke, die dann zur Pulsation führt.

3.2.17. Die RR-Lyrae-Sterne

Es bleibt jetzt noch die Frage, wie die RR-Lyrae-Sterne, die ebenfalls pulsieren, zu erklären sind. Die RR-Lyrae-Sterne gehören der Population II an, stammen also aus dem Kugelsternhaufen und sind besonders zahlreich in unserer Milchstraße zu finden, weil die Metallizität der Kugelsternhaufen relativ gering ist (10.52.)[322]. Im Gegensatz dazu sind sie in dem Kugelsternhaufen des Andromedanebels stark verarmt, was mit der wesentlich höheren Metallizität im Zusammenhang stehen müsste (5.50.)[323]. Zudem gibt es eine Lücke zwischen den W-Virginis-Sternen und der RR-Lyrae-Sternen. Die größte Häufigkeit der RR-Lyrae-Sterne ist zudem innerhalb der Milchstraße an den Mittelwert der Metallizität gebunden. Dieser Mittelwert liegt dann vor, wenn beide Bereiche des Horizontalastes bei einem Kugelsternhaufen gleichmäßig verteilt sind (10.13.)[324].

Die W-Virginis-Sterne wurden über die Ap-Sterne erklärt, und die RR-Lyrae-Sterne werden über die RS-CVn-Sterne erklärt. Diese entstehen nach einer Lücke bei den Exoplaneten von Sternen mit 0,7 Sonnenmassen. Hier bildet sich die neue Klasse von Planeten mit Kernen aus Eisennickel. Auch hier sind im Laufe der Entwicklung Mondgroße Körper abgestürzt. Das führt zur Verunreinigung der Sternoberfläche und damit sind auch starke Magnetfelder verbunden. Die RS-CVn-Sterne sind jedoch seltener, weil die T-Taurikrise des Erststerns dafür sorgte, dass der

---

[322] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

RR-Lyrae-Sterne finden sich nur in den Kugelsternhaufen der Milchstraße, aber (zunächst) nicht im Andromeda Nebel. - S. 201

[323] Die Kugelsternhaufen von M 31 sind viel metallreicher als die unserer Galaxie.

Sterne und Weltraum, 10-2003 - S. 43

[324] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Die Häufigkeit der RR-Lyrae-Sterne ist hoch, wenn das Verhältnis der Sterne zu beiden Seiten des Horizontalastes ausgewogen ist. - S. 224 f

entsprechende Gasplanet vom Jupitertyp wegwanderte. Damit ist die Chance zum Doppelstern zu werden, vertan.

Die Ursache liegt in der hohen Metallizität der Gase aus dem unsere Sonne entstand. Damit sind sehr große Mengen schwerer Elemente in sie gestürzt und so wurde sie rasch kleiner. Das passiert bei Sternen mit geringer Metallizität nicht mehr, weil die schweren Elemente fehlen. Die Entwicklung aller Gasplaneten und Doppelsterne im HRD bewegt sich bei dieser geringen Metallizität im HRD nach links, also zu den heißen Sternen hin. Der Erststern wird damit schneller zum heißen Stern und der Entstehungsbereich trennt sich vom ihm. Damit nimmt die Häufigkeit der entstehenden kühlen RS-CVn-Sterne zu. Diese beginnen bei einer weiteren Gasaufnahme zu pulsieren. Mit Abnehmender Metallizität kommt man erst einmal in die Region der Anhäufung von RR-Lyrae-Sternen. Sinkt die Metallizität weiterhin, entwickeln sich die Doppelsterne bei noch höheren Temperaturen des Erststerns. Damit wandert auch der Entstehungsbereich der Körper vom Stern, weil sie auf Kondensation beruhen. Folglich werden auch die Abstände des Planeten und späteren Sterns vom Erststern größer. Die Mondsysteme haben damit mehr Platz und stürzen nicht mehr ab.

Trotzdem bleibt für die Sterne der Population II die T-Taurikrise des Erststerns. Damit tritt auch dort eine Lücke von Doppelsternen ein. Damit gibt es zwei Arten der pulsierenden Sterne auch in der Population II.

3.2.18. Doppelsternbildung und Planetenentstehung

Das Wesentliche der vielen Phänomene unter den Doppelsternen liegt darin, dass sie nur verständlich werden, wenn sich Planeten und Monde um einen Stern hintereinander bilden. Nur in diesem Denkmuster ist man in der Lage zu sagen, warum bestimmte Phänomene bei bestimmten Sterntemperaturen auftreten. Hierzu kommt, dass die Krise des Erststerns zu Bildung von zwei Sternen mit Planetenkernen führt, die jeweils einen Eisenkern besitzen. Nur über das richtige Verständnis der Planetenentstehung ist es möglich das Rätsel der Mehrfachsternsysteme zu lösen.

Dabei ist auch wichtig, dass erst der Planetenkern Fusionsprozesse erklärt, die oberhalb vom Eisen liegen. Der Planetenkern kann zum Kugelschalenzünder werden und damit ist die Energie innerhalb der Kugelschale gefangen. Alle Arten der Nova basieren auf dem Kugelschalenzünder und nur da bilden sich Elemente größer als Eisen. Der Kugelschalenzünder besteht aus einem Planetenkern der bei alten Sterngenerationen nur einen Eisen vorweist. Spätere Planetenkerne haben eine Schichtung, die nach der Dichte und sortiert sind. Elemente höher Dichte befinden sich durch das Trennungsverfahren in der Gasscheibe eines Sterns im Zentrum eines Planetenkerns und dann folgen Schichten von Elementen geringerer Dichte. Eisen und Nickel bilden dann erst die zweite oder die dritte Schale. Alle diese Schichten sind fusionsfrei. Erst die Gesteinsschicht über dem Eisennickelkern besteht aus fusionsfähigem Material. Das wäre der Zünder im Stern, der noch Energie bringt. Solche Planetenkerne mit großer Masse entstehen erst bei Doppelsternsystemen großer Masse und großer Rotation.

Die Planetenkerne in Sternen können auch sehr groß werden. Das liegt daran, dass bei engen Doppelsternen weiter Planeten gebildet werden und sie abstürzen. Dazu kommt, dass der Hauptstern mehr Gase anzieht als er aufnimmt. Er kann über die Kondensation mehr schwere Elemente ausfiltern als an Masse selber vorweist. Der Staubanteil in den Gasen von Dunkelwolken liegt bei 10 %. Ein Stern hoher Masse kann mehr als 10 % seiner Masse an schweren Elementen sammeln. Das ist besonders wichtig für die Supernova, weil dort ein Pulsar durch Fusionsprozesse entstehen kann. Dieses Objekt benötigt eine gewisse Masse, um stabil zu sein. Damit muss der Planetenkern eine größere Masse vorweisen als die kleinsten Pulsare.

Dazu kommt noch ein weiterer Gedanke. Wenn Planetenkerne in Mehrfachsternsystemen eine so große Masse vorweisen, mindern sie die Fusionsprozesse im Stern. Die Leuchtkraft ist damit nicht mehr Ausdruck für die Masse der Doppelsterne. Damit müssten Sterne allgemein mehr Masse habe als ihre Leuchtkraft verrät.

Man müsste noch zu den Planeten und Mehrdachsternsystemen sagen, dass sie zu den mehrachsigen Objekten im Kosmos gehören. Dagegen sind die Einzelsterne und Hauptsterne in

Mehrfachsternsystemen nur einachsige Objekte im Kosmos. Die Erklärung für die Mehrachsigen Objekte im Kosmos liegt in der Schichtweisen Entstehung der Planetenkerne und der Drehung der Mondsysteme. Die Pulsare leiten sich aus den Mehrfachsternsystemen ab und gehören daher auch zu den mehrachsigen Objekten.

3.2.19. Das Stefan-Boltzmann-Gesetz

Ein Problematik in der die Physik, kann man gut an dem Stefan-Boltzmann-Gesetz beschreiben, was aus der Temperatur eines Sterns und seiner Leuchtkraft auf den Radius schließt (13.34.)[325]. Das ist nur möglich, wenn alle Sterne einen klassischen Aufbau haben. Die Überlegungen in diesem Buch zeigen aber, dass Sterne ganz unterschiedliche innere Strukturen haben. Das ist abhängig von ihrer Entwicklung und diese wäre an die Planetenentstehung gebunden. Speziell Doppelsterne hätten einen ganz anderen Aufbau durch den Planetenkern. Damit würden sich auch die Massenbestimmungen der Sterne verändern.

Zu den Sternen müsste man im Bezug dazu noch etwas Allgemeines sagen. In der Physik hat man früher nur gedacht, dass Sterne aus Gasen bestehen und nur aus solchen entstanden sind. Dass die Planetenentstehung einen Einfluss auf den Sternaufbau haben könnte, und dass Planeten Vorläufer von Sternen sind, hat vorher kein Wissenschaftler gedacht. Man hat vor Jahren noch nicht mal geglaubt, dass es so viele Planeten geben könnte. Mittlerweile weiß man, dass das anders ist. Wenn dann in diesem Buch beschrieben wird, dass der Aufbau von Sternen völlig anders wäre, und mit der Entstehung der Planeten zu tun hat, ist das für die Physik völlig neu. Das hat damit auch Einfluss auf das Stefan-Boltzmann-Gesetz.

---

[325] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Das Stefan-Bolzmann-Gesetz geht davon aus, dass alle Sterne gleich aufgebaut wären. - S. 41

3.3. Fusionsprozesse

3.3.1. Fusionsprozesse und Positionen im HRD

Es gibt mehrere Fusionsstufen, die ein Stern durchmachen kann, hat er genügend Masse. Er findet sich bei jeder Stufe in einem bestimmten Bereich des HRD. Dort gibt es zwei Bereiche. Das ist einmal die Hauptreihe, hier wird Wasserstoff fusioniert. Der andere Bereich ist der Riesenast. Auf ihm findet die Fusion von Helium zu höheren Elementen statt.

Geht man noch einen Schritt zurück, so „fallen“ alle Sterne in ihrer frühen Phase erst einmal auf die Hauptreihe. Was dort auffällt, ist die Tatsache, dass Sterne mit geringerer Masse, die sich im rechten und kühlen Teil auf der Hauptreihe im HRD befinden, einen besonders starken Einbruch der Leuchtkraft erfahren. Wenn man davon ausgeht, dass der Stern seine Fusion nur durch die Masse bewerkstelligt, so ist es unverständlich, wie er vor dem Erreichen der Hauptreihe zu einer solch großen Leuchtkraft gelangt. Dahinter versteckt sich auch die Frage, warum die Kurve der Leuchtkraft auf der Hauptreihe über die Temperatur so stark ansteigt. Wenn man annimmt, es wäre nur ein Produkt der Masse, so kommt man mit der hohen Leuchtkraft vor dem Erreichen der Hauptreihe in Konflikt. Es ist unverständlich, welche Fähigkeit dem Jungstern geringer Masse eine so große Leuchtkraft vermittelt. Dieser Kurvenverlauf wird in der traditionellen Sicht zum Fusionsprozess nicht verständlich.

Die Betrachtung der Hauptreihe könnte so verständlich sein. Man sagt, der Stern höherer Masse erreicht eine höhere Temperatur und einen höheren Druck in seinem Inneren. Damit ist die Fusion von Wasserstoff zu Helium in einer breiteren Region seines Inneren möglich. Das wäre logisch. Hier könnte man jedoch eines einflechten. Sterne höherer Masse vergehen schneller. Das zeigt sich vor allem auch darin, dass sie die Hauptreihe schneller verlassen. Dieses Abwandern von der Hauptreihe ist bei den Sternhaufen unterschiedlichen Alters recht gut zu erkennen. Ist ein Sternhaufen älter, fehlen die heißeren Sterne auf der Hauptreihe. Je mehr auf dieser Hauptreihe fehlen, umso älter ist dieser Haufen. In dieser Beschreibung stößt man jedoch auf ein Problem. Aus dieser Logik der Altersbestimmung müsste sich mit zunehmendem Alter des Haufens die Abwanderungsgrenze immer weiter zu den kühlen Sternen verlagern. Das ist nicht der Fall. Bei den G-Sternen und auch schon bei den F-Sternen lässt die Abwanderung langsam nach. Hier könnte demnach noch ein anderer Mechanismus existieren, der für die großen Unterschiede der Leuchtkraft auf der Hauptreihe sorgt.

Aus den bisherigen Überlegungen geht hervor, dass große Mengen Substanzen hoher Dichte besonders bei kühlen Sternen abgestürzt sind. Dieser Effekt stört die Fusion, denn diese Substanzen sinken in tiefere Regionen. Darauf hin verlieren diese Sterne an Leuchtkraft und zum Schluss setzen sich die schweren Elemente im Kern ab. Der Kern des Sterns, in dem die höchste Temperatur und der größte Druck herrschen, wird nun von schweren Elementen besetzt. Damit ist dort die Fusion von Wasserstoff zu Helium nicht mehr möglich. Auf diese Weise verliert der kühlere Stern grundsätzlich an Leuchtkraft. Diese kann er auch nicht mehr zurückgewinnen.

Junge Sternhaufen, die sich gerade auf der Hauptreihe abgesetzt haben, liegen unterhalb der Hauptreihe, weil sich die schweren Elemente noch nicht abgesetzt haben. Ihre Leuchtkraft ist fast um eine Leuchtkraftklasse geringer. Erst im weiteren Alterungsprozess heben sie die Leuchtkraft um ein gewisses Maß an, weil diese schweren Elemente erst später im Zentrum des Sterns angelangen.

Unter diesem Aspekt ist klar, warum kühle Sterne in ihrer frühen Entwicklung eine so hohe Leuchtkraft hatten. Der Kern dieser Sterne war frei von schweren Elementen und zu einem wesentlich stärkeren Fusionsprozess fähig.

Betrachtet man den Fusionsprozess auf der Hauptreihe, so ist das Gefälle der Leuchtkraft zu den kühlen Sternen hin nicht nur ein Produkt der Masse eines Sterns, sondern die Leuchtkraft nimmt zu den kühlen Sternen deswegen so sehr ab, weil der Anteil schwerer Elemente im Kern von Sternen zu den kühlen Temperaturen hin zunimmt. Da massenarme Sterne eine kleine fusionsfähige Region haben, ist die Einschränkung besonders stark, weil der wichtigste Bereich anderweitig belegt wird.

Das Abwandern von der Hauptreihe ergibt damit einen neuen Sinn. Bis zu den G- und F-Sternen haben sich große Mengen schwerer Elemente im Kern abgesetzt. Oberhalb dieses Temperaturbereiches wird der Anteil schwerer Elemente kleiner.

3.3.2. Fusionsstufe oberhalb des Heliums

Wenn das Verbrennen von Wasserstoff zu Helium im Stern abgeschlossen ist verlässt er die Hauptreihe. Das bedeutet, der Stern fällt im inneren zusammen und gleichzeitig bläht sich seine äußere Hülle auf. Außen wird er kühler und im Kern wird er heißer. Dann erreicht er die nächste Stufe der Fusion und bildet größere Elemente als Helium. Bei diesem Prozess wandern die Sterne alle im HRD zu den kühlen Sternen. Der Leuchtkraft nimmt sogar zu. Der Ort an dem sich die Sterne nun befinden, nennt man den Riesenast.

In dieser Phase wird Helium zu größeren Elementen verarbeitet. Dabei gibt es einen Anteil an Helium der vorher im Stern erbrütet wurde und einen Anteil der vorher schon im Gas des Universums vorhanden war. Dieser Anteil im Universum ist das zweithäufigste Element. Also kommen beide Anteile in dieser Fusionsstufe zur Geltung. Wenn der Stern im Kern zusammenfällt steht ihm bei höherer Temperatur und höherem Druck plötzlich sehr viel mehr Helium zur Verfügung. Der Stern zündet demnach nicht nur die selbst geschaffene Menge an Helium, sondern zudem den Teil den er am Anfang seiner Entstehung aufgenommen hat.

In den weiteren Stufen der Fusion ist das nicht mehr so. In ihnen erschafft der Stern in der jeweiligen Stufe in der er steckt, die Elemente höherer Ordnungszahl, die er in der nächsten Stufe verbrennt. Die Planetarischen Nebel zeigen daher immer eine diskrete Linie. Sie bestehen aus einer oder aus mehreren Schichten erbrüteter Elemente (27.11.). Das spricht auch für das Atommodell, was im Anhang beschrieben wird.

Die Fusion von Elementen macht nur Energiegewinne bis zum Eisen. Darüber hinaus würden weitere Stufen der Fusion Energie verbrauchen[326]. Da aber der Stern immer Energie nach außen abgibt, verliert er ständig an Energie. Im Prinzip ist es daher aber gar nicht möglich größere Elemente als Eisen zu erbrüten. Nach den Erklärungen der der Physik dürfte es die Elemente oberhalb vom Eisen im Universum gar nicht geben. Hier benötigt man demnach einen anderen Mechanismus im Stern, der es möglich macht auch größere Elemente als Eisen herzustellen.

Dieses Problem kann man wiederum mit dem Planetenentstehungsmodell lösen. Nach diesem Modell haben alle Zweitsterne Planetenkerne und im Zentrum dieses Kerns haben sie eine fusionsfreie Region. Zudem bildet der Planetenkern eines Zweitsterns selber Material zur Fusion, die wieder wie beim Helium schlagartig gezündet wird, wenn er die entsprechende Temperatur und den dazu gehörigen Druck erreicht. Bei der Nova und bei der Supernova entstehen damit Kugelschalenzünder deren Kräfte in zwei Richtungen wirken. Diese haben den Vorteil zum Kern hin einen Energieüberschuss zu erzeugen, der nicht ausweichen kann.

Man kann allgemein sagen, dass Fusionsprozesse da stattfinden, wo Gase entsprechend hohe Temperaturen erreichen. Das kann in Sternen sein, in der Nähe von Schwarzen Löchern und in den Jets, die Schwarze Löcher wieder verlassen. Dabei wird immer Gammastrahlung frei.

3.3.3. Fusionsprinzip der Nova

Sterne mit großer Masse erbrüten sich sozusagen die Elemente, die sie sich der nächsten Stufe fusionieren. Das wäre eine der Aussagen, die ich aus den Bewegungen auf dem Riesenast abgeleitet

[326] Zu den Fusionsstufen habe ich eine andere Vorstellung als Physiker. Das kann aber im Anhang betrachtet in dem ein neues Atommodell vorgestellt wird. In dieser Arbeit zur Planeten- und Sternentstehung muss das nicht erwähnt werden.

habe. Es gibt aber auch Sterne, die als Nova explodieren. Dahinter muss ein Prinzip stecken, das zu diesem Verhalten führt.

Zur Nova gibt es zwei Aussagen: Die Nova findet nur in Doppelsternen statt. Die Nova ist schwächer als die Supernova. Wenn die Fusion im Stern weiter fortschreitet, kann es sein, dass er eine Zündtemperatur erreicht, die die äußere Schicht des Planetenkerns zündet. Diese oberen Schichten bestehen aus leichten Elementen, wie Sauerstoff und Kohlenstoff und anderen leichten Elementen. Es ist in erster Linie das Wasser, was als Molekül zerfällt und wo der Sauerstoff übrig bleibt. Man sieht schon bei den Monden des Jupiters, dass sie enorme Schichten von Wasser sammeln. Es geht dann um die Größe des Planetenkerns. Hier geht es vor allem um die Rotation der Sterne. Sterne hoher Masse haben auch eine Rotation und damit plattet die Gasscheibe stärker ab. Damit entstehen unter den Planeten klassen von Körpern höherer Dichte. Das führt zu größeren Planetenkernen. So wächst auch die Masse der Planeten mit der Sternmasse und damit werden nur ganz massenreiche Doppelsterne zur Supernova. Da ist der Planetenkern groß genug, um den ganzen Stern zu zerstören. Prinzipiell sind alle Arten der Nova Kugelschalenzünder.

Es gibt zudem die Möglichkeit der wiederholten Nova. Dabei werden vom Nachbarstern weitere Gase aufgenommen, die Temperatur steigt und die Zündung setzt von neuem ein. Ein Beispiel wäre die Nova CK Vulpeculea, die in zwei Jahren noch zwei Mal ausbricht (27.17.)[327]. Bei einer starken Nova zündet die Schale eines Planetenkerns oberhalb der KMG (Kernmantelgrenze), wie man sie bei der Erde findet. Diese Schicht des Planetenkerns ist bei dem Stern besonders groß gewesen und hat zu der Starken Nova geführt. Demnach ist die Nova CK Vulpeculea ein gutes Beispiel als Vorläufer für die Supernova. Prinzipiell richtet sich die Energie einmal auf den Kern des Sterns und zum anderen nach außen. Im Kern kann die Energie nicht entweichen und damit werden die Elemente im Inneren des durch Fusionsprozesse vergrößert. Der Stern bleibt erhalten, weil die Energie nicht groß genug, um ihn zu zerstören.

Die Nova und auch die Supernova sind demnach Kugelschalenzünder. In einer bestimmten Kugelschale im Stern findet die Zündung, also eine neue Fusionsstufe, schlagartig statt. Damit wird zum Kern hin auch schlagartig ein Überschuss an Energie erzeugt. Das führt dazu, dass Elemente oberhalb des Eisens entstehen, die mehr Energie benötigen als sie bekommen. Also kann man feststellen, dass die schweren Elemente erst dann entstehen, wenn sich Planeten bilden und sich diese zu Doppelsterne weiterentwickeln.

Es ist nicht nur so, dass über Fusionsprozesse größere Elemente entstehen. Es kann durch den Beschuss von großen Auch zur Atomspaltung kommen. Uran wird als Beispiel nicht nur bei der Nova und Supernova hergestellt, sondern auch gespalten. Ein Beispiel dafür sind dann die Barium-Sterne. Bei dem Doppelsternsystem hat der zweite Stern schon die Nova hinter sich und der Reichtum an Barium zeugt von der Atomspaltung, die innerhalb der Kugelschale des Sterns stattgefunden hat.

Bei der Nova wird immer der kleinere Stern im Doppel- oder Mehrfachsternsystem zur Nova. Das gilt auch für die Supernova. Die Supernova findet jedoch nur im Doppelsternsystem statt.

Der Stern R. Aquilae zeigt eine Untergrenze für die Masse der Nova an. Der Stern wird zum Planetarischen Nebel im Doppelsternsystem und wird nicht zur Nova. Dieser Stern weist 8 Sonnenmassen vor (27.87.)[328]. Man benötigt schon eine hohe Temperatur, damit die Elemente des Gesteinsmantels des Planetenkerns zur Fusion zünden.

---

[327] Die Nova CK Vulpeculea ist eine starke Nova, die im Jahre 1670 ausgebrochen ist, und in den nächsten beiden Jahren noch zwei Mal aufgetaucht ist. Sie hat größere Mengen an Blausäure, Formaldehyd und Ammoniak mit außergewöhnlichen Isotopen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 1.7.15, S. N2

[328] Der Stern R. Aquilae hat 8 Sonnenmassen und stößt einen unregelmäßigen Planetarischen Nebel ab. Es sind 14 Sterne diese Art gemessen worden und sie stehen im Zusammenhang mit Doppelsternsystemen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 23.9.2020, S. N2

Allgemein müsste man noch etwas zum Kugelschalenzünder des Planetenkerns im Mehrfachsternsystemen sagen. In der Kugelschale wird Gammastrahlung frei. Diese überträgt sich auf die Elektronen und richtet sich nach innen und nach außen. Dadurch, dass in der äußeren Hülle des Sterns einmal eine geringere Dichte herrscht und die Atome kleinere Ordnungszahlen haben, ist die Energieübertragung kleiner. Zum Zentrum hin hat man eine größere Dichte und die Atome haben eine viel größere Ordnungszahl. Die Gammastrahlung wirkt auf eine sehr große Zahl von Elektronen. Die Energieübertragung ist viel schwieriger. Das ist auch ein Grund, warum Novaprozesse nach außen so stark wirken und nach innen eine kleinere Wirkung haben.

Zur Nova gibt es noch ein gutes Beispiel von einem Weißen Zwerg der sich mit 250 km/s durch die Milchstraße bewegt. Es ist ein gutes Beispiel für den Übergang von der Nova zur Supernova. Dieser Weiße Zwerg hat nur 0,4 Sonnenmassen und ist daher für einen Weißen Zwerg schon recht klein. Das Besondere ist aber seine chemische Zusammensetzung. Er besteht aus den Elementen Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Aluminium und Silizium (26.35.)[329]. Dieser Stern ist über den Ausbruch einer sehr starken Nova aus einem Doppelsternsystem ausgebrochen und hat große Teile seiner Gashülle abgestoßen. Aus dem Grund hat dieser Stern als Weißer Zwerg eine so kleine Masse. Die Energie der Nova hat aber nicht ausgereicht, um den Stern zu zerstören. Daher müsste man dieses System als Übergang von der Nova zur Supernova ansehen. Wichtig ist, dass damit die inneren Schichten eines Sterns freigelegt worden sind. Weil die Kugelschalenzündung des Planetenkerns im Stern nicht zentral auf das Zentrum des Sterns ausgerichtet war, ist er aus dem Doppelsternsystem ausgebrochen. Das Wesentliche besteht aber darin, dass diese Elemente Reihen im Periodensystem sind. Das spricht dafür, dass die Fusionsstufen in kleinen Schritten vollzogen werden. Dieser Zusammenhang wird im Anhang des Buches beim Atommodell erklärt.

3.3.4. Arten der Supernova und ihre Fusion

Die Supernova zündet den Silikatmantel des Planetenkerns im Zweitstern. Dieser Mantel erwartet eine höhere Fusionsstufe. Damit findet man auch sie nur in Doppelsternsystemen. Es muss zudem ein Sternsystem mit sehr hoher Masse sein, um diese schwereren Elemente zu zünden. Dabei kommen nur ganz heiße Doppelsterne in Frage, die man bei den WC- und WN-Sternen findet.

Es gibt vier wesentliche Klassen der Supernova (5.77.)[330]. Sie werden bezeichnet mit der Supernova vom Typ II, vom Typ Ia bis Typ Ic. Die Supernova Ia zündet sehr spät und wird vorher noch zum Weißen Zwerg. - Was unterscheidet die Supernova I von der Supernova II?

Generell unterscheiden sich die beiden Arten der Supernova durch die Zugehörigkeit zu den Sternpopulationen. Die Supernova I findet man vorwiegend in der alten Sterngeneration der Kugelsternhaufen, also der Population II und vereinzelt in der Population I. Die Supernova II existiert nur in der jungen Generation der Population I (10.30.)[331].

---

[329] Der Weiße Zwerg SDSS J1240-6710 hat 0,4 Sonnenmassen und eine chemische Zusammensetzung aus Kohlenstoff (6), Stickstoff (7), Sauerstoff (8), Neon (10), Aluminium (13) und Silizium (14). Die Geschwindigkeit dieses Sterns beträgt 250 km/s. - Süddeutsche Zeitung, 20.7.20, S. 13

[330] Supernova vom Typ II zeigt Wasserstoff- und Heliumlinien. Die Supernova vom Typ Ia zeigt dies nicht. Ihr Fusionsprozess unterscheidet sich fundamental von dem der anderen Supernovae. Die Supernova vom Typ Ib zeigt keine Wasserstofflinien aber Heliumlinien. Die Supernova vom Typ 1c zeigt weder Wasserstoff- noch Heliumlinien, aber Sauerstoff- und Kalziumlinien. - Sterne und Weltraum 5-2005 - S. 22

[331] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Das Vorkommen von Supernova Typ I findet vorwiegend in der Population II, also den Kugelsternhaufen statt. Man findet sie aber auch in seltenen Fällen in der Population I, also Regionen mit Sternenentstehung. Die Supernova Typ II kommt ausschließlich in der Population I vor. - S. 350

Aufgrund der geringen Metallizität sind die Planetenkerne im Zweitstern in der Population II kleiner. Zweitsterne braucht zudem in der Population II viel mehr Zeit, um eine Planetenmasse zu sammeln und dann zum Stern zu werden. Damit ist der Masseunterschied zwischen beiden Sternen im Bezug zu Population I größer. Mit der geringeren Metallizität sind daher Zweitsterne in Bezug zu gleichwertigen Doppelsterne der Population I kleiner. Die Supernova I und II unterscheiden sich demnach durch unterschiedliche Massen der Zweitsterne, aber auch der Unterschiedlichen Masse der Planetenkerne.

Die Supernova I bezieht sich auf die alte Sterngeneration der Population II. Es geht da um die Frage, welcher Mechanismus dazu führt, dass nach enorm langer Zeit, eine solche Supernova zündet. Dazu kommt noch, dass die Supernova im Stern kleiner Masse zündet. Klar ist, dass der Zünder im kleineren Stern des Doppelsternsystems liegt, weil sich dort der Planetenkern befindet. Zudem sind beide Sterne Weiße Zwerge. Sie haben damit etwa die Größe der Erde. Weil nun im kleineren Stern der Planetenkern ist, befindet sich dort am Anfang größere Mengen schwerer Elemente. Beide Sterne haben die Fusionsprozesse beendet. Dadurch sind in beiden Sternen schwere Elemente hinzugekommen. Der Stern kleinerer Masse hat aber weiterhin eine größere Menge schwerer Elemente. Darauf hin ist auch seine Dichte größer als der Partner. Ist die Dichte höher, ist auch sein Durchmesser kleiner und die Gravitation an seiner Oberfläche ist etwas größer als bei seinem Partner. Dieser kleine Vorteil an Gravitationskraft führt dazu, dass er in ganz in einem ganz langsamen Prozess Gase von seinem Nachbarstern abzieht. Nach einer sehr langen Zeit zündet dann die Kugelschale im Stern.

Um die Konstanz der Supernova vom Typ Ia zu erklären, müsste man davon ausgehen, dass der Weißer Zwerg mit seinem Planetenkern eine bestimmte Masse beim Silikatmantel besitzt. Unabhängig von der Metallizität ist die Masse des Silikatmantels eine Untergrenze, um zur Supernova zu werden. Es geht darum, das der Gesteinsmantel eine bestimmte Zündtemperatur brauch, um die Fusion in Ganz zu setzen. Also braucht der Stern eine bestimmte Masse an Gasen. Dann setzt die Zündung ein. Die Gasmenge, die den Planetenkern umgibt, bestimmt dann auch die Feuchtkraft.

In der Sternpopulation II findet man nur die Supernova I. Im Zusammenhang damit tritt ein Problem auf. In dieser alten Sterngeneration findet die Supernova sehr spät statt, und daher sind im Doppelsternsystem beide Partnersterne Weise Zwerge. Der Zweitstern ist der kleinere von beiden und holt sich vom größeren Nachbarstern die Gase und kann dann nach langer Zeit den Silikatmantel seines Planetenkerns zum Zünden der Supernova benutzen. Hier hat man jedoch das Problem, dass man eher annimmt, dass sich, wenn überhaupt, der Stern größerer Masse die Gase vom kleineren Stern nimmt. Der Grund, warum es genau umgekehrt verhält liegt am Planetenkern des Sterns. Er führt zu einer größeren Dichte im Kern und damit auch zu einer größeren Dichte als Ganzes. Damit ist es dann möglich, dass der kleinere Stern nach langer Zeit so viele Gase vom Hauptstern aufgenommen hat, um die Supernova I zu zünden.

Beim Fall der Supernova II ist die Masse groß genug, um den Stern direkt zu zünden. Im Fall der Supernova I ist die Masse zu klein. Der Stern wird erst zum Weißen Zwerg, dann besorgt er sich Massen vom Nahbarstern und zündet anschließend zu Supernova. Das Zünden der Supernova findet daher auch in einer viel späteren Lebensphase statt, was dann mit dem alter Kugelsternhaufen verträglich ist. Zudem ist bei diesem Sterntyp, die Masse zu klein, um einen Pulsar hervorzubringen. Es entsteht eine Supernova ohne Überrest.

Die Supernova II entsteht aus einem heißen Wolf-Rayet-Stern und bringt auch der Pulsar hervor. Dieser besteht, weil die Supernova ein Kugelschalenzünder ist und den Planetenkern zur Dichte eines Atomkerns komprimiert. Der Grund der Entstehung der hohen Rotation liegt darin, dass die Zündung des Silikatmantels einmal nach außen und nach innen wirkt. Bei einem kühlen WN-Stern ist der Kern zu klein und wird zerrissen. Wichtig dabei ist, dass die Planetenkerne zu den hohen Sternmassen im Zweitstern größer werden. Das ist zudem abhängig von der Metallizität der Gase.

Ein gutes Beispiel für das veränderte Verhältnis der Masse eines Zweitsterns ist die Supernova 1987 A. Sie kommt aus der Magellanschen Wolke. Dort ist die Metallizität gegenüber den Sternen in

den Armen der Milchstraße geringer. Demnach kann der Planetenkern nicht so groß sein und auch der Zweitstern aus dem die Supernova entsteht hat eine geringere Masse. Von daher ist Ausgangsstern der Supernova II nur ein B3-Stern mit etwa 20 Sonnenmassen (13.8.)[332]. Diese Masse scheint für eine Supernova II zu gering zu sein. Aus den bisherigen Überlegungen zur Planetenentstehung muss es jedoch so sein, da die Metallizität bei der Masse der Doppelsterne eine Rolle spielt. Der Zweitstern gelangt zu etwas geringerer Gesamtmasse bei geringerer Metallizität. Damit ist diese Supernova II auch schwächer als die Vertreter der Population I mit höherer Metallizität.

Ein Beispiel, dass die Supernova in der Stärke von der Metallizität abhängig ist, bietet die Supernova SN 2007bi. Sie ist in einer sehr metallreichen Galaxie entstanden, und daher ist nach diesen Überlegungen der Planetenkern besonders groß (27.7.)[333]. Das macht die besondere Stärke einer Supernova aus. Es geht bei den Stärken der Supernova nicht um die Masse eines Sterns, sondern um die Metallizität aus der der Stern entsteht.

Es kann in dem Fall auch eine ganz andere Erklärung möglich sein. Die Supernova könnte ganz in der Nähe des Zentrums der Galaxie entstanden sein. Da würde es sich so verhalten, dass ein aktiver Galaxiekern eine Gasscheibe um sich herum bildet aus der Planeten entstehen. Da diese Gasscheibe durch die hohe Geschwindigkeit so stark abgeplattet ist, entstehen auch so große Planeten. Die Geschwindigkeit der Gase kann durchaus 100 Mal höher sein als bei Sternen. Die wirkenden Kräfte wären dann 10ooo Mal stärker als in den Gasscheiben bei Sternen. Dabei würden sehr große Planeten entstehen. Diese übergroßen Planeten entwickeln sich dann weiter zum Stern. Damit bietet der besonders große Planetenkern einen starken Kugelschalenzünder. In neueren Untersuchungen hat man auch eine ähnliche Supernova gefunden. Mit der Bezeichnung ASASSN-151h. Die hat eine Leuchtkraft von 570 Milliarden Sonnenmassen. Diese Leuchtkraft wäre 20 Mal stärker als alle Sterne unserer Milchstraße (27.24.)[334]. Diese Supernova müsste auch im Zentrum einer Galaxie zu finden sein, und hätte den entsprechenden Entwicklungsablauf. Das wären demnach ganz andere Arten von Sternen.

Diese stärkste Form der Supernova bringt auch entsprechend große Pulsare hervor und diese entwickeln sich weiter zum Schwarzen Loch in stellarer Größe. Ein Beispiel dafür ist die Supernova 2006gj. Das Spektrum dieser Supernova weißt darauf hin, dass ein Drittel des Sterns aus dem Element Eisen besteht (27.70.)[335]. Das wäre ein klarer Hinweis auf einen Planetenkern. Hier ist dann die Frage, warum die Häufigkeit des Eisens so hoch ist. In der Regel ist die Häufigkeit des Eisens bei der Supernova klein. Hier geht es darum, dass die Gasscheibe im Zentrum einer Galaxie aktiver ist als bei Sternen. Das führt dazu, dass die Körper der E-Klasse der Asteroiden mit ihrer höheren Kondensation als Eisen sich als eigene Schicht um einen Planetenkern aus den Seltenen Erden setzen und das Eisen

---

[332] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Supernova SN 1987 A hat nur einen Anstieg von 8 Größenklassen, obwohl man mit 20 Größenklassen bei einer Supernova rechnet. Sie ist eine Supernova vom Typ II. - S. 194

[333] Die Supernova SN 2007bi wird als besonders starke Supernova eingestuft. Sie entstand in einer Galaxie die sehr Metallreich ist.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 13.11.13, S. N2

[334] Die Supernova ASASSN-151h hat eine Leuchtkraft von 570 Milliarden Sonnenmassen und löst die Hypernova SN 2007bi ab. Sie fand in 3,8 Milliarden Lichtjahren Entfernung statt, und sie ist 20 Mal stärker gewesen als Leuchtkraft aller Sterne der Milchstraße. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 20.1.16, S. N2

[335] Die Supernova 2006gj in der Galaxie NGC 1260 hat eine besonders große Leuchtkraft und aus dem Spektrum des Sterns geht hervor, dass sie zu einem Drittel ihrer Masse aus dem Element Eisen besteht. Die Supernova ist 240 Millionen Lichtjahre entfernt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 29.1.2020; S. N1

der M-Klasse eine äußere Schicht bildet. Die Körper der Seltenen Erden müssen genug Masse sammeln, um die Körper der E-Klasse bei einer größeren Inklination einfangen zu können. Dazu benötigen sie eine gewisse Masse. Die dritte Schicht wären dann Körper der C-Klasse unter den Asteroiden, die sich über die Schicht des Eisens legen. Damit hat man zwei Schalen, die fusionsfähiges Material liefern. Die innere Schicht der E-Klasse wirkt nach außen. So werden große Mengen Eisen bei dieser Supernova frei (Grafik 1).

Die einzelnen Schichten eines Planetenkerns haben eine sehr hohe Rotation, weil der Stern hoher Masse auch eine sehr schnell rotierende Gasscheibe vorweist. Folglich ist es auch so, dass die Einzelnen Schichten umgewälzt werden. Damit ist die Verteilung der Elemente auch unregelmäßig. So hat dann die Folge, dass die Zündschale auch unregelmäßig ist. Als Beispiel kann man da die Supernova aus dem Jahre 1604 anführen. Da ist die Verteilung der Wolke unregelmäßig und die Geschwindigkeit innerhalb der Gase variiert zwischen 4500 bis 11ooo km/s (27.85.)[336].

Über diese Art der Supernova wird es in diesen zentralen Regionen großer Galaxien eine ganze Reihe von Schwarzen Löchern geben, die wiederum über die Gasscheibe des Zentralen massiven Schwarzen Loches der Galaxie weggetrieben werden. Hier kommt es dazu, dass kleinere Schwarze Löcher zu größeren Schwarzen Löchern geschoben werden, und diese fangen sich erst mal ein. Da diese beiden Schwarzen Löcher die Gasscheibe durchdringen müssen gelangen sie zu einer elliptischen Bahn und kommen zum Absturz. Das löst die Gravitationswellen aus, die man in der letzten Zeit gemessen hat. In diesen zentralen Regionen von massenreichen Galaxien findet man eine große Zahl Schwarzer Löcher und hier entstehen auch die Gravitationswellen, die man schon nachweisen kann, aber die man noch nicht orten kann. Im Zentrum der Milchstraße findet man daher Gaswolken von 100 AE, die das Massive Schwarze Loch umkreisen (27.71.)[337]. In jeder dieser Gaswolken befindet sich ein Schwarzes Loch. Dadurch, dass der Galaxiekern nicht aktiv ist, können die Schwarzen Löcher nicht zusammentreffen und Gravitationswellen auslösen.

Dazu gibt es noch einen wichtigen Gedanken. Sind schwarze Löcher größer, fangen sie andere Schwarze Löcher in einem größeren Umfang ein, weil die Anziehungskraft größer ist. Dann können zwei Schwarze Löcher auch nicht mehr abstürzen und dann miteinander verschmelzen. Gravitationswellen werden nur von Schwarzen Löchern ausgelöst, die im unteren zweistelligen Sonnenmassenbereich befinden. Es gibt sicherlich größere Schwarze Löcher in dieser Region, die auch andere Schwarze Löcher einfangen, aber sie bleiben in ihren Umlaufbahnen erhalten. Schwarze Löcher, die abstürzen und entsprechende Gravitationswellen haben daher eine Obergrenze.

Kommen wir aber zurück zur Supernova, so muss man grundsätzlich feststellen, dass der Auswurf der großen Mengen schwerer Elemente bei einer Supernova nicht in dem entsprechenden Vorläuferstern erbrütet werden, sondern all diese Schweren Elemente der Planetenkerne kommen aus der Fusion von Sternen aus vorigen Sterngenerationen. Man hat bei diesem Auswurf schwerer Elemente einer Supernova einen sehr hohen Anteil an Nickel 56 gefunden. Nur der Nickelanteil entspricht 5 bis 7 Sonnenmassen (22.28.)[338]. Dieser hohe Anteil an Nickel würde dafür sprechen, dass ein Planetenkern in der Supernova existiert hat.

---

[336] Die Supernova aus dem Jahre 1604 dehnt sich ungleichmäßig aus. Die Gase bewegen sich zwischen 4500 km/s und 11ooo km/s. Die Wolke hat sich auch asymmetrisch entwickelt. Es handelt sich um eine Supernova 1a. Dabei sammelt ein Weißer Zwerg im Doppelsternsystem Gase vom Nachbarstern und zündet dann zur Supernova. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 26.8.2020, S. N2

[337] Gaswolken mit einem Durchmesser von etwa 100 AE umkreisen das Zentrum der Milchstraße. Sie werden mit dem Buchstaben „G“ bezeichnet. Vier Objekte dieser Art sind wieder neu gefunden worden.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 22.1.2020, S N1

[338] Der Anteil an Nickel 56 bei einer Supernova beträgt 5 bis 7 Sonnenmassen.

Spektrum der Wissenschaft, 8-2012 – S. 47

Da die Zünder der Supernova ein Kugelschalenzünder ist, wirkt die Kraft nach innen auf den Planetenkern und sie wirkt nach außen. Da nun die schweren Metalle, wie Eisen innen sind, ist es auch klar, dass im Supernovaüberrest wenig Eisen vorzufinden ist (5.153.)[339].

Eine weitere wichtige Information zur Supernova allgemein, liegt in den Ergebnissen der Supernova 2014J. Diese Supernova fand in der Galaxie M 82 statt, und man ist über den Zerfall von Nickel-56 zu Kobalt-56 zu dem Schluss gelangt, das die Explosion nicht im Kern eines Weißen Zwerges stattgefunden hat, sondern in einer äußeren Region (5.138.)[340]. Es wird damit begründet, weil die Gammastrahlung eigentlich zu früh nach dem Zünden der Supernova einsetzt. Wäre sie im Kern des Weißen Zwerges Entstanden, hätte sie viel länger benötigt, um an die Oberfläche zu gelangen. Da sie so früh auftrat, kommt man zu dem Schluss, dass die Fusion in den äußeren Regionen gezündet wird. Hier bestätigt sich zum ersten Mal die hier beschriebene Kugelschalenzündung.

Generell muss man zur Bildung der Pulsare bei der Supernova sagen, dass es sich um einen Fusionsprozess handelt. Der Pulsar entsteht nicht aus einem Gravitationskollaps. Der Pulsar ist ein übergroßes Element, was durch die Gravitation zusammengehalten wird. Grundsätzlich dürfte damit auch auszuschließen sein, dass sich ein Pulsar weiter zum Schwarzen Loch zusammenfällt. Ein Atomkern bleibt immer erhalten (siehe Magnetare). Im Bezug darauf wäre der Pulsar PSR 0950+08 wichtig. Er müsste eine Größe haben die unterhalb 250 Meter liegt (13.29.)[341]. Bei diesem Objekt wäre die Frage, wie groß die Masse ist. Hätte der Pulsar zum Beispiel eine halbe Sonnenmasse, läge er unterhalb des Schwarzschildradiuses. Laut der Physik müsste er zum Schwarzen Loch zusammengefallen sein. Bei den Pulsaren ist zudem ihre Untergrenze der Masse sehr wichtig, weil man daran erkennen kann, ab wann ein übergroßer Atomkern stabil ist.

Im Prinzip besteht die Supernova aus einem Doppelschlag. Dabei sind die Schlagrichtungen gegensätzlich. Die nach innen gerichtete Schlagrichtung kehrt sich im Zentrum um, und verfolgt dann zeitverzögert der anderen Schlagrichtung. Das kann man ganz bei der späteren Entwicklung der Supernova 1987A erkennen.

3.3.5. Späte Struktur der Supernova 1987 A

Die Supernova 1987 A besteht heute aus drei Ringen. Zu den beiden äußeren Ringen gehört eine bipolare Abströmung vom unmittelbaren Kern der Supernova. Beim inneren Ring verhält es sich so, dass die Explosionswolke diesen nach 7 Jahren einholt. Hier geht es um folgende Situation. Die Zündung der Supernova ist immer ein Kugelschalenzünder. Der sich einerseits nach außen richtet und andererseits auf den Kern richtet. Die Explosion, die sich nach innen richtet erzeugt den Pulsar, und reflektiert wieder nach außen und diese Explosion holt den äußeren inneren Ring nach 7 Jahren ein. Die bipolaren Gasströme gehen direkt vom Pulsar aus. Dabei werden Gase, die auf das Zentrum gerichtet waren, umgelenkt. Im Zusammenhang damit, werden auch die beiden äußeren Ringe

---

[339] Bei einer Supernova wird wenig Eisen in das All geworfen. - Sterne und Weltraum, 3-2017, S. 12

[340] Durch den Zerfall von Nickel-56 zu Kobalt-56 ist in der Supernova SN 2014J nachgewiesen worden, dass die Zündung in der äußeren Region der Weißen Zwerges stattgefunden haben muss. Die Spektrallinien von Nickel-56 tauchen nach 14 Tagen auf, und die Linien von Kobalt-56 tauchen nach zwei Monaten auf.

Sterne und Weltraum, 12-2014, S. 20

[341] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Der Durchmesser des Pulsaren PSR 0950 +08 liegt unter 250 Meter. - S.164

gebildet. Die Struktur der Supernova im späteren Zustand lässt sich demnach recht gut über den Kugelschalenzünder erklären (5.144.)[342].

3.3.6. Arten der Gammastrahlenausbrüche (GRBs)

Beide Arten der kurzen und der langen Gammastrahlenausbrüche stammen aus Doppelsternen (5.102)[343]. Die Folge für die langen GRBs ist eine Supernova Ib/c. GBRs mit kurzer Periode finden nur in Elliptischen Galaxien, also nur in der Population II. Man unterscheidet grundsätzlich nach Ausbrüchen, die unter 2 Sekunden liegen und langen Ausbrüchen, die bis zu 35 Sekunden dauern können (5.121.)[344]. 70% der GBRs sind lange Ausbrüche (27.15.)[345].

Die GRBs mit langem Zeitverlauf stammen von der Supernova. Erreicht er die obere Massengrenze, zündet er aus einem WN-Stern (51.2.)[346]. In der Population II hat der GRB die Ursache, dass das Doppelsternsystem zusammenbricht. Der alte Neutronenstern stürzt in den Weißen Zwerg. Dabei sind Gravitationswellen gemessen worden (26.27.)[347]. Die Masse dieser beiden Körper von denen einer ein Pulsar ist, beträgt 1,1 und 1,6 Sonnenmassen (22.46.)[348]. Dabei kann man davon ausgehen, dass der Stern kleinerer Masse der Pulsar ist. Der Stern größerer Masse müsste der Hauptstern gewesen sein. Es ist aber auch so, dass der Nachbarstern schon Gase vom Hauptstern abgezogen hat bis er zur Supernova geworden ist und danach hat der Pulsar weiter Gase vom Hauptstern abgezogen. Das entspricht einem sehr langen Zeitverlauf. Damit ist nicht klar, wie viel Masse der Begleiter vom Hauptstern abgezogen hat. Das Verhältnis der Massen hat sich so stärker verändert.

---

[342] Die Supernova 1987 A besteht heute aus drei Ringen. Zu den beiden äußeren Ringen gehört eine bipolare Abströmung vom unmittelbaren Kern der Supernova. Beim inneren Ring verhält es sich so, dass die Explosionswolke diesen nach 7 Jahren einholt. – Sterne und Weltraum 3-2016, S. 16

[343] Gammastrahlenausbrüche können in zwei Klassen eingeteilt werden. Es gibt schwache bis 2 Sekunden und starke über 2 Sekunden bis zu wenigen Minuten. Die ersten zeigen nach ihrem Ausbruch keine folgende Supernova. Die zweiten haben als Folge immer eine Supernova. - Sterne und Weltraum 5-2007 - S. 22 f

[344] In der Population I, also in den Armen von Spiralgalaxien finden sich die lange Gammastrahlenausbrüche (GBR) und in der Population II finden sich kurze GBRs. Die langen GBRs zünden zur Supernova Ib/c.

Sterne und Weltraum 10-2009 – S. 26

[345] Man unterscheidet kurze und lange GBRs. Die kurzen GBRs sind unter 2 Minuten, und 70 % der GBRs sind lang. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 18.2.2015, S. N2

[346] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Lange GBRs haben einen Wolf-Rayet-Stern als Vorläuferstern. - 9-2008, S. 462

[347] Ein Signal von Gravitationswellen hält 15 Sekunden an. Gleichzeitig schlägt der Fermi-Satellit mit einem Signal von harter Gammastrahlung ein. Das Signal kann in der Galaxie NGC 4993 als visuelle Lichtquelle Stunden später in 130ooo Lichtjahren Entfernung geortet werden. - Süddeutsche Zeitung, 17.10.16, S. 16

[348] Bei der Gravitationswelle GW 17.08.17 liegen die Massenverhältnisse der beiden Körper bei 1,1 und 1,6 Sonnenmassen. Die Gravitationswelle hat 100 Sekunden gedauert und der kurze GRB setze 1,7 Sekunden nach der Gravitationswelle ein. Das ehemalige Doppelsternsystem liegt in der Nähe des Zentrums der Galaxie NGC 4993. – Spektrum der Wissenschaft, 12-2017, S. 8

Der Stern größerer Masse hat demnach den Pulsar aufgenommen. Der Pulsar vergrößert seine Masse durch Fusionsprozesse und wird so zum Kandidaten vom Magnetar. Magnetare sind Pulsare größerer Masse, die such auf diese Weise gebildet haben.

Es gibt dazu noch ein Beispiel von starken Radioausbrüchen. Diese sind möglich als einmalige Signale oder als mehrfache Signale. Die Ortung eines einmaligen Signals in den äußeren Regionen einer Galaxie zeigt, dass die Ursache ein Sternsystem sein muss. Die Entfernung der Galaxie beträgt 4 Milliarden Lichtjahre (26.33.)[349]. Demnach müsste auch ein enges Doppelsternsystem sein in dem einer der Partner ein Pulsar ist. Das Mehrfachsignal ist ein Zeichen, dass der Pulsar die äußeren Regionen des Weißenzwerges mehrfach durchdringt bis er zum Absturz kommt. Die Art des Signals spricht dafür, dass der Partner des Pulsars ein Weißer Zwerg ist. Aufgrund der großen Entfernung sind Gravitationswellen als Signale zu schwach.

Zu der Art der Fusion bei GRBs muss man noch etwas sagen. Aus dem Anhang des Buches geht hervor, dass Fusionsprozesse nur über den Wasserstoff funktionieren. Man benötigt Wasserstoff, ehemals in Form von Wasser oder Kohlenwasserstoffverbindungen. Diese finden sich im Gestein und sind daher auch Bestandteil der Fusion.

Die langen GBRs sind demnach der Ausdruck der Kugelschalenzündung innerhalb der Planetenkerns im Zweistern. Sie können nicht nur einen Pulsaren hervorbringen, sondern produzieren auch alle Elemente oberhalb des Eisens. Der Grund liegt daran, weil die Energie erst einmal aus der Kugelschale nicht ausweichen kann. Damit werden dort alle Elemente wie zum Beispiel auch Gold erzeugt. Die Elemente werden innerhalb des GRBs erst einmal viel größer als das Gold oder andere Elemente höherer Ordnungszahl. Da sie aber nicht stabil sind, zerfallen sie zu entsprechend kleineren Elementen. Dieser Prozess dieses Zerfallens hat ganz typische Infrarotstrahlung, und wurde beim Nachglühen eines GRBs gemessen. Diese typische Infrarotstrahlung ist beim GRB 130603b gemessen und ist daher ein Hinweis dafür, dass die Kugelschalenzündung größere Elemente als Eisen hervorbringt (5.128.)[350]. Die GBRs sind daher der Beginn der Supernova.

Hier sollte man allgemein auch feststellen, dass es GRBs gibt, die nicht zur Supernova führen (65.1.)[351]. Das bedeutet, es findet eine Kugelschalenzündung eines Planetenkerns im Stern statt, bei dem der Planetenkern relativ zur Sternmasse zu klein ist, um ihn zu zerstören. Das führt dann aber zur Nova. Es ist auch logisch, da ein Stern nach der Bildung des Planetenkerns und der Gasaufnahme unterschiedlich viel Gas aufnehmen kann.

Zudem ist zu beachten, dass bei einem Gammastrahlenausbruch Röntgenstrahlung folgt (27.14.)[352]. Der Gammastrahlenausbruch ist der Überschuss an Energie die Fusion neuer Elemente. Dabei entstehen aber auch instabile Elemente. Diese zerfallen wieder durch Röntgenstrahlung.

Es gibt zudem noch eine Sonderklasse von GRBs von denen einer ganze 7 Stunden dauert (51.22.)[353]. Das liegt darin, dass in den aktiven Gasscheiben von Galaxiezentren Planeten entstehen,

---

[349] In einer Entfernung von 4 Milliarden Lichtjahren ist das Signal eines starken Radioausbruches in der äußeren Region einer Galaxie geortet worden. Solche starken Radioausbrüche kommen als einmalige Ausbrüche aber auch als mehrfache Ausbrüche vor. - Süddeutsche Zeitung 1.7.19, S. 14

[350] GBRs erzeugen mit ihrem langsamen Nachglühen Infrarotwellen. Diese sind charakteristisch für den für das zerfallen von größeren instabilen radioaktiven Elementen wie zum Beispiel zu Gold.

Sterne und Weltraum 10-2013, S. 14 f

[351] Harald Lesch, Jörg Müller, Sterne, - Wie das Licht in die Welt kommt, - Wilhelm Goldmannverlag, München, 2011, - S. 185

[352] Nach einem Gammastrahlenausbruch (GBR) folgt Röntgenstrahlung. Der GBR gehört immer in den Zusammenhang mit einer Supernova. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 18.2.2015, S. N2

die zu Sternen werden. Diese Planeten sind wesentlich größerer Masse als Planeten um Sterne. Die Sterne sind auch viel Massenreicher als normale Sterne. Da sind die Supernova und auch der GRB viel stärker. Aus diesen GBRs entstehen dann Schwarze Löcher, die im Bereich von 20 bis 40 Sonnenmassen liegen. Hier werden dann über die Gasscheibe kleinere schwarze Löcher zu größeren Schwarzen Löchern geschoben. Diese fangen sich dann ein und gelangen wieder über die Gasscheibe zum Absturz. Das löst dann die Gravitationswellen aus, von denen man schon mehrere gefunden hat, die aber trotzdem noch nicht geortet werden konnten.

GRBs aus den Zentren von Galaxien werden in der Physik als TDEs bezeichnet. Die Physik geht davon aus, dass diese Sterne vom Schwarzen Loch zerrissen werden. Das besondere dieser GRBs besteht darin, dass man sie nur in kleineren Galaxien findet. Massenreiche Galaxien oder Quasare weisen keine GRBs dieser Art in ihrer Nähe auf (22.44.)[354]. Das hat damit zu tun, dass bei ihnen die Massiven Schwarzen Löcher aktive Gasscheiben vorweisen. Darin bewegen sich kleinere Schwarze Löcher, die die Gasscheibe durchdringen. Das führt zu Fusionsprozessen und auch zum Aufleuchten der Schwarzen Löcher. Dabei wird auch Gammastrahlung frei. Das wäre aber eine andere Art der Gammastrahlung. Die langen GBRs sind immer an die Supernova gebunden, wären aber anderer Art als die TDEs.

Betrachtet man die GBRs im ganz frühen Universum, so kann die erste Generation von Sternen keine Supernova hervorbringen, weil es keine Planeten gibt und aus dem Grund auch keine Doppelsterne entstehen, die die Ursache für die Supernova sind. In der zweiten Sterngeneration ist es dann so, dass es nur Elemente bis zum Eisen existieren. Erst die Fusionsprozesse in Doppelsternsystemen bringen Elemente oberhalb von Eisen hervor. Demnach werden erst in den folgenden Sterngenerationen, die Planetenkerne größer. Das Bedeutet für die GBRs, das sie in der alten Generation kürzer sind. Den frühesten GBR hat man vor 13,37 Milliarden Jahren in der zweiten Generation von Sternen gemessen und er hatte eine Länge von 245 Sekunden (26.36.)[355].

3.3.7. Entwicklung der Pulsare

Die Entstehung eines Pulsars ist ungewiss. Es kann sein, dass er aus einer Supernova hervor geht oder er geht nicht daraus hervor. Der Zünder ist ein Kugelschalenzünder, der aus einem Planetenkern im Doppelsternsystem hervor geht. Dabei wirken die Kräfte in zwei Richtungen. Die eine Richtung geht vom Stern weg und die andere Richtung ist auf das Zentrum gerichtet. Wichtig ist, dass die Energie für eine Zeit nicht aus dem Kern entweichen kann. Der innere Bereich rotiert schneller als der Stern, weil er einen Planetenkern hat. das ist damit zu erklären, dass der Planetenkern selber schon rotiert hat, und mit den Gasmassen des Sterns komprimiert wird, und damit seine Rotation erhöht.

Im inneren des Sterns führt das zu Fusionsprozessen, die Atome vergrößern. Damit entstehen übergroße Atome. Erreicht nun ein Atom die Masse eines Mondes, wäre es immer noch nicht stabil,

---

[353] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Der GBR 111209A hat eine Dauer von 7 Stunden. Der Zeitunterschied vom GBR zum Zündmoment der Supernova beträgt 14 Tage. Der GBR kommt aus einer Entfernung von Z=0,677. - 9-2015, S. 455 f

[354] TDEs sind GBRs, die in der Nähe von Zentren kleinerer Galaxien auftauchen. Bei massenreichen Galaxien oder Quasaren findet man sie nicht. Einer dieser Ausbrüche mit der Bezeichnung Swift J1644+57 hatte eine Dauer von einem Tag. - Spektrum der Wissenschaft, 7-2017, S. 18

[355] 26.36. In der fernen Galaxie GN-z11 sind Sterne vor 13,37 Milliarden Jahren entstanden. Dabei hat es auch einen Strahlungsausbruch (GBR) gegeben, der 245 Sekunden angedauert hat.

Süddeutsche Zeitung, 16.12.20, S. 15

da dieser Körper aber so klein ist, hätte er eine beträchtliche Gravitation. Dieser Gravitation ist eine zusätzliche Kraft, und ein Vorteil für diesen Körper. Er setzt sich damit gegenüber anderen Körpern durch, bis er zum Objekt größter Masse innerhalb der Kugelschale wird. Mit seiner steigenden Masse zieht er Gase an und das führt zu Strömungen, die in eine Rotation um den Körper übergehen. Ist die Masse groß genug, bleibt der Pulsar als Körper erhalten. Die Entwicklung hat dabei zwei Rotationsmechanismen, die die hohe Rotation der Pulsare erklären können. Alle anderen Teilchen werden in dem Sinne auch größer, aber sie zerfallen wieder. Bei diesem Vorgang kann es durchaus sein, dass die Energie nicht ausreicht, um einen Neutronenstern herzustellen. Es muss dabei auch eine Untergrenze der Masse für Pulsare geben.

Die Entstehung des Pulsars ist abhängig von der Masse des Planetenkerns. Ist sie groß genug, bildet sich der Pulsar. Der Planetenkern eines Doppelsternsystems ist wiederum abhängig von der Masse des Hauptsterns und der Metallizität der Gase. Je höher die Masse des Hauptsterns umso mehr Gase werden angezogen aus denen Körper kondensieren und zu Planeten werden können. Bei hoher Metallizität ist auch die Kondensationsmenge im Gas größer. Zudem nimmt der Hauptstern nur einen Teil der Gase auf und gibt einen weiteren Teil über die Pole wieder ab. Es werden viel Mehr Gase zu einem Massenreichen Stern geführt als seine Masse vorweist. Damit können auch mehr Körper entstehen, die den Planetenkern bilden. Bei engen Doppelsternen stürzen auch alle Planeten ab und vergrößern den Planetenkern im Zweitstern. Daher wird es auch so sein, dass man die Masse von Zweitsternen unterschätzt. Ein sehr großer Planetenkern führt auch zu einem sehr großen Sternmasse die nicht seiner Leuchtkraft entspricht, dass der Fusionsprozess gemindert ist.

Bei der Bildung des Pulsars geht um folgenden Zusammenhang. Das Problem bei größeren Schalen der Deuteriumringe liegt darin, dass sie versuchen sich zusammenzuziehen. *(siehe Anhang)* Je stärker ein Deuteriumring vergrößert wird, umso schneller drehen die Quarks. Die Kraft, die den Atomkern zusammenhält, wird mit zunehmendem Radius größer. Das hat damit zu tun, dass sich Ladungsfelder in der unmittelbaren Nähe bremsen. Man kann daher Deuteriumringe nicht beliebig größer machen. Das bedeutet, dass Deuteriumringe zwangsläufig wieder auf kleinere Schalen springen. Die Besetzung der kleineren Schalen ergibt sich nur aus dem Ladungsfeld. Diese Stärke des Feldes führt dazu, dass Atomkerne gar nicht so groß werden, auch wenn sie großer Massen sammeln. Weil Pulsare damit so klein sind, können sie auch eine hohe Rotation annehmen. Der Pulsar hat eine maximale Größe, die mit der Dehnbarkeit der Deuteriumringe zusammen hängen. Es gibt eine Größe bei der Deuteriumringe nicht mehr größer werden können, sonst würden verfallen. So haben Pulsare sind daher sehr klein und haben eine ganz bestimmte Größe (13.29.)[356]. Es wird nur die Ladungsdichte der Deuteriumringe erhöht.

Da nun ein Pulsar auch eine extreme Gravitation an seiner Oberfläche. Wichtig ist, dass die Gravitation beim Zusammenhalt der Pulsare keine Rolle. Die Deuteriumringe entwickeln demnach die maximale Größe. Dann häufen sich die Deuteriumringe außen und schaffen es nach innen hin ein ausgewogenes Feld zu schaffen. Ist ein Pulsar stabil, wird das gleiche Wachstum fortgesetzt. Das führt zu Frequenzsprüngen bei den Pulsaren, weil plötzlich Deuteriumringe nach innen verlagert werden. Bei Magnetaren findet das gleiche statt. Dabei ist der Energieausbruch nur viel größer, und hat ein Verlauf eines Erdbebens. Das bedeutet, dass der ganze Magnetar in Schwingung geht. Beide Mechanismen haben die gleiche Ursache.

Bei den Magnetaren finden aber auch ganz große Ausbrüche statt. Das zeigt sich in den Radioblitzen, die mit Magnetaren zu tun haben (27.91.)[357]. Diese großen Ausbrüche führen dazu, dass

---

[356] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Der Durchmesser des Pulsaren PSR 0950 +08 liegt unter 250 Meter. - S.164

[357] Der Radioblitz FRB 200428 ist mit dem Magnetar SRG 1935+2154 identisch. Der Radioblitz hat innerhalb der Milchstraße in 30ooo Lichtjahren Entfernung stattgefunden. Der Ausbruch ist 3000 Mal stärker als alle Ausbrüche bei Magnetaren. Unter den 100 bekannten Radioblitzen gibt es einige die millionenfach heller waren als FRB 200428. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 11.11.2020, S. N1

die Schalen kleiner werden. Demnach nimmt die Größe der Magnetare mit zunehmender Masse ab. Da unterschiedlich große Ausbrüche stattfinden, muss der Magnetar in mehreren Stufen kleiner werden. Irgendwann erreicht der Magnetar den Schwarzschildradius und dann bricht der Kontakt nach außen ab. Schwarze Löcher sind demnach Objekte, die ebenfalls eine Schalenstruktur vorweisen, aber kleiner sind als Magnetare.

Der Pulsar besteht nun aus Protonen und Neutronen. Diese Struktur wird noch im Anhang erklärt. Damit hätte ein Pulsar auch Elektronen, die ihn umkreisen, wie ein ganz normales Atom. Entsteht ein Pulsar, sind alle Elektronen ionisiert. Das liegt an der großen Energie im Kern. Der Pulsar hat in dem Moment noch kein Magnetfeld. Das entsteht erst, wenn die Supernova vorbei ist, und der Kern abkühlt. Dann bewegen sich die Elektronen um den Pulsar. Damit ist er auch erst erkenntlich. Dabei geht es darum, dass Elektronen genauso wie bei einem Atomkern die gleiche Bewegungsrichtung um den Pulsar haben. Da dort eine so große Energie vorliegt und der Pulsar weiterhin durch Fusionsprozesse vergrößert wird, bleiben die Elektronen ionisiert. Diese Schicht führt auch dazu, dass die Gammastrahlung durch die Elektronen in harte Röntgenstrahlung umgewandelt wird. Dabei wirkt der Compton-Effekt.

Es gäbe noch etwas zur Entwicklung der Pulsare zu sagen. Ist der Zünder als Kugelschale nicht wirklich rund, wird auch der Pulsar nicht genau in der Mitte der Kugelschale liegen. Da aber der Planetenkern dieses Sterns schon sehr schnell rotiert, führt das immer zum Ausbruch des Pulsars.

Zu Pulsaren muss man noch mal allgemein sagen, dass sie eigentlich größer werden müssten, wenn sie ständig Gase aufnehmen. Das ist aber nicht der Fall. Das hängt mit der Schalenstruktur zusammen, die der Atomkern vorweist. Sie erreichen eine Maximale Größe und dann werden die Schalen immer dichter belegt (siehe Anhang). Das wird durch Fusionsprozesse erreicht.

Zu den Fusionsstufen muss man noch allgemein sagen, dass sie nur von der Größe der Deuteriumringe anhängen. Die unterschiedlichen Schalengrößen erwarten daher unterschiedlich große Energien. Bei den Pulsaren aber auch bei den Schwarzen Löchern dreht es sich um einen Atomkern mit maximaler Schalengröße. Von daher ist dort die höchste Fusionsstufe. Die Stabilität wächst mit der Masse des Pulsars, weil die Gravitation zu einer schnelleren Bewegung der Quarks führt.

Da nun aktive Schwarze Löcher und Pulsare eine dünne Gasschicht haben und ständig mit Gasen versorgt werden, kann auch die Gammastrahlung so leicht entweichen. So sind diese Objekte auch die größten Gammastrahlenquellen im Kosmos.

3.3.8. Pulsare und Gravitationswellen

Im Bezug zu den Pulsaren hat man bei den Gravitationswellen ein Signal gemessen, was 15 Sekunden angehalten hat. Gleichzeitig hat der Fermi-Satellit eine Anzeige von starker Gammastrahlung registriert. Eine Lichtquelle die schnell abnahm, wurde in der Galaxie NGC 4993 wenige Stunden später geortet (26.27.)[358]. Diese Galaxie gehört zu den Elliptischen Galaxien bei denen keine Sternentstehung mehr stattfindet. Später hat man angegeben, dass die Gravitationswellen sogar 100 Sekunden anhalten haben. Der GRB erfolgte 1,7 Sekunden nach den Gravitationswellen. Die beiden Massen der Sterne wurden mit 1,1 und 1,6 Sonnenmassen angegeben (22.46.)[359]. Der Stern

---

[358] Ein Signal von Gravitationswellen hält 15 Sekunden an. Gleichzeitig schlägt der Fermi-Satellit mit einem Signal von harter Gammastrahlung ein. Das Signal kann in der Galaxie NGC 4993 als visuelle Lichtquelle Stunden später in 130ooo Lichtjahren Entfernung geortet werden. - Süddeutsche Zeitung, 17.10.16, S. 16

[359] Bei der Gravitationswelle GW 17.08.17 liegen die Massenverhältnisse der beiden Körper bei 1,1 und 1,6 Sonnenmassen. Die Gravitationswelle hat 100 Sekunden gedauert und der kurze GRB setze 1,7 Sekunden nach der Gravitationswelle ein. Das ehemalige Doppelsternsystem liegt in der Nähe des Zentrums der Galaxie NGC 4993. – Spektrum der Wissenschaft, 12-2017, S. 8

kleinerer Masse könnte der Pulsar gewesen sein. Der andere Stern muss ein Weißer Zwerg gewesen sein. Die Physik geht davon aus, dass es sich um zwei Pulsare handelt, die kollidiert sind. Es verhält sich aber so, dass bei Doppelsternen immer nur ein Partner ein Pulsar sein kann (5.97.)[360].

Daher gehe ich davon aus, dass ein Weißer Zwerg mit dem Pulsar kollidiert. Der Weiße Zwerg ist der Hauptstern größerer Masse, und der Neutronenstern entzieht dem Weißen Zwerg Gase. Damit verliert der Weiße Zwerg an Masse und nimmt an Durchmesser zu. Das kann wiederum dazu führen, dass der der Pulsar des Weißen Zwerg streift. Das führt zu einer extremen Reibung und zur Kollision beider Körper. Die Kollision führt dann auch zum Ausbruch Gammastrahlen. Der Pulsar ist aus der Supernova I entstanden.

Der lange Impulsverlauf der Gravitationswelle ist damit zu erklären, dass der Pulsar in den Weißen Zwerg eindringt, und so abgebremst wird. Dadurch verkleinert sich die Bahn. Der Gammastrahlenausbruch setzt 2 Sekunden nach der Gravitationswelle ein und ist ganz kurz (65.5.)[361]. Das bedeutet, dass der Pulsar sich nur kurze Zeit an der Oberfläche des Weißen Zwerges bewegt. Dann sinkt er schon in die Tiefe und der Gammastrahlen können nicht mehr aus dem Weißen Zwerg austreten. Dadurch, dass der Pulsar eine sehr hohe Dichte hat, ist es ihm möglich, innerhalb des Weißen Zwerges, die Geschwindigkeit noch eine Zeit zu halten. Es bietet so sehr weniger Reibungswiderstand. Es geht aber auch darum, dass das Gravitationssignal viel kürzer ist als der Bewegungsverlauf des Pulsars im Weißen Zwerg. Wenn das Signal beendet ist, hat der Pulsar immer noch eine sehr Geschwindigkeit. Im Anhang des Buches kann man dann etwas über das Atommodell lesen. Da wird auch auf die Struktur von Pulsaren eingegangen.

Es geht dann noch um die ausgestoßenen Elemente, wie Platin, Gold und Nickel. Ihre Menge entspricht 5% der Sonnenmasse (27.46.)[362]. Diese Elemente sind nicht bei der Kollision der beiden Körper entstanden, sondern sie haben den Pulsar vor der Kollision umgeben. Entstanden sind diese Elemente bei der Supernova I, aus der sich dann auch der Pulsar gebildet hat.

Dieser schweren Elemente sprechen übrigens dafür, dass der Pulsar nicht in der Lage ist größere Elemente durch Fusionsprozesse zu verbauen. Das geht nur mit kleinen Elementen, wie Protonen, Neutronen oder dem Deuterium. Das hängt mir der Baustruktur der Atomkerne zusammen.

Der Absturz von Pulsaren auf den Weißen Zwerg als Nachbarstern führt dazu, dass der Pulsar erhalten bleibt aber die Rotation verliert. Dieses Objekt wird dann zum Magnetar. Entwickelt sich der Pulsar über Fusionsprozesse weiter wird er zum rotierenden Schwarzen Loch. Die Weiterentwicklung der Magnetare führt zum Schwarzen Loch ohne Rotation.

---

[360] Unter 1800 Pulsaren in Doppelsternen existiert nur ein Doppelpulsar.

Sterne und Weltraum, 10-2006 - S. 32 f

[361] Bei der Messung der Gravitationswelle GW 17.08.17 hat das Messgerät den Gammastrahlenausbruch 2 Sekunden später gemeldet. Die Dauer der Gravitationswelle hielt fast 2 Minuten an.

Die Zeit, Deutsche Wochenzeitschrift, 19.10.17, S. 42

[362] Das gefundene Doppelsternsystem bei dem die Gravitationswelle GW 17.0817 ausgelöst worden ist, hat 5% der Sonnenmasse an schweren Elementen, wie Gold, Platin und Nickel ausgestoßen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 18.10.17, S. N2

3.3.9. Die Häufigkeit der Positronen im Universum

Zu den Pulsaren müsste man noch sagen, dass es ein häufigeres Vorkommen von Positronen gibt. Im gesamten Universum ist sie geringer. Es verhält sich aber auch so, dass die Häufigkeit der Positronen, die auf die Erdatmosphäre eintreffen so groß ist, dass man sie mit der Häufigkeit der Positronen bei den Pulsaren nicht erklären kann. Es geht also um die Frage, woher die Positronen kommen, und wie sie entstanden sind.

Das hat damit zu tun, dass bei allen Arten der Nova ein Kugelschalenzünder einsetzt Damit werden Gammastrahlung auf das Zentrum des Sterns gerichtet. Dabei entstehen auch neue Teilen und Antiteilchen. *(Im Anhang des Buches steht noch etwas über die Entstehung der Teilchen.)* Es bilden sich auch Antineutronen, die in Antiprotonen und Positronen mit einem Antineutrino zerfallen. Die Antiprotonen zerstören sich mit den Potonen und die Positronen machen das gleiche mit den Elektronen, aber schafft es ein Teil der Positronen schafft es den Stern zu verlassen. Bei der Supernova ist es deswegen für Positronen einfacher zu überleben, weil sich der Stern zerstört. Bei den Novaprozessen bleibt der Stern erhalten. Aber auch da werden es Positronen schaffen den Stern zu verlassen. Weil es viele Arten der Nova gibt, kann man damit die Häufigkeit der Positronen im Universum erklären.

3.3.10. Magnetare und Radioblitze [363]

Es gibt neben den beiden Arten der GBRs auch ERGs. Dieser Gammastrahlenausbruch ist noch viel stärker als die GBRs. Diese Ausbrüche können ein 1000-mal stärkeres Magnetfeld haben als die Pulsare. Zudem haben sie seismische Eigenschaften. Sie werden als Magnetare bezeichnet. In dem Sinne sind es ältere Pulsare die einen größeren Teil der Rotation verloren haben. Deren Pulse liegen zwischen 5 und 11 Sekunden (22.15.)[364]. Magnetare sind viele mit der Ebene der Milchstraße verbunden. Sie stammen ausschließlich aus der Sternpopulation I (22.39.)[365].

Die Pulsare bestehen, wie im Anhang zu lesen, aus Deuteriumringen. Sie sind einachsige Objekte, wie Atome, und erweitern sich durch Fusionsprozesse. Damit nehmen sie an Masse zu. Sie sind schalenförmig aufgebaut. Es kann dabei sein, dass sich mit einem Mal Deuteriumringe in kleinere Schalen springen, weil es die Ladungsverteilung verlangt. Findet das schlagartig statt, führt das bei Pulsaren zu einer Art Erdbeben. Das Verhalten der Magnetare spricht demnach schon für eine Schalenstruktur *(siehe Anhang).*

Die Ursache für Entstehung des Magnetars besteht darin, dass er als Pulsar in den Nachbarstern abgestürzt ist. Dieser Prozess ist über schwache Gravitationswellen nachgewiesen worden. Das löst auch den kleinen GBR aus. Dieser Absturz hat dann dazu geführt, dass er einen großen Teil der Rotation seiner umgebenden Gase verloren hat. Die Gasmasse, die den Pulsar umgeben hat, ist vorher nicht groß gewesen. Dagegen war die Gasmasse des Sterns als Begleiter groß. Der Begleitstern hat eine geringe Rotation. So nehmen diese Gase dem Pulsar die hohe Rotation. Der

---

[363] Diese Gedanken zu den Magnetaren sind nur verständlich, wenn man sich vorher das Atommodell im Anhang des Buches durchliest. Ich greife hier im Textverständnis einfach voraus, weil die Magnetare zu den Pulsaren gehören.

[364] Spektrum der Wissenschaft, Chryssa Kouveliotou, Robert C. Duncan, Christopher Thompsen: „Magnetare“

SRGs (Soft Gamma Repeaters) haben eine Verwandtschaft zu dem Verhalten starker Erdbeben. Sie werden den Pulsaren zugeordnet. - 5-2003 - 56 ff,

[365] Magnetare liegen alle in der Ebene der Milchstraße. Sie sind mit Sternen der Population I verbunden.

Spektrum der Wissenschaft, 5-2003, S. 58

abgestürzte Pulsar vergrößert dann über Fusionsprozesse seine Masse. So hat der Magnetar wesentlich mehr Masse als ein Pulsar, aber er hat auch eine wesentlich kleinere Rotation als ein Pulsar. Die große Masse des Magnetars sorgt dann bei weiteren Fusionsprozessen zu viel größeren Sprüngen der Deuteriumringe.

Bei den Magnetaren ist es wiederum so, dass sie weiterhin Gase aufnehmen. Das bedeutet, sie müssen sich in Gasregionen des Universums befinden in denen viel Gas zur Verfügung steht. Da Magnetare auch den Radioblitzen zuzuordnen sind, ist es verständlich, dass Radioblitze besonders in Zwerggalaxien vorzufinden sind. In diesen Galaxien findet man auch große Mengen an Gasen.

Je größer die Masse eines Magnetaren wird, umso schwerer wird es auch zu den inneren Schalen vorzudringen. Eine größere Menge an Deuteriumringen lagert sich außen an, und erzeugt damit eine größere Ladung, die dann dazu führt, dass sie nach innen fallen. So werden die Magnetausbrüche größer. Dadurch, dass der Magnetar eine so hohe Dichte hat, setzt er dann auch Schwingen frei, die Erdbeben ähnlich sind (22.15.)[366].

Allgemein müsste man zu Magnetaren und Pulsaren sagen, dass sie Gase im Universum vermindert. Durch Fusionsprozesse werden die leichten Elemente in diesen Objekten verbaut. Im Zusammenhang mit den Kugelsternhaufen ist das recht wichtig, weil sie mehr Sterne hohe Masse vorweisen als die Population II. Damit werden dort auch mehr Gase in dieser Objektklasse zu früher Zeit verbaut. Diese Leuchtkraft der Gase fehlt dann im Universum. Sie tragen damit dazu bei die Dunkle Materie zum Teil zu erklären.

