

## Planetarische Umgebungen, Teil 9:

### Saturn von Garry Toth und Don Hillger (Unbemannte Satellitenphilatelie<sup>(1)</sup>)

Übersetzung mit freundlicher Genehmigung der Autoren durch Frank Kunze

Dies ist der neunte Artikel der Astrofax-Serie über planetare Umgebungen. Die ersten acht Teile der Reihe erschienen in den vorherigen Ausgaben von Astrofax:

1. Planetare Umgebungen, Teil 1: Einführung (Band 31, Ausgabe 2, Sommer 2023)
2. Planetare Umgebungen, Teil 2: Der Mond (Band 31, Ausgabe 3, Herbst 2023)
3. Planetare Umgebungen, Teil 3: Merkur (Band 31, Ausgabe 4, Winter 2023)
4. Planetare Umgebungen, Teil 4: Venus (Band 32, Ausgabe 1, Frühling 2024)
5. Planetare Umgebungen, Teil 5: Mars, Teil 1 (Band 32, Ausgabe 2, Sommer 2024)
6. Planetare Umgebungen, Teil 6: Mars, Teil 2 (Band 32, Ausgabe 3, Herbst 2024)
7. Planetare Umgebungen, Teil 7: Jupiter (Band 32, Ausgabe 4, Winter 2023) 2024)
8. Planetare Umgebungen, Teil 8: Jupiters Monde (Band 33, Ausgabe 1, Frühjahr 2025)

Dieser Artikel befasst sich mit dem Planeten Saturn. Einige seiner Ringe und Monde werden erwähnt, jedoch ohne ins Detail zu gehen. Der nächste Artikel dieser Reihe, Teil 10, widmet sich den wichtigsten Saturnmonden.

### Einleitung und Geschichte

Saturn ist einer der beiden Gasriesen im Sonnensystem. Der andere ist Jupiter, mit dem er einige Eigenschaften teilt, obwohl ihn seine leuchtenden Ringe einzigartig machen. Er ist der erdfernste Planet, der mit bloßem Auge gut sichtbar ist und allen antiken Völkern bekannt war. Die ältesten schriftlichen Aufzeichnungen über den Planeten, aus der Zeit um 700 v. Chr., werden den Assyern zugeschrieben (siehe [Referenz\[1\]](#)). Um 400 v. Chr. benannten die Griechen diesen „Wandelstern“ zu Ehren von Kronos, einem Sohn von Gaia (Erde) und Uranos (Himmel). Kronos war der griechische Gott der Landwirtschaft, und im Neugriechischen trägt der Planet weiterhin diesen Namen (Κρόνος); die römische Entsprechung, Saturn, ist der Name, den die meisten von uns heute verwenden (Abb. 1).



Abb. 1. Marshall Islands, FDC, Sc582i, 1994

Die ersten teleskopischen Beobachtungen des Planeten wurden von Galileo Galilei im Juli 1610 durchgeführt (Abb. 11).

Abb. 2 zeigt Galileis Teleskope im Kontext des Saturns. Er sah zwei Ausbuchtungen (lateinisch: ansae) an beiden Seiten der Saturnscheibe. Schlimmer noch: Mit der Zeit verschwanden sie, sodass er sich fragte, ob Saturn seine Kinder verschluckt hatte.

Doch später tauchten sie wieder auf! Er war ratlos. Heute wissen wir, dass sein Teleskop die Ringe nicht auflösen konnte und die Ausbuchtungen verschwanden, wenn die Ringe von der Erde aus gesehen von der Kan-



Abb. 2. Liberia, no Cat#, 2024

te her sichtbar waren. Einige seiner Skizzen des Saturns sind [hier \[2\]](#) zu finden.



Abb. 3. Rumänien, Sc3135a, 1983

Johannes Kepler (Abb. 3 zeigt ihn und Saturn) glaubte, dass die Planeten die Erdatmosphäre beeinflussen könnten. So nahm er beispielsweise an, dass die Konjunktion von Saturn und Sonne kaltes Wetter verursachen würde. Er veröffentlichte astrometeorologische Kalender, die Wettervorhersagen enthielten (siehe [Referenz \[3\]](#)). Am Rande sei erwähnt, dass die „beste jemals beobachtete Konjunktion“ von Saturn und Jupiter am 21. Dezember 2020 stattfand (siehe Referenz 1 und [online \[4\]](#)).

Die nachfolgenden Arbeiten (siehe [Referenz \[5\]](#)) bauten auf Galileis Studien auf. Der niederländische Astronom Christiaan Huygens (Abb. 4 und 26) konstruierte ein Linsenfernrohr, mit dem er 1655 Saturns größten Mond Titan entdeckte. Damals waren die Ringe von der Erde aus noch von der Kante aus zu sehen und daher für ihn unsichtbar. In den



Abb. 5. Großbritannien, SC1285-8, 1989, Cotswold Covers

folgenden Jahren erkannte er jedoch, dass die Ansaen in Wirklichkeit einen großen Ring um den Planeten bildeten, und veröffentlichte diese Entdeckung 1666 in seinem Werk „Systema Saturnium“. Beobachtungen des englischen Universalgelehrten Robert Hooke im Jahr 1666 (Abb. 5, ein Abdruck eines britischen



Abb. 4. Grenada, Sc2932h, 2000

Ersttagsbriefs) und des ersten königlichen Astronomen John Flamsteed im Jahr 1671 (Abb. 6) verfeinerten Huygens' Arbeit. Damit war der Weg für den Astronomen Jean-Dominique Cassini (Abb. 7, 26



Abb. 6. Guinea, Mi7610, 2010

und 28) geebnet, der 1675 eine dunkle Lücke (die „Cassini-Teilung“) zwischen den heutigen Ringen A und B entdeckte. Dies bewies, dass der gesamte Ring keine starre Scheibe war. Cassini entdeckte außerdem die Monde Iapetus, Rhea, Tethys und Dione. Cassini und seine Saturn-Entdeckungen sind auf einer neuen italienischen Briefmarke abgebildet (Erscheinungstermin: 8. Juni 2025).

