

Die Saturnringe (2)

Die Erklärung

Gegen Beginn des letzten Viertels des 18. Jahrhunderts wurde die Existenz des Saturnringes von keinem Astronomen mehr bezweifelt. Viel brennender wurde nun die Frage, was es mit dieser sonst nirgendwo beobachteten Erscheinung auf sich hatte. Was war die wahre Natur dieses mysteriösen Ringes?

Christiaan Huygens (1629-1695), der Entdecker des Ringes, beschäftigte sich mehr mit der Position des Ringes, die physikalische Natur interessierte ihn weniger. Dennoch vertrat er die Ansicht, es handele sich um einen festen, lichtundurchlässigen Ring.

Nach und nach wurden von anderen Beobachtern neue Entdeckungen gemacht. So bemerkten die beiden Fernrohrmacher Divini und Campani, daß der äußere Abschnitt des Ringes etwas dunkler war als der innere. Und mehrere Beobachter bestätigten Huygens' Feststellung, daß der Ring einen Schatten auf die Planetenkugel warf. Nach vorangegangenen Beobachtungen stellte der Direktor der Pariser Sternwarte, Domenico Cassini (1625-1712), 1675 fest, daß auf dem Ring eine dunkle Linie zu sehen war, die später nach ihm als Entdecker die „Cassinische Trennung“ genannt wurde. Aufgrund dieser Trennung setzte sich nun auch nach und nach der Plural durch; viele Astronomen sprachen nun von den Saturnringen, obgleich es immer noch einige gab, die nur von einem Ring ausgingen und die die Cassinische Trennung nur als einen schwarzen Strich auf dem Ring ansahen.

Domenico Cassini beschäftigte sich auch mit der Natur der Ringe. Mit geradezu hellseherischer Gabe postulierte er 1705, daß die Ringe Schwärme winziger Satelliten seien - viel zu klein, um einzeln gesehen zu werden -, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten um den Planeten kreisten. Sein Sohn Jacques Cassini (1677-1756) als Nachfolger auf dem Direktionsstuhl der Pariser Sternwarte wiederholte 1715 die Ansicht seines Vaters. Damit hatten Vater und Sohn Cassini rein intuitiv die wahre Natur der Ringe getroffen, obgleich noch eine erhebliche Anzahl von Jahren verstreichen mußte, bis ihre Vermutung als Wahrheit erkannt wurde.

Der Uranus-Entdecker William Herschel (1738-1822) vertrat diese Meinung niemals. Für ihn war und blieb es ein fester Ring. Die Cassinische Trennung, die er als Besitzer der besten zeitgenössischen Beobachtungsinstrumente auch am deutlichsten sehen konnte, definierte er als eine dunkle Oberflächenformation auf dem Ring. Immerhin hielt er sich ein Hintertürchen offen, indem er erklärte, bisher (1778) nur den Nordteil des Ringes gesehen zu haben und er daher abwarten wolle, bis er etwa elf Jahre

später auch den Südteil begutachten könne, um so feststellen zu können, daß der Ring tatsächlich eine durchgehende Teilung besäße. Einen endgültigen Beweis dafür könne man erbringen, so Herschel, wenn man beim Vorüberziehen des Saturn vor einem fernen Hintergrundstern diesen Stern durch die Lücke hindurch sehen könne. William Herschel erlebte dies nicht mehr, dies wurde erst viele Jahre später beobachtet. Immerhin gab er zu, nachdem er 1791 auch auf der Südseite des Ringes die Cassinische Teilung gesehen hatte, daß der Planet Saturn von zwei konzentrischen festen Ringen umgeben ist.

Dieser Ansicht stand der Inhalt einer Denkschrift gegenüber, die der französische Mathematiker und Astronom Pierre Simon de Laplace (1749-1827) sechs Jahre zuvor im Jahr 1785 veröffentlicht hatte. Seiner Meinung nach mußte sich der Ring in Rotation befinden, damit er überhaupt da blieb, wo man ihn sehen konnte. Wäre dem nicht so, müßte er aufgrund der Gravitationskräfte des Planeten auseinanderbrechen und auf dessen Oberfläche fallen. Außerdem müßten die inneren, also planetennahen Teile des Ringes schneller rotieren als die äußeren, planetenfernen. Genaugenommen, so Laplace, müsse jedes Gebiet innerhalb des Ringes eine nur ihm eigene Rotationsgeschwindigkeit haben. Ein fester durchgehender Ring könne aber gerade diese Bedingungen nicht erfüllen. Der fachkundige Leser dieser Ausführungen erwartet geradezu, daß Laplace mathematisch beweisen werde, was 80 bzw. 70 Jahre zuvor von den beiden Cassinis postuliert worden war, nämlich, daß der Ring aus einem Schwarm winziger Satelliten besteht. Aber Laplace machte diesen Schritt nicht. Statt dessen nahm er die Cassinische Teilung als Beweis dafür, daß sich das System aus zwei breiten Ringsystemen zusammensetze, welche ihrerseits aus einer großen Anzahl sehr schmaler Ringe bestünden. Diese Annahme zwang zu der Forderung, daß es neben der Cassini-Trennung noch andere geben müsse. Da die Meinung des angesehenen Mathematikers Pierre Simon de Laplace bei seinen internationalen Kollegen einen hohen Stellenwert hatte, begann man zu Anfang des 19. Jahrhunderts, nach diesen Trennungen zu suchen.

