

Das Sonnensystem

Teil 10

Peter Hauschildt

yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte
Gojenbergsweg 112
21029 Hamburg

24. Januar 2019

Übersicht Teil 10

- ▶ Saturn
 - ▶ Daten
 - ▶ Ringsystem
 - ▶ Atmosphäre
 - ▶ Aufbau
 - ▶ Monde

Saturn

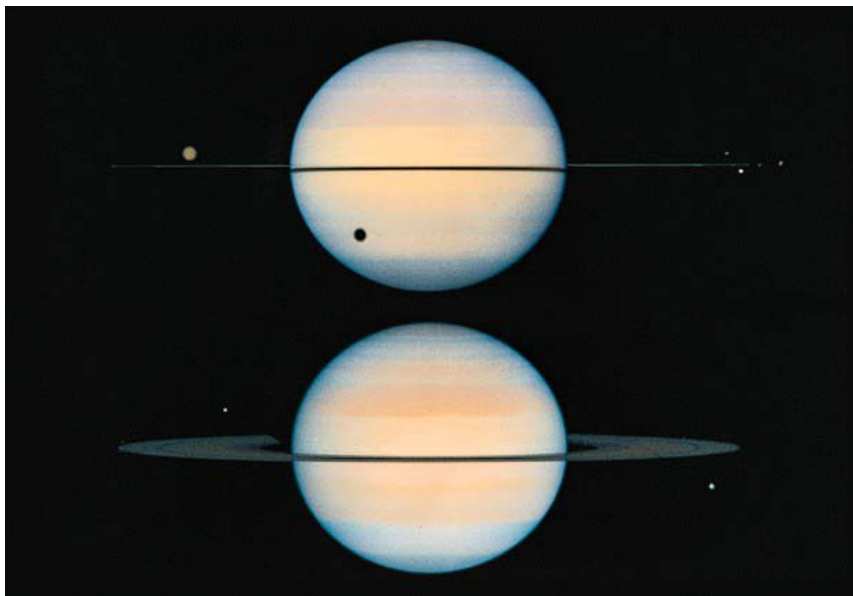


Table 15-1 Saturn Data

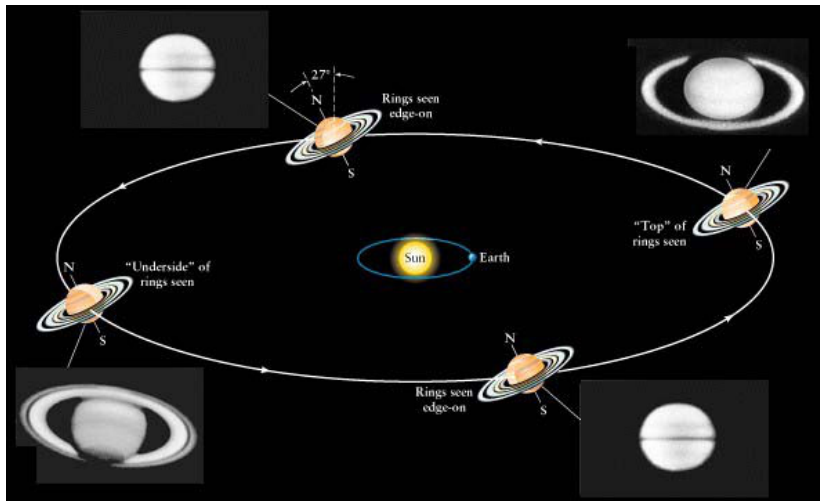
Average distance from Sun:	9.554 AU = 1.429×10^9 km
Maximum distance from Sun:	10.085 AU = 1.509×10^9 km
Minimum distance from Sun:	9.025 AU = 1.350×10^9 km
Eccentricity of orbit:	0.056
Average orbital speed:	9.7 km/s
Orbital period:	29.42 years
Rotation period:	Equatorial: $10^h 13^m 59^s$ Internal: $10^h 39^m 25^s$
Inclination of equator to orbit:	26.73°
Inclination of orbit to ecliptic:	1.30°
Diameter:	Equatorial: 120,536 km Polar: 108,728 km
Diameter (Earth = 1):	Equatorial: 9.449 Polar: 8.523
Mass:	5.685×10^{26} kg
Mass (Earth = 1):	95.16
Average density:	690 kg/m^3
Surface gravity (Earth = 1):	1.1
Escape speed:	35.5 km/s
Average surface temperature (at cloudtops):	$-180^\circ\text{C} = -292^\circ\text{F} = 93 \text{ K}$