Die meisten späteren Astronomen gingen davon aus, dass Saturn von mehreren festen Ringen umgeben sei. War das überhaupt möglich? In einer der frühesten theoretischen Studien über den Ringplaneten zeigte der schottische Physiker James Clerk Maxwell (Abb. 8) 1859, dass „das einzige existierende Ringsystem aus einer unbestimmten Anzahl unverbundener Partikel besteht, die den Planeten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten, abhängig von ihren jeweiligen Entfernungen, umkreisen“



Abb. 7. Kamerun, No Cat#, 2017

([Referenz \[6\]](#)). 1895 beobachtete der amerikanische Astronom James Edward



Abb. 8. San Marino, Sc1242, 1991

Keeler, dass sich die inneren Ränder der Ringe schneller bewegten als ihre äußeren, und bestätigte damit Maxwells Berechnungen ([Referenz \[7\]](#)). 1947 sagte der Astronom Gerard Kuiper voraus, dass die Ringe aus Wassereispartikeln bestehen. Wir wissen heute, dass sie zu 90–95 % aus Wassereis bestehen, vermischt mit Gesteinsfragmenten: Milliarden von Partikeln, deren Größe von

einem Zuckerkorn bis zu einem Haus reicht und die vermutlich Überreste von Kometen, Asteroiden oder zerbrochenen Monden sind ([Referenz \[8\]](#)). Die Ringe sind im Vergleich zu ihrer horizontalen Ausdehnung sehr dünn. Verschiedene Schätzungen reichen von nur 10 m bis zu etwa 1 km Dicke.

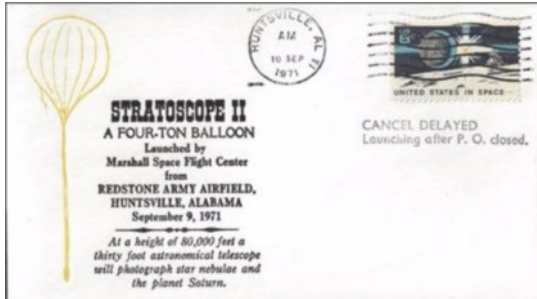


Abb. 9. Stratoscope-2 Launch Cover, Centennial Cachet, 1971

Bodenbasierte Teleskopbeobachtungen wurden im 20. und 21. Jahrhundert fortgesetzt. In einigen Experimenten wurden Teleskope in die Atmosphäre getragen (z. B. Abb. 9, die Startabdeckung des Stratoscope-2-Balloons, der ein Teleskop zur Fotografie von Saturn und anderen Himmelsobjekten in 24 km Höhe transportierte). Kontinuierliche Verbesserungen bodenbasierter Teleskope und Beobachtungstechniken ermöglichten zahlreiche wertvolle Studien des Saturnsystems. So

wurde beispielsweise die Infrarotspektroskopie mit dem 5,1-m-Hale-Teleskop auf dem Mount Palomar eingesetzt, um die Höhe und die Streueigenschaften der Saturnwolken und des Dunstes zu messen (Ref. 3). Auch das Very Large Array (VLA) wurde zur Untersuchung der Saturnatmosphäre verwendet (Ref. 4).

Das Weltraumzeitalter revolutionierte die Planetenforschung. Weltraumteleskope brachten das Sonnensystem näher an die Erde heran. Abbildung 10 zeigt beispielsweise Saturn in prächtigen Falschfarben, zusammengesetzt aus drei Infrarotbildern (IR), die im Januar 1998 vom Hubble-Weltraumteleskop (HST) aufgenommen wurden. „Unterschiedliche Farben deuten auf unterschiedliche Höhen und Zusammensetzungen von Wolkenschichten hin, die im Allgemeinen aus Ammoniak-Eiskristallen bestehen“ ([Original-](#)



Abb.10. Großbritannien, Sc1870, 1999

[bild \[9\]](#) mit Beschreibung). Abbildung 11 verdeutlicht den enormen

Unterschied zwischen dem HST und dem ersten Teleskop von Galileo. Im Rahmen des OPAL-Programms (Outer Planet Atmospheres Legacy) beobachtet

das HST die vier Gasriesen. Die Beobachtungen des Saturns im Rahmen dieses Programms begannen 2018. „Das Hauptziel von OPAL ist die Untersuchung langfristiger Trends, die mit saisonalen oder anderen Entwicklungszyklen (einschließlich Sturmaktivität, Windfeldvariabilität und Veränderungen der Aerosole) in den hochdynamischen Atmosphären der Gasriesen zusammenhängen“ ([Referenz \[10\]](#)). Seit seinen Anfängen vor etwa 10 Jahren hat OPAL einige bedeutende Veränderungen dokumentiert (siehe z. B. [hier \[11\]](#)). Seine

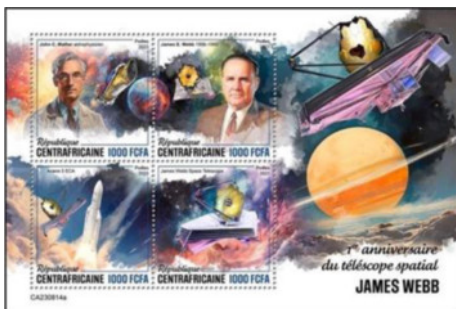


Abb.12. Zentralafrika, Mi6171-6174, 2023

Beobachtungen bilden eine Grundlage für andere Programme. Das James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) hat ebenfalls Infrarotbilder aller vier Riesenplaneten aufgenommen. Saturn war der letzte der Vier, den es am 25. Juni 2023 beobachtete (siehe [Referenz \[12\]](#)). Abb. 12, ein MS4-Kleinbogen (mit vier Briefmarken), der zum ersten Jahrestag des JWST herausgegeben wurde, zeigt Saturn ebenfalls am rechten Rand. Im Jahr 2009 entdeckte das SST



Abb.11. Marokko, Sc1086, 2009



(Spitzer-Weltraumteleskop, Abb. 13) einen riesigen Ring mit geringer Dichte, der mit dem fernen und kleinen Saturnmond Phoebe in Verbindung steht ([Referenz \[13\]](#)).

Im Raumfahrtzeitalter wurden interplanetare Raumsonden mit wissenschaftlichen Instrumenten entwickelt, die Planeten aus nächster Nähe beobachten konnten. Vier dieser Sonden haben den Ringplaneten besucht: Pioneer-11 (aber nicht sein Zwilling Pioneer-10), Voyager-1 und -2 sowie Cassini-Huygens.