Zu Magnetaren muss man auch die kurzen Radioblitze zuordnen. Diese kurzen Ausbrüche konnten lange Zeit keinem Objekt zugeordnet erden, weil sie einmal so kurz waren und zum anderen auch in so großen Entfernungen vorwiegend in kleinen Galaxien stattgefunden haben (45.32.)[367]. In der letzten Zeit hat sich dann der Radioblitz FRB 200428 mit dem Magnetar SRG 1935+2154 als identisch erwiesen. Dieser Pulsar befindet sich in der Milchstraße in 30ooo Lichtjahren Entfernung von der Erde (27.91.)[368]. Dieser Ausbruch des Magnetars ist 3000 Mal stärker als alle Ausbrüche, die man bei Magnetaren gemessen hat. Von den hundert Radioblitzen, die man bisher aus der Weite im Kosmos kennt sind viele millionenfach stärker als FRB 200428.

Aus den Überlegungen zu den Magnetaren ist klar, dass die Umstrukturierung der Schalen eines Pulsars die Ursache für die Ausbrüche ist. Mit zunehmender Masse eines Magnetaren werden bei großen Ausbrüchen die Schalen aus Deuteriumringen kleiner. Je mehr Masse ein Magnetar hat, umso kleiner wird er als Objekt. Diese Verkleinerung der Schalen findet aber abrupt statt und hat dann einen starken Ausbruch des Radioblitzes zur Folge. Mit jeder Verkleinerung wird auch der Radioblitz stärker, weil die Ladungsdichte der Elementarteilchen in jedem Ring größer wird. Das bedeutet, dass man mit der Massenzunahme der Magnetare den Überganz zum Schwarzen Loch vorfindet. Das Schwarze Loch besteht demnach aus der Schalenstruktur eines Atomkerns, der sehr klein ist, aber als

---

[366] Chryssa Kouveliotou, Robert C. Duncan, Christopher Thompsen: „Magnetare“

SRGs (Soft Gamma Repeaters) haben eine Verwandtschaft zu dem Verhalten starker Erdbeben. Sie werden den Pulsaren zugeordnet. - Spektrum der Wissenschaft - 5-2003 - 56 ff,

[367] . Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Bei den kurzen Radioblitzen in Zwerggalaxien leuchtet bläuliches Licht sehr schnell auf und es entstehen Gammastrahlen und Radiowellen. Dabei werden große Materiemengen mit halber Lichtgeschwindigkeit ins All geschleudert. - 8-2020, S. 8

[368] Der Radioblitz FRB 200428 ist mit dem Magnetar SRG 1935+2154 identisch. Der Radioblitz hat innerhalb der Milchstraße in 30ooo Lichtjahren Entfernung stattgefunden. Der Ausbruch ist 3000 Mal stärker als alle Ausbrüche bei Magnetaren. Unter den 100 bekannten Radioblitzen gibt es einige die millionenfach heller waren als FRB 200428. Frankfurter Allgemeine Zeitung, 11.11.2020, S. N1

Objekt erhalten bleibt. Der wichtige Gedanke besteht dann darin, das Raum und Zeit erhalten bleiben auch wenn der Schwarzschildradius überschritten wird.

Die Verkleinerung der Schalen des Magnetars ist ein Energiegewinn. Die Energie wird in Gammastrahlung freigesetzt. Da aber der Magnetar selber aus Protonen und Neutronen besteht, ist er von großen Mengen an Elektronen umgeben. Zudem kommt einer Gasschicht in der sich sehr große Elemente befinden. Also ist die Zahl der Elektronen noch größer. Da die Gammastrahlung durch diese Schicht von Elektronen muss wird sie über den Compton-Effekt in harte Radiostrahlung umgewandelt.

3.3.11. Schwarze Löcher und ihr Aufbau

Hier muss eines noch mal erwähnt werden, dass es sich der Nova und Supernova um Fusionsprozesse handelt, die Elemente über dem Eisen erzeugen können. Der Neutronenstern ist in dem Sinne auch nur ein zu großes Element was über Fusionsprozesse eine so große Masse erlangt, das es die Gravitation den Neutronenstern zusammenhält. Es geht bei der Entstehung eines Pulsars nicht um einen Gravitationskollaps, sondern darum, dass die plötzliche Energie aus dem Fusionsprozess einer Kugelschale sich auf das Zentrum des Sterns richtet. Dadurch entsteht der Pulsar, was in dem Sinne ein übergroßes Element ist und durch die Gravitation zusammengehalten wird. Die dort wirkende Energie ist ungleich größer als die Gravitation eines Sterns.

Beim Magnetar sieht man, dass er durch die Gravitation nur kleiner wird, dass aber die Struktur des Atoms stabil ist. In dem Sinne gibt es schon eine Gravitationskraft mit der Masse, aber ein Atomkern fällt nie zum Schwarzen Loch zusammen. Das ist einfach nur so, weil das elektromagnetische Ladungsfeld stärker ist als die Gravitation. Das würde die Existenz Schwarze Löcher ausschließen.

Es wäre aber auch falsch zu sagen, es gäbe keine Schwarzen Löcher. Es ist schon richtig, dass der Kontakt nach außen hin abbricht. Um das besser zu verstehen, muss man wieder bei Pulsaren anfangen. Pulsare entstehen durch Fusionsprozesse, und Pulsare entwickeln sich durch Fusionsprozesse weiter, gewinnen also an Masse. Der Pulsar braucht um sich herum jedoch eine Temperatur, die eine Fusion möglich macht. Diese erreicht er nur durch eine Gaszufuhr, in dem Fall vom Nachbarstern. Durch die Große Gravitation an seiner Oberfläche ist es wieder einfach Druck und Temperatur aufzubauen. Hier werden dann Protonen und Neutronen auf den Pulsar aufgepresst. Er wächst demnach nur bei der hohen Temperatur eines umgebenden Gases. Daher ist jedoch ein Pulsar in der Zunahme an Masse begrenzt, weil der Nachbarstern eine begrenzte Masse hat.

Es geht dann noch um die Frage, wo der Übergang liegt bei dem ein Pulsar den Kontakt nach außen abbricht. Wann überschreitet der Pulsar den Schwarzschildradius. In meinen Überlegungen zum Atom haben alle Atomkerne, Pulsare und auch die Schwarzen Löcher eine Schalenstruktur aus. (siehe Anhang) Da es eine maximale Größe der Schalen gibt, sind Pulsare sehr klein. Aus dem Grund ist auch die Dichte sehr hoch. Der Schwarzschildradius wird daher schon bei kleineren Massen überschritten. Man hat bisher Schwarze Löcher gefunden, die eine Masse von 3,3 Sonnenmassen vorweisen (27.67.)[369].

Es gibt einige Beispiele bei denen in Doppelsternsysteme ein Körper unsichtbar ist und eine größere Masse hat als Pulsare. Diese Größen gehen bis zu 10 Sonnenmassen. Eine hohe Masse ergibt sich, wenn das Sternsystem aus Gasen hoher Metallizität gebildet ist. Dann wäre der Vorläuferstern immer ein Wolf-Rayet-Stern. Die Größe des Planetenkerns ist dann abhängig von der Metallizität. Dieser wird zur Supernova. Daraus entwickelt sich ein Pulsar der dann zum Schwarzen Loch wird. Dieser Pulsar hat von Anfang an eine hohe Masse und entwickelt sich dann weiter zum Schwarzen Loch. Alle Schwarzen Löcher befinden sich daher in Doppelsternsystemen.

---

[369] Es ist ein Schwarzes Loch mit 3,3 Sonnenmassen gefunden worden, was als unsichtbares Objekt einen Stern umkreist. Die bisherige Untergrenze für ein Schwarzes Loch lag bei 5 Sonnenmassen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 3.11.2019, S. 65

Im frühen Universum war es aber so, dass sehr große Mengen an Sternen entstanden sind, diese sich zu Kugelsternhaufen zusammengezogen haben. Kugelsternhaufen ziehen sich wieder zu dem Bulge einer Galaxie zusammen. Hier wird die Dichte der Sterne so groß, dass es einem Pulsar im frühen Universum gelingen kann, Gase aus der gesamten Umgebung zu ziehen. Wenn ihm das gelingt, kann er extrem hohe Gasmengen auf sich nehmen, die er wieder über die Fusion erreicht. Das ist abhängig von der Größe des Bulges. In diesem Zusammenhang entsteht das supermassive Schwarze Loch. Auf diese Weise kann man auch erklären, warum es im Zwischenbereich keine Schwarzen Löcher gibt. Das liegt an der Überwindungsschwelle der Gaszufuhr.[370] Supermassive Schwarze Löcher entspringen demnach nur der alten Sternpopulation II.

Hier geht es auch darum, dass vom Pulsar bis hin zum Schwarzen Loch es sich immer um ein Atom handelt. Auch das Schwarze Loch bleibt ein Atom. Man müsste hier sagen, dass Raum und Zeit aufgrund der Gravitation von großen Massen nicht in sich zusammen fallen können. Im Anhang des Buches ist auch beschrieben, dass ein Atom egal welches Element nun gemeint ist, immer eine Achse hat um die sich die Quarks drehen. Es gibt keine Protonen und Neutronen nebeneinander. Wenn das nicht der Fall ist, können sie auch nicht zusammen brechen, wie es die Physik bisher beschreibt.

Wenn man demnach noch mal versucht zu sagen, was ein Schwarzes Loch ist, so müsste man sagen, ein Schwarzes Loch ist nicht etwas, was in sich zusammen gefallen ist, sondern es ist etwas, aus dem nichts mehr heraus kommt. Hier geht es auch um eine Aussage von Hawkins. Er schrieb im Jahre 1975 eine Arbeit in der er davon ausgeht, dass inaktive Schwarze Löcher Energie abgeben und damit Masse verlieren (26.23.)[371]. Bei dieser Struktur im Kern wäre das nicht möglich.

Bei Raum und Zeit verhält es sich so, dass man es mit einer starken Krümmung von Raum und Zeit zu tun hat. Raum und Zeit brechen aber nicht zusammen. Es ist einfach so, dass die elektromagnetische Ladung in einem massiven Schwarzen Loch stärker ist als die Gravitation. Bei Kräfte steigen mit der Masse an, aber Ladung ist immer stärker. Das hat auch etwas mit der vorgegeben Atomstruktur zu tun. (siehe Anhang.)

Betrachtet man im Bezug darauf das Zentrum der Milchstraße, so leuchtet dieses Schwarze Loch. Das Problem ist nicht das Leuchten als solches (22.35.)[372]. Es geht darum, dass das Schwarze Loch nicht aktiv ist wie bei anderen Galaxien und damit nicht mit neuen Gasen versorgt wird, und die Gase in kürzerer Zeit verschwinden müssten, denn die Physik mit ihren Denksystemen richtig liegen würden. Da das Schwarze Loch weiter leuchtet, wäre das ein Argument dafür, dass das Schwarze Loch ein Atom ist, was sich über die Fusion vergrößert.

Betrachtet man noch mal die Häufigkeit stellarer Schwarzer Löcher, so sind sie sehr selten. Man findet in der Milchstraße nur 60 Kandidaten, die dafür in Frage kommen würden (27.31.)[373]. Das ist damit zu begründen, weil sie Weiterentwicklungen von Pulsaren sind. Von den Pulsaren hat man dagegen 1800 gefunden, die sehr wahrscheinlich auch alle aus der Milchstraße stammen. Der Pulsar

---

[370] Hier muss man im Thema etwas vorausgreifen, denn eigentlich gehören diese Gedanken zum Thema der Galaxieentstehung, was erst später besprochen wird.

[371] Hawkins beschreibt in einer Arbeit aus dem Jahre 1975, dass inaktive Schwarze Löcher Energie abgeben würden, und damit auch Masse verlieren. - Süddeutsche Zeitung 8.6.16, S. 14

[372] Das massive Schwarze Loch im Zentrum der Milchstraße leuchtet.

Spektrum der Wissenschaft - 2-2016, S.42

[373] Es gibt in der Milchstraße nur 60 Kandidaten für stellare Schwarze Löcher.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 8.2.17, S. N1

kann nur eine bestimmte Menge an Gasen vom Nachbarstern abziehen. Diese reichen nicht aus, um daraus ein Schwarzen Loch zu machen.

Zu den Pulsaren müsste man allgemein sagen, dass sie der Sternpopulation I angehören und alle auf der Rotationsebene der Milchstraße zu finden sind. In der Sternpopulation II wird es sehr viel mehr Pulsare geben, weil Sterne geringerer Metallizität insgesamt massenreicher werden. Weil diese Pulsare so alt sind, werden sie nicht mehr registriert. Da kann es auch noch eine größere Zahl stellarer Schwarzer Löcher geben, die aus den Pulsaren entstanden sind.

Man muss Schwarze Löcher noch mal unterscheiden. Erst mal ist klar, dass sie sich alle aus Doppelsternsystemen bilden. Es entsteht erst ein Neutronenstern nach der Supernova und dann entwickelt sich der Neutronenstern weiter zum Schwarzen Loch. Das ist die eine Art der Schwarzen Locher. Die zweite Möglichkeit ist die Entstehung von Planeten in den Zentren von Galaxien um die massiven Schwarzen Löcher. Das ist deswegen möglich, weil Schwarze Löcher eine Gasscheibe bilden, wie Sterne Diese Planeten um Schwarze Löcher entwickeln sich immer zu Sternen. So hat man Reihen von Sternen, die alle über die Supernova zu Neutronensternen werden und dann an Masse gewinnen und schwarze Löcher werden. Diese Arten der Schwarzen Löcher haben in der Regel eine höhere Masse als bei Sternen, weil sich um ein massenreiches Schwarzes Loch große Mengen an Gasen bewegen. Da die Gasscheiben um massive Schwarze Löcher so stark sind, werden die Schwarzen Löcher verschoben. So gelangen Schwarze Löcher kleinerer masse zu Schwarzen Löchern größerer Masse. Diese fangen sich ein, und weil diese Paare die starke Gasscheibe durchdringen kommt es bei diesen Paaren zum Absturz und zum Verschmelzen der Schwarzen Löcher. Die jetzt nachgewiesenen Gravitationswellen sind ein Signal von diesen Schwarzen Löchern. Man kann sie bis jetzt nur noch nicht orten. Es wird in diesen Regionen sicher auch Schwarze Löcher die mittlerer Größe sind. Diese Schwarzen Löcher fangen sicher auch kleinere Schwarze Löcher ein. Dabei kommt es aber nicht zum Absturz, weil der Abstand der Paare mit der Masse der Schwarzen Löcher wächst. Die Strömung einer Gasscheibe reicht dann nicht mehr aus, um den kleineren Partner zum Absturz zu bringen. Solche Objekte hat man bisher noch nicht gefunden, weil sie nicht auffallen. Man müsste sie aber in den Zentren massenreicher Galaxien finden.

Hier geht noch um folgendes Problem. Wenn Schwarze Löcher durch Gasströme bewegt werden können, müssen sie einen Durchmesser haben. Es gäbe keine Singularität, sondern Schwarze Löcher wären Übergroße Atome, wie sie in meinen Überlegungen angenommen werden. Wenn man Strukturen von vielen Schwarzen Löchern unterschiedlicher Masse in den Zentren großer Galaxien findet, spricht das gegen die Singularität von Schwarzen Löchern.

Es geht auch um die Frage, ob Schwarze Löcher eine Trennung vom Raum und der Zeit darstellen. Man müsste sagen, dass die Ladungsfelder immer in Kontakt zum Schwarzen Loch darstellen. Elektromagnetische Strahlung kann dem Schwarzen Loch nicht entweichen, aber die Ladungsfelder des ganzen Universums sind alle miteinander verbunden. Das gilt auch im Bezug auf Schwarze Löcher.

Die Rotation eines Schwarzen Loches erhält er in seiner anfänglichen Entwicklung als er noch Pulsar ist. Stürzt ein Pulsar in den Nachbarstern verliert er einerseits die Rotation und zum anderen vergrößert er sich wird zum Magnetar, der eine kleine Rotation vorweist. Der Magnetar wäre bei seiner Entwicklung zum Schwarzen Loch das Objekt, was keine Rotation vorweist. Der Pulsar hat eine sehr hohe Rotation, die er auch behält, wenn er sich zum Schwarzen Loch entwickelt.

Allgemein müsste man sagen, dass Pulsare und Schwarze Löcher von Gasen umgeben sind. Die Objekte unterscheiden sich nur durch den Schwarzschildradius. Der Schwarzschildradius verändert, die Objekte aber nicht. Im Prinzip sind Pulsare und Schwarze Löcher Objekte gleicher Art.

3.3.12. Das Objekt V 404 Cygni

Bei dem Objekt V 404 Cygni handelt es sich um ein Binäres System, bei dem der Begleiter 12 Sonnenmassen besitzt und Gase vom Nachbarstern abzieht. Dabei kommt es zu unregelmäßigen

Ausbrüchen mit unterschiedlicher Dauer (27.18.)[374]. Es handelt sich wahrscheinlich um ein Schwarzes Loch was über die Fusion Masse gewinnt. Es vergehen viele Jahre bis genügend Gase um das Schwarze Loch gesammelt worden sind und Temperatur und Druck gestiegen sind. Dann setzt plötzlich die Fusion ein und das Schwarze Loch gewinnt an Masse. Unterschreitet die Gasschicht wieder die entsprechende Temperatur hört der Prozess sofort wieder auf. Weil die Region um das Schwarze Loch so klein ist, kann man die Dauer nicht genau festlegen. Es gibt unterschiedliche Aktivitätszeiten von 14 Tagen bis 2 Monaten. Ist die Aktivitätszeit länger, müsste auch die Pause länger dauern, weil längere Zeit Gase angezogen werden müssen, um den entsprechenden Druck und die entsprechende Temperatur wieder aufzubauen. Diese Temperatur und der entsprechende Druck sind Vorsaussetzungen für die Fusionsprozesse mit denen ein schwarzes Loch vergrößert wird.

Dieses Objekt ist daher ein gutes Beispiel für den Übergang vom Pulsar zum Schwarzen Loch. Es ist aber auch wichtig für die weitere Entwicklung zum Massiven Schwarzen Loch in den Zentren der Galaxien. Diese funktionieren nach dem gleichen Prinzip, nur werden aus einer größeren Region Gase aufgenommen, und die Aktivität bleibt so lange der Vorrat an Gasen nicht verebbt.

Zudem fällt bei diesem Objekt auch auf, dass es neben der Röntgenstrahlung auch Licht abstrahlt (27.23.)[375]. Über den Compton-Effekt werden Elektronen ionisiert und binden sich dann wieder an die Atomkerne. Dabei werden Photonen freigesetzt.

3.3.13. Fusionsprozesse und Neutronenhäufigkeit

Man muss noch allgemein etwas zu den Fusionsprozessen sagen. Bei den Fusionsprozessen geht es generell darum, dass Protonen, Elektronen und Neutrinos in Neutronen umgewandert werden müssen, um dann mit Protonen in Atomkernen eingebaut zu werden. Das sieht man ganz gut an den Elementen im Periodensystem. Da ist das Verhältnis von Protonen zu Neutronen immer 1 zu 1. zu größeren Elementen werden die Neutronen in einem Atomkern sogar noch häufiger. Also werden seit dem Entstehen der Sterne ständig Protonen, Elektronen und Neutrinos in Neutronen umgewandelt und in Atomkernen verbaut. Mit dem Entstehen der Sterne verändert sich das Verhältnis von Protonen und Neutronen immer mehr zu Gunsten der Neutronen. Die Radioaktivität und die Atomspaltung arbeiten wieder dagegen. Dadurch entstehen wieder mehr Protonen. In den Doppelsternen ist dann noch mal eine große Menge an schweren Elementen verborgen.

---

[374] V 404 Cygni hat 12 Sonnenmassen und gehört zu einem Binärsystem. Es dürfte sich um ein Schwarzes Loch handeln, was von seinem Nachbarstern Gase abzieht mit unregelmäßigen Ausbrüchen vorweist. Diese Ausbrüche haben im Jahre 1938, 1956, 1989 und im Jahre 2015 Stattgefunden. Der Ausbruch im Jahre 1989 dauerte 2 Monate, der im Jahre 2015 begann am 15. Juni und endete abrupt am 27 Juni.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 8.7.15, S. N1

[375] Bei dem Doppelsternsystem V404 Cygni wird nicht nur Röntgenstrahlung frei sondern es werden auch gleichzeitig Photonen. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 13.1.16, S. N 2

3.4. Das Ende der Sterne

3.4.1. Der Unterschied zwischen DA- und DB-Sternen

Aus den bisherigen Überlegungen kommt man zu dem Schluss, dass es sich bei Doppelsternen generell um zwei verschiedene Arten von Sternen handelt. Sie fusionieren anders und haben damit auch ein anderes Ende. Es gibt daher zwei Arten von Weißen Zwergen. Die DB-Sterne haben keinen Wasserstoff an der Oberfläche und bei den DA-Sternen findet man ihn vor (14.17.)[376].

Der DA-Stern entspricht dem Erststern oder einem Einzelstern und der DB-Stern ist der Zweitstern. Dieser hat einen Planetenkern. Weil dieser Planetenkern eine fusionsfreie Zone ist und sich daher sehr stark komprimiert, existiert außerhalb von ihm eine äußerst hohe Dichte des Wasserstoffs. Das optimiert die Fusionsprozesse im Zweitstern. Wird er später zum Weißen Zwerg, ist sein Wasserstoff völlig aufgebraucht.

Der Partner von Sirius ist von der Temperatur her ein A-Stern. Er weist aber Wasserstofflinien auf. Daher ist er unter den Weißen Zwergen ein DA-Stern. Er hat demnach an seiner Oberfläche Wasserstoff. Zweitsterne werden generell zur Nova oder zur Supernova. Damit wird die gesamte Hülle abgeblasen. Der Erststern oder der Einzelstern hat kein solches schnelles Ende. Der DA-Stern entwickelt sich auch bis zu ganz hohen Massen und aus dem Grund haben DA-Sterne auch hohe Temperaturen. Das ist ein Hinweis, dass es keinen Gravitationskollaps zum Pulsar gibt. Er entsteht in nur bei der Supernova im Begleiter eines massenreichen Hauptsterns. Ein Hinweis, dass Sterne ganz hoher Masse Weiße Zwerge hervorbringen, liefert der offene Sternhaufen NGC 6067 in 4600 Lichtjahren Entfernung. Er ist nur 90 Millionen Jahre alt und bringt schon einen Planetarischen Nebel hervor. Stern muss eine sehr hohe Masse vorweisen (5.167.)[377].

Allgemein muss man zu Weißen Zwergen sagen, dass mit höherer Masse einmal eine höhere Temperatur haben und kleiner ist als Artgenossen geringerer Masse. Zudem haben Weiße Zwerge höherer Masse auch eine größere Energie in sich gespeichert. Dadurch dass sie kleiner sind, geben sie über die Oberfläche weniger Energie ab. Weiße Zwerge großer Masse halten daher die Energie in ihrem Inneren länger als Weiße Zwerge geringer Masse. Auf diesem Verständnis heraus kann man erklären, warum zum Beispiel der Weiße Zwerg WDJ0551+4335 über eine so lange Zeit eine so hohe Temperatur halten konnte (27.73.)[378]. Man muss bei dem Weißen Zwerg eine höhere Temperatur hatte und auch der Vorläuferstern eine sehr hohe Masse besessen hat.

---

[376] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Es gibt zwei Arten von Weißen Zwergen. Sie werden mit DA und DB bezeichnet. Der Typ A hat Wasserstoff-Linien und der Typ B hat keine. Diese beiden Typen verteilen sich unabhängig von der Temperatur. - S. 202 f,

[377] Der Planetarische Nebel in 4600 Lichtjahren Entfernung entsteht im offenen Sternhaufen NGC 6067 nach 90 Millionen Jahren. Der Stern muss mindestens 5,5 Sonnenmassen haben.

Sterne und Weltraum, - 9-2019, S. 15

[378] Der Weiße Zwerg WDJ0551+4335 hat 1,1 Sonnenmassen und eine Außentemperatur von 13ooo° Celsius. Der Stern wird auf mehrere Milliarden geschätzt. Aber der Oberfläche befinden sich große Mengen an Kohlenstoff. - 18.3.2020, N2

3.4.2. Die Temperaturlücke der DB-Sterne bei 30ooo bis 45ooo Kelvin

Zwischen 30ooo und 45ooo Kelvin findet man keine DB-Sterne (14.18.)[379]. Die Ursache liegt darin, dass der Silikatmantel der Zweitsterne im Doppelsternsystem zur Supernova zündet. Damit werden in dem Temperaturbereich, der für eine sehr hohe Masse des Sterns spricht, die Sterne grundsätzlich zerstört. Sterne über den Temperaturbereich wandern noch hinab zu dem Weißen Zwergen und Sterne unterhalb von 30ooo Kelvin können zur Nova werden, dabei wird aber der Stern nicht zerstört.

Da es keine Weißen Zwerge innerhalb dieses Temperaturbereiches gibt, wird in allen Doppelsternsystemen hoher Masse, der zweite Stern zur Supernova. Es ist auch so, dass der zweite Stern eine ganz bestimmte Masse erreichen muss, um zur Supernova zu werden. Der Zünder ist der Planetenkern und die Masse des Planetenkerns ist ausschlaggebend dafür, ob die Energie dazu reicht den Stern zu zerreißen.

Hier geht es darum, dass die Energie der Kugelschale im Planetenkern sich in zwei Richtungen bewegt. Sie wirkt nach innen und sie wirkt nach außen. Bei der Supernova ist die Energie in der Kugelschale so groß, dass sie im Zentrum reflektiert und sich dann auch wieder nach außen richtet. Die Supernova wirkt in zwei zeitversetzten Phasen nach außen. Die Massengrenze des Planeten entscheidet, ob ein Stern zerstört wird oder nicht. Reicht die Masse des Planetenkerns für diesen Vorgang aus, so wird eine schwache Supernova noch keinen Pulsar hervorbringen. Erst ein größerer Planetenkern im Stern bringt einen Pulsar hervor.

Doppelsterne werden weniger, wenn die Metallizität abnimmt. Der Zweitstern wird damit insgesamt kleiner. Jetzt muss man sich vorstellen, dass der Erststern in der Masse begrenzt ist. Diese Obergrenze dürfte etwa bei 100 vielleicht 120 Sonnenmassen liegen. Wenn nun die Metallizität hoch ist, ist auch der Zweitstern relativ hoher Masse. Er könnte dem Erststern fast ähnlich sein, aber er hat sicher eine kleinere Masse. Ist nun die Metallizität geringer, dauert es länger bis die Gasaufnahme des Planeten beginnt und er sich weiter zum Stern entwickelt. Erreicht nun der Erststern wieder seine Obergrenze, hat der Zweitstern weniger Masse wenn die Metallizität geringer ist. Daher hat man bei kontinuierlicher Abnahme der Metallizität immer kleinere Zweitsterne bei einer bestimmten Obergrenze des Erststerns.

Das Prinzip der Sterngröße im Zweitstern ist an die Obergrenze der Masse des Erststerns gebunden und an diese Metallizität. Die Supernova zündet immer bei den massereichsten Sternen im Zweitstern. Wird jedoch die Metallizität zu gering, reicht die Masse des Zweitsterns nicht mehr aus, um zur Supernova zu zünden. Es existiert diese Untergrenze, und diese bezieht sich auch auf den Zweitstern, der vom Nachbarstern Gase abzieht, wenn er zum Weißen Zwerg geworden ist. Er kann große Mengen an Gasen abziehen, kommt aber in die Situation, dass die Zündmenge, also die Masse des Planetenkerns nicht mehr ausreicht, um den Silikatmantel des Weißen Zwergs zu zünden.

Weil sich nun die Masse des Zweitsterns über die Metallizität verändert, gibt es die unterschiedlichen Arten der Supernova.

Ingesamt sollte man noch was zu den DA-Sternen sagen. Es zeigt sich dort, dass es Weiße Zwerge gibt, die über 40ooo Kelvin haben. Das dürfte die Hauptsterne betreffen. Diese entwickeln sich auch bei Sternen hoher Masse weiter zu Weißen Zwergen. Das widerspricht dem Denken der Physik, die versucht Neutronensterne über einen Gravitationskollaps großer Sternmassen zu erklären. Wäre das so, dürfte es diese Weißen Zwerge hoher Temperatur nicht geben. Da diese Sterne aber existieren, spricht das generell gegen einen Gravitationskollaps. Das würde auch bedeuten, dass es die Chandrasekhar-Grenze nicht gibt. Es gibt Weiße Zwerge mit hoher Temperatur auch in den

---

[379] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Es existiert eine Lücke von DB Sternen, zwischen 30ooo° und 45ooo° Kelvin (von den O9 Sternen bis zu den O5 Sternen). In diesem Bereich sind keine DB Sterne aufzufinden. (Demnach müssen die WC-Sterne auch bei 30ooo Kelvin beginnen.) - S. 204

Kugelsternhaufen (45.26.)[380]. Das heißt, diese Sterne sind sehr alt, haben trotzdem eine hohe Temperatur und sind massenreichen Stern zuzuordnen.

Es wird sich so verhalten, dass auch die Sterne hoher Masse in ihrem kurzen Leben sehr viel Masse an Gasen abgeben. Der Energieträger ist in dem Sinne das Elektron. Er nimmt über den Compton-Effekt die freiwerdende Energie der Gammastrahlung auf. Damit haben Elektronen bei sehr massenreichen Sternen eine besonders hohe Geschwindigkeit. Diese führt zu einem sehr hohen Sonnenwind.

Es geht bei den Weißen Zwergen darum, dass bei ihnen keine Fusionsprozesse mehr stattfinden. Daher fällt der Stern zusammen. Damit hat er eine Energiequelle, weil der Stern kontrahiert. Diese Energiequelle ist zu schwach, um Atomkerne noch mal zu verändern. Durch Strahlungsenergie bei den Fusionsprozessen wird viel mehr Energie frei. Deswegen bleiben Weiße Zwerge auch bei großen Sternmassen erhalten.

Zum Ende eines Sternenlebens wird so viel Masse abgeworfen, bis sich der Stern wieder in einem Gasgleichgewicht befindet. Am Ende des Buches wird noch mal über das Atom und Fusionsprozesse gesprochen. Diese wären zum Verständnis noch mal sehr wichtig.

Es gibt bei den Weißen Zwergen auch Sterne die aus Sauerstoff bestehen (5.147.)[381]. Wenn ein Stern Sauerstoff durch Fusionsprozesse herstellt, muss er eine große Masse besessen haben. Ein solcher Stern zeigt, dass auch Sterne großer Masse zu Weißen Zwergen werden. Das spricht gegen den Gravitationskollaps.

3.4.3. Supernovaüberreste und der Eisenanteil

Um das Verständnis der Zündung einer Supernova zu verstehen, muss man die chemische Zusammensetzung eines Supernovaüberrestes betrachten. Die Wolke des Supernovaüberrestes von G1.9+0,3 hat in seinen äußeren Regionen einen hohen Anteil an Eisen und in seinen inneren Regionen leichtere Elemente (5.130.)[382]. Sie hat eine Geschwindigkeit von 18ooo km/s und einen Durchmesser von mittlerweile 17 Lichtjahren (100 Jahre alt). Das bedeutet, dass die Teile des Sterns die mehr im Inneren steckten und dem Planetenkern zuzuordnen waren, eine viel höhere Kraft erfahren haben als äußere Regionen des Planetenkerns.

Um die Gasverteilung eines Supernovaüberrestes zu verstehen, muss man das innere der Erde betrachten. Diese Struktur ist eine Hilfe beim Verständnis für Zweitsterne mit Planetenkerne. Unterhalb der KGM ist der Anteil an Eisen und Nickel recht hoch und der Gesteinsanteil schon recht klein. Über der KGM hat man es fast ausschließlich mit Gestein zu tun. Im festen Kern der Erde wäre nur Eisen und Nickel zu finden.

In einem Zweistern mit Planetenkern sieht es ähnlich aus. Das Zündmaterial mit der hohen Energie liegt unterhalb der KGM, weil es dem Zentrum des Körpers näher ist, und dort die Temperatur und der Druck höher sind. Dieses Material wird stärker beschleunigt. Oberhalb der KGM ist die Fusion geringer, weil Druck und Temperatur nicht mehr so hoch sind. Es mag jetzt mehr Material da

---

[380] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Unterzwerge sind heiße Weiße Zwerge, die in der Galaktischen Scheibe der Milchstraße, um Halo der Milchstraße in Kugelsternhaufen und in Zwerggalaxien vorzufinden sind. - 6-2017, S. 45

[381] Der Weiße Zwerg SDS-SJ1240+6710 besteht fast vollständig aus Sauerstoff. Das spricht dafür, dass Sterne hoher Masse auch nur zu Weißen Zwergen werden. - Sterne und Weltraum, 7-2016, S. 13

[382] Der Supernovaüberrest G1.9+0,3 besteht aus einer Wolke, die sich mit 18ooo km/s aufbläht. Sie hat nach 100 Jahren einen Durchmesser von 17 Lichtjahren erreicht. Der Eisengehalt (schwere Elemente) ist in den äußeren Regionen besonders hoch. –Sterne und Weltraum, 1-2014, S. 26 f

sein, aber letztendlich zählen in erster Linie der Druck und die Temperatur für die weitere Fusion von großen Elementen in einem Stern. Das Material wird demnach nicht so stark beschleunigt. So findet man das Eisen nach einer Zeit am äußeren Rand der Gaswolke.

3.4.4. Pulsare und Doppelsterne

Pulsare sind Endstationen von Sternen, die nur bei ehemals massenreichen Doppelsternen vorkommen (5.94.)[383]. Im gleichen Zuge gibt es auch äußerst selten Doppelpulsare (5.97.)[384]. Gerade die zweite Aussage spricht dafür, dass es um zwei Arten von Sterne handelt. Es bleibt die Frage, warum der Pulsar nur aus dem Zweitstern entstehen kann.

Der Grund liegt darin, dass der Zweitstern mit dem Planetenkern in seinem Zentrum zur Supernova führt. Hier ist es auch so, dass alle Novaprozesse in Doppelsternen stattfinden und immer ein Planetenkern der Zünder ist. Die Masse des Planetenkerns im Stern entscheidet, ob im Zentrum ein Pulsar entsteht oder nicht. Der Zünder ist der Mantel des Planetenkerns aus Gestein der schlagartig fusioniert. Das besondere liegt darin, dass es ein Kugelschalenzünder ist, der nach außen aber auch genau auf das Zentrum gerichtet ist. Durch diese gerichtete Kraft entsteht der Pulsar. Er kann nur da entstehen, wo sich ein Planetenkern befindet, und das ist im Zweitstern. Der Erststern würde aus diesen Überlegungen keinen Pulsaren bilden, weil ihm der Planetenkern fehlt. Damit sind zwei Pulsare innerhalb eines Doppelsternsystems eine große Seltenheit.

Wäre nur Chandrasekhar-Grenze Ursache für das Entstehen von Pulsaren, müssten bei massenreichen Einzelsternen ähnlich viele Pulsare vorkommen, wie bei Doppelsternsystemen und es müssten sehr viel Doppelpulsare existieren, was nicht der Fall ist.

Zudem haben Pulsare zwei Achsen; einmal eine Magnetachse und eine Rotationsachse (46.1.)[385]. Für diese unterschiedliche Achse gibt es ebenfalls keine zufrieden stellende Antwort. Pulsare weisen zudem Pulssprünge auf (13.25)[386]. Diese lässt sich mit mehreren Schichten erklären, die vorher im Planetenkern vorhanden waren und unterschiedlich schnell rotiert haben. Diese Impulse bleiben bei der Entstehung des Pulsars erhalten und können zu diesen plötzlichen Pulsänderungen im Pulsar führen. Die Rotation selber ist schon im Planetenkern größer als beim Stern und wird durch den GBR noch erhöht.

Eines der Probleme ist die hohe Rotation der Millisekundenpulsare. Der sehr hohe Rotation ist nicht mehr über die Supernova zu erklären, so wie sie die Physik versteht. Sie versucht sich aber aus dem Manko zu befreien, indem sie annimmt, die Rotation wäre nach der Supernova durch die

---

[383] Unter 1600 Pulsaren befinden sich drei Pulsare (RRATs), die sehr wahrscheinlich einem Einzelstern entspringen. Alle anderen entstanden in einem Doppelstern. - Sterne und Weltraum 6-2006 - S 20-21

[384] Unter 1800 Pulsaren in Doppelsternen existiert nur ein Doppelpulsar.

Sterne und Weltraum, 10-2006 - S. 32 f

[385] Stephan Hawkings „Kurze Geschichte der Zeit“ Rowohlt Verlag 1992

Der magnetische Nord- und Südpol des Neutronensterns (Pulsaren) entspricht nicht der Rotationsachse. Er stellt damit eine zusätzliche eigene Achsneigung da. - S. 82

[386] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Der Krebs-Pulsar und der Vela-Pulsar zeigen Sprünge in den Perioden. Diesen sprechen für ein Schichtenmodell im Pulsar. - S. 160 f

Gasaufnahme des Nachbarsterns gestiegen. Diese Deutung scheint mit jedoch unmöglich, denn das Gas wir nur so schnell, wie die Rotation des Pulsaren selbst.

Demnach wäre die hohe Rotation der Millisekundenpulsare nur über den Planetenkern zu erklären, der von vorne herein höher rotiert, seine Rotation vergrößert, weil der Zweitsterne Gase aufnimmt und der Planetenkern kleiner wird. Es ist dann noch Frage der Schichtzusammensetzung der unterschiedlichen Dichte, die noch mal die Möglichkeit gibt, dass der Planetenkern sehr hoher Dichte auch bei kleiner Inklination in der Gasscheibe stärker angetrieben wird als Kerne mit geringerer Dichte. Entsteht in einem Zweitstern dann die Supernova als Kugelschalenzünder, wird dieser Kern noch mal beschleunigt, und daraus entstünde dann der Millisekundenpulsar.

Wenn in einem WC-Stern die Supernova zündet, entsteht im Metallkern hoher Dichte, der Fusionsfrei bleibt, der Pulsar. Dabei entsteht durch Fusionsprozesse ein über großer Atomkern, der dann durch die Gravitation zusammengehalten wird (siehe Atommodell im Anhang). Er bekommt nur über die Supernova einen entsprechend starken weiteren Impuls zu seiner hohen Rotation. Ist das Doppelsternsystem und damit auch der Planetenkern zu klein, wird dieser Kern von der Supernova zerrissen. Das dürfte bei WN-Sternen der Fall sein. In diesem Fall der kleineren Masse werden mehr schwere Elemente ins All geworfen.

Ein Pulsar hat demnach die Struktur eines Atomkerns. Dieser Kern besteht aus Protonen und Neutronen, bei dem sich alle Quarks um eine Achse drehen. Dabei werden die Elektronen mitgezogen, und haben, wie die Paritätsversetzung zeigt, eine Drehrichtung. Mit dieser Drehrichtung wird über die Elektronen die Radiostrahlung erzeugt, die als Jets den Pulsar verlassen. Der Neutronenstern besteht demnach aus Protonen, Neutronen und Elektronen. Die Elektronen sind auch nötig für den starken Magnetismus der Pulsare. Die Bezeichnung wäre demnach nicht richtig.

Es gibt bei den Pulsaren in Doppelsternsystemen auch Weiterentwicklungen bei denen der Pulsar dann zum Schwarzen Loch geworden ist. Dieses Objekt sendet dann keine Impulse aus, weil ihre Masse zu groß geworden ist. Bei dieser Klasse von Doppelsternen ist es aber typisch, dass der Begleiter noch ein Riesenstern ist und kein Weißer Zwerg. Das gilt auch für den Herkules-Pulsar (13.35.)[387]. Das bedeutet, dass die Supernova, die den Pulsar oder das Schwarze Loch erzeugt, in einem sehr frühen Entwicklungsstadium des Sterns stattgefunden hat. Das wären besonders massenreiche Doppelsternsysteme bei denen der Planetenkern besonders groß ist und die fusionsfreie Zone im Kern dafür sorgt, dass der Zweitstern mehr Gase aufnehmen kann als der Hauptstern. Dadurch läuft seine Entwicklung beim Zweitstern schneller ab als beim Hauptstern und die Supernova tritt eher ein. So ist der Hauptstern noch ein Riesenstern und kein Weißer Zwerg. Es geht bei der Supernova eigentlich nur darum den Zündzeitpunkt zu erreichen und nicht das Fusionsmaterial zu verbrauchen.

3.4.5. Das Ende von Haupt- und Einzelsternen

Man müsste hier noch mal allgemein etwas zu den Planetarischen Nebeln sagen. Bei den Hauptsternen und Einzelsternen wird der Fusionsprozess bis zum Eisen durchgeführt. Ist einmal das Fusionsmaterial aufgebracht, sind auch die Fusionsprozesse beendet.

Sind nun die Fusionsprozesse in einem Stern beendet, fällt der Stern zum Weißen Zwerg zusammen. Damit nähern sich die Atomkerne, aber sie können keine größeren Elemente bilden. Da die Atomkerne positiv geladen sind, stoßen sie sich einfach ab und ein größerer Teil des Gases

---

[387] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Auf den Herkules-Pulsar stürzen Gase mit halber Lichtgeschwindigkeit auf eine Fläche von nur wenigen Hektar Größe und erzeugen einen heißen Hügel von 200 Millionen Kelvin. Der Pulsar hat 5 bis 10 km Durchmesser und hat 0,8 Sonnenmassen. Der Hauptstern als enger Begleiter ist ein Riesenstern mit 2 Sonnenmassen.

S. 163

entweicht als Planetarischer Nebel. Das gilt für Sterne aller Massen. Es gib bei Sternen am Ende ihrer Entwicklung grundlegend keinen Gravitationskollaps.

Wenn man zum Gravitationskollaps allgemein etwas sagen will, so ist er eigentlich unlogisch. Es geht darum, dass bei der Fusion Elektronen durch Gammastrahlen angeregt werden. Über den Compton-Effekt erfahren. Dabei werden Protonen zu Neutronen umgewandelt und beide Atome können in Elementen verbaut werden. Neutronen entstehen bei den Fusionsprozessen, durch die hohe Energie der Elektronen. Ist die Fusion beendet, fällt der Stern wohl zusammen und es erhöht die Temperatur im Kern, aber das reicht nicht um Atome zu verändern. Es geht aber vor allem darum, dass Atomkerne bei den Fusionsprozessen eine sehr hohe Energie erfahren und erhalten bleiben. Dort wird viel mehr Energie freigesetzt als bei einem Gravitationskollaps. Wenn die Atomkerne nicht zerstört werden, kann auch kein Neutronenstern entstehen. Zudem sind Neutronen instabil. Sie zerfallen nach 880 bis 890 Sekunden. Also bleibt der Stern als Weißer Zwerg erhalten. Das zeigt die DA-Sterne mit hoher Temperatur.

3.4.6. Planetarische Nebel und Doppelsterne

Zu den Planetarischen Nebeln gibt es auch einen Hinweis, dass der zweite Stern in einem Doppelsternsystem einen Planetenkern vorweist. Der Stern R. Aquilae hat 8 Sonnenmassen und ist am Ende seiner Entwicklung angelangt. Er stößt einen unregelmäßigen Planetarischen Nebel ab. Von dieser Art der Sterne im späten Entwicklungsstadium hat man 14 Sterne vermessen, die mit einem Doppelsternsystem in Verbindung stehen (27.87.)[388].

Es geht dabei darum, dass der Stern nach dem Ende seiner Fusionsprozesse in sich zusammen fällt und dann einen Teil seiner Gase abstößt. Da aber der Zweitstern einen Planetenkern vorweist, der zudem schnell rotiert, wird der Impuls auf die Dynamik der Gase übertragen. So entsteht das Wellenmuster, was diese Planetarischen Nebel vorweisen.

3.4.7. Zur Allgemeine Relativitätstheorie

Im Bezug auf die Masse der Sterns ihr Verhalten, sollte man noch mal auf die Allgemeinen Relativitätstheorie. Dabei geht es um den Gasdruck und der Verbindung mit der Struktur der Atome, die in Sternen vorliegt. Es geht also um das Verhalten der Atomkerne und der Elektronen. Die Physik würde sagen, dass bei einer zu hohen Masse eines Sterns, die Elektronen in die Kerne der jeweiligen Atome stürzen und die Kerne selber zu einem Atomkern zusammen fallen. Das setzt aber voraus, dass man weiß, wie die Atomkerne der Elemente aufgebaut sind. Diesen Aufbau konnten die Physiker im Jahre 1916 noch nicht wissen, als Einstein die Allgemeine Relativitätstheorie formulierte. Man kannte zu der Zeit nur das Proton und das Elektron. Das Neutron wurde erst 1920 gefunden.

Es fehlte die Erkenntnis über die Existenz und die Struktur der Quarks. Die Quarks wurden erst Anfang der 70iger Jahre des letzten Jahrhunderts gefunden. Eine Struktur der Quarks im Atomkern der Elemente des Periodensystems gibt es bis heute noch nicht. Die letzte Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie findet in den 60iger Jahren des letzten Jahrhunderts statt.

Ändert man nun die Struktur der Quarks und erschafft ein Schalenmodell für die Atomkerne, wären diese durch den Gasdruck eines besonders massenreichen Sterns, der die Fusionsprozesse beendet hat, nicht veränderbar. Der Atomkern bleibt über einen zu hohen Gasdruck immer erhalten. Der Atomkern kann nur über die Fusionsprozesse verändert werden. Da diese bei einem Stern

---

[388] Der Stern R. Aquilae hat 8 Sonnenmassen und stößt einen unregelmäßigen Planetarischen Nebel ab. Es sind 14 Sterne diese Art gemessen worden und sie stehen im Zusammenhang mit Doppelsternsystemen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 23.9.2020, S. N2

irgendwann beendet sind, würde er Gase ab stoßen und den Rest als kleinen Stern behalten. So würden sich die Planetarischen Nebel erklären, die bei jedem alten Stern abgegeben werden.

Man könnte sagen, es geht um den Atomkern und das Elektron, wenn man Sterne in ihrem Verhalten verstehen wollte. Hierzu benötigt man das richtige Verständnis zur Atomstruktur. Es geht nicht darum, die Relativitätstheorie in Frage zu stellen. Dieses Verständnis zum Atom wird im Anhang des Buches besprochen.

Es gibt demnach keinen Gravitationskollaps. Auch der Schwarzschildradius würde nicht gelten. Dagegen sprechen einfach die heißen Weißen Zwerge. Diese Sterne dürften gar nicht existieren. Ein Atom wird aber durch Fusionsprozesse eines Kugelschalenzünders eines Planetenkerns in einem engen Doppelsternsystem zum Pulsar vergrößert. Der Pulsare kann sich durch weitere Gasaufnahmen und Fusionsprozesse zum Schwarzen Loch entwickeln. Dieses Schwarze Loch bricht zwar den Kontakt nach Außen ab, bleibt aber immer als Atom erhalten.

Der zweite Punkt, der in der Allgemeinen Relativitätstheorie geändert werden muss, besteht in die Bindung des Elektrons an den Atomkern. Es wird über eine Ladungsfeldanomalie an die Up-Quarks gebunden. Damit kann man auch die CP-Verletzung erklären. Das Photon ist damit kein Wechselwirkungsteilchen. Die Kräfte wirken direkt, wie sie Newton und Maxwell beschreiben. Das Graviton existiert nicht.

3.5. Zusammenfassung zur Entwicklung von Sternen

3.5.1. Grundsätzliche Prinzipien der Sternbildung ohne Planetenentstehung

Unabhängig von der Planetenentstehung ist die Entstehung der Sterne von der Strömung des Gases abhängig und dem vom Stern erzeugten Sonnenwind. Der Sonnenwind wird mit der Sternmasse größer. Die Rotation des Gases hat nach oben hin eine Grenze. Sie erzeugt eine Abplattung der Gasscheibe, die den Stern umschließ. Dieser sichert die Gasaufnahme so lange der Sonnenwind nicht zu stark wir.

3.5.2. Steuerungsprinzip und der Mechanismen zur Sternentwicklung

Als nächstes muss man die Planetenentstehung innerhalb dieser Gasströmung betrachten. Der wichtigste Gedanke liegt darin, darin dass die Entstehung von Planetensystemen die Entwicklung der Sterne allgemein steuert. Da die Entstehung von der Kondensation abhängig ist, ist die Steuerung an die Temperatur des Sterns gebunden. Die Steuerung wirkt nur in einem bestimmten Temperaturbereich des Sterns. Darüber hinaus trennt sie sich vom Stern.

Der Mechanismus wird durch Körper ausgelöst, die in der Nähe des Sterns entstehen und eine Gasscheibe durchdringen müssen. Diese Körper rotieren, weil sie die Gasscheibe durchdringen und erzeugen damit Magnetfelder, wenn nun diese Körper abstürzen, verstärken sich die Magnetfelder in tieferen Schichten des Sterns, weil er metallische Eigenschaften besitzt. Erschwerend kommt hinzu, dass Eisennickel, wegen der hohen Kondensationsstufe in der Nähe des Sterns kondensiert. Da diese selber abstürzen oder von Hochtemperturkondensaten aus Gestein mitgenommen werden, sind besonders gute magnetische Eigenschaften vorgegeben.

Die Gasaufnahme des Sterns reguliert sich über seine Rotation. Diese sorgt für die Abplattung der Gasscheibe. Sie verdichtet sich bei höherer Rotation auf der Rotationsebene und sorgt so für, dass in ihr der Sonnenwind keinen Einfluss hat. Unterhalb einer bestimmten Rotationsgeschwindigkeit bricht die Gasscheibe zusammen.

Bei kühlen Sternen begrenzt seine Entwicklung der Verlust seiner Rotation. Damit verbundene ist der Zusammenbruch der Gasscheibe. Bei hohen Sterntemperaturen bleibt die Rotation des Sterns erhalten und damit auch die Gasscheibe. Begrenzt wird die Entwicklung durch den immer stärker werdenden Sonnenwind. Dieser Mechanismus sorgt dafür, dass in der gegenwärtigen Sterngeneration der größte Teil der Sterne geringer Temperatur ist.

Dieses Verhältnis von kühlen und heißen Sterne ändert sich mit der Metallizität. Das bedeutet, in den früheren Sterngenerationen ist der Anteil schwerer Metalle geringer gewesen. Damit sind Sterne ungebremst entstanden, weil weniger Planetensysteme entstehen konnten und weniger Material in den Stern fiel. Der Anteil kühler Sterne wird geringer und der Anteil heißer Sterne größer. Zudem entstehen mehr Sterne, wenn die Metallizität abnimmt.

3.5.3. Sterngenerationen

Es müssen zwei Kategorien der Sternenentstehung unterschieden werden. Die Population I entsteht in Spiralarmen von Galaxien und in irregulären Galaxien. Sie bilden sich, weil sich Gase auf das Zentrum hinbewegen.

Die Population II ist eine alte Sterngeneration. Sie entstehen aus dem Gas des Universums zu Kugelsternhaufen. Kugelsternhaufen bilden die ersten Gravitationszentren und ziehen sich gegenseitig an. Auf diese Weise entstehen Galaxien. Die Kugelsternhaufen selber sind die Ursache für das

Entstehen von Galaxien. Erst mit dem Entstehen des Schwarzen Loches im Zentrum einer Galaxie können sich Spiralarme bilden. Diese Galaxiezentren sind demnach die Ursache für alle Stufen der Population I.

3.5.4. Prinzip der Doppelsternentstehung

Außer dem Erststern entstehen in Doppelstern- und Mehrfachsternsysteme alle weiteren Sterne aus Planeten.

Man unterscheidet zwei wesentliche Typen. Der Neptuntyp ist ein entfernter Doppelstern und der Jupitertyp ist ein naher Doppelstern. Der Neptuntyp wird zum Stern, weil er heraus wandert und Kleinplaneten einfängt. Damit gewinnt er an Dichte und innere Gasplaneten nähern sich ihm. Das kann dazu führen, dass er einen Gasplaneten wie Uranus einfängt und ihm das Mondsystem nimmt. Dabei entsteht ein großes System in dem sich auch zwei Sterne bilden können.

Der Jupitertyp bleibt in Sternnähe, weil er einen Eisenkern hat und nicht von der T-Taurikrise eines Sterns getroffen wird. Damit erreicht er frühzeitig eine Dichte mit der er sich nicht mehr vom Stern entfernt. Er sammelt damit alle Körper ein, die sich im inneren Bereich bilden. Diese Massenzunahme führt zur Entwicklung eines Sterns aus einem Planeten. Der Sonnenkrise eines Sterns kann verhindern, dass Jupiter zum Stern wird.

Bei höheren Temperaturen, also in Instabilitätsstreifen, geht die Entwicklung des Sterns weiter, auch ein Jupiter sich in eine entfernter Position zum Stern bewegt. Er wird auch da zum Stern.

Weil Jupiter seine Position verlassen hat, rückt ein anderer Planet in diese alte Position hinein und kann sich ebenfalls zum Stern entwickeln. In meinen Betrachtungen nenne ich ihn den Erdtyp. Im Instabilitätsstreifen hat man es daher oft mit Dreifachsystemen zu tun.

Oberhalb der Instabilitätsstreifens hat der Erststern keine Krise und es entwickelt sich nur ein Jupiter. Dieser entwickelt eine größerer Masse als bei kühleren Sternen. In diesem oberen Temperaturbereich findet man in diesem Bereich eher Doppelsysteme.

Alle Zweitsterne haben demnach einen Planetenkern.

Beim Neptuntyp ist es ein Planet mit Gesteinskern. Der Jupitertyp hat einen Kern aus Eisen und Gestein. Alle Kerne sind zudem von großen Mengen Wasser umgeben.

Im Instabilitätsstreifen zündet der Jupitertyp mit dem Wassermantel zur Nova. Der Erdtyp zündet zur Zwergnova nachdem er ein Weißer Zwerg geworden ist und er vom Nachbarstern Gase abgezogen hat.

Oberhalb des Instabilitätsstreifens fällt der Planetenkern zur Dichte eines Weißen Zwerges zusammen fällt, - das wäre ein WN-Stern, - oder er fällt zur Dichte eines Neutronensterns im Kern zusammen. Damit hätten wir einen WC-Stern. Nur diese Wolf-Rayet-Sterne, von denen ich annehme, sie sind nur Doppelsterne entwickeln sich zur Supernova.

Demnach entstehen Pulsare, Nova und Supernova immer in Mehrfachsternsystemen aus dem Zweitstern, der einen Planetenkern besitzt.

3.5.5. Prinzipien der Sternsteuerung durch Doppelsterne

Die wesentlichen Aussagen der Planetenentstehung der Sternentwicklung liegen darin, dass die Körper, die in den Stern stürzen und über Magnetfelder den Stern in der Rotation bremsen. Schon in der frühen Phase wird ihm daher die Rotation genommen, und daher entwickeln sich weniger heiße Sterne.

Der zweite Stern im Doppelsternsystem, der aus einem Planeten entsteht, bremst den ersten Sterns. Seine geringe Rotation steuert demnach auch die Entwicklung des ersten Sterns. Der Erststern kann dadurch nicht zu einem massiven Stern werden. Auf diese Weise wird die Gesamtdynamik in

einem entstehenden Sternhaufen gebremst. Je höher die gesamte Rotation aller Sterne ist, umso mehr Gase werden angezogen, und umso mehr Sterne können entstehen. Zu den alten Sterngenerationen hin hat das eine besondere Bedeutung. Bei geringerer Metallizität entstehen weniger Doppelsterne, und dadurch können sich viel mehr heiße Sterne bilden.

Bei den kühlen Sternen kontrolliert die Planetenentstehung die Sternentwicklung. Sie bremst alle Sterne aus, die sich unter 6000 K befinden. Dieser Mechanismus sorgt dafür, dass der größte Teil der Sterne klein bleibt. Hier wird schon im Vorfeld, die gesamte Dynamik der Rotation aus dem Haufen genommen. Dadurch entstehen Sterne nur noch in kleinen Haufen. Der zweite Bremsfaktor liegt im Zweitstern.

Nimmt nun die Metallizität ab, werden all die Kontrollmechanismen gemindert, und es entstehen mehr Sterne und mehr heiße Sterne im Gegensatz zu den kühlen.

3.5.6. Metallizität und Häufigkeit schwerer Elemente im Universum

Metallizität ist das, was man an chemischen Zusammensetzungen an der Sternoberfläche misst. Das heißt, man misst nur an der Oberfläche eines Sterns, wie die Häufigkeit der Elemente, die der Stern selber produziert, gestiegen ist. Nur an dieser Oberfläche misst man, wie stark der Anstieg der Elemente über die Generationen der Sterne war. Dieses Bild der Entstehung, was hier von Sternen geliefert wird, würde jedoch bedeuten, dass Sterne erhebliche Mengen schwerer Elemente im Kern haben. Dazu kommt, dass Exoplaneten wohl keine Seltenheit sind. Alle Sterne haben Planetensysteme. Demnach ist die wirkliche Menge der schweren Elemente, die von Sternen produziert wurde sehr viel höher.

Man müsste allgemein sagen, dass durch die Fusionsprozesse in Sternen schwere Elemente gebildet werden. Diese werden speziell in der Sternpopulation II immer wieder an die nächsten Sterne der gleichen Population weiter gegeben. Dabei wird nicht nur die Metallizität erhöht, sondern auch die Häufigkeit von Doppelsternen. Die erste Generation von Sternen, die man nicht gefunden hat, bestand nur aus Einzelsternen höchster Masse und es gab keine Planetensysteme. In den folgenden Generationen der Population II werden dann immer mehr Doppelsterne gebildet, die aus Planeten entstehen und daher versteckt schwere Elemente in sich tragen. Die Häufigkeit schwerer Elemente im Universum ist viel höher als die Metallizität, die man in den Oberflächen von Sternen messen kann. Dazu kommen noch alte Pulsare, die in großer Zahl in der Sternpopulation II zu finden sein müssen. Diese alten Pulsare werden zum großen Teil nicht mehr nachgewiesen. Der Anteil schwerer Elemente wird daher mit Sicherheit unterschätzt und ist auch ein Bestandteil der Dunklen Materie.

3.5.7. Das neue Klassifikationssystem

Bei dieser Beschreibung der Entwicklung von Sternen geht es nicht so sehr darum, dass man es mit zwei Arten von Sternen zu tun hat, von denen der eine aus einem Planeten entsteht und der andere nicht, sondern es geht kategorisch um ein völlig neues Klassifikationssystem nach dem man Sterne einteilt.

Erst dadurch, dass man über die Entstehung von Körpern um einen Stern entschlüsselt, kann man sagen, wie alle Sterne von innen aufgebaut sind. Das ist das Neue dieser Arbeit. Das HRD beschreibt nur die Oberfläche von Sternen. In dieser Arbeit findet man Auskunft Innere aller Sterne. Erst damit ist an in der Lage zusagen, wie sie sich verhalten.

3.5.8. Das Prinzip von Pulsaren und Schwarzen Löchern

Da Doppelsterne und Mehrfachsternsysteme aus Planeten entstehen und der Nova wie Supernova Fusionsprozesse sind, ist auch die Bildung eines Pulsars ein Fusionsprozess innerhalb eines

Kugelschalenzünders im Zweitstern. Um das verstehen zu können, muss man auch begreifen, dass Elemente im Periodensystem einachsige Objekte sind um die sich die Quarks drehen.[389] Also hat der Pulsar eine ganz andere Entwicklung als der die Physik es beschreibt. Es ist kein Gravitationskollaps. Das wäre auch unlogisch den Pulsare treten in Doppelsternsystemen nur bei einem Stern auf.

Das zweite wichtige Resultat besteht darin, dass die Weiterentwicklung des Pulsars nur möglich ist, wenn er Gase sammelt und dann durch Temperatur und Druck Fusionsprozesse in gang setzt. Die Weiterentwicklung zum Schwarzen Loch läuft ebenfalls über Fusionsprozesse. Über die Fusionsprozesse gewinnt der Pulsar Masse und erreicht dann den Schwarzschildradius. Damit bricht nur der Kontakt nach außen ab. Das Schwarze Loch bleibt zudem ein Objekt, was genau gleich ist, wie ein Pulsar. Es lässt nur nichts mehr aus sich heraus. Das Wachstum von Schwarzen Löcher läuft ebenfalls über Fusionsprozesse. Das bedeutet, man kommt dort auch nicht einfach hinein.

Schwarze Löcher nehmen immer mehr an Ladungsdichte auf, weil immer mehr Teilchen in das Schwarze Loch eingebaut werden. Es ist demnach ein immer größeres Problem neue Teilchen in das Schwarze Loch einzubauen. Das sieht man schon bei den Pulsaren und Magnetaren, weil sie Sprünge machen die einmal die Rotation verändern oder wie Erdbebenwellen den Körper durchdringen. Um die Masse von Schwarzen Löchern in den Zentren von Galaxien zu erhöhen, benötigt man daher eine sehr hohe Energie der Teilchen. Es müssen größeren Mengen Gase auf eine hohe Temperatur gebracht werden, damit das Schwarze Loch an Masse gewinnt. Als Beispiel könnte man eine Gaswolke aufführen, die am Schwarzen Loch im Zentrum der Milchstraße vorbeigezogen ist, aber zu keiner Veränderung führt. Das Gas hat sicht nicht in genügender Weise erhitzt, um den Fusionsprozess in Gang zu setzen.

Der wesentliche Gedanke besteht bei Schwarzen Löchern darin, dass es als Körper erhalten bleibt. Das Ladungsfeld wird immer stärker und die Gravitation ist der Energie des Ladungsfeldes immer unterlegen. Damit bleiben auch Raum und Zeit erhalten. Der Körper hat nur eine extrem hohe Raumzeitkrümmung.

[389] Das wird um Anhang unter Atome erklärt.

3.6. Die alten Sterngenerationen und Galaxien

3.6.1. Wesentliche Strukturen bei der Galaxiebildung

Es bleibt nun die Frage, wie Galaxien entstehen. Was ist an den wesentlichen Strukturen der Galaxien zu erkennen? Einmal bestehen alle aus Kugelsternhaufen, und diese Größe der Kugelsternhaufen nimmt von den Zentren großer Galaxiehaufen zu den Rändern ab. Zum anderen bestehen Galaxien immer aus zwei Generationen von Kugelsternhaufen (siehe Grafik 46). Die wesentlichen Strukturen bestehen bei großen Galaxien aus einem Supermassivem Schwarzen Loch, einem Bulge und einem Halo. In der Größenordnung gibt es zwei Typen von Galaxien. Die Elliptischen Galaxien und die Spiralgalaxien. Beide haben den Grundaufbau und Spiralgalaxien haben nur zusätzlich Spiralarme und treten vorwiegend in kleinen Gruppen von Galaxien auf. Kleine Irreguläre Galaxien haben diese Strukturen nicht.

Aus meinen Überlegungen entstehen im Universum als erstes nur Sterne. Diese ziehen sich zu Kugelsternhaufen zusammen. Diese ziehen sich gegenseitig an. Voraussetzung für die Bildung einer größeren Galaxie sind Schwarze Löcher. Diese entstehen aus Pulsaren und Pulsare bilden sich nur in Doppelsternen aus dem Zweitstern durch eine Supernova. Ursache ist das Zünden eines Planetenkerns. Das stellare Schwarze Loch gewinnt an Masse und entwickelt sich im Zentrum einer Galaxie zum massiven Schwarzen Loch. Ohne Doppelsterne kann man demnach keine Galaxie bauen. Das wären die Elliptischen Galaxien. Diese müssen in zwei Arten unterschieden werden. Die Zentrale Galaxie eines großen Galaxiehaufens entsteht als erstes und hat eine andere Entwicklung als die umliegenden Galaxien. Hier hat man folgendes Problem. Bei der ersten Sterngeneration im Universum, die auch nicht auffindbar ist, gibt es nur Einzelsterne, weil bei der Entwicklung schwere Elemente fehlen. Also gibt es keine Planeten und ohne Planeten gibt es keine Doppelsterne. Somit vergeht die erste Sterngeneration und erst mit der zweiten Sterngeneration sind die schweren Elemente vorhanden, um Planeten und im weiteren Verlauf Doppelsterne zu bilden. Die Zentralen Galaxien eines großen Galaxienhaufens haben daher eine verzögerte Entwicklung und sind aus dem Grund auch massenreicher als die umliegenden Galaxien. Das ist der Grund, warum es unter den alten Elliptischen Galaxien zwei Arten gibt (27.62.)[390]. Der außergewöhnliche Gedanke besteht darin, dass ohne die Entstehung von Planeten um Sterne sich keine Galaxien bilden können.

Dadurch, dass die Masse dieses Zentrums wächst, bekommen die nächsten Kugelsternhaufen durch die größere Gravitation mehr Schwung und bilden den Bulge. Damit steigt die Masse noch mehr, und die nächsten eingefangenen Kugelsternhaufen bilden den Halo. Mit zunehmender Masse wird der Einfangradius größer. Da die Kugelsternhaufen aus allen Richtungen kommen, drehen sie sich in allen Richtungen um das Zentrum (13.16.)[391].

Wenn der Bulge abgeschlossen ist, ist das supermassive Loch so groß, dass es seinerseits Gase anzuziehen beginnt. In dieser Phase des aktiven Kerns nimmt die Masse schneller zu, weil zusätzlich Gase angezogen werden. Es werden weiterhin kontinuierlich Kugelsternhaufen eingefangen. Dadurch,

---

[390] Unter den alten Elliptischen Galaxien gibt es zwei Arten. Die Zentrale Galaxie eines großen Galaxiehaufens entwickelt sich anders als die umliegenden Elliptischen Galaxien.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 14.8.2019, S. N2

[391] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Kugelsternhaufen bewegen sich um eine Galaxie in allen Richtungen. Die Spiralarme einer Galaxie weisen nur eine Richtung auf. - S. 209

dass die Masse der Galaxie schneller heranwächst, werden über die schneller steigende Gravitation Kugelsternhaufen in größere Bahnen gelenkt. Hier ergibt sich ein ähnliches Phänomen wie beim Einfang von Monden. Auch da ist die Bahn eines Mondes größer, weil der Planet in der Zeit Masse gesammelt hat, während der Mond zu ihm treibt. Bei der Galaxie ist nur so, dass die Kugelsternhaufen aus allen Richtungen kommen und während der Zeit die Masse der Galaxie heranwächst. Der Radius auf dem sich die Kugelsternhaufen bewegen, ist somit ein Maß für die Masse der Galaxie zum Einfangzeitpunkt. Der Halo eine Galaxie erklärt sich über die aktive Phase des Galaktischen Kerns, weil dieser Kern zusätzlich Gasmassen von außen anzieht.

Spiralgalaxien unterscheiden sich von den elliptischen Galaxien nur dadurch, dass sie von außen nach der aktiven Phase des Kern weiterhin Gase von außen aufnehmen. Das können sie nur deswegen, weil sie in kleinen Gruppen stehen. In diesen Gruppen ist genügend Gas da, was eine Galaxie anziehen kann. In großen Gruppen von Galaxien ist das komplette umliegende Gas aufgebraucht. Daher gibt es keine oder nur schwache Spiralarme bei diesen Galaxien.

Kleine irreguläre Galaxien habe eine sehr hohe Bewegungsdynamik. Sie hätten eigentlich von großen Galaxien eingefangen werden können. Es ist aber so gewesen, dass sich die Kugelsternhaufen gegenseitig einfangen. Durch die starke anfängliche Bewegung haben sie kein Supermassives Schwarzen Loch und es fehlt ihnen die typische Struktur einer großen Galaxie.

3.6.2. Metallizität und alte Sterngenerationen

Betrachtet man die alten Sterngenerationen, also die Population II, so ist dort festzustellen, dass die Metallizität sehr schnell angestiegen ist. In der jüngeren Sterngeneration ist dagegen nur ein sehr leichter Anstieg zu vermerken. Die Metallizität hat sich in der Frühzeit innerhalb einer Milliarde Jahre verdoppelt. Danach hat es 10 Milliarden Jahre gedauert bis sich die schweren Elemente ein weiteres Mal verdoppelt haben. Zudem hatten die alten Galaxien die fünffache Leuchtkraft (5.41.)[392].

Zudem gibt es zwei Generationen von Kugelsternhaufen zu der ersten Sterngeneration, die nicht auffindbar ist (siehe Grafik 45). In der Metallizität gibt es unter den Generationen klare Sprünge. Dabei nehmen die Leuchtkraft und damit auch die Größe der Kugelsternhaufen innerhalb einer Generation von den Galaxiezentren zu den Rändern ab. Das ist eine sehr grundlegende Struktur der Kugelsternhaufen, und es liegt eine grundlegende Linie der Metallizität vor, die sich durch die großen Strukturen zieht. Dabei sind auch die Sprünge in der Metallizität bedeutungsvoll, denn sie sprechen davon, dass von Generation zu Generation große Mengen schwerer Elemente weitergegeben werden.

Alle Elemente oberhalb von Helium, zum Teil auch noch das Lithium müssen in Sternen entstanden und an nächste Sterngenerationen weitergegeben worden sein. Die Abgabe von Elementen erfolgt über sehr heiße Sterne. In der Population I gibt es jedoch sehr wenige heiße Sterne. Das würde nicht ausreichen, um solche Mengen von Gas auszuschütten und eine so schnelle Entwicklung erklären zu können. Die kühlsten M-Sterne stellen 72 % aller Sterne dar. Die heißen und massenreichen Sterne, also die A-, B- und O-Sterne zusammen ergeben nur 1 % aller Sterne (10.16.)[393]. Damit wäre der Anteil der heißen Sterne noch kleiner. Dieses Verhältnis kann bei früheren

---

[392] Junge Galaxien haben gegenüber den heutigen Galaxien die fünffache Leuchtkraft. Die Metallizität hat sich in der Urzeit innerhalb einer Milliarde Jahren verdoppelt und hat danach die10-fache Zeit gebraucht um sich noch mal zu verdoppeln.

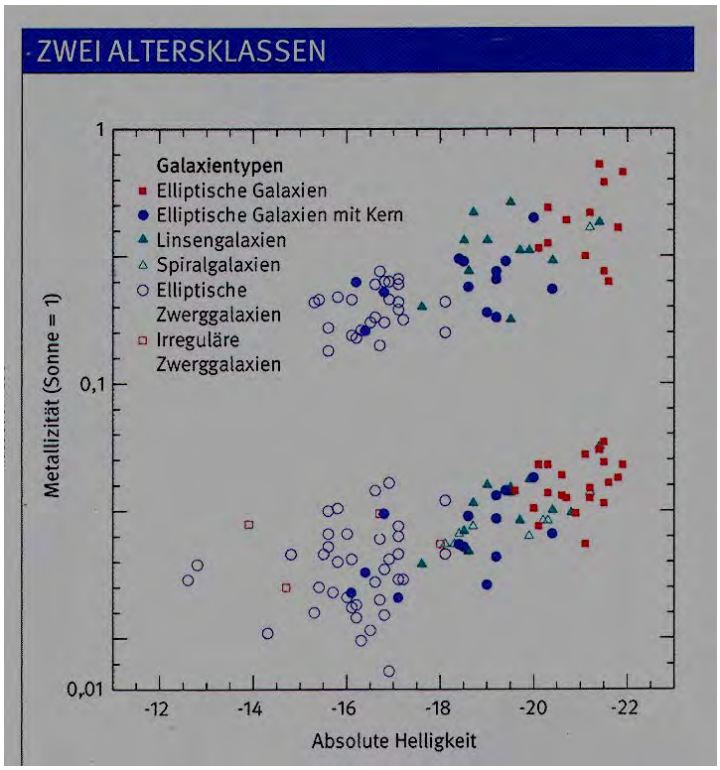
Sterne und Weltraum Spezial 1-2003 - S. 58

[393] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Häufigkeit der Spektralklassen, M-Sterne 72%, K-Sterne 14,9%, (Es fehlen 8% in der Gesamtsumme, und das könnte vom Betrages zu den G-Sternen passen.), F-Sterne 4%, A-Sterne 1%, B-Sterne 0,1% und die O-Sterne 0,000004 %. Die O-Sterne unter sich zeigen noch mal ein sehr starkes Gefälle in ihrer Häufigkeit. - S. 277

Sterngenerationen nicht so existiert haben. Hinweise bieten die Kugelsternenhaufen, deren massenarme Sterne in viel geringerem Maße vorkommen als man annimmt (45.3.)[394]. Das könnte auch dafür sprechen, dass die heißen Sterne eine andere Häufigkeit hatten. Die zentrale Frage ist dem zur Folge, wie es zu diesem Galopp der Entstehung der ersten Sterngenerationen gekommen ist.

Die Metallizität innerhalb einer Generation nimmt von den großen Galaxien zu den kleinen Galaxien ab. Das hat damit zu tun, dass die großen Galaxien viele schwere Elemente erzeugen und kleine Galaxien können weniger Elemente erzeugen. Gleichzeitig ziehen die Galaxien aus den leeren Räumen im Universum Gase an, die die ursprüngliche Zusammensetzung der Elemente aus dem Anfang des Universums vorweisen. Damit senkt sich die Metallizität der Gase. Das wirkt au kleine Galaxien stärker als auf große Galaxien.



Grafik 45: Klassen von Kugelsternhaufen (46.3.)[395]

Die Bestätigung für diese schnelle Entwicklung leitet man nicht nur von der Metallizität ab, sondern von der Größe der Galaxien im frühesten Universum. Diese Galaxien waren schon ganz zum Anfang des Universums äußerst groß, und es existierten massive Schwarze Löcher mit Milliarden

---

[394] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

M12, NGC 6218 und NGC 2298 sind Kugelsternhaufen und weisen alle eine Unterhäufigkeit an Sternen geringer Masse auf. - 5-2007, S. 60 f

[395] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Es gibt generell bei allen Galaxien zwei Generationen oder Altersklassen von Kugelsternhaufen.

5-2007, S. 65

Sonnenmassen (26.7.)[396]. Dagegen stellt sich die Gleichmäßigkeit der Hintergrundstrahlung, die mit 2,73 K auf einigen Hunderttausendstel Kelvin genau ist (5.58.)[397]. Mit der Plank-Sonde zeigt sich, dass es im frühen Universum, also bei 380ooo Jahren feine Temperaturunterschiede gibt. Es gibt regional schon große Gasströmungen, die später zur Bildung der ersten Sterne führen.

Die Antwort liegt aus den gesamten Überlegungen dieser Abhandlung in der Metallizität selber. Je geringer sie ist, umso ungestörter entwickeln sich Sterne. Da alle Körper in der Nähe eines Sterns entstehen und ein Teil in diesen stürzt und ihn damit bremst, wird dieser Anteil mit abnehmender Metallizität immer kleiner. Die früheren Sterne haben schneller rotiert. Es existierten mehr heiße und massereiche Sterne. Zweitsterne existieren weniger, da sie aus Planeten entstehen. Da sie auch über die geringe Rotation einen Einfluss auf die Erststerne haben, wird die Entwicklung zu heißen Sterne gebremst. Der Anteil heißer Sterne und deren Häufigkeit nehmen daher zu den alten Generationen hin ständig zu.

Geht man diesen Gedanken bis zum Anfang weiter, so hätte eine erste Sterngeneration eine völlig ungebremste Entwicklung. Es gab bei ihnen keine kühlen Sterne, sondern nur heiße Sterne in größtem Umfang. Die erste Generation ist damit auch in aller Kürze und vor allem, fast gleichzeitig vergangen. Insofern braucht man nicht einmal ins Universum hinaus zu schauen, sie können auf Grund dieser Überlegungen nicht mehr existieren (14.8.)[398].

Unsere Frage nach dem schnellen Anstieg der Metallizität in den ersten 10 Milliarden Jahren des Universums hätte auf diese Art eine Antwort. Die hohe Produktionsrate schwerer Elemente liegt im Wandel des Verhältnisses zwischen kühlen und heißen Sternen. Die Häufigkeit heißer Sterne nimmt mit der abnehmenden Metallizität zu.

3.6.3. Sternverhalten und Metallizität

Kühlere Sterne der Magellanschen Wolke zeigen bei geringerer Metallizität innerhalb der Population I das Verhalten heißerer Sterne mit solarer Zusammensetzung. Das könnte der Hinweis sein, dass geringere Mengen schwerer Elemente in ihren Zentren vorhanden sind.

In der Population II zeigen kühlere Sterne nach dem Verlassen der Hauptreihe das Verhalten von heißeren Sternen. Sie wechseln zum Beispiel die Farbe und halten gleichzeitig die Leuchtkraft. Das wären im HRD waagerechte Bewegungen, die nur sehr heißen Sterne aus der Population I machen. Kühlere Sterne aus der Population II können das auch. So zeigen Sterne geringerer Masse aus der älteren Sterngeneration das Verhalten von massenreichen Sternen aus der jungen Generation.

Das gleiche Verhalten findet in der Population II auch auf der Hauptreihe statt. Die ältere Sterngeneration ist gegenüber der jüngeren zu den heißen Sternen versetzt. Im Bezug zu Population I leuchten diese Sterne der Population II heller. Das bedeutet, im Kern muss die Fusion bei ihnen schneller ablaufen.

---

[396] Süddeutsche Zeitung

Ulas J 1120+0541 ist ein Quasar und war vor fast 13 Milliarden Jahren aktiv und das waren 770 Millionen Jahre nach dem Urknall. (*nature* Band 474, S.616, 2011) - 1.7.11, S. 18

[397] Genauigkeit der Hintergrundstrahlung - Sterne und Weltraum Spezial 1-2003 - S. 46

[398] James B. Kaler: „Sterne“, 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Zitat zur Population III. „Eine andere Möglichkeit wäre, dass zu Anfang Bedingungen vorherrschten, welche die Bildung von masseärmeren Sternen völlig ausschlossen.“ - S. 261

In der Betrachtung von Population I und II, zeigt sich allgemein, dass alle Sterne der älteren Generation das Verhalten heißerer Sterne in der jungen vorweisen. Die Tendenz geht auch da zum heißen Stern.

Betrachtet man die Sterne der Population II untereinander, so findet man auch da die gleiche Tendenz. Die Sterne sind mit abnehmender Metallizität heißer. Das erkennt man auf dem Horizontalast. Mitten durch diesen Ast zieht sich der Instabilitätsstreifen. Zur rechten Seite des Astes liegen die kühleren Sterne und zur linken Seite die heißeren Sterne. Ist die Metallizität gering, so befinden sich mehr Sterne auf der linken, also der heißen Seite. Ist die Metallizität hoch, sind sie auf der kühleren Seite (10.13.)[399]. Das trifft zwar nicht in allen Fällen zu, aber die meisten verhalten sich nach diesem Prinzip.

Die periodisch veränderlichen Sterne, wie die Cepheiden und die W-Virginis-Sterne haben ein ähnliches Verhalten. Sie unterscheiden sich nur in Masse und Leuchtkraft, und durch ihre Zugehörigkeit zu ihrer Population, was demnach auch mit der Metallizität zu tun hat. Die Metallizität kann in der Population II bis zu 200-mal geringer sein. Im gleichen Zuge wäre auch die Masse bei den W-Virginis-Sternen um das 10fache kleiner (10.35.)[400]. Hier wären wir wieder bei dem gleichen Erklärungsmuster. Sterne geringer Masse in der Population II zeigen das Verhalten von Sternen höherer Masse in der Population I. Wegen der geringeren Menge schwerer Elemente zeigt die Population II ein ähnliches Verhalten, wie ihre massenreicheren Kollegen in Population I.

