

„Mir ist kein praktischer Nutzen der Saturnringe bekannt, weder für die Astronomie, noch für die Navigation [...] Doch vom Standpunkt der reinen Wissenschaft betrachtet, zählen die Ringe zweifellos zu dem Bemerkenswertesten unter den Himmeln, ausgenommen vielleicht jene noch unnützeren Himmelskörper, die Spiralnebel [...]“

James Clerk Maxwell, 1856

### Liebe Leserin, lieber Leser,

vor 400 Jahren, man schrieb den Juli anno 1610, drang Galileo Galilei (1564–1642) mit seinem Fernrohr bis an die Grenze des damaligen Sonnensystems vor. Er richtete es auf den Saturn. Was er sah, war unglaublich: Der Planet war dreifach! Saturn hatte „Anhängsel“! Sie kämen ihm vor „wie zwei Diener, welche dem alten Saturn beistehen, seinen Weg zurückzulegen und nicht von seiner Seite weichen“, schrieb er.

Zwei Jahre später war die Welt wieder in Ordnung, d. h. Saturn „einfach“, und Galilei misstraute seinen Beobachtungen von 1610, hielt die „Henkel“ des Saturn der schlechten Qualität seines 30-fach vergrößernden Fernrohres geschuldet. (Dabei waren die Ringe damals just in Kantenstellung wie im September 2009.) Galilei sollte nie erfahren, dass er die Ringe des Saturn gesehen, aber eben nicht als solche erkannt hatte. Das Rätsel um die Saturn-„ohren“ wurde 14 Jahre nach Galileis Tod gelöst. Christiaan Huygens (1629–1695) teilte angelegentlich seiner Titanentdeckung den Kollegen geheimnisvoll mit: „aaaaaaa ccccc d eeeee g h iiiiii llll mm nnnnnnnn oooo pp q rr s ttttt uuuuu“. Der Christiaan wollte weitere Beobachtungen abwarten, aber sich vorsorglich den Anspruch auf die Entdeckung des Saturnrings durch ein Anagramm sichern. Das war damals übliche Praxis. Übertragen lautet der entschlüsselte lateinische Text: „er wird von einem dünnen, ebenen, nirgends [mit Saturn] zusammenhängenden, gegen die Ekliptik geneigten Ring umgürtet“.

Huygens hatte 1655 den Saturnmond Titan aufgefunden. Da nach seiner Ansicht damit das Sonnensystem komplett sei – sechs richtige Planeten und sechs Planetenmonde schienen ihm genug –, hatte er keine Veranlassung gesehen, nach weiteren Saturnmonden Ausschau zu halten. Das tat ein anderer. Rhea wurde 1672 von D. Cassini entdeckt.

Und heute? Das Studium der Saturnringe floriert, dank der Weltraumfahrt. Das Ringsystem erweist sich als ein ideales Laboratorium für die Physik der Strukturbildung in komplexen Systemen.

Übrigens, den größten aller Saturnringe hat man erst unlängst bemerkt, im Herbst vorigen Jahres. Am Himmel erscheint er doppelt so groß wie der Vollmond. Doch dazu weiter unten.

Vielleicht sollten Sie doch noch einen letzten Blick auf den Ringplaneten erhaschen, bevor sich dieser für die nächsten Monate vom Nachthimmel zurückzieht.

Einen meteorologischen Sommer, der dem astronomischen in nichts nachsteht, wünscht Ihnen

Ihr Hans-Erich Fröhlich

## Der Himmel im Juli

Als Abendstern nähert sich die Venus der Erde. Anfang Juli ist sie immer noch weiter als die Sonne von uns entfernt. Noch vergrößert sich ihr Winkelabstand zur Sonne. Halbvenus wird am 20. August sein.