Abb.13. Sierra Leone, Sc2931a, 2009

### Pioneer-11

Pioneer-11 startete am 6. April 1973, flog am 12. Februar 1974 an Jupiter vorbei und sichtete Saturn erstmals am 20. November 1975 (Abb. 14). Die Raumsonde detektierte Saturns Bugstoßwelle am 31. August 1979 in einer Entfernung von etwa 1,5 Millionen Kilometern. Dies war der erste eindeutige Beweis dafür, dass Saturn eine Magnetosphäre besitzt. Mithilfe seines Infrarotradiometers stellte Pioneer-11 fest, dass der Planet  $2,8 \pm 0,9$ -mal mehr Energie abgibt, als er von der Sonne empfängt.



Abb.14. Pioneer-11 Event Cover, SCCS Cachet, 1975

Die Raumsonde Pioneer-11 nahm 440 Bilder des Planetensystems auf. Am 1. September 1979 flog sie in etwa 21.000 km Höhe über den Wolkenobergrenzen an Saturn vorbei (Abb. 15 und 16). Einige der Aufnahmen zeigten, dass Saturn, ähnlich wie Jupiter, latitudinale Wolkenbänder aufweist, die jedoch schwächer ausgeprägt sind – weniger farbenprächtig. Die durchschnittliche Temperatur der Wolkenobergrenzen des Planeten wurde mit etwa  $-180\text{ °C}$  gemessen. Pioneer-11 entdeckte außerdem einen neuen Ring, den F-Ring, und bestätigte, dass der Mond Titan eine bedeutende Atmosphäre besitzt. Die wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse der Sonde im Saturnsystem sind [hier \[14\]](#) und [hier \[15\]](#) zusammengefasst.

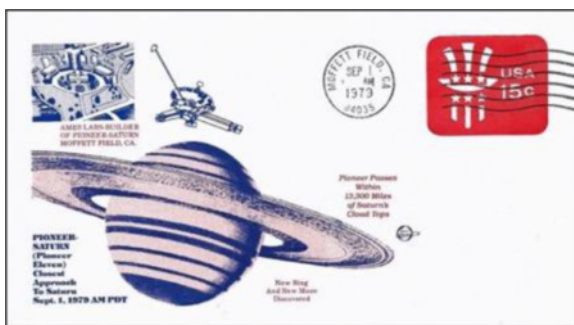


Abb.15. Pioneer-11 Cover, Space Voyage Cachet, 1979

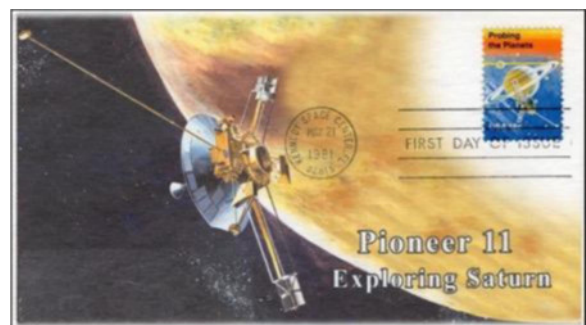


Abb.16. USA, Sc1916, 1981

### Voyager-1 und Voyager-2

Voyager-1 (Start: 5. September 1977) und Voyager-2 (Start: 20. August 1977) wurden entwickelt, um Jupiter und Saturn detaillierter zu erforschen als die vorherigen Pioneer-Sonden. Voyager-1 (siehe [Referenz \[16\]](#) und Abb. 17) begann ihre Saturn-Vorhersagephase am 22. August 1980. Die Palau-Briefmarke in Abb. 18 zeigt „die ersten fotografischen Aufnahmen von Saturn, die von Voyager-1 gemacht wurden“.

Diese Darstellung stammt aus einer künstlerischen Bearbeitung einer Bildmontage des Saturnsystems, die Voyager-1 im November 1980 aufgenommen hat. Das Original und weitere Informationen dazu finden Sie [hier \[17\]](#) und [hier \[18\]](#). Dasselbe Bild, um 70 Grad nach links gedreht, ist auf einer aktuellen Briefmarke aus Togo abgebildet (Abb. 19). Voyager-1 lieferte insgesamt rund 19.000 Fotos des Saturnsystems.



Abb.17. Malediven, Sc3941c, 2017

Aufgrund der verlockenden Beobachtungen der Titan-Atmosphäre durch Pioneer-11 schickten die Missionsplaner Voyager-1 in die Nähe von Titan, obwohl die erforderliche Flugbahn sie aus der Ekliptik herausführen würde, sodass sie nicht wie Voyager-2 später zu Uranus und Neptun weiterfliegen könnte.

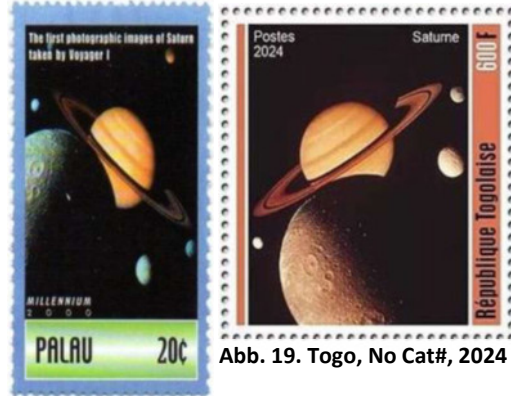


Abb.19. Togo, No Cat#, 2024

Abb.18. Palau, Sc539b, 2000

Voyager-1 flog am 11. November 1980 in einer Entfernung von 6500 km an Titan vorbei. Die größte Annäherung an Saturn, in 126.000 km Höhe über den Wolkenobergrenzen, erfolgte etwa 18 Stunden später (Abb. 20). Voyager-1 lieferte spektakuläre Bilder von Saturn und seinen Ringen, die aus Tausenden einzelner Ringe bestehen. Die Sonde beobachtete eine dynamische Saturnatmosphäre mit Stürmen in Form von Wirbeln und/oder Ovalen, die in die planetaren, breitenverlaufenden Wolkenbänder eingebettet sind. Sie fand heraus, dass etwa 7 % der oberen Saturnatmosphäre aus Helium bestehen, während der Rest fast vollständig aus Wasserstoff besteht. Aufgrund dieser leichten Elemente ist Saturn der einzige Planet im Sonnensystem, dessen mittlere Dichte geringer ist als die von Wasser.