Auch im Vergleich der Kugelsternhaufen untereinander weist der Stern eine höhere Temperatur auf, wenn die Häufigkeit der schweren Elemente im Kern geringer wird. Damit müsste es viel mehr heiße Sterne gegeben haben, wenn man in den Generationen zurück geht und damit zu Stufen geringer Metallizität gelangen.

Die erste Sterngeneration ohne schwere Elemente, die Population III, bestand nur aus Einzelsterne höchster Temperatur. Zu Festkörpern konnten nur Lithium und Beryllium kondensieren. Dadurch, dass es keine ferromagnetischen Elemente gab, konnten sie nicht gebremst werden.

3.6.4. Metallizität und frühere Sterngenerationen

Bei geringerer Metallizität ist die Menge schwerer Elemente in den Sternen geringer. Die schweren Elemente werden zu Körpern, die zum Teil in den Stern stürzen. Das führt zu Magnetfeldern in den Konvektionszonen und diese mindern den Fusionsprozess (14.1.)[401]. Damit tendiert der Stern geringerer Metallizität zu höheren Temperaturen, genau so wie wir es vorfinden.

---

[399] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“, Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Der Horizontalast des Kugelsternhaufens ist umso blauer, je geringer die Metallizität des Kugelsternhaufens ist. Ausnahmen sind M13 und NGC 7006. Sie haben gleiche Metallizität, bei 3% des solaren Wertes, und sind symmetrisch oder haben einen roten Horizontalast. Der Standart wäre ein blauer Horizontalast, wie ihn M3 hat.

S. 224 f

[400] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“, Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die W-Virginis-Sterne haben gegenüber der Cepheiden nur ein 10tel der Masse und entstammen der Population II, zeigen aber ein ähnlich periodisches Verhalten. - S. 198

[401] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg

Die ältesten Neutrinomessungen über 20 Jahre in Süddakota mit Percloräthylen haben nur ein Viertel der berechneten Neutrinos nachgewiesen. Das verblüffende des Experiments ist die umgekehrte Proportionalität gegenüber den Sonnenflecken. - S. 156-158

Die schweren Elemente bremsen die Sternentwicklung und sorgen dafür, dass so viele kühle und vor allem weniger Sterne gebildet werden. Nimmt die Metallizität ab, wird die Entwicklung der Sterne weniger gebremst und das Verhältnis verändert sich. Es existieren damit mehr heiße Sterne. Genauso entwickeln sich die Sterne viel ungehemmter. Es entstehen mehr Sterne. Wie man sieht, haben die Kugelsternhaufen insgesamt mehr Sterne als die Population I. Dazu kommt der ständig steigende Anteil heißer Sterne, die alle vergangen sind. Der Anteil unsichtbarer Masse müsste demnach bei den Kugelsternhaufen mit abnehmender Metallizität zeigen. Da es sich um eine große Zahl von alten Einzelsternen handelt, sind ihre Massen kaum mehr erkennbar.

Die Metallizität der Kugelsternhaufen ist in den zentralen elliptischen Galaxien reicher Haufen am geringsten (5.65.), aber trotzdem nimmt die Metallizität der Kugelsternhaufen in der gesamten ganzen Tendenz von den Zentren großer Galaxiehaufen zum Rand hin ab, wie man es aus Grafik 46 erkennen kann. Das gilt für beide Generationen der Kugelsternhaufen.

Damit ist es sehr wahrscheinlich, dass in den Zentren großer Galaxiehaufen, die erste Sterngeneration existiert hat. Sie dürfte Teil des Supermassiven Schwarzen Lochs zum Beispiel von M 87 sein (13.14.)[402]. Dieses unterscheidet sich von den anderen Galaxien durch die besondere hohe Masse des Schwarzen Loches.

Zu dieser ersten Sterngeneration müsste man noch folgendes überlegen. Da dieser Sterne völlig unbegrenzt sind, werden alle Sterne sehr heiße Sterne. Das bedeutet, es gibt nur O-Sterne. Da noch keine schweren Elemente existieren gibt es keine Planeten. Ohne Planeten gibt es keine Doppelsterne und ohne Doppelsterne fallen auch alle Formen der Nova weg. Dieser Sterne existieren sehr kurz und enden alle mit Planetarischen Nebeln. Damit werden große Mengen schwerer Elemente freigesetzt. In dem Zusammenhang passen auch die Daten zu den ältesten Sternen, die man bisher in frühen Formen der Sterne gefunden hat. Hier beträgt der Staubanteil der Gase 6 Millionen Sonnenmassen (27.33.)[403].

Ziehen wir den Vergleich zu den offenen Sternhaufen der Population I, so können sie nicht zusammen halten, weil ihre gesamte Gravitation zu klein ist. Bei den Kugelsternhaufen ist die Menge so groß, dass sie zusammen bleiben. Hier kommt noch hinzu, dass Sterne in ihrer Entstehung von einer Gasscheibe umgeben sind. Das schützt sie davor, dass sie mit anderen Sternen zusammen stoßen. Ist die Entwicklung abgeschlossen sind alle Sterne in einem Bewegungsgleichgewicht.

Grundlegend geht es auch darum, dass die Entstehung der Sterne der alten Population II die Ursache ist, warum sich Galaxien gebildet haben. Als das Ende der Entwicklung dieser Sterne eingetreten ist, haben sich auch keine Galaxien gebildet.

Zur ersten Sterngeneration muss man noch mal sagen, dass dort nur Einzelsterne entstehen und nur Elemente bis zum Eisen durch Fusionsprozesse gebildet werden. Aber gerade das Eisen ist das erste Element mit magnetischen Eigenschaften. Erst mit dem Eisen ist es möglich Sterne auszubremsen. In der nächsten Sterngeneration können dann Kobalt und Nickel gebildet werden, die ebenfalls magnetische Eigenschaften haben. Die Menge der Elemente wird mit der Zeit immer größer und die Sterne können immer besser gebremst werden. Somit entstehen mit der Zeit immer kleinere Sterne.

---

[402] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bilbliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Das supermassive schwarze Loch wird im Zentrum der Milchstraße auf 6 Millionen Sonnenmassen geschätzt. Bei der Galaxie M 87 (Virgo) geht man von 10 Milliarden Sonnen aus. - S. 220

[403] Der Staubanteil der Galaxie A2744-YD4 beträgt 6 Millionen Sonnenmassen. Die Galaxie selber ist 600 Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 15.3.17, S. N1

Die großen Gruppen von Galaxien sind als erstes entstanden. Das wäre in unserer Region der Virgohaufen. Da findet man die geringste Metallizität der Sterne. Da entstehen die ersten Sterne in dieser großen Region des Universums. Das dürfte vor mehr als 12 Milliarden Jahren stattgefunden haben. Die Entstehungsfront setzt sich dann fort und die Lokale Gruppe mit der Milchstraße ist dann später entstanden. Die alte Generation der Kugelsternhaufen der Milchstraße ist 8 Milliarden Jahre alt. In einer verzögerten Phase entstehen dann die Spiralarme. Spiralgalaxien haben immer zwei Entwicklungsphasen, weil die Galaxie im späteren Verlauf durch dass Anziehen von Gasen die Spiralarme bildet, die dann zu einer neuen Entstehung von Sternen führt (27.69.)[404]. Die Entstehungsrate der Sterne ist sehr viel geringer als bei den Kugelsternhaufen. Allgemein kann man sagen, dass Spiralgalaxien in der späten Entwicklung von Galaxien stattfinden.

3.6.5. Bewegungsdynamik der Galaxien

Wie erklärt man nun die unterschiedliche Bewegungsdynamik der jeweiligen Galaxien? Galaxien entwickeln sich von verschiedenen Zentren aus. Das wäre in unserer Nähe der Virgohaufen. Je weiter man sich von dem Zentrum Galaxienhaufens entfernt, umso höher ist die Bewegung der Kugelsternhaufen gewesen. Das erreichen sie auch eine höhere Eigenbewegung.

Das Zentrum setzt alle Kugelsternhaufen in Bewegung. Es wird selbst immer größer und damit nimmt die Bewegung der Kugelsternhaufen zu, je weiter sie von diesem Zentrum weg liegen. So haben die entfernten Galaxien, wie die Spiralgalaxien eine höhere Dynamik als die Elliptischen Galaxien. Die irregulären Galaxien werden als letztes gebildet und haben die größte Bewegungsdynamik.

Dazu hat man auch herausgefunden, dass das Alter der Galaxien abhängig ist von der Form der Galaxie. Je runder eine Galaxie ist, umso älter ist sie (27.51.)[405]. Die Runden Galaxien findet man im Zentrum großer Galaxiehaufen. Also beginnen sich dort die ersten Sterne im Universum zu bilden. Von da aus nimmt die Dynamik, weil immer größere Gasströme entstehen. Mit der zunehmenden Dynamik flachen Galaxien ab.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang alte Spiralgalaxien, so haben diese mit immer größeren Abständen von den Zentren großer Galaxiehaufen eine höhere Dynamik. Je weiter man in die Zeit zurückgeht, umso kleiner müsste die Dynamik der Galaxien sein. Das heißt, je weiter man in der Zeit zurück geht, umso näher müssen diese Galaxien an den großen Zentren von Galaxiehaufen stehen. Dieser Zusammenhang ist bei alten Spiralgalaxien festgestellt (22.41.)[406].

Bei den Spiralgalaxien in kleinen Gruppen verhält es sich so, dass es oft zwei Galaxien sind die in dieser Gruppe dominieren und diese sind von kleinen Zwerggalaxien umgeben. Der Gasstrom, der sich einmal zum großen Zentrum von Galaxien gezogen hat, lag zwischen den beiden Galaxien. Das bestimmte auch deren Drehrichtung. Daher müssten sich die beiden Spiralgalaxien gegeneinander drehen, wie Zahnräder. Die umgebenden Zwerggalaxien haben dabei auch eine hohe Dynamik in ihren

---

[404] Die Entwicklung vom Zentrum der Milchstraße hat zwei getrennte Phasen. Die erste Phase setzt vor 8 Milliarden Jahren ein und nach einer längeren Pause beginnt dann die zweite Phase.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 24.12.2019, S N2

[405] Das Alter einer Galaxie ist abhängig von seiner Form. Je runder eine Galaxie ist, umso älter ist sie auch.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 25.4.18, N2

[406] Alte Spiralgalaxien zwischen 7 bis 11 Milliarden Jahren haben eine kleinere Bewegung in ihren äußeren Regionen. - Spektrum der Wissenschaft 5-2017, S. 8

äußeren Bewegungen. Ein Spiel ist die Zwerggalaxie Tucana II (27.93.)[407]. Es herrscht in der späteren Entwicklung dieser Galaxien einfach eine stärkere Strömung in dem Gasstrom.

Hier kommt noch die zweite wirkende Kraft hinzu, die neben der Gravitation wirkt. Die Entwicklung der Sterne der Population II breitet sich von diesen Zentralen Regionen aus und entleert den Raum, weil die Sterne die Gase aufnehmen und damit komprimieren. Die Entleerung bestimmter Räume bedeutet, dass sich die Gase aus dem umliegenden Raum in diesen leeren Raum bewegen. Es wirkt nicht nur die Gravitation, sondern eine Kraft die aus dem Druckausgleich eine zusätzliche Bewegung der Gase auslöst. Es gibt einen zusätzlichen Bewegungsfaktor der für die Gasbewegung gilt, aber in diesen Gasen entwickeln sich die Sterne der Population II und daraus entstehen dann im Verlauf auch die Galaxien. Damit kann man auch höhere Bewegung der Galaxien um große Galaxiegruppen, wie dem Virgohaufen erklären. Haben solche Gasströme einmal eine Bewegungsdynamik erreicht, behalten sie diese aufgrund der Massenträgheit bei. Das erweckt auch den Eindruck, dass mehr Massen in den äußeren Regionen von Galaxiengruppen vorhanden wären. Das wäre bei diesen Überlegungen aber nicht der Fall, weil ein Teil der Strömung nichts mit der Gravitation der Körper zu tun hat, sondern dadurch hervorgerufen wurde, weil Gase den entleerten Raum durch die massive Sternentstehung wieder füllen.

Die konstante Rotationsgeschwindigkeit der Spiralgalaxien in den äußeren Regionen ist auch mit den diesen großen Gasströmen verbunden. In deren Mitte entwickeln sich die Spiralgalaxien. Wenn sie dann mehr Masse haben, können sie von den Rändern dieser Gasströme Kugelsternhaufen einfangen. Da dort die Geschwindigkeit kleiner ist, hat man es mit einer Geschwindigkeitsdifferenz zu tun. Diese entspricht genau der Geschwindigkeit der äußeren Körper in einer Spiralgalaxie. Da sich Spiralgalaxien generell in entfernten Regionen zu massiven Galaxiehaufen aufhalten, sind sie mit diesen Gasströmen verbunden. Die Elliptischen Galaxien befinden sich in den großen Galaxiehaufen und haben mit diesen Gasströmen nichts zu tun. Folglich nimmt die Bewegung ihrer Körper in den äußeren Regionen auch ab.

Im Prinzip geht es dabei darum, dass die Entwicklung der Galaxien von innen nach außen stattfindet, und die Dynamik der Gase mit der Entwicklung erhöht wird (5.146.)[408]. Damit nähern sich Gasströme der Galaxie. Diese erreichen eine bestimmte Geschwindigkeit. Nimmt die Sternentstehungsrate in den äußeren Regionen ab, bleibt die Dynamik der Gasströme erhalten, weil große Gasmassen träge sind.

3.6.6. Große Galaxiestrukturen

Eine weitere Frage liegt darin, warum große Galaxienhaufen entstehen und sich weiterhin Galaxien in Bändern durch das Universum ziehen. Wie kommen solch große Strukturen zu Stande?

Die ersten Sterne entstehen in ganz bestimmten Punkten des Universums. Das sind heute die Zentralgalaxien der größten Galaxiehaufen. Das werden später Quasare, die einen aktiven Galaxiekern vorweisen. Man hat schon 900 Millionen Jahre nach dem Urknall 25 Quasare gefunden, die in unmittelbarer Nähe eine weitere Strahlungsquelle haben. Davon existieren 4 Quellen (5.159.)[409]. Von

---

[407] Die Zwerggalaxie Tucana II umkreist die Milchstraße und hat einen Abstand von 163ooo Lichtjahre von unserer Erde. Sie dreht sich in ihren Außenbereichen besonders schnell und die Metallizität der Sterne nimmt nach außen hin ab. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 3.2.2021, S. N2

[408] In der Milchstraße nimmt das Alter der Sterne von innen nach außen ab. Es gibt also eine Entstehungsreihenfolge nach der Struktur einer Spiralgalaxie. - Sterne und Weltraum, 5-2016, S. 28 ff

[409] Bei 25 Quasaren, die sich 900 Millionen Jahre nach dem Urknall gebildet haben hat man vier weitere Strahlungsquellen in unmittelbarer Umgebung gefunden. Demnach bilden sich dort auch weitere Galaxien.

Sterne und Weltraum, 8-2017, S. 14

dort aus pflanzt sich die Sternenentstehung massiv fort und alle Sterne entstehen, die man der Population II zuschreibt. Demnach sind alle Sterne, die später zu Kugelsternhaufen werden vorher einzelne Sterne gewesen.

Die Sternentstehung der aller ersten Sterne setzt überhaupt eine Dynamik in Gang. Das Universum dehnt sich aus und damit bewegen sich die Gase voneinander weg. Die Gasdichte nimmt also ab. In dem Sinne bewegt sich eigentlich erst nicht so viel. Entstehen aber die ersten Sterne entstehen um den Stern hohe Gasgeschwindigkeiten. Kleinere Sterne können schon Geschwindigkeiten mit ihrer Gasscheibe von die über 200 km/s zu erreichen. Da es aber am Anfang keine Planeten gibt, die den Stern bremsen, werden alle Sterne der aller ersten Sterngeneration heiße Sterne, die man dann den O-Sternen zuordnen müsste. Diese Sterne entwickeln mit ihren Gasscheiben eine sehr viel höhere Geschwindigkeit. Setzt einmal eine Sternentstehung ein, kommt eine extrem hohe Dynamik in Gang. Das ist eine Fortlaufende Entwicklung, die von einem Ort ausgehend sich immer weiter fortpflanzt und damit die gesamte Gasregion in Bewegung versetzt. Mit der Zeit lässt dann die Dynamik nach weil die Metallizität steigt, und Planeten um Sterne entstehen. Diese Bremsen die Entwicklung der Sterne. Erst mit der zweiten Generation der Population II entstehen dann Doppelsterne. In dieser zweiten Generation kann es erst zum Entstehen der Supernova führen, die aus dem Zweitstern entsteht.

Sterne selber lösen mit dem Entstehen einen zusätzlichen Effekt aus, der nur durch die Entleerung des Raumes entsteht. Sterne komprimieren das Gas, wenn sie entstehen. Der Raum wird am Entstehungsort dieser Sterne entleert. Das massive Entstehen von Sternen führt dann zu einer großen Strömung des Gases, was sehr weit wirkt. Da die frühen Sterngenerationen kaum durch Planeten in Sternnähe gebremst werden, hat ein metallarmer Haufen eine große Dynamik der Sternentstehung. Man hat so einerseits die Gravitation, die für die Bewegung der Sterne und Galaxien und man hat einen zweiten Bewegungsfaktor, der durch den Unterdruck ausgelöst wir. Aus dem Grund bewegen sich die Sterne und die Galaxien schneller als die vorhandenen Massen.

Da mit der ersten Sterngeneration und den direkt danach folgenden Generation der Population II Abermilliarden von Sterne entstehen, hat man es mit einem großen Fluss von Gasen zu tun. Der Fluss der Gase löst größte Strömungen aus. Diese Ströme sind die Bänder in denen wir heute die Galaxien finden. In diesen Strömungen ist das Gas verdichtet. Dieser Strömungsfluss hat demnach zwei Faktoren. Einmal den Faktor der vorhandenen Masse alle Sterne, die mit ihrer Gravitation wirken und zum anderen dem Fluss der Gase, die für die Entleerung des Raumes stehen. Beide Flüsse wirken gegen die Richtung der Ausdehnung des Universums. Demnach hat man im Frühen Universum den Eindruck, es würde sich langsamer ausdehnen. Die Physik formuliert es anders, sie spricht von einer später beschleunigten Ausdehnung des Universums (69.1.)[410].

Diese Flussgeschwindigkeit nimmt von den Zentralgalaxien in die Ferne hin zu. Die Flussmenge wird in die Ferne hin kleiner, weil die Metallizität mit der Entwicklung der Kugelsternhaufen wächst, und damit die Dynamik der Sternentstehung verloren geht. Die Größe der Kugelsternhaufen ist nur von dieser Dynamik bestimmt und nimmt, wie man aus Grafik 46 entnimmt, zu den Rändern großer Haufen ab. Damit werden die Kugelsternhaufen zu den Rändern der Hauptregionen und den Bändern hin kleiner und bilden auch die unterschiedlichen Arten der Galaxien. Von den Zentren großer Galaxienhaufen nimmt das Alter der Sterne ab. Mit der großen Flussdynamik wird eine höhere Gasdichte erreicht. Diese Gasdichte ist ausschlaggebend für die Größe der Kugelsternhaufen.

Dieser Entwicklungsablauf besagt auch, dass erst von einzelnen Orten im Kosmos ausgehend früh große Gruppen von Galaxien entstehen. Die Bestätigung dazu findet sich bei einer größeren Gruppe von Galaxien, die 1,5 Milliarden Jahren nach dem Urknall existiert hat. Vor allem liegt dort

---

[410] Das Universum verlangsamt sich bis vor 7,5 Milliarden Jahren und nimmt dann langsam wieder Fahrt auf. Das ergab eine Untersuchung von Adam Riss im Jahre 1998 an der Helligkeit von Supernovae 1a.

Die Zeit, Deutsche Wochenzeitschrift, - 6.10.11, S. 41,

die Sternentstehungsrate bei 15ooo Sterne pro Jahr (27.52.)[411]. Zum Vergleich entstehen in der Milchstraße 9 Sterne pro Jahr. Hier wird genau das bestätigt, dass die Sternentstehung an einzelnen Orten mit einer massiven Sternstehung begann. In unserer Nähe wäre das die Galaxie M87 in der ähnliches passiert ist. Das ist die zentrale Galaxie des Virgohaufens.

Eine der frühen Entstehungsgebiete von Galaxien in Gruppen findet man von 12,5 Milliarden Jahren. Die zentrale Galaxie ist sehr massiv und ist von kleineren Galaxien umgeben. Die Sternentstehungsrate beträgt 850 Sonnenmassen pro Jahr. Die Spektroskopische Auswertung der Galaxien zeigt einen strukturierten Entwicklungsablauf (27.96.)[412]. Das bedeutet, dass sich die Entwicklung der Sterne von Galaxie zu Galaxie verändert. Die Metallizität müsste von der zentralen Galaxie nach außen hin zunehmen. Wenn sich eine solche Gruppe vergrößert, entsteht ein großer Galaxienhaufen. Die Entwicklung setzt sich dann in Bändern fort und es entstehen dann kleine Gruppen von Galaxien, wie auch unsere Lokale Gruppe in der sich die Milchstraße befindet. Das Spektrum dieses entfernten Galaxienhaufens zeigt demnach die Entwicklungsreigenfolge auf.

Die Entwicklungsphasen der großen Strukturen im Universum kann man über Radiostrahlung überprüfen. Da diese Sternentstehung in den zentralen Regionen großer Galaxiehaufen einmal begonnen hat müssen die frühesten Raumstrukturen rund gewesen sein. Dann verformen sich diese Strukturen und in der späteren Phase geht die Sternenstehung in Bändern weiter. Man hat dann eher längliche Raumstrukturen in denen sich Sterne Population II gebildet haben.

3.6.7. Zwei Generationen von Kugelsternhaufen

Es geht um die Frage, warum es zwei Generationen von Kugelsternhaufen gibt (siehe Grafik 46). Die erste Sterngeneration braucht einmal die Gase in der Umgebung auf. Sie zieht Gase in großen Mengen an. Das dauert jedoch eine geraume Zeit bis die Gase in großen Mengen ankommen. Kommen diese an, setzt die zweite Generation der Sternenentstehung ein und bildet von neuem Kugelsternhaufen. Es gibt demnach eine Zwischenphase beim Entstehen der Sterne der Kugelsternhaufen, bei der die Sternenentstehung unterbrochen ist, weil die Gasdichte zu gering ist.

Das Entstehen dieser jungen Generation der Kugelsternhaufen kommt natürlich in einer Phase, bei der die Bildung der großen Galaxien abgeschlossen ist. Es kommt dann zu einer Bildung kleiner Galaxien, diese bewegen sich um die großen Galaxien. So haben große Galaxien keine jungen Kugelsternhaufen in ihrem inneren sondern können nur von jungen Kugelsternhaufen umgeben sein. ein Beispiel wären die magellanschen Wolken aber auch die Galaxie M 87, die von 100ooo jungen Kugelsternhaufen umgeben sind (41.4.)[413]. Das erklärt auch das Wachstum der Galaxien, die von innen nach außen wachsen (5.146.)[414].

---

[411] Es gibt schon 1,5 Milliarden Jahre nach dem Urknall größere Gruppen von Galaxien im Universum. Die Sternentstehungsrate liegt bei 15ooo Sterne pro Jahr. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 29.4.18, S. 20

[412] Eine Gruppe von Galaxien befindet sich in 12,5 Milliarden Lichtjahren Entfernung. Die Zentrale Galaxie ist sehr Massiv. Die Sternentstehungsrate beträgt 850 Sterne pro Jahr. Das Spektrum der einzelnen Galaxien spricht für eine strukturierte Entwicklung. Die Zentrale Galaxie hat die Bezeichnung HDF 850.1.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 17.3.2021, S. N2

[413] „Der neue Kosmos“ 7. Auflage, Einführung in die Astronomie und die Astrophysik, A. Unsöld, B. Baschek, Springer Verlag Berlin, Heidelberg New York 2002

Die Milchstraße, aber auch die Elliptische Galaxie M87, ist von jungen Kugelsternhaufen umgeben. Diese findet man scheinbar nur außerhalb großer Galaxien. Bei M87 sind es 100ooo an der Zahl. - S. 335

[414] In der Milchstraße nimmt das Alter der Sterne von innen nach außen ab. Es gibt also eine Entstehungsreihenfolge nach der Struktur einer Spiralgalaxie. - Sterne und Weltraum, 5-2016, S. 28 ff

3.6.8. Richtungen der Galaxie- und Sternentstehung

Bei der Entwicklung der großen Strukturen also der Galaxien im Universum geht es um ein wichtiges Prinzip. Die Entwicklung der Sterne der Population II bewegt sich gegen die große Strömung von den Galaxiezentren weg. Die Galaxien bewegen sich im späteren Verlauf ihrer Entwicklung zum Zentrum der großen Haufen hin. Die Frage ist damit, warum Galaxien entstehen und dann zum Zentrum großer Galaxiehaufen wandern. Die Antwort liegt darin: Je mehr Sterne der Population II in der Strömung entstanden sind, umso mehr Masse lassen sie hinter sich. Mit der wandernden Front wird die große Strömung vor der Front immer schneller je weiter man sich den großen Zentren entfernt. Umso höher ist damit auch die Bewegungsdynamik der Sterne in Richtung der Zentren. Je höher die Geschwindigkeit der einzelnen Sterne, umso schneller können sie sich auch zu Zellen und dann zu Grundformen der Galaxien entwickeln. Die Grundformen folgen wieder der allgemeinen Strömung. Daher läuft die Entwicklungsdynamik der Spiralgalaxien in Richtung der Großen Galaxiehaufen. Das heißt, die Metallizität einer solchen Galaxie nimmt nach außen hin ab. Man kann sagen, dass sich diese Entwicklungsrichtung der Galaxien umdreht. Die Zentralen Galaxien großer Galaxienhaufen haben noch die Kugelsternhaufen geringster Metallizität im Kern der Galaxie. Das heißt auch, es hat einmal eine fortlaufende kontinuierliche Entwicklung von Kugelsternhaufen mit immer höherer Metallizität gegeben, die sich von den Zentren großer Galaxienhaufen in die Ferne führte. Hier ist es auch so, dass die Zentren großer Galaxienhaufen zuerst entstehen und erst später bilden sich Bänder von kleinen Galaxiegruppen (26.19.)[415].

In der Anfangszeit entstehen sehr viel mehr Sterne. Die Galaxiehaufen sind daher größer, und im späteren Verlauf wird die Sternenstehung kleiner. So sind auch die Gruppen von Galaxien nicht mehr so groß. Grundsätzlich verhält es sich auch so, dass nur in einem kleinen Teil des Universums Sterne entstanden sind. Im größten Teil des Universums haben sich nie Sterne gebildet. Es gibt daher auch ganz große Gasmengen im Universum, die nie etwas mit der Sternentstehung zu tun hatten.

3.6.9. Auslöser der Entstehung erster Sterne

Damit überhaupt Sterne entstehen, muss es im frühen Universum zu einer größeren Strömungsdynamik kommen. Da die Entstehung der Teilchen sehr gleichmäßig verlaufen ist, existiert auch ein sehr gleichmäßiges Gas. Die Wahrscheinlichkeit, dass stärkere Strömungen entstehen ist erst mal gering. Das Universum dehnt sich dabei aus, und irgendwann ist der Punkt überschritten, dass sich Sterne bilden können. Daher sind die großen Zentren von Galaxien sehr selten. Es kann sogar so sein, dass größere Regionen keine Sterne und keine Galaxien ausprägen. In der Regel sind die Sternregionen mit leeren Räumen 100 Millionen Lichtjahre groß (13.32.)[416]. Es gibt aber auch einen leeren Raum von 1,8 Milliarden Lichtjahren (27.16.)[417]. Die Entstehung der ersten Sterne ist daher sehr unwahrscheinlich. Kommt die Sternentstehung jedoch zustande, verhält es sich so wie mit einem Sog. Die Sterne entleeren den Raum, und Gase fliesen durch den Druckausgleich auf dieses Zentrum

---

[415] Nach neuen Messungen der Plank-Sonde und der Hipparcos-Sonde gibt es im Universum schon sehr früh eine große Häufigkeit von großen Galaxienhaufen. - Süddeutsche Zeitung, 7.4.15; S. 16,

[416] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Die großen Galaxienhaufen sind um so genannte Große Löcher angesiedelt. Der Durchmesser beträgt etwa 100 Millionen Lichtjahre. - S. 219

[417] In einer Region mit einem Radius von 1,8 Milliarden findet man kam Galaxien. Es ist ein fast leerer Raum im Kosmos. Diese Region ist 3 Milliarden Lichtjahre entfernt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 3.5.15, S. 55

zu. Es entsteht eine zudem eine Strömungsdynamik, die eine laufende Sternentstehung möglich macht. So entstehen massiv Sterne und damit auch im späteren verlauf Galaxien.

Allgemein muss man zur Dynamik aller Bewegungen von Galaxien, Sternen und Gasen sagen, dass sie nur durch die Entstehung der Sterne erklärt werden muss. Das Universum dehnt sich am Anfang nur aus und besteht aus ein paar einfachen Elementen. Erst über die erste Sternentstehung und alle folgenden Generationen von Sternen muss die gesamte Dynamik erklärt werden. Diese müssen einer Logik folgen.

3.6.10. Gasströme und Quasare im früheren Universum

Gasströme verhalten sich nicht, wie Festkörper oder auch Sterne als verdichtete Festkörper. Die sind miteinander verbunden. Sie sind zudem auch träge. Sie erreichen um ein Gravitationsfeld nicht auf die Keplersche Geschwindigkeit. Für die Entwicklung von Sternen, aber auch die Entwicklung von Quasaren ist das von großer Bedeutung. Beide können Gase aufnehmen weil Gase immer zu langsam sind.

In den frühen Strukturen des Universums gab es sehr große Strömungen im Universum. Zudem haben sich die ersten Supermassiven Schwarzen Löcher in den Zentren von Galaxien schon entwickelt. Diese sind irgendwann zu aktiven Galaxiekernen (Quasare) geworden. Diese Aktivität ist nur darauf zurückzuführen, dass diese großen Gasströme existierten. Wenn einmal die Sterne um den Quasar in einem gravitativen Gleichgewicht sind, kommt es dort nicht mehr zum Absturz von Körpern. Das Schwarze Loch wächst nicht, oder kaum. In der Zeit der großen Gasströme werden diese aber vom Schwarzen Loch angezogen und da sie sich träge verhalten, kann das Schwarze Loch diese Gase aufnahmen. Diese Phase der Quasare ist jedoch begrenzt, was daran liegt, dass die Grasströme im früheren Universum nur eine bestimmte Zeit existiert haben.

Die Quasare selber senden zudem ein Licht aus, was eine stark rotverschobene Alpha-Lyman-Linie vorweist. Dieser Linie vorgelagert ist der Lyman-Alpha-Wald. Das bedeutet, dass sich das Licht durch eine Gasregion bewegt und damit jedes Mal die Alpha-Lyman-Linie absorbiert. Das bewegt sich demnach durch eine große Zahl von Gasregionen bis es die Erde erreicht (5.135.)[418]. Meine Überlegungen gehen davon aus, dass diese Gasregionen, die Gasströme sind, die sich auf die Zentren großer Galaxiehaufen zu bewegen.

3.6.11. Der Bulge und die Größe des Schwarzen Lochs

Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Größe des Schwarzen Loches und der Größe des Bulges. Dies bezieht sich in dem Sinne auch auf Elliptische Galaxien. Das Schwarze Loch entspricht generell einem Tausendstel der Masse des Bulges oder einer Elliptischen Galaxie. Wie lässt sich dieses Verhältnis erklären? Bei der Sternentstehung verhält es sich generell so, dass der Stern immer Gase über die Jets abgibt. Er nimmt nicht nur Gase auf sondern gibt sie auch gleich weiter. Sterne entleeren demnach den Raum nicht, sondern sie verdünnen das Gas. Sterne nehmen dieses Gas aber mit, wenn sie zu Kugelsternhaufen werden und sie dann weiter zum Bulge oder einer Elliptischen Galaxie zusammenziehen. Das Schwarze Loch kann sich nun dieser Gase bedienen, die übrig geblieben sind. Folglich ist es so, dass dem Schwarzen Loch mehr Gase zu Verfügung stehen, wenn der Bulge größer, damit wird auch die Masse des Schwarzen Loches größer.

[418] Der Lyman-Alpha-Wald findet sich im Spektrum der Quasare. Er besagt, dass das Licht durch eine große Anzahl von Gasregionen geht, und dabei die Absorptionslinien sammelt. – Sterne und Weltraum, 10-2014, S. 38

3.6.12. Wachstum von massiven Schwarzen Löchern

Hier geht es darum, wie massive Schwarze Löcher in den Zentren der Galaxien entstehen. Sie bilden sich wie schon in vorigen Texten erwähnt aus einem Pulsar. Der Pulsar ist immer im Doppelsternsystem und kann nur wachsen, indem man vom Nachbarstern Gase abzieht. Über dieses System hinaus gelingt es ihm nicht Gase zu sammeln. Deswegen gibt es in Population I keine massiveren Schwarzen Löcher. Auch die Kugelsternhaufen haben noch zu wenig Sterne sind aber schon zu einer Zeit im Universum entstanden als die Gasdichte viel höher war. Erst wenn sich mehrere Kugelsternhaufen einfangen, ist die Gasdichte so hoch, dass es dem Pulsar gelingt überregional Gase aufzunehmen. Das bedeutet aber auch, dass er dann sehr schnell wächst und zu einem massiven Schwarzen Loch wird. Schon in vorigen Texten ist gesagt, dass Pulsare in dem Sinne das gleiche sind wie Schwarze Löcher. Hier muss man noch grundsätzlich erwähnen, dass Pulsare aus Doppelsternsystemen entstehen. Diese haben immer einen Planetenkern. Das heißt, dass Schwarze Löcher an die Planetenentstehung gebunden sind.

Der Grund, warum die Zentrale Galaxie eines großen Sternhaufens so groß ist, besteht darin, weil dort die Sternentstehung beginnt. Hier gibt es in der ersten Generation von Sternen nur Einzelsterne. Dabei kann sich kein Pulsar und späteres Schwarzes Loch bilden. Folglich muss die erste Generation der Sterne erst vergehen und schwere Elemente in das Universum abgeben. Dann ist es möglich, dass sich Sterne aus der nächsten Generation mit Planeten zu Doppelsternen entwickeln, die über die Supernova einen Pulsar hervorbringen. Im weiteren Verlauf wird dieser Pulsar zum Schwarzen Loch und kann sich über den Massengewinn in das Zentrum dieser ersten Galaxie setzen. Diese zentrale Elliptische Galaxie unterscheidet sich daher gegenüber den umliegenden kleineren Elliptischen Galaxien (27.62.)[419]. Die folgenden Galaxien können sich viel schneller entwickeln und erreichen eine kleinere Masse.

Das Wachstum von Schwarzen Löchern wird durch Fusionsprozesse hervorgerufen. Demnach benötigt man eine größere Gasmenge, die am Schwarzen Loch komprimiert wird, eine entsprechende über den Druck und Temperatur eine entsprechende Energie zu erzeugen. Daher ist es auch so, dass kleine Gasmengen das Schwarze Loch nicht zum Leuchten bringen (22.45.)[420]. Das ist erst der Fall, wenn die Fusionsprozesse einsetzen. Daher gibt es aktive und inaktive Galaxiekerne. Quasare wären demnach aktive Galaxiekerne.

Dass ein massives Schwarzes Loch Gase an sich vorbeiziehen lässt, ist erst im Zentrum der Milchstraße festgestellt worden. Das Schwarze Loch hat dabei die Gaswolke nicht beeinträchtigt (26.18.)[421]. Das würde dafür sprechen, dass schwarze Löcher nur durch Fusionsprozesse wachsen

---

[419] Unter den alten Elliptischen Galaxien gibt es zwei Arten. Die Zentrale Galaxie eines großen Galaxiehaufens entwickelt sich anders als die umliegenden Elliptischen Galaxien.

Frankfurter Allgemeine Zeitung - 14.8.2019, S. N2

[420] Schwarze Löcher werden erst sichtbar, wenn eine größere Menge an Gas in sie stürzt.

Spektrum der Wissenschaft, 7-2017, S. 14

[421] Eine Gaswolke (G2) ist am Schwarze Loch im Zentrum unserer Milchstraße vorbeigezogen ohne Schaden zu nehmen. Der Abstand betrug 24 Milliarden Kilometer. - Süddeutsche Zeitung, 27.3.15, S. 16

[421] Man hat einen Quasar gefunden, der ein Schwarzes Loch von 800 Millionen Sonnenmassen vorweist und 690 Millionen Jahre nach dem Urknall tätig ist. Zudem kann man feststellen, dass die Reionisierungsphase im Universum sehr spät stattgefunden hat. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 13.12.17; N1

[421] Die Galaxie SPT0418-47 ist vor 12,4 Milliarden Jahren entstanden und wurde im Millimeterbereich der Strahlung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass sie eine völlig gleichmäßige Strömungsstruktur ausbildet.

können. Es ist sogar so, dass mit der steigenden Masse eines Schwarzen Loches die Ladungsdichte der Quarks immer größer wird. Folglich benötigt man immer mehr Energie um Teilchen in ein Schwarzen Loch einfüge zu können. Das bedeutet, dass man immer größere Mengen an Gasen braucht, die dann die entsprechende Temperatur erzeugen. Dazu kommt, dass die Schalenstruktur des Schwarzen Loches kleiner wird. Bei den Magnetaren kann über die Radioblitze zeigen, dass die Schalen kleiner werden. Aus dem Grund ist es auch so, dass die Schalen aus denen ein Schwarzes Loch besteht mit der zunehmenden Masse kleiner werden. Man steigt der Energieaufwand noch mehr, um noch in ein Schwarze Loch eindringen zu können. Daher benötigt man einfach mehr Gase, um die entsprechende Energie um das Schwarze Loch zu erzeugen. Je größer nun eine Galaxie ist, umso mehr Gase stehen zur Verfügung, und umso größer ist auch die Masse eines Schwarzen Loches. Aus dem Grund können nur aktive Galaxiekerne für die Vergrößerung des Schwarzen Loches sorgen.

Demnach sind Schwarze Löcher, die nicht aktiv sind, immer von großen Mengen an Gasen umgeben, die die Massen von Sternen weiter übersteigen. Das Gas liegt auch außerhalb des Schwarzschildradiuses. Ein Hinweis dafür ist Sagittarius A im Zentrum der Milchstraße. Dort hat es vom Jahre 1999 bis zum Jahre 2018 insgesamt 121 Röntgenflares gegeben (27.74.)[422]. Diese Röntgenflares sprechen dafür, dass Sterne abgestürzt sind. Das Schwarze Loch ist demnach dauernd von einer Gasschicht umgeben. Druck und Temperatur sind darin aber nicht groß genug, damit sich das Schwarze Loch durch Fusionsprozesse vergrößert. Das geht nur, wenn der Kern der Galaxie aktiv ist und Gase zugeführt werden.

Im Bezug darauf hat man im frühen Universum Quasare gefunden die schon vor fast 13 Milliarden Jahren ein Schwarzes Loch vorweisen, was Milliarden von Sonnenmassen besitzt. Der Quasar ist 690 Millionen Jahre nach dem Urknalltätig, und hat schon ein Schwarzes Loch von 800 Millionen Sonnenmassen (27.47.)[423]. Der Quasar muss recht schnell entstanden sein. Da er aber mit zunehmender Masse schneller wächst, weil der Druck und die Temperatur so stark steigen, ist das kein Problem. Dazu kommt aber noch, dass die erste Sterngeneration entstehen und wieder vergehen muss. Erst nachdem diese entstanden ist und schwere Elemente abgegeben hat, können Doppelsterne und Pulsare entstehen.

Die Galaxie SPT0418-47 ist vor 12,4 Milliarden Jahren entstanden und wurde im Millimeterbereich der Strahlung gemessen. Sie ist noch durch eine Vordergrundgalaxie über eine Gravitationslinse verstärkt und bildet so einen Einsteinring. Diese Galaxie könnte die frühe Form eines Quasars darstellen, der eine gleichmäßige Strömung von Gasen verursacht. Diese Gase drehen sich um ein Zentrum. Wichtig ist die gleichmäßige Strömungsverteilung (27.84.)[424]. Im weiteren Verlauf wird damit mit Sicherheit eine Elliptische Galaxie, wie man sie in großen Galaxiehaufen findet. An den Gasströmungen zeigt sich, dass sich Galaxien sehr gleichmäßig entwickeln.

Durch eine Vordergrundgalaxie ist das Signal aus dem All noch verstärkt worden. Das führte über eine Gravitationslinse zum Einsteinring. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 19.8.2020, S. N2

[422] Auf Sagittarius A im Zentrum der Milchstraße hat vom Jahre 1999 bis zum Jahre 2018 eine Anzahl von 121 Röntgenflares stattgefunden. Die Anzahl dürfte noch höher sein, weil das Zentrum der Mickstraße nicht dauernd beobachtet wird. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 25.3.2020, N2

[423] Man hat einen Quasar gefunden, der ein Schwarzes Loch von 800 Millionen Sonnenmassen vorweist und 690 Millionen Jahre nach dem Urknall tätig ist. Zudem kann man feststellen, dass die Reionisierungsphase im Universum sehr spät stattgefunden hat. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 13.12.17; N1

[424] Die Galaxie SPT0418-47 ist vor 12,4 Milliarden Jahren entstanden und wurde im Millimeterbereich der Strahlung untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass sie eine völlig gleichmäßige Strömungsstruktur ausbildet. Durch eine Vordergrundgalaxie ist das Signal aus dem All noch verstärkt worden. Das führte über eine Gravitationslinse zum Einsteinring. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 19.8.2020, S. N2

Es gibt auch Galaxien in denen doppelte Schwarze Löcher existieren. Das heißt, man findet ein Schwarzes Loch und dies wird von einem kleinen Massiven Schwarzen Loch begleitet. Ein gutes Beispiel ist der Quasar QJ 287. Er ist ein aktiver Galaxiekern und hat eine Masse 18 Milliarden Sonnenmassen. Der Begleiter ist ein Schwarzes Loch von 140 Millionen Sonnenmassen. Dieses kleine Schwarze Loch umrundet das große Schwarze Loch in 12 Jahre. Dabei durchstößt es die Gasscheibe des Quasaren zwei Mal und leuchtet jedes Mal hell auf (45.15.)[425]. Das bedeutet, dass das Schwarze Loch beim Durchdringen der Gasscheibe des Quasars mehr Gase aufnimmt und den Fusionsprozess um das kleine Schwarze Loch verstärkt. Von diesen Objekten hat man mehrere gefunden (27.20.)[426].

Die Entstehung solcher kleinen Schwarzen Löcher um ein großes Schwarzes Loch erklärt sich mit der Gasscheibe. Diese führt immer zur Bildung von Planeten. Diese entwickeln sich weiter zum Stern und daraus entsteht eine sehr starke Supernova aus der ein Schwarzes Loch im Sonnenmassenbereich entsteht. Aus einer Reihe schwarzer Löcher im zweistelligen Sonnenmassenbereich, kann sich dann ein Schwarzes Loch mit mehreren Millionen Sonnenmassen entwickeln. Solche doppelten Schwarzen Löcher wären demnach kein Hinweis, dass Galaxien miteinander verschmelzen. Zudem entfernen sich solche Objekte, wenn sie heranwachsen vom Zentrum. Das ist wie bei der Planetenentstehung um einen Stern. Auch die Milchstraße hat im Zentrum Strukturen, die auf eine Entwicklung dieser Art hinweisen.

Man muss dabei unterscheiden, dass es kleinere Schwarze Löcher gibt, die dann über die Gasscheibe eines aktiven Galaxiekerns zueinander geschoben werden. Diese Schwarzen Löcher liegen im Bereich von 20 bis 50 Sonnenmassen und fangen sich ein und kommen aber zum Absturz. Das löst die bisher festgestellten, aber nicht georteten Gravitationswellen aus.

Bei den Schwarzen Löchern im zweistelligen Sonnenmassenbereich kann der Vorläuferstern auch einen Begleiter haben. Hier entwickelt sich ein Planet in der Gasscheibe der Vorläufersterns zum Stern und wird zur Supernova. Dieser Begleiter ist aber viel aber viel kleiner als der Vorläuferstern. Die Sterne, die sich in der aktiven Gasscheibe um des aktiven Galaxiekern bilden, habe mehr Masse, weil die Gasscheibe so stark ist. So hat man ein Schwarze Löcher im zweistelligen Sonnenmassenbereich und einen Begleiter im einstelligen Sonnenmassenbereich. Diese beiden Schwarzen Löcher können auch abstürzen. Eine solche Gravitationswelle hat man am 14. August 2019 gemessen (27.81.)[427]. Sterne selber sind nur in der Lage Schwarze Löcher bis 2,6 Sonnenmassen hervorzubringen. Dann gibt es eine Lücke und dann werden Schwarze Löcher aus Sternen in den Gasscheiben der aktiven Galaxiekerne. Diese Sterne mit sehr großen Planetenkernen entsprechen demnach einer eigenen Kategorie von Sternen. Daraus entsteht die besagte Hypernova.

Es geht dann noch um die Frage, was der Absturz bedeutet. Da geht es darum, dass die untere Grenze des Schwarzen Loches etwa bei 20 Sonnenmassen liegt und diese Masse zu klein ist um eine stabile Bahn um das andere Schwarze Loch zu finden. Vergleichbar wäre das mit Einfanggröße der Monde im Sonnensystem. Da liegt die Grenze bei 400 km Durchmesser. Mimas Miranda und Proteus liegen an dieser unteren Grenze. Kleinere Körper stürzen auf den Planeten ab, wenn er die Gasscheibe durchdringt. Da nun die Gasscheibe um das Zentrum einer Galaxie viel größer ist, ist sie auch

---

[425] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Der Quasar QJ 287 hat ein Schwarzes Loch von 18 Milliarden Sonnenmassen und wird in 12 Jahren von einem kleineren Schwarzen Loch mit 140 Millionen Sonnenmassen umrundet. Dabei wird die Gasscheibe des Quasars zwei Mal durchdrungen und das kleinere Schwarze Loch leuchtet auf. - 5-2015, S. 36 f

[426] In der Galaxie befinden sich zwei Schwarze Löcher mit dem Abstand der Größenordnung unseres Sonnensystems. Die Galaxie ist von der Erde 3 Milliarden Jahre entfernt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung - 20.9.15, S. 63

[427] Bei der Gravitationswelle vom 14. August 2019 sind zwei schwarze Löcher von 23 und 2,6 Sonnenmassen abgestürzt. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 1.7.2020, S. N2

wesentlich mehr abgeplattet. Dadurch liegt die Einfanggröße zweier Körper oberhalb von 20 Sonnenmassen. Wenn Schwarze Löcher größer werden als 20 Sonnenmassen, stürzen sie nicht mehr ab. Man muss daher davon ausgehen, dass dieses Schwarze Loch von 140 Millionen Sonnenmassen ein ganzes „Planetensystem“ von kleinen Schwarzen Löchern beherbergt. Es gibt daher eine ganze Reihe größerer Schwarze Löcher, die kleine schwarze Löcher über 20 Sonnenmassen eingegangen haben und die Gasscheibe um das Massive Schwarze Loch im Zentrum durchdringen. Diese Schwarzen Löcher leuchten dann ebenfalls aus, senden Gammastrahlung aus und werden über Fusionsprozesse größer. Je mehr Masse in Schwarzes Loch hat, umso größer ist auch der Fusionsprozess beim Durchdringen der Gasscheibe, und umso energiereicher sind auch die Neutrinos. Die stärksten Neutrinos konnten jetzt auch im Zentrum einer aktiven Galaxie geortet werden (26.29.)[428]. Das war ein Blasar, den neben den Neutrinos aus Gammastrahlung freigesetzt hat.

In diesem Zusammenhang ist es möglich, dass sich zwei Schwarze Löcher in Sterngröße einfangen, weil die Gasscheibe das kleinere Objekt zum größeren Objekt treibt (5.164.)[429]. Dieser Gedanke setzt aber voraus, dass Schwarze Löcher einen Durchmesser haben. Es wären keine Objekte, bei denen Raum und Zeit zusammenbrechen. Wäre das der Fall, könnte man sie nicht mehr über Strömungen bewegen. Betrachtet man dazu die Gravitationswellen, die durch das Verschmelzen von zwei Schwarzen Löchern ausgelöst werden, so sind die ausgehenden Schwarzen Löcher immer unterschiedlicher Masse. Wenn sie unterschiedlicher Masse sind, hätten sie auch eine unterschiedliche Dichte.

Dabei müsste man noch mal die Gasscheibe betrachten, die das massive Schwarze Loch im Zentrum der Galaxie umgibt. Eine solche Gasscheibe hat einen aktivitätsgrad der sehr hoch ist, weil die Geschwindigkeit der Gase fast die Lichtgeschwindigkeit erreicht. Nach neueren Untersuchungen von der Galaxie Perseus A erreichen die Gase, die in einem Jet das Schwarze Loch wieder verlassen fast die Lichtgeschwindigkeit. Der Jet befindet sich 12 Lichtjahre vom Schwarzen Loch entfernt (27.50.)[430]. Bei solch hohen Gasgeschwindigkeiten ist die Abplattungsrate der Gasscheibe sehr stark. Die Körper haben beim Durchdringen eine starke Abdrift und kleinere Schwarze Löcher, die sich eingefangen haben, können dort zum Absturz gebracht werden.

Diese hohe Geschwindigkeit der Gase um ein massives Schwarzes Loch wird durch die große Gravitation des Schwarzen Loches ausgelöst. Der Fusionsprozess kann nur langsam vollzogen werden, um das Schwarze Loch zu vergrößern. Aus dem Grund werden Teile der Gase über die Jets wieder abgeleitet.

In der Galaxie Centaurus A, die 12 Millionen Lichtjahre von Erde entfernt ist, hat man in diesen Jets Gammastrahlung gemessen (27.80.)[431]. Die Gase und die Elektronen haben auch da eine

---

[428] Ein Energiereiches Neutrino was auf der gemessen wurde, konnte geortet werden. Es kam aus dem Zentrum einer Galaxie, die darin einen Blasar beherbergt. Die Galaxie ist 4 Milliarden Lichtjahre entfernt. Der Blasar zeigte dabei auch Veränderungen in der Leuchtkraft. Zudem war die Gammastrahlung verstärkt.

Süddeutsche Zeitung 13.7.18, S. 14

[429] Es gibt 6 Gravitationswellenereignisse mit Schwarzen Löcher. Davon sind 5 bestätigt. Grundsätzlich sind die beiden Schwarzen Löcher, die verschmelzen unterschiedlicher Größe. Ein weiteres bestätigtes Ereignis bezieht sich auf Neutronenstern mit einem weiteren Körper. Diese beiden Körper weisen kleinere Massen vor.

Sterne und Weltraum, 2-2018, S. 22

[430] In der Galaxie Perseus A erreicht die Gase im Jet, die das Schwarze Loch verlassen, fast die Lichtgeschwindigkeit. Der Jet ist 12 Lichtjahre vom Schwarzen Loch entfernt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung 18.4.18, N1

[431] In der Galaxie Centaurus A wird Gammastrahlung in den Jets frei die sich vom aktiven Galaxiekern entfernen. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 24.5.2020, S. N1

extrem hohe Geschwindigkeit mit der sie sich vom Schwarzen Loch entfernen. Es ist vor allem so, dass die Elektronen immer wieder neue Energie bekommen, während sie das Schwarze Loch in den Jets verlassen. Diese Temperatur der Jets führt zu Fusionsprozessen in diesen Gasen. Diese geben Energie frei und treiben die Elektronen an. Fusionsprozesse setzen überall da ein, wo entsprechend hohe Temperaturen herrschen. Das zeigt auch, dass größere Regionen um aktive Schwarze Löcher in Galaxien von Fusionsprozessen bestimmt sind. Die Fusionsprozesse setzen die Gammastrahlung frei.

Zum Vergleich müsste man Körper aus dem Sonnensystem nehmen. Dort liegt die Durchdringungsgröße bei etwa einem Kilometer Durchmesser und die Einfanggröße eines Mondes liegt bei etwa 400 Kilometer Größe. Mimas, Miranda und Proteus wären Vertreter dieser unteren Grenzegröße, bei der ein Mond beim durchdringen der Gasscheibe nicht auf seinen Planeten abstürzt. Bei den Schwarzen Löcher, die miteinander verschmelzen, liegt das kleinere Schwarze Loch unter der Durchdringungsgröße. Dies steht auch für eine bestimmte Masse. Die Durchdringungsgröße als Masse ausgedrückt, liegt bei aktiven Gasscheiben um Galaxiekernen über 20 Sonnenmassen. Das bedeutet auch, dass größere Schwarze Löcher nicht mehr abstürzen, wenn sie von einem noch größeren Schwarzen Loch eingefangen. Man muss sich die Regionen von Galaxiekernen so vorstellen, dass größere Schwarze Löcher, die das Zentrum einer Galaxie umkreisen ganze Planetensysteme von Schwarzen Löchern einfangen, die alle eine Mindestgröße vorweisen.

Dazu müsste man wieder in den Anhang schauen. Dort beschreibe ich Atomkerne als Schalen aus Deuteriumringen, die nur eine bestimmte Größe erreichen. Dann erhöht sich nur die Schalenbesetzung und es entsteht über die Fusion ein Neutronenstern. Schwarze Löcher wären die gleichen Objekte mit größerer Masse und ohne Außenkontakt. Schwarze Löcher wären demnach Atome ganz bestimmter Größe aber unterschiedlicher Dichte.

In diesem Verständnis benötigt man aber eine extrem starke Strömung, um solche Objekte noch bewegen zu können. Das ist nur noch möglich mit einer Abgeplatteten Gasscheibe um ein Massiven Schwarzes Loch im Kern von massenreichen Galaxien. Nur da herrscht eine entsprechende Strömungsstärke von Gasen, die fast die Lichtgeschwindigkeit erreichen. Nur da ist es möglich Schwarze Löcher mit kleiner Masse zu bewegen. Das wären Schwarze Löcher mit der Masse von Sternen.

Das wären demnach die Bedingungen, die es möglich machen, dass zwei Schwarze Löcher in der Masse von Sternen zu einem Schwarzen Loch verschmelzen. Also würden sich Gravitationswellen aus zwei Schwarzen Löchern nur in den Zentren aktiver Galaxiekerne bilden. Wenn sich zwei kleine Schwarze Löcher einfangen, führt das massive Schwarze Loch im Zentrum der Galaxie zu einer stark elliptischen Bahn. Damit nähern sie sich an und gelangen zum Absturz.

Diese kleinen Schwarzen Löcher wurden durch die Leuchtkraftveränderung der Quasare gefunden (5.145.)[432]. Das heißt, ein Schwarzes Loch umkreist den Quasar und durchdringt die Gasscheibe des Quasars. Da es für seine Aktivität Gase benötigt, wird es besonders aktiv, wenn es in diese Gasscheibe des Quasars eindringt. Die Aktivität besteht in den Fusion um das Schwarze Loch. Die Gasmenge führt zu einer Verdichtung mit dem entsprechenden Druck und der entsprechenden Temperatur um das Schwarze Loch herum.

Da nun Quasare viele Leuchtkraftschwankungen vorweisen, sollte man davon ausgehen, dass es sehr viele noch kleinere Schwarze Löcher beherbergt, die nach dem gleichen Prinzip aktiv werden. All diese Schwarzen Löcher sind im Prinzip in der Anfangsentwicklung aus Planeten entstanden.

Die Schwarzen Löcher, die man über Gravitationswellen gefunden hat liegen im zweistelligen Sonnenmassenbereich. Größere Schwarze Löcher wird es sicher auch geben, aber sie werden nicht über Gravitationswellen nachgewiesen. Das hat folgende Bewandtnis. Je höher die Masse eines Schwarzen Loches ist, umso größer ist auch die Umlaufbahn des zweiten Schwarzen Loches. Ist der

---

[432] Hier wird die Leuchtkraftveränderungen eines Quasars über gut 200 Jahre festgehalten.

Sterne und Weltraum 4-2016, S. 19

Abstand zu groß, kann die Strömung der Gasscheibe nicht mehr zum Absturz führen. Es gibt sicherlich viele Schwarze Löcher im drei- und vierstelligen Sonnenmassenbereich, aber diese Schwarzen Löcher können nur über die Leuchtkraftveränderungen beim Durchdringen der Gasscheibe eines aktiven Galaxiekerns gefunden werden.

3.6.13. Richtungen und Ausdehnung des Universums

Aufgrund des unterschiedlichen Startmomentes der ersten Sternentstehung und der unterschiedlichen Mischungen von Gasen aus neue fusionierten Materials gerade entstandener Sterne mit den „Urgasen“ des Universums nehmen aneinander folgende Sterngenerationen der Population II für jede neue Region der Sternentstehung unterschiedlich Entwickelungsgeschwindigkeiten an. Diese Dynamik wirkt sich für jede Region unterschiedlich auf den Druckausgleich von Gasbewegungen aus und sorgt für unterschiedlich starke Gasströme im frühen Universum, die sich zu den Zentren großer Galaxiehaufen bewegen. Da dies ein Faktor ist, der sich gegen die Ausdehnung des Universums richtet, registriert man in den verschiedenen Richtungen des Universums in großen Entfernungen unterschiedliche Ausdehnungen. Dahinter stecken unterschiedliche Bewegungsgeschwindigkeiten der Gasströme.

3.6.14. Die Dunkle Materie

Einmal ist der Begriff Dunkle Materie irreführend, denn es geht bei dem Problem um zu hohe Geschwindigkeiten der Galaxien um sich selber und der Galaxien umeinander. Die Ursache für diese hohe Bewegung muss nicht Materie sein. Es ist aber schon klar, dass es ein Problem der Großen Strukturen im Universum ist. Zum Beispiel findet man im Sonnensystem und seiner Umgebung keine dunkle Materie.

Der Hauptgrund für die großen Bewegungen der Galaxien in sich und um sich herum, liegt sehr wahrscheinlich im Druckausgleich des entleerten Raums im Universum. Hier entstehen massive Ströme von Gasen in denen sich Sterne und im weiteren Verlauf Galaxien bilden, die repräsentativ zur vorhandenen Masse eine höhere Geschwindigkeit vorweisen. Das bezieht sich auch auf die Spiralgalaxien, die im äußeren Bereich eine nahezu konstante Geschwindigkeit haben. All diese Geschwindigkeiten, wären nicht im Gleichgewicht mit der Gravitation der vorhandenen Massen.

Um zu verstehen, was Dunkle Materie bedeuten könnte, muss man sich über die Gase im Universum Gedanken machen. Wenn Sterne entstehen, werden nur Teile des Gases für den jeweiligen Stern gebraucht. Ein großer Teil der Gase fließt über die Pole wieder vom Stern weg. Der Stern zieht viel mehr Gase an als er später an Masse in Form von Gasen über die Leuchtkraft vorweist. Folglich wird auch in Sternentstehungsregionen nur ein Teil der Gase für die Entwicklung der Gase gebraucht. Nur dieser Teil, der beim Stern bleibt, zeigt seine Masse an.

Ein weiterer Punkt besteht darin, dass die Sternentstehung am Anfang des Universums von einzelnen Regionen ausgegangen ist. In diese Regionen ist immer mehr Gas hineingezogen worden. Auch da ist nur ein Teil der Masse durch die Leuchtkraft der Sterne messbar.

Die Sternentstehung hat sich aus Region heraus fortgepflanzt. So haben sich Galaxiezentren und an Bändern kleine Gruppen von Galaxien gebildet. Dazwischen gibt es aber größte Regionen, in denen nie Sterne entstanden sind. Das ganze Universum ist aber mit Gas gefüllt. Folglich gibt es größte Mengen an Gas, die ihre Masse nicht verraten. Diese haben auch nie Kontakt mit der frühen Sternentstehung gehabt.

Es geht bei der Dunklen Materie darum, dass durch die Bewegung der Gase im Universum eine hohe Dynamik entsteht. Die Bewegung wird durch die Entleerung von Gasen bestimmter Regionen ausgelöst. Die massive Entstehung der Sterne in bestimmten Regionen führt zu der Entleerung.

Einer der wesentlichen allgemeinen Faktoren für die fehlenden Massen im Universum sind auch Doppelsterne. Nach den Überlegungen in diesem Buch haben sie alle Planetenkerne. Von daher

findet in der inneren Region dieser Sterne keine Fusion statt. Diese Sterne haben daher eine geringere Leuchtkraft trotz höherer Masse.

Zudem muss man allgemein sagen, dass die Sternenstehung im Universum erst einsetzt, als sich das Universum abgekühlt hat. Die entstehenden Sterne verwenden nur einen kleineren Teil der Gase im Universum. Der große Teil der Masse findet man in den Regionen in denen keine Galaxien existieren. Dort befinden sich große Mengen an Gasen, die noch von der ersten Nukleosynthese um Universum stammen. Diese Massen zeigen sich nicht durch eine Bewegungsdynamik.

Die Dunkle Energie lässt sich über die Gasströme im frühen Universum erklären. Diese arbeiten gegen die Ausdehnung des Universums. Diese Gasströme ziehen sich zusammen, so lange die Kugelsternhaufen und damit auch die Galaxien entstehen. So hat man den Eindruck, dass sich das Universum in der frühen Phase langsamer ausdehnt.

Ein Wert der die frühe verzögerte Ausdehnung des Universums unterstützt findet man bei der Bestimmung der Hubble-Konstante. Der Wert für die Hubble-Konstante, der über die Hintergrundstrahlung bestimmt wird, ist gegenüber anderen Bestimmungsarten am kleinsten. Da er sich auf das frühe Universum bezieht, muss der Wert auch so klein sein (27.65.)[433]. Hier geht es auch darum, dass der Wert der Hubble-Konstante bei den Roten Riesen kleiner ist als bei den Cepheiden. Das hat damit zu tun, dass zwei Arten von Sternen existieren. Die einen haben Planetenkerne und die anderen haben keine. Bei den Riesensternen fällt der Planetenkern auch besonders auf. Das sieht man an den Leuchtkraftklassen.

3.6.15. Die Größe des Universums

Es sollte zum Schluss des Kapitels noch allgemein zur Größe des Universums gesagt werden. Wenn das Universum unendlich ist, kann man nicht mehr von Größe reden. Es hätte in dem Fall keinen äußeren Rand. Ob das Universum unendlich ist, kann man nicht entscheiden, da man wegen der Lichtgeschwindigkeit an seinen Anfang schaut, aber nicht eventuelles Ende.

Wenn das Universum unendlich ist, kann man nicht mehr in Begriffen agieren, das Universum dehne sich aus. Man kann nur noch sagen, Dinge im Universum entfernen sich voneinander. Diese Begriffe sind ohne Grenzen schwieriger zu verstehen. Man kann demnach nur Schritte in der Entwicklung speziell des frühen Universums beschreiben, aber nie über seine Größe entscheiden.

Auch der Begriff der Inflation im frühen Universum würde keinen Sinn ergeben, wenn das Universum unbegrenzt wäre. Zudem kann es nur Geschwindigkeitsgrößen geben, die die Lichtgeschwindigkeit erreichen, sie aber nicht überschreiten.

Im Universum geht es auch nicht um die Größe. Man wird auch nie erfahren, ob es begrenzt ist. Es geht nur um eine Energiedichte oder allgemein um eine bestimmte Dichte, die vorliegen muss, damit sich aus Strahlung Elementarteilchen bilden können. Das kann man auch ohne Grenzen beschreiben. Dann laufen bestimmte Entwicklungen ab, die man verstehen muss. Diese ersten Abläufe in der Entwicklung des Universums werden noch im Anhang besprochen.

---

[433] Die Hubblekonstante ergibt drei verschiedene Größen. Die Bestimmung über die Hintergrundstrahlung ergibt den kleinsten Wert. Der darüber liegende Wert ergibt aus Auswertungen der Roten Riesen und der größte Wert ergibt sich aus der Auswertung der Cepheiden.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 9.10.2019, S. N1

4. Wissenschaftskritik und Analyse

4.1. Allgemeine Gedanken

4.1.1. Unterschiede der Idee zum bisherigen Denkansatz

Vergleicht man diese Idee der Planetenentstehung mit Überlegungen der heutigen Forschung, so unterscheidet sie sich darin, dass sie bei der frühen Bildung der Körper von der warmen Entstehung ausgeht, während man in der heutigen Forschung von der kalten Entstehung spricht. Zudem besteht der unterschied darin, dass in meinen Betrachtungen Körper in der aktiven Gasscheibe entstehen. In der Physik betrachtet man die Entstehung der Planeten ohne die aktive Gasscheibe. Die Planten bilden sich nach den Überlegungen der Physik erst nach der aktiven Tätigkeit der Gasscheibe[434]. Damit stehen zwei ganz verschiedene Denkansätze nebeneinander. Der eine Ansatz favorisiert damit auch das gleichzeitige Entstehen aller Körper um einen Stern, und der andere Ansatz geht davon aus, dass alle größeren Körper hintereinander entstanden sind und die Sonne oder der Temperaturgeber ist. In der Idee steckt demnach ein ganz anderes Denkmuster.

Das wäre der erste Punkt. Der Gedanke der Idee geht jedoch weiter, da er die Planetenentstehung als Steuerungssystem für die Sternentwicklung ansieht. Die Forschung trennt dagegen Planetenentstehung von der Sternentwicklung. Also liegt in einem zweiten Punkt noch einmal ein wesentlicher Bestandteil, der sich von dem bisherigen Denken unterscheidet.

Der dritten Punkt besagt, dass alle Mehrfachsternsysteme im zweiten und allen weiteren Sternen Gasplaneten waren, also sich aus diesem entwickelt haben. Sie haben demnach alle Festkörper schwerer Elemente als Kern, der im Laufe der Entwicklung geschmolzen ist. Auch da ist die Wissenschaft einhellig der Meinung, dass Sterne in dieser Form nicht entstanden sind und sie demnach auch nicht zu unterscheiden wären.

Diese Idee stellt daher sehr viel in Frage, und geht über den Gedanken einer neuen Planetenentstehung weit hinaus. Sie wäre demnach ein Denkansatz, der das gesamte Bild der bisherigen Astronomie verändern würde.

---

[434] Im Wintersemester 2010/11 habe ich im Unterricht der Uni Bochum gesessen und mir vom Prof. Chini erklären lassen, was zurzeit über die Planetenentstehung gedacht wird. Die Vorlesung drehte sich um Exoplaneten.

Originale E-Mail von Prof. Chini vom Dezember 2010:

Sehr geehrter Herr Radtke,

Es handelt sich hier um zwei unterschiedliche Entwicklungsstadien:

1. Solange der Stern noch jung ist, sammelt er noch Masse auf und wächst. Das ist auch das Stadium, in dem er Herbig-Haro Jets aussendet. In diesem Stadium ist die Gasdichte nahe beim Stern am höchsten.

2. Wenn der Stern „fertig" ist, beginnt irgendwann die Planetenbildung. Dann führen mehrere Prozesse dazu, dass der innere Bereich nahe beim Stern zuerst sein Gas verliert: Im Wesentlichen wird es durch den Sternwind in die äußeren Bereiche der Scheibe transportiert.

Viele Grüße - Rolf Chini (Ruhruniversität Bochum)

4.1.2. Körperbildung und Strömungseinfluss der Gase

Ein sehr wichtiger Unterscheid dieser Idee mit dem bisherigen Denkansatz ist folgender. Während in der Forschung die Körper und deren Wechselwirkungen im Vordergrund stehen, konzentriert sich der zentrale Gedanke dieser neuen Idee nur auf die Wechselwirkung der Körper und ihren Eigenschaften mit einer Gasströmung. Der aller größte Teil der Überlegungen dieser Idee geht auf diese Wechselwirkung mit Gasströmungen ein.

Da kleinere Körper in ihren Bahnen stärker durch eine Strömung beeinflusst werden, kann man an ihnen erkennen, ob die Strömung eines Gases Ursache ist. Die geometrische Betrachtung macht diesen Zusammenhang verständlich.

Die Forschung ist der Ansicht die Körper um einen Stern entstünden auf ihren Bahnen, und hat damit keinen Anlass die Wechselwirkung mit Gasen zu untersuchen. Also wird man auf die geometrische Analyse nicht achten. Es ist in den Ansichten nun Mal so, dass man nur dahin schaut, wo man glaubt, die Probleme zu sehen.

Liegt in einem System eine Systematik vor, kann auch nur eine systemische Antwort richtig sein.

4.1.3. Betrachtungsebene und Art des Denkens

Es geht in meinen Betrachtungen um die Wechselwirkung der Körper mit Gase. Innerhalb der geometrischen Betrachtung geht es um das vergleichende Denken. Wenn man geometrisch denkt, muss man die Körper im Raum zuordnen, sie klassifizieren, und sich fragen, woher die Klassen kommen. Damit gelangt man dann zu Ergebnissen. Es geht dabei auch darum, dass in den Betrachtungen das Sonnensystem in einer zeitlichen Folge von Entwicklung entsteht. Jede Region im Sonnensystem entspricht damit auch einem Entwicklungsstand und dieser ist auch verbunden mit Entwicklung der Sonne. Sie hat zu einem bestimmten Zeitpunkt ihrer Entwicklung eine bestimmte Masse. Dazu kommt die Dynamik der Gasscheibe. Die Dynamik der Gasscheibe verändert die Entwicklung der Klassen von Körpern.

Als Beispiel könnte man da die Entwicklung des Jupitersystems nehmen. Die ersten beiden Körper, die sich entwickeln sind Titan und Jupiter. Das sind die ersten Körper mit Eisenkernen. Die Sonne hatte zu dem Zeitpunkt eine Masse von 0,7 Sonnenmassen. Die Dynamik der Gasscheibe war so stark, dass sich die Körper mit Eisenkernen gegenüber den Körpern mit Gesteinskernen durchsetzen konnten. Diese Lösen dann die Entwicklung der Gasplaneten aus. Als erstes System entsteht dann das Neptunsystem.

Mit dieser Zuordnung ist man auch gezwungen die Exoplaneten der Masse der Sterne zuzuordnen. Da die Spektren der Sterne keine genaue Angabe der Masse des Sterns liefern (siehe Tabelle 11), habe ich bei den Exoplaneten immer die Masse des Sterns errechnet und die Exoplaneten dieser Sternmasse zugeordnet. So ist Diagramm 1 entstanden. Da sieht man bei 0,5 und 0,6 Sonnenmassen eine Lücke und ab 0,7 Sonnenmassen treten mit einem Mal eine große Menge von Exoplaneten auf.

Damit ist man dann in der Lage die Entwicklungsphasen des Sonnensystems mit der Entwicklung der Exoplaneten im Bezug auf die Masse des Sterns zu vergleichen. Bei Exoplaneten setzt die Entwicklung von Gasplaneten deswegen ein, weil die Abplattungsrate der Gasscheibe so stark geworden ist, und damit die ersten Körper mit Eisenkernen entstehen. Das bedeutet auch, dass Monde wie Io oder Europa erst bei Sternen ab 0,7 Sonnenmassen entstehen.

4.1.4. Gedankenschritte und ihre Überprüfung

Wenn man sich etwas erdacht hat, beruht dies auf mehreren Schritten von Gedanken. Man geht von bestimmten Voraussetzungen aus. Im einen Fall ist der Gedanke die kalte Entstehung von

Körpern aus Staub und im anderen Fall wäre es die Warme Entstehung durch die Kondensation. Das wären die Grundgedanken.

Jeder der denkt, baut sich ein sein System von Gedanken auf. Dies besteht aus vielen gedanklichen Schritten. Macht man dabei einen Fehler, wären alle folgenden Schritte falsch. Man kommt dann aber dahin, zu erkennen, dass etwas verkehrt ist. Dann revidiert man, und ändert sein System.

So gelangt man zu immer längeren gedanklichen Schritten. Der Beweis der Richtigkeit liegt darin, ob ein Bezug zur Realität und damit durch Daten hergestellt wird. Hat man eine Folge von Gedanken, und stelle fest, keine Verbindung zu Daten zu finden, muss in diesem Strang der Gedanken ein Fehler sein. Man muss dann die Reihe der Gedanken zurückgehen und schauen, wo der Fehler ist.

Wenn man zum Beispiel den Asteroidengürtel als Rest eines Entstehungsbereiches sieht, und dann von der Kondensation spricht. Würden sie in der Reihenfolge schon passen. Körper mit höherem Kondensationspunkt liegen der Sonne näher. Man hat aber folgendes Problem. Man kann Eisen und Gestein nicht über den Abstand zu einem Stern trennen, weil der Kondensationspunkt ähnlich ist. Hier muss man zu dem gedanklichen Schritt gelangen, dass die aktive Gasscheibe zu einer Abplattung der Gasscheibe geführt hat, und das Trennungsverfahren über die Inklination stattfindet. In der Arbeit hat es eine ganze Zeit gedauert, bis mir das plötzlich klar geworden ist. Dann passt auch die geometrische Verteilung der Klassen von Asteroiden zur geometrischen Verteilung. Erst wenn man das begriffen hat, gehen die gedanklichen Schritte mit entsprechenden Fragen weiter.

Es wäre dann eine Frage möglich, wie zum Beispiel die Rotation der Körper im Asteroidengürtel zu erklären ist. Die Rotation ist anhängig von der Aktivität der Gasscheibe und sie ist abhängig von der Inklination der Klasse. Ohne aktive Gasscheibe kann die Rotation überhaupt nicht erklären werden. Klassen, die eine kleine Inklination haben, haben nach den Überlegungen eine hohe Dichte. Das wäre die M-Klasse. Bei kleiner Inklination sind die Körper in einer stärkeren Strömung und rotieren schnell. Das Trennungsverfahren über die Inklination in der aktiven Gasscheibe ist die Vorsaussetzung für die Erklärung der Rotation bei den Körpern im Asteroidengürtel. Hier kommt man zu dem Schluss, dass über die Herleitung mehrerer Schritte ein weiterer Zusammenhang, nämlich die Rotation von Festkörpern, erklärt werden können. So entsteht ein größeres schlüssiges System mit einem Beweis der Richtigkeit, weil sich immer mehr unverständliche Faktoren einfügen lassen.

4.1.5. Einfachheit der Idee und ihre Gesetzmäßigkeit

Wenn man ein zusammenhängendes Verständnis entwickelt, müssen sich aus all den Überlegungen Gesetze ergeben. In dem Fall wären es Strömungsgesetze von Gasen in denen sich Körper bewegen. Erkennt man diese Gesetze nicht, kann man ebenfalls davon ausgehen, dass diese Idee nicht stimmt.

Betrachtet man nun die Überlegung, dass die Wechselwirkungen der Gase mit beliebigen Körpern die Erklärung wäre, so kann man sicher in einzelnen Fällen die Eigenschaften der Körper und damit ihr Verhalten voraussagen, man steht aber trotzdem vor dem Problem, dass es sich bei der Bildung von Körpern um eine große Zahl der Körper handelt, die untereinander Wechselwirkung zeigen. Eine genaue Berechenbarkeit schließt sich der Vielzahl der Körper einfach aus. Trotzdem scheint es mir möglich zu sein, relativ genaue Beschreibungen der einzelnen Körper zu liefern, die bisher noch nicht gab.

4.2. Diskussion der Idee im Bezug auf Planetensysteme

4.2.1. Das Temperaturproblem der Kleinkörper

Es ist unbestritten, dass sich in den Dunkelwolken Staub befindet, der kalt ist, und dass aus dem Staub und den Gasen Sterne und Planeten bilden. Von daher könnte man die Staubbildung schon als Ursache der Entstehung ansehen. Betrachtet man jedoch die ältesten Formen primitiver Meteoriten so weisen sie Chondren, die alle eine gewisse Temperatur gehabt haben. Es gibt sogar auch Chondren, wie CAIs, die außergewöhnlich hohe Temperaturen besessen haben. Diese Körper haben nie in einem größeren Körper gesteckt. Vor allem liegen heiße neben kühlen Chondren. Die Wärmequelle stammt demnach von außen. Nimmt man als nächstes Kamazit, so hat in der Nickelanteil nach außen hin größer und im inneren ist der Anteil an Eisen größer. Die Substanzen höher Dichte befinden sich außen, und auch dieser Körper kann aufgrund seiner Struktur nie in einem größeren Körper gesteckt haben. Hier spricht die enorm lange Zeit der erhaltenen Temperatur dafür, dass er in der Nähe eines Sterns und zwar in einem heißen Gas entstanden ist. Andere Beispiele sind in dieser Arbeit schon aufgeführt. In der frühen Phase hat es diesen kalten Staub gegeben, aber alle Beispiele im Sonnensystem, anhand kleiner und sehr alter Körper, sprechen für die warme Entstehung. Die Wärmequelle aus dem atomaren Zerfall von Atomen schließt sich aus.

4.2.2. Das Temperaturproblem bei großen Körpern

Alle größeren Körper haben Temperaturen gehabt, oder haben sie noch. Die Wärmequelle benötigt daher eine Antwort. Hier hätte man die Möglichkeit den Atomaren Zerfall von Atomen als Wärmequelle zu wählen. In mehren Fällen wäre es möglich, aber bei Jupiter ist es nicht möglich. Also kann Jupiter nicht dort entstanden sein, wo es sich heute befindet. Betrachtet man nun die Exoplaneten, die sich sehr nahe am Stern befinden, kommt man zu dem Schluss, dass dies als Entstehungsort die einfachste Lösung des Temperaturproblems wäre. Das spricht ganz einfach für eine Diskussion einer Entstehung von großen Körpern in der Nähe eines Sterns. Da aber alle größeren Körper eine Temperatur hatten, könnte man durchaus zu dem Schluss gelangen, dass es nur eine einheitliche Lösung für die Wärmequelle gibt.

Hierzu gesellt sich eine ganz andere Frage, wenn man den atomaren Zerfall als Wärmequelle annimmt, so beginnt er nicht in dem Moment, wo ein großer Körper entsteht, sondern er wirkt schon in den Staubteilchen, die in den Dunkelwolken vorzufinden sind. Demnach müssen die Dunkelwolken durch den atomaren Zerfall von Atomen erwärmen. Das tun sie offensichtlicher Weise nicht.

4.2.3. Trennungsverfahren von Eisen und Gestein

Das Trennungsverfahren von Eisen und Gestein wird in der bisherigen Betrachtung der Forschung durch das Gravitationsfeld eines großen Körpers erklärt. Es gibt jedoch im Sonnensystem kein einziges Beispiel dafür, dass ein solches Trennungsverfahren existiert. Wenn dies so wäre, müsste das Eisen der oberen Schichte der Erde mit dem Eisen des Kerns im chemischen Gleichgewicht stehen. Das ist nicht der Fall. Analysen aus den Isotope des Wolfraums kommen zu den Schluss der Kern getrennt entstanden ist. Dazu kommt, dass die höhere Rotation des Eisennickelkerns, und vor allem die Rotation unter einem anderen Winkel gegenüber dem Mantel. Das alles für eine getrennte Entstehung sprechen. Es gibt bisher kein Trennungsverfahren, um dieses Problem zu lösen.