Beobachtungen

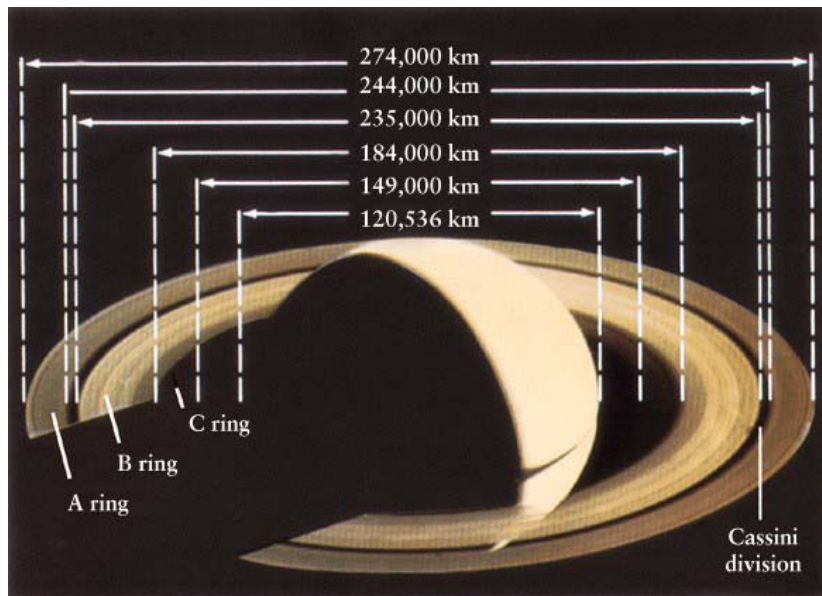


- ▶ 1610: Ringe entdeckt von Galileo
- ▶ 1612: 'verschwunden'
- ▶ 1613: wieder sichtbar
- ▶ warum?

Ansichten der Ringe



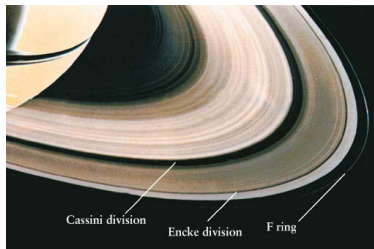
Details der Ringe



Details der Ringe

- ▶ Ringsystem!
- ▶ Cassini 1675 → Teilung der Ringe
- ▶ weitere Ringe bis 1850's gefunden
- ▶ A & B → kleines Teleskop
- ▶ C → grösseres Teleskop

Die Ringe



- ▶ Maxwell (1857):
- ▶ Material der Ringe kann nicht fest sein
- ▶ Gezeitenkräfte würden sie zerreißen
- ▶ → Ringe aus kleinen Partikeln
- ▶ jedes auf seiner eigenen Bahn

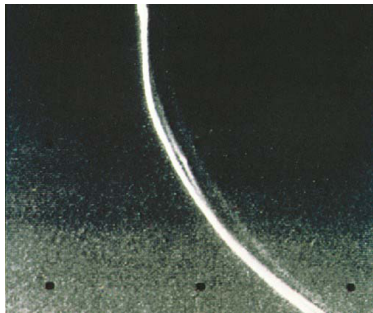
Details der Ringe

- ▶ 1895: inneres Material schneller
- ▶ folgen Kepler's Gesetzen!
- ▶ Material reflektiert 80%
- ▶ → Eis und Eis-bedeckte Teilchen
- ▶ Wassereis (Voyager 1+2)
- ▶ Radiobeobachtungen →
- ▶ Teilchen von 1 cm bis 5 m
- ▶ Meistens: 10 cm (Schneeball)

Details der Ringe

- ▶ Überreste eines Satelliten
- ▶ → wäre ca. 100 km gross
- ▶ warum Ringe und kein Mond?
- ▶ Gezeitenkräfte zu stark!
- ▶ Monde die innerhalb der *Roche Grenze* liegen, werden zerrissen!