Abb.20. Voyager-1 Cover, Space Voyage Cachet, 1980



Abb.21. Voyager-1 Cover, Boudwin-Cachet (?), 1980

Die Raumsonde bestätigte Saturns schnelle Rotation, indem sie eine Tageslänge von 10 Stunden, 39 Minuten und 24 Sekunden maß. Diese rasche Rotation, die auf elektrische Ströme im Kern wirkt, erzeugt ein starkes Magnetfeld und eine große Magnetosphäre. Voyager-1 beobachtete außerdem ostwärts gerichtete

äquatoriale Winde, die in der oberen Atmosphäre mit Geschwindigkeiten von bis zu 1800 km/h toben. Wir wissen nun, dass im Sonnensystem nur Neptun stärkere Winde aufweist.

Die Analyse dieser Beobachtungen führte zu dem Schluss, dass „die Winde nicht auf die oberste Wolkenschicht beschränkt sind, sondern sich mindestens 2000 km tief in die Atmosphäre erstrecken müssen“ (Ref. 2). Die Winde nehmen mit zunehmender geografischer Breite ab, und die



Abb.22. USA, Booklet, 1991



ersten westwärts gerichteten Strömungen treten bei etwa 40° N oder S auf. Die Saturn-Vorbeiflugphase von Voyager-1 endete am 15. Dezember 1980 (Abb. 21).

Voyager-2 folgte etwa neun Monate später (Abb. 22). Sie setzte die Arbeit von Voyager-1 mit weiteren Beobachtungen von Saturn, seinen Ringen und Monden während des nördlichen Winters fort. Am 5. Juni 1981 begann die Raumsonde ihre Saturn-Begegnung und lieferte die ersten Fotos des Ringplaneten (Abb. 23). Ihre geplante Flugbahn durch das Saturnsystem nutzte eine seltene Konstellation der Riesenplaneten, die es ihr ermöglichte, mit minimalem Treibstoffverbrauch von Saturn über Uranus



Abb.23. Voyager-2 Cover, Space Voyage Cachet, 1981

zu Neptun zu gelangen. Die größte Annäherung von Voyager-2 an Saturn erfolgte am 25. August 1981 in 101.000 km Höhe über den Wolken (Abb. 24). Am 26. August führte die Raumsonde eine Radiookkultation der oberen Saturnatmosphäre durch. Die Daten wurden anschließend ausgewertet, um Temperatur- und Druckprofile in Abhängigkeit von der Höhe in der Atmosphäre zu erstellen und die Ausrichtung des Magnetfelds in der oberen Ionosphäre abzuleiten (siehe [Referenz \[19\]](#)). Beispielsweise wurde in 70 hPa Höhe (ungefähr an der Wolkenobergrenze) eine Mindesttemperatur von -191 °C gemessen. In den tieferen untersuchten Schichten (1200 hPa; der Oberflächendruck der Erde liegt bei etwa 1000 hPa) stieg die Temperatur auf -130 °C. Die Saturn-Vorbeiflugphase von Voyager-2 endete am 28. September 1981 (Abb. 25).



Abb. 24. Voyager-2Cover, ZASO-IASP Cachet, 1981

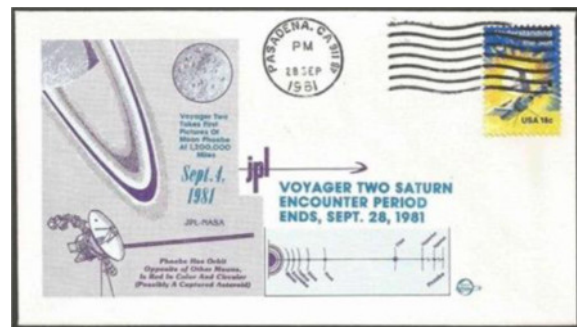


Abb.25. Voyager-2 Cover, Space Voyage Cachet, 1981

## Cassini-Huygens

Saturn und Titan blieben weiterhin ein attraktives Ziel, und die ambitionierte Cassini-Huygens-Mission (C-H) wurde schließlich realisiert. C-H bestand aus einem Saturnorbiter („Cassini“) und einer Titanlandefähre („Huygens“). Der Start von der Erde erfolgte am 15. Oktober 1997. Das Titelbild des Starts (Abb. 26) zeigt die Raumsonde sowie die beiden Astronomen, nach denen sie benannt wurde. Nach einer Reihe komplexer Swing-by-Manöver an Venus, Erde und Jupiter erreichte C-H am 30. Juni 2004 schließlich die Umlaufbahn um Saturn (Abb. 27).



Abb.26. C-H Launch Cover Space Voyage Cachet, 1997

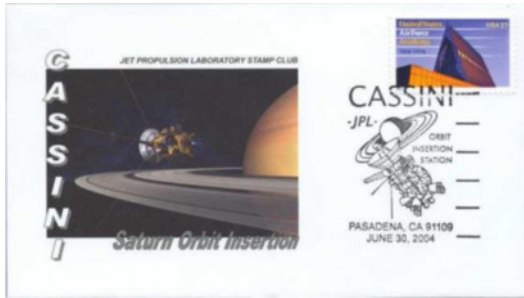


Abb.27. C-H Event Cover JPL Cachet, 2004

Zum 10. Jahrestag dieses Ereignisses wurde ein Sonderbriefmarkenbogen (SS1) herausgegeben (Abb. 28). Er zeigt Cassini und die Raumsonde C-H, deren Abbildung am oberen Rand anschaulich die Befestigung der Huygens-Sonde (aus Bronze) an der deutlich größeren Cassini-Sonde verdeutlicht. Die wissenschaftlichen Ziele der Mission sind [hier \[20\]](#) zusammengefasst. Für



Abb.28. Guinea, Bl. 246, 2014

Saturn selbst sollte die Sonde „Wolkeneigenschaften und die Zusammensetzung der Atmosphäre, Winde und Temperaturen, die innere Struktur und Rotation, die Ionosphäre sowie deren Entstehung und Entwicklung untersuchen“. Cassini sollte ähnliche Studien auf Titan durchführen und die Huygens-Sonde in dessen Atmosphäre aussetzen. Weitere Ziele waren die Beobachtung der Saturnringe, der Magnetosphäre und der Eismonde.