Hierzu gesellt sich noch ein anderes Problem. Wenn nun die Staubbildung die Basis für die Entstehung von Körpern wäre, müssten sich in allem Körpern Eisenkerne befinden, und alle Eisenkörper müssten proportional zur Größe und Masse stehen. Das ist nicht der Fall. Es gibt einmal unterschiedlich große Eisenkörper und es gibt Körper, die keinen Eisen enthalten. Das spricht ein

anderes Problem an. Körper haben unterschiedliche Größen, und offensichtlich haben Körper mit einem Eisennickelkern grundlegend mehr Masse als andere Körper. Demnach gibt es Klassen von Körper, die für sich eine Erklärung bedürfen. Darauf hat die Forschung ebenfalls keine Antwort.

Bleiben wir jedoch bei der geometrischen Verteilung der Körper mit Eisennickelkernen, so wird sich zeigen, dass auch Titan einen solchen Kern besitzt und dieser die gleiche Größe hat, wie Io und Ganymed. Zudem wird man feststellen, dass die beiden Kleinplaneten 2003EL-61 und 2005FY9 einen Eisenkern haben, und diese haben einen Abstand von 52 AE. Neben dem wird man im Kuiper-Gürtel bei kleinen Inklinationen weitere Eisennickelkörper, ähnlich wie im Asteroidengürtel, finden. Es stellt sich da die einfache Frage, warum findet man Körper aus Eisennickel oder mit entsprechenden Kernen nur in bestimmten Regionen des Sonnensystems. In der Forschung wird diese Frage genauso nicht beantwortet.

Die hier beschriebene Idee erklärt die Trennung der Körper von Eisen und Gestein von den Meteoriten bis hin zu größeren Körpern über die Strömung eines Gases in der Nähe eines Sterns, und löst damit das Problem von kleinen und großen Körpern aus Eisen und Nickel.

4.2.4. Rotation von Festkörpern

Die Rotation von Festkörpern im Sonnensystem ist mit dem bisherigen Denkansatz der Forschung nicht zu lösen. Einmal gilt es zu erklären, warum Körper mit der zunehmenden Größe und Masse an Rotation zunehmen. Zum anderen gilt es zu klären, warum die Dichte eines Körpers ebenfalls eine Rolle spielt, denn je höher die Dichte eines Körpers ist, umso größer ist bei kleineren Körpern, wie im Asteroidengürtel aber auch an anderer Stelle, die Rotation. Zudem gibt es einen Hinweis, dass Körper mit hoher Rotation und hoher Dichte eine kleine Inklination besitzen.

Bei größeren Körpern und Mehrfachsystemen gilt zudem, dass nur der Körper rotiert, der den Schwerpunkt eines Systems in sich trägt. In dem Sinne rotiert im Erdmondsystem die Erde aber bei Pluto und Charon rotiert keiner von beiden. Dafür werden die Mondsysteme um die gemeinsame Achse gedreht, was bei Pluto und Charon zu erkennen ist. Es gibt im traditionellen Bild der Forschung weder eine Antwort auf die Rotation noch eine Antwort auf die sehr gleichmäßige Drehung auch großer Mondsysteme, wie die eines Uranus.

Dieses Rotationsproblem lässt sich demnach nur über die Strömung eines Gases erklären. Das beinhaltet aber auch, dass die Rotation nur in der Nähe eines Sterns gelöst werden kann. Auch das spricht demnach dafür, dass alle Körper in der Nähe eines Sterns entstanden sind. Mit der getrennten Entstehung von Eisen und Gestein, kann man auch die höhere Rotation und den anderen Winkel der Rotation des Eisennickelkerns unserer Erde verständlich machen.

Zudem sollte erwähnt werden, dass die ehemals vorhandenen oder noch vorhandenen Magnetfelder der Monde mit Eisennickelkern nicht nur dafür sprechen, dass diese Monde einmal eine ehemals oder noch vorhandene Rotation des Eisennickelkerns haben, es spricht auch dafür, dass alle dieser Körper einmal ähnlich rotiert haben, wie Körper, die nicht in großen Systemen eingebunden sind. Liegt eine solche Rotation vor ist die Rotationserklärung innerhalb dieser größeren Struktur nicht möglich. Dieser Magnetismus spricht dafür, dass diese Körper nicht innerhalb des Verbandes entstanden seien können.

Hier zeigen sich auch Fehler bei der Auswertungsarbeit. Es fehlt eine genaue Analyse zu der Inklination der M-Klasse der Asteroiden. Nur die Grafik 6 zeigt eine ungefähre Tendenz. Dazu wird keine Diskussion über die Ursache der Magnetachsen der Planeten geführt, die ebenfalls mit der Rotation verbunden ist und verständlich macht, um welchen Winkel Mondsysteme gedreht wurden.

4.2.5. Größen und Klassen von Körper

Es existieren offensichtlich Klassen von Körpern im Sonnensystem. Diese werden in der Idee auch erklärt. Bei den Mondsystemen werden die Körper paarweise nach außen hin größer. Dazu gibt es Ober- und Untergrenzen von Körper bei den Gasplaneten. Besonders die Obergrenze ist wieder ein

Hinweis auf die Gasaufnahme von Gasplaneten. Als letztes steigen im Sonnensystem die Größe und die Dichte der Körper zu den äußeren Regionen wieder an. Es dreht sich alles um Klassen und Größen innerhalb der speziellen Strukturen. Dieser Wandel der Größen zeigt ein System. Darauf müsste es eine Antwort geben. Die herkömmliche Forschung gibt darauf keine Antwort. Die Klassen und Größen werden nicht nur besser erklärt, sondern es wird auch gezeigt, welche Kräfte wirken, und wie sie wirken. Wiederum sind auch hier alle Erklärungen an die Wechselwirkung der Körper mit Strömung eines Gases verbunden.

4.2.6. Die Gasaufnahme der Gasplaneten

Die Obergrenzen der Monde bei den Gasplaneten hat eine besondere Bedeutung Aufnahme der Masse von Festkörpern die ein Planet benötigt um mit der Gasaufnahme beginnen zu können. Hier beginnt eine komplexe Erklärung, die wieder mit dem Trennungsverfahren der Dichte der Festkörper zusammenhängt. Ohne das Trennungsverfahren der Körper nach der Dichte, kann man auch nicht verstehen in welchen Zusammenhang die Gasaufnahme eines Planeten in der Nähe eines Sterns steht. Es ist daher besonders wichtig zu versteht, wie der Planet in der Nähe des Sterns festes Material sammelt, und zum anderen, wie es ihm gelingt Gase aufzunehmen. Da sich die Exoplaneten besonders im Bereich der Sterne von 0,9 bis zu einer Sonnenmasse häufen muss man beantworten, wie es solche Körper schaffen Gase aufzunehmen. Dahinter steckt aber auch die Antwort, warum es überhaupt den Stern gelingt gase aufzunehmen, besonders wenn er große Massen erreicht. Da diese Erklärung übergreifende Bedeutung hat, ist sie besonders wichtig.

Da die Forschung eher davon ausgeht, dass Planeten nicht in der Nähe entstehen, setzt sie sich mit diesem Problem natürlich nicht auseinander. Sie bezieht sich auf einen anderen Denkansatz. Hier sind wir aber wieder bei dem Temperaturproblem von Jupiter und seinem Temperaturproblem. Es spricht eher dafür, dass Gasplaneten doch in der Nähe entstanden sind. Damit ist die Diskussion über die Gasaufnahme eines Planeten in Sternnähe wichtig.

4.2.7. Exoplaneten und die Massen der Sterne

An den Exoplaneten kann man genau erkennen, dass die Gasplaneten an die Temperatur, die Masse und sich auch die Rotation eines Sterns gebunden sind. Es gibt eine typische Verteilung der Exoplaneten über die steigende Masse eines Sterns (Diagramm 1). Es fällt auf, dass in Forschung diese Auswertung fehlt.

Betrachtet man dazu auch das Diagramm 2 in dem die Exoplaneten im Nahbereich von Sternen analysiert wurden, so sieht man den direkten Zusammenhang zwischen der Sternmasse und den veränderten Positionen der Exoplaneten.

Hier zeigt sich, dass eine getrennte Diskussion der Entstehung von Planeten falsch ist. Wie die Verbindung nun aussieht, bleibt eine Frage, aber sie existiert. Hinzu kommen noch weitere Ergebnisse, der Häufigkeit schwerer Elemente in Sterne. Sie ist erhöht, wenn Exoplaneten in der Nähe eines Sterns befinden. Auch diese zeigen eine Verbindung der gemeinsamen Entwicklung.

Wesentlich ist auch, dass man aus dem Diagramm 1 ableiten kann, dass sich Körper mit höherer Sternmasse einen größeren Abstand vorweisen, wen man anstatt der Umlaufzeit **t**, den Anstand **r** der Exoplaneten einträgt. Das wiederum lässt darauf schließen, dass Körper mit höherer Sternmasse bei gleicher Art der Körper weiter vom Stern weggetrieben werden. Demnach kann man mit dem Diagramm 1, den Einfluss der Gasscheibe auf Planeten vorweisen. Sie treiben die Körper vom Stern weg. Das wäre demnach genau das umgekehrte von dem, was in der Physik behauptet wird.

Betrachtet man die Idee der Planetenentstehung, so ist sie in der Lage diese Strukturen der Exoplaneten im Bezug zur Sternmasse zu erklären. Es reicht erst einmal zu wissen, dass der Erklärungsansatz aus dem Sonnensystem die Verteilung der Exoplaneten erklärt. Man kann mit dieser Idee auch relativ genau sagen, welche Klassen von Gasplaneten existieren. Aus den Klassen der Gasplaneten kann man die Art der Mondsysteme ableiten. Die Idee kann relativ genau beschreiben,

wie die Mondsysteme bei Exoplaneten aussehen, die man im Bereich von 0,7 bis einer Sonnenmasse findet. Diese Mondsysteme wird man irgendwann durch genauere Messgenauigkeiten finden. Da findet sich dann der Beweis, welcher Denkansatz der richtige ist.

4.2.8. Zusammenfassung zur Planetenentstehung

Betrachtet man die Erklärungen der Forschung im Planetensystem, so sind sie chaotischer Natur. Es sind meistens Einschlagtheorien und sie konzentrieren sich auf bestimmte Punkte im Sonnensystem. Dieser Erklärungsansätze sind falsch, da nur ein systematischer Denkansatz die Antwort geben kann.

Es spricht demnach nicht unbedingt dafür, dass die in diesem Buch beschriebene Idee die richtige ist, aber sie liefert ein System von Wechselwirkungen in Strömungen, die die wirkenden Kräfte beschreiben, die dann zu dem Schluss gelangen, dass die Entstehung von Planetensystemen in der Nähe des Sterns stattfindet.

Hierbei stößt man jedoch auf ein ganz prinzipielles Problem. Findet die Planetenentstehung wirklich in die Nähe des Sterns statt, schließt sich die alte Vorstellung der Doppelsternentstehung aus. Das gesamte Verständnis der Sternenentstehung muss damit geändert werden.

4.3. Diskussion der Idee im Bezug auf Sternsysteme

4.3.1. Sternenentstehung und die Gasscheibe

Unabhängig davon was nun die Sterne mit den Planeten und ihrer Entstehung zu tun haben könnten, beschreibt die Arbeit Strömungsstrukturen, die verständlich machen, wie der Stern Gase aufnimmt, und warum eine Gasaufnahme bei immer stärkerem Sonnenwind irgendwann nicht mehr möglich ist. Durch die Strömungsstruktur wird die mögliche Masse eines Sterns nach oben gesetzt. Die Beschäftigung in dieser Arbeit mit Strömungsstrukturen erfüllt demnach auch einen Sinn, um nur die Entstehung von Sternen verständlicher zu machen. Hätte man mit dieser Idee Recht, wäre auch das Bild der Sternenentstehung verständlicher. Auch das spricht für die Idee.

4.3.2. Sonnenflecken und Konvektionszonen

Betrachtet man dieses neue Bild der Planetenentstehung so liefert es eine bestimmte Struktur der Bildung von Körpern in der Nähe eines Sterns. Es gibt eine ganz bestimmte Struktur, wo sich Körper in dieser frühen Entwicklung aufhalten. Diese Struktur passt zur geometrischen Verteilung der Sonnenflecken. Entstehen Körper in der Nähe erklärt es die Ursache der Sonnenflecken und die Ursache der Konvektionszonen, die zudem mit der differenziellen Rotation verbunden ist. Die Bewegung des Entstehungsbereiches über die Sterntemperatur erklärt, warum die Konvektionszonen zu kühleren Sternen stärker werden und warum sie sich oberhalb von 6000 Kelvin in tiefere Zonen des Sterns verlagern, und sie erklärt vor allem das damit verbundene Rotationsverhalten der Sterne. Bedient man sich dieser Idee der Planetenentstehung hat man einen großen Zusammenhang bei er Bildung der Sterne verstanden. man ist damit auch in der Lage verständlich zu machen, warum sich das Verhalten der Sterne über die Generationen verändert.

4.3.3. Planetenentstehung und Sternentwicklung

Was gibt es sonst noch an Anlässen die für die Bindeglied von Planetenentstehung und Sternenentstehung sprechen? Zu diesem Verständnis verhelfen erst einmal die Exoplaneten. Wie schon erwähnt, haben Sterne mehr schwere Elemente, wenn Exoplaneten in der Nähe. Hier muss sich zwischen dem Stern und dem Exoplaneten etwas abspielen, was zu der überhöhten Häufigkeit führt. Da ist es durchaus denkbar, dass sich dort ein Entstehungsbereich zwischen Stern und Planet befindet. Demnach existiert ein Einfluss auf den Stern.

Ein weiterer Zusammenhang besteht in der Häufigkeitsverteilung der Exoplaneten im Bezug auf die Sternmasse. Vergleicht man diesen mit Jungsternhaufen, so findet man dort vermehrt Sterne, wo sich Exoplaneten in der Nähe aufhalten. Das Unterstürzt den Gedanken, dass Exoplaneten in der Nähe des Sterns dafür sorgen, dass sich der Stern nicht mehr weiter entwickelt. Es ist daher unerlässlich Häufigkeitsverteilung der Jungsternhaufen genauer zu untersuchen und sie mit den Häufigkeitsverteilungen der Exoplaneten zu vergleichen.

Den nächsten Zusammenhang findet man bei Jungsternhaufen, die sich auf die Hauptreihe setzen. Sie liegen erst einmal unterhalt der Hauptreihe. Das spricht dafür, dass Festkörper in der Nähe des Sterns abstürzen und die Fusionsprozesse für eine Zeit stören.

Damit zeigt sich schon, dass ein Einfluss der Planeten auf den Stern existiert. Es bleibt daher die Aufgabe Untersuchungen genau in dieser Richtung zu führen, die diesen Zusammenhang genauer analysieren.

4.3.4. Exoplaneten und Doppelsterne

Kommen wir nun zu den Doppelsternen. Exoplaneten und Doppelsterne finden sich in ähnlichen Bahnen. Schon das alleine ist ein Hinweis, dass der zweite Stern in einem Sternsystem aus einem Planeten entstanden seien könnte. Man kann aber noch genauer vorweisen, dass Exoplaneten Vorformen von Doppelsternen sind. Der einzige Magnetstern bewegt sich um einen Stern in einem ähnlichen Radius bei dem die ersten magnetischen Doppelsterne auftreten. Das sind die RS-Canum-Venaticorum-Sterne. Diese Sterne treten kurz nach der unteren Lücke der Exoplaneten auf. Kurz oberhalb der oberen Lücke der Exoplaneten findet sich zwar kein magnetischer Exoplanet, aber es findet sich an diese Lücke gebunden wieder eine andere Art von magnetischen Doppelsternen, die Ap-Sterne. Die magnetischen Doppelsterne sind an die Lücken der Exoplaneten verbunden. Bei Sternen von 0,7 Sonnenmassen steigt nicht nur die Häufigkeit der Doppelsterne an, sondern auch die der Exoplaneten (Diagramm 1).

Hier ist in kurzem Zuge aufgeführt, dass es mehrere Hinweise gibt, die zeigen, dass Exoplaneten Vorläufer der Doppelsterne sind. Betrachtet man nun die Doppelsterne für sich, so zeigen sie oft Eigenschaften, die vom normalen Stern abweichen. Der massenärmere Partner verlässt die Hauptreihe eher als sein Partner höherer Masse. Hier sind demnach Hinweise, die man bisher versuchte anders zu deuten, aber sie könnten auch bedeuten, dass der zweite oder dritte Stern in einem Mehrfachsystem aus einem Planeten entstand.

Bleiben die Weißen Zwerge zu erwähnen. Hier hat man neben anderen zwei grundlegend verschiedene Klassen von DB- und DA-Sternen, und diese weisen auch darauf hin, dass der Aufbau der Doppelsterne grundsätzlich verschieden seien könnte. Hier müssten, übrigens die DB-Sterne kategorisch Doppelsterne sein. Das musste man mal untersuchen.

Seien noch die Pulsare erwähnt, die ebenfalls in den meisten Fallen in Doppelsternen zu finden sind und nur einmal auftreten. Auch das spricht für zwei Arten der Körper in einem System.

Es gibt demnach genügend Hinweise, die Doppelsterne als spätere Formen der Exoplaneten ansehen. Wenn sich das als richtig herausstellen sollte, muss die bisherige Klassifikation der Sterne aufgegeben werden. Das Klassifikationsproblem wird damit sehr schwierig.

Wichtig scheint jedoch zu sein, dass die hier vorgestellte Idee zur Planetenentstehung richtig seien dürfte und sich in das neue Bild der Sternenentstehung fügt. Es kann die unterschiedlichen Planetenkerne in Doppelsternen beschreiben.

Doppelsterne und Exoplaneten müssen daher sehr genau untersucht werden. Es ist wichtig auch Doppelsterne nach der Masse des Erststerns oder Hauptsterns auszuwerten und sie mit den Exoplaneten im Bezug auf die Sternmasse zu vergleichen. Diese Untersuchungen gibt es bisher nicht. Sie müssen gemacht werden.

4.3.5. Abschließender Gedanke zu den Sternen

Ob man nun den Phänomenen der Einzelsterne folgt oder denen der Mehrfachsternsysteme, so kann die bisherige Forschung nur sagen, dass sie bei bestimmten Sternmassen auftreten. Zudem hat sie nur teilweise richtige Erklärungen. Sie liefert aber kein einheitliches Bild der Entwicklung von Sternen mit entsprechenden Gesetzmäßigkeiten. Diese Arbeit ist im Gegensatz dazu in der Lage ein einheitliches Bild auch für die Entwicklung der Sterne zu liefern und die entsprechenden Gesetzmäßigkeiten verständlich zu machen. Zudem kann sie sagen, warum ein Phänomen bei bestimmten Sternmassen und damit verbundenen Sterntemperaturen auftritt. Das ist der große Unterschied.

Der Nachteil dieser Idee liegt darin, dass sie auf einer sehr langen Reihe von Gedanken und damit verbundenen Bildern von sich entwickelnden Körpern in einer geometrischen Darstellung beruht. Es zeigt sich aber, dass auch die Sternentstehung dem grundlegenden Bild einer speziellen Struktur der Gasscheibe folgt, die in Wechselwirkung mit Körpern steht. Dazu existiert die Wechselwirkung der Festkörper, die in einen Stern stürzen und seine Entwicklung steuern.

4.3.6. Zusammenfassung

Die Arbeit hatte nur die Aufgabe zu erklären, wie Planeten entstehen, und kommt zu einem völlig neuen Schluss in der bisherigen Forschung. Alle Körper entstehen in der Nähe eines Sterns. Die Kräfte, die sie bewegen stehen in der Wechselwirkung der Körper mit einer speziellen Gasströmung in der Nähe des Sterns. Gleichzeitig wirken diese Körper auf den Stern ein und bestimmen seine Entwicklung. Die damit verbundenen Gesetze erklären die Bahnen der Körper und ihre sonstigen Eigenschaften. Sie erklären die Gasaufnahme in der Nähe des Sterns und lassen Schlussfolgerungen zu, die den inneren Aufbau der Gasplaneten beschreiben. Damit hat man nicht nur ein klares Bild über die Klassen von Festkörpern sondern auch über die Klassen von Gasplaneten.

Weil nach diesem Bild alle Körper in der Nähe eines Sterns entstanden sind, fällt auch die vorige Vorstellung der Doppel- und Mehrfachsternsysteme. Diese haben alle Planetenkerne, und damit einen anderen Aufbau als der Erststern.

Bei der Beschreibung der Bildung der Galaxien wird wieder beschrieben welche Bedeutung der Strömung von Gasen beigemessen wird. Deswegen ist es auch wichtig diese Gedanken und Bilder hinzufügen auch wenn sie zum eigentlichen Thema nicht direkt hinzugehören.

4.3.7. Kritik an der Physik im Bezug auf die Planetenforschung

Zuständig für den Bereich der Erforschung von Planeten und Sternen ist die Physik. Es bleibt nicht aus, dass man an diesem Forschungszweig auch Kritik üben muss. Bei der Arbeit ist einfach aufgefallen. Wie schon erwähnt, fehlen einfach Auswertungsarbeiten. Zum Beispiel sind die Exoplaneten nicht gegenüber der Sternmasse klassifiziert worden. Man spricht auch bei den Mondsystemen im Sonnensystem auch nicht von unterschiedlichen Klassen der Monde. Im Asteroidengürtel werden wohl Klassen von Körpern festgestellt, aber man denkt nicht weiter und überlegt sich, wie solche Klassen entstanden seien könnten. Die Physik fehlt die Basis der wissenschaftlichen Arbeit, nämlich die Klassifikation von Körpern, wie man sie in allen anderen Disziplinen der Wissenschaft. Im nächsten Zuge müsste sie daraus Schlussfolgerungen ziehen, was nicht getan wird.

Als nächstes fehlen systematische Untersuchungen zur Rotation. Man weiß, dass es ein systematisches Verhalten von Körpern bei ihrer Rotation gibt. Man geht nicht darauf ein. Im fachlichen Bereich wird es weitgehend ignoriert. Man findet kaum etwas darüber zu lesen. Ich habe nur privat von einem der Professoren, der hier auch eines der Bücher geschrieben hat, erfahren, dass die Physik das Problem der Rotation von Festkörpern nicht gelöst hat. Die Arbeit hier zeigt, dass es dort Zusammenhänge zwischen der Rotation, der Inklination und der Exzentrizität existieren. Teilweise sind sie noch nicht einmal richtig ausgewertet.

Dazu kommt die geometrische Auswertung im Sonnensystem. Es ist zum Beispiel unerlässlich die Magnetachsen der Planeten im Bezug zur Ekliptik anzugeben. Es gibt Aussagen, dass die Magnetachse des Saturns um 0,8° von der Rotationsachse abweicht, aber es wird nicht gesagt in welcher Richtung sie abweicht. Das ist nicht nur eine Ungenauigkeit, sondern man erkannt daran, dass sich die Physik nicht genügend Gedanken über geometrische Strukturen gemacht hat. Als nächstes gibt es Hinweise, dass zum Beispiel die Dichte kleiner Körper im Zusammenhang zur Inklination steht. Auch da fehlt eine geometrische Auswertung.

Bei den geometrischen Auswertungen ist die Physik einfach ungenau. Der nächste Schritt wäre innerhalb der geometrischen Auswertungen zu denken. Das bedeutet als Beispiel, dass die Rotation von Festkörpern nicht nur mit zunehmender Dichte größer wird, sondern, dass die höchste Dichte auch die kleinsten Inklinationen vorweisen. Diese Körper sind der Ekliptik am nächsten, und die Sonne zeigt am Äquator auch die höchste Rotation ihrer Gase.

Hier kann man den direkten Bezug zwischen der Strömungsverhalten der Sonne zur Rotation von Festkörpern herstellen. Das wird nicht gemacht. Einfach gesagt, man schaut nicht hin.

Diese geometrische Analyse wird einfach gestrichen, und ersetzt durch eine statische Ansicht, die Körper wären da entstanden, wo man sie jetzt findet. Anstatt zu analysieren hält man sich an

Dogmen fest. Das kann man tun. dann ist es auch nicht verwunderlich wenn die Physik ständig mit chaotischen Antworten an bestimmten Orten im Sonnensystem antwortet, auf eine Struktur die hoch systematisch ist. Dann braucht man sich auch nicht wundern, wenn die Physik grundlegend nicht in der Lage ist Voraussagen zu machen.

Man könnte das Problem in der Physik darauf reduzieren, dass einmal die systematischen Auswertung fehlt, es fehlt eine hinreichende geometrische Auswertung im Sonnensystem, Wechselwirkungen zwischen den Systemen, wie Planeten und Stern werden ausgeschlossen, und zu viele Fakten werden einfach bei Seite geschoben. Es fehlt vor allem die Bereitschaft geometrisch zu denken. Man könnte vielleicht mir dem Satz schließen: Die Physik hat unumstritten ganz große Abstraktionsleistungen vollbracht. Um jedoch Körper wie Monde, Planeten, Sterne, und auch Galaxien zu verstehen, bedarf es größerer Konstruktionsleistungen, und diese hat die Physik nicht erbracht und damit die Probleme im Sonnensystem nicht gelöst. Speziell bei den Galaxien und den Großen Strukturen im Universum, wird neu gedacht und damit lösen sich auch solche Probleme, wie die Dunkle Materie und die Dunkle Energie. Auch das sind eigentlich Probleme geometrischer Art.

Allgemein geht es in der ganzen Arbeit erst mal darum, sinnvolle Abläufe zu beschreiben, die Entwicklungen der unterschiedlichsten Art verständlich machen.

4.3.8. Allgemeine Änderungen im bisherigen Denken

Es geht in der Wissenschaft darum, von den einzelnen Daten ausgehend zu Entschlüsselungen zu gelangen, die das Verständnis in der Astronomie klarer werden lassen. In diesem Buch wird erst mal das Verständnis zum Entstehen von Planeten erneuert. Das ist allgemein gefasst. Es bedeutet, dass es sich hier um die Entstehung aller Planeten um Sterne dreht. Dabei hat sich das Thema jedoch erweitert. Es hat sich ergeben, dass Planeten generell Vorläufer von Doppelsternen sind. Der zweite Gedanke ist, dass Planeten und Sternentstehung nicht getrennt werden können und man davon ausgehen muss, dass sie die Sternentwicklung steuern.

Das Verändert auch die Erklärung für die Sterntypen. Die CP-Sterne werden anders erklärt. Das Zünden aller Novaprozesse bekommt eine neue Ursache. Von da aus geht es weiter, dass auch die Entstehung der Neutronensterne andere Ursachen hat, als die Physik sie annimmt. Neutronensterne entstehen nicht durch den Gravitationskollaps sondern durch einen Fusionsprozess als Kugelschalenzünder in einem Stern. Um das aber richtig verstehen zu können, braucht man ein neues Verständnis im Aufbau der Atome, was in diesem Buch im Anhang beschrieben wird. Der von mir beschriebene Aufbau der Atomkerne lässt einen Gravitationskollaps nicht mehr zu. Also muss man auch das Atommodell in diese Arbeit zu den Sternen und Planeten einbeziehen. Erst damit ergibt sich ein gesamter Sinn für die Entwicklung von Sternen.

Wenn es den Gravitationskollaps nicht gibt, wären auch Schwarze Löcher ausgeschlossen und damit auch die angenommene Singularität von der Physik spricht. Hier gelange ich zu dem Schluss, dass Schwarze Löcher das gleiche sind wie Neutronensterne. Es sind einachsige Atome, um die sich alle Quarks in einer Richtung drehen, aus dem aber nichts heraus kommt. Mit einem Schlag ist auch das Bild vom Schwarzen Loch verändert.

Hier gelange ich demnach zu ganz neuen Aussagen der elementaren Probleme der Physik. Hier geht es nicht um neue Beschreibungen von Entwicklungsabläufen sondern um neue Definition in der Physik. Allgemein ist dem Atommodell zudem zu entnehmen, das die Physik mit meinen Überlegungen weniger Teilchen hätte. Virtuelle Teilchen fallen weg, und dann am Schluss ist auch das Photon kein Wechselwirkungsteilchen sondern ein Energiepaket für das Elektron. Die Bindung des Elektrons an den Atomkern wird mir meinen Gedanken erneuert, die elektromagnetischen Kräfte genauso wie die Kräfte der Gravitation wirken sofort. Folglich gäbe es auch keine Gravitonen oder Gravitationswellen. Damit hätten Newton und Maxwell Recht, und Einstein hätte den Fehler gemacht, die Bindung des Elektrons an den Atomkern zu früh beantworten zu wollen. Auch dieser Gedanke zu meinen Überlegungen müsste als großer Eingriff in das grundlegende Denken der Physik verstanden werden. Das war eigentlich gar nicht mein Ziel, sondern es ergibt sich aus dem gesamten System meiner Gedanken.

4.3.9. Die fehlende Statistik

Ein allgemeiner Fehler, den man immer wieder in der Physik findet, liegt in der fehlenden Statik, und in der Genauigkeit der Statistik. Bei der fehlenden Statistik kann man das Diagramm 1 und das Diagramm 2 aus diesem Buch aufführen. Die Exoplaneten werden nicht nach der Masse der Sterne sortiert, und es werden keine Statiken dazu geführt. Dabei wird klar, dass sich Exoplaneten in Abhängigkeit der Sternmasse entwickeln. Das ist ein ganz wichtiger Zusammenhang, der überhaupt nicht gesehen wird, weil eine solche Statistik nicht existiert.

Ein weiteres Beispiel für fehlende Statistik bietet der Asteroidengürtel. Man findet wohl eine Grafik zu den Klassen von Asteroiden. Das wäre die Grafik 5 (7.4.)[435]. Es fehlt aber eine statistische Auswertung zur Inklination der Klassen aus Grafik 5. Hätte man diese gemacht, wären Rückschlüsse auf die Rotation der Asteroiden möglich. Das wäre in der Grafik 1 zu finden (7.4.).

Ein anderes Beispiel sind ungenaue Statistiken. Dazu gehört Tabelle 3b (42.1.)[436]. Hier fehlt die Angabe zur Masse der Sterne bei den jeweiligen Exoplaneten. Wären diese Angaben aufgeführt, wäre es auch möglich gewesen, zu zeigen, dass die Dichte eines Exoplaneten mit der Masse des Sterns verbunden sein könnte. Je höher die Masse des Sterns, umso höher scheint auch die Dichte eines Exoplaneten zu sein.

Allgemein kann man sagen, dass in der fehlenden Statistik auch eine Schwäche in der Klassifikation der Körper zu erkennen ist. Außerdem erkennt man, dass sich Physiker nicht in genügender Weise mit der Bewegung der Körper im Raum auseinander setzen. Das erkennt man daran, dass man über die Grafik 5 und 1 keine weiteren Auswertungen gemacht worden sind.

---

[435] Prof. Kenneth R. Lang, Prof. Charles A. Whitney: „Planeten - Wanderer im All“ Cambridge University Press 1991

Unterteilung verschiedener Arten der Asteroiden, ihre Verteilung im Asteroidengürtel. Textquelle: Jonathan Gradie und Edward Tedesco: Science 216, 1405 (1982)

S. 211

Rotation der Asteroiden in Relation zu Masse, Dichte und Größe. Textquelle: Stanley F. Dermott und Carl D. Murray: Nature 296, 418 (1982)

S. 210

[436] „Physik in unserer Zeit“ WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

Die Dichte von 10 Exoplaneten. Trotz einer geringen Masse von 0,36 Jupitermassen liegt die Dichte von HD 149026b bei 1,17 g/cm³. - S. 290, Grafik,

5. Epilog

Die Idee ist nun in diesem Buch beschrieben, und es ist in dem Sinne alles gesagt. Man fragt sich aber, warum man diesen großen Einsatz gemacht hat. Was führte mich dazu so viele Jahre an diesem Thema zu arbeiten? Was veranlasste mich ein Buch darüber zu schreiben?

Die erste Frage ist wohl damit zu beantworten, weil ich mir sagte: „Es gibt bei allen Fragen eine Lösung!“ Ich habe einfach nur gesehen, dass es nicht gelöst war. So begann ich halt zu denken, und eine „geistige Reise“ durch 11000 Seiten Tagebuch begann. Um nur Planetensysteme zu entschlüsseln hätte man wahrscheinlich nur einige Jahre gebraucht. Es hat sich aber schon in der ersten Ausgabe des Buches gezeigt, dass die Plantenentstehung und die Sternentwicklung zusammengehören. Also musste man sich eingehend mit den Sternen beschäftigen. Das Thema war dem nach viel größer. Damit war auch klar, dass das als ein Jahrzehnt dauern würde. Zudem stecken in de Überlegungen so viele Verständnisschritte, die nur langsam erlangt werden konnten. Außerdem war es wichtig, dass ich im Laufe der Arbeit auch das Atom besprochen habe. Damit war schon klar, dass ich mich sehr lange damit beschäftigen würde.

Das Schöne war, dass die Forschung in diesen Jahren so große Sprünge gemacht hat, und ich von immer neuen Forschungsergebnissen zehren konnte. Ich konnte überprüfen, ob das, was ich dachte, nun richtig war. Insofern war die Physik mir in der Beschaffung der Daten eine große Hilfe. Es hat sich gezeigt, dass ich dort wohl in meinen Überlegungen auf dem richtigen Weg war. Wenn man das merkt, arbeitet man weiter. So ging es die Jahre weiter und das System in dem ich dachte, wurde immer größer. Erst nach diesen 15 Jahren, also mit dem Jahr 2014 war klar, dass ich den gesamten Überblick der Arbeit erreicht hatte. Zu dem Zeitpunkt war vieles schon klar, und das ganze Denkkonzept stand.

Mit der Veröffentlichung der ersten Ausgabe meines Buches im Jahre 2005 war auch der Wunsch da, der Wissenschaft zu zeigen, was man dort erdacht hatte. Da waren die ersten Kontakte erst offen. Es hat sich dann gezeigt, wie schwierig es ist so viele neue Gedanken in die Wissenschaftswelt zu stellen.

Der Wunsch oder die Vorstellung meinerseits Wissenschaftler einfach an die geistige Hand zu nehmen, und sie zu immer neuen Gleisen des Denkens zu führen, war nicht möglich. Es war nicht möglich dies zu tun. Immerhin steht das Buch in der ersten und zweiten Ausgabe in der Bibliothek von Universitäten. Das reicht, um die eigene Position klarzumachen.

Nachdem ich verstanden habe, dass man seinen geistigen Weg alleine geht, war es wieder einfach. Man hat nicht gedacht, um anderen seine Gedanken und Ideen geben zu müssen. Man hat gedacht, um selber nach Lösungen zu suchen und diese in den Raum des Denkens gestellt. Vor allem hat man selber in der Zeit viel gelernt, und allein das damit verbundene Verständnis macht schon zufrieden. So hat man einen neuen Denkansatz in der Wissenschaft geschaffen. Dann muss man abwarten, was die Wissenschaft mit dieser arbeit macht. Das Wichtige scheint mir aber zu sein, dass man mit seiner Arbeit zufrieden ist, unabhängig wie eine Wissenschaft reagiert. Das ist bei dieser Arbeit der Fall.

Zum Planetenbuch müsste man noch sagen, dass die meisten Änderungen im Jahre 2017 stattgefunden haben. Im Jahr danach sind diese Änderungen erheblich zurückgegangen. Es wird nicht mehr so intensiv am Buch gearbeitet. Es kommen aber immer wieder neue Daten und so geht die Arbeit am Buch auch weiter. Man findet auch immer wieder neue Zusammenhänge, die das gesamte Bild des Gedanken verständlicher machen. Mit dem Jahr 2017 beginne ich auch das Planetenbuch weltweit zu verschicken, weil das System der Gedanken zum großen Teil abgeschlossen ist. Es kommen aber immer wieder neue Informationen ins Buch die das gesamte Bild leicht verändern.

Volkhard Radtke,

Bochum, im Mai 2021

Tabellen

Tabelle 4: Monde der Planeten

Objekt	mittlerer Abst. in km	Bahnneigung in Grad	Exzentrizität in Grad	Durchmesser in km	Umlauf in Tage	Jahr der Entdeckung	Entdecker
Erde				6378			
Mond	384 400	5.16	0.0554	3476	27.322	?	?
Mars				3399			
Phobos	9380	1.075	0.0151	26.2 × 18.6	0.319	1877	A. Hall
Deimos	23 460	1.793	0.0002	15.6 × 10.2	1.262	1877	A. Hall
Jupiter				71 492			
Metis	127 960	0.021	0.0012	44	0.295	1979	S. Synnott/Voyager 2
Adrastea	128 980	0.027	0.0018	16	0.298	1979	D. Jewitt. E. Danielson
Amalthea	181 300	0.389	0.0038	260	0.498	1892	E. Barnard
Thebe	221 900	1.070	0.0177	100	0.675	1979	S. Synnott/Voyager 1
Io	421 800	0.036	0.0000	3643	1.769	1610	Galileo Galilei
Europa	671 100	0.467	0.0002	3122	3.551	1610	Galileo Galilei
Ganymed	1 070 400	0.172	0.0011	5262	7.155	1610	Galileo Galilei
Kallisto	1 822 700	0.307	0.0074	4821	16.69	1610	Galileo Galilei
S/2000 J1	7 411 410	45.11	0.208	9	129.8	2000	Sheppard. u.a.
Leda	11 165 000	27.457	0.1636	18	240.92	1974	C. Kowal
Himalia	11 461 000	27.459	0.1623	150	250.56	1904	C. Perrine
Lysithea	11 717 000	28.302	0.1124	38	259.2	1938	S. Nicholson
Elara	11 741 000	26.627	0.2174	78	259.64	1905	C. Perrine
S/2000 J11	12 656 940	28.61	0.215	4	288.5	2000	Sheppard. u.a.
S/2001 J10	18 978 000	147.0	0.156	2	534.1	2001	Sheppard. u.a.
S/2000 J3	20 478 570	150.4	0.389	5	595.4	2000	Sheppard. u.a.
S/2001 J8	20 712 000	165.3	0.475	2	609.0	2001	Sheppard. u.a.
S/2001 J9	20 816 000	141.9	0.272	2	616.7	2001	Sheppard. u.a.
S/2001 J2	20 841 000	149.0	0.295	4	621.5	2001	Sheppard. u.a.
S/2000 J5	20 892 270	147.3	0.165	4	613.6	2000	Sheppard. u.a.
S/2001 J7	20 997 000	145.9	0.176	3	621.5	2001	Sheppard. u.a.
Ananke	21 276 000	148.889	0.2435	28	610.45	1951	S. Nicholson
S/2001 J3	21 324 000	150.3	0.251	4	629.8	2001	Sheppard. u.a.
S/2000 J7	21 399 390	164.2	0.096	7	635.5	2000	Sheppard. u.a.
S/2000 J9	22 409 640	146.8	0.184	5	683	2000	Sheppard. u.a.
S/2000 J10	22 512 360	166.6	0.266	4	686.7	2000	Sheppard. u.a.
S/2000 J2	22 683 915	165.1	0.377	5	694	2000	Sheppard. u.a.
S/2001 J6	22 877 000	165.4	0.228	2	715.3	2001	Sheppard. u.a.
S/2001 J4	23 317 000	150.1	0.345	3	713.1	2001	Sheppard. u.a.
S/2001 J11	23 401 000	165.7	0.291	3	735.5	2001	Sheppard. u.a.
Carme	23 404 000	164.907	0.2533	46	702.3	1938	S. Nicholson
S/2001 J5	23 515 000	155.0	0.454	2	732.3	2001	Sheppard. u.a
S/2000 J8	23 526 750	151.8	0.601	6	734.2	2000	Sheppard. u.a.
Pasiphae	32 624 000	151.431	0.409	58	708.4	1908	P. Melotte
S/2001 J1	23 776 000	151.9	0.415	4	752.9	2001	Sheppard. u.a.
S/2000 J6	23 869 400	165.9	0.296	4	748.8	2000	Sheppard. u.a.
Sinope	23 939 000	158.1	0.250	38	724.5	1914	S. Nicholson
S/2000 J4	24 127 140	163.0	0.192	3	763.4	2000	Sheppard. u.a.
S/1999 J1	24 240 750	143.1	0.125	7	767.0	1999	Sheppard. u.a.
Saturn				60 348			
Pan	133 583	0.000	0.0000	19.31	0.575	1990	M. Showalter
Atlas	137 662	0.000	0.0000	36 × 8	0.602	1980	R. Terrile
Prometheus	139 373	0.000	0.0023	144 × 68	0.613	1980	S. Collins. u.a.
Pandora	141 708	0.000	0.0044	110 × 62	0.629	1980	S. Collins. u.a.
Epimetheus	151 399	0.335	0.0205	138 × 106	0.694	1966	R. Walker. u.a.
Janus	151 447	0.165	0.0037	198 × 152	0.695	1966	A. Dollfus
Mimas	185 727	1.566	0.0206	398	0.942	1789	W. Herschel
Enceladus	238 254	0.010	0.0001	498	1.370	1789	W. Herschel
Tethys	294 673	0.168	0.0001	1058	1.888	1684	G. Cassini

Objekt	mittlerer Abst. in km	Bahnneigung in Grad	Exzentrizität	Durchmesser in km	Umlauf in Tage	Jahr der Entdeckung	Entdecker
Telesto	294 673	1.158	0.0010	30 × 16	1.888	1980	B. Smith u.a.
Calypso	294 673	1.437	0.0005	30 × 16	1.888	1980	D. Pascu u.a.
Dione	377 714	0.002	0.0001	1120	2.737	1684	G. Cassini
Helene	377 416	0.212	0.0001	32	2.737	1980	P. Laques, J. Lacacheux
Rhea	527 421	0.327	0.0009	1528	4.518	1672	G. Cassini
Titan	1 222 224	1.634	0.0288	5150	15.945	1655	C. Huygens
Hyperion	1 481 471	0.568	0.0175	370 × 226	21.277	1848	W. Bond
Iapetus	3 562 180	7.570	0.0284	1440	79.330	1671	G. Cassini
S/2000 S5	11 365 000	46.158	0.3335	14	449.22	2000	B. Gladman
S/2000 S6	11 440 000	46.739	0.3216	10	451.48	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
Phoebe	12 944 346	174.751	0.1644	230 × 210	550.48	1898	W. Pickering
S/2000 S2	15 199 000	45.127	0.3637	19	686.92	2000	B. Gladman
S/2000 S8	15 645 000	152.847	0.2705	6.4	728.93	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
S/2000 S11	16 392 000	33.780	0.1141	26	783.30	2000	M. Holman, T.B. Spahr
S/2000 S10	17 611 000	34.472	0.4732	8.6	871.17	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
S/2000 S3	18 160 000	45.562	0.2947	32	893.07	2000	B. Gladman
S/2000 S4	18 239 000	33.511	0.5363	13	925.70	2000	B. Gladman
S/2000 S9	18 709 000	167.498	0.2078	5.6	951.38	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
S/2000 S12	19 470 000	175.809	0.1141	5.6	1016.83	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
S/2000 S7	20 470 000	175.807	0.4655	5.6	1088.89	2000	J. J. Kavelaars, B. Gladman
S/2000 S1	23 096 000	173.087	0.3331	16	1312.37	2000	B. Gladman
Uranus				26 459			
Cordelia	49 800	0.085	0.0003	26	0.335	1986	R. Terrile/Voyager 2
Ophelia	54 700	0.104	0.0099	32	0.376	1986	R. Terrile/Voyager 2
Bianca	60 100	0.193	0.0009	44	0.435	1986	Voyager 2
Cressida	62 700	0.006	0.0004	66	0.464	1986	S. Synnott/Voyager 2
Desdemona	63 600	0.113	0.0001	58	0.474	1986	S. Synnott/Voyager 2
Juliet	65 300	0.065	0.0001	84	0.474	1686	S. Synnott/Voyager 2
Portia	67 000	0.059	0.0001	110	0.513	1986	S. Synnott/Voyager 2
Rosalind	70 800	0.279	0.0001	58	0.558	1986	S. Synnott/Voyager 2
Belinda	76 200	0.031	0.0001	68	0.624	1986	S. Synnott/Voyager 2
Puck	86 900	0.319	0.0001	154	0.762	1986	S. Synnott/Voyager 2
Miranda	130 800	4.338	0.0018	471.6	1.413	1948	G. Kuiper
Ariel	191 800	0.042	0.0012	1157.8	2.520	1851	W. Lassel
Umbriel	266 900	0.133	0.0040	1169.4	4.144	1851	W. Lassel
Titania	437 200	0.112	0.0012	1577.8	8.706	1787	W. Herschel
Oberon	584 400	0.069	0.0013	1522.8	13.46	1787	W. Herschel
Caliban	7 231 900	140.878	0.1588	98	579.45	1997	B. Gladman
Stephano	8 004 900	144.103	0.2295	20	676.89	1999	B. Gladman
Sycorax	12 179 900	159.403	0.5224	190	1283.42	1997	Nicholson
Prospero	16 243 900	151.966	0.4431	30	1961.80	1999	M. Holman
Setebos	17 501 900	158.161	0.5843	30	2208.88	1999	J.J. Kavelaars
Neptun				24 766			
Naiad	48 200	4.738	0.0003	58	0.294	1989	R. Terrile/Voyager 2
Thalassa	50 100	0.205	0.0002	80	0.311	1989	R. Terrile/Voyager 2
Despina	52 500	0.065	0.0001	148	0.335	1989	R. Terrile/Voyager 2
Galatea	62 000	0.054	0.0001	158	0.429	1989	R. Terrile/Voyager 2
Larissa	73 500	0.201	0.0014	208 × 178	0.555	1989	H. Reitsema/Voyager 2
Proteus	117 600	0.039	0.0004	400	1.122	1989	S. Synnott/Voyager 2
Triton	354 800	156.834	0.0000	2700	5.877	1846	W. Lassel
Nereid	5 513 400	7.323	0.7512	340	360.14	1949	G. Kuiper
Pluto				1150			
Charon	19 410	99.089	0.0002	1250	6.387	1978	J. Christy

Es ist der Planetenradius angegeben. (5.2.)[437]

[437] Sterne und Weltraum, Spezial 7 10-2002 Tabellen auf S. 108 f

In dieser Angabe ist die Inklination von Iapetus kleiner als in Tabelle 6.

Tabelle 5: Daten über Planeten

Tab. 4.1a: Astronomische Daten von Planeten

Planet	**Merkur**	**Venus**	**Erde**	**Mars**	**Jupiter**	**Saturn**	**Uranus**	**Neptun**	**Pluto**
Astronomisches Symbol	☿	♀	⊕	♂	♃	♄	♅	♆	♇
Mittl. Entfernung von der Sonne [AE]	0,387	0,723	≡1	1,524	5,203	9,539	19,18	30,06	39,53
Perihel [AE]	0,307	0,718	0,983	1,381	4,950	9,023	18,33	29,84	29,66
Aphel [AE]	0,467	0,728	1,017	1,666	5,455	10,086	20,11	30,38	49,22
Bahnexzentrizität	0,206	0,007	0,017	0,093	0,048	0,056	0,047	0,009	0,248
Bahnperiode [Jahre]	0,241	0,615	≡1	1,881	11,86	29,46	84,01	164,80	247,71
Mittl. Bahngeschwindigkeit [km/s]	47,9	35,0	29,8	24,1	13,1	9,66	8,81	5,44	4,74
Inklination [°]	7,004	3,394	0	1,850	1,304	2,489	0,773	1,772	17,15
Äquatorradius [km]	2439	6052	6378	3398	71'400	60'330	25'560	24'760	1180
Abplattung	0	0	0,0033	0,052	0,065	0,108	0,030	0,026	0
Rotationsperiode [Tage]	58,65	– 243,0	≡1	1,026	0,410	0,426	0,75	0,80	6,39
Äquatorneigung [°]	0,0	178	23,4	25,0	3,08	26,7	97,9	29,6	122,5
Masse [10^{24} kg]	0,33	4,87	5,98	0,642	1'900	569	86,8	102	0,013
Dichte [g/cm^3]	5,42	5,25	5,52	3,94	1,31	0,69	1,29	1,64	2,1
Druckentlastete Dichte [g/cm^3]	5,31	3,95	4,03	3,71					
Solarkonstante	6,7	1,9	≡1	0,43	0,037	0,011	0,0027	0,0011	0,0006
Oberflächentemperatur [K]	440	730	288	218	110	80	50	59	30

(19.1.)[438]

[438] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993 Daten zu den Planeten unseres Sonnensystems. - S. 47 f

Tabelle 6a: Daten zu den Monden in unserem Sonnensystem

Tab. 4.1b: Astronomische Daten von Monden (PR = Planetenradien)

	Mittl. Abstand vom Planeten		Bahn-periode	Exzen-trizität	Inkli-nation	Masse	Radius	Dichte	Geom. Albedo
	[10^3 km]	[PR]	[Tage]		[°]	[10^{20} kg]	[km]	[g/cm^3]	
Erde									
Mond	384,4	60,3	27,32	0,055	18,3–28,6	735	1738	3,34	0,11
Mars									
Phobos	9,38	2,8	0,32	0,018	0	0,000096	14 × 10	1,9	0,05
Deimos	23,50	6,9	1,26	0,002	0	0,00002	8 × 6	2,1	0,05
Jupiter									
Metis	128,0	1,79	0,295	0,0	0,0	?	20	?	?
Adrastea	129,0	1,81	0,298	0,0	0,0	?	12 × 8	?	0,04
Amalthea	181,5	2,54	0,498	0,003	0,45	?	135 × 78	?	0,05
Thebe	222	3,11	0,674	0,01	0,8?	?	50	?	0,1
Io	422	5,91	1,769	0,000	0,03	889	1820	3,53	0,63
Europa	671	9,40	3,551	0,000	0,46	479	1565	3,03	0,64
Ganymed	1071	14,99	7,155	0,002	0,18	1480	2640	1,93	0,43
Callisto	1884	26,37	16,69	0,008	0,25	1080	2420	1,79	0,17
Leda	11'110	155,4	240	0,146	26,7	?	8	?	?
Himalia	11'470	160,8	250,6	0,158	27,6	?	90	?	0,03
Lysithea	11'710	164,2	260	0,12	29,0	?	20	?	?
Elara	11'740	164,4	260,1	0,207	24,8	?	40	?	0,03
Anake	20'700	296,9	617	0,169	147	?	15	?	?
Carme	22'350	316,5	692	0,207	163	?	22	?	?
Pasiphae	23'300	329,1	735	0,40	147	0,0019	35	?	?
Sinope	23'700	331,9	758	0,275	156	0,00076	20	?	?
Saturn									
Pan	133,6	0,58	0	0	?	10	?	?	
Atlas	137,6	2,28	0,60	0,002	0,3	?	25 × 10	?	0,4
Prometheus	139,4	2,31	0,61	0,003	0,0	?	70 × 40	?	0,6
Pandora	141,7	2,32	0,63	0,004	0,05	?	55 × 35	?	0,6
Epimetheus	151,4	2,51	0,69	0,009	0,34	?	70 × 50	?	0,5
Janus	151,4	2,51	0,70	0,007	0,14	?	110 × 80	?	0,5
Mimas	185,5	3,08	0,94	0,020	1,5	0,45	196	1,20	0,6
Enceladus	238,0	3,95	1,37	0,004	0,0	0,84	250	1,20	0,95
Tethys	294,7	4,88	1,89	0,000	1,1	7,5	530	1,21	0,7
Telesto	294,7	4,88	1,89	0,0	~1	?	17 × 11	?	0,8
Calypso	294,7	4,88	1,89	0,0	~1	?	17 × 13	?	0,6

	Mittl. Abstand vom Planeten		Bahn-periode	Exzen-trizität	Inkli-nation	Masse	Radius	Dichte	Geom. Albedo
	[10^3 km]	[PR]	[Tage]		[°]	[10^{20} kg]	[km]	[g/cm^3]	
Dione	377	6,26	2,74	0,002	0,0	10,5	560	1,43	0,5
Helene	377	6,26	2,74	0,005	0,15	?	18 × 15	?	0,5
Rhea	527	8,74	4,52	0,001	0,4	24,9	765	1,33	0,6
Titan	1222	20,25	15,94	0,029	0,3	1345	2575	1,88	0,2
Hyperion	1482	24,55	21,28	0,104	~0,5	?	250 × 110	?	0,3
Iapetus	3562	59,03	79,33	0,028	14,72	18,8	730	1,16	var.
Phoebe	12'930	214,7	550,4	0,163	150	?	110	?	0,06
Uranus									
Cordelia	49,7	1,90	0,335	0	0,14	?	15	?	0,1
Ophelia	53,8	2,05	0,376	0.01	0,09	?	15	?	0,1
Bianca	59,2	2,26	0,435	0	0,16	?	20	?	0,1
Cressida	61,8	2,36	0,464	0	0,04	?	35	?	0,1
Desdemona	62,7	2,39	0,474	0	0,16	?	30	?	0,1
Juliet	64,6	2,47	0,493	0	0,06	?	40	?	0,1
Portia	66,1	2,52	0,513	0	0,09	?	55	?	0,1
Rosalind	69,9	2,67	0,558	0	0,28	?	30	?	0,1
Belinda	75,3	2,87	0,624	0	0,03	?	35	?	0,1
Puck	86,0	3,28	0,762	0	0,31	?	75	?	0,07
Miranda	129,8	4,95	1,414	0,00	3,40	0,69	235	1,35	0,34
Ariel	191,2	7,30	2,520	0,00	0,00	12,6	580	1,66	0,40
Umbriel	266,0	10,15	4,144	0,00	0,00	13,3	585	1,51	0,19
Titania	435,8	16,64	8,706	0,00	0,00	34,8	790	1,68	0,28
Oberon	582,6	22,24	13,46	0,00	0,00	30,3	760	1,58	0,24
Neptun									
Naiad	48,0	1,98	0,296	0	0,0	?	25	?	0,06
Thalassa	50,0	2,06	0,312	0	4,5	?	40	?	0,06
Despina	52,2	2,16	0,333	0	0,0	?	90	?	0,06
Galatea	62,0	2,55	0,429	0	0,0	?	75	?	0,05
Larissa	73,6	3,03	0,554	0	0,0	?	95	?	0,05
Proteus	117,6	4,84	1,121	0	0,0	?	200	?	0,06
Triton	354,3	14,0	5,877	0,00	157	214	1350	2,07	0,75
Nereid	5513,4	219	360,16	0,75	29	?	170	?	0,14
Pluto									
Charon	19,6	19,7	6,39		98,8	17,7	620	1,3	0,32

(19.1.)[439]

[439] Ludolf Schulz: „Planetologie - eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993 Daten zu den Monden unseres Sonnensystems. - S. 47 f

Tabelle 6b: Objekte im Kuiper-Gürtel

Spätere Benennung: Haumea Makemake

Tab. 1. Eigenschaften der vier hellsten Kuipergürtel-Objekte.

Merkmale	(134340) Pluto	(136199) Eris (ehemals 2003 UB_{313} oder Xena)	(136108) 2003 EL_{61} (Spitzname: Santa)	(136472) 2005 FY_9 (Spitzname: Easterbunny)
Größe (in km)	2306 ± 20	2400 ± 100 (größer als Pluto)	1960 x 1518 x 996 (circa 3/4 Pluto)	1600 bis 2000 (circa 3/4 Pluto)
Helligkeitsrang im Kuipergürtel	hellster (Albedo: 0,49 - 0,66)	vierthellster	dritthellster	zweithellster
Masse (in kg)	$(1.305 \pm 0.007) \times 10^{22}$	?	$(4,2 \pm 0,1) \times 10^{21}$	?
Dichte (in g/cm³)	2,03 ± 0,06	?	2,6 bis 3,3	?
Rotationsperiode (in h)	153,29	über 8 (?)	3,9	?
gegenwärtiger Sonnenabstand (in Erdbahnradien)	33	97	52	52
geringster Sonnenabstand (in Erdbahnradien)	29,65834067	37,77	35,164	38,508
größter Sonnenabstand (in Erdbahnradien)	49,30503287	97,56	51,526	53,074
Exzentrizität	0,24880766	0,442	0,189	0,159
Umlaufperiode (in Jahren)	248,09	557	285,4	309,9
mittlere Orbitalgeschwindigkeit (in km/s)	4,666	3,436	4,484	4,419
Bahnneigung (in Grad)	17,14175	44,19	28,19	28,963
mutmaßliche Oberflächen-zusammensetzung	Methan-Eis, außerdem Stickstoff- und Kohlen-monoxid-Eis	wie Pluto	Wassereis	wie Pluto
Mond(e) [ungefährer Durchmesser (in km)]	• **Charon** [1207 ± 3] • **Nix** [44 bis 130] • **Hydra** [44 bis 130]	• **Dysnomia (ehemals Gabrielle)** [250]	• **S/2005 (136108) (Spitzname: Rudolph)** [350] • **S/2005 (136108) Z (Spitzname: Blitzen)** [350]	--

Naturwissenschaftliche Rundschau | 60. Jahrgang, Heft 1, 2007 7

(51.3.)[440]

Kommentar zur Massenbestimmung der Sonne:

Pluto ist ein gutes Beispiel um die Masse der Sonne zu bestimmen. Aus dem großen und kleinen Abstand von Pluto kann man das mittlere AE ableiten. Damit ist es möglich auf den Umfang einer Kreisbahn zu schließen. Teilt man durch die Umlaufperiode, erhält man eine Durchschnittsgeschwindigkeit. Mit dieser Durchschnittsgeschwindigkeit, dem mittleren AE und der Gravitationskonstante kann man dann die Masse der Sonne errechnen. Man gelangt zu einem Wert von 1,001 Sonnenmassen. Für die Massenbestimmung der Sterne über die Bahnparameter der Exoplaneten gilt das gleiche Prinzip.

[440] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Tabelle über vier ähnliche Objekte mit Pluto aus dem Kuiper-Gürtel. - 1-2007, S. 7

Tabelle 6c: Objekte im Kuiper-Gürtel

Die Riesen unter den Miniplaneten

Name	Ausmaße (Kilometer)	Umlaufzeit (Jahre)	Distanz zur Sonne (AE)*	Dichte (Gramm pro cm^3)	Zahl der Monde	Ent-deckung	Besonderheit
Pluto (Zwergplanet)	2300 bis 2400	246	30 bis 49	2,0	5	1930	Ex-Planet mit dünner Gashülle
Varuna	1000	281	40 bis 45	0,99		2000	sehr geringe Dichte (ähnlich Wasser)
Quaoar	1170	286	42 bis 45	2,7 bis 5,0	1	2002	hohe Dichte, großer Gesteinsanteil
Sedna	etwa 1000	12700	76 bis ca. 1000	unbekannt		2003	ungewöhnlich rot, stammt vielleicht aus der Oort'schen Wolke
Haumea (Zwergplanet)	1100 mal 2200	283	35 bis 52	2,6 bis 3,3	2	2004	rotiert sehr schnell, vielleicht als Folge einer Kollision
Orcus	etwa 800	246	31 bis 48	2,3	1	2004	
Makemake (Zwergplanet)	etwa 1500	309	39 bis 53	1,7		2005	
Eris (Zwergplanet)	2326	563	38 bis 98	2,52	1	2005	Pluto-Zwilling, aber mit höherem Gesteinsanteil

*) AE: Astronomische Einheit = Distanz Erde–Sonne = 149,6 Millionen Kilometer

(45.8.) [441]

Es gibt neuere Daten zu Pluto und Charon. Dort hat Pluto eine Dichte von 1,86 g/cm³ und Charon weist ebenfalls eine hohe Dichte von 1,702 g/cm³ vor (45.19.)[442]. Diese Werte sind Messergebnisse beim Vorbeiflug der amerikanischen Sonde im Juli Jahre 2015 beim Plutosystem.

Was übrigens in den Angaben zu den Kleinplaneten fehlt, ist der Bahnneigung der Monde. Das ist deswegen wichtig, weil man wissen muss, wie stark die Mondsysteme gedreht sind.

[441] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Tabelle mit den Daten zu den Zwergplaneten um Pluto. - 6-2013, S. 54

[442] Bild der Wissenschaft Konrad Medien GmbH, 70771 Leinfelden-Echterdingen

Der Dichte von Charon beträgt übrigens 1,702 g/cm³. Bei Pluto sind es 1,86 g/cm³. - 1-2016, S. 57

Tabelle 7a: Eigenschaften der Chemische Elemente

Tabelle 36. Elementkonstanten

Elemente		Ordnungszahl	Atommasse bezogen auf ^{12}C	Dichte bei 18 °C	Schmelzpunkt	Siedepunkt bei 101,33 kPa	Wertigkeit (stöchiom.)	Anregungsspannung
Zeichen	Name			in $g \cdot cm^{-3}$	in °C	in °C		in Volt
Ac	Actinium	89	227,0278	–	–	–	III	–
Ag	Silber	47	107,868	10,50	+960,5	+2152	I, II, III	3,65
Al	Aluminium	13	26,9815	2,70	+660,2	+2270	I, III	3,13
Am	Americium	95	[243]	–	–	–	II, III, IV, V, VI	–
Ar	Argon	18	39,948	1,3845*)	−189,3	−185,9	0 oder VIII	11,49
As	Arsen	33	74,9216	5,72	+830	+633 (S)	III, V	6,26
At	Astatin	85	[210]	–	–	–	I, III, V, VII	–
Au	Gold (Aurum)	79	196,9665	19,92	+1063	+2710	I, III	4,60
B	Bor	5	10,811	2,34	+2070	+2550	III, V	4,98
Ba	Barium	56	137,33	3,76	+717	+1696	II	1,51
Be	Beryllium	4	9,01218	1,86	+1278	+2970	II	2,71
Bi	Bismut (Wismut)	83	208,9804	9,80	+271	+1560	II, III, V	4,02
Bk	Berkelium	97	[247]	–	–	–	III, IV	–
Br	Brom	35	79,904	3,12	−7,3	+58,8	I, III, V	7,82
C(Dia)	Kohlenstoff	6	12,0111	3,514	+3540	+3927	II, III, IV	7,45
C(Gra)	Kohlenstoff			2,26			II, III, IV	7,45
Ca	Calcium	20	40,08	1,55	+845	+1439	II	1,87
Cd	Cadmium	48	112,41	8,64	+320,9	+767,3	II	3,72
Ce	Cerium	58	140,12	6,78	+775	+3600	III, IV	–
Cf	Californium	98	[251]	–	–	–	III	–
Cl	Chlor	17	35,453	1,507*)	−102,4	−33,9	I, III, IV, V, VII	8,9
Cm	Curium	96	[247]	–	–	–	III	–
Co	Cobalt	27	58,9332	8,83	+1490	+3100	I, II, III, IV	–
Cr	Chrom (Chromium)	24	51,996	7,14	+1850	+2660	I, II, III, IV, V, VI	–
Cs	Caesium	55	132,9054	1,873	+28,45	+708	I	1,38
Cu	Kupfer	29	63,546	8,92	+1083	+2350	I, II, III	3,78
Dy	Dysprosium	66	162,50	8,562	+1407	+2600	III	–
Er	Erbium	68	167,26	9,164	+1497	+2900	III	–
Es	Einsteinium	99	[252]	–	–	–	III	–
Eu	Europium	63	151,96	5,244	+826	+1439	II, III	–
F	Fluor	9	18,9984	1,10*)	−223	−188	I	12,66
Fe	Eisen (Ferrum)	26	55,847	7,86	+1539	+2740	II, III, IV	–
Fm	Fermium	100	[257]	–	–	–	III	–
Fr	Francium	87	[223]	–	–	–	I	–
Ga	Gallium	31	69,72	5,904	+29,78	+2344	I, II, III	3,06
Gd	Gadolinium	64	157,25	7,948	+1312	+3000	III	–
Ge	Germanium	32	72,59	5,35	+958,5	+2700	II, IV	4,62

Tabelle 36. (Fortsetzung)

Elemente		Ordnungszahl	Atommasse bezogen auf ^{12}C	Dichte bei 18 °C	Schmelzpunkt	Siedepunkt bei 101,33 kPa	Wertigkeit (stöchiom.)	Anregungsspannung
Zeichen	Name			in $g \cdot cm^{-3}$	in °C	in °C		in Volt
H	Wasserstoff	1	1,00797	0,07*)	−259,4	−252,8	I	10,15
He	Helium	2	4,0026	0,15*)	−272(p)	−268,93	0 oder VIII	20,86
Hf	Hafnium	72	178,49	13,31	+2210	+3200	II, III, IV	–
Hg	Quecksilber	80	200,59	13,5457	−38,84	+356,95	I, II	4,64
Ho	Holmium	67	164,9304	8,803	+1461	+2600	III	–
I	Iod	53	126,9045	4,942	+113,7	+184,5	I, III, V, VII	–
In	Indium	49	114,82	7,31	+156,4	+2000	I, II, III	3,01
Ir	Iridium	77	192,22	22,65	+2454	+4800	I, II, III, IV, VI	–
K	Kalium	19	39,0983	0,862	+63,5	+762	I	1,60
Kr	Krypton	36	83,80	–	−157,1	−153,2	0 oder VIII	9,86
Ku	Kurtschatowium	104	[261]	–	–	–	IV	–
La	Lanthan	57	138,9055	6,15	+920	+4515	III	2,22
Li	Lithium	3	6,941	0,535	+179	+1336	I	1,83
Lu	Lutetium	71	174,97	9,842	+1652	+3327	III	–
Lw	Lawrencium	103	[260]	–	–	–	–	–
Md	Mendelewium	101	[258]	–	–	–	III	–
Mg	Magnesium	12	24,305	1,74	+650	+1102	II	2,70
Mn	Mangan	25	54,9380	7,21	+1221	+2152	I, II, III, IV, V, VI, VII	2,29
Mo	Molybdän	42	95,94	10,2	+2622	+4800	II, III, IV, V, VI	–
N	Stickstoff	7	14,0067	0,879*)	−210,5	−195,8	I, II, III, IV, V	10,29
Na	Natrium	11	22,98977	0,9712	+97,7	+883	I	2,09
Nb	Niobium	41	92,9064	8,58	+2550	+3700	II, III, IV, V	2,96
Nd	Neodym	60	144,24	7,004	+1024	+3300	III	–
Ne	Neon	10	20,179	–	−248,6	−245,98	0 oder VIII	16,54
Ni	Nickel	28	58,70	8,90	+1453	+2800	I, II, III, IV	–
No	Nobelium	102	259	–	–	–	II, III	–
Np	Neptunium	93	237,0462	20,5	+640	–	III, IV, V, VI	–
O	Sauerstoff	8	15,9994	1,118*)	−218,78	−182,97	II	9,11
Os	Osmium	76	190,2	22,48	+2250	+5500	II, III, IV, VI, VIII	–
P	Phosphor (weiß)	15	30,973 76	1,83	+44,1	+280,5	I, III, IV, V	2,31
Pa	Protactinium	91	231,0359	–	–	–	IV, V	–
Pb	Blei	82	207,19	11,336	+327,4	+1755	II, IV	4,31
Pd	Palladium	46	106,4	12,03	+1554,4	+3387	II, III, IV	–
Pm	Promethium	61	145	–	–	–	III	–
Po	Polonium	84	[209]	9,32	+254	+962	II, IV, VI	–
Pr	Praseodym	59	140,9077	6,782	+935	+3300	II, III, IV	–
Pt	Platin	78	195,09	21,45	+1773,5	+4300	I, II, III, IV, VI	–
Pu	Plutonium	94	[244]	19,7	+640	–	III, IV, V, VI	–
Ra	Radium	88	226,0254	6	+700	+1140	II	1,61
Rb	Rubidium	37	85,4678	1,52	+39	+696	I	1,55
Re	Rhenium	75	186,207	20,9	+3170	+5870	I, II, III, IV, VI, VII	2,34

Elemente		Ordnungszahl	Atommasse bezogen auf ^{12}C	Dichte bei 18 °C	Schmelzpunkt	Siedepunkt bei 101,33 kPa	Wertigkeit (stöchiom.)	Anregungsspannung
Zeichen	Name			in $g \cdot cm^{-3}$	in °C	in °C		in Volt
Rh	Rhodium	45	102,9055	12,42	+1966	+4500	I, II, III, IV, VI	–
Rn	Radon	86	[222]	–	−71	−63	0 oder VIII	6,73
Ru	Ruthenium	44	101,07	12,304	+1950	–	II, III, IV, VI, VII, VIII	–
S	Schwefel	16	32,06	2,06	+118,95	+444,6	II, IV, VI	6,50
Sb	Antimon (Stibium)	51	121,75	6,69	+630,5	+1635	III, IV, V	5,34
Sc	Scandium	21	44,956	3,1	+1539	+2727	III	1,95
Se	Selen	34	78,96	4,81	+220,2	+688	II, IV, VI	–
Si	Silicium	14	28,0855	2,38	+1414	+2630	II, IV	4,91
Sm	Samarium	62	150,4	7,536	+1052	+1900	II, III	–
Sn	Zinn (Stannum)	50	118,69	7,28	+231,85	+2362	II, IV	–
Sr	Strontium	38	87,62	2,6	+757	+1366	II	1,77
Ta	Tantal	73	180,948	16,69	+3030	+6100	II, III, IV, V	2,70
Tb	Terbium	65	158,9254	8,332	~+1450	+2800	III, IV	–
Tc	Technecium	43	[98]	11,49	+2140	–	IV, VI, VII	–
Te	Tellur	52	127,60	6,24	+449,5	+1390	II, IV, VI	5,45
Th	Thorium	90	232,038	11,71	+1827	+3530	II, III, IV	–
Ti	Titanium	22	47,90	4,53	+1727	+3262	II, III, IV	–
Tl	Thallium	81	204,37	11,83	+302,5	+1457	I, III	3,27
Tm	Thulium	69	168,9342	9,332	+1545	+1727	III	–
U	Uranium	92	238,029	18,685	+1130	+3500	II, III, IV, V, VI	–
V	Vanadium	23	50,9414	6,07	+1715	+3000	I, II, V	–
W	Wolfram	74	183,85	19,3	+3370	~+5900	II, III, IV, V, VI	2,65
Xe	Xenon	54	131,30	3,52*)	−111,8	−108,1	0 oder VIII	8,27
Y	Yttrium	39	88,9059	4,34	+1475	+2927	III	–
Yb	Ytterbium	70	173,04	7,01	+824	+1427	II, III	–
Zn	Zink	30	65,38	7,14	+419,44	+907	II	3,99
Zr	Zirkonium	40	91,22	6,52	+1860	~+3600	II, III, IV	–

*) Dichten im flüssigen Zustand am Siedepunkt.

Atommassen entsprechen der Empfehlung der Internationalen Union für reine und angewandte Physik und Chemie von 1961. Die Werte sind nach dem Stand von 1975 (vgl. Pure appl. Chemistry 47 (1976) 75–95) zusammengestellt. In eckigen Klammern sind die Massen der langlebigsten Isotope angegeben.