Mars und Saturn verabschieden sich am Westhimmel von uns. Im Kommen ist Jupiter. Gegen Monatsende kulminiert er in der Morgendämmerung. Und er wird rückläufig. Mit dem Stillstand am 23. Juli beginnt seine diesjährige Oppositionsphase. Nur wenige Grad vom Jupiter entfernt zieht übrigens Uranus seine Oppositionsschleife. Wegen des größeren Abstands zur Sonne fällt dessen parallaktische Schleife naturgemäß kleiner aus als die des Jupiter.

Eine totale Sonnenfinsternis gibt's auch. Leider nicht bei uns! Aber, falls Sie immer schon einmal zur Osterinsel wollten, am 11. Juli könnten sie das Touristische mit dem Astronomischen verbinden und als Zugabe noch eine fast fünfminütige Sonnenfinsternis mitnehmen.

## Die Ringe des Saturn

Die Mehrzahlform ist korrekt. *Den* Saturnring gibt es nicht. Die Cassinische Teilung, entdeckt 1675 von Giovanni Domenico Cassini (1625–1712), ist die auffälligste Trennlinie. Bereits Cassini meinte, die Ringe bestünden aus Myriaden kleiner Teilchen, Miniaturmonden. Schließlich kann man das Leuchten heller Sterne durch die Ringe durchschimmern sehen.

Aber erst 1856 konnte James Clerk Maxwell (1831–1879), derselbe, der die klassische Elektrodynamik begründete, in einer preisgekrönten Arbeit beweisen, dass die Ringe aus Stabilitätsgründen weder fest, noch flüssig, noch aus einer Ansammlung konzentrischer starrer Kreisringe bestehen können. Sie müssen granularer Natur sein.

Die Mikrometer- bis dutzende Meter großen Ringteilchen folgen den Keplerschen Gesetzen. Die dem Saturn näheren Partikeln umrunden diesen in einer kürzeren Zeit, als die weiter von ihm entfernten. 1895 konnte die differentielle Rotation der Ringe dank des Dopplereffekts bei den Fraunhoferschen Linien gemessen werden. James E. Keeler und William W. Campbell hatte das Ringlicht, reflektiertes Sonnenlicht, spektroskopiert gehabt.

Die Cassinische Teilung trennt den äußeren A-Ring vom inneren B-Ring. Innerhalb des inneren wurde 1838 von dem Berliner Astronomen Johann Gottfried Galle (1812–1910) ein innerster gefunden, der Krepp- oder Floring (C-Ring). (Galles Todestag jährt sich im Juli zum hundertsten Male. Er starb am 19. Juli 1910 in Potsdam.)

Inzwischen haben Nahaufnahmen der Saturnringe von Raumsonden aus eine viel filigranere Wirklichkeit enthüllt. Es gibt Einzelringe zuhauf!

Die Teilungen und Lücken sind offenbar den ringnahen Monden und Mönchen geschuldet, deren Schwerkraft zusätzlich zu der des Saturn an den Ringpartikeln zerzt. An Stellen, wo Ringteilchen in Resonanz mit einem Saturnmond gerieten, ist die Teilchendichte meist gering. Das ist erklärlich, dort schaukeln sich himmelsmechanische Störungen auf, was dazu führt, dass ein Teilchen in einer Lücke diese schnell verlässt und auf eine andere Bahn gerät. Cassinis Teilung ist dem Mimas geschuldet. Ein Teilchen in der Teilung ist in einer 2 : 1 Resonanz mit diesem Mond. Nach jeweils zwei Umläufen findet es den Mond in der gleichen Position wieder.

Bahnresonanzen sorgen auch für scharf definierte Ringaußenkanten. Der A-Ring endet abrupt an einer 7 : 6 Resonanz mit den Monden Janus und Epimetheus. (Es stimmt: Beide sind ungefähr gleichweit vom Saturn entfernt. Mal ist der eine wenige Dutzend Kilometer dem Saturn näher, mal der andere. Das wechselt alle vier Jahre. Es wird gesagt, der Entdecker des Janus, Audouin Dollfus, sei sich nicht mehr sicher, ob er nicht vielleicht doch 1966 den Epimetheus entdeckt hat. Das Pärchen ist ein himmelsmechanisches Kuriosum – und eine andere Geschichte.)