Ein Abschnitt über Saturns Magnetosphäre und Polarlichter folgt weiter unten. Titan und einige andere Saturnmonde werden im nächsten Artikel dieser Reihe behandelt. In diesem Artikel werden die Ringe nur kurz erwähnt (umfangreiche Informationen dazu sind online verfügbar). Sie sind ein starkes Kennzeichen des Planeten und finden sich auf vielen philatelistischen Objekten



Abb.29. Großbritannien, Sc3117, 2012

wieder. Ein Beispiel ist eine Briefmarke mit der Abbildung „Saturn, der Gasriese, und seine sonnenbeschienenen Ringe, aufgenommen vom Satelliten Cassini“ (Abb. 29).

Cassini umkreiste Saturn 293 Mal. Die Sonde erforschte das Saturnsystem 13 Jahre lang, fast die Hälfte eines Jahres auf dem Ringplaneten, vom späten Winter bis zum frühen Sommer der Nordhalbkugel. Cassini untersuchte Saturn von der dunstigen oberen Atmosphärenschicht bis in sein Inneres. Sie beobachtete die Jetstreams des Planeten, die Wolken und Stürme innerhalb seiner Zirkulationsbänder sowie die ungewöhnlichen Wolkenmuster an den Polen. Auch Saturns Polarlichter und Blitze wurden erfasst. Insgesamt lieferte die Raumsonde 453.048 Bilder ([Referenz \[21\]](#)).

### Saturns Atmosphäre und Hauptzirkulationen

Die Saturnatmosphäre besteht fast vollständig aus Wasserstoff (ca. 71 Massenprozent) und Helium (ca. 28 Massenprozent). Die wichtigsten Spurenbestandteile sind Methan und Ammoniak. Eine Übersicht über die Temperatur- und Wolkenschichten der Saturnatmosphäre finden Sie [hier \[22\]](#). Die obere Dunstschicht und die oberste Schicht der Ammoniakwolken wurden direkt beobachtet, während die mittlere Schicht (Ammoniumhydrogensulfidkristalle) und die unterste Schicht (Wassereiskristalle/wässrige Ammoniaktröpfchen) „indirekt durch die Erstellung chemischer Modelle des Verhaltens von Verbindungen ermittelt wurden, die in einem Gas mit nahezu solarer Zusammensetzung gemäß dem Temperatur-Druck-Profil der Saturnatmosphäre zu erwarten sind“ ([Referenz \[23\]](#)). In der Horizontalen bestätigte Cassini verschiedene frühere Beobachtungen, dass „Saturn [größtenteils] einem weniger aktiven und blasseren Jupiter ähnelt“, mit „vielen kleinräumigen Strukturen wie roten, braunen und wei-



ßen Flecken, Bändern, Wirbeln und Strudeln, die sich innerhalb einer relativ kurzen Zeit verändern“ ([Referenz \[24\]](#)) und in die großräumigeren Breitenbänder eingebettet sind.

Es gibt jedoch Ausnahmen von diesem allgemeinen Muster. Von September bis November 1990 beobachtete das Hubble-Weltraumteleskop (HST) einen riesigen, weißlichen Sturm (einen „Großen Weißen Fleck“) in Äquatornähe, der sich um den Planeten ausdehnte, bevor er verblasste. Die Entwicklung eines ähnlichen Sturms in den nördlichen mittleren Breiten Saturns ist im Umschlag in [Abb. 30](#) dargestellt. Die Serie von sechs Cassini-Bildern beginnt am 5. Dezember 2010 (oben links) und



endet am 12. August 2011 (unten rechts). Sie zeigen, dass sich der Sturm in seinem Breitengradbereich ausdehnte und schließlich seinen eigenen „Schweif“ erreichte, bevor er sich abschwächte. Solche Stürme können von Blitzen durchzogen sein. Die physikalischen Prozesse ihrer Entstehung sind noch weitgehend unerforscht. Eine Hypothese dazu findet sich [hier \[25\]](#). Details zu dem Ereignis finden sich [hier \[25a\]](#). Eine deutlich größere Version des Bildes oben rechts im Zudruck, aufgenommen am 25. Februar 2011, ist [hier \[26\]](#) verfügbar (dort als [Abb. 7](#) nummeriert).

Abb.30. Spanien, Umschlag, 2013

Saturn weist auch andere Zirkulationsformen auf. 1987 wurden die Vorbeiflugaufnahmen von Voyager-2 über den Nordpolregionen neu kartiert und zusammengesetzt, wodurch ein riesiger, sechseckiger Sturm mit Zentrum am Pol sichtbar wurde (Ref. 5). Ab 2006 bestätigten



Abb.31. C-H Cover, JPL Cachet, 2017

Cassini-Bilder der Polarregion die Existenz dieses Sturms. Seine Entstehung ist Gegenstand laufender Forschung (z. B. [hier \[27\]](#)). Der JPL-Zudruck von [Abb. 31](#) enthält eine Cassini-Aufnahme des polaren Sechsecks sowie den Hinweis, dass „das Composite Infrared Spectrometer (CIRS) der Raumsonde Temperatur und Zusammensetzung des nördlichen Polarwirbels von Saturn kartiert hat“. Das Sechseck ist auch auf der 1,90-SFR-Briefmarke der Schweizer Serie zum Sonnensystem abgebildet, welche

am 6. März 2025 herausgegeben wurde. Cassini beobachtete außerdem einen entsprechenden Sturm am Südpol des Saturns ([Referenz \[28\]](#)). Er ist eher rund als sechseckig und ähnelt einem gigantischen Hurrikan. Das zentrale „Auge“ ist relativ wolkenfrei, was auf Absinken und damit auf Erwärmung hindeutet. Am 4. Februar 2004 maß das LWS (Langwellenspektrometer) des Keck-Observatoriums auf Hawaii am Pol unerwartet warme  $-122\text{ °C}$  ([Referenz \[29\]](#)). Am 11. Oktober 2006 maß Cassinis Infrarotspektrometer in diesem „Loch am Pol“ ([Referenz \[30\]](#)) sogar einen noch höheren Wert von  $-108\text{ °C}$  – den wärmsten bekannten Punkt in Saturns Atmosphäre.