(31.1.)[443]

[443] G. O. Müller „Lehrbuch der angewandten Chemie“ Band II –3. Auflage - S. Hirzel Verlag Leipzig 1988 Daten zu den Elementen. (Elementkonstanten) - S. 516 ff

Tabelle 7b: Dichte der Asteroiden

Masses and densities of minor planets

Yu. Chernetenko, O. Kochetova, and V. Shor

Institute of Applied Astronomy of RAS, St. Petersburg, Russia

Perturbing asteroid	Mass (10^{-11} M_{Sun})	IRAS diameter (km)	Density (g/cm^3)	Taxonomic class
3 Juno	0.91 ± 0.20	233.92	2.7	S
4 Vesta	12.84 ±0.09	468.30	4.8	V
6 Hebe	0.69 ± 0.09	185.18	4.2	S
7 Iris	1.20 ± 0.09	199.83	5.7	S
9 Metis	0.254 ± 0.057	170*	2.0	S
10 Hygiea	4.06 ± 0.19	407.12	2.3	C
11 Parthenope	0.287 ± 0.008	153.33	3.0	S
15 Eunomia[a)]	1.62 ± 0.07	255.34	3.7	S
15 Eunomia[b)]	1.58 ± 0.05	255.34	3.6	S
16 Psyche	0.68 ± 0.14	253.16	1.6	M
17 Thetis	0.033 ± 0.004	90.04	1.7	S
19 Fortuna	0.47 ± 0.04	200*	2.2	G
22 Kalliope	0.85 ± 0.28[1)]	181.00	5.5	M
24 Themis	0.35 ± 0.08	198*	1.7	C
29 Amphitrite	0.77 ± 0.13	212.22	3.1	S
31 Euphrosyne	0.85 ± 0.32	255.90	1.9	C
45 Eugenia	0.30 ± 0.11[2)]	214.63	1.2	FC
48 Doris	0.61 ± 0.30	221.81	2.1	CG
52 Europa	1.27 ± 0.25	302.51	1.8	CF
54 Alexandra	0.26 ± 0.07	165.75	2.2	C
65 Cybele	0.58 ± 0.15	237.26	1.6	P
88 Thisbe	0.59 ± 0.12	200.57	2.8	CF
92 Undina	0.26 ± 0.16	126.42	4.9	M
121 Hermione	0.45 ± 0.05 [3,4)]	208.99	1.9	C
324 Bamberga	0.53 ± 0.23	229.43	1.7	CP
444 Gyptis	0.45 ± 0.10	159.57	4.2	C
451 Patientia	0.59 ± 0.29	224.96	2.0	CU
511 Davida	2.29 ± 0.20	326.07	2.5	C
532 Herculina	1.15 ± 0.22	222.19	4.0	S
704 Interamnia	1.27 ± 0.30	316.62	1.5	F

Tabelle 8: Exoplaneten[444]

Name	Periode/d	R/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
Wasp-19	0,7888	0,016	1,88191E+30	0,947	1,15
carot-07	0,8536	0,017	1,78994E+30	0,900	0,0151
Wasp-18	0,9415	0,020	2,5687E+30	1,292	10,43
Wasp12 b	1,09	0,021	1,9818E+30	0,997	1,12
OrTR3b	1,19	0,025	2,92905E+30	1,473	0,5
otr56b	1,2119	0,023	2,0588E+30	1,036	1,45
Wasp-33	1,22	0,026	2,99227E+30	1,505	1,11
TrES-3	1,306	0,023	1,79655E+30	0,904	1,92
HD41004B	1,3283	0,018	8,34312E+29	0,420	18,4
Anon1b	1,338	0,024	2,04985E+30	1,031	0,3
Wasp 4 b	1,34	0,023	1,79877E+30	0,905	1,27
0tr113b	1,4325	0,023	1,53326E+30	0,771	1,35
CorExo1b	1,5	0,030	3,18554E+30	1,602	1,3
WASP-5b	1,63	0,027	1,94484E+30	0,978	1,6
0tr132b	1,69	0,031	2,66313E+30	1,340	1,19
CorExo2b	1,743	0,029	2,15321E+30	1,083	3,53
TWE-11	1,796	0,030	2,22204E+30	1,118	9,7
WASP-3b	1,846834	0,032	2,55032E+30	1,283	1,76
glie876d	1,93776	0,021	6,36196E+29	0,320	0,023
Wasp 9 b	1,99	0,031	2,0164E+30	1,014	2,3
hd86081b	2,1375	0,039	3,44654E+30	1,734	1,6
WASP-2b	2,152226	0,031	1,65821E+30	0,834	0,88
HAT-P7b	2,205	0,038	2,92555E+30	1,472	1,776
hd189733b[445]	2,218574	0,031	1,65381E+30	0,832	1,15
Wasp14 b	2,24	0,034	1,98902E+30	1,001	7,77.
Wasp-24	2,341	0,036	2,25999E+30	1,137	1,032
hd212301b	2,457	0,036	2,05163E+30	1,032	0,45
TrES-2	2,47063	0,037	2,14973E+30	1,081	1,98
WASP-1b	2,51997	0,038	2,33024E+30	1,172	0,89
hd73256	2,548	0,037	2,07113E+30	1,042	1,87
OX-2b	2,615838	0,037	1,94921E+30	0,980	0,57
gl436b	2,6441	0,028	8,15793E+29	0,410	0,067
Wasp-26	2,757	0,040	2,23515E+30	1,124	1,03
HAT-P-5b	2,788491	0,041	2,31018E+30	1,162	1,06
55cnce	2,81	0,038	1,84476E+30	0,928	0,045
hd63454b	2,81782	0,036	1,55985E+30	0,785	0,38
og2trl9	2,486	0,037	2,17573E+30	1,094	4,5
hd149026b	2,8766	0,042	2,37679E+30	1,196	0,36
HAT-P-3b	2,899703	0,039	1,86415E+30	0,938	0,599

[444] Diese Tabelle ist eine eigene Auswertung aus 449 Exoplaneten

[445] Der Exoplanet hd189733b ist ein magnetischer Planet. - Sterne Weltraum – 9-2008 – S.41

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
Hat-p-13	2,916	0,043	2,41354E+30	1,214	0,851
hd83443	2,985	0,040	1,90674E+30	0,959	0,41
hd46375	3,024	0,041	2,00073E+30	1,006	0,249
TrES-1	3,030065	0,039	1,75499E+30	0,883	0,61
hd179949	3,092	0,040	1,77706E+30	0,894	0,98
hd187123b	3,097	0,042	2,05053E+30	1,031	0,52
O-TR-10b	3,1013	0,042	1,98698E+30	0,999	0,54
Gl581e	3,14962	0,03	4,488E+29	0,363	0,006106
Wasp-16	3,119	0,042	2,03618E+30	1,024	0,855
XO 3 b	3,19	0,050	3,26084E+30	1,640	12
Hat-p-12	3,213	0,038	1,45604E+30	0,732	0,211
kep-6	3,235	0,046	2,41627E+30	1,215	0,669
tau boo b	3,312463	0,048	2,69237E+30	1,354	4,13
hd120136	3,314	0,046	2,35272E+30	1,183	3,9
hd188753A	3,3481	0,045	2,10092E+30	1,057	1,14
Wasp 6 b	3,36	0,027	4,62822E+29	0,233	0,4
hd330075	3,369	0,043	1,85954E+30	0,935	0,76
Wasp-28	3,409	0,046	2,1517E+30	1,082	0,91
hd88133	3,41	0,047	2,37021E+30	1,192	0,22
hd2638b	3,4442	0,044	1,90626E+30	0,959	0,48
Bd-103166	3,48777	0,045	2,01521E+30	1,014	0,548
hd10366	3,488	0,046	2,12384E+30	1,068	0,48
hd75289	3,51	0,046	2,0973E+30	1,055	0,42
kep-8	3,523	0,048	2,41E+30	1,212	0,603
hd209458	3,525	0,045	1,9468E+30	0,979	0,84
Wasp-22	3,533	0,047	2,20804E+30	1,111	0,56
kep-5	3,549	0,051	2,73697E+30	1,377	2,114
TrES-4	3,553945	0,049	2,47268E+30	1,244	0,69
TwHyd b	3,56	0,041	1,44362E+30	0,726	9,8
Wasp-79b	3,66	0,054	3,12047+30	1,570	retro
OrTR211b	3,677	0,051	2,6045E+30	1,310	1,03
carot-07c	3,698	0,046	1,88947E+30	0,950	0,0246
Wasp-11 b	3,72	0,047	1,99163E+30	1,002	0,47
wasp-17b	3,74	0,050	2,37229E+30	1,193	0,49
Wasp-15 b	3,75	0,047	1,98502E+30	0,999	0,54
Wasp-25	3,765	0,047	1,99437E+30	1,003	0,58
hd219828b	3,8335	0,052	2,53992E+30	1,278	0,066
HAT-P-6b	3,852985	0,052	2,57277E+30	1,294	0,056
L-TR-3b	3,91405	0,046	1,73102E+30	0,871	1,057
Wasp-29	3,923	0,046	1,63553E+30	0,823	0,248
HAT-P9b	3,923	0,053	2,56798E+30	1,292	0,78
XO-1b	3,941534	0,049	1,98578E+30	0,999	0,9
hd76700	3,971	0,049	1,98057E+30	0,996	0,197
otr-182b	3,9791	0,051	2,22404E+30	1,119	1,01
otr111b	4,0161	0,047	1,70878E+30	0,860	0,53
carot-05	4,048	0,049	1,90594E+30	0,959	0,467
hd149143b	4,072	0,053	2,38349E+30	1,199	1,33
hd47168b	4,085	0,050	1,98851E+30	1,000	0,07167

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd102195b	4,115	0,049	1,84438E+30	0,928	0,48
Xo-4	4,125	0,056	2,66706E+30	1,342	1,72
hd125612	4,155	0,050	1,92207E+30	0,967	0,058
Xo-5	4,188	0,048	1,653E+30	0,831	1,077
TWE--04	4,2	0,055	2,50375E+30	1,259	3,8
61 Vir-b	4,215	0,050	1,89024E+30	0,951	0,01604
51pegb	4,23077	0,052	2,08532E+30	1,049	0,468
corExo3b	4,2568	0,057	2,71306E+30	1,365	22,66
hd40307	4,312	0,047	1,4823E+30	0,746	0,01321
Wasp-21	4,322	0,052	1,99821E+30	1,005	0,3
Wasp13 b	4,35	0,052	1,99542E+30	1,004	0,37
HAT-P-1b	4,46529	0,055	2,22719E+30	1,120	0,53
hd9826b	4,6171	0,059	2,55752E+30	1,286	0,69
Hat-p-14	4,627	0,061	2,75943E+30	1,388	2,232
hd156668	4,646	0,050	1,53728E+30	0,773	0,01306
GJ674b	4,6938	0,039	7,14736E+29	0,360	0,039
hd49674b	4,9437	0,058	2,11924E+30	1,066	0,11
Wasp 7 b	4,95	0,057	2,00639E+30	1,009	1,4
Gj436 c	5,2	0,045	8,94607E+29	0,450	0,015
hd109749b	5,24	0,064	2,47548E+30	1,245	0,28
HAT-P-2b	5,3341	0,068	2,89498E+30	1,456	8,64
gl541b	5,366	0,041	6,35406E+29	0,320	0,056
hd7924	5,389	0,057	1,69281E+30	0,852	0,02913
Wasp10 b	5,44	0,061	1,98641E+30	0,999	3,13
Bd-082823	5,6	0,056	1,48658E+30	0,748	0,045
Kep-62b	5,76	0,055	1,34989E+30	0,679	
hd1461b	5,773	0,063	2,0337E+30	1,023	0,02391
hd118203b	6,1335	0,070	2,42035E+30	1,217	2,13
hd68988	6,276	0,071	2,41218E+30	1,213	1,9
hd168746	6,403	0,065	1,77817E+30	0,894	0,23
Hip14810b	6,6742	0,069	1,97479E+30	0,993	3,84
hd185269b	6,838	0,077	2,59188E+30	1,304	0,94
hd217107	7,127	0,074	2,11785E+30	1,065	1,3
Bd+201790	7,783	0,066	1,25991E+30	0,634	6,54
Wasp 8 b	8,16	0,079	1,98811E+30	1,000	2,23
hd162020	8,4242	0,072	1,39618E+30	0,702	13,75
hd191760b	8,64	0,090	2,5924E+30	1,304	0,29
hd69830b	8,667	0,079	1,70951E+30	0,860	0,033
Gj176 b	8,78	0,066	9,9002E+29	0,498	8,4
carot-06	8,887	0,086	2,10082E+30	1,057	2,96
carot-04	9,202	0,090	2,28541E+30	1,150	0,72
hd181433b	9,374	0,080	1,54675E+30	0,778	0,0236
hd160691d	9,55	0,090	2,12189E+30	1,067	0,044
hd40307c	9,62	0,081	1,52443E+30	0,767	0,02171
mu Ara d	9,637	0,090	2,08375E+30	1,048	0,03
hd285968b	10,2336	0,072	9,4611E+29	0,476	0,0757
hd130322	10,724	0,088	1,57302E+30	0,791	1,08

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd108147	10,901	0,104	2,51286E+30	1,264	0,4
Kep-62c	12,44	0,093	1,37978E+30	0,694	
Gi 581c	12,923	0,073	6,18362E+29	0,311	0,0158
hd38529b	14,308	0,129	2,78364E+30	1,400	0,78
55cncb	14,67	0,115	1,87601E+30	0,944	0,784
hd4308b	15,56	0,114	1,62441E+30	0,817	0,047
hd13445	15,766	0,110	1,42147E+30	0,715	4,01
hd99492	17,038	0,119	1,54101E+30	0,775	0,122
hd190360c	17,1	0,128	1,90388E+30	0,958	0,057
hd16416	17,24	0,140	2,45082E+30	1,233	0,069
hd27894b	17,991	0,122	1,48926E+30	0,749	0,62
Kep-62d	18,16	0,120	1,39096E+30	0,700	
hd33283b	18,179	0,168	3,80881E+30	1,916	0,33
hd195019	18,3	0,140	2,17512E+30	1,094	3,43
hd40307d	20,46	0,134	1,52582E+30	0,768	0,02894
hd102117	20,67	0,149	2,05532E+30	1,034	0,14
hd17156b	21,2	0,150	1,99344E+30	1,003	3,08
hd6434	22,09	0,150	1,83605E+30	0,924	0,48
hd192263	24,348	0,150	1,51129E+30	0,760	0,72
hd117618b	25,287	0,176	2,26331E+30	1,138	0,178
hd224693b	26,73	0,233	4,69971E+30	2,364	0,71
Gj876c	30,1	0,130	6,43722E+29	0,324	0,56
hd9446	30,5	0,189	1,92658E+30	0,969	0,7
hd37124b	31	0,181	1,638E+30	0,824	0,25
hd69830c	31,56	0,186	1,71501E+30	0,863	0,038
hd43691	36,96	0,240	2,6864E+30	1,351	2,49
hd11964b	37,82	0,229	2,22877E+30	1,121	0,11
61 Vir c	38,02	0,218	1,88953E+30	0,950	0,05726
rhoCrBb	39,845	0,220	1,78042E+30	0,896	1,04
hd43691b	39,96	0,240	2,29818E+30	1,156	2,49
hip57050	41,4	0,164	6,76946E+29	0,341	0,298
55cncc	43,93	0,240	1,90157E+30	0,957	0,217
hd45652b	44	0,230	1,66832E+30	0,839	0,47
hd147018	44,24	0,239	1,84703E+30	0,929	2,12
hd107148b	48,056	0,269	2,2375E+30	1,126	0,21
hd74156	51,642	0,294	2,52951E+30	1,272	1,86
hd117618	52,2	0,280	2,13862E+30	1,076	0,19
hd37605b	55	0,250	1,37118E+30	0,690	2,3
hd168443b	58,1	0,295	2,0189E+30	1,016	7,2
Gj876b	60,94	0,208	6,41684E+29	0,323	1,935
hd3651	62,23	0,284	1,57021E+30	0,790	0,2
hd121504	64,6	0,320	2,08442E+30	1,049	0,89
hd101930b	70,46	0,302	1,47278E+30	0,741	0,3
hd178911	71,487	0,320	1,70215E+30	0,856	6,298
hd16141	75,56	0,350	1,99352E+30	1,003	0,23

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
Gi 581d	83,6	0,250	5,93484E+29	0,299	0,0243
hd114762	83,89	0,350	1,61728E+30	0,814	11,02
hd191760c	86,83	0,420	2,60861E+30	1,312	7,2
carot-09	95,27	0,407	1,97184E+30	0,992	0,84
Hip14810c	95,2914	0,407	1,97096E+30	0,991	0,76
hd145377	104	0,450	2,23652E+30	1,125	5,76
hd171156c	111,3	0,481	2,38477E+30	1,200	0,063
hip79431	111,7	0,360	9,92664E+29	0,499	0,36
hd80606	111,78	0,439	1,79749E+30	0,904	3,41
hd219542b	112,1	0,460	2,05619E+30	1,034	0,3
hd117176	116,689	0,480	2,15608E+30	1,085	7,44
hd216770	118,45	0,460	1,84164E+30	0,926	0,65
hd52265	118,96	0,490	2,20692E+30	1,110	1,13
Kep 62e	122,4	0,427	1,3795E+30	0,694	
61 Vir d	123	0,476	1,8924E+30	0,952	0,07204
hd208487b	123	0,490	2,06433E+30	1,038	0,45
hd34445b	126	0,510	2,21805E+30	1,116	0,58
hd102272b	127,6	0,616	3,81103E+30	1,917	5,9
GJ3021b	133,82	0,490	1,744E+30	0,877	3,32
XiAql b	136,8	0,680	4,46021E+30	2,244	2,8
hd231701b	143,5	0,550	2,14479E+30	1,079	1,03
hd93083	143,58	0,477	1,39755E+30	0,703	0,37
hip14810	147,7	0,542	1,93748E+30	0,975	1,28
hd37124c	154,46	0,530	1,65652E+30	0,833	0,61
hd32518	157,5	0,590	2,19784E+30	1,106	3,04
hd154672b	163,9	0,597	2,10265E+30	1,058	4,96.
hd11507	170,5	0,639	2,38262E+30	1,199	0,82
hd219449	182	0,650	2,20089E+30	1,107	2,9
hd81688b	184	0,810	4,16697E+30	2,096	2,7
14Andb	185,8	0,830	4,39687E+30	2,212	4,8
hd73526	190,5	0,660	2,10302E+30	1,058	3
hd9946c	192,9	0,654	1,99558E+30	1,004	1,82
hd38529	193,9	0,740	2,86115E+30	1,439	0,17
hd155358b	195	0,628	1,72906E+30	0,870	0,89
hd69830d	197	0,630	1,71037E+30	0,860	0,058
hd104985	198,2	0,780	3,20684E+30	1,613	6,3
hd60532c	201,3	0,759	2,86444E+30	1,441	1,03
hd75898b	204,2	0,737	2,54854E+30	1,282	1,48
hd82943c	219	0,746	2,29789E+30	1,156	2,01
hd45364	226,9	0,681	1,6306E+30	0,820	0,1875
hd8574	228,8	0,760	2,22602E+30	1,120	2,23
hd169830	225,62	0,810	2,77141E+30	1,394	2,88
Bd-082823	237,6	0,680	1,47855E+30	0,744	0,33
Ups And c	241,5	0,829	2,59317E+30	1,304	1,89
hd202206	255,87	0,830	2,31844E+30	1,166	17,4
hd89744	256,605	0,890	2,84211E+30	1,430	7,99
hd134987	260	0,780	1,86354E+30	0,937	1,58

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse kg	In M Sonne	Planetenmasse
hd12661b	263,6	0,830	2,18446E+30	1,099	2,3
hd150706	264	0,820	2,10008E+30	1,056	1
hd40979	267,2	0,811	1,98331E+30	0,998	3,32
Kep 62f	267,5	0,718	1,37523E+30	0,692	
Bd+144559	268,8	0,777	1,72348E+30	0,867	1,47
4Uma b	269,3	0,870	2,41038E+30	1,212	7,1
hd205739b	279,8	0,896	2,4391E+30	1,227	1,37
hd175541b	297,3	1,030	3,28188E+30	1,651	0,61
iotaHor b	302,8	0,930	2,32883E+30	1,171	2,8
hd59686	303	0,911	2,18611E+30	1,100	5,25
mu Ara e	307,5	0,930	2,25819E+30	1,136	0,48
hd160691e	310,55	0,921	2,15039E+30	1,082	0,5219
hd17051	311,288	0,910	2,06443E+30	1,038	1,94
hd173416	323,6	1,160	3,95693E+30	1,990	2,7
hd92788	327,393	0,950	2,12341E+30	1,068	3,31
hd148427	331,5	0,930	1,94305E+30	0,977	0,96
30 Ari B	335,1	0,995	2,32874E+30	1,171	9,88
hd74156d	336,6	1,010	2,414E+30	1,214	0,396
hd142	337,112	0,980	2,19852E+30	1,106	1
hd210702b	341,1	1,170	3,65423E+30	1,838	2
hd45364c	342,9	0,897	1,63055E+30	0,820	0,6579
hd122430b	344,95	1,020	2,3675E+30	1,191	3,71
hip5158b	345,7	0,890	1,56593E+30	0,788	1,42
hd192699b	351,5	1,160	3,3537E+30	1,687	2,5
hd4313	356	1,190	3,52973E+30	1,776	2,3
hd156846b	359,51	0,990	1,9929E+30	1,002	10,45
hd17092b	359,9	1,290	4,39953E+30	2,213	4,6
hd212771	373,3	1,220	3,45911E+30	1,740	2,3
hd92788b	377,7	0,970	1,69833E+30	0,854	3,86
hd73526c	377,8	1,050	2,15301E+30	1,083	2,5
hd20868	380,9	0,947	1,55392E+30	0,782	1,99
hd28185	383	1,030	1,97749E+30	0,995	5,7
hd100777b	383,7	1,030	1,97029E+30	0,991	1,16.
hd196885	386	1,120	2,50311E+30	1,259	1,84
hd142415	386,3	1,050	2,0593E+30	1,036	1,62
hd33564	388	1,100	2,34701E+30	1,181	9,1
hd177830b	391	1,000	1,73639E+30	0,873	1,29
hd108874b	395,4	1,051	1,97122E+30	0,992	1,36
hd154857	398,5	1,110	2,2862E+30	1,150	1,8
hd4203	400,944	1,090	2,13852E+30	1,076	1,65
hd177830	410,1	1,230	2,93722E+30	1,477	1,53
hd167042b	416,1	1,300	3,36849E+30	1,694	1,6
hd128311b	420,514	1,020	1,59309E+30	0,801	2,58
hd27442	423,841	1,180	2,42796E+30	1,221	1,28
eps ret	428,1	1,270	2,96703E+30	1,492	1,56
Gam-1Leo	428,5	1,190	2,43635E+30	1,226	8,78
hd210277	435,6	1,097	1,84691E+30	0,929	1,24
hd99109	439,3	1,100	1,83087E+30	0,921	0,502

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd82943c	441,2	1,190	2,29811E+30	1,156	1,75
hd128311b	448,6	1,099	1,75096E+30	0,881	2,18
hd19994	454	1,300	2,82956E+30	1,423	2
hd221287b	456,1	1,250	2,49236E+30	1,254	3,09
hd188015	456,46	1,190	2,14702E+30	1,080	1,26
hd136418	464,3	1,320	2,83221E+30	1,425	2
hd20367	469,5	1,250	2,35212E+30	1,183	1,17
hd13189b	471,6	1,850	7,55734E+30	3,801	14
hd180902	479	1,390	3,10724E+30	1,563	1,6
42 Dra	479,1	1,190	1,9489E+30	0,980	3,88
hd96167	498,9	1,300	2,34317E+30	1,179	0,68
hd153950	499,4	1,280	2,2322E+30	1,123	2,73
hd20367b	500	1,250	2,07392E+30	1,043	1,07
hd114783	501	1,200	1,82755E+30	0,919	0,99
hd240210	501,8	1,330	2,48025E+30	1,248	6,9
hd125612b	502	1,200	1,82028E+30	0,916	3,2
hd95089	507	1,510	3,55563E+30	1,789	1,2
11Umi	516,2	1,540	3,63854E+30	1,830	10,5
hd102272c	520	1,570	3,79921E+30	1,911	2,6
hd4113b	526,62	1,280	2,00741E+30	1,010	1,56
hd147513	528,4	1,310	2,13742E+30	1,075	1,18
hd155358c	530,3	1,224	1,73102E+30	0,871	0,504
hd19994	535,7	1,430	2,70499E+30	1,361	1,69
hd171028b	538	1,290	1,96882E+30	0,990	1,83
hd147513	540,4	1,260	1,81837E+30	0,915	1
hip75458b	550,651	1,340	2,10651E+30	1,060	8,46
hd215497c	567,9	1,282	1,73429E+30	0,872	0,33
hd222582	572	1,350	1,99623E+30	1,004	5,11
hd20782b	585,86	1,360	1,9455E+30	0,979	1,8
hd62509b	589,64	1,690	3,68542E+30	1,854	2,9
epsTaub	594,9	1,930	5,39244E+30	2,712	7,6
Gj-649	598,3	1,135	1,0843E+30	0,545	0,328
hd60632	604	1,580	2,87011E+30	1,444	2,46
hd164604	606,4	1,130	1,04164E+30	0,524	2,7
hd206610	610	1,680	3,38275E+30	1,702	2,2
hd65216b	613,1	1,370	1,81593E+30	0,913	1,21
Bd+202457	622	2,010	5,57197E+30	2,803	12,47
hd183263	634,23	1,520	2,3176E+30	1,166	3,69
mu ara	646,4	1,530	2,27548E+30	1,145	1,68
hd141937	653,22	1,520	2,18481E+30	1,099	9,7
hd160691b	654,5	1,500	2,09149E+30	1,052	1,67
hd41004A	655	1,310	1,39102E+30	0,700	2,3
Bd-1763	655,6	1,340	1,48606E+30	0,748	5,1
hd181342	663	1,780	3,40592E+30	1,713	3,3
hd5319b	675	1,750	3,12254E+30	1,571	1,94
Gj317b	692,9	0,950	4,74057E+29	0,238	1,2
hd38801	696,3	1,700	2,69002E+30	1,353	10,7
hd11977b	711	1,930	3,77515E+30	1,899	6,54

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd47536b	712,13	1,610	2,18454E+30	1,099	4,96
Ngc24233b	714,3	2,100	4,81834E+30	2,424	10,6
hd23079	738,459	1,650	2,18676E+30	1,100	2,61
hd48265	762	1,600	1,87263E+30	0,942	1,2
hd5388	777	1,760	2,39716E+30	1,206	1,96
hd137510	778	1,830	2,68779E+30	1,352	25,63
hd186427	798,938	1,670	1,93698E+30	0,974	1,69
16Cyg Bb	799,5	1,680	1,96921E+30	0,991	1,68
hd4208	812,197	1,670	1,87425E+30	0,943	0,8
hd37124c	843,6	1,640	1,64535E+30	0,828	0,6
hd70573b	851,8	1,760	1,99464E+30	1,003	6,1
hd16175b	856	2,070	3,2134E+30	1,616	4,5
hd114386	872	1,620	1,48427E+30	0,747	0,99
hd45350	890,76	1,770	1,85524E+30	0,933	0,98
6Lynb	899	2,200	3,49744E+30	1,759	2,4
chephei b	902,26	2,030	2,72788E+30	1,372	1,59
Gam-Cep	902,3	1,940	2,3807E+30	1,198	1,43
hd128311c	919	1,760	1,71359E+30	0,862	3,21
hd213240	951	2,030	2,45543E+30	1,235	4,5
hip14810d	952	1,890	1,97748E+30	0,995	0,57
81Cetb	952,7	2,500	4,56992E+30	2,299	5,3
hd181433c	962	1,760	1,56383E+30	0,787	0,64
hd41004	963	1,700	1,40636E+30	0,707	2,56
hd132406b	974	1,980	2,1721E+30	1,093	5,61
hd187085b	986	2,050	2,35239E+30	1,183	0,75
hd159868b	986	2,000	2,18443E+30	1,099	1,7
18Delb	993,3	2,600	4,7289E+30	2,379	10,3
hd208487c	998	1,920	1,88644E+30	0,949	0,46
hd81040b	1001,7	1,940	1,93166E+30	0,972	6,87
hd147018c	1008	1,922	1,85498E+30	0,933	6,56
hd190647	1038,1	2,070	2,18491E+30	1,099	1,9
hd10647	1040	2,100	2,27296E+30	1,143	0,91
hd34445	1049	2,070	2,13974E+30	1,076	0,79
hd10697	1076,4	2,160	2,30895E+30	1,161	6,38
hd10597	1077,906	2,130	2,20789E+30	1,111	6,12
hd95128b	1089	2,090	2,04355E+30	1,028	0,76
hd139357	1126	2,360	2,75208E+30	1,384	9,76
hd190228	1127	2,310	2,57626E+30	1,296	4,99
hd114729	1131,478	2,080	1,86595E+30	0,939	0,82
hd111232	1143	1,970	1,55349E+30	0,781	6,8
hd170469b	1145	2,240	2,2758E+30	1,145	0,67
hd187085	1147	2,260	2,32916E+30	1,172	0,98
hd164922b	1155	2,110	1,86932E+30	0,940	0,36
hd30562	1157	2,300	2,41278E+30	1,214	1,29
v391pegb	1170	1,700	9,52744E+29	0,479	3,2
KapCrBb	1191	2,700	3,68357E+30	1,853	1,8
hd2039b	1192,582	2,190	1,96046E+30	0,986	4,85
hd136118	1209	2,300	2,20969E+30	1,112	11,9

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd23127b	1214	2,400	2,48999E+30	1,253	1,5
hd126614	1244	2,350	2,2262E+30	1,120	1,6
hd73267	1260	2,189	1,75387E+30	0,882	3,06
hd50554	1279	2,380	2,18772E+30	1,100	4,9
hd11506b	1280	2,350	2,10274E+30	1,058	4,85
hd9826d	1284	2,530	2,60755E+30	1,312	3,75
hd196050	1289	2,500	2,49641E+30	1,256	3
hd175167	1290	2,400	2,20524E+30	1,109	7,8
hd216437	1331,703	2,430	2,14786E+30	1,080	1,98
hd196885b	1348	2,630	2,65759E+30	1,337	2,96.
hd47168c	1354	2,395	1,98921E+30	1,001	0,3506
hd202206b	1383,4	2,550	2,29999E+30	1,157	2,44
hd216435	1442,919	2,700	2,50962E+30	1,262	1,49
hd12661c	1444,5	2,560	2,13445E+30	1,074	1,57
hd86264	1475	2,860	2,8544E+30	1,436	7
hd106252	1500	2,610	2,09768E+30	1,055	6,81
hd171238	1523	2,540	1,87544E+30	0,943	2,6
hd86226	1534	2,600	1,98276E+30	0,997	1,5
hd23596	1558	2,720	2,20076E+30	1,107	7,19
hd24496	1568	2,590	1,87589E+30	0,944	0,32
GD 66	1580	2,356	1,39063E+30	0,700	2,11
hd108874c	1605,8	2,680	1,98163E+30	0,997	1,018
hd168443c	1739,5	2,870	2,07395E+30	1,043	17,1
14herb	1796,4	2,800	1,8058E+30	0,908	4,74
hd73534	1800	3,150	2,56087E+30	1,288	1,15
O06109Lb	1825	2,300	9,69748E+29	0,488	0,71
Gj849b	1890	2,350	9,64453E+29	0,485	0,82
hd142022A	1923	2,800	1,57586E+30	0,793	4,4
hd204313	1931	3,082	2,08418E+30	1,048	4,05
hd11964c	1940	3,167	2,24048E+30	1,127	0,7
hd66428b	1973	3,180	2,19295E+30	1,103	2,82
hd22049	2025	3,400	2,54441E+30	1,280	6,17
hd39091b	2063,818	3,290	2,21945E+30	1,116	10,35
hd152079	2097	3,200	1,97813E+30	0,995	3
hd169830c	2102	3,600	2,80313E+30	1,410	4,04
hd89307	2157	3,270	1,99501E+30	1,004	1,78
hd181433d	2172	3,000	1,51931E+30	0,764	0,54
hd38529c	2174,3	3,680	2,79837E+30	1,408	12,7
hd70642	2231	3,300	1,91665E+30	0,964	2
Gj 179	2288	2,410	7,09807E+29	0,357	0,82
hd37124d	2295	3,190	1,63609E+30	0,823	0,66
hd74156	2477	3,350	1,62661E+30	0,818	8,03
hd33636	2447,292	3,560	1,99977E+30	1,006	9,28
eridani b	2502,1	3,300	1,52382E+30	0,767	0,86
hd50499b	2582,7	3,860	2,28884E+30	1,151	1,71
hd95128c	2594	3,730	2,04733E+30	1,030	0,76
hd117207	2627,08	3,780	2,07745E+30	1,045	2,06
Gj-317c	2700	2,900	8,88112E+29	0,447	0,83

Name	Periode/d	r/AE	Sternmasse/kg	in M Sonne	Planetenmasse
hd187123c	2750	3,951	2,165E+30	1,089	1,7
hd87883	2754	3,600	1,63298E+30	0,821	1,78
hd30177	2819,654	3,860	1,92031E+30	0,966	9,28
QsVir	2869	4,200	2,3894E+30	1,202	6,4
hd190360	2891	3,920	1,91321E+30	0,962	1,502
hd160691c	2986	4,170	2,15889E+30	1,086	3,1
hd50499	2990	4,403	2,53457E+30	1,275	1,84
hd89307	3090	4,150	1,98714E+30	1,000	2,73
hd217107c	3150	4,300	2,12709E+30	1,070	2,1
hd72659	3177,4	4,160	1,89294E+30	0,952	2,96
O05168Lb	3300	2,800	5,35115E+29	0,269	0,04
Gj832 b	3416	3,400	8,94133E+29	0,450	0,64
hd154345b	3650	4,400	1,69736E+30	0,854	1
hd187123c	3810	4,890	2,13835E+30	1,076	1,99
hd217107	4210	5,270	2,19214E+30	1,103	2,49
Jupiter	4331,865	5,200	1,98912E+30	1,001	1
55cncd	4517,4	5,257	1,8899E+30	0,951	3,92
mu Ara c	4643	5,540	2,09379E+30	1,053	2,42
hd1461d	5000	5,800	2,07179E+30	1,042	0,3052
O06109Lc	5100	4,600	9,93423E+29	0,500	0,27
14herc	5369	5,810	1,8061E+30	0,909	2,086
beta pic	5844	8,000	3,9797E+30	2,002	8
hd24040	8000	8,290	2,36311E+30	1,189	9,13
Dp Leo	8693	8,600	2,23438E+30	1,124	6,28
hd154345b	10900	9,210	1,74553E+30	0,878	2,03
47uma d	14000	11,600	2,11407E+30	1,063	
hr 8799e	36500	27,000	3,92199E+30	1,973	10
hr8799c	69000	42,000	4,13096E+30	2,078	10
EpsEri c	102300	40,000	1,62342E+30	0,817	0,1
hr8799b	170000?[446]	68,000	2,88822E+30	1,453	7

[446] Der Exoplanet hr8799b muss eine andere Umlaufzeit haben, sonst stimmt die Masse des Sterns nicht.

Tabelle 9: Exoplaneten mit Mehrfachsystemen

Name	Periode in d	r in AE	Sternmasse in kg	Sternmasse in Sonnenmassen	Planetenmasse in Jupitermassen
Gliese876d	1,93776	0,021	6,36196E+29	0,320	0,023
Gliese876c	30,1	0,130	6,43722E+29	0,324	0,56
Gliese876b	60,94	0,208	6,41684E+29	0,323	1,935
Gliese581e	3,14965	0,03	4,488E+29	0,363	0,006106
Gliese581b	5,3683	0,041	6,25406E+29	0,320	0,0492
Gliese581c	12,932	0,073	6,18362E+29	0,311	0,0158
Gliese581d	83,6	0,25	5,93484E+29	0,299	0,0243
Gliese317b	692,6	0,95	4,7406E+29	0.238	1,2
Gliese317c	2700	2,9	8,8811E+29	0,447[447]	0,83
Gliese436b	2,6641	0,028	8,15793E+29	0,410	0,067
Gliese436c	5,2	0,45	8,94607E+29	0,450	0,015
O06109Lb	1825	2,3	9,69748E+29	0,488	0,71
O06109Lc	5100	4,6	9,93423E+29	0,500	0,27
Kep-62b	5,76	0,055	1,34989E+30	0,668	
Kep-62c	12,44	0,093	1,37978E+30	0,693	
Kep-62d	18,16	0,120	1,39096E+30	0,700	
Kep-62e	122,4	0,427	1,3795E+30	0,694	
Kep-62f	267,3	0,718	1,37523E+30	0,692	
Hd40307b	4,312	0,047	1,4823E+30	0,746	0,01321
Hd40307c	9.62	0,081	1,5244E+30	0,767	0,02174
Hd40307d	20,46	0,134	1,5258E+30	0,768	0,02894

[447] Bei Gliese 317 muss eine von beiden einen Fehler vorweisen, da die Werte sehr unterschiedlich sind.

Name	Periode in d	r in AE	Sternmasse in kg	Sternmasse in Sonnenmassen	Planetenmasse in Jupitermassen
Bd+082823b	5,6	0,056	1,4866E+30	0,748	0,045
Bd+082823c	237,6	0,68	1,4785E+30	0,744	0,33
Hd181433b	9,347	0,08	1,5468E+30	0,778	0,0236
Hd181433c	962	1,76	1,5638E+30	0,787	0,64
Hd183433d	2172	3	1,5193E+30	0,764	0,54
Hd45364b	226,9	0,681	1,6306E+30	0,82	0,1875
Hd45364c	342,9	0,897	1,6305E+30	0,82	0,6579
hd37124b	154,46	0,530	1,65652E+30	0,833	0,61
hd37124c	843,6	1,640	1,64535E+30	0,828	0,6
hd37124d	2295	3,190	1,63609E+30	0,823	0,66
Hd69830b	8,667	0,079	1,70951E+30	0,860	0,033
Hd69830c	31,56	0,186	1,71501E+30	0,863	0,038
Hd215497b	3,934	0,047	1,7808E+30	0,896	0,02076
Hd215497c	567,9	1,284	1,7343E+30	0,872	0,33
hd128311b	448,6	1,099	1,75096E+30	0,881	2,18
hd128311c	919	1,760	1,71359E+30	0,862	3,21
hd155383b	195	0,628	1,72906E+30	0,87	0,89
hd155383c	530,3	1,224	1,73102E+30	0,871	0,504
Hd147018b	44,24	0,239	1,847E+30	0,929	2,12
Hd147018c	1008	1,922	1,855E+30	0,933	6,56
55cnc-e	2,81	0,038	1,84476E+30	0,928	0,045
55cnc-b	14,67	0,115	1,87601E+30	0,944	0,784
55cnc-c	43,93	0,240	1,90157E+30	0,957	0,217
55cnc-f	260	0,781	1,86354E+30	0,937	0,144
55cnc-d	4517,4	5,257	1,8899E+30	0,951	3,92

Name	Periode in d	r in AE	Sternmasse in kg	Sternmasse in Sonnenmassen	Planetenmasse in Jupitermassen
61 Vir b	4,215	0,05	1,8902E+30	0,951	0,01604
61 Vir c	38,02	0,218	1,8895E+30	0,950	0,05726
61 Vir d	123	0,476	1,8924E+30	0,952	0,07204
Hd190360b	17,1	0,128	1,90388E+30	0,958	0,057
Hd190360c	2891	3,92	1,91321E+30	0,962	1,502
Hd125612b	4,155	0,05	1,9221E+30	0,967	0,058
Hd125612c	502	1,2	1,82028E+30	0,916	3,2
Hd125612d	3200	4,2	1,9207E+30	0,966	7,2
hd14810b	6,6742	0,069	1,97479E+30	0,993	3,84
hd14810c	95,2914	0,407	1,97096E+30	0,991	0,76
Hd14810d	147,7	0,542	1,9375E+30	0,975	1,28
Hd14810e	952	1,89	1,9775E+30	0,995	0,57
hd108874b	395,4	1,051	1,97122E+30	0,992	1,36
hd108874c	1605,8	2,680	1,98163E+30	0,997	1,018
Hd9446b	30,5	0,189	1,9266E+30	0,969	1,78
Hd9446c	192,9	0,654	1,9956E+30	1,004	0,7
hd208487b	123	0,49	2,20692E+30	1,038	0,45
hd208487c	998	1,920	1,88644E+30	0,949	0,46
Hd47168b	4,085	0,05	1,9885E+30	1	0,07167
Hd47168c	1354	2,395	1,9892E+30	1,001	0,3506
Hd1461b	5,773	0,063	2,0337E+30	1,023	0,02391
Hd1461c	454	1,165	2,0346E+30	1,024	0,07204
Hd1461e	5000	5,8	2,0718E+30	1,042	0,3052
hd95128b	1089	2,090	2,04355E+30	1,028	2,54
hd95128c	2594	3,730	2,04733E+30	1,030	0,76

Name	Periode in d	r in AE	Sternmasse in kg	Sternmasse in Sonnenmassen	Planetenmasse in Jupitermassen
hd168443b	58,1	0,295	1,91692E+30	1,016	7,2
hd168443c	1739,5	2,870	2,07395E+30	1,043	17,1
Hd11506b	170,5	0,639	2,38262E+30	1,199	0,82
Hd11506c	1280	2,35	2,10274E+30	1.058	4.85
mu Ara d	9,637	0,090	2,08375E+30	1,048	0,03
mu Ara e	307,5	0,930	2,25819E+30	1,136	0,48
mu Ara c	4643	5,540	2,09379E+30	1,053	2,42
hd217107b	7,127	0,074	2,11785E+30	1,065	1,3
hd217107c	3150	4,300	2,12709E+30	1,070	2,1
hd160691d	9,55	0,090	2,12189E+30	1,067	0,044
Hd160691e	310,55	0,921	2,15039E+30	1,082	0,5219
hd160691b	654,5	1,500	2,09149E+30	1,052	1,67
hd160691c	2986	4,170	2,15889E+30	1,086	3,1
hd187123b	3,097	0,042	2,05053E+30	1,031	0,52
hd187123c	2750	3,951	2,165E+30	1,089	1,7
hd73526b	190,5	0,66	2,10302E+30	1,058	3,0
hd73526c	377,8	1,05	2,15301E+30	1,083	2,5
hd12661b	263,6	0,830	2,18446E+30	1,099	2,3
hd12661d	1444,5	2,56	2,13445E+30	1,074	1,57
Hd217107b	7,127	0,074	2,11785E+30	1,065	1,3
Hd217107c	4210	5,27	2,1921E+30	1,103	2,49
Hd11964b	37,82	0,229	2,22877E+30	1,121	0,11
Hd11964c	1940	3,167	2,24048E+30	1,127	0,7
hd82943b	219	0,746	2,29789E+30	1,156	2,01
hd82943c	441,2	1,19	2,29811E+30	1,156	1,7

Name	Periode in d	r in AE	Sternmasse in kg	Sternmasse in Sonnenmassen	Planetenmasse in Jupitermassen
hd202206c	255,87	0,830	2,31844E+30	1,166	17,4
hd202206b	1383,4	2,550	2,29999E+30	1,157	2,44
Hd183263b	634,23	1,52	2,3176E+30	1,166	3,69
Hd183263c	2950	4,25	2,3417E+30	1,178	3,82
hd74156b	51,642	0,294	2,52951E+30	1,272	1,86
hd74156d	346,6	1,04	2,48567E+30	1,250	0,396
hd74156c	2025	3,400	2,54441E+30	1,280	6,17
Ups And b	4,617	0,059	2,55752E+30	1,286	0,69
Ups And c	241,5	0,829	2,59317E+30	1,304	1,89
Ups And d	1284	2,530	2,60755E+30	1,312	3,75
Hd191760b	8,64	0,09	2,5924E+30	1,304	0,29
Hd191760c	86,83	0,42	2,6086E+30	1,312	7,2
hd169830b	225,62	0,810	2,77141E+30	1,394	2,88
hd169830c	2102	3,600	2,80313E+30	1,410	4,04
hd38529b	14,308	0,129	2,78364E+30	1,400	0,78
hd38529b	2174,3	3,680	2,79837E+30	1,408	12,7
Hd60532c	201,3	0,759	2,8644E+30	1,441	1,03
Hd60532b	604	1,58	2,8701E+30	1,444	2,46
hd102272b	127,6	0,616	3,81103E+30	1,917	5,8
hd102272c	520	1,570	3,79921E+30	1,911	2,6
Hr8799b	170000 ?	68	2,8882E+30	1,453 ?	7
Hr8799c	69000	42	3,92199E+30	1,973	10
Hr8799d	38500	27	4,13096E+30	2,078	10

Tabelle 10: Sternspektren und Masse

Tabelle 6.1: Spektrum (Spk), Oberflächentemperatur (T), Leuchtkraft(L), Masse (M) und Radius (R) der Hauptreihensterne.

Spk	T (K)	$L(L_\odot)$	$M(M_\odot)$	$R(R_\odot)$
O7	38000	140000.	27.	8.5
B0	32000	16000.	16.	5.7
B3	17000	2500.	8.3	4.8
B5	15000	750.	5.4	3.7
B8	12500	130.	3.5	2.7
A0	9500	63.	2.6	2.3
A2	9000	40.	2.2	2.0
A5	8700	24.	1.9	1.8
A7	8100	11.	1.8	1.7
F0	7400	9.	1.6	1.5
F2	7100	6.3	1.5	1.3
F5	6400	4.	1.35	1.2
F8	6100	2.5	1.2	1.1
G0	5900	1.45	1.08	1.05
G2 ⊙	5800	1.00	1.0	1.0
G5	5600	0.70	0.95	0.91
G8	5300	0.44	0.85	0.87
K0	5100	0.36	0.83	0.83
K2	4830	0.28	0.78	0.79
K5	4370	0.18	0.68	0.74
K8	3900	0.12	0.58	0.67
M0	3670	0.075	0.47	0.63
M2	3400	0.03	0.33	0.36
M3	3300	0.014	0.26	0.29
M4	3200	0.005	0.2	0.21

(10.)[448]

[448] James B. Kaler: „Sterne“ 1993 Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg S. 47, Tabelle

Tabelle 11: Massen von Hauptreihensternen mit Exoplaneten[449]

Name	**Periode/d**	**r/AE**	**Spektraltyp**	**Delta-Masse in Sonnenmassen**	**Sternmasse in Sonnenmassen**	**Masse nach Spektrum**
Gliese876c	30,1	0,130	M4 V	0,124	0,324	0,20
Gliese876b	60,94	0,208	M4 V	0,123	0,323	0,20
gliese876d	1,93776	0,021	M4 V	0,12	0,320	0,20
Gliese541b	5,366	0,041	M3	0,06	0,320	0,26
GJ436b	2,6441	0,028	M2,5	0,11	0,410	0,30
hd63454b	2,81782	0,036	K4 V	0,06	0,785	0,715
hd93083	143,58	0,477	K3 V	-0,047	0,703	0,75
hd114386	872	1,620	K3 V	0	0,747	0,75
hd162020	8,4242	0,072	K2 V	-0,078	0,702	0,78
hd99492	17,038	0,119	K2 V	0	0,775	0,78
hd27894b	17,991	0,122	K2 V	-0,031	0,749	0,78
hd192263	24,348	0,150	K2 V	-0,02	0,760	0,78
chephei b	902,26	2,030	K2 V	0,592	1,372	0,78
eridani b	2502,1	3,300	K2 V	-0,013	0,767	0,78
hd189733b	2,218574	0,031	K1/K2	0,022	0,832	0,81
hd13445	15,766	0,110	K1 V	-0,095	0,715	0,81
hd101930b	70,46	0,302	K1 V	-0,069	0,741	0,81
hd216770	118,45	0,460	K1 V	0,096	0,926	0,81
hd41004A	655	1,310	K1 V	-0,11	0,700	0,81
hd188753A	3,3481	0,045	K0	0,227	1,057	0,83
0tr113b	1,4325	0,023	K	-0,059	0,771	0,83
hd83443	2,985	0,040	K0 V	0,129	0,959	0,83
hd179949	3,092	0,040	K0 V	0,064	0,894	0,83
hd102195b	4,115	0,049	K0 V	0,098	0,928	0,83
hd118203b	6,1335	0,070	K0	0,387	1,217	0,83
hd130322	10,724	0,088	K0 V	-0,039	0,791	0,83

[449] Diese Tabelle ist eine eigene Auswertung aus Exoplaneten. Es sind nur Hauptreihensterne zusammengefasst. Wichtig sind dabei die Abweichungen in der Masse des Sterns. Aus dem Grund werden im Diagramm 1 & 2 die Exoplaneten nach der Masse des Sterns sortiert und nicht nach dem Spektrum.

hd37605b	55	0,250	K0 V	0,14	0,690	0,83
hd3651	62,23	0,284	K0 V	-0,04	0,790	0,83
hd177830b	391	1,000	K0	0,043	0,873	0,83
hd128311b	448,6	1,099	K0	0,051	0,881	0,83
hd114783	501	1,200	K0	0,089	0,919	0,83
hd128311c	919	1,760	K0	0,032	0,862	0,83
14herb	1796,4	2,800	K0 V	0,078	0,908	0,83
hd142022A	1923	2,800	K0 V	-0,037	0,793	0,83
O-TR-10b	3,1013	0,042	G or K	0,169	0,999	0,83
otr111b	4,0161	0,047	G or K	0,03	0,860	0,83
hd73256	2,549	0,037	G8/K0	0,192	1,042	0,85
55cnce	2,81	0,038	G8 V	0,078	0,928	0,85
55cncb	14,67	0,115	G8 V	0,094	0,944	0,85
55cncc	43,93	0,240	G8 V	0,097	0,957	0,85
hd111232	1143	1,970	G8 V	-0,069	0,781	0,85
hd117207	2627,08	3,780	G8 IV-V	0,195	1,045	0,85
hd30177	2819,654	3,860	G8 V	0,113	0,966	0,85
55cncd	4517,4	5,257	G8 V	0,101	0,951	0,85
hd76700	3,971	0,049	G6 V	0,076	0,996	0,92
hd102117	20,67	0,149	G6 V	0,114	1,034	0,92
GJ3021b	133,82	0,490	G6 V	-0,043	0,877	0,92
hd73526	190,5	0,660	G6 V	0,138	1,058	0,92
hd202206	255,87	0,830	G6 V	0,246	1,166	0,92
hd12661b	263,6	0,830	G6 V	0,179	1,099	0,92
hd202206b	1383,4	2,550	G6 V	0,237	1,157	0,92
hd12661c	1444,5	2,560	G6 V	0,154	1,074	0,92
hd190360	2891	3,920	G6 IV	0,042	0,962	0,92
hd187123b	3,097	0,042	G5	0,081	1,031	0,95
hd330075	3,369	0,043	G5	-0.015	0,935	0,95
hd2638b	3,4442	0,044	G5	0,009	0,959	0,95
hd49674	4,948	0,057	G5 V	0,041	0,999	0,95
hd168746	6,403	0,065	G5	-0,056	0,894	0,95
hd4308b	15,56	0,114	G5 V	-0,133	0,817	0,95
hd11964b	37,82	0,229	G5	0,181	1,121	0,95
hd168443b	58,1	0,295	G5	0,066	1,016	0,95
hd178911	71,487	0,320	G5	-0,094	0,856	0,95
hd80606	111,78	0,439	G5	-0,046	0,904	0,95
hd134987	260	0,780	G5 V	-0,013	0,937	0.95

hd92788b	377,7	0,970	G5	-0,096	0,854	0,95
hd28185	383	1,030	G5	0,045	0,995	0,95
hd108874b	395,4	1,051	G5	0,042	0,992	0,95
hd154857	398,5	1,110	G5	0,2	1,150	0,95
hd4203	400,944	1,090	G5	0,126	1,076	0,95
hd147513	540,4	1,260	G3/G5 V	-0,035	0,915	0,95
hd222582	572	1,350	G5	0,054	1,004	0,95
hd65216b	613,1	1,370	G5 V	-0,037	0,913	0,95
hd4208	812,197	1,670	G5 V	0	0,943	0,95
hd108874c	1605,8	2,680	G5	0,047	0,997	0,95
hd168443c	1739,5	2,870	G5	0,093	1,043	0,95
hd70642	2231	3,300	G5 IV-V	0,014	0,964	0,95
hd10366	3,488	0,046	G4 V	0,098	1,068	0,97
hd117176	116,689	0,480	G4 V	0,115	1,085	0,97
hd37124c	154,46	0,530	G4	-0,137	0,833	0,97
hd37124c	843,6	1,640	G4 V	-0,142	0,828	0,97
hd37124d	2295	3,190	G4 V	-0,147	0,823	0,97
hd160691d	9,55	0,090	G3 IV-V	0,073	1,067	0,99
hd195019	18,3	0,140	G3 IV-V	0,104	1,094	0,99
hd160691b	654,5	1,500	G3 IV-V	0,062	1,052	0,99
hd81040b	1001,7	1,940	G2/G3	-0,018	0,972	0,99
hd114729	1131,478	2,080	G3 V	0,051	0,939	0,99
hd196050	1289	2,500	G3 V	O,266	1,256	0,99
hd160691c	2986	4,170	G3 IV-V	0,096	1,086	0,99
rhoCrBb	39,845	0,220	G0 or G2	-0,104	0,896	1
hd117618	52,2	0,280	G2 V	0,076	1,076	1
hd121504	64,6	0,320	G2 V	0,049	1,049	1
hd208487b	123	0,490	G2	0,038	1,038	1
hd183263	634,23	1,520	G2 IV	0,166	1,166	1
hd141937	653,22	1,520	G2/G3 V	0,099	1,099	1
Jupiter	4331,865	5,200	G 2,5 V	0	1,001	1
hd142415	386,3	1,050	G1 V	0	1,036	1,04
otr56b	1,2119	0,023	G	-0,044	1,036	1,08
hd75289	3,51	0,046	G0 V	-0,025	1,055	1,08
hd209458	3,525	0,045	G0 V	-0,111	0,979	1,08
hd68988	6,276	0,071	G0	0,133	1,213	1,08
hd74156-	51,642	0,294	G0	0,192	1,272	1,08
hd52265	118,96	0,490	G0 V	0,03	1,110	1,08

hd34445b	126	0,510	G0	0,036	1,116	1,08
hd82943c	219	0,746	G0	0,076	1,156	1,08
hd150706	264	0,820	G0	-0,024	1,056	1,08
hd17051	311,288	0,910	G0 V per.	-0,042	1,038	1,08
hd210277	435,6	1,097	G0	-0,151	0,929	1,08
hd82943c	441,2	1,190	G0	0,076	1,156	1,08
hd20367b	500	1,250	G0	-0,037	1,043	1,08
hd95128b p	1089	2,090	G0 V	-0,052	1,028	1,08
hd216435	1442,919	2,700	G0 V	0,182	1,262	1,08
hd106252	1500	2,610	G0 V	-0,025	1,055	1,08
Hd74156c	2025	3,400	G0	0,2	1,280	1,08
hd33636	2447,292	3,560	G0 V	-0,074	1,006	1,08
hd89307	3090	4,150	G0 V	-0,08	1,000	1,08
hd72659	3177,4	4,160	G0 V	-0,128	0,952	1,08
hd114762	83,89	0,350	F9 V	-0,326	0,814	1,14
hd136118	1209	2,300	F9 V	-0,028	1,112	1,14
0tr132b	1,69	0,031	F ?	0,14	1,340	1,2
hd212301b	2,457	0,036	F8 V	-0,168	1,032	1,2
Ups And b	4,617	0,059	F8 V	0,076	1,286	1,2
hd108147	10,901	0,104	F8/G0 V	0,064	1,264	1,2
hd8574	228,8	0,760	F8	-0,08	1,120	1,2
hd169830- p	225,62	0,810	F8 V	0,194	1,394	1,2
Ups And c-	241,5	0,829	F8 V	0,104	1,304	1,2
hd40979	267,2	0,811	F8 V	-0,202	0,998	1,2
hd19994	454	1,300	F8 V	0,223	1,423	1,2
hd10647	1040	2,100	F8 V	0,057	1,143	1,2
hd50554	1279	2,380	F8	-0,1	1,100	1,2
Ups And d	1284	2,530	F8 V	0,112	1,312	1,2
hd23596	1558	2,720	F8	-0,093	1,107	1,2
hd169830c	2102	3,600	F8 V	0,21	1,410	1,2
TrES-1	3,030065	0,039	F7 V	-0,417	0,883	1,25
hd120136	3,314	0,046	F7 V	-0,067	1,183	1,25
hd89744	256,605	0,890	F7 V	0,18	1,430	1,25
hd33564	388	1,100	F6 V	-0,119	1,181	1,3

Liste von Grafiken und Tabellen

Grafiken

	Seite
Grafik 1: Rotation der Asteroidenklassen	28, 91
Grafik 2: Größenveränderung in der Jungsternphase	35
Grafik 3: Rotation von Jungsternen	37, 188
Grafik 4: Neutrinohäufigkeit und Sonnenfleckentätigkeit	38, 194
Grafik 5: Klassen der Asteroiden und Sonnenabstand	41
Grafik 6: Asteroiden und ihre Inklination	42
Grafik 7: Häufigkeit und Perioden der Exoplaneten	48, 154
Grafik 8: Durchmesser von Gasplaneten und Braunen Zwergen	49
Grafik 9: Differenzielle Rotation im Sonneninneren	51
Grafik 10: Gasrotation von Jupiter und Saturn	52
Grafik 11:Kollabierende Gaswolke	55
Grafik 12: Staubbänder im Asteroidengürtel	60
Grafik 13: Kondensationstemperaturen verschiedener Mineralien	60
Grafik 14: Häufigkeitsverteilung der Sonnenflecken	83
Grafik 15: Häufigkeit der chemischen Elemente in der Sonne	85
Grafik 16 a: Eisenhäufigkeit bei Sternen mit Exoplaneten	86
Grafik 16b Kleine Asteroiden als Erdbahnkreuzer	90
Grafik 17: Objekte des Kuiper-Gürtel	97
Grafik 18a: Inklinationen der Körper des Kuiper-Gürtels in Gruppen	98
Grafik 18b: Inklinationen der Körper im Kuiper-Gürtel	100
Grafik 19: Langperiodische Kometen	106
Grafik 20: Die Kometenfamilien der Planeten	107
Grafik 21a: Kurzperiodische Kometen	108
Grafik 21b: Klassen und Größen der Gasplaneten	111
Grafik 22a: Magnetische Eigenschaften des Mondgesteins	118
Grafik 22b: Der innere Aufbau des Erdmondes	119
Grafik 23: Einschlagkrater beim Erdmond	121
Grafik 24: Kalium-Lanthan-Anteil im inneren Sonnensystem	126
Grafik 25: Magnetachsen von Uranus und Neptun	138

Seite
Grafik 26: Häufigkeit und Masse von Sternen mit Exoplaneten 154
Grafik 27: Exoplaneten bei Sternen mit 0,3-0,4 Sonnenmassen 156
Grafik 28: Exoplaneten bei Sternen mit 0,7 Sonnenmassen 157
Grafik 29: Exoplaneten bei Sternen mit 0,8 Sonnenmassen 157
Grafik 30: Exoplaneten bei Sternen mit 0,9 Sonnenmassen 158
Grafik 31: Exoplaneten bei Sternen mit einer Sonnenmasse 158
Grafik 32: Exoplaneten bei Sternen mit 1,1 Sonnenmassen 158
Grafik 33: Exoplaneten bei Sternen mit 1,2 Sonnenmassen 159
Grafik 34: Exoplaneten bei Sternen mit 1,3 -1,4 Sonnenmassen 159
Grafik 35: Exoplaneten ab Sternen mit 1,5 -1,7 Sonnenmassen 160
Grafik 36:Exoplaneten an Sternen mit 1,8 Sonnenmassen 163
Grafik 37a: Häufigkeit der visuellen Doppelsterne (Sternemasse) 163
Grafik 37b: Größe der Exoplaneten und dem Abstand vom Stern 171
Grafik 37c: Größe der Exoplaneten und ihre Häufigkeit 172
Grafik 38: T-Tauristerne im HRD 184
Grafik 39 Rotation ab den F-Sternen 186
Grafik 40: Jungsterne auf der Hauptreihe 187
Grafik 41: Bahnparameter von Exoplaneten und Doppelsternen 194
Grafik 42: Häufigkeit der Doppelsterne 198
Grafik 43: Veränderliche Sterne im HRD 204
Grafik 44: Leuchtkraftklassen im HRD 208
Grafik 45: Klassen von Kugelsternhaufen 244

Tabellen

Tabelle 1: Wärmefluss von Körpern im Sonnensystem 27
Tabelle 2: Kondensationspunkt von Mineralien 33
Tabelle 3a: Die Monde des Saturns 95
Tabelle 3b: Dichte der Exoplaneten 150
Tabelle 4: Monde der Planeten 275 f
Tabelle 5: Daten über Planeten 277
Tabelle 6a: Daten zu den Monden in unserem Sonnensystem 278
Tabelle 6b: Objekte im Kuiper Gürtel 280
Tabelle 6c: Objekte im Kuiper Gürtel 281
Tabelle 7a: Eigenschaften der Chemische Elemente 282 f
Tabelle 7b: Dichte der Asteroiden 285
Tabelle 8: Exoplaneten und Sternmassen 286 f

Seite

Tabelle 9: Exoplaneten mit Mehrfachsystemen 296 f
Tabelle 10: Sternspektren und Masse 301
Tabelle 11: Massen von Hauptreihensternen mit Exoplaneten 302 f
Tabelle 12: Planeten vom Stern Trappist 1 170

Diagramm 1: Umlaufzeit und Häufigkeit der Planeten und Sternmasse 165
Diagramm 2: Kleinperioden von Exoplaneten und Sternmassen 167

Zeichnung 1: Tropfenbewegung in der Gasscheibe eines Sterns 63

Literatur zur Astronomie

„Astronomie I“ Ernst Klett Stuttgart Friedrich Gondolatsch, 1. Auflage 1977,

Brandt, John C. / Chapman Robert D.: „Die Erforschung der Kometen“, Inselverlag Frankfurt am Main und Leipzig, erste Auflage 1987. Originalausgabe W. H. Freeman and Company, New York, USA 1992

Bühler, Rolf W.: „Meteorite“ Urmaterial aus dem interplanetaren Raum Weltbild Verlag GmbH, Augsburg Birkhäuser Verlag Basel 1992

Silvia Arroyo Camejo, Skurrile Quantenwelten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006

Prof. Dr. Fahr, Dr. Willerding: „Die Entstehung von Sonnensystemen“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin 1998

Fritzsch, Harald: Das absolut Unveränderliche – Die letzten Rätsel der Physik, Piper Verlag, 2. Auflage 2005

Giese, Peter: Geodynamik und Plattentektonik – Beiträge aus Spektrum der Wissenschaft, - Heidelberg Berlin Oxford, - Spektrum, Akad. Ver. – 1995

Gritzner, Christian: „Kometen und Astroiden" AVIATIC VERLAG GmbH, Oberhachingen 1999

Habing, Harm J. / Neugebauer, Gerry: „Der Infrarot Himmel“ Spektrum der Wissenschaft, Verständliche Forschung Heidelberg 1986

Jakobshagen, Arndt, Götze, Mertmann, Wallfass, - Einführung in die geologischen Wissenschaften, - 2000 Verlag Eugen Ulmer Stuttgart

Stephan Hawkings „Kurze Geschichte der Zeit“ - Rowohlt Verlag - 1992

Werner Heisenberg „Der Teil und das Ganze“ R. Piper & Co Verlag München 1969

Herrmann, Joachim: „Atlas zur Astronomie“ Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München 6. durchgesehene Auflage vom Dezember 1980

Kaler, James B.: „Sterne“, Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg 1993

Kaler, James B.: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Dr. Krautter, Joachim / Prof. Dr. Sedlmayr, Erwin / Dr. Schaifers, Karl / Prof. Dr. Traving, Gerhard: „Meyers Handbuch Weltall“, 7. Auflage, Meyers Lexikonverlag Mannheim Leipzig Wien Zürich 1994

Prof. Lang, Kenneth R., Prof. Whitney, Charles A.: „Planeten - Wanderer im All“, Cambridge University Press 1991

Prof. Lang, Kenneth R.: „Die Sonne, Stern unserer Erde“ Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1995

Harald Lesch, Jörg Müller, Sterne, - Wie das Licht in die Welt kommt, - Wilhelm Goldmannverlag, München, 2011

Moore, Patrick / Hunt, Garry / Nicolson, Iain / Cattermole, Peter: „Atlas des Sonnensystems” Mitchell Beazley Publishers 1983

Sfountouris, Argyris: „Kometen - Meteore - Meteoriten" Albert Müller Verlag, AG, Rüschlikon Zürich 1986

Morrison, David: „Planetenwelten“, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin Oxford 1995

Nigel, Henbest / Heather Couper: „Die Milchstraße“ Birkhäuser Verlag Basel Boston Berlin

Birgitte Röthlein, Marie & Pierre Curie – Leben in Extremen, Fackelträgerverlag Köln, 2008

Prof. Dr. Scheffler, Helmut / Prof. Dr. Hans Elsässer, Max-Planck-Institut für Astronomie Heidelberg: „Physik der Sterne und der Sonne“, Wissenschaftsverlag Mannheim-Wien-Zürich, 2. Überarbeitete und erweiterte Auflage 1990

Smoluchowski, Roman: „Das Sonnensystem – Ein G2V-Stern und 9 Planeten“ Scientific American Books, Inc, New York, 1983

Schulz, Ludolf: „Planetologie eine Einführung“, Basel Boston Berlin, Birkhäuser Verlag, 1993

F. G. Surdin / S. A. Lamzin: „Protosterne“, Johann Ambrosius Bath Verlag Heidelberg

A.Unsöld / B. Baschek: „Der neue Kosmos“ 7. Auflage, Einführung in die Astronomie und die Astrophysik, Springer Verlag Berlin, Heidelberg New York 2002

Wischnewski, Erik: „Astronomie für die Praxis“, Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Yu Chernntenko, O. Kochetova, and V. Shor, - Masses and densities of minor planets - - Institute of Applied Astronomy of RAS, St. Petersburg, Russia, - July 2006

Wissenschaftszeitschriften:

Kosmos,

Spektrum der Wissenschaft,

Sterne und Weltraum,

Bild der Wissenschaft

Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Zeitungen:

Süddeutsche Zeitung,

Frankfurter Zeitung

Die Zeit

Anhang: Das Atom und die Struktur der Elemente

Die Idee zur Entstehung und Struktur des Atomkerns entstand ab dem Jahr 2007, ist dann ins Planetenbuch aufgenommen worden und später weiter entwickelt worden.

6. Fragen zum Atom

In dem Thema Atom geht es um die Entstehung der Atome. Es geht um die Bildung der Quarks, um die Frage, warum es drei Familien von Quarks gibt. Warum bleiben in einem Universum Protonen und Neutronen mit den Elektronen und dem Neutrino des Elektrons über. Warum sind die Teilchen der anderen Quarkfamilien instabil? Warum ist das Proton stabil und das Neutron auf längere Sicht instabil. Was sind überhaupt die zusammenhaltenden Kräfte des Atomkerns. Dahinter steckt die Frage der Funktion der Quarks.

Es geht in den weiteren Überlegungen zum Periodensystem der Elemente. Das Periodensystem hat eine Ordnung. Diese gilt einerseits für die chemischen Eigenschaften, aber auch für Eigenschaften der Atomkerne. Es geht im ersten Fall um eine Ordnung der Elektronen, die zu den chemischen Eigenschaften führen. Im zweiten Fall geht es um die Protonen und Neutronen im Atomkern. Auch da existiert eine Ordnung, die festlegt, warum Atomkerne stabil oder Radioaktiv sind. Das hat mit den Neutronenüberschüssen zu tun, die mit höherer Ordnungszahl zunimmt. Wie sind demnach Protonen und Neutronen im Atomkern der Elemente aufgebaut? Wie baut man die Up- und Down-Quarks diese beiden Teilchen im Atomkern zusammen? Wie kann man damit alle Eigenschaften der Elemente erklären? Was begrenzt die Größe der Elemente? Welche Aussagen haben Atomkerne mit ihren Strukturen für Neutronensterne oder Schwarze Löcher?

Es geht in der weiteren Betrachtung um das Elektron, die Quantisierung des Lichtes und allgemein um die elektromagnetischen Wellen. Wie unterscheidet man Radiowellen, Infrarotwellen, quantisierte Photonen, und wie sind Röntgenstrahlen und Gammastrahlen zu verstehen. Wie ist die Temperatur als solches im Bezug auf die Infrarotwellen und die quantisierten Photonen zu verstehen?

Seit Rutherford wird der Atomkern als positives Teilchen und das Elektron als negatives Teilchen beschrieben. Ein positiver Atomkern würde jedoch auseinander fallen (56.4.)[450]. Damit war zwar der Atomkern beschrieben, aber sein Zusammenhalt war ungeklärt. Es bleibt bis heute die Frage, was den Atomkern zusammenhält. Mittlerweile kann man den Atomkern näher durch die Quarks beschreiben. Es geht demnach darum, was die Quarks zusammenhalten.

Zudem müsste ein Elektron nach den Gesetzen der alten Physik bei einer Bahn um den Atomkern seine Energie in Millisekunden abstrahlen (56.5.)[451]. Das Elektron behält aber seine Energie während es um das Elektron kreist. Es steht damit bis heute die Frage offen, warum das Elektron keine Energie benötigt, wenn es den Atomkern umkreist.

Die Frage ist zudem, warum die Quantisierung des Lichtes, also der Photonen eine Untergrenze hat. Im Infrarotbereich bis hin zu den Radiowellen endet, die Quantisierung. Es geht dann um die Frage, warum Photonen überhaupt auftauchen. Warum existiert eine Quantisierung ab einer bestimmten Frequenz (56.6.)[452]?

---

[450] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Ein positiver Atomkern würde auseinander fallen. - S. 34.

[451] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Auf der Bahn um einen Atomkern müsste das Elektron nach der klassischen Physik innerhalb von Millisekunden seine Energie abstrahlen und in den Kern fallen. - S. 34

[452] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Zitat: … Merkwürdigerweise tritt dieser Effekt (Photoeffekt) erst ein, wenn die Frequenz des Lichtstrahls einen Schwellenwert überschreitet. Unterhalb, kann noch so intensives Licht keine Elektronen heraus stoßen. - S. 40

6.1. Die Geschichte der Elementarteilchenforschung

Im Prinzip braucht man nur die Elementarteilchen, und kann aufgrund dieser Teilchen dann sagen, wie Atome zusammengebaut sind. Damit hätte man auch die Antwort über ihre Funktionen. Die Geschichte der Elementarteilchenphysik ist aber so, dass erst über die Jahrzehnte und über viele Untersuchungen, entsprechende Teilchen. Das Proton und das Elektron hat man zum Beispiel recht früh gefunden. Die Massenspektroskopie fand man im Jahre 1920 und das Neutron wurde erst im Jahre 1932 gefunden. Als die Allgemeine Relativitätstheorie entstand, hat man geglaubt, dass alle Atomkerne bei den Elementen aus Protonen bestehen. Das Helium bestand im Kern in der Zeit aus vier Protonen. Gleichzeitig war schon bekannt, dass man Teilchen ganz in Strahlung umsetzen konnte. Das ergab sich aus der Relativitätstheorie, aber wie das funktionierte, war eigentlich nicht klar. So lange man nicht alle Elemente im Periodensystem kannte, konnte in dem Sinne keine klare Aussage zum Aufbau der Atome machen. Man musste vor allem auch Wissen, wie viele Protonen und Neutronen die verschiedenen Elemente haben. Dabei spielt das Neutron eine besondere Rolle, denn darüber wird auch entschieden, ob ein Element radioaktiv ist, oder ob es nicht radioaktiv ist.

Die Wissenschaft ist aber so angelegt, dass sie Antworten gibt, auch wenn ihnen zum Beispiel Elementarteilchen fehlen. So lange das Teilchen nicht gefunden ist, weiß man auch nicht ob es existiert. Daher kann es daher vorkommen, dass man aufgrund der fehlenden Information Aussagen macht, die später nicht richtig sein können.

In den 30iger Jahren waren dann die Protonen und Neutronen bekannt. Die Paritätsversetzung ist er erst 1957 gefunden worden. Die Quarks aus den alle Atomkerne bestehen, wurden erst ab den 70iger Jahren des letzten Jahrhunderts gefunden. Eigentlich hätte man erst mit den Quarks beginne sollen eine Definition für den Aufbau der Atomkerne. Das ist aber undenkbar.

Eines was in den 20iger Jahren auch nicht klar war, lag darin, dass man nicht wusste wie Häufig der Wasserstoff im Universum vorhanden war. Dass er den aller größten Teil des Universums und damit auch der Sterne bestimmte, hat keiner geglaubt. Das hatte mit der Spektroskopie zu tun. Was sind die Ursachen von Quantensprüngen bei den verschiedenen Elementen. Warum liegen die Wasserstofflinie und die Heliumlinien bei so hohen Temperaturen eines Sterns. Das war Physikern nicht klar, und damit wurde auch der Wasserstoffanteil unterschätzt.

Es sind sehr viele Informationen, die Physikern fehlte, um ein verständliches Bild für Elementarteilchen zu liefern. Dadurch kann es durchaus sein, dass man ganz anders denken muss, wenn genügend Informationen vorhanden sind.

Das wären noch mal Gedanken, die man vorausstellen muss, wenn man sich mit dem gesamten Thema der Elementarteilchenforschung auseinander setzt.

6.2. Entstehung der Atome

6.2.1. Der Atomkern

Es geht erstes um die Frage, was den Atomkern zusammenhält. Vom Atomkern weiß man, dass es aus zwei Arten von Quarks besteht. Es gibt Up-Quarks und Down-Quarks. Der wesentliche Gedanke liegt darin, dass diese drei Quarks von Proton und Neutron sich einmal um sich selber drehen. Damit haben sie einen Spin, genau so wie das Elektron. Der zweite Punkt liegt darin, dass sie sich um ein gemeinsames Zentrum drehen (Bild 1). Der Durchmesser eines Protons beträgt 0,83 Femtometer (27.68.)[453]. Ein Femtometer entspricht einem Millionstel Millimeter.

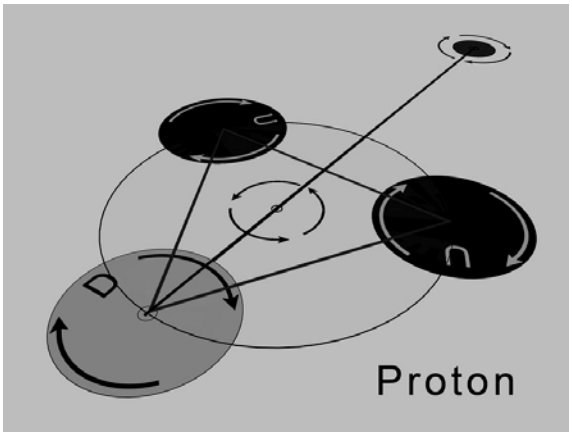


Bild 1: Die Quarks im Proton und das Elektron

Der Spin ist allgemein die abstoßende Kraft aller Arten von Quarks und des Elektrons. Diese Drehrichtung wurde in der Physik mit der negativen Ladung bezeichnet. Er ist einzig und allein abhängig von der Größe der Energiemenge. Die Quarks würden sich abstoßen, wenn sie nicht von einer weiteren Kraft zusammengehalten würden. Diese Kraft ergibt sich aus der Drehrichtung der drei Quarks um das gemeinsame Zentrum. Das erklärt sich damit, dass die Drehrichtung um das gemeinsame Zentrum genau umgekehrt ist zu der Drehrichtung der Quarks um ihre eigene Achse. Damit entsteht eine umgekehrte Ladung, die die abstoßende Kraft aufhebt (22.32)[454]. Das gemeinsame Feld hat daher eine andere Ladung als die einzelnen Quarks. Gleichzeitig bremsen sich auch die gegenseitigen Ladungen. Zieht man nun die Quarks auseinander setzt dieser Bremsmechanismus aus, die Drehung um das gemeinsame Zentrum nimmt zu und die zusammenhaltende Kraft tut es ebenfalls (13.24.)[455].

---

[453] Der Durchmesser eines Protons hat nach den Untersuchungen von zwei unabhängigen Forschungsgruppen 0,83 Femtometer. Es ist 0,04 Femtometer kleiner als vorher angenommen worden ist.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 10.11.2019, S. 19

[454] Es gibt im Atomkern Resonanzen die auf abstoßende Kräfte schließen lassen.

Spektrum der Wissenschaft, 1-2014, S. 65

[455] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Aufgrund ihrer Entstehung bilden sie sich immer 3 Quarks in unmittelbarer Nähe zueinander und bilden den Atomkern. Wären die Quarks größer, was in der Natur auch vorgekommen ist, müssten sie eine höhere Rotation um ihr gemeinsames Zentrum erlangen. Wenn die Energiemenge der einzelnen Quarks jedoch größer wird, nimmt die Geschwindigkeit der Quarks um das gemeinsame Zentrum ab. Damit ist das erzeugte Energiefeld zu klein und ein solches Atom zerfällt. Den Hinweis bietet das kleinere Up-Quark was eine doppelt so hohe Ladung hat wie das Down-Quark (60.3.)[456]. Das Neutron liegt leicht über dieser Grenze und zerfällt nach 880 bis 890 Sekunden, das Proton liegt unterhalb der Grenze und ist stabil (22.38.)[457].

Insgesamt haben die Quarks zwei Bewegungen. Einmal ist es der Spin um sich selber und dann ist es eine Drehbewegung um ein gemeinsames Zentrum. Das ist auch ein zusätzlicher Spin. So kann man auch erklären, warum die Quarks selber weniger Spin haben als das Proton als Ganzes (22.42.)[458].

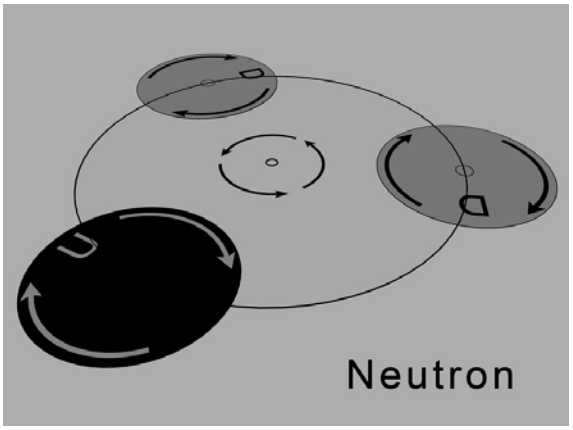


Bild 2: Das Neutron

Man hat Beschleunigungsversuchen des Protons zudem festgestellt, dass sich unterschiedliche Quarkpaare im Atomkern des Protons kurzfristig in Antimaterie umwandeln (27.95.)[459]. Hier geht es darum, dass die Drehrichtung der Quarks durch die hohe Energie so stark wird und sich damit der Spin der Quarks umdreht. So werden die Teilchen kurzfristig zu Antiteilchen umgewandelt.

Zitat: „Während das Gravitationsfeld zwischen zwei Massen und des elektrischen Feldes zwischen zwei Ladungen 1/r abfällt, d.h. die Kräfte zwischen Körpern mit zunehmender Distanz geringer werden, werden die Kräfte zwischen zwei gleichnamigen Quarks mit zunehmender Distanz größer. …“ - S. 239

[456] Harald Fritzsch, Das absolut Unveränderliche – Die letzten Rätsel der Physik, Piper Verlag, 2. Auflage 2005

Die Ladung des Down-Quarks ist doppelt so hoch, wie die Ladung des Up-Quarks. - S. 177

[457] Die Haltbarkeit des Neutrons liegt bei 880 bis 890 Sekunden. Sie wurde durch zwei Meßmethoden festgestellt. - Spektrum der Wissenschaft 7-2016, S. 39

[458] Das Proton wird mit dem Spin von ½ bezeichnet. Die drei Quarks des Proton steuern jedoch nur 1/3 des Spins bei. - Spektrum der Wissenschaft 7-2016, S. 39 5-2017, S. 10

[459] Bei Versuchen in Beschleunigern hat sich wiederholt gezeigt, dass sich kurzfristig Up- und Down-Antiquarks in Protonen bilden. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 28.2.2021, S. 53

6.2.2. Das Elektron und seine Entstehung

Das Proton und das Elektron entstehen aus dem Zerfall des Neutrons in ein Proton. Das Neutron hat eine etwas höhere Energie als das Proton und besteht aus einem Up-Quark zwei Down-Quarks (Grafik 2). Die etwas größere Masse bedeutet auch, dass die Quarks etwa zu viel Energie haben. Damit erreichen sie eine nicht so hohe Geschwindigkeit um ihr gemeinsames Zentrum und zerfallen, weil die Ladung nicht ausreicht. Aus einem Down-Quark wird dadurch ein Up-Quark. Die Physik spricht vom Beta-Zerfall. Das Down-Quark zerfällt in ein Up-Quark, und diese zerfallen wieder in ein Elektron und ein Neutrino. Die Physik spricht jedoch von einem Antineutrino. Aus meinen Überlegungen ist es jedoch ein Neutrino. Materie und Antimaterie unterscheiden sich nur durch die Wicklungsrichtung, und Elementarteilchen, die zerfallen behalten die Wicklungsrichtung bei.

Das Elektron hat die gleiche Wicklungsrichtung, wie die Quarks. Damit haben sie auch eine gleiche Ladung, also negativ. Da sich aber die Quarks im Atomkern anders herum drehen, erzeugen sie ein positives Ladungsfeld. Mit diesem Ladungsfeld wird der Kern zusammengehalten.

Wenn man nun einen solchen Kern mit Positronen beschießt, ist es möglich, dass dieses Teilchen in den Atomkern eindringt, um das Quark gewickelt wird und mit einer großen Wucht zurück geschossen wird (43.1.)[460]. Diese Beobachtung, die man tatsächlich gemacht, spricht für die Richtigkeit dieses Bildes.

6.2.3. Das Elektron und die Positionen der Quark

Es blieb noch die Frage, wie das Elektron an die Quarks gebunden ist. Wenn zwei Quarks geringerer Energie sind, ist ihre negative Ladung etwas kleiner. Da die Quarks in ihrer Bewegung um den gemeinsamen Kern eine konstante Geschwindigkeit haben, hat auch das Feld eine konstante positive Ladung. Auf Seiten der Up-Quarks, die schwächer sind, ist daher die Ladung mehr positiv. Das Elektron setzt sich daher auf Seiten der Up-Quark. Damit ist es an einen Punkt auf diesem Radius des Atomkerns gebunden. Ist das Elektron eingefangen, befindet es sich immer auf der gleichen Seite der sich drehenden Quarks. Es wird sozusagen mitgezogen, und benötigt daher keine Kraft (56.5.)[461]. Zum Elektron muss man zudem sagen, dass es das einzige Teilchen ist, was für sich alleine stabil ist. Die Quarks als Teilchen sind nur innerhalb eines Atomkerns mit mehreren Teilchen stabil.

6.2.4. Das Elektron und Ursache der Neutrinos

Es stellt sich nun die Frage, was für eine Bedeutung das Neutrino hat. Das Elektron ist ein Zerfallsprodukt des Down-Quarks zum Up-Quark. Es demnach der Rest einer Wicklung und muss sich auch genauso wieder aufrollen, weil einmal aufgerollte Welle immer aufgerollte Wellen bleiben. Es bleibt daher die Frage, warum das Elektron als Zerfallsprodukt nicht die ganze Welle aufrollt. Warum bleibt ein Wellenrest und wird zum Neutrino? Das wiederum liegt daran, dass es sich von neuem aufrollt und wieder einen ganzen Wicklungsabschluss bilden muss. Das geht nicht. Es bleibt ein Rest und dieser rollt sich von neuem auf. Das ist das Neutrino des Elektrons.

---

[460] Frank Grotelüschen „Der Klang der Superstrings“ Deutscher Taschenbuch Verlag 1999

Positronen werden vom Wasserstoffkern mit enormem Schwung zurückgeworfen. In zwei Jahren, bei denen man mit ein bis zwei Ereignissen gerechnet hatte, hat es tatsächlich elf Ereignisse gegeben. - S. 79

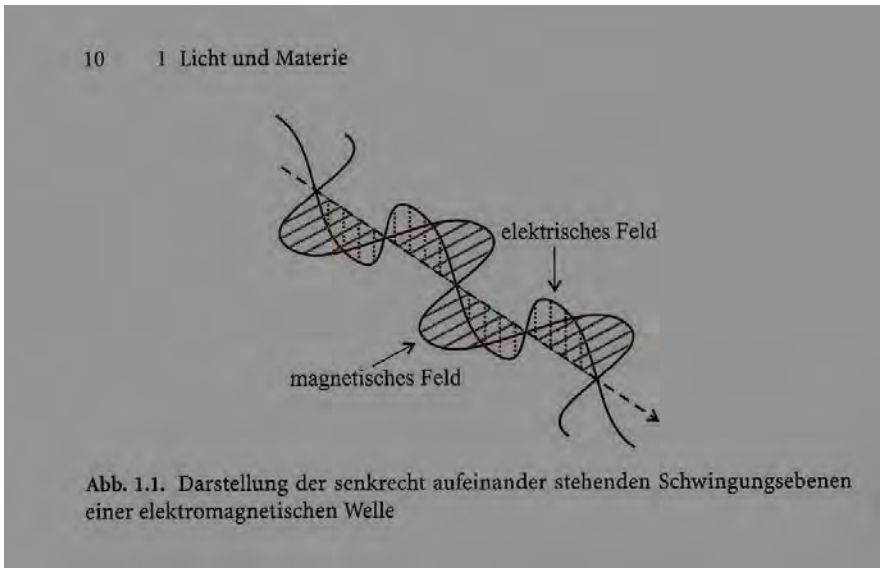
[461] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Auf der Bahn um einen Atomkern müsste das Elektron nach der klassischen Physik innerhalb von Millisekunden seine Energie abstrahlen und in den Kern fallen. - S. 34

Das gleiche Prinzip gilt für alle Familien der Elementarteilchen. Auf diese Weise erklärt man auch die anderen beiden Arten der Neutrinos. Neutrinos sind Zerfallsprodukte und sie müssen demnach auch unterschiedlicher Größe sein. Da das Myon und das Tau größere Vertreter des Elektrons sind, müssen auch diese Restwicklungen größer sein, und damit haben die unterschiedlichen Arten der Neutrinos auch unterschiedliche Massen (51.8.)[462]. Das würde bedeuten, dass sich Die Neutrinos nicht umwandeln können.