Dann gibt es die sog. Schäfer- oder Hirtenmonde. Zwei Monde können Ringteile, die sich zwischen ihnen befinden, gravitativ im Zaume halten. Ein

Beispiel (Quelle: JPL/NASA) sind Prometheus und Pandora. Sie halten den F-Ring zusammen. Pandora befindet sich, vom Saturn aus gesehen, jenseits des F-Rings, Prometheus dieseits. Nach außen abdriftende Teilchen werden gravitativ von der Pandora zurückgetrieben, nach Innen abdriftende vom Prometheus. Schwerkraft ist zwar anziehend, im Verein mit Drehimpuls und Reibung muss dies aber nicht automatisch auf Annäherung hinauslaufen. „Abstoßung“ kann sehr wohl die Folge sein, auch wenn dies der Intuition zuwiderläuft.

Wieso driften Ringpartikeln ab? Unelastische Stöße zwischen ihnen bewirken einen ständigen Energieverlust und eine Umverteilung von Drehimpuls. Das granulare Ringmaterial verhält sich wie eine viskose (klebrige) Masse. Dies führt, falls ungehindert, zu einer allmählichen Verbreiterung der Ringe in radialer Richtung, einem Auseinanderfließen. (Man kennt das von Akkretionsscheiben.) Stöße bewirken auch, dass vertikale Geschwindigkeiten, also senkrecht zur Scheibenebene, schnell abgebaut werden. Die optisch hellen Ringe, wo die Stoßwahrscheinlichkeit hoch ist, sind dementsprechend ausgesprochen dünn. Ihre vertikale Ausdehnung beläuft sich auf hundert Meter, und das bei einem Ringdurchmesser von beinahe 300 000 km!

Dass die Ringe in der Äquatorialebene des Saturn liegen, hat mit der Abplattung des Planeten zu tun. Gegen die Äquatorialebene geneigte Bahnen würden präzessieren, was vermehrt Stöße zwischen Teilchen auf unterschiedlich geneigten Bahnen nach sich zöge. Bei einem rein kugelförmigen Planeten gäbe es keine derart ausgezeichnete Ebene.

Monde verhindern durch ihre gravitative „Abstoßung“ – ich gebrauche diesen Begriff, wenn auch schlechten Gewissens – das Zerfließen der Ringe. Es entstehen Lücken. Der 10-km-Mond Pan, der innerste der Saturnmonde, beispielsweise hält auf diese Weise die 325 km breite Encke-Lücke frei. (Der Name erinnert an den Direktor der Berliner Sternwarte, Johann Franz Encke (1791–1865), der beim Ausprobieren eines neuen Okulars am Abend des 25. April 1837 eine Lücke im A-Ring gesehen hat.) Ist ein Mündlein allerdings zu klein, ist es nicht in der Lage, entlang seiner Umlaufbahn eine durchgängige Bresche zu schlagen. Nur in seiner unmittelbaren Nähe sollte sich ein Freiraum bilden, flankiert von Gebieten erhöhter Teilchendichte, weiter weg fließt das Ringmaterial bereits wieder, von Stößen getrieben, zusammen und schließt die Lücke. Auf diese Weise sollten sich, wie Potsdamer Forscher vor wenigen Jahren behaupteten, sogar vergleichsweise seltene Ringpartikeln mit einem Durchmesser von, sagen wir, 100 Metern, indirekt verraten. Und in

der Tat lassen hochauflösende Aufnahmen der Cassini-Sonde winzige „propellerartige“ Strukturen in den Ringen erkennen. Damit lassen sich selbst die wegen ihrer Kleinheit unsichtbaren Saturnmündlein statistisch erfassen. Ihre Anzahl dürfte in die Hunderttausende, wenn nicht gar Millionen gehen.