Die polaren Stürme auf Saturn erinnern an die polaren Stürme auf Jupiter. Diese und andere Ähnlichkeiten zwischen Saturn und Jupiter legen nahe, dass auch ihre atmosphärischen Dynamiken teilweise ähnlich sein könnten. Verschiedene Studien haben versucht, den Zusammenhang zwischen der Entstehung der Stürme auf den beiden Planeten und ihrer Rotation sowie internen Wärmetransporten und tiefer Konvektion zu modellieren (z. B. [hier \[31\]](#)). Eine

Schwierigkeit bei Saturn ist seine relativ große Achsenneigung ( $25,3^\circ$  gegenüber nur  $3,1^\circ$  bei Jupiter), was bedeutet, dass die daraus resultierenden saisonalen Effekte erheblich sein müssen, wie auch auf der Erde, deren Achsenneigung  $23,5^\circ$  beträgt (Abb. 32 zeigt die Achsenneigung der Erde, ihre Umlaufbahn und ihre Sonnenwenden und Tagundnachtgleichen). Saturns Atmosphäre unterliegt, genau wie die der Erde, jahreszeitlichen Schwankungen, möglicherweise sogar noch stärker, da die Pole fast 15 Erdenjahre im Winterdunkel und die darauffolgenden 15 Jahre im Sonnenlicht verbringen. Hinzu kommt, dass der kühlende Schatten der Ringe Unterschiede in der Erwärmung und den durch Sonnenlicht ausgelösten chemischen Prozessen zwischen den beschatteten und sonnenbeschienenen Bereichen der Saturnatmosphäre verursacht ([Referenz \[32\]](#)). Eine weitere Komplikation stellt die jüngste Entdeckung anhand der Cassini-Daten dar, dass Saturns Wärmebilanz signifikanten jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt, die mit der Exzentrizität seiner Umlaufbahn zusammenhängen (siehe [hier \[33\]](#) und [hier \[34\]](#)). All diese gegenläufigen Effekte zu entwirren, um Saturns Meteorologie und Klima sowie deren Veränderungen im Laufe der Zeit zu verstehen, wird eine gewaltige Herausforderung sein.



Abb.32. Grenada, Sc490, 1973

### Saturns Magnetosphäre und Polarlichter

Die Vorbeiflüge von Pioneer-11 und Voyager lieferten erste, bruchstückhafte Informationen über Saturns Magnetosphäre. Cassini ermöglichte einen wesentlich detaillierteren Einblick, indem sie das Magnetfeld kartierte, den Fluss angeregter Gase unter seinem Einfluss untersuchte und dessen Auswirkungen auf Saturns Polarlichter beobachtete. Diese [Quelle \[35\]](#) fasst Cassinis magnetosphärischen Messungen zusammen. Im Folgenden werden Saturns Polarlichter kurz erläutert.

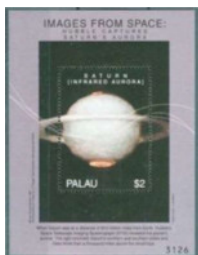


Abb.33. Palau, Sc528, 1999

Die Polarlichter der Erde, die von Sauerstoff und Stickstoff erzeugt werden, liegen im sichtbaren Spektrum, während die Saturn-Polarlichter, die von Wasserstoff erzeugt werden, im ultravioletten (UV-)Bereich liegen. Saturn-Polarlichter galten zunächst als Zwischenfall zwischen sonnenwindbedingten Polarlichtern (wie denen der Erde) und intern ausgelösten Polarlichtern (wie denen des Jupiters). Cassinis Messungen deuten jedoch darauf hin, dass die Realität komplexer ist (siehe [Referenz \[36\]](#)).

Saturns UV-Polarlichter werden von der Erdatmosphäre abgeschirmt, sodass wir sie nur aus dem Weltraum beobachten können. Pioneer-11 lieferte den ersten Hinweis auf ihre Existenz, als die Sonde eine UV-Aufhellung über Saturns Polen feststellte. Die beiden Voyager-Raumsonden bestätigten die UV-Emissionen aus diesen Gebieten. Saturns UV-Polarlichter sind in einer 1999 veröffentlichten SS1-Aufnahme (Abb. 33) zu sehen. Sie reproduziert die erste Aufnahme dieser Polarlichter, die im Oktober 1997 vom STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph) des Hubble-Weltraumteleskops (HST) gemacht wurde. Das Originalbild und die zugehörige Erläuterung finden Sie [hier \[37\]](#). Auf der Briefmarke steht „Infrarot“, korrekt wäre aber „Ultraviolett“. Die UV-Auroras am Südpol des Saturn sind in Abb. 34 dargestellt. Das Bild ist eine Komposition aus HST-Aufnahmen im sichtbaren und UV-Bereich, wobei die Auroras bläulich eingefärbt sind. Ein ähnliches Bild und weitere Informationen finden Sie [hier \[38\]](#).



Abb.34. Grenada, Sc3701c, 2009



### Cassinis großes Finale

Von April bis September 2017 führte Cassini 22 orbitale Vorbeiflüge zwischen Saturn und seinen Ringen durch (einige davon sind in der Abbildung 35 dargestellt). Dies war das große Finale der Raumsonde, in dem sie „die hochauflösendsten Beobachtungen der Saturnatmosphäre lieferte, darunter die bisher detailliertesten Ansichten der polaren Zyklonen, der Aurora, des Hexagons und der Wolken sowie In-situ-Messungen der Ionosphäre und der Polarlichtregionen Saturns“. Darüber hinaus wurde „die Zusammensetzung der Saturnringe erstmals direkt aus verschiedenen Bereichen der Hauptringe analysiert“ ([Referenz \[39\]](#)). Cassinis letzte Umlaufbahnen führten die Sonde so nah an Saturn heran, dass sie in die obere Atmosphäre