Ein Hinweis, dass Neutrinos unterschiedliche Massen vorweisen liefert das Myon. Beim Myon ist die Drehung um die eigene Achse wohl größer als es Physiker annehmen. Es bildet dich damit ein stärkeres Magnetfeld um das Myon. Der Unterschied drückt sich in der achten Stelle inter dem Komma aus (26.38.)[463]. Es geht dabei darum, dass Elementarteilchen Winklungen sind die man nicht als Punklungen verstehen darf. Zudem muss man sie als zweidimensionale Objekte verstehen.

Bei den Neutrinos fällt auf, dass sie nur linksdrehend sind (47.1.)[464]. Demnach ist Linkdrehung und negative Ladung das gleiche. Damit findet man einen Hinweis, dass die Ladung aller Teilchen der Materie negativ ist.



Grafik 3: Elektromagnetische Welle

[462] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Die Arten der Neutrinos können sich einerseits in ihre unterschiedlichen Arten umwandeln und zum anderen besitzen sie unterschiedliche Massen. Das Elektron ist nicht konstanter Masse. Elektron und Neutrino sind jedoch konstanter Masse. - 7-2010, S. 355

[463] Das Myon zeigt bei Experimenten in Teilchenbeschleunigern, dass es sich etwas schneller um die eigene Achse dreht als es Physiker annehmen. Der Betrag weiht in der achten. Stelle nach dem Komma ab.

Süddeutsche Zeitung, - 9.4.2021, S. 13

[464] Werner Heisenberg „Der Teil und das Ganze“ R. Piper & Co Verlag München 1969

Beim Betazerfall kommen nur linksgedrehte Neutrinos vor. - S. 312

6.2.5. Entstehung der Atomkerne

Nun stellt sich die Frage, wie Proton und Neutron entstehen. - Die Strahlung im Universum war am Anfang von unheimlich großer Energie. Es waren demnach Gammastrahlen, und sie hatten alle möglichen Richtungen. Die Gammastrahlen kommen aus drei Richtungen und bewegen sich auf ein Zentrum zu. Die Energie wäre damit so hoch, dass sie sich an den anderen Wellen beugen und dann aufrollen. Die elektromagnetische Welle wird auf dem elektrischen Feld, was dem magnetischen Feld um 90° versetzt ist, aufgerollt. Materie und Antimaterie unterscheiden sich nur durch die Wicklungsrichtung.

Das einzelne Quark bekommt damit eine Drehung, um sich selber und es dreht sich in anderer Richtung um das gemeinsame Zentrum (Bild 3). Die Bewegungsrichtung der Welle und die Bewegungsrichtung der Quarks sind umgekehrt. Aus der Masse der Quarks ergibt sich eine bestimmte Geschwindigkeit um das Zentrum. Je kleiner das Quark ist, umso höher die Geschwindigkeit und damit der Zusammenhalt. Durch die beiden Drehrichtungen werden zwei Ladungen erzeugt. Damit hat man auch das Problem des fehlenden Spins gelöst Das war ein Problem der 80iger Jahre als man merkte, dass der Spin der Quark nur einem Viertel des Gesamtspins des Protons entsprach (42.3.)[465]. Das Quark selber ist wie das Elektron negativ geladen, weil die Drehrichtung die gleiche ist. Die Drehrichtung um das gemeinsame Zentrum erzeugt die positive Ladung. Beide Ladungen heben sich auf, und haben damit ihren Zusammenhang.

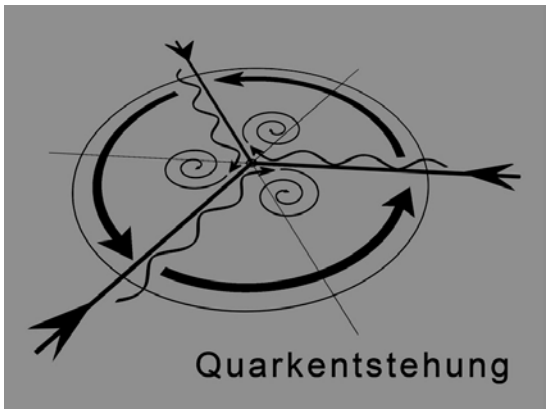


Bild 3: Quarks entstehen, weil elektromagnetische Wellen auf dem elektrischen Feld aufgerollt werden. [466]

Voraussetzung zur Bildung eines Atoms sind zwei gleiche Winkel. Damit sind die am ungleichen Winkel anliegenden Energiewellen in den Kräften auch gleicher Größe. Das ist der Grund, warum immer zwei gleiche Quarks entstehen.

Der dritte Winkel χ der Energiewelle ist größer als 120° und bildet die beiden Down-Quarks. Damit erhält man ein Neutron (Bild 4). Dieser Winkel ist auf die Energie des Quarks quantisiert. Er muss um einen bestimmten Betrag größer sein, damit die Wicklung um eine Windung kleiner ist. Man kann auch sagen, dass sich zwei Gammastrahlen begegnen und der dritte Strahl als kleinere Gegenkraft das System stabilisiert. So entstehen auch am Anfang des Universums immer nur

[465] „Physik in unserer Zeit“ WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

5-2012, S 231

[466] Im Text 1.10. wird ein Unterschied zwischen elektromagnetischen Wellen der Photonen und denen der Gammastrahlen erklärt. In diesem Bild bei dem sich elektromagnetische Wellen aufrollen meine ich Gammastrahlen, also eine harte Strahlung.

„Neutronen“ der drei Quarkfamilien und den entsprechenden Antiteichen. Durch die große Energie der Strahlung können nur die „Neutronen“ der jeweiligen Quarkfamilien entstehen. Da die zweite und dritte Generation der Quarkfamilien zu groß sind, können sie keine stabilen Atome bilden. Zudem ist die Entstehung der ungünstiger, weil der der Winkel χ größer ist. Das zeigt sich auch beim Zerfall von Teilchen in Teilchenbeschleuniger. Beim Zerfall kurzlebige B-Mesonen entstehen mehr Elektronen und weniger Myonen (27.97.)[467]. Das bedeutet, dass die kleineren Quarks häufiger auftreten als die großen Quarks. Im Universum geht es am Anfang dann nur um die Entstehung der Antineutronen und Neutronen als stabile Teilchen. Alle anderen Teilchen der Quarkfamilien sind instabil.

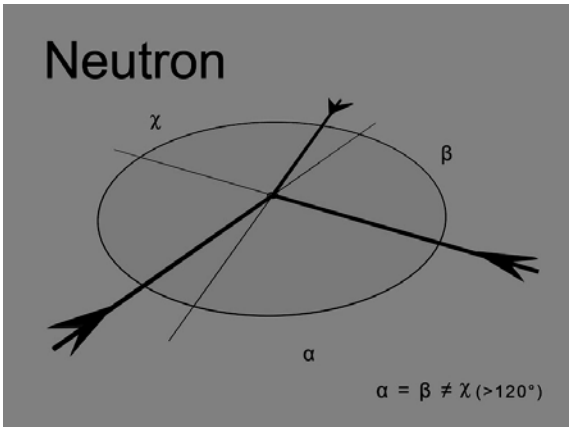


Bild 4. Entstehung des Neutrons

Das Neutron besteht aus zwei größeren Quarks und einem kleineren Quark. Eines der großen Quarks zerfällt und wickelt eine bestimmte Menge an Windungen ab. Daraus bilden sich das Elektron und das Neutrino und entweichen dem Atomkern. Im Atomkern wandelt sich ein d-Quark in ein u-Quark um. Das bedeutet, dass sich das eine größere Quark an das kleinere Quark angepasst hat. Das erklärt, warum zwei gleiche Quarks beim Proton existieren. Das Proton ist ein Zerfallsprodukt des Neutrons. Am Anfang hat das Universum nur aus Neutronen bestanden als die Antimaterie verschwunden war. nach 880 bis 890 Sekunden entstehen dann die Protonen, das Elektron und die Neutrinos des Elektrons. Damit setzt auch die erste Nukleosynthese ein.

Das Neutron ist aus dem Grunde nicht stabil, weil seine Quarks eine etwas zu große Masse (Energie) besitzen. Die Geschwindigkeit der Quarks ist zu klein, um ein Energiefeld zu erzeugen, was den Zusammenhalt der abstoßenden Kräfte ausgleicht. Daher zerfällt das Neutron.

Das Proton ist ein Zerfallsprodukt des Neutrons. Aus einem Down-Quark wird ein Up-Quark. Damit ist Energie über. Daraus bilden sich das Elektron und das Neutrino. Das Proton ist damit das erste stabile Teilchen. Bei der Bildung der ersten Elementarteilchen im Universum ist das wichtig, denn es können sich nur Neutronen der einzelnen Quarkfamilien von Materie und Antimaterie gebildet haben. In der weiteren Entwicklung wären sie dann zerfallen.

Der Wesentliche dieser Betrachtungen besteht darin, dass man mit diesen beiden Drehrichtungen der Quarks keine Gluonen benötigt. Insgesamt würden alle Bosonen wegfallen, weil sie durch eine Dynamik der Bewegungen ersetzt werden. Das Photon gehörte damit zu den Elektronen und Neutrinos (Siehe Grafik 1). Ein solches System funktioniert einfacher. Durch die beiden Drehrichtungen wird auch das Spinproblem des Protons gelöst.

---

[467] Beim Zerfall kurzfristiger B-Mesonen entstehen in Teilchenbeschleunigern mehr Elektronen als Myonen. Dieses Ergebnis hat sich in den letzten Jahren wiederholt bestätigt.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 31. 3.2021, S. N2

Beim Neutrino müsste man noch erwähnen, dass die Physik beim Betazerfall vom Antineutrino spricht. Das wäre falsch, denn Materie und Antimaterie unterscheiden sich in der Wicklungsrichtung und nicht im Vorzeichen der Ladung. Dazu gibt es Überlegungen, dass das Neutrino und das Antineutrino gleich wären. Auch das wäre aus diesen Überlegungen nicht richtig, denn auch da unterscheiden sie sich durch die Wicklungsrichtung.

6.2.6. Die Anpassung des Up-Quarks

Wenn das Down-Quark in ein Up-Quark zerfällt, tut es das deswegen, weil das andere Quark die gleiche Größe hat. Mit der gleichen Größe ist es genau so schnell um das gemeinsame Zentrum, wie das andere Quark. Da es kleiner wird, nehmen Geschwindigkeit und Stabilität des Atomkerns zu. Eine höhere Geschwindigkeit bedeutet ein höheres Ladungsfeld. Das gilt auch für den Zerfall der Quarks in den anderen Quarkfamilien.

6.2.7. Das magnetische Feld einer elektromagnetischen Welle

Betrachtet man noch mal eine elektromagnetische Welle, dessen magnetisches Feld um 90° versetzt ist, so kann man nicht einfach sagen, das Feld wäre einmal positiv und dann wieder negativ. Man müsste dem magnetischen Feld eine Ladungsseite zuordnen. Die eine wäre positiv und die andere wäre negativ, denn wenn man drei dieser Wellen in einem Atom zu Quarks aufrollt, zeigen sie sich dann nur noch von einer Seite, und diese ist positiv oder negativ. Das entscheidet zwischen Materie und Antimaterie.

Was diese Einseitigkeit unterstützt, findet sich in der Verletzung des Paritätsprinzips beim Betazerfall. Hier zeigt sich, dass das Elektron beim Verlassen des Atomkerns nur zu einer Seite entweicht, und bei der Antimaterie entweicht das Positron genau zur anderen Seite (5.122.)[468]. Dieses Verhalten spricht für die unterschiedlichen Ladungsseiten der Quarks. Sie ist auch notwendig, um nach dem Bild 3 Materie und Antimaterie unterscheiden zu können.

Um diese Einseitigkeit, die sich aus der Paritätsverletzung ergibt, zu verklären, müsste man sagen, jedes Elementarteilchen, ob nun ein Quark oder ein Elektron hat deswegen zwei Seiten, weil die aufgerollten Wellen Berge und Täler haben. Dreht man das Elementarteilchen um, schlägt Berg auf Berg, nimmt man es anders herum, passt der Wellenberg in das Wellental. So sind demnach auch alle Deuteriumringe (siehe späterer Text) ausgerichtet, wenn sie in einem Atomkern zusammengebaut werden. Deswegen gibt es bei jedem Elementarteilchen eine Oberseite und eine Unterseite.

6.2.8. Das Top-Quark und das Bottom-Quark

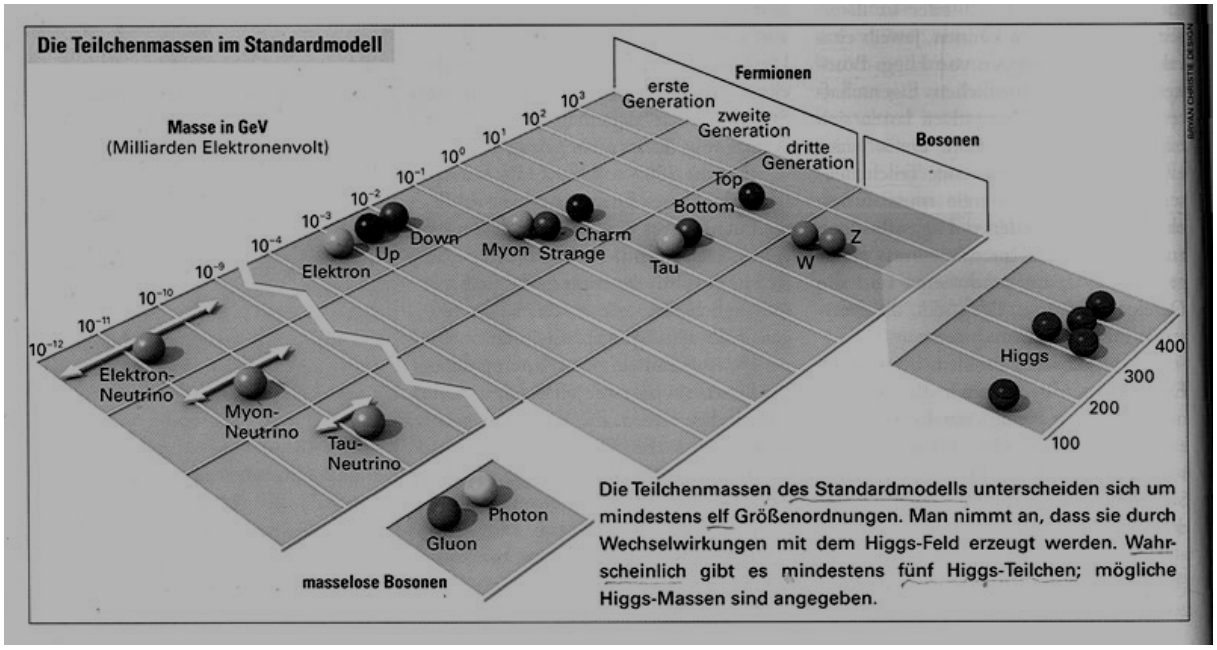
Das Top-Quark und das Bottom-Quark bilden mit dem Tauon das gleiche Prinzip, wie das Proton und das Elektron (Grafik 1). Der wesentliche Unterschied liegt nur darin, dass sie bei wesentlich höherer Energie entstehen. Diese hochenergetischen Teilchen sind in dem Sinne einfach nur größere „Wicklungen“, die bei einer größeren Energie entstehen. Sie würden sich wieder aus drei Quarks zusammensetzen. Im sehr frühen Universum sind sicher solche Quarks entstanden, weil die Energie höher war.

---

[468] Beim Betazerfall hat das Elektron eine bevorzugte Bewegungsrichtung. Das ist für die Physik eine Paritätsverletzung, weil damit das Teilchen einer Punktspiegelung widerspricht. Im Betazerfall der Antimaterie ist die bevorzugte Bewegungsrichtung des Positrons der Materie genau entgegengesetzt

Sterne und Weltraum, 10-2011 – S. 39 f

Weil diese „Wicklungen“ größer sind, ist auch die abstoßende Kraft der Quarks untereinander größer. Man benötigt daher eine höhere Umlaufgeschwindigkeit der Quarks um das gemeinsame Zentrum. Man kann die Geschwindigkeit wegen der vorliegenden Energie der einzelnen Quarks nicht erreichen. Sie zerfallen, weil die erzeugte positive Ladung zu klein ist. Damit konnten sie auch im frühen Universum nicht existieren. Sie sind sofort wieder zufallen, ob sie nun Materie oder Antimaterie waren.



Grafik 1: Elementarteilchen (22.26.)[469]

Der Größenunterschied zwischen Top-Quark und Bottom-Quark ist deswegen größer, weil der Winkel χ größer wird (Bild 4). Man braucht bei einem größeren Winkel mehr Energie, weil die Welle stärker gebeugt werden muss, um sich aufzurollen. Damit sind die beiden Top-Quarks grundlegend größer, aber das Bottom-Quark ist kleiner, weil sich der Winkel geändert. Auch hier sind keine beliebigen Winkel möglich. Es muss wiederum so sein, dass sich die Wicklungen gleichzeitig abschließen, während sie sich aufrollen. Das geht nur unter bestimmten Winkeln. Da die Wicklungen nach außen größer werden, muss auch der Unterschied von Familie zu Familie der Elementarteilchen größer werden. Je größer der der Winkel χ wird, umso größer ist auch der Unterschied zwischen den beide Quarks. Ab dem Top-Quark ist die Grenze erreicht, wo der Winkel χ zu groß ist. das kleinere der beiden Quarks kann dort nicht mehr gebildet, weil die Krümmung der Elektromagnetischen Welle nicht mehr möglich ist.

6.2.9. Die Bedeutung des Higgsteilchens

Das Higgsteilchen kann man aus seinen Zerfallsprodukten erklären. Man hat erst festgestellt, dass es in Photonen und Tau-Leptonen zerfällt. Damit musste es schon der größten Quarkfamilie

[469] „Spektrum der Wissenschaft“

Grafik über die Arten von Elementarteilchen. - 2-2006 – S. 42

zugeordnet werden. Später sind auch beide Bottom-Quarks im Zerfall nachgewiesen (27.42.)[470]. Das bedeutet, dass das Higgsteilchen aus zwei Bottom-Quark und einem Top-Quark bestehen müsste. Es wäre demnach das „Proton“ der der größten Quarkfamilie. Das kann nicht stabil sein, weil die Quarks zu groß sind. Demnach müsste es noch ein größeres Higgsteilchen geben, was aus zwei Top-Quarks und einem Bottom-Quark besteht. Das ist noch instabiler und zerfällt noch schneller. Das wäre dann das „Neutron der größten Quarkfamilie. Wichtig ist auch, dass das Higgsteilchen nicht zu den Bosonen gehört.

Aus der mittleren Quarkfamilie hat man mittlerweile ein Teilchen gefunden, was aus zwei Charm-Quarks und einem Up-Quark besteht (22.43.)[471]. Das wäre die veränderte Version des „Neutrons“ der mittleren Quarkfamilie. Das ist auch ein instabiles Teilchen, weil die Quarks zu groß sind damit die Geschwindigkeit zu klein ist, um ein entsprechend stabiles Ladungsfeld zu erzeugen.

Allgemein müsste man sagen, dass zu jeder Quarkfamilie ein Neutron und ein Proton gehören. Das es zwei weitere Quarkfamilien gibt, existieren auch vier weitere Teilchen aus drei Quarks. Diese wären aber alle instabil. Die Teilchen könnte man als Higgsteilchen bezeichnen.

Beim Zerfall des Higgsteilchens hat sich gezeigt, dass sich nur die Quarks zu Bosonen entwickeln können. Das Elektronen, das Myon und das Tau können im Zerfall keine kurzfristigen Paare bilden (27.83.)[472]. Es ist ja auch so, dass Elektronen für sich stabil sind. Aus dem Grund müssen sie mir anderen Teilchen keine Verbindung eingehen. Damit sich Bosonen bilden können, müssen die Ladungsfelder der Teilchen groß sein. Also kommen nur die Quarks dafür in Frage. Quarks sind zudem alleine auch instabil und müssen diese Paare von Bosonen bilden um nicht zu zerfallen. Die Bosonen sind aber interessante, weil sie zeigen, dass Elementarteilchen eine Dynamik der Bewegung benötigen und existieren zu können. Mit der gemeinsamen Drehung umeinander wird das Feld für den Zusammenhalt geschaffen.

6.2.10. Das Verhältnis von Materie und Antimaterie

Es stellt sich noch die Frage. Warum die Materie gegenüber der Antimaterie einen Vorteil hat. Die gleichberechtigte Entwicklung gibt es nur, wenn alle Winkel aus denen sich die Gammastrahlen auf einen Punkt zu bewegen gleich sind (siehe Bild 4). In dem Fall würden sich jedoch keine Teilchen bilden, weil die Quarks gleich groß wären. Wenn die Quarks gleich groß sind, findet sich in der Größe der Teilchen kein Abschluss. Nur wenn zwei Winkel gleich sind und einer größer ist, kommt es zur Bildung eines Teilchens. Das können Protonen, Neutronen oder andere Teilchen sein. Sind jedoch diese Winkel unterschiedlich, ist die Wahrscheinlichkeit zur Bildung von Materie und Antimaterie nicht mehr in einem Verhältnis von 1 zu 1. Das Verhältnis verändert sich. Man hat in Batavia (Illinois) festgestellt, dass bei der Kollision von Protonen und Antiprotonen ein 1%iger Überschuss Myonen gegenüber den Antimyonen entsteht (51.10.)[473]. Die Mesonen zeigen auch, dass Materie und

---

[470] Das Higgsteilchen zerfällt in zwei Bottom-Quarks, in W- und Z-Teilchen, in Photonen und Tau-Leptonen. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 26.7.17, S. N2

[471] Man hat in Cern ein Teilchen gefunden, was aus zwei Charm-Quarks und einem Down-Quark besteht.

Spektrum der Wissenschaft, 9-2017, S. 9

[472] Das Higgsteilchen zerfällt auch in Myonen. Myonen bilden aber im Zerfall kurzfristig keine Paare. Die Bildung von Paaren ist zweifelsfrei nur bei den Bosonen nachgewiesen.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.8.20, S. N2

[473] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Antimaterie unterschiedlich schnell zerfallen (22.51.)[474]. Das bedeutet, dass eine Wicklungsrichtung in dem Sinne stabiler ist.

6.2.11. Elektron und Positron im Atomkern

Wenn man betrachtet, wie das Elektron den Kern eines Protons durchdringt, verbraucht es 50% bis 70% der Energie (60.1.)[475]. Die ist damit zu erklären, dass sich die Quarks im Kern gegeneinander drehen.

Anders ist es jedoch beim Positron, was ein Proton durchdringt. Dieses hat einen anderen Spin. Folglich bewegt es sich beim Durchqueren des Atomkerns mit den Quarks. Das Positron erfährt daher eine Impulsverstärkung. Wenn in das Atom eindringt, kann es daher beschleunigt zurückgeworfen werden. (DESY in Hamburg) (43.1.)[476].

Diese beiden sehr unterschiedlichen Wirkungsweisen Elektronen und Positronen im Atomkern machen die gegenläufigen Drehrichtungen der Quarks im Atomkern verständlich. Das passt zu dem Bild des Atomkerns, was hier vorgeführt wird.

6.2.12. Die Paritätsverletzung (C-P-Verletzung)

Ein wichtiger Zusammenhang ist die Paritätsverletzung, die man im Jahre 1957 durch polarisierte Kobaltatome herausgefunden hatte (42.6.)[477]. Dort stellte sich heraus, dass die Elektronen des Atoms alle in die gleiche Richtung drehten. Das entsprach nicht den mathematischen Vorstellungen der damaligen theoretischen Physik. Es geht aber um die Frage, warum drehen sich alle 27 Elektronen eines Kobaltatoms in die gleiche Richtung.

Beim gegenseitigen Beschuss von Protonen und Antiprotonen in Batavia (Illinois) entstand ein 1%iger Überschuss an Myonen gegenüber Antimyonen. - 8-2010, S. 436

[474] Der Zerfall der K-Mesonen zeigte schon in den 60iger Jahren, dass Materie und Antimaterie unterschiedlich schnell zerfallen. Bei B-Mesonen hat man das im Jahre 2000 auch festgestellt und die D o-Mesonen zeigen im 2018 ebenfalls das Gleiche verhalten. Dabei geht es um die Charm-Quarks.

Spektrum der Wissenschaft - 6-2019, S. 9

[475] Harald Fritzsch, Das absolut Unveränderliche – Die letzten Rätsel der Physik, Piper Verlag, 2. Auflage 2005

Beim Durchdringen der Elektronen eines Protons aus Beschleunigern der 60iger Jahre konnte man vom gesamten Impuls der Quarks nur 30 % bis 50 % nachweisen. - S. 104

[476] Frank Grotelüschen „Der Klang der Superstrings“ Deutscher Taschenbuch Verlag 1999

Positronen werden vom Wasserstoffkern mit enormem Schwung zurückgeworfen. In zwei Jahren, bei denen man mit ein bis zwei Ereignissen gerechnet hatte, hat es tatsächlich elf Ereignisse gegeben. - S. 79

[477] „Physik in unserer Zeit“ WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

Die Paritätsverletzung besagt, dass der Atomkern eine bestimmte Drehrichtung bevorzugt. Man spricht davon, dass er von der Drehrichtung linkshändig wäre. - 4-2014, S, 168 ff

In diesen Überlegungen bewegen sich die Quarks der Protonen und der Neutronen in einer Richtung, und in späteren Erklärungen dieses Buches wird auch gezeigt, dass die Quarks der Protonen und Neutronen eines Atoms eine Achse besitzen. Also liegt auch bei größeren Atomen eine einheitliche Drehrichtung der Quarks vor. An diese Quarks ist nun das Elektron gebunden. Es geht dabei um eine Ladungsfeldasymmetrie des Atomkerns, der die Elektronen sozusagen mitzieht. Das wäre eine Erklärung die nicht das Photon zum Wechselwirkungsteilchen macht (Einstein). Im Prinzip ist es mit dieser Erklärung vom Aufbau der Protonen und Neutronen verständlich, woher die C-P-Verletzung rührt.

6.2.13. Das Prinzip von Materie und Antimaterie

Was in diesen Bildern zur Entstehung der Elementarteilchen gezeigt wird, bedeutet für die Materie und die Antimaterie, dass sie sich nur durch die „Wicklungsrichtung“ unterscheidet. Das ist in dem Sinne in der Physik nicht klar. Sie weiß nur, dass es Materie und Antimaterie gibt, aber was der wirkliche Unterschied ist, das ist der Physik nicht klar. Ist eine Entwicklungsrichtung vorgegeben, können auch entsprechende Teilchen nur in Teilchen gleicher Art zerfallen. Das bedeutet für den Betazerfall, dass ein Down-Quark aus dem Neutron nur in ein Up-Quark, ein Elektron und ein Neutrino zerfallen kann. Gegenseitige Wicklungen gleicher Art vernichten sich wieder und führen zu Strahlung. Dabei geht es darum, dass nur gleich große Wicklungsmengen vernichten können.

Zudem ist die positive Ladung im Atomkern der Materie nur vorgetäuscht. Auch die Quarks im Kern der Atome der Materie sind negativ. Sie erzeugen nur durch ihre Drehrichtung ein Feld was sie zusammen hält. Das bedeutet, dass auch die Quarks die gleiche Wicklungsrichtung haben, wie das Elektron.

6.3. Die Elemente

6.3.1. Die erste Schale im Atomkern

6.3.1.1. Vom Wasserstoff zum Deuterium

Die weitere Entwicklung der Atome zu größeren Elementen, sei es nun im Frühen Universum oder später in Sternen, entspricht nicht mehr dem alten Verfahren, in dem sich Wellen aufrollen. Atome werden nun wie in einem Pressverfahren von Kugellagern zusammengedrückt. Die Vorgabe dazu sind das Proton und das Neutron mit ihren drei Quarks.

Hier muss man im frühen Universum unterscheiden, dass dort, dass Neutron zum Proton zerfallen ist. Im Moment waren demnach beide Arten von Teilchen da, und konnten sich recht schnell zu größeren Elementen verbinden. Die Energie der Teilchen ist demnach zu dem Zeitpunkt im Universum kleiner als in Sternen. In Sternen findet man keine Neutronen sondern vorwiegend Wasserstoff, Helium und andere Elemente. Das heißt, in Sternen müssen die Neutronen über die Umkehr des Betazerfalls (inverser Betazerfall) aus Protonen gewonnen werden. Dafür wird die meiste Energie und Zeit benötigt. Erst dann kann man die Elementarteilchen zusammenbauen. Die Neutronen benötigt man neben dem Wasserstoff, um den Aufbau der Elemente aufbauen zu können. Hier geht es auch darum, die Neutronenüberschüsse bei den Elementen zu erklären. Der Inverse Betazerfall gilt für die Vergrößerung alle Stufen bei Fusionsprozessen. Mit der Fusion in Sternen wird daher die Anzahl der Neutronen im Universum immer größer.

Eine mögliche Figur ist das Deuterium (Bild 5). Alle anderen wären instabil. Hier liegen sich die beiden unterschiedlichen Quarks als Gruppen genau gegenüber. Wenn man ein Proton und ein Neutron zusammen presst, so liegen sich dabei drei Up-Quarks und drei Down-Quarks gegenüber. Den Up-Quarks gegenüber liegt das Elektron und erschafft einen Ladungsausgleich. Es ist an die Position der Up-Quarks gebunden, während es sich um den Kern dreht. Die Umlaufgeschwindigkeit der Quarks ist mit der Umlaufgeschwindigkeit der Elektronen identisch. Es geht also darum, dass der Kern eine Ladungsasymmetrie besitzt und das Elektron mitzieht. Damit ist das Photon als Wechselwirkungsteilchen unnötig. Zudem ist im Deuterium stabil, weil die Quarks sich etwas schneller um das gemeinsame Zentrum drehen als beim Neutron. So müsste es dann auch beim Elektron sein. Es dreht sich beim Wasserstoff schneller als beim Deuterium.

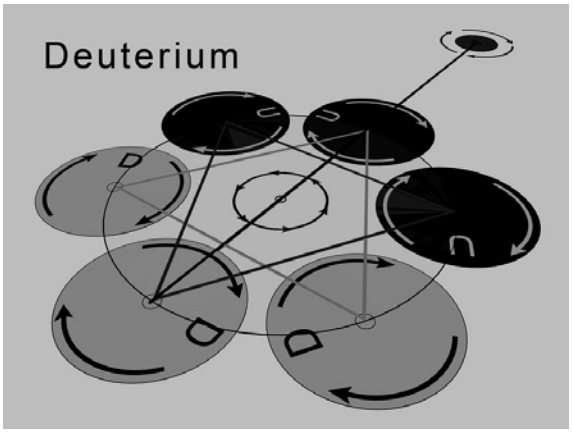


Bild 5: Quarkverteilung im Deuterium

Man findet diese Elemente nur mit Rechtsspin oder Linksspin vor. - Es ist damit auch die Frage, ob man Deuterium als zweidimensional verstehen sollte. Es müsste genauso sein, wie beim Elektron. Das kann man auch nur von zwei Seiten betrachten. Das würde schon für die

Zweidimensionalität sprechen. Aus dem Grund gibt es auch die Ausrichtung des Spins. In der Struktur ist es noch mal so wichtig, wenn man den Schritt vom Kohlenstoff zum Stickstoff macht.

Einer der ganz wichtigen Aspekte beim Deuterium besteht in der Frage, warum das Neutron im Atomkern stabil ist. Es hängt damit zusammen, weil die Quarks sich schneller drehen. Damit muss es in jedem Atomkern immer Neutronen und Protonen geben. Alle Elemente müssen Protonen und Neutronen bestehen. Dazu kommen noch Neutronenüberschüsse, die an späterer stelle besprochen werden. Hier geht es darum, dass Neutronen für sich in einem Atomkern alleine keine Stabilität hätten. Das würde dann auch ausschließen, dass es Neutronensterne gibt, wie die Physik sie beschreibt. Neutronensterne müssen aus Protonen und Neutronen bestehen. Der Aufbau setzt sich immer aus Deuteriumringen zusammen. Zudem kämen noch Neutronenüberschüsse. Der Gedanke ist deswegen so wichtig, weil man mit Gluonen nicht erklären kann, warum das Neutron im Atomkern stabil ist, und außerhalb des Atomkerns wäre das Neutron instabil.

6.3.1.2. Vom Tritium zum Helium

Der Fusionsprozess vom Wasserstoff zum Deuterium dauert im Vergleich sehr lange. Während das nächste Proton innerhalb von kürzester Zeit aufgepresst wird Das zweite Proton bildet eine gekippte Ebene, die ein gemeinsames Zentrum mit der ersten Ebene vorweist. Daraus ergibt sich das Helium 3 (Bild 6).

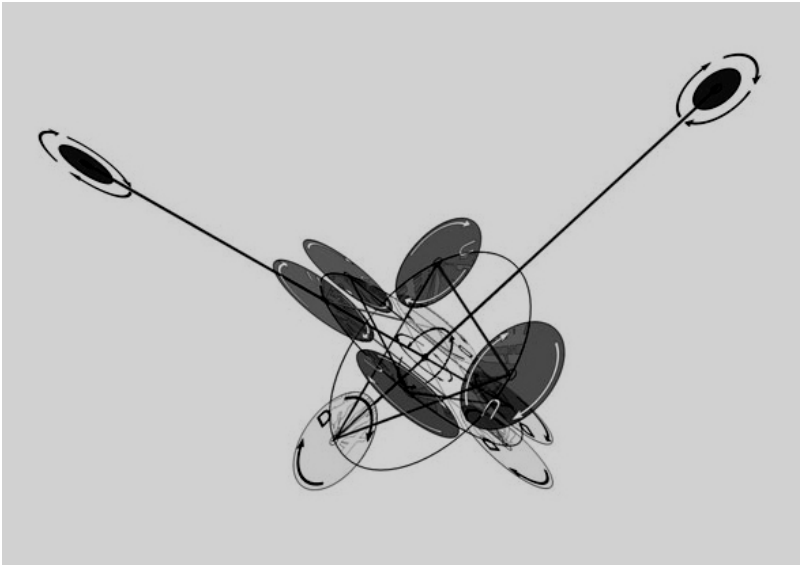


Bild 6: Helium 3 in Position 1

Es gibt aber auch die Möglichkeit, dass erst ein Neutron aufgepresst wird. Dann hätte man die gleiche Struktur wie bei Helium 3. Es wäre jedoch nur mit einem Elektron besetzt.

Man kann an den Positionen von Helium 3 schon erkennen, dass eine gewisse Ausgewogenheit in der Ladung existiert. Es fehlt jedoch noch das weitere Neutron, um die gesamte Ausgewogenheit des Heliums erkennen zu können. Dabei geht es vor allem darum, dass solche Ladungen weniger Energie benötigen. Das ist auch der Grund, warum man bei der Fusion so viel Energie gewinnt.

Bei der Bildung der Elemente gilt die Regel, dass erst das Neutron in den Atomkern eingebaut wird und dann das Proton folgt. Das hat die Ursache darin, dass das größere elektromagnetische Teilchen in das kleinere eingepresst wird. Das zeigt auch die Kernspaltung. Sie setzt Neutronen frei und diese können wieder zu Fusionsprozessen verwertet werden.

Im Bezug darauf sollte man Fusionsreaktoren der 90iger Jahre des letzten Jahrhunderts betrachtet. Dort ist Deuterium und Tritium bei Fusionsversuchen verwendet worden. Diese Fusion hatte bei 200 Millionen Kelvin nur eine Dauer von 2 Sekunden gehabt (13.33.)[478]. Offensichtlicher ist es doch möglich, dass größere Elemente miteinander fusionieren. Es könnten dort aber auch zwei Deuterium Atome zu einem Heliumatom verschmolzen ein.

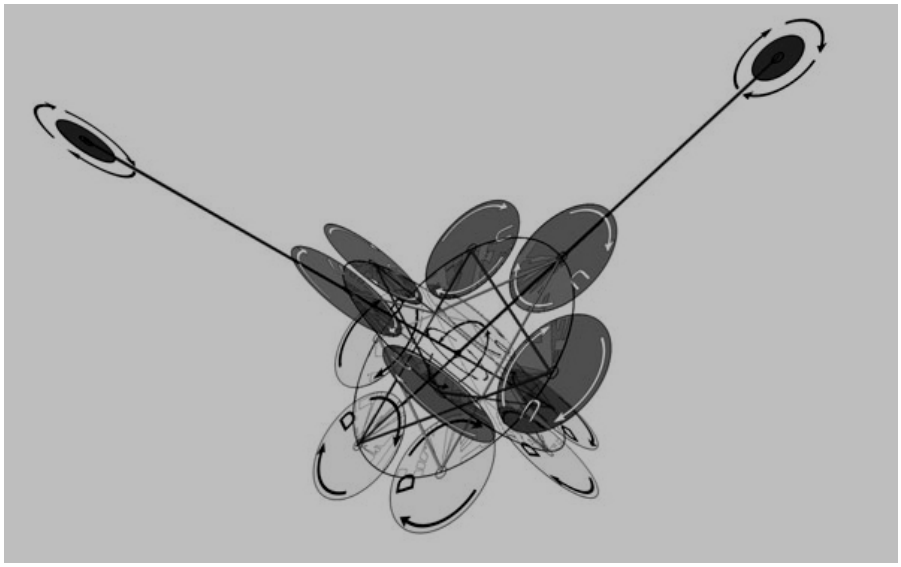


Bild 7: Helium Position 1

Der Grundbaustein als solches ist in dem Sinne eigentlich das Deuterium. Da entsteht die Zweiteilung von drei Up-Quarks und drei Down-Quarks. Diese Teilchen können dann im Helium zu einer symmetrischen Ladungsstruktur werden. Aus dem Grund existiert auch der Alpha-Zerfall. Helium ist durch die Symmetrie der Ladung eine einige Struktur im Atomkern. Man kann daher sagen, dass erst durch zwei verschiedene Teilchen diese Symmetrie hergestellt werden kann. Das ist dann der Grund, warum es überhaupt Atomkerne unterschiedlicher Größe gibt. Aus dieser Struktur wird dann auch klar, warum Protonen für sich alleine keinen Atomkern bilden können. Sie können diese Ladungsfeldsymmetrien nicht herstellen. Das geht nur mit Protonen und Neutronen. Es reicht auch nicht allgemein zu sagen, es gäbe eine Kraft, die den Atomkern zusammen halt. Es muss begründet werden, warum Protonen für sich keine größeren Atomkerne bilden können.

Es geht dann noch um die Frage, wie sich der Energiegewinn durch Fusionsprozesse begründen lässt. Das begründet sich mir der Feldsymmetrie der Quark. Diese Symmetrie ist bei Helium höher als beim Wasserstoff oder beim Deuterium. Aus dem Grundgelangt man zu einem Energiegewinn, der in reine Strahlung freigesetzt wird. Diese Symmetrie kann noch bis zum Element Eisen verbessert werden. Das ist die erste Schale einmal, die zweite Schale zweimal und die dritte Schale einmal besetzt. Das Verhält der Schalen von 1-2-1 bildet die größte Symmetrie bei Atomkernen.

---

[478] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Im britischen Fusionsteaktor sind Deuterium und Tritium zur Fusion verwendet worden. Die Fusion dauerte bei einer Temperatur von 200 Million Kelvin 2 Sekunden. - S. 50

6.3.1.3. Helium und das Elektron

Erst mit dem Helium kommt man zu dem Punkt, dass sich Ladungsträger genau gegenüber liegen. Damit hat die Ladungsverteilung eine gewisse Ausgewogenheit. Auch die Quarks bilden ein harmonisches Bild. Die beiden Elektronen bilden eine Keulenstruktur. Man kann hier davon reden, dass hier der Motor dieser Quarks rund läuft. Daher ist auch die Ruheenergie relativ zu der Anzahl der Protonen und Neutronen gering. In diesem Fall spricht man beim Helium von einem Edelgas (Bild 7+8). In der weiteren Betrachtung nenne ich dieses Bild von zwei gekreuzten Ebenen des Heliums die „Kreuzstellung".

Zu Helium muss man allgemein sagen, dass sie in sich eine stabile Struktur ist, die bei radioaktiven Elementen wie Radon als Ganzes einem so großen Atomkern entweichen kann. Das spricht auch für die Symmetrie dieser Struktur, die für sich stabil ist. Das wäre der Alphazerfall, der in der Physik sehr früh bekannt war. Physiker hatten dann die Frage, warum gerade Helium als Ganzes ein größeres Atom verlassen kann.

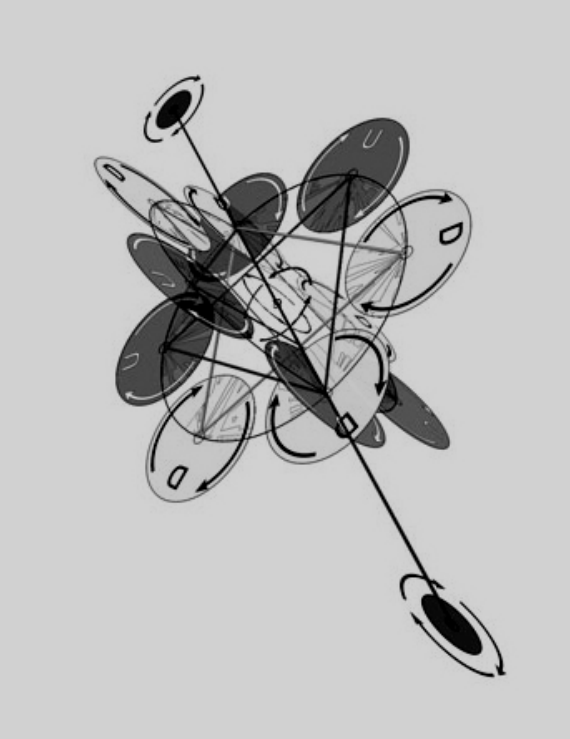


Bild 8: Helium Position 2

Der nächste Punkt ist die Drehung der Quarks in eine Richtung. Das gilt nicht nur für Helium sondern für alle Elemente im Periodensystem. Sie sind einachsige Objekte und haben die gleiche Drehung um ein Zentrum. Das führt auch dazu, dass sich alle Elektronen bei einem Atomkern in eine Richtung um den Atomkern drehen. Das zeigt die Paritätsverletzung (42.6.)[479].

Diese Kreuzstellungen werden noch mal notwendig, wenn es um die Neutronenüberschüsse bei den Elementen geht. Neutronen bilden ebenfalls diese Kreuzstellungen, um eine Ladungssymmetrie zu erreichen. In späteren Text werden damit die stabilen Nuklide bei den

[479] „Physik in unserer Zeit" WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

Die Paritätsverletzung besagt, dass der Atomkern eine bestimmte Drehrichtung bevorzugt. Man spricht davon, dass er von der Drehrichtung linkshändig wäre. - 4-2014, S, 168 ff

Elementen erklärt. Hier geht es um notwendige Ladungssymmetrien, die durch die Neutronenüberschüsse hergestellt werden.

Um Helium muss man allgemein sagen, dass bei den Fusionsprozessen noch ein Proton zuerst eingebaut wird. So gelangt man zu Helium 3. Das dient erst mal der Stabilität des Atomkerns. Bei größeren Elementen verhält es sich so, dass erst Neutronen eingebaut werden und dann kommen Protonen in entsprechende Positionen des Atomkerns. Größere Elemente haben daher immer Neutronenüberschüsse, die in die Struktur des Atomkerns eingebaut werden. Allgemein geht es darum, dass ein Atomkern auch immer in kleinen Schritten vergrößert wird. In einer Abfolge werden Protonen und Neutronen eingebaut. Im Stern müssen daher auch durch Fusionsprozesse aus Protonen Elektronen und Neutrinos Neutronen hergestellt werden.

Die Größe des Heliumkerns beträgt 1,6782483 Femtometer (27.94.)[480]. Hier hat man den Durchmesser eines Deuteriumrings. Mit der Größe kann man dann auch genau sagen, welche Größe jeder Atomkern eines Elementes hat, weil der Atomkern aus Schalen besteht.

6.3.1.4. Die Hauptreihe im HRD

Man muss sich jetzt fragen, warum sich alle Sterne auf der Hauptreihe im HRD aufhalten. Das ist die erste Phase der Fusionsprozesse der Sterne. In dieser wird Wasserstoff zu Helium verbrannt. Es ist vor allem auch die längste Phase. Warum verharren Sterne so lange auf dieser Hauptreihe?

Da es sich um die kleinste Schale handelt, die Quarks bilden, wird hier die geringste Energie aufgewendet, um entsprechende Elemente herzustellen. Die größeren Elemente werden aus den gleichen Grundstrukturen hergestellt. Es ist nur so, dass sie Deuteriumringe oberhalb von Helium größer sind. Deswegen bleibt der Möglichst lange in diesem Modus, um so viel wie möglich Heliumatome herzustellen.

Reicht der Energiegewinn nicht mehr aus, wird der Stern im Kern kleiner und die äußere Hülle dehnt sich aus. Damit erhöhen sich der Druck und die Temperatur und die nächste Fusionsstufe presst Protonen und Neutronen auf das vorhandene Helium. Hier sieht man auch, dass die Elemente immer Schrittweise durch Protonen und Neutronen vergrößert werden. Das gilt für alle Fusionsstufen.

6.3.1.5. Der Betazerfall in Sternen

Man muss sich jetzt die Frage stellen, woher die Neutrinostrahlung in Sternen wie auch unserer Sonne kommt. Es geht darum, dass Fusionsprozesse immer aus Protonen Neutronen herstellen. Der inverse Betazerfall ist demnach der ständige Prozess aller Sterne. Es ist aber so, dass nicht alle Neutronen den Weg in ein anderes Atom schaffen. Sie zerfallen wieder, und damit setzt der Betazerfall ein und dabei werden Neutrinos frei (22.38.)[481]. Die Neutrinostrahlung wäre demnach das Ergebnis nicht funktionierender Fusionsprozesse bei neu erzeugten Neutronen.

Hier sollte man noch erwähnen, dass die Physik den Betazerfall so beschreibt, dass ein Elektron und ein Antineutrino frei werden würden. Aus den Überlegungen kann das nicht sein, denn die Materie hat in dem Sinne bei allen Teilchen eine „Wicklungsrichtung“. Im Zerfallsprozess bleibt die Wicklungsrichtung erhalten.

---

[480] Der Durchmesser vom Atomkern des Heliums beträgt 1,6782483 mal 10 hoch minus 15 Meter.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 3.2.2021, S. N2

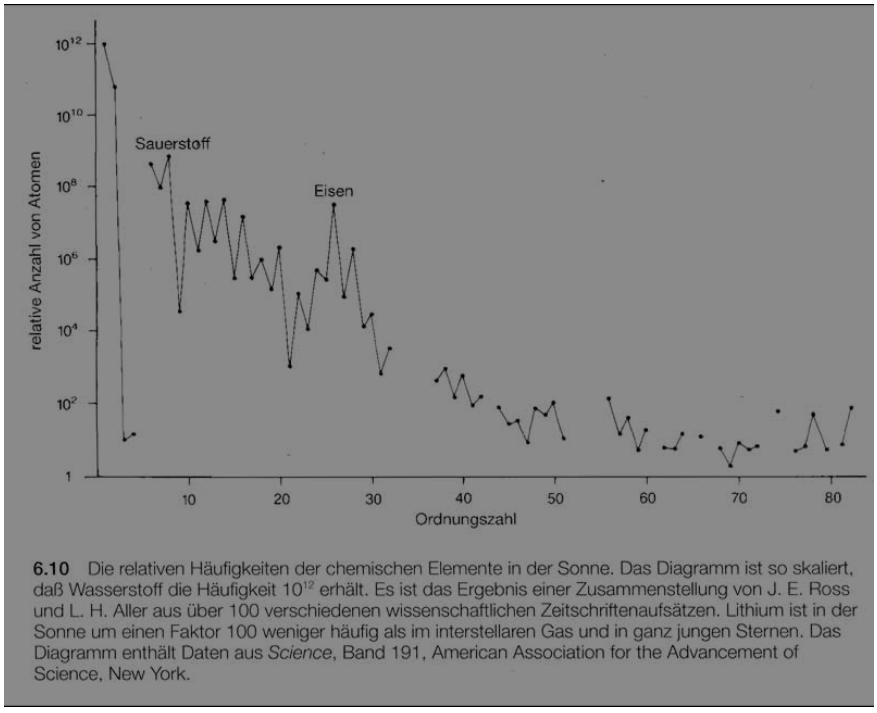
[481] Die Haltbarkeit des Neutrons liegt bei 880 bis 890 Sekunden. Sie wurde durch zwei Meßmethoden festgestellt. - Spektrum der Wissenschaft 7-16, S. 39

6.3.2. Die weiteren Schalen im Atomkern

6.3.2.1. Vom Helium über das Lithium hinaus

Wenn man nun weitere Atome bauen möchte, wie es eigentlich nur in Sternen geschieht, muss man einen sehr hohen Druck aufwenden. Im frühen Universum lag eine hohe Temperatur vor und demnach auch ein entsprechend hoher Druck aus Energie reiner Strahlung. Diese reicht zur Bildung der ersten Elemente bis hin zum Helium. Es könnten sich noch gewisse Mengen Lithium gebildet haben. Danach war der Bildungsprozess beendet.

Um nun diese Elemente zu bilden, muss man in gleicher Weise wieder drei Quarks eines Protons auf das gleiche Zentrum und die gleiche Ebene packen. Hat man das getan, bilden die nächsten drei Quarks des Protons einen Radius, in dem das Helium eingeschlossen wird. Darauf presst sich dann im nächsten Schritt das Neutron, und damit hätten wir das Lithium. Damit benötigen Fusionsprozesse in Sternen eine wesentlich höhere Energie und dem entsprechend auch einen höheren Druck. Das erreichen sie nur durch mehr Masse.



6.10 Die relativen Häufigkeiten der chemischen Elemente in der Sonne. Das Diagramm ist so skaliert, daß Wasserstoff die Häufigkeit 10^{12} erhält. Es ist das Ergebnis einer Zusammenstellung von J. E. Ross und L. H. Aller aus über 100 verschiedenen wissenschaftlichen Zeitschriftenaufsätzen. Lithium ist in der Sonne um einen Faktor 100 weniger häufig als im interstellaren Gas und in ganz jungen Sternen. Das Diagramm enthält Daten aus *Science*, Band 191, American Association for the Advancement of Science, New York.

Grafik 2: Häufigkeit der chemischen Elemente in der Sonne (10.36.)[482].

Füllt man nun die zweite Schale, beginnt dies wieder mit einer einseitigen Ebene über die Kreuzstellung zur doppelten Kreuzstellung. Dann hätte man das Beryllium und gelangt dann zum Bor. Was auffällt, und in unserem Bild passt, sind die Energiemengen (Ruheenergie), die das einzelne Element benötigt. Hat es eine ausgewogene Kreuzstellung, läuft der Motor runder. Das Element benötigt weniger Energie. Das erkennt man an der Massenzahl. Bei ungeraden Ordnungszahlen ist ein

[482] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford

Die Häufigkeitsverteilung der Elemente in der Sonne. - S. 167

höherer Energieverbrauch erforderlich (Grafik 2 & Tabelle 2). Das Beryllium muss übrigens ein Neutron mehr haben, weil man zwei Kreuzstellungen in der ersten und in der zweiten Schale hat. Man braucht ein zusätzliches Ladungsfeld als Stabilität. Daher gibt es nur Beryllium 9.

In Bezug darauf gibt es noch einen Hinweis, der die angenommene Struktur des Atomkerns unterstützt Die Wahrscheinlichkeit, dass sich Elemente mit geraden Ordnungszahlen bilden, ist einfach höher, weil die Kreuzstellung ausgewogener und damit auch stabiler ist als die Belegung mit einer Ebene. Daher gibt es im Universum einfach mehr Elemente mit geraden Ordnungszahlen (Grafik 2). Ausgenommen ist darin nur der Wasserstoff mit der Ordnungszahl 1.

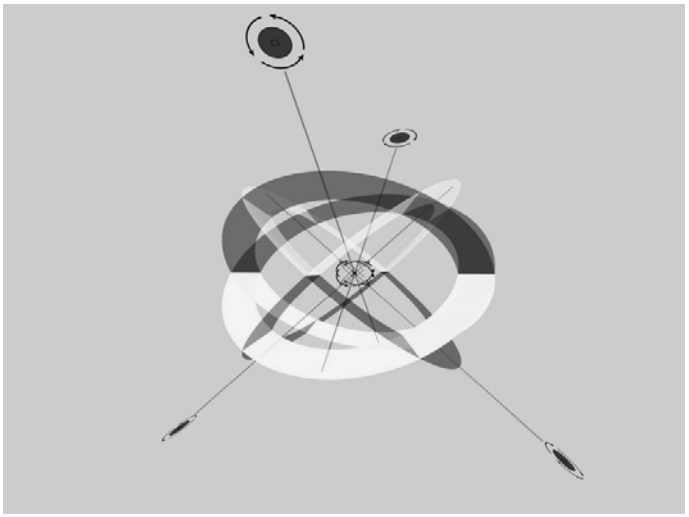


Bild 9: Kohlenstoff in Position 1 (Die geteilte Helligkeit der Ringe stehen für die 3 Up- und 3 Down-Quarks)

Wie muss man sich die Prozesse der Entwicklung vorstellen, die gerade Ordnungszahlen bevorzugt? Das Element mit der kleineren Ordnungszahl hat einen Neutronenüberschluss. Eines der Neutronen zerfällt zum Proton und ein Neutron verlässt den Atomkern (siehe Tabelle 2). Demnach sind Elemente mit geraden Ordnungszahlen ein Zerfallsprodukt und kein Fusionsprozess.

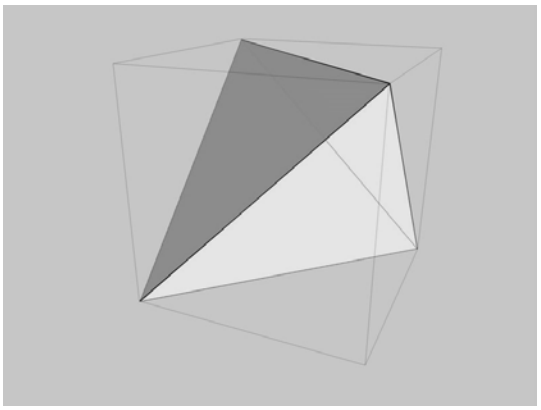


Bild 10: Tetraeder als Bild für den Kohlenstoff

6.3.2.2. Struktur der zweiten Schale

Der Schritt vom Beryllium zum Bor ist etwas Besonderes. Die innere Schale des Heliums hat nur eine Kreuzstellung. Auf der zweiten Schale gibt es zwei Kreuzstellungen (Bild 9 & 11). Diese

benenne ich mit der doppelten Kreuzstellung. Das bedeutet, die Kreuzstellung des Heliums wird auf der Grundebene um 90° gedreht und dem System dazu gefügt.

Ist nun diese Stellung mit beiden Protonen und Neutronen voll, haben wir es mit dem Element Kohlenstoff zu tun (Bild 9). Diese Drehung um 90° ist nur deswegen möglich, weil der Radius der zweiten Schale von Quarks größer ist und demnach mehr Platz ist.

Wenn man nun den Verlauf des Kohlenstoffs mit seinen vier äußeren freien Elektronen genau beobachtet, haben die beiden Elektronen zum Beispiel in Position 3 (Bild 12) zwei oben und zwei unten liegende Elektronen in der zweiten Schale. Verbindet man diese Elektronen mit Linien, so bildet sich darin das Tetraeder (Bild 10). Dieser Tetraeder ist der Grundbaustein für den Diamanten, der bei hohem Druck das härteste Element gibt. Diese Struktur ist insgesamt für die Bildung von Gitterstrukturen bei Gesteinen wichtig. Bei Silizium findet man die gleiche Struktur. Dieser Aufbau der Elektronen bezieht sich demnach auch auf die Struktur der zweiten Schale der Quarks, weil die Elektronen auf die Positionen der Quarks festgelegt sind.

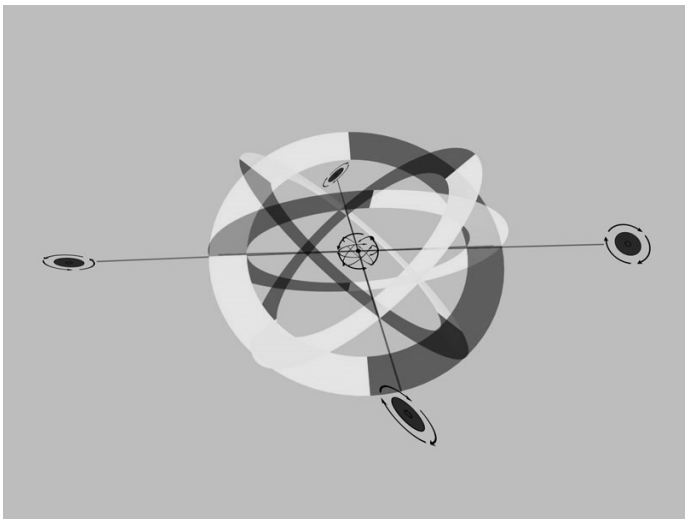


Bild 11: Kohlenstoff in Position 2

Betrachtet man den Ablauf der Elektronenbewegung, so haben wir eine Stellung, in der zwei Elektronen oben in Längsrichtung liegen und zwei Elektronen unten quer liegen (Bild 10). Ein Paar ist wie ein Balken, und beide Balken stehen sich immer 90° gegenüber. Da sich diese Balken drehen und sich von Ebene zu Ebene bewegen, bilden sie auf der Grundebene ein Kreuz (Bild 11). Bei einer weiteren Drehung um 90° hat sich dieser Tetraeder durch die Ebenen geklappt und selbst um 90° gegenüber dem vorigen Tetraeder gedreht (Bild 12). Das wichtige bei dieser Betrachtung liegt darin, dass die Elektronen immer eine Symmetrie bilden und sich nie berühren. Damit wird das Ausschließungsprinzip von Pauli erfüllt.

6.3.2.3. Das vierte und fünfte Proton auf der zweiten und dritten Schale

Mit der Doppelten Kreuzstellung hat man vier Ebenen oder Bahnen und damit jeweils ein Elektron untergebracht. Wenn wir nun versuchen, die nächste Ebene mit einem Proton und einem Neutron zu belegen, existiert keine eigene Ebene. Man nimmt ein Proton und Neutron Paar, dreht es um 180° und besetzt jede Bahn doppelt (Bild 13). Jetzt liegen sich zwei Elektronen genau gegenüber.

Diese Stellung wäre das Fünfte Proton auf der zweiten Schale, führt dazu, dass der Stickstoff drei Elektronen eines anderen Elementes haben müsste, um eine Ladungsfeldsymmetrie der Elektronen herzustellen. Elemente an dem Stickstoff bis zum Flur benötigen Elektronen um untereinander Bindungen herstellen zu können. Weil das untereinander nicht möglich ist, treten sie als Gase auf. Beim Edelgas Neon ist herrscht ein symmetrisches Ladungsfeld der Elektronen und so geht

es ebenfalls keine Bindungen ein. Die Schmelztemperatur sinkt aus dem Grund vom Kohlenstoff bei 3825°Celsius auf -210° Celsius beim Stickstoff (Tabelle 2).

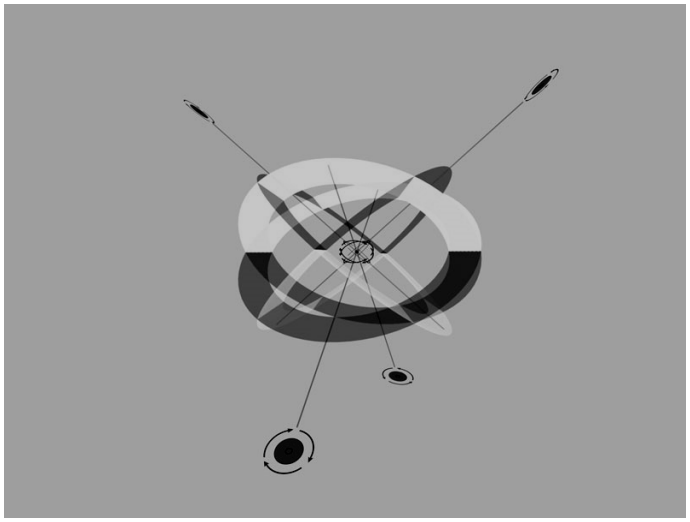


Bild 12: Kohlenstoff in Position 3

Diese gleiche Grundstruktur gilt auch für die Elemente der dritten Schale. Wir hat man mit Silizium wieder ein Element mit hohem Schmelzpunkt (3265°) und danach folgt Phosphor (44,5°) mit geringem Schmelzpunkt (siehe Tabelle 2). Er ist jedoch bei normalen Temperaturen kein Gas.

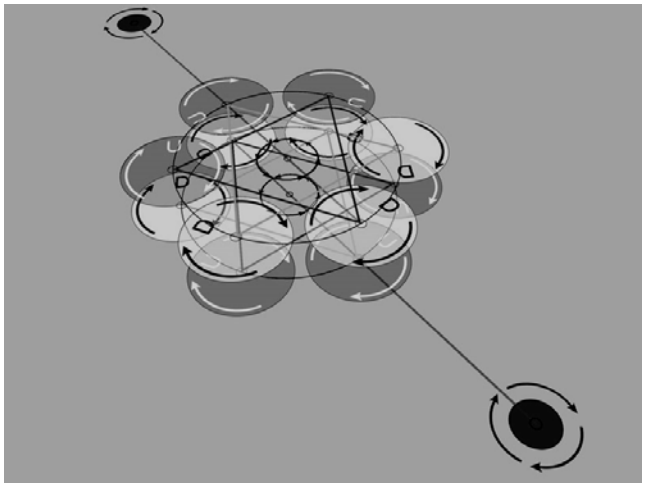


Bild 13: Doppelt belegte Ebene (Ausschnitt aus dem Atom)

Betrachtet man den Stickstoff, so ist bei ihm eine Ebene doppelt belegt und dabei sind die 3 Up- und 3 Down-Quarks einer jeden Ebene um 180° versetzt. Damit hat man auf einer Ebene zwei Elektronen. Beim Neon hätten alle vier Ebenen eine doppelte Besetzung und damit auch 2 Elektronen auf jeder dieser Ebenen. Diese Stellung des Edelgases würde ich mit zweifach belegter Doppelkreuzstellung bezeichnen. Diese Struktur erfüllt wieder ein Gesetz von Pauli, der nur zwei Elektronen auf einer Bahn erlaubt (56.10.)[483]. Das würde aber nur für Elektronen, die an den Atomkern gebunden sind. Für ionisierte Elektronen gilt das Prinzip nicht mehr.

[483] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Da das Deuterium als ein Ring aus drei Up- und drei Down-Quarks besteht, kann man es um 180° drehen. Das erklärt bei den Elementen im Periodensystem deren Eigenschaften. Es geht aber vor allem darum, dass so der Atomkern eine Ladungsfeldsymmetrie erhält. Es geht um sehr große Energie im Atomkern und diese Energie muss für die Stabilität symmetrisch verteilt sein.

Betrachtet man nun die Elektronen in ihren Grenzstellungen, so befinden sich vier Elektronen als Kreuz oben und vier Elektronen als Kreuz unten. Man hat es mit einer gleichmäßigen Verteilung der Ladung zu tun. Das wären zwei ineinander gestellte Tetraeder (Bild 14). Tetraeder eins wären die Punkte 1 bis 4, und Tetraeder zwei wären die Punkte 5 bis 8. Drehen sich die Elektronen aus dieser Stellung um 90°, so bewegen sich alle genau auf der Grundebene. Diese Struktur gibt es erst ab der zweiten Schale.

Hier ergibt sich ein Problem, denn zwei Elektronen dürfen nach dem Ausschließungsprinzip von Pauli nicht an einem Punkt sein. In diesem Fall wären sogar alle vier an einem Punkt. Die Lösung liegt darin, dass Elektronen auch nur aufgerollte zweidimensionale Wellen sind. Da sie unterschiedliche Ebenen vorweisen, stören sie sich nicht.

Ist diese Besetzung nicht ganz gefüllt, hat man eine Ladungsasymmetrie im Atomkern. Bei Element Flur fehlt ein Deuteriumring von drei Up- und drei Down-Quarks. So ist Flur ein Element, was ganz selten ist (siehe Grafik 2).

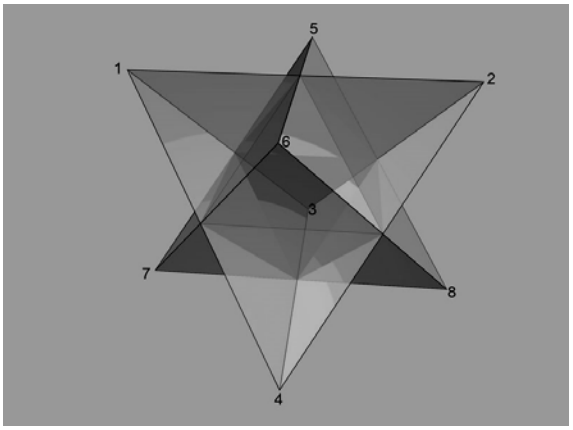


Bild 14: Doppelter Tetraeder als Bild für die äußere Position von 8 Elektronen einer Schale

6.3.2.4. Die ersten drei Schalen des Atomkerns

Betrachtet man nun die Zahlen der Protonen bei den Edelgasen, so wachsen sie erst zwei Mal um 8 Protonen und dann zwei Mal um 18 Protonen. Was hat das für eine Bedeutung?

Es bedeutet, nach dem Helium werden zwei Schalen jeweils mit 8 Protonen besetzt. Es gibt demnach nur drei Schalen, oder drei unterschiedliche Radien, auf denen Quarks gepresst werden. Man findet auf jeder Schale zwei doppelte Kreuzstellungen, die um 90° versetzt auch einer Doppelbelegung einer Ebene entsprechen. Diese Besetzung gilt bis zur dritten Schale, also dem Argon mit 18 Protonen.

Mit dem 19. Proton bis hin zum 54. Proton bleiben die drei Schalen des Atomkerns erhalten, es ändern sich jedoch die Positionen der doppelten Kreuzstellungen. Vom 19. bis zum 26. Proton, also bis zum Eisen (Fe), wird die zweite Schale zwei Mal besetzt. Mit dem 27. und 28. Proton, dem Kobalt und dem Nickel, wird die erste Schale zum zweiten Mal besetzt, und die weiteren 8 Protonen setzten

---

Nach Pauli durften sich nur 2 Elektronen in einer Bahn aufhalten. Er nannte es das Ausschließungsprinzip. Damit erklärte sich, warum sich nicht alle Elektron in den inneren Bahnen aufhielten. - S. 65

sich zum Abschluss auf die dritte Schale. Deswegen haben Kobalt und Nickel auch nicht die Eigenschaften von Alkalimetallen. Diese wären ganz weich. Damit wäre erklärt, wo die Positionen der weiteren 18. Protonen liegen, die mit dem Abschluss das Edelgas Krypton ergeben. - Es ist nun die Frage, wie das stattfindet.

Mit der doppelten Besetzung der zweiten Schale des Atomkerns wird die neue Kreuzstellung um 45° zur ersten Stellung auf der Grundebene gedreht. So werden die nächsten 8 Protonen mit ihren Neutronen aufgetragen. Ist diese zweite Schale des Kerns voll, haben wir einen so großen Innendruck auf den Kern, dass aus der einfachen Kreuzstellung des Heliums ebenfalls eine doppelte Kreuzstellung wird. Im Periodensystem werden nach dem Eisen dieser innere Kern noch mal mit Kobalt und Nickel belegt. Somit ist der Kern mit der zweiten Schale stabil, und dann beginnt die Besetzung der dritten Schale mit Protonen bis zum Krypton.

Die dreifache Besetzung dieser drei Schalen wird nun um 30° und 60° gegenüber der ersten Stellung versetzt. Damit gelangt man zum Xenon mit 54 Protonen. Das wären 3 Mal 18 Protonen im Kern. Damit sind die ersten drei Schalen voll.

Wenn bei den Kristallgittern zehnfache Bindungen vorkommen, so ist das deswegen möglich, weil jede doppelte Kreuzstellung 4 Elektronen binden kann. Bei Dreifachbesetzungen beinhaltet, dass auf jeden Fall genug Möglichkeiten an Bindungen vorhanden sind.

Man könnte sich bei den ersten drei Schalen auch vorstellen, dass man nach dem Argon (18) die vierte Schale belegt. Die Dehnung der Deuteriumringe wäre bei der größeren Dehnung zu energiereich. Also werden erst wieder kleinere Schalen belegt. Dann ist das Ladungsfeld inner stärker. Bei den drei inneren Schalen wird die mittlere Schale zuerst belegt, weil die Symmetrie der Ladungsfelder ausschlaggebend ist. Aus dem Grund wird die erste Schale erst im zweiten Schritt belegt.

6.3.2.5. Der Magnetismus

Magnetische Eigenschaften haben nur die Elemente Eisen (26), Kobalt (27) und Nickel (28). Die gemeinsame Eigenschaft dieser Elemente liegt darin, dass sie auf der zweiten Schale doppelt besetzt habe; darin wären 16 Protonen, und die dritte Schale wäre einfach besetzt; darin wären 8 Protonen. Das Verhältnis von 2 zu 1 auf den Schalen zwei und drei ist die strukturelle Voraussetzung für den Magnetismus.

Acht Protonen ergeben auf der dritten Schale ein Quadrat in den Kreuzstellungen, wenn man das Atom von oben oder von unten betrachtet. Auf der zweiten Schale hätten wir zwei Quadrate, die um 45° versetzt wären. Wenn man die äußere Schale, hier meine ich jetzt die 8 Elektronen dreht, könnte man sie über die Schale der unteren 16 Elektronen als Raster bewegen. Das wäre ein eigener Mechanismus. Der nur für die drei Elemente gilt.

Wie das zu deuten ist, kann ich auch nicht sagen. Es könnte die gleichmäßige Schwingung der Elektronen auf beiden äußeren Schalen sein. Der Magnetismus könnte damit zu erklären sein, dass die ersten16 Elektronen der mittleren Schale und die 8 Elektronen der äußeren Schale gegeneinander schwingen. Es sind jeweils 8 oder 4 Elektronen die auseinender zu schwingen. Das ergibt sich aus der doppelt belegten Kreuzstellung und löst das Feld des Magnetismus aus.

Es gibt jedoch die Möglichkeit, dass die ersten 8 Elektronen der mittleren Schale in der Maximalstellung sind, was dem größtmöglichen Abstand zueinander entspricht. Die zweiten 8 Elektronen könnten im gleichen Moment alle auf der Mittelebene stehen. Damit wäre die dritte Gruppe von 8 Elektronen in der dritten Schale in der Maximalstellung. Es ist demnach schon möglich, dass zwischen den Achtergruppierungen Bewegungsunterschiede in der Richtung und Positionsunterschiede vorhanden seinen können. Es gibt demnach doch ein schwingendes Feld im Dreiklang von jeweils 8 Elektronen. Das könnte die Ursache vom Magnetismus sein.

Betrachtet man noch mal die Symmetrie des Eisens, so hat man auf der ersten Schale eine 180° Teilung. Auf der zweiten Schale ist es eine 45° Teilung und die dritte Schale wäre 90° geteilt. Es liegt bei den Schalen untereinander ein ganz symmetrisches Ladungsfeld vor.

6.3.2.6. Leitfähigkeit von Metallen

Um diese Leitfähigkeit der Elemente zu beschreiben, muss man sich auf die äußere Schale der Elektronen beziehen. Diese äußere Schale eines Elements wird zum ersten al wieder belegt. Also befindet sich auf dieser Schale auch Elektron, was unter den einzelnen Atomen als eine Art freies Elektron verschoben werden kann.

Im Fall von Kupfer (29) wird die dritte Schale zum zweiten Mal belegt. Dabei geht es also um dieses erste Elektron, was auf der dritten Schale zum zweiten Mal auftaucht. Das Prinzip gilt dann auch für Silber (47), wo die dritte Schale zum drittel Mal das erste Mal belegt wird. Bei Gold (79) wird die vierte Schale zum vierten Mal als erstes belegt. Alle Elemente mit hoher Leitfähigkeit liegen demnach 7 Protonen unterhalb eines Edelgases.

Im Prinzip geht es darum, dass eine höhere volle Besetzung der äußeren Schale eine Verschiebung des einzelnen Elektrons erleichtert. Kupfer hat eine Schale außen besetzt, Silber hat zwei Schalen außen besetzt und Gold hat drei Schalen außen besetzt. Bei Gold lässt sich daher das Elektron am leichtesten verschieben. Das verbessert die Leitfähigkeit.

Es geht bei der Atomstruktur darum, dass bei geraden Zahlen immer eine Kreuzstellung, als zwei Deuteriumringe, eine Einheit bilden. Damit ist auch das Elektron stärker eingebunden. Die Leitfähigkeit besteht darin, dass alle die Elemente ungerade Zahlen haben. Auf der äußern Schale befindet sich nur ein Deuteriumring. Damit ist das Elektron auch leichter zu variieren.

Bei Kupfer besteht zudem die Möglichkeit, dass dieses Element nicht nur ein Elektron von einem zum anderen Atom transportiert. Es können mehrere Elektronen sein. Das liegt daran, weil bei Kobalt (27) und Nickel (28), die erste Schale nur zwei Mal besetzt ist. Diese Elektronen sind nicht so stark eingebunden und können daher auch bei der Bewegung verwendet werden.

Interessant ist dabei Wismut mit 83 Protonen. Es hat das 5. Elektron auf der neuen Schale. Da aber zwei Kreuzstellungen einen Abschluss von vier Elektronen darstellen, hätte Wismut eine leicht verbesserte Leitfähigkeit. Das zeigt sich tatsächlich, wenn das Element zum Absoluten Nullpunkt abkühlt. Dann zeigt es Supraleitfähigkeiten.

An dieser Stelle sollte man noch kurz auf das Element Platin eingehen. Platin ist deswegen das edelste Metall, weil die zweite, die dritte und die vierte Schale im Atomkern komplett gleich besetzt sind. Alle diese Schalen sind dreifach besetzt.

Mit dieser Struktur kann man auch die plötzliche Radioaktivität der Elemente erklären. Bis Platin (78) sind alle Schalen dreifach besetzt, außer der ersten Schale. Die vierte Schale ist aber größer, und so kann sie vierfach besetzt werden. Das passt aber nicht in das symmetrische Ladungsfeld. Damit gelingt es wohl noch zwei Kreuzstellungen mit Deuteriumringen unterzubringen, damit wäre man bei dem Element Blei (82), aber darüber hinaus funktioniert die doppelte Belegung nicht mehr (siehe Bild 13). Damit werden die Elemente radioaktiv, und zerfallen wieder.

Insgesamt kann man zur vierten Belegung der vierten Schale sagen, dass sie nicht zu den ersten drei Schalen passt. Damit sind alle Elemente oberhalb von Platin außer Gold instabiler. Der Schmelzpunkt liegt viel tiefer als bei den kleineren Elementen. Das hat damit zu tun, weil die Ladungssymmetrie nicht mehr zur inneren Struktur des Atoms passt.

6.3.2.7. Eisen als optimale Fusionsstufe

Aber es um die Frage, warum Eisen das Element ist, was eine optimale Besetzung mit Protonen vorweist und warum Fusionsstufen nur bis dahin einen Gewinn an Energie bringen.

Wenn man nun diese Frage beantworten möchte, so liegt sie ganz einfach in der optimalen geometrischen Aufteilung der Protonen und damit auch der Bewegung der Deuteriumringe. Die volle Besetzung der inneren Schale mit zwei Protonen liegt vor. Die zweite Schale wird mir zwei Achterprotonen besetzt. Das schon erwähnte Bild, spricht von zwei Quadraten in der Draufsicht, die um 45° versetzt sind. Auch da liegt eine optimale Belegung vor. Die dritte Schale ist einfach mit einem Satz von 8 Protonen besetzt. Diese Besetzung ist auch wieder optimal. Das Verhältnis der

einzelnen Schalen ist 1 zu 2 zu 1. Besser kann man Protonen mit Neutronen nicht legen. Durch die optimale Lage im Atomkern hat man den geringsten Energieaufwand. Alle größeren Elemente haben wieder ungünstigere Stellungen der Protonen. Auch wenn sie wieder optimaler zu Achtergruppen zusammenlegt, kommen sie auf keine günstigeren Stellungen. Damit sind sie sich im Wege und benötigen mehr Energie.

Man kann die Fusionseffizienz des Eisens auch mit dem Kohlenstoff vergleichen. Man hat beim Kohlenstoff eine Kreuzstellung auf der ersten Schale und eine doppelte Kreuzstellung auf der zweiten Schale. Auch das ist eine optimale Besetzung von Protonen in den Deuteriumringen. Daher ist es auch so, dass Kohlenstoff ein so geringes Atomgewicht hat.

6.3.2.8. Die vierte und fünfte Schale des Atomkerns

Bei den Elementen oberhalb vom Edelgas Xenon werden noch zwei weitere Schalen zugefügt. Es wird die vierte Schale besetzt, dann folgt die fünfte. Da nun die 4. und 5. Schalen größer sind als die Schalen 1 bis 3, ist es möglich anstelle einer Dreifachbesetzung eine Vierfachbesetzung möglich. Die Besetzung der vierten Schale ist nur deswegen möglich, weil die ersten drei Schalen drei Mal belegt worden sind. Das heißt man benötigt eine gewisse Ladungsdichte der ersten drei Schalen, um die vierte Schale besetzen zu können. Die größte Symmetrie entsteht dann wenn die vierte Schale mit Platin drei Mal besetzt ist. Daher ist auch Platin das edelste Metall. Die Kreuzstellungen hätten bei voller Besetzung Winkelabstände von 22,5°. So käme man insgesamt auf 118 Elemente (58.3.)[484]. Es wird aber nur die 4. Schale gefüllt mit 4 mal 8 Protonen. Damit passen auch die Lanthaniden und Actiniden in einen sinnvollen Zusammenhang. Die 4. Schale endet bei Radon mit 86 Protonen. Die Radioaktivität erklärt sich bei den letzten Elementen nicht deswegen, weil der Atomkern zu groß ist, sondern, weil der Atomkern über die vierfache Besetzung die Symmetrie verliert.

Es folgen nun 6 weitere Protonen bis zum Uran mit einer Summe von 92 Protonen. Dann bricht die Entwicklung zu größeren Elementen ab (58.4.)[485]. Es geht um die Frage, warum das so ist. die letzten drei Kreuzstellungen mit jeweils zwei Protonen bauen sich in einem Winkel von 120° auf der 5. Schale auf. Das ist die günstigste Ladungsverteilung. Alle anderen Elemente zerfallen, weil die Stellungen nun sehr ungünstig werden.