Ringlets



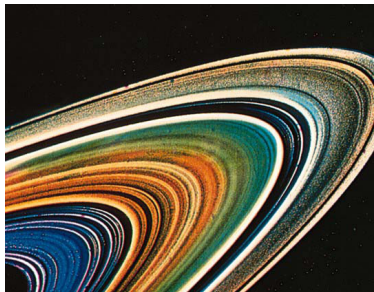
- ▶ Ringe bestehen aus vielen schmalen Ringlets
- ▶ Voyager 1 Bild
- ▶ 10 km breite Bänder

Ringlets



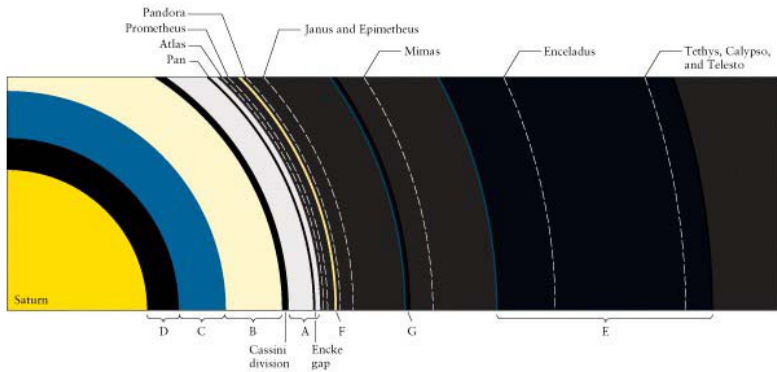
- ▶ Rückansicht der Ringe (Voyager 1)
- ▶ Weisses Band → Cassini Teilung!
- ▶ → voll mit sehr kleinen Teilchen
- ▶ F-Ring → $1\ \mu\text{m}$ Teilchen (Rauch!)

Ringlets

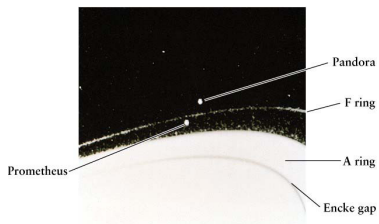


- ▶ Falschfarbendarstellung
- ▶ Struktur der Ringlets verdeutlicht
- ▶ Farben → verschiedene Zusammensetzung

Überblick

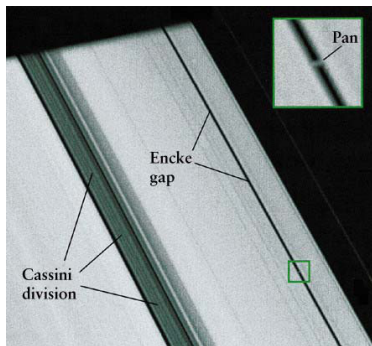


Ringe und Monde



- ▶ kleine Monde stabilisieren Ringe
- ▶ Beispiel: F-ring
- ▶ von Pandora und Prometheus
- ▶ 50 km Durchmesser
- ▶ *Hirten Monde*

Ringe und Monde



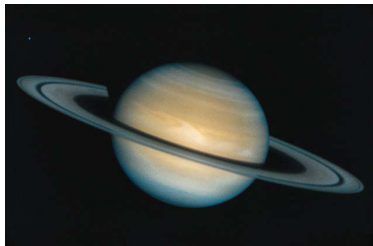
- ▶ Lücken werden von Monden erzeugt
- ▶ Voyager 2 Bild
- ▶ Pan erzeugt Encke Lücke
- ▶ ca. 270 km breite Lücke

Atmosphäre



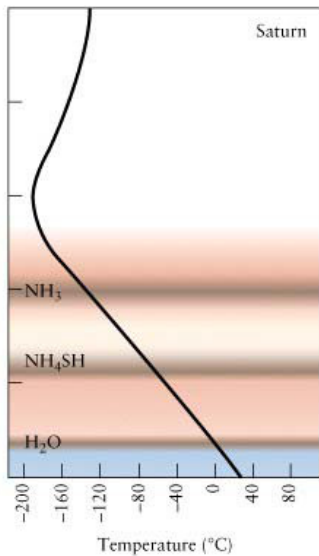
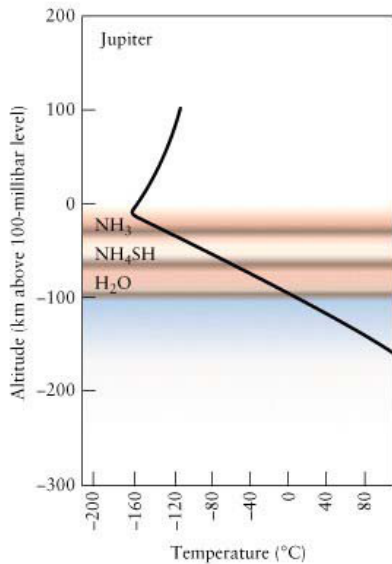
- ▶ Saturn sieht Jupiter ähnlich
- ▶ zeigt Gürtel und Zonen
- ▶ H-reiche Atmosphäre
- ▶ Spuren von Methan, Ammoniak und Wasser
- ▶ ähnliche Wolkenstruktur wie Jupiter