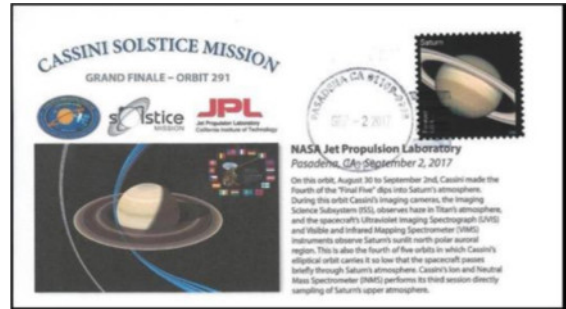


Abb.35. C-H Cover, JPL Cachet, 2017



Abb.36. C-H Cover, JPL Cachet, 2017

des Planeten eintauchte und diese mit ihrem INMS (Ionen- und Neutralmassenspektrometer) direkt untersuchte. Abb. 36, abgestempelt am 27.08.2017, ist ein Sonderumschlag, der vom JPL nach Abschluss der niedrigsten Saturnumlaufbahn (Orbit 290) durch die Raumsonde herausgegeben wurde. Der Umschlag zeigt ein „schwarzes Loch“ in der Wolkendecke auf einem Bild eines nahen Vorbeiflugs am 26. April 2017 ([diese Referenz \[40\]](#) enthält das Bild

und weitere Informationen dazu). Das „Loch“ mit einem Durchmesser von etwa 2000 km ist ein wirbelnder Sturm, der als „Riesenhurrikan“ bezeichnet wurde. Er befindet sich über dem Nordpol des Saturn und ist in Abb. 31 im Zentrum des polaren Sechsecks als schwarzer Punkt erkennbar. Ein weiteres Bild des Sturms sowie ein ähnliches Bild vom Südpol finden Sie [hier \[41\]](#).

Nach ihrer letzten vollständigen Erdumrundung wurde die fast treibstofflose Raumsonde am 15. September in die Saturnatmosphäre gelenkt. „Cassinis letzte Bilder wurden mehrere Stunden vor ihrem endgültigen Eintritt zur Erde gesendet, doch selbst während des schicksalhaften Sturzes in die Atmosphäre des Planeten übermittelte die Sonde in Echtzeit neue Daten. Wichtige Messungen stammten von ihrem Massenspektrometer, das die Saturnatmosphäre untersuchte und uns Informationen über ihre Zusammensetzung lieferte, bis der Kontakt abbrach“ ([Referenz \[42\]](#)). Diese letzten Beobachtungen vollendeten Cassinis umfangreiches wissenschaftliches Erbe.

Verschiedene Briefmarken erinnern an diesen dramatischen Eintritt. Abb. 37 zeigt eine SS1, die die „in Saturnatmosphäre verglühende Cassini-Sonde“ darstellt. Der Stempel in Abb. 38 vom 14. September 2017 erinnert an „Cassinis großes Finale – Mission zur Erforschung des Saturn – Zwanzig Jahre Wissenschaft“ (die „20“ steht für die 7 Jahre, die die Sonde für den Flug benötigte, plus 13 Jahre im Saturnorbit). Das farbenfrohe Veranstaltungcover in Abb. 39 ist unser letztes Beispiel. Es enthält das denkwür-

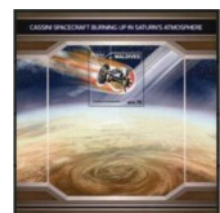


Abb.37. Malediven, Sc4028, 2018

dige Datum 15. September 2017 im Stempel, den Cachet und die Zazzle.com-Briefmarke, deren Design im Cachet wiedergegeben ist.

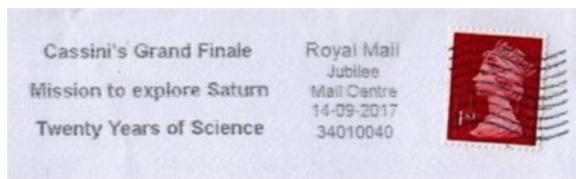


Abb.38. Großbritannien, Cassini-Stempel, 2017

Die nächste Generation von Raumsonden für das Saturnsystem wird sich einigen seiner Monde widmen, anstatt Saturn selbst. Der nächste Artikel dieser Reihe behandelt die Hauptmonde des Ringplaneten.



Abb.39. C-H Cover, Lollini Cachet, 2017

## Referenzen

**Ref. 1:** Berman, Bob. „Die beste Konjunktion aller Zeiten.“ Astronomy Magazine, Dezember 2020, S. 14.

**Ref. 2:** JPL Public Information Office, 1993. Voyager Outer-Planet Grand Tour. NASA Fact Sheet 6-93, 12 Seiten.

**Ref. 3:** Banfield, D. et al., 1998. „Nahinfrarotspektrophotometrie von Jupiter-Aerosolen – meridionale und vertikale Verteilungen.“ Icarus 134 (1), 11–23.

**Ref. 4:** Li, Cheng et al., 2023. „Lang anhaltende, tiefgreifende Auswirkungen der Riesenstürme auf Saturn.“ Science Advances 9 (32). **Ref. 5:** Godfrey, D. A., 1988. „Eine hexagonale Struktur um den Nordpol Saturns.“ Icarus 76 (2), 335–356.

## Internetreferenzen

1	<a href="https://science.nasa.gov/saturn/exploration/">https://science.nasa.gov/saturn/exploration/</a>
2	<a href="https://niaas.co.uk/saturn-the-lord-of-the-rings/">https://niaas.co.uk/saturn-the-lord-of-the-rings/</a>
3	<a href="http://www.sites.hps.cam.ac.uk/starry/keplerweather.html">http://www.sites.hps.cam.ac.uk/starry/keplerweather.html</a>
4	<a href="https://www.scientificamerican.com/article/jupiter-and-saturns-great-conjunction-is-the-best-in-800-years-heres-how-to-see-it/">https://www.scientificamerican.com/article/jupiter-and-saturns-great-conjunction-is-the-best-in-800-years-heres-how-to-see-it/</a>
5	<a href="https://planetaryweather.blogspot.com/2013/03/early-views-of-saturn-galileo-and.html">https://planetaryweather.blogspot.com/2013/03/early-views-of-saturn-galileo-and.html</a>
6	<a href="https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Maxwell_Saturn/">https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Extras/Maxwell_Saturn/</a>
7	<a href="https://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-april-9-1895-james-edward-keeler-confirms-saturns-rings-not-solid">https://www.earthmagazine.org/article/benchmarks-april-9-1895-james-edward-keeler-confirms-saturns-rings-not-solid</a>
8	<a href="https://www.space.com/48-saturn-the-solar-systems-major-ring-bearer.html">https://www.space.com/48-saturn-the-solar-systems-major-ring-bearer.html</a>
9	<a href="https://www.nasa.gov/image-article/colors-of-saturn/">https://www.nasa.gov/image-article/colors-of-saturn/</a>
10	<a href="https://www.ssl.berkeley.edu/opal/">https://www.ssl.berkeley.edu/opal/</a>
11	<a href="https://www.space.com/space-exploration/hubble-space-telescope/10-years-of-hubble-telescope-images-show-dramatic-changes-in-weather-on-saturn-jupiter-uranus-and-neptune">https://www.space.com/space-exploration/hubble-space-telescope/10-years-of-hubble-telescope-images-show-dramatic-changes-in-weather-on-saturn-jupiter-uranus-and-neptune</a>
12	<a href="https://www.sciencealert.com/glorious-new-saturn-image-jwst-has-now-captured-all-4-giant-planets">https://www.sciencealert.com/glorious-new-saturn-image-jwst-has-now-captured-all-4-giant-planets</a>