Der Überschuss an Protonen ist damit zu erklären, dass sie in den freien Positionen weitere Kreuzstellungen besetzen. Zwei Neutronen bilden immer eine Kreuzstellung, wie man sie beim Helium als erstes findet. Damit sind sie im Kern ausgewogen.

Beim Uran muss man noch folgendes betrachten. Uran hat ein Atomgewicht von 238. Das heißt, es gibt 46 Neutronenüberschüsse. Davon werden 26 Neutronen benutzt um die 5. Schale zu füllen. Dann bleiben noch 20 Neutronen über. Die 10 Neutronenpaare besetzen dann die 6. Schale. Man sieht demnach am Uran, dass 6 Schalen besetzt werden können. Wie viele Schalen noch besetzt werden können, bleibt als Frage erst mal offen. Auf jeden Fall gibt es eine maximale Große des Atomkerns. Sie liegt da, wo die Quarks nicht mehr zusammen halten können.

Es gibt noch eine Untersuchung die sich auf die Elemente der Ordnungszahl 100 bis 102 beziehen. Diese Elemente sind sehr instabil und existieren nur eine sehr kurze Zeit. Bei der

---

[484] Ulrich Röseberg „Niels Bohr - Leben und Werk eines Atomphysikers“ – Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1985

Die Periodenzahlen der chemischen Elemente folgen den Zahlen 2; 8, 8, 18, 18, 32 und 32. - S. 134

[485] Ulrich Röseberg „Niels Bohr - Leben und Werk eines Atomphysikers“ – Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1985

In der zweiten Periode von 32 Protonen bricht die Entwicklung der Elemente bei 92 U ab, obwohl die Periode noch bis zum Elemente 118 gehen müsste. - S. 134

Untersuchung geht es um die Ionisierungsenergie der Elektronen. Die Ionisierungsenergie ist beim Element Nobelium (102) geringer als bei den kleineren Elementen (27.55.)[486]. Man gelangt nach dem Edelgas Radon (86) mit weiteren 16 Protonen und 16 Elektronen wieder in eine symmetrische Struktur. Die fünfte Schale im Atomkern, die mit 32 Protonen besetzt werden kann, ist dort genau zu Hälfte besetzt. Dadurch gelangen Protonen und Elektronen in eine günstige Lagerung. Das drückt sich auch in der Ionisierungsenergie de Elektronen aus.

Man muss jetzt vor Augen haben, dass Elemente wie Uran (92) Neutronenüberschüsse haben. Dort ist die 5. Schale 6 Deuteriumringen besetzt. Es passen aber 32 Deuteriumringe au diese Schale. Demnach müsste die Schale mit 26 Neutronen voll sein. Die anderen 26 Neutronen müssen zwangsläufig auf der 6. Schale liegen. Das bedeutet, dass durchaus noch größere Schalen aufgebaut werden können. Einmal ist der Gedanke wichtig, dass Neutronenüberschüsse in Atomkernen immer auf den Weiterbau eines Atomkerns ausgerichtet sind und zudem könnte man einen Atomkern bauen, der sehr viel mehr Schalen vorweist. Im Blick auf die Entstehung der Pulsare muss das erwähnt werden.

6.3.2.9. Die Dichte der Elemente

Die Frage ist nun, wo befinden sich die Elemente mit der höchsten Dichte? Sie in im Bereich der Elemente mit den Ordnungszahlen von 26, 44, 76 und bei 92. Von 26 bis 44 sind es 18 Zähler, und von 44 bis 76 sind es 32 Zähler. 26 ist die Ordnungszahl für Eisen, 44, die für Ruthenium, 76 für Osmium und 92 steht für Uran.

Wie werden jedoch die Schalen im Atomkern belegt? Erst werden die ersten drei Schalen belegt, und man hat 18 Protonen. Dann wird die zweite Schale noch mal belegt, und man hat 26 und befindet sich beim Eisen und einer Dichte von etwa 8 g/cm³. Hier sieht man zum Beispiel, dass Kobalt und Nickel in den Kern gelegt werden, und damit zu einer höheren Dichte führen als Eisen. Das ist nur verständlich, wenn Protonen und Neutronen ineinander geschachtelt werden.

Wenn die Schale zum zweiten Mal in der mittleren Position belegt wird, ist man bei hohen Dichten angelangt. Die Schalen werden zum dritten Mal in der gleichen Reihenfolge belegt. Ist die mittlere Schale zum dritten Mal voll belegt, ist man bei der Anzahl von 44 Protonen angelangt. Hier befindet man sich im Bereich von etwa 12 g/cm³.

Sind nun alle Schalen zum dritten Mal belegt, ist man bei 54 Protonen. Das Wäre das Element Xenon, also ein Edelgas. Damit sind die inneren Schalen maximal gefüllt.

Jetzt wird die vierte Schale mit vier Mal 8 Deuteriumringen belegt. Das führt nahezu zu einer kontinuierlichen Zunahme der Dichte. Das ist auch ein Zeichen dafür, dass nur eine Schale belegt wird. Die höchste Dichte bei 76 Protonen nimmt einen Wert über 22 g/cm³ an. Der Abschluss ist dann das Edelgas Radon.

Dann wir die fünfte Schale belegt bis man zum Uran gelangt. Da ist die Dichte wieder geringer als die Elemente auf der vierten Schale. Wichtig ist, dass die Dichte bei den ersten 54 Protonen schwankt, denn es werden immer drei Schalen belegt.

6.3.2.10. Die spezifische Geometrie des Atomkerns

Es geht bei diesem Atommodell darum, dass der Atomkern mit dem Proton, dem Neutron und entsprechenden Arten von Quarks eine spezielle Struktur haben muss. Wenn diese sich wiederholende Strukturen zu den Elementen aufbauen, haben sie bestimmte Eigenschaften. Nur über diese spezifische

[486] Die Energiemenge zur Ionisierung fällt bei der Reihe der Elemente 100 bis 102 von 6,54 eV zu 6,62 eV nach 4,96 eV ab. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 13.2.2019, S. N2

Geometrie kann man das Verhalten der Elemente erklären. Da die Physik diese spezifische Geometrie nicht hat, kann sie den Elementen auch keine Eigenschaften zuordnen.

Eine Überlegung, die zu dieser Atomstruktur gehört, liegt auch darin, dass ein Atomkern nicht in sich zusammen brechen kann. Ein Atom, als einachsiges Objekt, um den sich alle Quarks drehen, bleibt immer ein Atom, auch wenn es sich Neutronenstern oder zum Schwarzen Loch durch Fusionsprozesse erweitert. Darin steckt auch zu viel Energie, die durch die Gravitation nicht zum Kollaps oder wie die Physik sagt, zu einer Singularität führt. Es gibt zudem auch bei den Sternen keinen Hinweis auf einen Gravitationskollaps, wie vorher in diesem Buch beschrieben wird.

6.3.2.11. Nuklide und die Struktur des Atomkerns

Es geht um die Frage, wo befinden sich die überschüssigen Neutronen bei den Isotopen der Elemente. Um dieses Problem verständlich zu machen muss man sich künstlich hergestellte Nuklide des Calciums. Diese können helfen zu verstehen, wo sich die Neutronen aufhalten, und erklären damit auch die Struktur des Atomkerns.

Calcium besteht aus 20 Protonen und aus 20 Neutronen. Es kann bei einer künstlichen Herstellung aber bedeutend mehr Neutronen haben. Dabei hat sich herausgestellt, dass beim Calciumisotop mit 20 Protonen und 32 Neutronen eine höhere Stabilität existiert als bei 33 Neutronen. Das zuerst genannte Isotop ist 50 Mal stabiler (51.17.)[487].

In dem Sinne bleiben 12 Neutronen über. Es werden bei dem Atom bis 54 Protonen drei Schalen im Atomkern belegt. So hat man für jede Schale vier Neutronen. Diese lassen sich gut in die Geometrie einbauen. Im Atom wird mit Kreuzstellungen nur halbiert, geviertelt, oder geachtelt. Es gibt auch einer 30° Einteilung. Im Fall vom Calcium werden die drei Schalen gerade zum zweiten Mal besetzt.

Das bedeutet, die Nuklide des Calciums bieten schon einen Hinweis darauf, dass der Atomkern eine entsprechende geometrische Aufteilung hat.

6.3.2.12. Stabile Nuklide und Neutronenüberschüsse

Es gibt Elemente, die immer radioaktiv sind. Aber auch stabile Elemente können radioaktiv sein. Das hängt nur davon ab, wie viele Neutronen in einem Element stecken. Es geht demnach um den Neutronenüberschuss. Kolalt-56 wäre zum Beispiel radioaktiv. Das heißt, Kobalt mit zwei überschüssigen Neutronen ist radioaktiv. Kobalt-59 mir 5 überschüssigen Atomen ist nicht radioaktiv.

Kobalt selbst hat die Ordnungszahl 27. Also hat Kobalt auch 27 Protonen. Es geht damit um die Frage, warum sind es gerade 5 Neutronen. Man kann auch fragen, warum bei ungerader Protonenzahl auch eine ungerade Anzahl Nukliden vorliegen muss, und warum bei gerader Protonenzahl auch gerade Zahlen an Nukliden erforderlich zur Stabilität der Elemente sind. Es geht demnach darum, dass bei ungeraden Ordnungszahlen auch eine ungerade Zahl an Neutronenüberschüssen existieren muss. Kohlenstoff ist als kleineres Element dabei aber eine Ausnahme. Das gilt demnach für Elemente größerer Ordnungszahl.

Es geht dabei um folgendes. Ein Neutron benötigt man im Falle vom Kobalt, um die innere Schale zum zweiten Mal zu füllen. Dann bleiben noch zwei Paare. Diese beiden Paare bilden wieder Kreuzstellungen ohne Protonen auf der dritten Schale. Die Belegungsreihenfolge ist zweite Schale, erste Schale, dritte Schale. Das würde dann der Besetzungsreihenfolge entsprechen. Das bedeutet, dass

---

[487] Naturwissenschaftliche Rundschau – Organ der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte - Stuttgart

Calciumnuklide mit 20 Protonen und 32 Neutronen haben eine höhere Stabilität als bei 33 Neutronen. Das zuerst genannte Nuklid ist 50 Mal stabiler. - 8-2013, S. 411

Neutronen in Positionen gehen, die später von Protonen besetzt werden können. Damit würde sich aber das Element ändern. Es geht aber um die Frage, warum Neutronen als Paare in Kreuzstellungen vorhanden sein müssen. Diese schaffen insgesamt eine Stabilität im gesamten Atom.

Es geht also immer um große Ladungssymmetrien, die vorliegen müssen, damit der Atomkern stabil ist. Ist das nicht der Fall, ist das Atom radioaktiv, und demnach instabil. Es wäre so, dass sich zwei Paare von Down-Quarks und zwei Up-Quarks gegenüber liegen würden. Bei der Drehung der Quarks bleibt diese gegenüberliegende Stellung erhalten. Das wäre eine Ladungssymmetrie. Liegen solche Symmetrien nicht vor, zerfällt das Atom. Das wäre z.B. der Fall bei Kobalt-56 oder Nickel-56.

Hier geht es um folgenden Gedanken. Bei der Besetzung der ersten drei Schalen gibt es immer nur ein überschüssiges Neutron. Das gibt demnach bis zum 18. Proton. Bis zur zweiten Besetzung der Schalen ist die Zahl der überschüssigen Neutronen noch unter 10 überschüssigen Neutronen. In der dritten Schalenbesetzung geht die Zahl der Neutronen über 21. Die Vierte Schale hat bis zu 43 überschüssige Neutronen. Danach sind Atome instabil, also generell radioaktiv (Siehe Periodensystem in Tabelle 2). Es wäre die Frage, welche Bedeutung diese Zahlen der Neutronenüberschüsse haben.

Es geht dabei um folgendes Problem. Nachdem die ersten drei Schalen gefüllt sind, ändern sich die Winkel bei der zweiten Besetzung der drei Schalen. Vorher war die Einteilung 90° versetzt. Danach ist die Einteilung um 45° versetzt. Zum Beispiel müssen beim Kobalt zwei Kreuzstellungen durch Neutronen in der dritten Schale eingefügt werden damit die Winkel insgesamt wieder gleich sind. Damit wäre die zweite Besetzung auf allen drei Schalen komplett durch Neutronenpaare vorbesetzt.

Beginnt nun die Besetzung der ersten drei Schalen zum dritten Mal liegen mindestens 10 überschüssige Neutronen vor. Das sind 5 Paare an Neutronen, die schon alle drei Schalen vorbesetzt haben. Wird nun die vierte Schale vier Mal besetzt, existieren auch mehr als 8 Paare an überschüssigen Neutronen. Die Neutronenzahl ist demnach so angelegt, dass am Ende einer Schalenbesetzung schon der gesamte Satz überschüssiger Neutronen für die nächste Schale existiert.

Bei der Belegung der ersten drei Schalen, also bis zum Argon, können Edelgase noch ohne Neutronenüberschüsse stabile Isotope bilden. Es gibt Isotop Argon 36. Das liegt daran, weil die Schalen alle zum ersten Mal belegt werden. Neutronenüberschüsse werden dort als Abstandshalter noch nicht benötigt. Das gilt erst ab der zweiten Besetzung der ersten drei Schalen. Argon 36 ist daher ein wichtiges Isotop für die Schalenstruktur der Atomkerne. Bei größeren Edelgasen müssen Neutronenüberschüsse existieren, weil sie als „Abstandshalter“ dienen.

Es gibt bei den Elementen bis zum Argon (18) noch eine Regel für ungerade Ordnungszahlen. Ist die Ordnungszahl ungerade hat der Atomkern ein Neutron mehr als die Anzahl der Protonen. Damit ist die Anzahl der Neutronen bei ungeraden Ordnungszahlen immer gerade. Das einzige Element mit ungerader Ordnungszahl, was dieser Regel nicht folgt, ist Stickstoff (7). Stickstoff kann als stabiles Isotop 7 Protonen und 7 Neutronen haben und hat damit 14 Teilchen im Kern. Stickstoff ist auch das Element bei dem zum ersten Mal ein Deuteriumring um 180° versetzt in eine Kreuzstellung eingebaut wird (Bild 13). Diese Überzahl an Neutronen ist über die geometrische Struktur des Atomkerns verständlich. Die Gesamtzahl der Neutronen in einem Element ist daher meistens eine gerade Zahl.

Die kleinen ungeraden Ordnungszahlen der Elemente im Periodensystem sind vom Aufbau ein Hinweis für die größere Häufigkeit für Elemente mit geraden Ordnungszahlen (siehe Grafik 2). Liegt eine ungerade Ordnungszahl vor, wird ein Neutron mehr eingebaut, um im die nächste Fusionsstufe zu erleichtern. Die Fusionsstufen sind demnach so ausgerichtet, dass Elemente eine symmetrische Ausrichtung annehmen. Dabei geht es vom Grundprinzip eigentlich immer um die symmetrische Stellung des Heliumatoms. Es besteht zwei Mal aus drei Up- und 3 Down-Quarks. Atomkerne sind in den Entwicklungsstufen immer auf diese Symmetrie der Quarks ausgerichtet (Bild 7 und 8).

Der wesentliche Aspekt der letzten Gedanken zeigt, dass es im Atom um Feldsymmetrien geht. Es handelt sich um sehr starke Ladungsfelder, deswegen spricht man auch von der Starken Kraft, und daher ist es notwendig, dass entsprechende Feldsymmetrien herrschen, ansonsten würde das Atom zerfallen. Die notwendigen Feldsymmetrien zeigen ebenfalls, dass Atomkerne nur in kleinen Schritten aufgebaut werden können. Im Prinzip müssten nur Protonen und Neutronen in einen Atomkern eingebaut werden.

Es wäre durchaus möglich, dass größere Atomkerne eingebaut werden. Dann würden aber Teile des Atomkerns abgespalten werden, damit die Neutronenüberschüsse stimmen. Bei der künstlichen Bildung von großen Atomkernen in der Physik oberhalb von Plutonium bleiben Teile des Atomkerns über. Damit stimmen auch die Neutronenüberschüsse eines großen Elements.

Es geht auch um die Frage, warum die Neutronenüberschüsse zu den höheren Ordnungszahlen immer mehr zunehmen können. Die Erklärung liegt darin, dass Deuteriumringe stabil sind und je mehr Deuteriumringe ein Atom aufweist, umso mehr Neutronen kann das Atom aufnehmen. Dabei ist wichtig, dass jeder Atomkern Protonen benötigt, um mit einem Neutron eine stabile Grundform zu erlangen. Zudem verlangt der Atomkern ein symmetrische Verteilung Elementarteilchen. Daher führen zwei Deuteriumringe zu einer so großen Symmetrie. Dabei gilt auch, dass der Pulsar eine solche Strukturierung vorweisen muss.

Es findet auch bei stabilen Elementen ein Zerfall der Teilchen statt. Man hat zum Beispiel in einem unterirdischen Tank, der mit einer Tonne Xenon gefüllt ist, festgestellt, dass Xenon 124 in Tellur 124 zerfallen ist, obwohl Xenon 124 ein stabiles Isotop ist. Das heißt, dass einen doppelter inversen Betazerfall stattgefunden hat, bei dem zwei Protonen jeweils ein Elektron und ein Neutrino aufnehmen. So wandelt sich ein Up-Quark in ein Down-Quark um und ein Proton wird zum Neutron. Dieser doppelte inverse Betazerfall ist auch bei Barium 130 und bei Krypton 78 festgestellt worden (27.60.)[488]. Der doppelte inverse Betazerfall findet nur bei Elementen mit gerader Ordnungszahl statt, die größer sind als Eisen. Die Kreuzstellung des Heliums ist eine Struktur im Atomkern, die bevorzugt eingenommen wird. Die Elemente größer als Eisen zerfallen, weil der Energiezustand kleinerer Atomkerne günstiger ist.

Allgemein kann man sagen, dass die Radioaktivität mit einer Symmetrie im Atomkern verbunden ist. Liegt eine bestimmte Symmetrie der Teilchen im Atomkern nicht vor, ist es radioaktiv.

6.3.2.13. Der Wasserstoff und die Fusionsprozesse

Der aktive Faktor bei den Fusionsprozessen ist in dem Sinne nur der Wasserstoff. Bei allen Arten der Fusion wird entweder der Wasserstoff oder das Neutron in ein größeres Atom eingebaut. Das Neutron entsteht über den inversen Betazerfall aus dem Wasserstoff und einem Neutrino. Größere Elemente nehmen an der Fusion nur passiv teil. Das wären aus den hier angeführten Überlegungen die grundlegend neuen Gedanken zum Prinzip von Fusionsprozessen, die sich aus der Konstruktion des Atomkerns ableiten.

Man könnte sich aber auch vorstellen, dass Helium zu Fusion verwendet wird. Das ginge dann, wenn eine neue Schale besetzt wird. Hier könnte man zwei Heliumatome um 90° versetzt einbauen. Dann müssten aber wieder kleine Stufen folgen, um Deuteriumringe um 180° versetzt unterzubringen.

6.3.2.14. Energiemenge und Größe der Quarks

Bei den Elementarteilchen kann man schon sagen, dass das Down-Quark größer ist als das Up-Quark. Es verhält sich aber auch so, dass der Zusammenbau größerer Atome energiegünstiger ist. Man müsste daher sagen, dass durch eine bessere Ladungsverteilung der Teilchen im Atomkern, die Wicklungen der Quarks kleiner sind. Sie brauchen dadurch weniger Energie und diese wird in

[488] Das Element Xenon 124 ist in einem unterirdischen Tank zu Tellur 124 zerfallen. Zwei Protonen haben sich zu zwei Neutronen umgewandelt indem sie indem sie ein Elektron und ein Neutrino eingefangen haben. Dieser doppelte inverse Betazerfall ist auch schon bei den Elementen Barium und Krypton festgestellt worden.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, 30.4.2019, S. N2

Gammastrahlung freigesetzt. Daher ist es auch wesentlich besser Quarks als elektromagnetische Wicklungen zu verstehen. Von elektromagnetischen Teilchen zu sprechen, wäre ungenau.

6.3.2.15. Der Bauplan der Atomkerne

Betrachtet man den Bauplan der Atomkerne so ist es wichtig, dass Atome aus Protonen und Neutronen bestehen. Protonen für sich und Neutronen für sich, können keine Atomkerne bilden. Sie sind für sich stabil. Neutronen für sich sind nicht stabil, und zwei Protonen bilden keine verwertbaren Symmetrien. Dieses Prinzip der Bausweise gilt auch für Neutronensterne und Schwarze Löcher. Im frühen Universum ist es wichtig, dass erst nur Neutronen existieren. Da nur sie existiert haben, können sie sich nicht binden. Erst nach 880 bis 890 Sekunden zerfallen Neutronen zu Protonen, Elektronen und Neutrinos und es entstehen größere Atomkerne (22.38.)[489].Die Bedeutung liegt darin, dass Fusionsprozesse so nur vermindert stattgefunden haben, und der größte Teil der Neutronen zerfällt. Erst viel später entstehen Sterne. Somit können größere Elemente herstellen.

6.3.2.16. Die Bedeutung der Strukturen im Atomkern

Es geht allgemein darum, dass der Atomkern eine vorgegebene Struktur hat. Das wird hier in dem Buch besprochen. Die Struktur ergibt sich aus der Funktion der Quarks. Über den Deuteriumring hat man eine stabile form für das Neutron. Deuteriumringe bilden wieder Ladungsfeldsymmetrien im Atomkern, die eingehalten werden müssen, weil im Atomkern eine so große Energie gelagert ist. Neutronenüberschüsse sind notwendig um die Abstände der Deuteriumringe einzuhalten. Da sorgt wieder für die Stabilität der Atomkerne. Dabei treten Neutronen bei größeren Elementen immer als Paare auf, die für diesen Abstand sorgen. So kann man erklären, warum Elemente radioaktiv sind oder nicht. Hier geht es um symmetrische Strukturen, die für ein gleichmäßiges Ladungsfeld sorgen. Diese Strukturen hat die Physik in ihren Überlegungen zum Atomkern nicht. Dafür hat die Physik als Ersatz die Bosonen. Das wären virtuelle Teilchen, die erklären sollen, warum ein Teilchen ein bestimmtes Verhalten hat. Die Struktur des Atomkerns erklärt Funktionen und macht damit die Bosonen überflüssig. Das ist der Unterschied zur Denkweise der Physik.

6.3.2.17. Die Struktur der Pulsare

Das bedeutende im Atomkern liegt darin, dass Proton und Neutron einen Ring von drei Up- und drei Down-Quarks ergeben. Das ist der besagte Deuteriumring. Mit diesem Ring lässt sich bei größeren Elementen ab den Stickstoff eine Ladungssymmetrie herstellen. Da wird der Ring nur um 180° gedreht. Das wäre dann ein Doppelring bei dem eine Ladungsfeldsymmetrie hergestellt wird. Dazu gehören immer zwei Elektronen.

Dieses Verständnis ist sehr wichtig. Denn wenn ein Atom so groß wird, dass es sich zu einem Neutronenstern entwickelt, müssen diese Doppelringstrukturen eingehalten werden, und zu diesem Doppelring gehören immer zwei Elektronen. Also muss der Neutronenstern ein Deuteriumstern sein. Dazu gehört immer eine entsprechend große Anzahl an Elektronen.

Es besteht hier die Frage, wie viele Schalen ein Neutronenstern hat. Es gibt mit Sicherheit eine Größe bei den Deuteriumringen, die instabil ist. Diese äußerste Dehnbarkeit der Deuteriumringe, entspricht auch der maximalen Größe es Pulsaren. Der Pulsar hätte damit eine klare Obergrenze in seinem Durchmesser. Gleichzeitig muss ein Pulsar eine bestimmte Masse haben, um als Objekt dieser

[489] Die Haltbarkeit des Neutrons liegt bei 880 bis 890 Sekunden. Sie wurde durch zwei Meßmethoden festgestellt. - Spektrum der Wissenschaft 7-2016, S. 39

Klasse stabil zu sein. Es gibt bei Pulsaren demnach eine klare Untergrenzte der Masse. Der Pulsar liegt mit Sicherheit unter dem Schwarzschildradius und bleibt ein stabiles Objekt.

Beim Wachstum der Pulsare verhält es sich so, dass über Fusionsprozesse, die äußere Schale immer höher belegt wird bis die elektromagnetische Ladung dafür sorgt, dass sie die Deuteriumringe plötzlich auf kleinere Schalen springen. Dabei führt der Pulsar einen Rotationssprung durch. Stürzt ein Pulsar in einen Nachbarstern, entstehen ganz schnelle Fusionsschritte und es müssten auch ganz kurze Pulssprünge auftreten.

Wenn der Neutronenstern eine solche Struktur haben muss, dann gilt das auch für ein Schwarzes Loch. Demnach müssen auch dort die Elektronen erhalten bleiben, weil es das Ladungsfeld der Atomstruktur verlangt. Es ist nur so, dass die Anzahl der Schalen mit zunehmender Masse der Pulsare kleiner wird. Die Radioblitze bei den Magnetaren zeigen, wären dafür ein Hinweis (27.91.)[490]. Demnach sind Schwarze Löcher kleiner als Pulsare. Deren Schalenstruktur bleibt aber erhalten.

Zur Stabilität ist auch noch ein Faktor wichtig. Da der Atomkern aus einer begrenzten Menge von Schalen besteht und die Dichte der Deuteriumringe extrem groß ist, spielt die Gravitation bei den Up- und Down-Quarks eine Rolle. Die Quarks bewegen sich mit steigender Masse eines Pulsars schneller. Das bedeutet, dass die Stabilität mit der Masse zunimmt. Das spricht gegen einen Kollaps zu einem Schwarzen Loch.

Es geht auch darum, dass Pulsare von einer großen Zahl von Elektronen umgeben sind. Dazu ist die Gasschicht sehr dünn, die sie umgibt. Da jetzt Elektronen die Träger der Energie sind, lässt sich diese Gasschicht leicht erhitzen. Wenn dann Gase auf einen Pulsar stürzen ist es so, dass sie sich äußerst stark erhitzen. Beim Herkules-Pulsar werden so 200 Millionen Kelvin erreicht. Dabei erreicht das Gas aber auch die halbe Lichtgeschwindigkeit (13.35.)[491]. Die Fläche beträgt nur einige Hektar und die Erhöhung beträgt nur einige hundert Meter. Die wesentliche Frage besteht darin, wie die Gase in einem engen Doppelsternsystem eine so hohe Geschwindigkeit annehmen. Die Antwort liegt darin, dass der Pulsar so klein ist. Mit Gasschicht hat der Pulsar 5 bis 10 km Durchmesser. Der Pulsar selber hat nur die Größe eines Atomkerns. Damit herrscht an der Oberfläche eine extreme Gravitation. Das ist die Ursache für die hohe Geschwindigkeit der Gase.

Beim Herkules-Pulsar geht es noch um folgenden Zusammenhang. Der Pulsar zeigt einen Zyklus von 35 Tagen. Der Gasfluss ist nicht konstant. Der Pulsar wird vom Gas zugedeckt. Damit nimmt die Strahlung des Pulsaren ab auch die Flussmenge der Gase lässt nach. Später wird die Strahlung des Pulsars wieder stärker, weil das Gas verbraucht ist. Damit nimmt die Strahlung zu und der Fluss der Gase beginnt von neuem. Dieser Verlauf dauert 35 Tage. Wesentlich sind die Fusionsprozesse beim Pulsar, die die Gasmengen verbrauchen. Das bedeutet, dass der Pulsar an Masse gewinnt und die Gasmenge um den Pulsar nicht mehr wird.

Das Wachstum der Pulsare bedeutet immer, dass die Schalen dichter besetzt werden. Dabei muss eine Symmetrie unter den Schalen eingehalten werden. Aus dem Grund ist es auch nötig eine sehr große Anzahl an Neutronen einzusetzen, um die entsprechenden Abstände in den Schalen einzuhalten. Daher werden bei der Vergrößerung der Masse des Pulsars mehr Neutronen gebracht. Sie

---

[490] Der Radioblitz FRB 200428 ist mit dem Magnetar SRG 1935+2154 identisch. Der Radioblitz hat innerhalb der Milchstraße in 30ooo Lichtjahren Entfernung stattgefunden. Der Ausbruch ist 3000 Mal stärker als alle Ausbrüche bei Magnetaren. Unter den 100 bekannten Radioblitzen gibt es einige die millionenfach heller waren als FRB 200428. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 11.11.2020, S. N1

Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

[491] Auf den Herkules-Pulsar stürzen Gase mit halber Lichtgeschwindigkeit auf eine Fläche von nur wenigen Hektar Größe und erzeugen einen heißen Hügel von 200 Millionen Kelvin. Der Pulsar hat 5 bis 10 km Durchmesser und hat 0,8 Sonnenmassen. Der Hauptstern als enger Begleiter ist ein Riesenstern mit 2 Sonnenmassen. - S. 163

übernehmen dabei die Funktionen der Abstandshalter. In dem umgebenden Gas findet daher vor allem der inverse Betazerfall statt bei dem aus Protonen, Elektronen und Neutrinos Neutronen hergestellt werden.

6.3.2.18. Neutrinos und Fusionsprozesse in der Sonne

Es ist schon vorher besprochen worden, dass die Neutrinohäufigkeit in der Sonne nur einem Drittel des erwarteten Wertes entspricht (Grafik 4). Das sind Bewertungen aus der Physik, die auch ein eigenes Bild für Fusionsprozesse hat. Hier in dem Buch wird eine andere Art der Fusionsabläufe beschrieben. Daher muss man einen Vergleich ziehen und diesen Vergleich auf die Häufigkeit der Neutrinos in der Sonne beziehen.

Physiker bauen Atome einfach zusammen und achten nicht auf die Struktur der Atomkerne. Bei ihrem Zusammenbau, bleibt dann oft ein Neutron über. Der Zusammenbau bringt dann Energiegewinne. Das Neutron zerfällt zu einem Proton, einem Elektron und einem Neutrino. Das Neutrino wäre ein Maß für den Fusionsprozess und deren Gewinne an Energie. Man misst in dem Sinne nur das Neutrino. So denkt die Physik.

In meinen Überlegungen sieht es so aus, dass sich Protonen mit dem Elektron und einem Neutrino zu Neutronen umwandeln. Diese entstandenen Neutronen werden jetzt in ein größeres Element eingebaut. Das schaffen aber nicht alle Neutronen. Ein Teil der Neutronen zerfällt. Dieser Zerfall wird über die Neutrinos gemessen. Also ist der Zerfall der Neutronen kein Maß für den direkten Fusionsverlauf. Die Neutrinomenge ist ein Maß für die nicht verwendeten Neutronen. Diese Menge gibt aber an, wie hoch der Anteil ist, der nicht an der Fusion teilnimmt. Da die Neutrinos nach dem Erwarten der Physiker nur ein Drittel des Messwertes hergeben, kann man sagen, dass die verwertete Menge der Neutronen bei der Fusion drei Mal so hoch, wie die Menge der zerfallenden Neutronen. Die scheinbare falsche Menge der Neutrinozahlen hat die Ursache in einem anderen Prinzip der Fusionsprozesse.

6.3.2.19. Planetarische Nebel

Die Entwicklung von Elementen basiert demnach auf ganz einfache Schritte. Es werden im Prinzip nur Deuteriumringe auf das vorige Elemente gepresst. So entstehen immer größere Elemente. Dieser Ablauf findet in Sternen statt. Sie erbrüten alle größeren Elemente im Universum. Bei den Hauptreihensternen geht der Fusionsprozess bis zum Helium. Nach dem Verlassen der Hauptreihe ist es eine Frage der Masse des Sterns, wie viele Stufen der Fusion er noch durchmachen kann. Diese Stufen macht er auch in verschieden Schichten seines Inneren. Also werden die verschiedenen Elemente auch gleichzeitig erbrütet. Erreicht er nun das Ende seiner Entwicklung, bricht die Fusion im Stern ab, und der Stern wird einerseits kleiner und zum anderen werden die Schichten in den Weltraum ausgestoßen. Das kann bis zu 40% seiner Masse ausmachen. Damit entstehen die Planetarischen Nebel. Sie bestehen aus einzelnen diskreten Farben, die jeweils einem Element zuzuordnen sind (27.10.)[492]. Also kann man an den alten Sternen sehen, dass diese schrittweise Entwicklung, wie sie hier beschrieben wird, wirklich im Stern stattfindet.

[492] Planetarische Nebel haben einzelne diskrete Farben, die dem Spektrum eines Elementes entsprechen. Der Stern stößt dabei bis zu 40% seiner Masse ab. - Frankfurter Allgemeine Zeitung 30.3.2014, S. 56f

6.4. Ladung und wirkende Kräfte

6.4.1. Zusammenhalt des Atomkerns

Die Kräfte im Atomwerden werden durch zwei Drehrichtungen der Quarks beschrieben. Die Drehrichtung der Quarks um sich selber ist die gleiche, wie bei den Elektron. Die Ladung eines einzelnen Quarks ist daher negativ. Damit sind alle Teilchen der Materie negativ. Die zweite Bewegung ist die Drehung um das gemeinsame Zentrum. Diese Drehbewegung ist positiv, und schafft den Zusammenhalt der Quarks, also der Atomkerns. Betrachtet man das Quark als einzelnes Teilchen so ist sehr groß, und für sich alleine wäre es instabil. Es zerfällt.

Wenn sich Quarks voneinander entfernen, drehen sie schneller, weil die gegenseitige Magnetische Abbremsung aufgehoben wird. Das bedeutet, die Ladung erhöht sich wenn man versuch die Quarks zu trennen (13.24.)[493].

6.4.2. Ladung der Schalen im Atomkern und das Elektron

Die Quarks drehen sich im Atomkern auf einzelnen Schalen um ein gemeinsames Zentrum. Das Elektron ist an die U-Quarks gebunden und tut damit das gleiche tun.

Die Schalen der Quarks werden zu den höheren Ordnungszahlen größer. Die Geschwindigkeit der Quarks um das Zentrum bleibt jedoch gleich. Die Periode eines Umlaufs, oder man könnte auch sagen, die Winkelgeschwindigkeit wird mit jeder größeren Schale kleiner. Das bedeutet für die Quarks, dass mit jeder größeren Schale die Umlaufperiode länger wird. Absolut gesehen ist die Geschwindigkeit der Quarks jedoch gleich. Die erzeugte elektromagnetische Ladung nimmt jedoch mit jeder größeren Schale ab. Das heißt, die Kraft, die den Atomkern zusammen hält wird mit zunehmend größeren Schalen im Atomkern kleiner.

Das Elektron bezieht sich immer auf eine bestimmte Schale im Atomkern. Es kann aus dem Grundzustand Energie aufnehmen. Die Energie der Photonen ist quantisiert und daher macht das Elektron bei der Energieaufnahme Quantensprünge. Der Quantensprung bedeutet, dass die Wicklungen des Photons auf die Wicklungen des Elektrons aufgenommen werden. Das erhöht mit einem Mal das Ladungspotenzial des Elektrons. Das führt zum Quantensprung. Die Geschwindigkeit des Elektrons nimmt zu den größeren Bahnen hin zu. Die Periode oder die Winkelgeschwindigkeit ist auf allen Bahnen gleich. Es besteht keine Wechselwirkung mit den Quarks. Die Ladung der Quarks ist immer gleich. Die Photonen beziehen sich nur auf das Elektron und verändern deren Ladung.

Vergleicht man die Elektronen auf den jeweiligen Schalen ihres Grundzustandes, so müsste die Winkelgeschwindigkeit mit größerer Schale abnehmen. Das kann man sicher überprüfen.

6.4.3. Überlegungen zum Compton-Effekt

Wichtig scheint mir der Compton-Effekt zu sein. Das Elektron kann Wicklungen aufnehmen. Es bedarf dort keiner besonderen Kräfte. In diesem Bereich der Energiemenge des Elektrons können

---

[493] Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Zitat: „Während das Gravitationsfeld zwischen zwei Massen und des elektrischen Feldes zwischen zwei Ladungen 1/r abfällt, d.h. die Kräfte zwischen Körpern mit zunehmender Distanz geringer werden, werden die Kräfte zwischen zwei gleichnamigen Quarks mit zunehmender Distanz größer. …“ - S. 239

„Wellen in bestimmten Mengen aufgerollt werden“. Das bedeutet, einmal vorgelegte Winkelrichtungen, macht es in diesen kleinen Energiemengen des Elektrons möglich, weitere Wicklungen in der gleichen Richtung aufzunehmen. Das ändert im überbleibenden Gammastrahl die Frequenz. Auch der Gedanke könnte sehr wichtig sein, da man damit erklären könnte, warum es unterschiedliche Wellenlängen bei „nicht quantisierter“ Strahlung gibt.

6.4.4. Elementarteilchen und Wellenfunktion

Das Elektron beschreibt wie alle Elementarteilchen, eine Drehung um sich selber. Diese Drehung wird mit Spin bezeichnet. Da es sich nun dreht und bewegt, beschreibt es eine Welle und damit hat es auch eine Frequenz. Damit kann es nach den Gleichungen von Schrödinger beschrieben werden. Wenn man diesen gedanklichen Schritt weiter führt, gilt dieser auch für den Atomkern. Da dieser Kern ebenfalls rotiert, beschreibt er mit der Fortbewegung eine Frequenz. Damit würde sich erklären, warum Baryonen am Doppelspalt ebenfalls die Eigenschaften von Wellen aufweisen und sich genau so verhalten wie Elektronen und das Photon.

6.4.5. Stabilität eines Teilchens

Beim Elektron geht es nicht darum, das es als Teichen in den Atomkern fallen könnte, sondern darum, dass es nicht zerfällt. Wenn ein Teilchen den Kern eines Neutrons verlässt, geht es auch darum, dass das Neutron stabil wird. Aus gibt es einen Teil der Energie eines Quarks ab. Ein Down-Quark wird damit zum Up-Quark. Die Quarks sind damit kleiner und können sich schneller um das gemeinsame Zentrum drehen. Vergleicht man das mit dem Elektron, so ist der Spin Ausdruck der Stabilität.

Wenn nun ein Elektron von einem Atomkern eingefangen wird und damit den Atomkern umkreist, benötigt es mehr Stabilität. Daher gibt es ein Photon ab, erhöht den Spin und erreicht so diese höhere Stabilität. Je näher es nun dem Atom rückt, umso mehr Energie muss es abgeben, damit es stabil bleibt. Daher werden die abgegebenen Photonen zu den kleineren Radien eines Elektrons hin größer. Erreicht es den Grundzustand, kann es keine Photonen mehr abgeben. Das bedeutet, das Elektron hat einen immer größeren Spin, je kleiner die Bahn um den Atomkern ist.

6.4.6. Abstand des Elektrons vom Atomkern

Betrachtet man die Ladung der Elektronen in Bezug auf den Atomkern, so kommt eine Frage auf. Warum hat das Elektron einen so großen Abstand vom Atomkern? Die Quarks selber sind, wie das Elektron, negativ. Demnach stoßen sie sich ab. Da aber die Bewegungsrichtung um den gemeinsamen Kern anders ist, ergibt sich daraus die entgegengesetzte Ladung. Diese Ladung überwiegt die erste und ist damit der anziehende Faktor für das Elektron. Der große Abstand ist demnach ein Resultat aus der Energiemenge der einzelnen Quarks. Da sie gegenüber dem Elektron so groß ist, ergibt sich auch der große Abstand untereinander. Der wesentliche Gedanke liegt darin, dass die Kräfte im Kern von zwei Ladungen bestimmt werden. Es herrschen demnach zwei Kräfte.

Es geht zudem darum, dass das Elektron durch die Ladungsanomalie der sich drehenden Quarks in eine Bahn um den Atomkern gezwungen wird. Das Elektron hat überhaupt kein Interesse sich um einen Atomkern zu bewegen. Es will sich gerade aus bewegen. Wenn es sich um einen Atomkern bewegt, würde es damit auch einen möglichst großen Abstand zum Atomkern halten.

Die Physik hat keine spezielle Bahn für das Elektron, ordnet ihm eine beliebige Bewegungsmöglichkeit zu, und damit bewegt es sich auch der Wahrscheinlichkeit nach im Atomkern. Diese Überlegungen würden sich durch die Erklärung der Bindung des Elektrons an den Atomkern und der Struktur des Ladungsfeldes im Atomkern ausschließen.

Es geht beim Abstand der Elektronen noch um folgende Situation. Man könnte annehmen, dass sich das Elektron bei höherer Temperatur einfach schneller um den Atomkern bewegt, aber den Abstand zum Atomkern einhält. Dadurch, dass das Elektron an das Up-Quark gebunden ist, und das Up-Quark eine bestimmte Winkelgeschwindigkeit einhält, ist auch das Elektron an diese Winkelgeschwindigkeit gebunden. Wenn sich das Elektron schneller bewegt, muss es sich in der Bahn vergrößern. Das wäre der Grund, warum sich Körper bei höherer Temperatur ausdehnen.

6.4.7. Das Elektron und sein Grundzustand

Dadurch dass die Protonen mit den Neutronen Schalen Deuteriumringen bilden, ergeben sich daraus die Grundzustände des Elektrons. Jedes Elektron ist an ein bestimmtes Proton gebunden und befindet sich damit auch auf einer bestimmten Bahn. In dem Sinne ist das Elektron an das Up-Quark des Protons gebunden. und wird mitgezogen. Das kann man über den Betazerfall erklären. Ein Down-Quark ist dabei zum Up-Quark und einem Neutrino zerfallen. Das Elektron war einmal Teil des Up-Quarks. Jedes Proton bewegt sich innerhalb des Atomkerns eine bestimmte Schale. Das heißt die Quarks eines Atomkerns drehen sich alle um eine Achse. Diese Schalen entsprechen den Grundzuständen der Elektronen. Der Grundzustand ist demnach auch mit einem Abstand des Elektrons von der jeweiligen Schale im Atomkern verbunden.

Das Elektron benötigt nur eine Energiemenge um den Grundzustand verlassen zu können. Je kleiner der Grundzustände ist, umso größer ist die benötigte Energiemenge. Diese Energiemengen sind quantisiert.

In den nächsten Schritten geht es dann darum, dass die Elektronen eines Grundzustandes Schritt für Schritt Quantensprünge durchführen. Dabei steigt der Energieaufwand für jedes Elektron.

Zum Grundzustand müsste man noch etwas sagen. Wenn also ein Element weniger Protonen hat, muss Energie aufgewandt werden, um Elektronen in größere Orbits zu bringen, die eigentlich Grundzustände sein können. Ist ein Element größer, besetzen die Elektronen automatisch größere Grundzustände. Das hat damit zu tun, dass der Atomkern eine Schalenstruktur besitzt. Diese Schalenstruktur zwingt Elektronen in bestimmte Grundzustände. Es müssen ganz einfach Ladungssymmetrien eingehalten werden.

Dass die Grundzustände mit der Größe eines Atoms im Zusammenhang stehen, kann man an der Größe der Atome sehen. Wenn ein Atom aus mehr Teilchen besteht, wird es größer. Die Elektronen nehmen dann größere Grundzustände ein. Dabei muss man noch beachten, dass ein größeres Atom, mehrere Schalen belegt. Elektronen sind bei größeren Atomen gezwungen sich auf größeren Schalen zu bewegen. Dabei halten sie immer eine Winkelgeschwindigkeit ein, weil sie an das Up-Quark des Atomkerns gebunden sind. Folglich ist die Geschwindigkeit der Elektronen bei größeren Schalen auch größer. Daher kann man die Geschwindigkeit der Elektronen nicht direkt mit der Temperatur gleichsetzen.

Die Abstände des Elektrons vom Atomkern lassen sich über das Verhältnis von der Ladungsgröße der Quarks gegenüber Elektron. Quarks sind langsamer als Elektronen, weil sie größer sind und sie bremsen sich in den Ladungsfeldern, weil sie umeinander drehen. Da das Elektron an das Up-Quark gebunden ist, muss es einen besonders großen Anstand einnehmen, um die gleiche Winkelgeschwindigkeit einzuhalten.

6.4.8. Die Quantenzustände des Elektrons

Temperatur ist ein Ausdruck für die Geschwindigkeit des Elektrons. Je höher die Geschwindigkeit des Elektrons, umso höher ist auch die Temperatur oder die Energie, die das Elektron aufnimmt. Da aber das Elektron an die Quarks im Atomkern gebunden ist, kann es nicht einfach immer schneller werden. Deswegen nimmt die Wahrscheinlichkeit des Elektrons zu, dass es über andere Elektronen die Energie bekommt, um einen Quantensprung zu machen, und damit einen

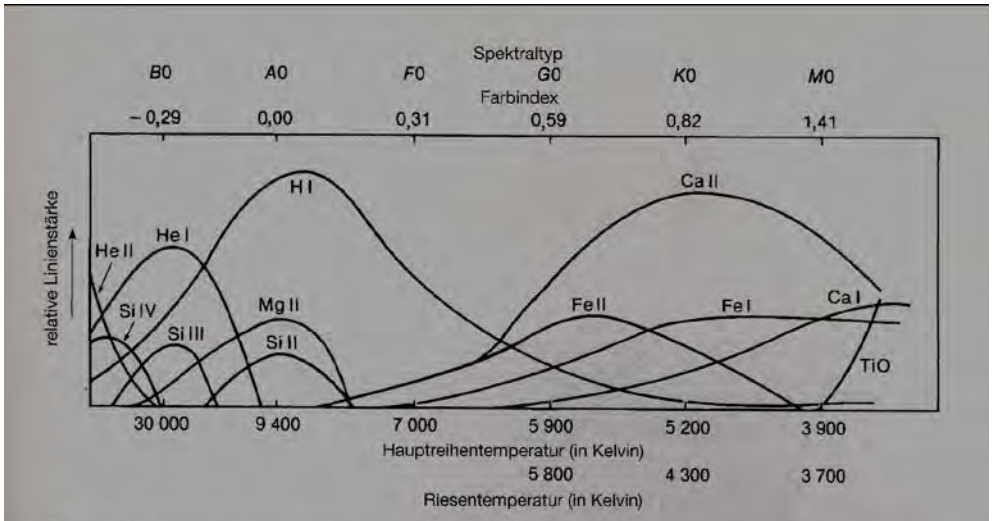
größeren Orbit gelangt. Bei Sternen werden wird dann Energie abgegeben, und Elektronen setzen bestimmte Quanten frei.

Das Elektron ist dabei an das Up-Quark der Protons gebunden. Es behält so die gleiche Winkelgeschwindigkeit bei. Bei höherer Energie des Elektrons vergrößert sich nur der Orbit.

Dabei nimmt der Wasserstoff eine gesonderte Stellung ein. Er besteht aus zwei Up-Quarks und einem Down-Quark. Im Gegensatz zum Deuteriumring der aus drei Up-Quarks und drei Down-Quarks besteht, bewegen sich die Quarks beim Wasserstoff schneller. Das Elektron des Wasserstoffs führt daher den Quantensprung eher durch als beim Helium. Da drehen sich die Quarks langsamer.

6.4.9. Quantensprünge im Vergleich

Die verschiedenen Spektrallinien eines Elements liegen ein paar Tausend Grad Celsius auseinander. Zum Beispiel liegt die Silizium II Linie bei etwa 9400° Celsius. Die Silizium III Linie liegt bei etwa 25ooo° Celsius und die Silizium IV Linie hat etwa 45ooo° Celsius (Siehe Grafik 4). Das bedeutet nur, dass das Elektron bei einer höheren Temperatur zum nächsten Quantensprung gezwungen ist. So springt ein Elektron von einem Element in immer größere Orbits bis es ionisiert ist. Man könnte auch denken, dass ein zweites Elektron nachrückt, aber es scheint so zu sein, dass immer das äußere Elektron sich immer weiter vom Atomkern entfernt. Das Elektron kann auch mehrere Sprünge auf einmal machen, oder wie beim Compton-Effekt mit einem Mal den Atomkern verlassen.



3.9 Die Variation der Linienstärken mit dem Spektraltyp. Wasserstoff ist beim Typ A am stärksten, neutrales Kalzium und TiO haben ihr Maximum bei späten M-Typen. Am Kopf des Diagramms sind Werte für den Farbindex B-V (Abschnitt 1.4) von Hauptreihensternen angegeben. Unter dem Diagramm befinden sich zwei Temperaturskalen, für Riesen und für Hauptreihensterne. Die Beziehungen zwischen diesen Größen sind in Abbildung 3.10 noch etwas genauer dargestellt. Aus einem Artikel von T. Schmidt-Kaler in *Landolt-Börnstein Tables, Group VI, Vol. I*, Springer, New York.

Grafik 4: Spektrallinien bei Sternen [494]

Das Bild, was man bei den Spektrallinien der Sterne vorfindet, passt zu der Logik, dass Elektronen den Sprung in einen größeren Orbit machen müssen, weil ihre Geschwindigkeit nicht mehr zu den Quarks im Atomkern passt.

[494] James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1994

Kommt man jetzt zu den großen Elementen, so liegen die äußeren Elektronen auf größeren Orbits. Diesen Elektronen ist es möglich bei kleineren Temperaturen Quantensprünge zu machen. Sie benötigen einen geringeren Anregungszustand, weil sie weiter vom Atomkern entfernt sind.

Es geht noch um folgendes Problem bei den Quantensprüngen. Ist der Orbit des Elektrons im Grundzustand sehr klein, erfolgt der Quantensprung eher im höheren Temperaturbereich. So liegt He I höher als Fe I. Betrachtet man nun Fe I mit Ca I, so haben sie eigentlich den gleichen Orbit. Es wird bei beiden die zweite Schale zum zweiten Mal mit der Elektronen besetzt. Calcium hat aber nur zwei und nicht 8 Elektronen auf der zweiten Schale. Weil nun die Schale nicht voll ist, verlässt das Elektron die Schale eher, also bei einer kleineren Anregungstemperatur.

Hier kommt schon ein neuer Gedanke hinzu. Es geht nicht um den äußeren Orbit der Elektronen, sondern um die Reihenfolge der Schalenbesetzung. Diese entscheidet welches Elektron den Quantensprung macht. Das ist mit dem Aufbau des Atomkerns gekoppelt.

Ein weiterer wichtiger Gedanke besteht darin, dass Helium und Wasserstoff eigentlich beide der kleinste Orbit eines Elektrons um einen Atomkern. Im ersten Fall ist es aber ein Deuteriumring und im zweiten Fall ein Proton, was von einem Elektron umrundet wird. Da die Quarks beim Proton schneller drehen, bewegt sich auch ein Elektron um ein Proton schneller als ein Elektron um ein Heliumatom. Damit dürften auch die Orbits nicht identisch sein. Das erklärt auch, warum der Wasserstoff so reaktionsfähig ist. Der Anregungszustand der zum Quantensprung führt, findet beim Wasserstoff eher statt als beim Helium. Daher liegt die H I Linie niedriger als die He I. Hier kommt noch hinzu, dass eine gefüllte Schale den Quantensprung verzögert. So kann man eigentlich auch Eisen als eine gefüllte Schale verstehen, weil es mit 8 Elektronen auf der zweiten Schale bestückt ist.

6.4.10. Der Schritt zu den Quantensprüngen

Die Infrarotstrahlung wird durch die Bewegung von Elektronen ausgesandt, wie z.B. bei einem Ofen. So bekommen die umliegenden Elektronen mit geringerer Geschwindigkeit ebenfalls eine ähnliche Geschwindigkeit. Die Energie kann aber nicht ständig zu immer höheren Geschwindigkeiten der Elektronen führen, sondern das Elektron muss in eine größere Bahn und dazu ein Photon aufnehmen. Das liegt daran, dass die Quarks im Kern nur eine bestimmte Geschwindigkeit zulassen. Es geht aber auch darum, dass die Energiefelddichte eine Grenze hat. Die Bahnen sind über den Atomkern auch vorgeschrieben. Hier geht es auch darum, dass die Energie der Elektronen hoch genug sein muss, um einem Elektronen genügend Energie zu geben damit es den Quantensprung machen kann.

Die Winkelgeschwindigkeit der Quarks ist immer gleich. Die höhere Geschwindigkeit vergrößert nur das Atom. Deswegen dehnen sich Körper mit zunehmender Geschwindigkeit aus. Irgendwann ist eine Grenze erreicht und es führt dann zum Quantensprung des Elektrons. Das Elektron nimmt mit einem Mal ein ganz bestimmtes Paket an Energie auf und geht in einen größeren Orbit (56.6.)[495]. Das wäre demnach die Quantisierungsuntergrenze, die Niels Bohr nicht beantworten konnte. In einem größeren Orbit, existiert wieder eine Winkelgeschwindigkeit, die mit den Quarks übereinstimmt. Absolut gesehen, hat das Elektron aber eine höhere Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Elektrons ist immer Ausdruck der Temperatur. Infrarotstrahlung kann nur innerhalb eines Mediums oder unter Atomen weitergegeben, Photonen können dem gegenüber das Vakuum durchdringen und dann weitergegeben werden.

Die Photonen hätten damit eine andere Bedeutung als die von Einsteins gegebene. Photonen wären demnach Energiepakete und keine Wechselwirkungsteilchen. Man muss sie genauso, wie

---

[495] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Zitat: … Merkwürdigerweise tritt dieser Effekt (Photoeffekt) erst ein, wenn die Frequenz des Lichtstrahls einen Schwellenwert überschreitet. Unterhalb kann noch so intensives Licht keine Elektronen heraus stoßen. - S. 40

Neutrinos als Wicklungspakete bezeichnen, die ein Elektron aufnehmen oder abgegeben kann. Aus dem Grund können Photonen bei sehr hoher Energie auch zusammen stoßen (26.26.)[496]

Es geht allgemein noch mal darum, wie Energie umgewandelt wird. Die Gammastrahlung wird von Elektronen aufgenommen und in kleinen Paketen durch Photonen wieder abgegeben. So wird die harte Strahlung des Atomkerns verträglich gemacht und über Elektronen in Quantenpaketen abgegeben und auch aufgenommen. Das Licht ist damit zu einer verträglichen Form höchster Energie geworden. Hier liegt die Bedeutung darin, dass das Elektron eine Geschwindigkeit von etwa 30ooo km/s vorweist. Es kann sehr viel Energie aufnehmen, weil man die Geschwindigkeit erhöhen kann. Damit wird das Elektron zum besonderen Energieträger.

6.4.11. Die Temperatur und der Grundzustand

Die Temperatur eines Körpers muss man immer im Bezug zu den verschiedenen Grundzuständen der jeweiligen Elektronen sehen. Eisen hat mit seinen 26 Elektronen zum Beispiel drei Grundzustände. Mit der steigenden Temperatur werden also alle drei Grundzustände langsam angehoben. Die Bahn der Elektronen vergrößert sich mit steigender Temperatur eines Körpers aber die Abstände der Elektronen bleiben erhalten. Hier zeigt sich schon, dass Elektronen ganz verschiedene Abstände zum Atomkern einnehmen können bevor es zu einem Quantensprung kommt.

Irgendwann ist die Energie aber so groß geworden, dass diese Veränderung der Bahnen nicht mehr möglich ist. Von den äußeren Elektronen machen dann einzelne Elektronen einen Quantensprung und gehen in Bahnen, die im Bezug zu den anderen Elektronen wieder ganz bestimmte Abstände einhalten müssen. Es geht also um die Ladung der Felder einzelner Elektronen, die ihren Freiraum benötigen, und diese bestimmten Abstände verlangen. Das wäre zum Verständnis der Quantensprünge wichtig, und die Quantisierungsuntergrenze wird damit etwas verständlicher.

6.4.12. Bindung des Elektrons an den Atomkern

Um die Überlegung zu beweisen, dass das Elektron über eine Ladungsfeldanomalie des Atomkerns an diesen gebunden ist, müsste man Wasserstoff und Deuterium zum Absoluten Nullpunkt abkühlen. Die Elektronen hätten so die kleinste mögliche Geschwindigkeit. Da aber die Quarks vom Wasserstoff schneller drehen als beim Deuterium, muss auch das Elektron des Wasserstoffs schneller sein. Damit wäre die Abhängigkeit der Elektronen von der Größe der Quarks bewiesen, und das würde gegen den Gedanken sprechen, der das Photon zum Wechselwirkungsteilchen zwischen Elektron und Atomkern macht.

6.4.13. Der Spin beim Elektron

Bei der Beschreibung des Spins eines Elektrons gibt es nur die Möglichkeit einer Draufsicht auf die Achse der Drehrichtung. Entweder geht der Spin rechts herum oder er geht links herum. Eine andere Ansicht, - zum Beispiel die Seitenansicht, - ist nicht möglich (50.2.)[497]. Dieses Phänomen bestätigt das Elektronen und sicher auch die Quarks drehende und aufgewickelte elektromagnetische

---

[496] Bei Versuchen im Teilchenbeschleuniger von Cern hat man festgestellt, dass Photonen zusammengestoßen sind. – Süddeutsche Zeitung, 17.8.17, S. 14

[497] Brian Greene „Der Stoff aus dem der Kosmos ist“ Wilhelm Goldmann Verlag, München, in der Verlagsgruppe Radom House GmbH, Taschenbuchausgabe 2008

Der Spin eines Elektrons kann nur als rechts herum oder links herum drehend beobachtet werden. - S. 129 f

Wellen sind. Es gibt keine Seitenansicht. Das spricht für diese Zweidimensionalität dieser Teilchen. Daher kann man den Spin nur so oder so sehen. Das würde auch bedeuten, dass bis zum Deuterium Elementarteilchen zweidimensional sind.

6.4.14. Kovalente Bindung und Anomalie des Wassers

Versucht man die Bindung zweier Atome zu erklären, benötigt man das Bild der entgegenlaufenden Bewegungen zweier Atomkerne. Eines der Atome ist mit einem Elektron besetzt. Beim einen Atom läuft das Elektron links herum, und beim anderen Atom läuft es recht herum. Das bezieht sich genau so auf die Drehbewegung der Quarks im Kern. Die Quarks beider Atome sind gleich ausgerichtet und die beiden Elektronen sind um 180° versetzt und beschreiben in der Bahn eine Acht um beide Atomkerne. Auf diese Weise liegen sie sich immer gegenüber und schaffen damit einen Ladungsausgleich. Auf diese Weise wird auch das Pauliprinzip erfüllt.

Man muss aber trotzdem von Aufenthaltswahrscheinlichkeiten sprechen, wenn man das Elektron auf einer Bahn um zwei Atomkerne beschreiben will. Beim Molekül Wasser wäre es so, dass in warmen Zustand die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons vom Wasserstoff eher beim Sauerstoffatom liegt. Hier dreht sich das Elektron um einen Deuteriumring, und wenn es um das Wasserstoffatom kreist, dreht es sich um ein Proton. Hier kommen wieder die beiden unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Drehung der Atomkerne zur Geltung. Beim Wasserstoffatom hat das Elektron daher eine höhere Geschwindigkeit als beim Sauerstoffatom. Gefriert nun das Wasser, verlagert sich die Aufenthaltswahrscheinlichkeit vom Wasserstoffatom zum nächsten Wasserstoffatom eines anderen Moleküls. Damit wird die Geschwindigkeit in der Tendenz höher und damit dehnen sich die Körper aus. So kann man einmal eine Bindung von Molekülen Erklären, aber auch die Anomalie des Wassers, was sich ab 4° Celsius auszudehnen beginnt. Höhere Geschwindigkeiten eines Elektrons bedeuten die Ausdehnung eines Körpers. In dem Bild erkennt man vor allem die Bewegung der Up- und Down-Quarks im Atomkern und die Geschwindigkeiten des Elektrons. Diese Erklärung alleine reicht nicht. Es geht darum, dass der Sauerstoff mit den beiden Wasserstoffatomen ein Dipol bildet und zweiwertig ist. So wird das Molekühl mit abnehmender Temperatur gespreizt, weil sie die beiden Ladungsfelder abstoßen. Bei den Verbindungen aus Kohlenwasserstoffen geht es deswegen nicht, weil sie vierwertig sind.

Hier geht es noch um folgendes. Wenn die Elektronen mit abnehmender Temperatur immer mehr beim Wasserstoff aufhalten, müsste auch der Dipol des Wassers schwächer werden. Als Dipolmolekül wäre Wasser demnach temperaturabhängig. So etwas müsste man eigentlich untersuchen können.

Hier geht es auch um eine Frage, was eigentlich die Temperatur ist. Es wäre mit der Geschwindigkeit des Elektrons zu vergleichen. Der Absolute Nullpunkt wäre dann die kleinste mögliche Geschwindigkeit eines Elektrons vom Atomkern im Grundzustand. Das wäre gleichzusetzen mit einem kleinmöglichen Abstand vom Atomkern.

6.4.15. Das Elektron unabhängig vom Atomkern

Ist das Elektron vom Atomkern gelöst, hat das Gas andere Eigenschaften als im gebundenen Zustand an den Atomkern. Das sieht man am Plasma. Es kann man erzeugen, aber nur über Magnetfelder evakuieren. Hier ist es so, dass sich die Elektronen aufgrund ihrer hohen Geschwindigkeit frei bewegen können. Die Ladungsfelder der Atomkerne beeinflussen sie nicht. Das Pauliprinzip gilt dabei nicht. Zwei Atome auf einer Bahn gibt es nur unter der Bindung an den Atomkern. Das hat mit der Struktur der Quarks zu tun, wie sie bisher beschrieben worden sind.

Das Problem ist nun, dass man nicht untersuchen kann wie sich ein Plasma im starken Gravitationsfeld, also unter Druck verhält. Daher nehme ich an, dass die Gasdruckgleichungen in der Physik nicht richtig stimmen könnten. In einem solchen Plasma finden zudem die Fusionsprozesse in einem Stern statt, bei denen die Energie auf die Elektronen übertragen wird. Die neue Struktur des

Atomkerns, wie sie hier besprochen wird, wirft damit auch Fragen auf, wie das Sterninnere berechnet werden muss.

Man sollte hier auch noch die Paritätsverletzung erwähnen, bei sich alle Elektronen in einer Richtung um einen Atomkern drehen. Dieses Strukturverhalten der Elektronen geht im Plasma verloren.

6.4.16. Die Frage zum Symmetriebruch

Die Physik erklärt den Symmetriebruch durch den Übergang der Aggregatzustände vom flüssigen in den festen Zustand. Das Bindeglied der Atomkerne ist das Elektron, und es wäre im flüssigen Zustand der Atome in seiner Bahn unbestimmt, und nachher, wenn sich die Atome in einem festen Zustand befinden, wäre die Bahn bestimmt. Dieser Gedanke ist deswegen schon nicht richtig, weil die CP-Verletzung zeigt, dass sich bei einzelnen Atomen die Elektronen in einer Richtung um das Atom drehen.

Der zweite Gedanke, der nicht richtig erklärt wird, besteht darin, dass Moleküle bei mehreren Atomen Strukturen vorweisen. Das erkennt man zum Beispiel am Wasser. Wasser ist ein Dipolmolekül. Also existieren auch im flüssigen Zustand eine Struktur der Atome und damit eine Vorgabe für die Bahnen der Elektronen. Das ist wiederum ein wichtiger Hinweis dafür, dass schon einzelne Atome Strukturen haben.

In diesen Überlegungen wird im Atomkern die Struktur des Atoms schon vorgegeben. Dabei ist das Elektron an die Quarks im Atomkern gebunden. Jetzt ist es aber so, dass der Atomkern mit den Quarks sehr klein ist und Elektronen im Bezug dazu einen sehr großen Abstand vorweisen. Das bedeutet, selbst wenn das Elektron an das sich bewegende Up-Quark gebunden ist, könnten die Bahnen der einzelnen Elektronen stark schwanken. Das ändert sich sofort, wenn Atome zu Molekülen werden, wie zum Beispiel beim Wasser. Da verhält es sich so, dass die Atome mehrere Atomkerne umkreisen. Das führt zu bestimmten Bahnen. Im Falle des Wassers erklärt sich die Bahn des Elektrons übe die Atomstruktur des Sauerstoffs. Das Element Sauerstoff gibt demnach die Bahnen des Elektrons vor. Die Kreuzstellung im Atomkern führt dazu, dass der Wasserstoff auf einer Seite des Atoms liegt.

Grundlegend muss man von einer Strukturierung der Atomkerne ausgehen. Das zeigen bestimmte Elemente, wie zum Beispiel der Kohlenstoff der den Diamanten als Körper vorgibt. Ähnliche Strukturen liegen auch bei ähnlichen Elementen im Periodensystem vor. So passt zum Beispiel Silizium zum Kohlenstoff.

Das Problem liegt nun in der Physik darin, dass sie den Elementen im Periodensystem keine Struktur vorgibt. So entstehen für Physiker plötzlich Strukturen, die vorher gar nicht da waren. Das wird mit dem Symmetriebruch bezeichnet.

Es geht im Periodensystem darum, die Zahlen auf Strukturen zurückzuführen. Damit kann man die Bedeutung von Protonen und Neutronen im Atomkern erklären man kann auch die Atomspaltung erklären. Hier geht es darum, warum aus Uran (92) die beiden Elemente Barium (56) und Krypton (36). Das hat damit zu tun, dass die vierte Schale mit mehr Atomen besetzt ist als die ersten drei Schalen. Diese Asymmetrie macht die Atomspaltung erst möglich. Als nächsten müssen die 8 Elektronen ab der zweiten Schale, die immer einem Edelgas führen, erklärt werden. Diese Erklärungen werden nur über die hier dargestellte Struktur des Atomkerns verständlich. Diese Erklärungen können Physiker nicht liefern, weil sie nicht von einer Strukturierung des Atomkerns ausgehen.

6.4.17. Die Aggregatzustände und Atomstruktur

Man muss allgemein etwas zu den Aggregatzuständen der Elemente im Periodensystem sagen. Der Wechsel des Aggregatzustandes hat etwas mit der Baustruktur des Atomkerns zu tun. Der Kohlenstoff (6) ist noch ein Element mit fester Struktur entweder in der amorphen Form oder der Form eines Kristalls und der Stickstoff (7) liegt nur in der Form des Gases vor. In der Baustruktur des

Atomkerns wird dort zum ersten Mal ein Deuteriumring mit 3 Up- und 3 Down-Quarks um 180° versetzt in den Atomkern eingebaut (Bild 13). Das führt zu einer Asymmetrie im Atomkern der zweiten Schale und diese Asymmetrie existiert auch bei den Elektronen, weil es über das Up-Quark des Protons an den Atomkern gebunden ist. Sie wird erst aufgehoben, wenn das Atom die Größe von Neon (10) erreicht hat. Alle Elemente bis zum Flur (9) benötigen Elektronen und können daher keine Bindungen untereinander eingehen, weil ihnen Überschüsse an Elektronen fehlen. Aus dem Grund sind sie gasförmig. Der Wechsel des Aggregatzustandes hat demnach mit der Baustruktur des Atomkerns zu tun.

6.4.18. Teilchen am Doppelspalt

Das Elektron (oder ein anderes Teilchen) ist zwar eine „Punktquelle“ (50.1.)[498], besitzt aber ein Ladungsfeld. Geht das Elektron durch einen der beiden Spalte, erreicht das Ladungsfeld die Spalte und geht durch beide. Hinter dem Spalt bildet dieses Ladungsfeld ein Wellenmuster. Dieses Wellenmuster ist für alle Arten von Teilchen gleich. Das Ladungsfeld beeinflusst die Bewegung des Teilchens und führt zum Interferenzmuster. Weil das Wellenmuster des Ladungsfeldes nach dem Doppelspalt immer gleich ist, kann man auch bei einer langsamen Folge von Teilchen ein Interferenzmuster nach einer Zeit erzeugen. Die Position des Elektrons wird entschieden, wenn man weiß, welche Richtung es direkt nach dem Doppelspalt hat. Die Richtung wird im Doppelspalt durch das Ladungsfeld bestimmt. Ist das bekannt, kann man errechnen wie es sich verhält, wenn es durch das Wellenmuster des Ladungsfeldes hindurch geht.

Stört man das Teilchen durch Beobachtung hinter dem Spalt, zerstört man das gefaltete Ladungsfeld und das Interferenzmuster verschwindet. Eine indirekte Beobachtung des Teilchens erhält das Interferenzmuster. Es geht dabei nur darum, dass das Teilchen ungestört ist und nicht unbestimmbar (55.1.)[499]. Es geht aber auch darum, dass erst ab einer bestimmten Energiemenge die Quantisierung einsetzt unterhalb dieser Grenze gibt es keine Interferenz, weil nur quantisierte Energiemengen interferieren.

Demnach würden alle elektromagnetischen Teilchen, wie Quarks, Elektronen, Photonen und Neutrinos interferieren. Elektromagnetische Wellen, die vom Elektron oder den Quarks ausgehen in Form von Radiowellen, Gammastrahlen oder Röntgenstrahlen interferieren nicht. Es existiert zudem eigentlich keine Dualität zwischen Teilchen und Welle.

6.4.19. Die Geschwindigkeit der Teilchen

Körper können sich bewegen, sie müssen es aber nicht. Elektromagnetische Teilchen müssen sich bewegen. Sie können nicht stehen. Eines ihrer Eigenschaften ist die Bewegung als solches.

Aus dem Grund, weil Teilchen immer unterwegs sein müssen, also eine Geschwindigkeit haben, sind sie auch unbestimmbar.

---

[498] Brian Greene „Der Stoff aus dem der Kosmos ist“ Wilhelm Goldmann Verlag, München, in der Verlagsgruppe Radom House GmbH, Taschenbuchausgabe 2008

Wenn wir das Elektron lokalisieren, entdecken wir stets seine gesamte Masse und Ladung in einer winzigen punktartigen Region konzentriert. - S. 111

[499] Anton Zeilinger „Einsteins Schleier“ - Wilhelm Goldmann Verlag – München – 2005

Zitat: … Um den Weg zu kennen, benötigen wir einen Apparat, der den Weg bestimmt, also zum Beispiel einen Detektor an jedem Spalt. Um dagegen die Interferenz sehen zu können, ist eine wesentliche Voraussetzung, dass der Weg prinzipiell unbekannt ist, dass er auf keinen Fall bestimmt wird. … - S. 171

6.4.20. Die Bewegung der Elementarteilchen

Es geht um einige Aussagen zum Atom, die noch festgehalten werden müssen. Ein Elektron, ein Photon, oder ein Neutrino bewegen sich immer. Sie stehen nie. Das geht einfach nicht. Einen Atomkern, nehmen wir ein einfaches Proton, kann man auch sehr schnell bewegen, aber ein Atom kann stehen, also ruhen ohne sich zu bewegen. Das ist eine ganz wichtige Aussage. - Ein Quark, ob nun Up- oder Down-Quark, ist nicht stabil. Es ist auch ein Teil was sich bewegen muss und nicht anhält. Weil es für diese Bewegung zu groß ist, zerfällt es zu kleinere Teilchen, wenn es alleine ist.

Die drei Quarks müssen sich auch im Zentrum eines Atomkerns bewegen, weil sich nun mal alle Teilchen bewegen. Da es aber diese zwei entgegengesetzte Drehrichtungen hat, einmal den Spin, des einzelnen Quarks und zum anderen die dem Spin entgegengesetzte Drehung der drei Quarks um das gemeinsame Zentrum. Damit stimmt es, dass sich alle Teilchen immer bewegen, und durch die Gegensätzlichkeit zweier Drehbewegungen im Kern können Atomkerne oder Elemente im Periodensystem ruhen. - Diese Eigenschaft des Ruhens ist die Basis für die Trägheit der Masse.

6.4.21. Die Frage nach der Ruhemasse

In meinen Überlegungen unterscheide ich zwischen Wicklung eines Teilchens, was sich bewegen muss und der elektromagnetischen Strahlung. Die elektromagnetische Strahlung käme vom Atomkern und die Wicklung eines Teilchens ist entweder das Zerfallsprodukt des Betazerfalls, das sind Elektronen und Neutrinos oder es sind die Photonen, die das Elektron aufnimmt oder abgibt. Die Quarks sind ebenfalls Wicklungen, die aus Gammastrahlung im frühen Universum entstanden sind. Aus meinen Überlegungen sind daher Photonen und Elektronen etwas anderes als Gammastrahlen.

Jetzt geht es um die Frage, wie will ich die Ruhemasse zuordnen. Ruhemasse ist nur möglich weil drei Quarks sich umeinander drehen und einen Atomkern ergeben. Es können auch mehr Protonen und Neutronen im Kern zusammen sein, aber allen Quarks ist es eigen, dass sie sich als Teilchen wie die Elektronen bewegen müssen. Durch die Drehung um das gemeinsame Zentrum können sie aber eine Ruhe „vortäuschen“. Der Atomkern steht wirklich beim absoluten Nullpunkt, aber die Quarks bewegen sich weiter.

Die Physik hat eine andere Denkweise. Sie unterscheidet zwischen Ruhemasse, und bewegter Masse. Elektromagnetische Strahlung hat nur eine bewegte Masse und keine Ruhemasse (64.2.)[500]. Das ist schön gesagt, aber ein Elektron hat auch eine Ruhemasse und ist trotzdem bewegt. Es kann wie ein Atomkern nicht stehen.

Mir geht es in dem Sinne darum zu sagen, dass Teilchen Wicklungen sind, und damit Masse haben wie das Neutrino oder das Elektron. Die Wicklungen sind nur unterschiedlich groß. Das kann man als Masse verstehen. Man kann nicht einfach sagen, ein Photon hat keine Masse, weil es genauso wenig wie das Elektron stehen kann. Deswegen sind Elektron und Photon gleich. Beide sind Wicklungen. Das bedeutet, man muss sie auch gleich behandeln und sie haben gleiche Eigenschaften.

6.4.22. Der Schritt zu den Quantensprüngen

Die Infrarotstrahlung wird durch die Bewegung von Elektronen ausgesandt, wie z.B. bei einem Ofen. So bekommen die umliegenden Elektronen mit geringerer Geschwindigkeit ebenfalls eine ähnliche Geschwindigkeit. Die Energie kann aber nicht ständig zu immer höheren Geschwindigkeiten der Elektronen führen, sondern das Elektron muss in eine größere Bahn und dazu ein Photon

---

[500] Silvia Arroyo Camejo, Skurrile Quantenwelten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006

Die Physik unterscheidet zwischen Ruhemasse, und bewegter Masse. Elektromagnetische Strahlung hat nur eine bewegte Masse und keine Ruhemasse. - S. 13

aufnehmen. Das liegt daran, dass die Quarks im Kern nur eine bestimmte Geschwindigkeit zulassen. Es geht aber auch darum, dass die Energiefelddichte eine Grenze hat. Die Bahnen sind über den Atomkern auch vorgeschrieben. Hier geht es auch darum, dass die Energie der Elektronen hoch genug sein muss, um einem Elektronen genügend Energie zu geben damit es den Quantensprung machen kann.

Die Winkelgeschwindigkeit der Quarks ist immer gleich. Die höhere Geschwindigkeit vergrößert nur das Atom. Deswegen dehnen sich Körper mit zunehmender Geschwindigkeit aus. Irgendwann ist eine Grenze erreicht und es führt dann zum Quantensprung des Elektrons. Das Elektron nimmt mit einem Mal ein ganz bestimmtes Paket an Energie auf und geht in einen größeren Orbit (56.6.)[501]. Das wäre demnach die Quantisierungsuntergrenze, die Niels Bohr nicht beantworten konnte. In einem größeren Orbit, existiert wieder eine Winkelgeschwindigkeit, die mit den Quarks übereinstimmt. Absolut gesehen, hat das Elektron aber eine höhere Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit des Elektrons ist immer Ausdruck der Temperatur. Infrarotstrahlung kann nur innerhalb eines Mediums oder unter Atomen weitergegeben, Photonen können dem gegenüber das Vakuum durchdringen und dann weitergegeben werden.

Die Photonen hätten damit eine andere Bedeutung als die von Einsteins gegebene. Photonen wären demnach Energiepakete und keine Wechselwirkungsteilchen. Das käme noch hinzu.

Im Bezug auf die Bedeutung der Photonen hat man Rutheniumatome in zwei Energiezuständen untersucht. Einmal hatten diese Atome den Grundzustand und zum anderen waren die anderen Atome um ein Energieniveau erhöht. So konnte man dem Photon eine Energiemenge zuordnen (27.79.)[502]. Das würde bedeuten, dass das Photon eine Masse besitzt.

6.4.23. Temperatur und Grundzustände der Elektronen

Die Temperatur eines Körpers muss man immer im Bezug zu den verschiedenen Grundzuständen der jeweiligen Elektronen sehen. Eisen hat mit seinen 26 Elektronen zum Beispiel drei Grundzustände. Mit der steigenden Temperatur werden also alle drei Grundzustände langsam angehoben. Die Bahn der Elektronen vergrößert sich mit steigender Temperatur eines Körpers aber die Abstände der Elektronen bleiben erhalten. Hier zeigt sich schon, dass Elektronen ganz verschiedene Abstände zum Atomkern einnehmen können bevor es zu einem Quantensprung kommt.

Es ist in Grafik 4 auch recht einfach zu erkennen, dass Elektronen bestimmte Abstände zum Atomkern haben. Je näher Elektronen den Atomkern umkreisen, umso schwerer ist es für sie einen Quantensprung zu vollziehen. Daher liegen die Wasserstofflinien und die beiden Heliumlinien in einem so hohen Temperaturbereich. Bei anderen Elementen ist der Abstand der Elektronen größer und daher findet der Quantensprung bei geringeren Temperaturen statt.

Irgendwann ist die Energie aber so groß geworden, dass diese Veränderung der Bahnen nicht mehr möglich ist. Von den äußeren Elektronen machen dann einzelne Elektronen einen Quantensprung und gehen in Bahnen, die im Bezug zu den anderen Elektronen wieder ganz bestimmte Abstände einhalten müssen. Es geht also um die Ladung der Felder einzelner Elektronen, die ihren Freiraum benötigen, und diese bestimmten Abstände verlangen. Das wäre zum Verständnis der Quantensprünge wichtig, und die Quantisierungsuntergrenze wird damit etwas verständlicher.

---

[501] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Zitat: … Merkwürdigerweise tritt dieser Effekt (Photoeffekt) erst ein, wenn die Frequenz des Lichtstrahls einen Schwellenwert überschreitet. Unterhalb kann noch so intensives Licht keine Elektronen heraus stoßen. - S. 40

[502] Man hat die Energiemenge eines Rutheniumatoms in zwei Energiezuständen gesetzt und so die Energiemenge eines Photons bestimmt. So wurde dem Photon eine bestimmte Masse zugeordnet.

Frankfurter Allgemeine Zeitung, - 20.5.2020, N2

6.4.24. Die Ladung der Teilchen und die Gravitation

Wenn man nun den Atomkern betrachtet, wären auch die Quarks negativ geladen, wie die Elektronen. Alles in der Materie ist negativ geladen und stößt sich ab. Der Atomkern täuscht nur durch eine zusätzliche Drehbewegung um das gemeinsame Zentrum eine positive Ladung vor. Das gleiche gilt für die Antimaterie, nur ist dort alles positiv. Man benötigt demnach zu der gesamten abstoßenden Kraft eine Gegenkraft und das ist die Gravitation.