Eine gravitative Verklumpung des Ringmaterials zu richtigen Monden ist ausgeschlossen. Das vereiteln die Gezeiten des Saturn. Die Saturnringe, jedenfalls die, die man vom Fernrohr kennt, befinden sich, alle innerhalb der sog. Roche'schen Grenze. Die auseinanderzerrenden Gezeitenkräfte übersteigen dort die Eigengravitation eines Himmelskörpers gegebener Dichte.

Völlig überraschend sind ephemere *radiale* Strukturen im B-Ring, treffend als „Speichen“ bezeichnet. Sie sind Saturnkennern länger schon bekannt. Ernst genommen wurden sie allerdings erst, als Nahaufnahmen der Voyager Sonden 1980/81 die Realität dieser Gebilde außer Frage stellten. Das Problem: Da die inneren Ringbereiche schneller rotieren als die äußeren, scheinen sie den Keplerschen Gesetzen nicht zu gehorchen. (Auf Wellen trifft dieser Einwand nicht zu. Dichtewellen in Spiralnebeln widerstehen ja auch dem Aufwickeln durch differentielle Rotation.) Vermutlich handelt es sich um ein elektromagnetisches Phänomen. Dafür spricht, dass die „Speichen“ nur in bestimmten Jahreszeiten auftreten. Die Sonnenbestrahlung und photoelektrische Aufladung der Ringe hängt nun in der Tat von der Jahreszeit ab. Zu Beginn des Saturnfrühlings bzw. -herbstes erhebt sich die Sonne beispielsweise kaum über die Ringebene. Eine befriedigende Erklärung für die „Speichen“ steht allerdings noch aus.

Die vielleicht brennendste Frage: Sind die Ringe ein Relikt aus Urzeiten – Material, das zu keinem Mond werden konnte –, oder nur eine Episode, ausgelöst beispielsweise durch den kürzlichen Zusammenstoß zweier Monde oder das Zerschneiden eines Kometen in der Roche-Zone? Für eine Episode spricht, dass die Eispartikeln in den Saturnringen ziemlich hell sind. Sie können nicht allzu lange dem Bombardement durch kosmischen Staub und durch die kosmische Partikelstrahlung ausgesetzt gewesen sein. (Jahrhundertalte Kometen, „schmutzige“ Schneebälle, sehen anders aus: schwarz!) Wie sich im Falle des E-Ringes zudem andeutet, wird dieser allein durch den Kryovulkanismus des Enceladus am Leben erhalten. Ja, Kälte kann, wie Hitze, zu vulkanischer Aktivität Anlass geben. Die Geysire am Südpol des Enceladus spucken (eventuell mit Ammoniak vermisches) Wassereis. Ohne das wäre der E-Ring längst aufgebraucht.

Den größten Saturnring hatte man bis vor kurzem überhaupt übersehen. Er

wurde erst im vorigen Jahr vom Spitzer-Weltraumteleskop der NASA entdeckt. Der dicke Infrarotring um Saturn ist 200-mal größer als dieser. Gespeist wird er vermutlich von der in Urzeiten eingefangenen Phoebe, einem 200-km-Mond, der in 215 Saturnradien den Mutterplaneten retrograd umkreist. Vermutlich rotiert auch der Ring selbst verkehrt herum (also von oben gesehen im Uhrzeigersinn).

Der neue Ring löst ein altes Rätsel: Die Frontseite des Japetus ist auffallend dunkel. Dass des Japetus Helligkeit wegen seiner gebundenen Rotation – er zeigt dem Saturn immer dieselbe Seite – während eines Saturnumlaufs variiert – östlich vom Saturn, er kommt dann auf uns zu, ist er fünfmal lichtschwächer als westlich –, war bereits Cassini aufgefallen. (Der hatte den Japetus 1671 westlich vom Saturn entdeckt gehabt, ihn aber nur mit Mühe an der östlichen Seite wiederauffinden können.) Seit Herbst vergangenen Jahres ahnen wir den Grund dafür – aufgesammeltes kohliges Phoebematerial! Zu Ehren Cassinis, der als erster von der dunkleren Seite sprach, heißt diese *Cassini regio*.