13	<a href="https://science.nasa.gov/saturn/exploration/">https://science.nasa.gov/saturn/exploration/</a>
14	<a href="https://science.nasa.gov/mission/pioneer-11/">https://science.nasa.gov/mission/pioneer-11/</a>
15	<a href="https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19900009039/downloads/19900009039.pdf">https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19900009039/downloads/19900009039.pdf</a>
16	<a href="https://www.nasa.gov/history/40-years-ago-voyager-1-explores-saturn/">https://www.nasa.gov/history/40-years-ago-voyager-1-explores-saturn/</a>
17	<a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saturn_System_Montage_-_GPN-2000-000439.jpg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saturn_System_Montage_-_GPN-2000-000439.jpg</a>
18	<a href="https://solarviews.com/cap/sat/satsystm.htm">https://solarviews.com/cap/sat/satsystm.htm</a>
19	<a href="https://data.nasa.gov/dataset/voyager-2-saturn-radio-occultation-raw-data-v1-0-81f64">https://data.nasa.gov/dataset/voyager-2-saturn-radio-occultation-raw-data-v1-0-81f64</a>
20	<a href="https://science.nasa.gov/mission/cassini/about-the-mission/">https://science.nasa.gov/mission/cassini/about-the-mission/</a>
21	<a href="https://www.space.com/38164-cassini-saturn-by-the-numbers.html">https://www.space.com/38164-cassini-saturn-by-the-numbers.html</a>
22	<a href="https://image2.slideserve.com/5342809/saturn-s-atmosphere-clouds-l.jpg">https://image2.slideserve.com/5342809/saturn-s-atmosphere-clouds-l.jpg</a>
23	<a href="https://www.britannica.com/place/Saturn-planet/The-atmosphere">https://www.britannica.com/place/Saturn-planet/The-atmosphere</a>
24	<a href="https://www.britannica.com/place/Saturn-planet/The-atmosphere">https://www.britannica.com/place/Saturn-planet/The-atmosphere</a>
25	<a href="https://www.gps.caltech.edu/news-and-events/news/explaining-saturn-s-great-white-spots-46500">https://www.gps.caltech.edu/news-and-events/news/explaining-saturn-s-great-white-spots-46500</a>
25a	<a href="https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8753610/">https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8753610/</a>
26	<a href="https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8753610/">https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8753610/</a>
27	<a href="https://cdn.jwplayer.com/previews/ktDTCzL6">https://cdn.jwplayer.com/previews/ktDTCzL6</a>
28	<a href="https://science.nasa.gov/resource/saturns-surprisingly-stormy-south/">https://science.nasa.gov/resource/saturns-surprisingly-stormy-south/</a>
29	<a href="https://www.jpl.nasa.gov/news/saturns-bulls-eye-marks-its-hot-spot/">https://www.jpl.nasa.gov/news/saturns-bulls-eye-marks-its-hot-spot/</a>
30	<a href="https://science.nasa.gov/resource/the-hole-at-the-pole/">https://science.nasa.gov/resource/the-hole-at-the-pole/</a>
31	<a href="https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb9298">https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abb9298</a>
32	<a href="https://science.nasa.gov/missions/cassini/saturns-seasons-are-made-in-the-shade/">https://science.nasa.gov/missions/cassini/saturns-seasons-are-made-in-the-shade/</a>
33	<a href="https://www.sciencealert.com/a-huge-imbalance-of-energy-has-been-detected-on-saturn">https://www.sciencealert.com/a-huge-imbalance-of-energy-has-been-detected-on-saturn</a>
34	<a href="https://www.earth.com/news/massive-energy-imbalance-discovered-on-saturn/">https://www.earth.com/news/massive-energy-imbalance-discovered-on-saturn/</a>
35	<a href="https://science.nasa.gov/mission/cassini/science/magnetosphere/">https://science.nasa.gov/mission/cassini/science/magnetosphere/</a>
36	<a href="https://www.nature.com/articles/nature03331">https://www.nature.com/articles/nature03331</a>
37	<a href="https://science.nasa.gov/asset/hubble/saturns-ultraviolet-aurora/">https://science.nasa.gov/asset/hubble/saturns-ultraviolet-aurora/</a>
38	<a href="https://esahubble.org/products/postcards/hst_postcard_0008/">https://esahubble.org/products/postcards/hst_postcard_0008/</a>
39	<a href="https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GL080848">https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018GL080848</a>
40	<a href="https://www.space.com/36634-giant-saturn-hurricane-cassini-ring-dive-photos.html">https://www.space.com/36634-giant-saturn-hurricane-cassini-ring-dive-photos.html</a>
41	<a href="https://www.go-astronomy.com/images/moons/saturn-north-south-pole.jpg">https://www.go-astronomy.com/images/moons/saturn-north-south-pole.jpg</a>
42	<a href="https://science.nasa.gov/mission/cassini/grand-finale/overview/">https://science.nasa.gov/mission/cassini/grand-finale/overview/</a>

### Ausgabe der Schweiz – Unser Solarsystem



Am 06.03.2025 verausgabte die Post Schweiz 10 Briefmarken, die unser Sonnensystem darstellen. Jede Marke zeigt einen Planeten unseres Sonnensystems, einschließlich der Erde, dem Erdenmond und der Sonne. Die Marken sind einzeln oder als auf einem speziellen Sheet erhältlich. Die Marke zu 1,90 SFR zeigt den Saturn.