Im Mai 1830 wurde vor der Royal Astronomical Society in London eine Schrift des zweiten Vorsitzenden, Henry Kater (1777-1835), verlesen. Darin hieß es u.a., daß Kater im Dezember 1825 und im Januar 1826 gesehen habe, daß der äußere Ring durch zahlreiche, dicht beieinander liegende dunkle Striche unterteilt war. Auf dem inneren Ring konnte er solche Striche jedoch nicht erkennen. Ferner hätte im Dezember 1823 der belgische Astronom Adolphe Quetelet (1796-1874) mit einem 10-zölligen Fernrohr eine Trennung im äußeren Ring gesehen.

In der Folgezeit wollten verschiedene Beobachter feine Trennungen im äußeren Ring gesehen haben, aber die Lagen dieser Trennungen - mehr zum äußeren oder mehr zum inneren Rand des äußeren Ringes - konnten nicht eindeutig lokalisiert werden, bis auf eine: Im April 1837 sah Professor Johann Franz Encke (1791-1865), der Direktor der Berliner Sternwarte, zum ersten Mal eine Trennung auf dem äußeren Ring, die er dann auch erfolgreich vermessen konnte und die nach seinem Namen die „Enckesche Trennung“ genannt wird. Der Botaniker und Astronom Heinrich Schwabe (1789-1875) konnte 1841 während einer Beobachtungsperiode von 30 Tagen die Enckesche Trennung viermal sehen.

Die Suche nach mehreren Trennungen war also nicht sonderlich erfolgreich verlaufen, brachte aber dennoch eine neue Entdeckung hervor: den sog. C-Ring, auch Flor-Ring genannt, noch innerhalb des inneren Ringes.

Die Benennung der Ringe mit Buchstaben geht auf Otto Wilhelm von Struve (1819-1905), dem Direktor der Dorpater Sternwarte (Estland) zurück. Nach dieser Nomenklatur, die sich bis heute erhalten hat, wurden die Ringe in der Reihenfolge ihrer Entdeckungen alphabetisch benannt. Der A-Ring ist demnach der äußere Ring bis zur Cassini-Trennung, daran schließt sich nach innen der B-Ring und daran der o.g. C-Ring bzw. Flor-Ring als planetennächster Ring an.

Das Wort „Flor-Ring“ (es geht auf den britischen Astronom William Lassell (1799-1888) zurück) sagt schon aus, daß es sich um ein hauchzartes Gebilde handelt, welches nur unter äußerst günstigen Bedingungen in ausreichend dimensionierten Instrumenten gesehen werden kann. Es gibt keinen namentlichen Entdecker, sicher ist aber, daß mindestens fünf renommierte Astronomen den C-Ring um 1850 herum gesehen hatten.

Aufgrund dieser neuerlichen Entdeckungen war es angebracht, sich wieder einmal über die Natur der Ringe Gedanken zu machen. Der amerikanische Astronom George Phillips Bond (1825-1865) folgerte aus der Tatsache, daß die Trennungen nur sporadisch - auch in qualitativ hochwertigen Instrumenten - gesehen wurden, daß die Ringe sich selbst veränderten. Traf dies tatsächlich zu, dann konnten die Ringe - ob zwei oder drei - niemals starr sein. Nach seiner Ansicht mußten sie flüssig sein, um die beobachteten Phänomene erklären zu können. Diese Ansicht Bonds wurde ein paar Jahre später von dem amerikanischen Mathematiker Benjamin Peirce (1809-1880) unterstützt.

1857 schließlich brachte der schottische Physiker James Clerk Maxwell (1831-1879) den wahren Sachverhalt ans Tageslicht. Er zeigte, daß die festen Ringe von Laplace zwar nicht völlig unmöglich waren, daß aber die dazu erforderliche Massenverteilung im Ringgefüge niemals das Aussehen hervorbringen konnte, welches man im Teleskop sah. Flüssige Ringe, wie

Bond sie annahm, müßten sich aufgrund verschiedener Gravitationsfelder – hervorgerufen durch unterschiedliche Entfernungen vom Planetenkörper – in eine Anzahl flüssiger Satelliten auflösen. Das einzige dauerhaft stabile Ringsystem setzt sich nach Maxwells Berechnungen aus einer unendlichen Anzahl - miteinander nicht in Verbindung stehender - Partikel zusammen, die entsprechend ihrer unterschiedlichen Entfernung vom Planetenkörper diesen auf Keplerbahnen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten umkreisen. Damit war bestätigt, was die beiden Cassinis 152 bzw. 142 Jahre zuvor bereits angenommen hatten.