Der Atomkern hat mit seinen Deuteriumringen und zusätzlichen Neutronen eine Struktur. Die Deuteriumringe sind bei den Elementen unterschiedlich groß. Diese sind jedoch stetige Ladungsfelder. In der Physik würde man sage, sie wären instantan. Das Elektron ist an diese Felder gebunden. Ausschlaggebend ist seine eigene Ladung als konstantes Ladungsfeld. Damit nimmt es bestimmte Grundzustände ein. Ohne Photonen funktioniert so ein Atom mit seinen Elektronen.

Photonen sind bestimmte Energiepakete, die ein Photon aufnimmt. Damit gelangt das Elektron durch eine Ladungsveränderung in verschiedene aber bestimmte Abstände zum Atomkern. Wichtig jedoch ist nur das jedes Feld stetig ist. Demnach ist das Photon nur als Energiepaket zu verstehen und kein Wechselwirkungsteilchen. In der Ordnung gehört das Photon zu den Leptonen. Die Bosonen werden durch dynamische Prozesse im Atomkern ersetzt und fallen somit ganz heraus.

Demnach ist auch die Gravitation eine innenliegende Kraft ohne Wechselwirkungsteilchen. Gravitonen gibt es nicht. Damit entspricht es dem Denksystem von Newton und widerspricht der Allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein nur in diesem einen Punkt. Elektromagnetische Felder von Teilchen wären demnach genauso wie die Gravitation instantan. Da bei Kräfte aus Feldern bestehen, kann es bei der Gravitation durchaus sein, dass es Gravitationswellen gibt. Neuerdings hat man diese wohl auch gemessen, kann sie aber keinem genauen Objekt zuordnen. Das war am 14. September 2015 an zwei Detektoren in Amerika (27.25.)[503]. Um damit aber wissenschaftlich arbeiten zu können, benötigt man eine genaue Zuordnung an ein Objekt.

6.4.25. Zur Tabelle des Periodensystems

Es geht noch einmal kurz um die Tabelle im Periodensystem, wie man sie am Ende dieses Buches findet. Die Tabelle über das Periodensystem ist insofern schlecht, weil sie nicht erklärt, warum die ersten 54 Elemente mit den nächsten 32 Elementen zusammenpassen. Diese ersten 54 Elemente haben eine 18er Teilung und die danach folgenden Elemente haben eine reine 8ter Teilung. Man könnte auch sagen, es wäre eine doppelte 8ter Teilung. Da das nicht erklärt wird, führt das bei der Zuordnung der Elemente zur Verwirrung. Dabei irritiert vor allem die Zweierbelegung der ersten Schale.

Die Tabelle zum Periodensystem ist bis zum 18. Element gespreizt. Im Prinzip könnte man die ersten drei Reihen in eine Reihe stellen, dann hat man die drei Schalen im Atomkern. Jede Reihe stünde dann für eine komplette Besetzung. Die Tabelle macht aus diesen 54 Elementen 5 Reihen.

Die 6. Reihe beginnt dann mit der vierten Schale des Atomkerns und passt deswegen nicht zur zweiten und dritten Besetzung der ersten drei Schalen, weil einmal die erste Schale nur mit 2 Protonen besetzt ist und zum anderen, weil die Besetzungsreihenfolge verschoben ist. Bei der zweiten Besetzung der ersten drei Schalen, wird die zweite Schale zuerst besetzt, und dann erst folgt die erste Schale mit zwei Protonen. Das passt nicht zu der Achtelteilung der vierten Schale. Die Tabelle müsste auf irgendeine Art anders gestaltet werden, damit die Schalenbesetzung klar wird.

---

[503] Am 14. September 2015 sind in Amerika in zwei Detektoren im Amerika Gravitationswellen gemessen worden. - Frankfurter Allgemeine Zeitung, 12.2.16, S. 61

6.5. Kernspaltung und Fusionsprozesse

6.5.1. Die Atomspaltung

Betrachtet man das System, wie nun der Atomkern aufgebaut ist, so schließen sich mit dem Krypton drei Schalen ab und es sind 36 Protonen eingebaut. Die Schalen sind zwei Mal komplett mit 18 Protonen besetzt. Diese Schalen werden dann im weiteren Verlauf der Fusionen noch zum dritten Mal besetzt, aber die stabilere Form ist die doppelte Besetzung dieser drei Schalen. Wenn das Atom durch die Kernspaltung zerfällt, so bleiben drei Schalen über die Doppelt besetzt sind, und das Rest baut sich zu einem neuen Atom zusammen. Es bleibt als Rest Barium mit 56 Protonen. Beide Atome zusammen ergeben in der Protonenzahl das Uran mit 92 Protonen. Die Kernspaltung wird erst dadurch verständlich, wenn man Protonen und Neutronen ineinander schachtelt.

6.5.2. Der α Zerfall

Die beiden Teilchen die aus dem Atomkern entweichen werden mit α Zerfall und β Zerfall bezeichnet. Der β Zerfall ist in meinen Überlegungen schon erwähnt und besprochen. Beim α Zerfall entweicht ein Heliumatom dem Atomkern eines radioaktiven Elements. Warum ist es gerade ein Helium? Das ist einmal damit zu erklären, dass sich der Atomkern ineinander aufbaut, und der Heliumkern einer eigenen Schale entspricht. Warum entweichen dagegen keine anderen Edelgase dem Kern, die ja auch eine andere Schale bilden? Das hat etwas damit zu tun, dass nur beim Helium eine einfache Kreuzstellung vorliegt, während bei den größeren Schalen nach der doppelte Kreuzstellung auch noch eine doppelte Belegung vorgenommen wird. Die Ladungsverteilung ist dort völlig gleichmäßig. Das ist beim Helium nicht der Fall, und daher ist es möglich, dass dieser Kernbereich im Atomkern heraus gestoßen wird.

Das α Teilchen hat trotz einer geringeren Energie, die Möglichkeit die viel stärkeren Kernbindungskräfte zu überwinden (58.5.)[504]. Das ist der Physik unverständlich. Mit dem Bild des Atomaufbaus wird dieser Zusammenhang klar.

6.5.3.Der Verlauf der β Zerfalls

Der Betazerfall ist ein ungleicher Zerfall zum Elektron. Das Elektron hat dabei unterschiedliche Energien aufnehmen. Ist die Energie des Elektrons sehr hoch, bekommt das Neutrino wenig Energie. Ist die Energie gering, bekommt das Neutrino mehr Energie ab (68.2.)[505]. Die Frage ist, wie das zu verstehen ist.

Um erst mal das Neutrino zu verstehen, gilt es festzustellen, dass das Down-Quark nicht eine beliebige Energiemenge abgeben kann. Es muss eine bestimmte Menge abgeben. Diese Menge

---

[504] Ulrich Röseberg „Niels Bohr - Leben und Werk eines Atomphysikers“ – Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1985

S. 186

[505] Welt am Sonntag, Deutsche Wochenzeitung

12.4.15, S. 61

entspricht genau der Differenz zwischen Up-Quark und Down-Quark. Durch diese Festlegung ist die Energiemenge nicht so groß ausgelegt, dass sie gleichzeitig dem Wicklungsabschluss eines Teilchens entspricht. Es muss daher ein Wicklungsrest bleiben, und das ist das Neutrino. Damit ist die Ursache des Neutrinos erklärt. Der Betazerfall findet übrigens bei einem einzelnen Neutron nach 880 bis 890 Sekunden statt (22.38.)[506].

Die drei Quarks in einem Neutron haben drei Berührungspunkte. Diese Berührungspunkte liegen dem gemeinsamen Zentrum am nächsten und sind über den Außenradius des jeweiligen Quarks miteinander verbunden. Über den Außenradius nimmt der Abstand zum gemeinsamen Zentrum zu.

Der Betazerfall kann nun an irgendeinem Punkt auf dem Außenradius des Down-Quarks stattfinden. Ist der Betazerfall genau am Berührungspunkt zweier Quarks, bekommt das Elektron die größte Energie ab. Liegt der Zerfall genau dazwischen, ist die Energie klein. Die Frage ist nur, wo der Betazerfall stattfindet. Das entscheidet über die Energiemenge. Es besteht aber auch die Möglichkeit, dass sich das Elektron und das Neutrino innen bilden. Da bekommen die Teilchen eine sehr hohe Energie und werden herausgeschleudert.

Hier geht es noch um folgendes Problem. Im Prinzip wickelt sich das Elektron aus dem Rest der Wicklung des Down-Quarks auf und dann bleibt der Rest, der wiederum zum Neutrino wird. Auch das wäre ein Verlauf oder eine Reihenfolge der Entstehung. So könnte man sagen, dass Elektron bekommt zuerst die Energie, weil es etwas eher entsteht. Die Energie ist wieder die abstoßende Ladung zu den Quarks.

Wenn der inverse Betazerfall stattfinden soll, müsste ein Elektron in einen Atomkern eindringen. Da müsste es sich mit einem Neutrino verbinden und aus einem Up-Quark ein Down-Quark machen. So wird in einem Atomkern aus einem Proton ein Neutron. Da das Elektron bei kleinen Temperaturen kaum in den Atomkern, weil die abstoßende Ladung zu groß ist, können Neutrinos bei kleinen Temperaturen nicht verarbeitet werden. Bei hohen Temperaturen hat das Elektron genug Energie und kann in den Atomkern eindringen. Dann werden Neutrinos verarbeitet und es entstehen Neutronen. So kann man verständlich machen, warum Neutrinos kaum Wechselwirkungen zeigen. Das Problem liegt demnach eher am Elektron. Es geht auch darum, dass das Elektron, das entsprechende Neutrino und das Up-Quark eine Einheit sind. Sie können sich nur im Atomkern treffen. Diese Gedanken sind deswegen so wichtig, weil bei Fusionsprozessen Wasserstoffatome in Sternen in Neutronen umgewandelt werden müssen. Zum Aufbau größerer Atomkerne sind Neutronen notwendig.

6.5.4. Arten der Neutrinos

Die Arten der Neutrinos ergeben sich aus den drei Quarkfamilien (Grafik 1) (22.26.). Zudem sind sie ein Produkt des Betazerfalls. Jede Quarkfamilie bildet ein Neutron, bestehend aus zwei großen Quarks und einem kleinen Quark. Dabei zerfällt ein größeres Quark zu einem kleinen Quark. Dabei bildet sich ein Elektron oder ein Myon oder ein Tau. Davon fällt noch ein Wicklungsrest in Form eines Neutrinos ab. So gelangt man zu drei Arten von Neutrinos. Alle Arten der Neutronen sind instabil. Man muss aber einen unterschiedlich großen Instabilitätsgrad berücksichtigen. Das bedeutet, dass die einzelnen Quarkfamilien unterschiedlich schnell zerfallen. Bezieht man das Kollisionsprozesse in Beschleunigern, so werden dort alle Neutrinos auf diese Art gebildet. Misst man nun die Neutrinos in einer entfernten Messstation, so treten dort andere Neutrinos auf. So ist es zu erklären, dass in der Schweiz am Beschleuniger vor allem Myon-Neutrinos gemessen werden und in Italien bei an einer Messstation bei der entsprechenden Kollision von Teilchen in der Schweiz einige Tau-Neutrinos gemessen werden. - Bei den Neutrinos hat man zudem auch festgestellt, dass sich die Neutrinos von Materie und Antimaterie im Verhalten unterscheiden. Da geht es um die Wicklungsrichtung der Elementarteilchen. Die Materie hat in ihrer Wicklungsrichtung wohl einen Vorteil.

---

[506] Die Haltbarkeit des Neutrons liegt bei 880 bis 890 Sekunden. Sie wurde durch zwei Meßmethoden festgestellt. - Spektrum der Wissenschaft, 7-16, S. 39

Dabei sollte man noch folgendes in Grafik 1 betrachten. Das Myon ist dem kleineren Quark näher in der Energiemenge als das Tau seinem kleinen Quark. (Bottom-Quark) Der Abstand wird vom Myon über das Tau hin zum Elektron immer größer. Das könnte auch ein Maß für die Stabilität dieser Teilchen sein. Damit wäre das Tau langlebiger als das Myon. Das könnte eventuell die Erklärung sein, warum das Tau-Neutrino beim Detektor in Italien häufiger ist als in der Schweiz am Beschleuniger.

6.5.5. Der radioaktive Zerfall

Wenn man hierbei noch die Radioaktivität betrachtet, könnte man annehmen, dass vom Uran (92), die Elemente bis zum Radon (86) zerfallen. Das wären sie eigentlich stabil. Das ist nicht der Fall. Auch bei Radon hat eine sehr hohe Radioaktivität und einen entsprechenden Zerfall des Atomkerns. Der Zerfallsprozess endet beim Blei (82). Das ist damit zu erklären, dass die letzten vier Protonen diese doppelte Belegung der Doppelten Kreuzstellung entsprechen (Bild 13). Kleinere Atome werden dadurch gasförmig und die vier Elemente oberhalb von Blei zerfallen. Der atomare Zerfall der Elemente bestätigt diese Art Geometrie des Atomkerns, wie er hier beschrieben wird. Das eigentliche Problem liegt aber darin, dass die vierte Schale vier Mal und nicht drei Mal belegt wird. Es fehlt die Symmetrie zu den inneren drei Schalen. Daher werden die Elemente mit der Belegung der vierten Belegung der vierten Schale immer instabiler, und dann auch radioaktiv.

Auch der radioaktive Zerfall von Technetium (43) und Promethium (61) hat etwas mit der Struktur des Atomkerns zu tun. Das sind die einzigen Elemente unterhalb von Blei, die radioaktiv sind.

Es geht darum, dass die zweite Schale zum dritten Mal gefüllt wird. Das wäre bei 44 Protonen der Fall. Damit hätte man eine Symmetrie der Stellungen von Deuteriumringen. Bei Promethium wäre die vierte Schale zum ersten Mal zu füllen gewesen. Das wäre bei 62 Protonen der Fall gewesen. Also fehlt dem Element ein Proton, und daher verfällt es lieber zu dem nächsten kleineren Element. Auch hier geht es bei den beiden Elementen um die Symmetrie aller Deuteriumringe. Ist diese nicht gewährleistet setzt die Radioaktivität ein. Auch die Neutronenüberschüsse sind dazu da, um die Symmetrie im Atomkern herzustellen.

Man kann sagen, dass die Radioaktivität allgemein ausgelöst, weil die Lagerung aller Teilen nicht symmetrisch genug ausgerichtet ist. Bei den großen Ordnungszahlen tritt die Radioaktivität deswegen auf, weil die vierte Schale im Gegensatz zur den inneren drei Schalen, die ja nur drei Mal besetzt werden können, vier mal besetzt wird. Das ist die fehlende Symmetrie.

Beim radioaktiven Zerfall geht es eigentlich darum, dass Neutronen im Atomkern zu Protonen Elektronen und Neutrinos zerfallen, weil das Proton stabil ist. Im Atomkern muss man aber die Neutronen unterscheiden. Neutronen, die an das Proton gebunden sind und Deuterium als Ring aus drei Up- und drei Down-Quarks bilden, sind einfach stabiler als Neutronenüberschüsse, die als Platzhalter eingebaut werden. Daher sind Elemente bis zum Argon stabiler als größere Elemente, weil die Neutronenüberschüsse erst über dem Argon zwingend sind. Die Geschwindigkeit des Atomaren Zerfalls ist abhängig von der Größe des Atoms.

6.5.6. Die Spaltung des Urans

Uran zerfällt oberhalb der dritten Schale. Die gesamte vierte Schale mir mit 4 Achterpaaren bleibt erhalten und bildet dann zwei und zwei Achterpaare auf der zweiten und dritten Schale. Die fünfte Schale besteht aus drei Kreuzstellungen, also hat man drei Mal das Helium. Eine dieser Kreuzstellungen bleibt beim Atom und fällt nur von der fünften auf die vierte Schale. Die andern beiden Kreuzstellungen bilden beim neuen Atom die erste Schale. Diese Kreuzstellungen fallen am meisten, von Schale 5 auf Schale 1. Also hat man dann beim neuen Atom die 2 – 2 – 2 Besetzung auf den Schalen und damit das Edelgas Krypton.

Beim Ausgangsatom entsteht in dem Sinne nicht sofort das Barium, sondern es ist kurzfristig das Element Xenon. Dann fällt aber eine Kreuzstellung nur eine Schale tiefer, und das ergibt Barium.

Der Zerfall von Uran ist nur möglich, weil die vierte Schale und zwei Kreuzstellungen erhalten bleiben, und zum neuen Atom werden. Im Prinzip teilen sich alle Anteile und werden nur kleiner. Diese Verkleinerung ist dann auch der Energiegewinn und setzt sich in reine Energie um. Diese Elemente sind halt mit der geringeren Größe effektiver. Dabei entstehen viele freie Neutronen.

Nur die geometrische Struktur des Atomkerns kann erklären, warum Uran genau in diese Elemente zerfällt. Es ist damit auch als Hinweis zu werten, dass diese Struktur stimmen müsste.

6.5.7. Fusionsprozesse

Da Protonen und Neutronen im Atomkern ineinander geschachtelt sind, sind auch die Fusionsprozesse so zu verstehen, dass immer nur einzelne Atome dem Kern hinzugefügt werden. Das Proton bekommt immer nur ein neues Proton und ein Neutron. Es ist auch möglich, dass erst Deuterium gebildet wird und auf den Kern als Ring gepresst wird. Auf diese Weise erklärt sich jedes Element schrittweise. In Sternen geht es vor diesem Schritt nur darum Neutronen herzustellen. Man benötigt den inversen Betazerfall, damit aus einem Proton ein Neutron wird. erst kommt es zum Deuteriumring. Das gilt für alle Fusionsstufen.

Es gibt nun unterschiedliche Energiestufen, die man benötigt, um Fusion durchzuführen. Jede Schale im Atomkern hat ihre eigene Energiemenge, die sie benötigt. Je größer sie ist, umso mehr Energie muss aufgewandt werden, um ein entsprechendes Atom auf den Kern zu pressen. Auf einer Schale ist die Energiemenge für die Weiterung um ein Atom immer gleich. Ob nun ein Lithiumatom oder ein Fluratom hergestellt wird, ist von der Energiemenge das gleiche.

Betrachtet man nun die Sterne, die von diesen Fusionsprozessen leben, so beginnen sie damit Wasserstoff zu Helium zu „verbrennen“. Dabei befindet sich der Stern auf der Hauptreihe im HRD. Ist der Vorrat aufgebraucht, wird der Kern kleiner, Druck und Temperatur erhöhen sich, und die Hülle wird größer und kühler. Der Stern wird zum Riesen oder Überriesen und wandert im HRD von der linken heißen Seite zur rechten kühlen Seite. Wenn er das zum ersten Mal tut, fusioniert er alle Elemente vom Lithium bis zum Neon. Bei heißen Sternen ist es so, dass der Stern mehrmals im HRD von der heißen zur kühlen Seite wechselt. Mit jeder Bewegung geht er noch höhere Fusionsstufen wobei er wieder eine ganze Schale mit Atomen füllt.

Geht man auf die Fusionsprozesse in der Physik ein, so bauen die aus kleineren Elementen einfach größere Elemente. Dabei wird auf die Struktur und vor allem auf die Neutronenüberschüsse kein Bezug genommen. Da die Neutronenüberschüsse zu großen Elementen im Periodensystem in der Zahl größer werden, kann das Bauprinzip der Physik unabhängig von der Struktur des Atomkerns auch so nicht stimmen.

Fusionsprozesse von Elementen, die größer sind als das Eisen, finden grundsätzlich nur in Doppelsternsystemen statt. Da Doppelsterne erst in der zweiten Phase des frühen Universums entstanden sind, ist das auch ein Grund, warum nicht so viele schwere Elemente entwickelt werden konnten. (siehe Grafik 2)

6.5.8. Atomstruktur, Pulsare und Schwarze Löcher

Aufgrund der Supernova kann im Kern eines Zweitsterns ein Pulsar entstehen. Das wäre in dem Sinne auch nur ein Atom. Da das Atommodell ein Nebeneinander von Protonen und auch Neutronen nicht kennt, - das wäre das Denken der Physik, - muss ein Neutronenstern ein immer größeres Element sein, was dann der Masse eines Pulsars entspricht.

Das würde aber bedeuten, dass ein Atomkern immer instabiler wird, wie man es von sehr großen künstlich erzeugten Elementen im Periodensystem kennt. Da aber die Energie in dem Schalenzünder einer Supernova nicht entweichen kann, wird ein Element gebaut, was so groß wird bis sich die Deuteriumringe nicht mehr vergrößern lassen. Ab dann werden die Schalen immer dichter besetzt bis das Atom eine Stabilität erlangt. Darüber hinaus wird er mit steigender Masse immer stabiler.

Da bis zum Deuterium alles zweidimensional ist, kann man einen Pulsar bauen, der sehr klein ist, und zudem eine Achse hat, wobei die Ladung dafür sorgt, dass jeder Ring seinen Abstand benötigt. Der Pulsar besteht demnach aus Deuteriumringen, Neutronen, und er hat damit auch Elektronen. Dieser führen auch zum Magnetismus. Es ist halt die Frage wie viel Neutronen darin untergebracht sind. Würde der Pulsar nur aus Neutronen bestehen, könnte man den Magnetismus nicht erklären, denn man benötigt Elektronen.

Der Zusammenhalt der Pulsare erklärt sich darüber, dass sich Deuteriumringe nicht beliebig erweitern lassen. Also erreicht ein Atomkern erst mal eine maximale Größe und dann werden die Schalen wieder nach unten hin dichter besetzt, so wie es in diesen Gedanken vorher beschrieben wird. Dabei nimmt die Dichte der Deuteriumringe immer mehr zu. Es wird immer schwieriger Deuteriumringe im inneren Bereich eines Atomkerns einzufügen. Außen muss erst die Kraft des Ladung zunehmen bis Deuteriumringe nach innen springen. Das führt bei immer größerer Masse zu einer schlagartigen Veränderung der Verteilung. In diesem Zusammenhang kann man auch erklären, dass Pulsare Sprünge in der Rotation machen (5.157.)[507]. Der Zusammenhalt ist demnach die Ladungskraft und nicht die Gravitation.

Der Pulsar ist ein Produkt der Kugelschalenzündung eines Zweitsterns und in dem Sinne ist er auch fusioniert. Da das ein sehr stabiles Gebilde ist, gehe ich davon aus, dass es keine weitere Verdichtung zum Schwarzen Loch gibt. Es geht dabei auch darum, dass die Energie die ein Teilchen in sich trägt viel zu groß ist, und es daher überhaupt nicht möglich ist, dass ein Schwarzes Loch und entsprechend damit verbunden eine Singularität entsteht. Folglich ist es auch so, dass Schwarze Löcher an Dichte zunehmen, wenn sie an Masse gewinnen. Schwarze Löcher und Neutronensterne würden zudem immer die gleiche Größe haben, weil die Deuteriumringe eine maximale Größe haben können. Die Ladungsdichte der Deuteriumringe wäre nur größer.

Es geht dann um die grundlegende Frage, gibt es überhaupt Schwarze Löcher, wenn man eine solche Atomstruktur mit einer Achse vor Augen hat. Ich komme zu dem Schluss, dass es keine Schwarzen Löcher in dem Sinne, wie die Physik sie beschreibt, nicht gibt und diese Objekte in den Zentren von Galaxien ebenfalls einem Atom entsprechen, was auf einer Achse alle Neutronen und Protonen zu Deuteriumringen in Schalen sammelt. Es wäre nur ein Objekt, was den Kontakt zur Außenwelt verloren hat. Die Tätigkeit eines Quasars würde diese Annahme unterstürzen. Es sind die gleichen äußeren Strukturen wir beim Pulsar. Es müsste besser gesagt werden, es gibt keine Singularität, wie sie die Physik beschreibt. Das Objekt hat eine veränderliche Dichte und eine begrenzte Größe. Es ist nur so, dass wirklich nichts mehr aus dem Objekt entweichen kann. Insofern erfüllt es nach außen hin die Eigenschaften eines schwarzen Loches.

In dem Zusammenhang müsste man die Gravitationswellen erwähnen, die man in neuerer Zeit gemessen hat. Diese müssen mit Schwarzen Löchern in Verbindung stehen. Hier könnte es so sein, dass Deuteriumringe auf kleinere Schalen springen. Je größer die Masse des Schwarzen Loches, umso größer wäre die Menge der Deuteriumringen. Das hat mit dem immer stärkeren Feld innerer Schalen zu tun.

Auch bei den Erststernen wird von der Physik angenommen, dass ein Weißer Zwerg bei hoher Masse zum Pulsar oder zum Schwarzen Loch zusammen fallen könnte. Das ist deswegen nicht möglich, weil größere Atomkerne eine Achse besitzen und ineinander geschachtelte Deuteriumringe sind. Verschiedene größere Elemente lassen es nicht zu. Durch seine Gravitation kann kein Stern zu einem Pulsar oder zum schwarzen Loch werden. Daher findet man bei den DA-Sternen bis hin zu den sehr hohen Temperaturen keine Grenze. Zudem liegen Pulsare fast immer in Doppelsternsystemen, und sind daher aus der Supernova entstanden.

Zur Größe von Pulsaren und Schwarzen kann man erst mal sagen, dass sie gleich groß sind. Es gibt dann eine Maximale große der Schalen. Deuteriumringe lassen sich nur bis zu einer bestimmten

---

[507] Pulsare können einen Sprung in der Rotation durchführen. Diesen hat man zum Beispiel beim Pulsar J1844-0346 gemessen. Diese Veränderung der Rotation wird mit dem Begriff Glitch bezeichnet.

Sterne und Weltraum, 5-2017; S. 13

Größe dehnen und die Kraft die sie dabei entwickeln nimmt dabei zu. Überschreitet man die Größe, wird der Ring zerstört. Der Durchmesser eines Protons beträgt 0,83 Femtometer. Es bleibt dann die Frage offen wie viele Schalen ein Atomkern haben kann. Daraus kann man die Größe eines Pulsars ableiten. Auf jeden Fall ist ein Pulsar durch die Struktur der Schalen viel kleiner als es bisher in der Physik beschrieben wird. Die Gravitation an der Oberfläche ist damit auch viel größer als man sich das bisher gedacht hat. Damit ist auch der Schwarzschildradius kleiner. Man hat die kleinsten Masse eines Schwarzes Loches bei 3,3 Sonnenmassen festgestellt.

6.5.9. Magnetare und das Atommodell

Magnetare werden auch zu den Pulsaren gerechnet. Sie haben nur einen viel stärkeren Magnetismus. Es geht dabei weiterhin darum, was die Ursache der starken Gammastrahlenausbrüche der Magnetare sein könnte. Wäre das in diesem Anhang beschriebene Atommodell in der Lage die Ausbrüche zu erklären?

Um das zu beantworten, muss man die Rotation und die Gravitation der Pulsare betrachten. Es geht darum, dass die Rotation der Pulsare mit der Zeit nachlässt. Es wirkt dabei einfach eine erhebliche Fliehkraft. Es ist eine Kraft die gegen die Gravitation wirkt. Wird also die Rotation geringer, wirkt die Gravitation auf den Pulsaren immer stärker. Also wäre der Magnetar aus diesen Überlegungen ein älterer Pulsar. Da der Pulsar ein übergroßes Atom ist, hat er, wie beim Atomkern, auch entsprechende unterschiedliche große Ringe aus Quarks, die sich um ein Zentrum drehen.

Ringe die vorher einen größeren Durchmesser hatten, werden plötzlich auf einen kleineren Durchmesser gezwungen. Das ist der Effekt des Rotationsverlustes, und der ist ein Energiegewinn. Dieser wird sofort in Strahlung umgesetzt. Man kann es mit dem Eisen vergleichen. Elemente, die größer sind als Eisen, wenden mehr Energie auf um stabil zu bleiben. Verkleinert sich ein Element, hat es den entsprechenden Energiegewinn. Das ist beim Magnetar der Fall, nur ist die Menge der Ringe die sich verkleinern ungeheuer groß. Das macht die außergewöhnliche Stärke des Ausbruches verständlich.

Was zu diesen Überlegungen passt, liegt darin, dass alle Magnetare in einem ähnlichen Grenzbereich von Rotation liegen, der etwa zwischen 5 und 12 Sekunden pro Umdrehung beträgt (22.15)[508]. Die Unterschiede in den Rotationszeiten beim Ausbruch müssten auch mit unterschiedlichen Massen der Magnetare zusammenhängen. Auch die unregelmäßige Wiederholung der Ausbrüche, haben etwas damit zu tun, dass weitere Schalen nach innen fallen.

Zusätzlich haben die Ausbrüche der Magnetaren seismische Eigenschaften. Das Beben kommt einfach daher, weil dieser hochdichte Körper durch plötzliche Verkleinerung der Schalen von Deuteriumringen zu schwingen beginnt.

6.5.10. Atome im Anfang des Universums

Betrachtet noch einmal die Schritte der Entwicklung von Elementarteilchen, so weisen sie eine ganze bestimmte Entwicklungsablauf vor. Die Größe eines Quarks ist abhängig von der Energiedichte des Universums aber auch von den Winkeln in dem sie zu einem Atom zusammen treffen (siehe Bild 4). Das Universum besteht in der ersten Phase nur aus Gammastrahlen. Die Energie ist nahezu unendlich groß. Ob sie unendlich ist, bleibt offen.

Aus der Gammastrahlung bilden sich dann die Quarks. Die Quarks können auf Grund dieser hohen Energie durchaus sehr groß werden, haben jedoch keine Stabilität. Ihre Energieobergrenze ist

---

[508] „Spektrum der Wissenschaft“ Chryssa Kouveliotou, Robert C. Duncan, Christopher Thompsen: „Magnetare“

SRGs (Soft Gamma Repeaters) haben eine Verwandtschaft zu dem Verhalten starker Erdbeben. Sie werden den Pulsaren zugeordnet. - 5-2003 - 56 ff,

zu groß, um eine ausreichende Geschwindigkeit um das gemeinsame Zentrum zu erreichen. Diese Geschwindigkeit wiederum baut ein ausreichendes Energiefeld auf, um den Kern zusammenzuhalten.

Es entstehen nun Teilchen wie Antiteilchen im fast gleichen Maße, also Materie und Antimaterie. Das heißt, eine ungeheure Energie wird zu Teilchen und damit aus dem Universum herausgenommen. Materie und Antimaterie zerstören sich aber gegenseitig, setzen also wieder ungeheure Energie frei, was zur Ausdehnung des Universums führt. In diesem Kampf bleibt die Materie über. Das wären nur Neutronen. Diese stoßen sich also ab.

Das Universum hatte am Anfang nur eine bestimmte Energiedichte. So ist aus der Strahlungsenergie Elementarteilchen entstanden. Es gab wohl eine große Raumzeitkrümmung, aber Raum und Zeit bleiben erhalten.

Beim Zerfall der K- Mesonen und den B-Mesonen weiß man, dass die Antimaterie schneller zerfällt (27.59.)[509]. Es geht nur um diesen kleinen Unterschied. Da alle Ladungsfelder im Universum miteinander verbunden sind, ist es daher nicht möglich gewesen, dass größere Mengen Antimaterie im Universum erhalten geblieben sein können. Der Prozess der Entstehung und Vernichtung von Teilchen, hat daher so lange angehalten bis nur noch Materie übrig blieb.

Die Gravitation ist die Gegenkraft zu der Ladung aller Arten von Teilchen ist. Man könnte auch sagen, weil sich alle Teilchen abstoßen, gibt es eine Kraft, die sie zusammen hält.

Es bleiben nach dem Entstehen der Materie nun noch stabile Teilchen über. Das wäre nur das Neutron. Dies liegt mit seiner Masse oder Energie knapp über diesem Grenzwert einer Stabilität. Es zerfällt durch den Betazerfall in ein Proton, ein Elektron und ein Neutrino. Das Proton ist stabil, weil ein Quark kleiner ist als das des Neutrons. Hierbei ist wichtig, dass es am Anfang nur Neutronen und Antineutronen gab, denn Elektronen würden die Gammastrahlung stören. Wenn Protonen und Elektronen mit den Neutrinos entstanden sind, kann man erst von der Temperatur und damit auch von dem Druck eines Gases reden. Druck und Temperatur beginnen daher erst mit dem Betazerfall des Neutrons. Nachdem die Neutronen entstanden sind, haben sie sich bewegt. Damit muss auch die Dichte im Universum kleiner gewesen sein als die eines Atomkerns.

Eine andere Frage bezieht sich noch mal auf die Neutronen. Vor dem Betazerfall könnten Ja auch Neutronen bei sehr hoher Energie Atomkerne bilden. Wie das Atommodell zeigt, ist das mit Neutronen nicht möglich, weil man so keine Symmetrischen Strukturen im Atomkern schaffen kann. Basis des Aufbaues von Atomkernen ist die Symmetrische Struktur, die sich aus Protonen und Neutronen ergibt.

Der Betazerfall ist für die Häufigkeit der Elemente im frühen Universum wichtig. Nachdem nur Neutronen im Universum übergeblieben sind, vergehen bis zum Betazerfall 880 bis 890 Sekunden (22.38.)[510]. Diese Zeitspanne sorgt dafür, dass der erste Fusionsprozess schwach ausfällt. Die meisten Neutronen zerfallen zum Wasserstoff, und nur ein Teil der Neutronen und Protonen fusioniert zu den ersten Elementen im Universum. Wäre der Betazerfall kürzer gewesen, hätte es im Universum demnach viel weniger Wasserstoff gegeben. Aus dem ersten Betazerfall im Universum geht auch hervor, dass die Anzahl der Protonen, der Elektronen und der Neutrinos gleich ist. Die besondere Bedeutung des Neutronenzerfalls liegt darin, dass nicht nur das Proton entsteht sondern das Elektron entsteht. Das Elektron hat im Universum später so viele Funktionen übernimmt. Die harte Strahlung vom Atomkern wird über das Elektron in verträgliche Strahlung umgesetzt. Das findet auch direkt mit den ersten Fusionsprozessen im Universum statt. Alle chemischen Bindungen, die später entstehen, funktionieren nur, weil es das Elektron gibt. Das Elektron ist auch das einzige Teilchen, was für sich alleine stabil ist.

---

[509] Die K- und die B-Mesonen bestehen aus Teilchen und Antiteilchen. An ihnen ist festgestellt worden, dass die Antimaterie schneller zerfällt als die Materie. - Frankfurter Allgemeine Tageszeitung, 27.3.2019, S. N2

[510] Die Haltbarkeit des Neutrons liegt bei 880 bis 890 Sekunden. Sie wurde durch zwei Meßmethoden festgestellt. - Spektrum der Wissenschaft 7-2016, S. 39

Durch die dann folgenden Fusionsprozesse zu größeren Atomen, werden die Neutronen stabilisiert. Es entstehen die ersten Elementarteilchen bis zum Lithium. Hier wird wieder sehr viel Energie frei, und diese Energie durch Gammastrahlung frei und diese wird von den Elektronen aufgenommen. Das erhöht wieder Druck und Temperatur. Ab diesem Zeitpunkt ist das Verhältnis zwischen Protonen und Neutronen bis zur Bildung der ersten Sterne konstant. Mit der Bildung der ersten Sterne wird über Fusionsprozesse die Anzahl der Protonen kleiner und die der Neutronen größer. Da aber auch große Elemente geschaffen werden, gibt es die Radioaktivität und die Atomspaltung. Dadurch wird die Anzahl der Protonen wieder größer, weil sich Neutronen in Protonen, Elektronen und Neutrinos umwandeln.

Dabei gibt es in der Physik ein Problem. Sie kann die Entstehung von Lithium oder Beryllium nicht auf einfachem Wege erklären. Daher wählt sie den Begriff der Spallation (66.1.)[511]. Dieser ist aber nur möglich, wenn größere Elemente entstanden sind und durch den Protonenbeschuss wieder zerstört werden. Da es die größeren Elemente wie Kohlenstoff im frühen Universum noch nicht existiert haben, bleibt die Physik die Antwort schuldig, wie Lithium durch Fusion entstanden seien soll. Das Atommodell kann in diesen Überlegungen die Antwort geben.

In einer sehr viel späteren Phase wird der Aufbau wird des Periodensystems der Elemente in den Sternen fortgesetzt. Die Elemente im Periodensystem haben nach oben hin eine Grenzgröße, bei der sie wieder zerfallen.

Wesentlich ist es zu verstehen, wie die Entwicklungsperioden im Universum abgelaufen sind. Sie bestehen aus dem Abbau zu effektiven Teilchen oder Quarks entsprechender Größe. Dann folgt der Aufbau durch Fusionsprozesse. Dieser endet nach kurzer Zeit, weil die und Temperatur durch die Ausdehnung im Universum ständig abnehmen.

Geht man noch einmal kurz auf die Größe des Universums ein, so kann man sie nicht feststellen. Man weiß nicht ob es begrenzt ist. Insofern kann man nur von unterschiedlicher Dichte ausgehen, die zum Anfang hin zunimmt. Es muss übrigens mit der Bildung der ersten Elementarteilchen im Universum den Raum gegeben haben, und der Verlauf der Entwicklung wäre mit Zeit verbunden.

Das Besondere dieser ersten Entwicklungsschritte im Universum ist das Auftreten des Elektrons. Das verändert die Umsetzbarkeit von Energie. Es kann Energie aufnehmen und vor allem in kleinen Paketen abgeben. So wird die Gammastrahlung verändert und genutzt. Im nächsten Zuge ist auch das Elektron mit dem Neutrino in der Lage durch den inversen Betazerfall Neutronen herzustellen. So können immer wieder größere Elemente in Sternen hergestellt werden. Die Vielfalt der Elemente im Periodensystem ist die Ursache diesen umkehrbaren Prozess, bei dem das Neutron in Atomkernen eingebaut werden kann.

Weil es Fusionsprozesse gibt, sind auch Sterne begrenzte Gaskörper, was indirekt auf das Elektron zurückzuführen ist. Zudem lässt das Elektron die Gammastrahlung nicht aus dem Kern und wandelt sie um. Das auftreten des Elektrons ist daher für die gesamte Entwicklung das Universum außergewöhnlich wichtig.

---

[511] N. Welsch, J. Schab, C. Chr. Liebmann, - *Materie*, - *Erde, Wasser, Luft und Feuer* –Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2013

Die Entstehung der kleinen Elemente wie Lithium, Beryllium und Bor konnte die Physik erst nicht erklären. Damit hat sie den Begriff der Spallation geschaffen. Damit ist gemeint, dass Elemente wie Kohlenstoff durch energiereiche Protonen beschossen werden und zu kleineren Elementen zerfallen. - S. 480

6.6. Zusammenfassung

6.6.1. Die Kräfte im Atomkern

Um die Kräfte im Atomkern zu beschreiben geben die beiden Drehrichtungen der Quarks eine Antwort. Die Drehung um die eigene Achse, erklärt ihre Ladung. Die Drehung um das gemeinsame Zentrum in anderer Richtung, impliziert die gegensätzliche Ladung, und hält den Kern zusammen. Also wäre damit auf einfach Art die Antwort für den Kern gegeben. Durch die beiden Drehrichtungen werden die Gluonen überflüssig.

Zudem kann erklärt werden, warum der Zusammenhalt des Atoms wächst, wenn man es versucht auseinander zu ziehen. Da sich die Quarks wegen ihrer gegensätzlichen Ladung im Kern bremsen, bewegen sie sich schneller um das gemeinsame Zentrum, wenn man versucht den Atomkern zu trennen. Damit wäre diese Kraft, die sich umgekehrt zur Gravitation verhält ebenfalls erklärt.

Die Struktur des Atoms bei den Elementen ergibt sich aus einer einfachen Geometrie. Das Grundelement ist das Deuterium, bei dem Proton und Neutron einen Ring ergeben. dieser Ring wird einfach nur innerhalb einer Struktur verbaut. Dabei liegen Protonen und Neutronen nicht nebeneinander im Atomkern sondern sind ineinander geschachtelt. Das wäre das neue Bild, was dann auch dem Elektron auf seinen Bahnen angepasst ist. Mit dieser geometrischen Anordnung lassen sich die Eigenschaften der Elemente erklären. Das wiederum wäre ein Hinweis, der für die Richtigkeit dieser Geometrie sprechen würde.

6.6.2. Die Bindung des Elektrons an den Atomkern

Es geht nun um die zweite wichtige Frage, warum nämlich das Elektron keine Energie verliert wenn es um den Atomkern kreist. Das Elektron ist an den Atomkern gebunden. Da sich die Quarks drehen und der Ladungsverlauf über den Radius des Atomkerns ungleichmäßig verteilt ist, bindet sich das Elektron an die Drehung der drei Quarks im Kern. Diese ungleichmäßige Ladungsverteilung hält das Elektron an einer Seite fest. Es ist die Seite, an der sich das Down-Quark befindet. Der Atomkern zieht demnach das Elektron immer mit. Daher benötigt man auch keine Kraft, und das Elektron verliert keine Energie.

Worin liegt aber das besondere der Quantensprünge? Wenn das Elektron ein Photon aufnimmt, erhöht es sein Ladungspotential gegenüber dem Atomkern. Das verschafft mit einem Mal einen größeren Abstand. Die Geschwindigkeit ist immer die gleich Winkelgeschwindigkeit und von der Drehung der Quarks im Kern des Atoms abhängig. Sicher hat das Elektron absolut betrachtet in einer größeren Bahn auch eine größere Geschwindigkeit. Es wäre aber ein Fehler zu behaupten, dass die Ursache in der höheren Energie des Elektrons läge.

Hier gelangt man auch zu dem Schluss, dass Photonen Energie und Masse habe. Es gibt auch Hinweise in der Physik bei dem zum Beispiel Photonen ein Plasma durchdringen während Radiowellen am Plasma reflektiert werden (22.34.)[512].

Bei größeren Elementen im Periodensystem zeigt sich über die Paritätsverletzung, dass Elektronen nicht nur vom Atomkern mitgezogen werden, sondern, dass sich alle Elektronen um einen

---

[512] Weil Photonen eine hohe Energie aufweisen, durchqueren sie ein Plasma. Radiowellen werden hingegen bei ihrer kleinen Energie reflektiert. Da könnte man zu dem Schluss gelangen, dass Photonen Masse haben.

Spektrum der Wissenschaft 11-2014, S. 51 f

Atomkern in die gleiche Richtung drehen (42.6.)[513]. Das spricht auch für die Gesamtstruktur im Aufbau der Atomkerne, wie ich sie hier im Buch beschreibe, es erklärt aber auch, dass das Elektron über eine Ladungsfeldasymmetrie an den Atomkern gebunden ist. Damit widerspricht man Einstein, der dem Photon diese Zuordnung zugewiesen hat.

6.6.3. Ähnlichkeiten zum Atommodell von Niels Bohr

Dieses Atommodell hat eine Ähnlichkeit mit dem Bohrschen Modell. Das ist in gewisser Weise verblüffend, weil ich die Struktur aus der Zusammensetzung der Quarks und ihrer Bewegungen abgeleitet habe.

Das Bohrsche Modell ist im Gegensatz zu meinen Überlegungen zweidimensional Die untere Schale hat bei Bohr nur eine Bahn (56.8.). Mein Modell hat dagegen zwei Bahnen. Die untere Schale wird bei mir nur einmal von einem Elektron belegt, bei Bohr werden generell alle Bahnen zweimal belegt.

Auf der zweiten Schale ist meine Vorstellung in der Anzahl der Bahnen identisch. Es sind beides Mal vier Bahnen und alle sind doppelt belegt (56.8.)[514]. Damit wird das Ausschließungsprinzip von Pauli gültig (56.9.)[515]. Aufgrund des Aufbaus des Atomkerns, kann man aufgrund dieses Modells sagen, warum es vier doppelt belegte Bahnen sind und nicht mehr als zwei Elektronen auf einer Bahn sind.

Das Bohrsche Modell gibt wegen der Zweidimensionalität keine Antwort auf die bestimmten Winkel unter denen Elemente zu Molekülen zusammensetzen. Auch solche Formen, wie Tetraederformen bei Silikaten vorkommen, kann es keine Antwort geben. In der dreidimensionalen Zuordnung meines Modells ist das möglich. Der Grundzustand der Elektronen wird auch erst mit meinem Modell verständlich.

6.6.4. Einstein und die Wechselwirkungsteilchen der Physik

Die Gedanken zum Atom, die hier vertreten werden, lassen alle Wechselwirkungsteilchen der Physik verschwinden. Im Bezug auf die Physik wird also ganz anderes gedacht. Man muss sich daher die Frage stellen, wie es dazu kam, dass Wechselwirkungsteilchen eingeführt wurden, und wer hat damit angefangen. Der erste der damit angefangen hat, war Albert Einstein. Er hat das instantane Kraftfeld für die Gravitation und die elektromagnetische Wellen abgeschafft. Damit hat er einmal das Denken Newtons verändert und das Denken von Maxwell.

---

[513] „Physik in unserer Zeit“ WILEY-VCH-Verlag GmbH, 69451 Weinheim, 2006

Die Paritätsverletzung besagt, dass der Atomkern eine bestimmte Drehrichtung bevorzugt. Man spricht davon, dass er von der Drehrichtung linkshändig wäre. - 4-2014, S, 168 ff

[514] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Das Bohrsche Atommodell gibt der untersten Schale der Elektronen eine Bahn und der nächsten Schale 4 Bahnen. Die Bahnen haben Kreisformen und elliptische Formen. - S. 64

[515] Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ Fischer Taschenbuch Verlag Frankfurt 1999

Die Bahnen können nach Pauli nur doppelt belegt werden. Damit beschreibt er das Ausschließungsprinzip.

S. 65

Man muss sich bei Einstein die Frage stellen, was er wollte. Er wollte die Vereinigung aller Kräfte, sei es der elektromagnetischen Kraft und der Gravitation. Das war sein Ziel, und das hat auch sein Denken bestimmt. Einerseits wurde das Neutrino erst kurz nach Einsteins Tod nachgewiesen. Einstein kannte auch nicht die Quarks als Aufbau der Atome, wie Neutronen und Protonen. Diese wurden erst gut 15 Jahre nach seinem Tod gefunden. Die Masse des Neutrinos hat man noch sehr viel später nachgewiesen. Mir kommt der Gedanke, dass zu früh versucht worden ist, den großen Zusammenhang alle Kräfte herzustellen. Dabei sind umständliche Erklärungen entstanden, zu denen meines Erachtens die Wechselwirkungsteilchen gehören.

Man braucht aber mindestens die Quarks, um zu einer Erklärung zu gelangen, die einmal auf die Gluonen verzichtet, und Photonen nur als Teilchen sieht, die als Energiepaket dem Elektron dienen. Der Hauptgedanke oder die Hauptfrage war die Bindung des Elektrons an den Atomkern. Das wollte Einstein lösen. Das hat ihn bewogen das Photon zum Wechselwirkungsteilchen ohne Masse zu machen. In dieser Arbeit wird das Elektron durch eine Ladungsfeldanomalie der drei Quarks im Kern erklärt. Die Drehung der Quarks sorgt dann dafür, dass das Elektron mitgezogen und an den Atomkern gebunden wird. Wie hätte Einstein gedacht, hätte er von den Quarks gewusst? Wir wissen es nicht. Bisher sind Gravitonen oder Gravitationswellen noch nicht bewiesen. Das spricht gegen die Wechselwirkungsteilchen.

Mit Einstein wurden die Wechselwirkungsteilchen demnach in der Wissenschaft salonfähig gemacht. Die Physik hat dann die Gluonen als masselose Wechselwirkungsteilchen eingeführt. Die Gluonen sind damit auch ein stehender Begriff geworden. Hinzu kamen dann die W- und Z-Bosonen und zum Schluss das Higgsteilchen. Trotzdem ist die Physik nicht in der Lage auf einfache Art zu erklären, warum das Proton stabil ist und das Neutronen mit einer etwas größeren Ruhemasse nur kurze Zeit stabil ist. Die Erklärungen der Physik sind da sehr umständlich. Zum Schluss findet sie auch keine Verbindung zwischen der elektromagnetischen Kraft und der Gravitation als Kraft.

Allgemein müsste man zur Relativitätstheorie sagen, dass der Schwarzschildradius gilt. Elektromagnetische Wellen und elektromagnetische Teilchen können dem Schwarzschildradius nicht entweichen. Die Objekte bleiben aber erhalten. Der Pulsar entwickelt sich nur weiter über Fusionsprozesse zum Schwarzen Loch. Man müsste daher Pulsare und Schwarze Löcher als gleiche Objektklassen bezeichnen. Eine Singularität würde nicht existieren.

6.6.5. Gegensätzliche Prinzipien

Die Physik beschreibt die Bewegung des Elektrons immer noch nach der Unschärferelation von Heisenberg. Da geht es darum, dass das Elektron eigentlich alle Freiheitsgrade braucht. Von dem ausgehend wird dann der mögliche Aufenthaltsort errechnet. Das heißt: Hier geht es um ein mathematisches Prinzip. Die Paritätsverletzung spricht gegen die Unschärferelation, weil sich alle Elektronen in einer Richtung um einen Atomkern drehen. Das spricht auch für die Struktur eines Atomkerns. Erst mal ist aber wichtig, dass es dem Prinzip der Unschärferelation widerspricht.

Als nächstes hat das Periodensystem der Elemente einen sehr strukturierten Aufbau. Das bezieht sich auf die Elektronen, die sich um den Atomkern bewegen. Diese Sorgen für die Eigenschaften der Elemente. Dazu muss auch der Atomkern einen speziellen Aufbau haben. Dafür sprechen die Neutronenüberschüsse. Sie haben eine spezielle Ordnung. Man kann aber auch sagen, dass die Anzahl der Elektronen für eine bestimmte Struktur im Atomkern sprechen. Sie zeigen außen an, was sich im Kern abspielt. Allgemein kann man daher sagen, dass die Paritätsverletzung und das Periodensystem in seiner Struktur gegen die Unschärferelation sprechen. Es muss daher eine Systematik geben, die mit den Elementarteilchen in Verbindung steht.

Der nächste Punkt sind nun die Gluonen. Sie unterstützen die strukturlose Form des Atomkerns und sind daher ein Begriff, der für einen willkürlichen Zusammenhang spricht und den Up- und Down-Quarks keine bestimmte Struktur abverlangt. Es spricht aber dafür, dass Atomkerne durch die strukturierte Bewegung der unterschiedlichen Quarks zusammengehalten werden. Auch das würde der Unschärferelation vom Prinzip widersprechen, obwohl es sich da um andere Elementarteilchen dreht.

Wichtig ist bei diesen Gedanken nur, dass die Elementarteilchenphysik immer strukturlos denkt, es aber viele Beispiele bei den Elementarteilchen und den Elementen des Periodensystems gibt, die für eine Struktur sprechen.

6.6.6. Allgemeines zum Atommodell

Was hier im Anhang zur Elementarteilchenphysik gedacht worden ist, wäre nur ein Versuch einer anderen Beschreibung. Es ist nicht das Hauptwerk der Arbeit. Diese liegt eindeutig bei Planeten und bei Sternen. Sie scheint mir aber trotzdem wichtig zu sein, weil mir schon bei Planeten und Sternen aufgefallen ist, dass sich die Physik in nicht genügender Weise mit der Geometrie und der Zuordnung von Körpern im Raum beschäftigt hat. Das hat mich bewogen mich mit Galaxien, dem frühen Universum und deren Strömungen zu beschäftigen. Dazu kamen auch die Überlegungen zum Atom. Damit wird versucht Antworten über Geometrie und Dynamik zu geben, während sich die Physik über Wechselwirkungsteilchen Antworten geben möchte, und eine mathematische Beschreibung wählt. Das dieses Bild zum Atom doch so viele Zusammenhänge beantworten kann, und auch eine Hilfe für die Chemie und die Mineralogie wäre, war es für mich auch klar, dies ins Buch mit hinein zunehmen.

Das Atommodell ist ein Schalenmodell was übrigens schon 1949 von Maria Goeppert Mayer entwickelt worden ist. Es ist nur so, dass sich Quarks, die man damals noch nicht kannte, um ein Zentrum drehen und nicht die Protonen und Neutronen. In dem Sinne ist es nur eine Erweiterung der Idee.

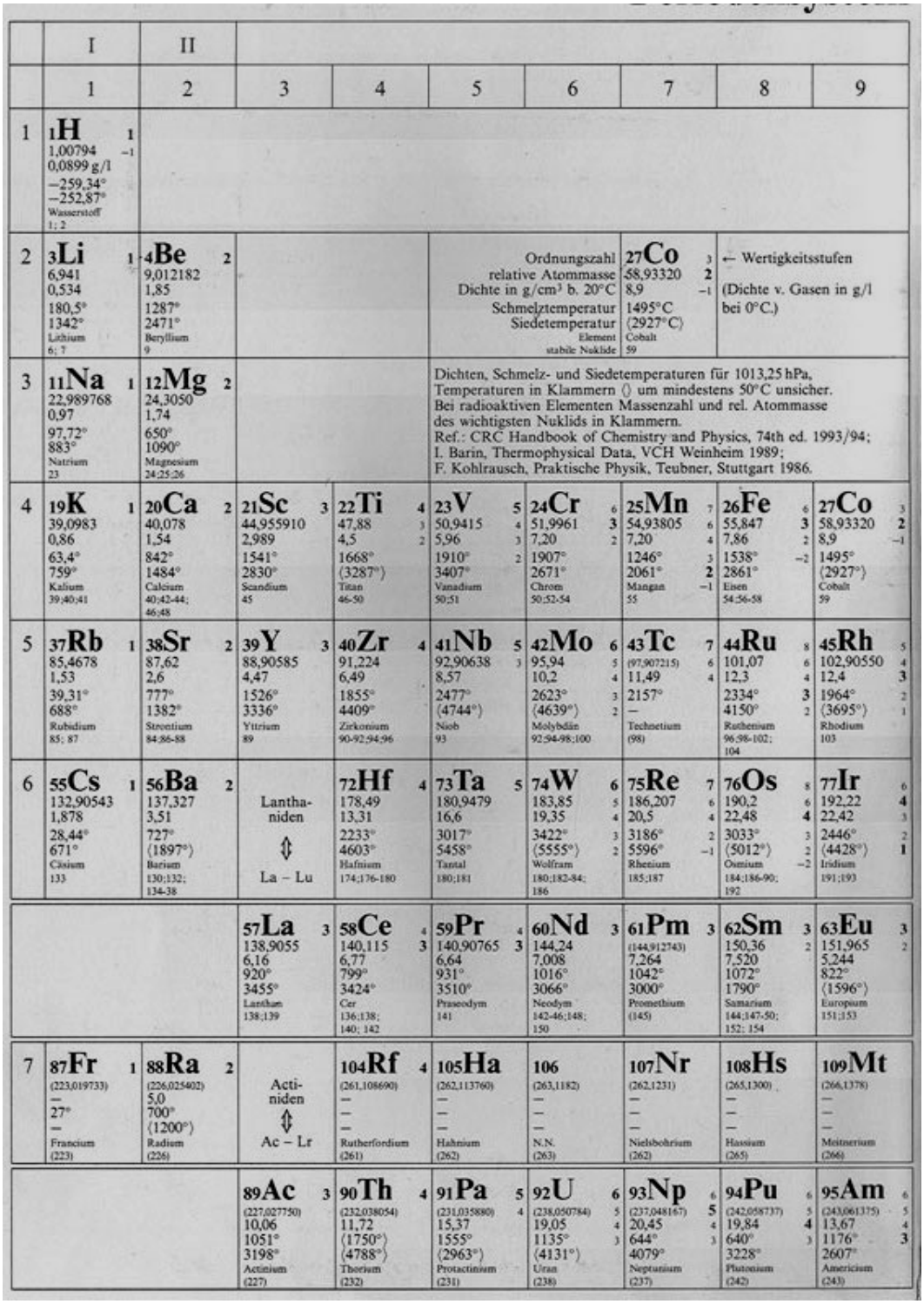
Es geht bei dem Atommodell darum, dass Teilchen im Atomkern für sich eine Funktion haben. Damit kann man den Zusammenhalt erklären. Dazu gehört auch eine bestimmte Struktur im Atomkern. Hat man das verstanden, sind die Bosonen überflüssig. Die Bosonen wären im dem Sinne die „Landbrücken“ der Physik in der Elementarteilchenforschung, weil sie nicht verstanden hat, wie Atomkerne strukturiert sind.

Allgemein ging es in diesem Buch darum, die Entwicklung von Körpern durch das Wirken von Kräften zu erklären. Im Atommodell wurde aber auch über das Wirken der Kräfte als solches nachgedacht.

Es vor allem auch darum, dass Periodensystem mit allen Eigenschaften der Elemente zu erklären. Das Periodensystem ist schon in den 1860iger Jahren von Mendelejew und von Julius Meyer entwickelt worden, und ist bis heute nicht gelöst. Von daher haben die Überlegungen in diesem Buch schon ihre Bedeutung, da es darauf versucht Antwort zu geben. Damit mussten auch die Fusionsprozesse bei Sternen anders verstanden werden. Außerdem ergab die richtige Herleitung der Atomstruktur die Antwort auf den Aufbau von Pulsaren und Schwarze Löchern. Insofern hat der Anhang für den Hauptteil des Buches auch seine Bedeutung.

Tabellen

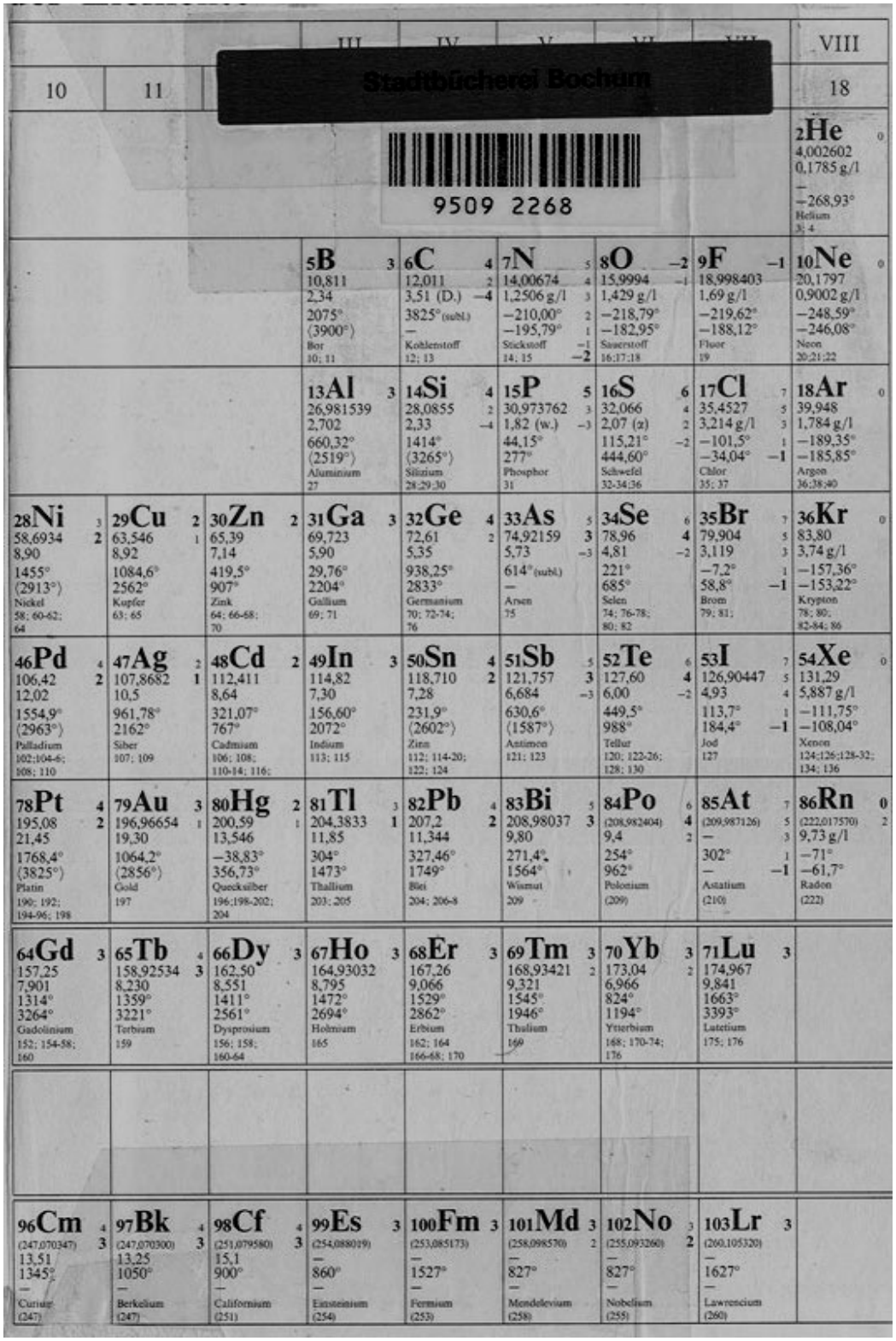
Tabelle 1: Periodensystem (40.1.)[516]



	I	II							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 **H** 1 1,00794 −1 0,0899 g/l −259,34° −252,87° Wasserstoff 1; 2								
2	3 **Li** 1 6,941 0,534 180,5° 1342° Lithium 6; 7	4 **Be** 2 9,012182 1,85 1287° 2471° Beryllium 9			Ordnungszahl relative Atommasse Dichte in g/cm³ b. 20°C Schmelztemperatur Siedetemperatur Element stabile Nuklide		27 **Co** 3 58,93320 2 8,9 −1 1495°C (2927°C) Cobalt 59	← Wertigkeitsstufen (Dichte v. Gasen in g/l bei 0°C.)	
3	11 **Na** 1 22,989768 0,97 97,72° 883° Natrium 23	12 **Mg** 2 24,3050 1,74 650° 1090° Magnesium 24;25;26			Dichten, Schmelz- und Siedetemperaturen für 1013,25 hPa, Temperaturen in Klammern () um mindestens 50°C unsicher. Bei radioaktiven Elementen Massenzahl und rel. Atommasse des wichtigsten Nuklids in Klammern. Ref.: CRC Handbook of Chemistry and Physics, 74th ed. 1993/94; I. Barin, Thermophysical Data, VCH Weinheim 1989; F. Kohlrausch, Praktische Physik, Teubner, Stuttgart 1986.				
4	19 **K** 1 39,0983 0,86 63,4° 759° Kalium 39;40;41	20 **Ca** 2 40,078 1,54 842° 1484° Calcium 40;42-44; 46;48	21 **Sc** 3 44,955910 2,989 1541° 2830° Scandium 45	22 **Ti** 4 3 2 47,88 4,5 1668° (3287°) Titan 46-50	23 **V** 5 4 3 2 50,9415 5,96 1910° 3407° Vanadium 50;51	24 **Cr** 6 3 2 51,9961 7,20 1907° 2671° Chrom 50;52-54	25 **Mn** 7 6 4 3 2 −1 54,93805 7,20 1246° 2061° Mangan 55	26 **Fe** 6 3 2 −2 55,847 7,86 1538° 2861° Eisen 54;56-58	27 **Co** 3 2 −1 58,93320 8,9 1495° (2927°) Cobalt 59
5	37 **Rb** 1 85,4678 1,53 39,31° 688° Rubidium 85; 87	38 **Sr** 2 87,62 2,6 777° 1382° Strontium 84;86-88	39 **Y** 3 88,90585 4,47 1526° 3336° Yttrium 89	40 **Zr** 4 3 2 91,224 6,49 1855° 4409° Zirkonium 90-92;94;96	41 **Nb** 5 3 92,90638 8,57 2477° (4744°) Niob 93	42 **Mo** 6 5 4 3 2 95,94 10,2 2623° (4639°) Molybdän 92;94-98;100	43 **Tc** 7 6 4 (97,907215) 11,49 2157° – Technetium (98)	44 **Ru** 8 6 4 3 2 101,07 12,3 2334° 4150° Ruthenium 96;98-102; 104	45 **Rh** 5 4 3 2 1 102,90550 12,4 1964° (3695°) Rhodium 103
6	55 **Cs** 1 132,90543 1,878 28,44° 671° Cäsium 133	56 **Ba** 2 137,327 3,51 727° (1897°) Barium 130;132; 134-38	Lantha- niden ⇕ La – Lu	72 **Hf** 4 178,49 13,31 2233° 4603° Hafnium 174;176-180	73 **Ta** 5 180,9479 16,6 3017° 5458° Tantal 180;181	74 **W** 6 5 4 3 2 183,85 19,35 3422° (5555°) Wolfram 180;182-84; 186	75 **Re** 7 6 4 2 −1 186,207 20,5 3186° 5596° Rhenium 185;187	76 **Os** 8 6 4 3 2 −2 190,2 22,48 3033° (5012°) Osmium 184;186-90; 192	77 **Ir** 6 4 3 2 1 192,22 22,42 2446° (4428°) Iridium 191;193
			57 **La** 3 138,9055 6,16 920° 3455° Lanthan 138;139	58 **Ce** 4 3 140,115 6,77 799° 3424° Cer 136;138; 140; 142	59 **Pr** 4 3 140,90765 6,64 931° 3510° Praseodym 141	60 **Nd** 3 144,24 7,008 1016° 3066° Neodym 142-46;148; 150	61 **Pm** 3 (144,912743) 7,264 1042° 3000° Promethium (145)	62 **Sm** 3 2 150,36 7,520 1072° 1790° Samarium 144;147-50; 152; 154	63 **Eu** 3 2 151,965 5,244 822° (1596°) Europium 151;153
7	87 **Fr** 1 (223,019733) – 27° – Francium (223)	88 **Ra** 2 (226,025402) 5,0 700° (1200°) Radium (226)	Acti- niden ⇕ Ac – Lr	104 **Rf** 4 (261,108690) – – – Rutherfordium (261)	105 **Ha** 4 (262,113760) – – – Hahnium (262)	106 (263,1182) – – – N.N. (263)	107 **Nr** (262,1231) – – – Nielsbohrium (262)	108 **Hs** (265,1300) – – – Hassium (265)	109 **Mt** (266,1378) – – – Meitnerium (266)
			89 **Ac** 3 (227,027750) 10,06 1051° 3198° Actinium (227)	90 **Th** 4 (232,038054) 11,72 (1750°) (4788°) Thorium (232)	91 **Pa** 5 4 (231,035880) 15,37 1555° (2963°) Protactinium (231)	92 **U** 6 5 4 3 (238,050784) 19,05 1135° (4131°) Uran (238)	93 **Np** 6 5 4 3 (237,048167) 20,45 644° 4079° Neptunium (237)	94 **Pu** 6 5 4 3 (242,058737) 19,84 640° 3228° Plutonium (242)	95 **Am** 6 5 4 3 (243,061375) 13,67 1176° 2607° Americium (243)

[516] „Physik in Experimenten und Beispielen“ Hans J. Paus Carl Hanser Verlag München Wien 1995

Das Periodensystem der Elemente mit Angaben von Schmelz und Siedepunkten der Elemente. Die Tabelle befindet sich am Ende des Buches auf der letzten Innenseite 1041 und 1042.



			III	IV	V	VI	VII	VIII
10	11							18
								$_{2}$He 0 4,002602 0,1785 g/l – –268,93° Helium 3; 4
			$_{5}$B 3 10,811 2,34 2075° (3900°) Bor 10; 11	**$_{6}$C** 4 12,011 3,51 (D.) –4 3825° (subl.) – Kohlenstoff 12; 13	**$_{7}$N** 5 14,00674 1,2506 g/l –210,00° –195,79° Stickstoff –1 14; 15 –2	**$_{8}$O** –2 15,9994 –1 1,429 g/l –218,79° –182,95° Sauerstoff 16;17;18	**$_{9}$F** –1 18,998403 1,69 g/l –219,62° –188,12° Fluor 19	**$_{10}$Ne** 0 20,1797 0,9002 g/l –248,59° –246,08° Neon 20;21;22
			$_{13}$Al 3 26,981539 2,702 660,32° (2519°) Aluminium 27	**$_{14}$Si** 4 28,0855 2 2,33 –4 1414° (3265°) Silizium 28;29;30	**$_{15}$P** 5 30,973762 3 1,82 (w.) –3 44,15° 277° Phosphor 31	**$_{16}$S** 6 32,066 4 2,07 (α) 2 115,21° –2 444,60° Schwefel 32-34;36	**$_{17}$Cl** 7 35,4527 5 3,214 g/l 3 –101,5° 1 –34,04° –1 Chlor 35; 37	**$_{18}$Ar** 0 39,948 1,784 g/l –189,35° –185,85° Argon 36;38;40
$_{28}$Ni 3 58,6934 2 8,90 1455° (2913°) Nickel 58; 60-62; 64	**$_{29}$Cu** 2 63,546 1 8,92 1084,6° 2562° Kupfer 63; 65	**$_{30}$Zn** 2 65,39 7,14 419,5° 907° Zink 64; 66-68; 70	**$_{31}$Ga** 3 69,723 5,90 29,76° 2204° Gallium 69; 71	**$_{32}$Ge** 4 72,61 2 5,35 938,25° 2833° Germanium 70; 72-74; 76	**$_{33}$As** 5 74,92159 3 5,73 –3 614° (subl.) – Arsen 75	**$_{34}$Se** 6 78,96 4 4,81 –2 221° 685° Selen 74; 76-78; 80; 82	**$_{35}$Br** 7 79,904 5 3,119 3 –7,2° 1 58,8° –1 Brom 79; 81;	**$_{36}$Kr** 0 83,80 3,74 g/l –157,36° –153,22° Krypton 78; 80; 82-84; 86
$_{46}$Pd 4 106,42 2 12,02 1554,9° (2963°) Palladium 102;104-6; 108; 110	**$_{47}$Ag** 2 107,8682 1 10,5 961,78° 2162° Silber 107; 109	**$_{48}$Cd** 2 112,411 8,64 321,07° 767° Cadmium 106; 108; 110-14; 116;	**$_{49}$In** 3 114,82 7,30 156,60° 2072° Indium 113; 115	**$_{50}$Sn** 4 118,710 2 7,28 231,9° (2602°) Zinn 112; 114-20; 122; 124	**$_{51}$Sb** 5 121,757 3 6,684 –3 630,6° (1587°) Antimon 121; 123	**$_{52}$Te** 6 127,60 4 6,00 –2 449,5° 988° Tellur 120; 122-26; 128; 130	**$_{53}$I** 7 126,90447 5 4,93 4 113,7° 1 184,4° –1 Jod 127	**$_{54}$Xe** 0 131,29 5,887 g/l –111,75° –108,04° Xenon 124;126;128-32; 134; 136
$_{78}$Pt 4 195,08 2 21,45 1768,4° (3825°) Platin 190; 192; 194-96; 198	**$_{79}$Au** 3 196,96654 1 19,30 1064,2° (2856°) Gold 197	**$_{80}$Hg** 2 200,59 1 13,546 –38,83° 356,73° Quecksilber 196;198-202; 204	**$_{81}$Tl** 3 204,3833 1 11,85 304° 1473° Thallium 203; 205	**$_{82}$Pb** 4 207,2 2 11,344 327,46° 1749° Blei 204; 206-8	**$_{83}$Bi** 5 208,98037 3 9,80 271,4° 1564° Wismut 209	**$_{84}$Po** 6 (208,982404) 4 9,4 2 254° 962° Polonium (209)	**$_{85}$At** 7 (209,987126) 5 – 3 302° 1 – –1 Astatium (210)	**$_{86}$Rn** 0 (222,017570) 2 9,73 g/l –71° –61,7° Radon (222)
$_{64}$Gd 3 157,25 7,901 1314° 3264° Gadolinium 152; 154-58; 160	**$_{65}$Tb** 4 3 158,92534 8,230 1359° 3221° Terbium 159	**$_{66}$Dy** 3 162,50 8,551 1411° 2561° Dysprosium 156; 158; 160-64	**$_{67}$Ho** 3 164,93032 8,795 1472° 2694° Holmium 165	**$_{68}$Er** 3 167,26 9,066 1529° 2862° Erbium 162; 164 166-68; 170	**$_{69}$Tm** 3 2 168,93421 9,321 1545° 1946° Thulium 169	**$_{70}$Yb** 3 2 173,04 6,966 824° 1194° Ytterbium 168; 170-74; 176	**$_{71}$Lu** 3 174,967 9,841 1663° 3393° Lutetium 175; 176	
$_{96}$Cm 4 3 (247,070347) 13,51 1345° – Curium (247)	**$_{97}$Bk** 4 3 (247,070300) 13,25 1050° – Berkelium (247)	**$_{98}$Cf** 4 3 (251,079580) 15,1 900° – Californium (251)	**$_{99}$Es** 3 (254,088019) – 860° – Einsteinium (254)	**$_{100}$Fm** 3 (253,085173) – 1527° – Fermium (253)	**$_{101}$Md** 3 2 (258,098570) – 827° – Mendelevium (258)	**$_{102}$No** 3 2 (255,093260) – 827° – Nobelium (255)	**$_{103}$Lr** 3 (260,105320) – 1627° – Lawrencium (260)	

Stadtbücherei Bochum
9509 2268

Atomare Konstanten (Fortsetzung)			
Größe	Symbol	Zahlenwert	Benennung
Rydberg-Konstante	R_∞	$2{,}179\,874\,1 \cdot 10^{-18}$ 13,605 698	J eV
1. Bohr-Radius	r_1	$52{,}917\,725 \cdot 10^{-12}$	m
Elektron			
Ruhmasse	m_e	$9{,}109\,389\,7 \cdot 10^{-31}$ $5{,}485\,799\,0 \cdot 10^{-4}$ 510,999 06	kg u keV/c^2
klass. Radius	r_0	$2{,}817\,940\,9 \cdot 10^{-15}$	m
Compton-Wellenlänge	$\lambda_C = h/m_e c$	$2{,}426\,310\,6 \cdot 10^{-12}$	m
magnetisches Moment	$\mu_e = 1{,}0012\ \mu_B$	$9{,}284\,770\,1 \cdot 10^{-24}$ $5{,}795\,095\,3 \cdot 10^{-5}$	$\mathrm{A\,m^2} = \mathrm{J/T}$ eV/T
Proton			
Ruhmasse	m_p	$1{,}672\,623\,1 \cdot 10^{-27}$ 1,007 276 5 938,272 34	kg u MeV/c^2
magnetisches Moment	$\mu_p = 2{,}7928\ \mu_K$	$1{,}410\,607\,6 \cdot 10^{-26}$ $8{,}804\,3\tilde{1}6\,5 \cdot 10^{-8}$	$\mathrm{A\,m^2} = \mathrm{J/T}$ eV/T
Massenverhältnis	m_p/m_e	1836,152 70	
Neutron			
Ruhmasse	m_n	$1{,}674\,928\,6 \cdot 10^{-27}$ 1,008 664 9 939,565 63	kg u MeV/c^2
magnetisches Moment	$\mu_n = 1{,}9130\ \mu_K$	$0{,}966\,237\,07 \cdot 10^{-26}$ $6{,}030\,774\,9 \cdot 10^{-8}$	$\mathrm{A\,m^2} = \mathrm{J/T}$ eV/T
Massenverhältnis	m_n/m_e	1838,683 66	
Deuteron			
Ruhmasse	m_d	$3{,}343\,586\,0 \cdot 10^{-27}$ 2,013 553 2 1875,613 4	kg u MeV/c^2
magnetisches Moment	$\mu_d = 0{,}857\,44\ \mu_K$	$0{,}433\,073\,75 \cdot 10^{-26}$ $2{,}703\,032\,6 \cdot 10^{-8}$	$\mathrm{A\,m^2} = \mathrm{J/T}$ eV/T
Myon (μ-Meson)			
Ruhmasse	m_μ	$1{,}883\,532\,7 \cdot 10^{-28}$ 0,113 428 91 105,658 39	kg u MeV/c^2
magnetisches Moment	$\mu_\mu = 8{,}8906\ \mu_K$	$4{,}490\,451\,4 \cdot 10^{-26}$ $2{,}802\,718\,2 \cdot 10^{-7}$	$\mathrm{A\,m^2} = \mathrm{J/T}$ eV/T

Tabelle 2: Atomare Konstanten (40.2.) [517]

[517] „Physik in Experimenten und Beispielen“ Hans J. Paus Carl Hanser Verlag München Wien 1995

Bilder- und Grafikverzeichnis

	Seite
Bilder[518]:	
Bild 1: Das Proton mit dem Elektron	317
Bild 2: Das Neutron	319
Bild 3: Entstehung der Quarks	319
Bild 4: Das Neutron	321
Bild 5: Quarkverteilung im Deuterium	326
Bild 6: Helium 3 in Position 1	328
Bild 7: Helium Position 1	329
Bild 8: Helium Position 2	330
Bild 9: Kohlenstoff in Position 1	332
Bild 10: Tetraeder als Bild für den Kohlenstoff	333
Bild 11: Kohlenstoff in Position 2	334
Bild 12: Kohlenstoff in Position 3	335
Bild 13: Doppelt belegte Ebene	335
Bild 14: Doppelter Tetraeder	336
Grafiken:	
Grafik 1: Arten der Elementarteilchen	323
Grafik 2: Häufigkeit der chemischen Elemente in der Sonne	332
Grafik 3: Elektromagnetische Welle	321
Grafik 4: Spektrallinien bei Sternen	350
Tabellen:	
Tabelle 1: Periodensystem	372 f
Tabelle 2: Atomare Konstanten	374

[518] Die Bilder on 1 bis 14 wurden von Jona Fynn Schlegelmilch erstellt.

Literatur zum Atom

Silvia Arroyo Camejo, Skurrile Quantenwelten, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006

Harald Fritzsch, Das absolut Unveränderliche – Die letzten Rätsel der Physik, Piper Verlag, 2. Auflage 2005

Brian Greene „Der Stoff aus dem der Kosmos ist“ Wilhelm Goldmann Verlag, München, in der Verlagsgruppe Radom House GmbH, Taschenbuchausgabe 2008

Frank Grotelüschen „Der Klang der Superstrings“ Deutscher Taschenbuch Verlag 1999

Werner Heisenberg „Der Teil und das Ganze“ R. Piper & Co Verlag München 1969

James B. Kaler: „Sterne und ihre Spektren“ Astronomische Signale aus dem Licht. Spektrum Akademischer Verlag GmbH Heidelberg Berlin Oxford 1992

Hans J. Paus: „Physik in Experimenten und Beispielen“ Carl Hanser Verlag München Wien 1995

Ulrich Röseberg „Niels Bohr - Leben und Werk eines Atomphysikers“ – Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1985

Paul Strathern „Bohr & die Quantentheorie“ - Fischer Taschenbuch Verlag - Frankfurt 1999

N. Welsch, J. Schab, C. Chr. Liebmann, - *Materie, - Erde, Wasser, Luft und Feuer* –Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2013

Erik Wischnewski: „Astronomie für die Praxis“ Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, Mannheim 1993

Spektrum der Wissenschaft, Naturwissenschaftszeitschrift