Atmosphäre

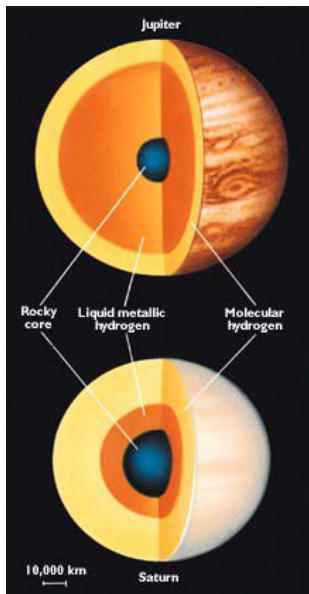


- ▶ Saturn zeigt Stürme!
- ▶ ca. 13000 km breit
- ▶ hat einige Monate gedauert!
- ▶ ähnlich Hagelsturm?
- ▶ grosse Stürme erscheinen alle 57 Jahre
- ▶ ca. 2 Saturn-Jahre

Vergleich mit Jupiter



Aufbau



- ▶ Saturn's Aufbau ähnlich Jupiter
- ▶ geringere Masse → geringere Dichte
- ▶ sehr oblat: 10% grösser am Äquator
- ▶ mehr Masse im Kern:
 - ▶ → ca. 26%

Aufbau

- ▶ Saturn strahlt ebenfalls mehr ($3\times$) Energie ab als von der Sonne kommt
- ▶ kann nicht wie auf Jupiter funktionieren (zu kleine Masse)
- ▶ Hinweis: weniger He als in Jupiter!
- ▶ He-Regen!
- ▶ schwereres He regnet ab, dadurch wird Energie frei
- ▶ das kann die Energieerzeugung erklären!

Monde

- ▶ 18 bekannte Monde
- ▶ 2 Gruppen:
 - ▶ Riesig (Titan)
 - ▶ Mittel: 6 Monde (400–1500 km Durchmesser)
 - ▶ Klein: eingefangene Asteroiden?

Monde: Daten

Table 15-3 Saturn's Satellites

	Distance from center of Saturn		Orbital period	Size	Density
	(km)	(Saturn radii)	(days)	(km)	(kg/m ³)
Pan	133,570	2.22	0.573	20	—
Atlas	137,640	2.28	0.602	20 × 20 × 20	—
Prometheus	139,350	2.31	0.613	140 × 100 × 80	—
Pandora	141,700	2.35	0.629	110 × 90 × 70	—
Epimetheus	151,422	2.51	0.694	140 × 120 × 100	—
Janus	151,472	2.51	0.695	220 × 200 × 160	—
Mimas	185,520	3.08	0.942	392	1400
Enceladus	238,020	3.95	1.370	500	1200
Tethys	294,660	4.89	1.888	1060	1200
Calypso	294,660	4.89	1.888	34 × 28 × 26	—
Telesto	294,660	4.89	1.888	24 × 22 × 22	—

Monde: Daten

Table 15-3 Saturn's Satellites (continued)

	Distance from center of Saturn		Orbital period (days)	Size (km)	Density (kg/m ³)
	(km)	(Saturn radii)			
Dione	377,400	6.26	2.737	1120	1400
Helene	377,400	6.26	2.737	36 × 32 × 30	—
Rhea	527,040	8.74	4.518	1530	1300
Titan	1,221,850	20.25	15.945	5150	1880
Hyperion	1,481,000	24.55	21.277	410 × 260 × 220	—
Iapetus	3,561,300	59.02	79.331	1460	1200
Phoebe	12,952,000	214.7	550.48 ^R	220	—

This table lists some facts about Saturn's 18 known satellites. (At least a dozen more have been reported, but their existence has not yet been confirmed.) All the larger satellites are spherical, and their diameters are listed in the "Size" column. Because the smaller satellites are not spheres, three dimensions—width, length, and height—are given for each of these satellites. The masses, and hence the densities, of the smaller satellites are not yet known.