Die nächste Frage lautete: Worin liegt die Ursache für die Cassinische Trennung? Der amerikanische Astronom Daniel Kirkwood (1814-1895) hatte 1866 herausgefunden, daß in bestimmten Bereichen im Planetoidengürtel zwischen Mars und Jupiter keine stabilen Umlaufbahnen um die Sonne möglich sind. Es handelt sich um solche Bereiche, in denen die Umlaufzeiten um die Sonne in einem ganzzahligen Verhältnis zu der Umlaufzeit Jupiters um die Sonne stehen. Beispielsweise sagt ein Verhältnis von 5:2 aus, daß fünf Umläufe eines Planetoiden genauso lange dauern wie zwei Umläufe des Jupiters um die Sonne. Diese sogenannten ganzzahligen Resonanzen zwischen Jupiter und diversen Planetoiden bewirken, daß in entsprechenden Bahnbereichen im Planetoidengürtel durch die gravitativen Wechselwirkungen Lücken entstehen.

Diese Theorie setzte Kirkwood auch auf die Lücken in den Saturnringen an. Hier waren die Verursacher in den Resonanzen der Umläufe der Monde des Saturn zu suchen. Beispielsweise hätte ein Ringpartikel mit einer Umlaufzeit von 11,3 Stunden um den Saturn eine Periode, die der Hälfte der Umlaufzeit des Mondes Mimas sowie der von einem Drittel des Mondes Enceladus, einem Viertel des Mondes Thetis und schließlich einem Sechstel des Mondes Dione entsprach. Das heißt, ein Partikel an dieser Stelle (es ist dies annähernd der Bereich der Cassinischen Trennung) im Ringsystem würde gleich von vier gravitativen Störungen beeinflusst werden, es kann sich daher dort nicht halten, folglich entsteht eine Lücke im Ringsystem. Die Gravitationskräfte des Mondes Rhea mit neunfacher und desgleichen die des Titan mit dreiunddreißigfacher Umlaufzeit verstärken noch den Effekt.

Kirkwoods Erklärung ließ keinen Zweifel mehr daran, daß die Saturnringe aus einzelnen Partikeln bestanden, welche den Planeten in seiner Äquatorebene auf Keplerbahnen konzentrisch umkreisten. Es erhob sich nun die Frage nach der Größe dieser Partikel und daraus folgernd die Dicke der Ringe.

Nach Entdeckung des Ringsystems durch Huygens herrschte diesbezüglich große Interpretationsfreiheit unter den zeitgenössischen Astronomen. William Herschel nahm 1789 eine Ringdicke von etwa 450 km an. Sein Sohn

Sir John Herschel (1792-1871) kam zu einem kleineren Ergebnis. Um 1813 stand aufgrund der Planetenkonstellation die Kante des Ringsystems in der Sichtlinie zur Erde, und die Ringe waren damit unsichtbar. Sir John, der die Möglichkeiten seines Fernrohres genau kannte, kam zu dem Schluß, daß er die Kante hätte sehen müssen, wenn sie mindestens 400 km dick gewesen wäre. Um 1828 stellte George Phillips Bond die gleichen Überlegungen an. Ihm stand jedoch ein besseres Instrument als Sir John Herschel zur Verfügung, er kam zu einer Ringdicke von weniger als 67 km. 1908 senkte der amerikanische Astronom Henry Norris Russell (1877-1957) diesen Wert nochmals auf 21 km.

Am 9. Februar 1917 verfinsterten die Ringe (nicht der Planet selbst) einen Hintergrundstern 7ter Größe. Der Stern trat in den A-Ring und wurde um etwa 75% dunkler, war dann in der Cassinischen Trennung wieder voll zu sehen (wie es sich William Herschel 1778 erhofft hatte), um erneut vom A-Ring bedeckt und abgeschwächt zu werden. Mit dieser Beobachtung konnte man eine Schätzung der Partikelgrößen vornehmen.

1919 behauptete der amerikanische Physiker Dr. Louis Bell (1864-1923), keines der Partikel könne größer als 16 km sein, wahrscheinlich sei ihre Größe weit geringer. Der britische Astronom Andrew Crommelin (1865-1939) berechnete aus den Beobachtungsergebnissen der Sternbedeckung durch die Ringe, daß die Partikel höchstens 800 m groß sein müßten. Er untermauerte dies mit dem Hinweis, daß in der Entfernung Erde-Saturn ein Körper dieser Größe den Stern hätte vollkommen bedecken müssen, was man aber nicht gesehen hatte. Selbst halb so große Objekte hätten den Stern bei einer vorüberziehenden Bedeckung mindestens flackern lassen müssen, aber auch das hatte man nicht wahrgenommen. Die Partikel mußten demnach sehr viel kleiner sein.

Und das sind sie in der Tat. Heute weiß man - nicht zuletzt durch die Beobachtungsergebnisse der Cassini-Raumsonde - daß die Partikelgrößen zwischen Größenordnungen von Millimetern bis mehreren Metern variieren und daß das Ringsystem stellenweise nur wenige hundert Meter dick ist. Im Verhältnis zu seinem Durchmesser von annähernd einer Million km ist dies extrem dünn.

L. Zimmermann 03/2009

Literatur:

Willy Ley - Die Himmelskunde, Econ-Verlag GmbH Düsseldorf und Wien 1965