Of the moons for which rotation rates are known, almost all rotate synchronously (that is, the rotation period is the same as the orbital period, so the moon always keeps the same face toward Saturn.) The exceptions are Phoebe and Hyperion.

The F ring shepherds are Prometheus and Pandora. Janus and Epimetheus are called co-orbital satellites, because they move in almost the same orbit. Tethys, Calypso, and Telesto are also co-orbital satellites, as are Dione and Helene. In the latter two cases, the tiny satellites occupy specific locations along the orbits of the larger moons, where a balance exists between the gravitational pulls of Saturn and the larger moon. We will discuss these locations, called the Lagrangian points, in Chapter 17.

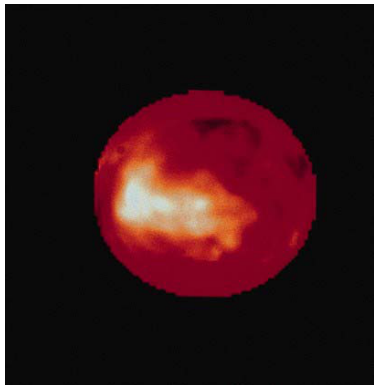
Saturn's outermost satellite, Phoebe, moves in a retrograde direction about the planet, indicated by a superscript R with the orbital period.

Titan



- ▶ Huygens (1655)
- ▶ 5150 km Durchmesser
- ▶ 2. grösster Mond im Sonnensystem
- ▶ einziger Mond mit dichter Atmosphäre
- ▶ 200 km dick (10× Erde), 6 bar Bodendruck
- ▶ 90% N₂ plus Methan und Kohlenwasserstoffe

Titan



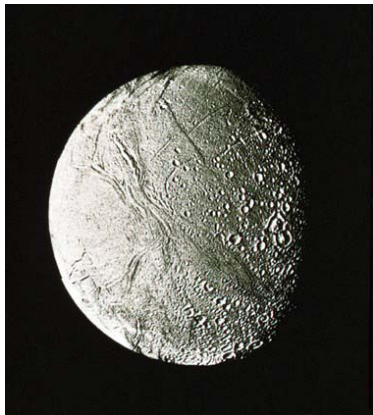
- ▶ Oberfläche optisch nicht sichtbar
- ▶ IR Bild (HST)
- ▶ Ozeane aus Kohlenwasserstoffen?
- ▶ Teer auf der Oberfläche??
- ▶ Temperatur zu niedrig für Leben (-178°C)
- ▶ 'Cassini Lander' → viel mehr Info

Mimas



- ▶ der 'Death Star'
- ▶ 400 km Durchmesser
- ▶ hauptsächlich Eis
- ▶ viele Krater
- ▶ fast zerschlagen

Enceladus



- ▶ fast Zwilling von Mimas
- ▶ aber wenige Krater
- ▶ → junge (100 Myr) Oberfläche
- ▶ grösste Albedo im Sonnensystem
- ▶ → fast reine Eisoberfläche
- ▶ Hinweise für geologische Aktivität

Dione



- ▶ 1:2 orbit Resonanz mit Enceladus
- ▶ helle Streifen auf 'trailing hemisphere'
- ▶ unbekannt woher!
- ▶ andere Hemisphäre → Rhea!

Rhea



- ▶ 'leading hemisphere' → viele Krater
- ▶ andere Hemisphäre → Dione!
- ▶ ähnliche Prozesse am Werk bei beiden Monden

Iapetus



- ▶ 'trailing hemisphere': sehr reflektiv, wie andere Monde
- ▶ 'leading hemisphere': extrem dunkel
- ▶ wie Asphalt!
- ▶ Material von Phoebe?
- ▶ Phoebe: retrograd, eingefangen?

Cassini Sonde



- ▶ Saturn Orbit
- ▶ Huygens 'Titan lander'
- ▶ ist am 14. Januar 2005 auf Titan gelandet!
- ▶ mehr Info:
- ▶ <http://saturn.jpl.nasa.gov>