

# Das Sonnensystem

## Teil 11

Peter Hauschildt  
yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte  
Gojenbergsweg 112  
21029 Hamburg

24. Januar 2019

# Übersicht Teil 11

- ▶ Die äusseren Planeten
  - ▶ Uranus + Monde
  - ▶ Neptune + Monde
  - ▶ Pluto & Charon

# Uranus, Neptun, Pluto



# Uranus Daten

Table 16-1 Uranus Data

Average distance from Sun:	19.22 AU = $2.875 \times 10^9$ km
Maximum distance from Sun:	20.11 AU = $3.008 \times 10^9$ km
Minimum distance from Sun:	18.33 AU = $2.742 \times 10^9$ km
Eccentricity of orbit:	0.046
Average orbital speed:	6.8 km/s
Orbital period:	83.75 years
Rotation period (internal):	17.24 hours
Inclination of equator to orbit:	97.86°
Inclination of orbit to ecliptic:	0.77°
Diameter:	51,118 km
Diameter (Earth = 1):	4.007
Mass:	$8.663 \times 10^{25}$ kg
Mass (Earth = 1):	14.500
Average density:	1290 kg/m <sup>3</sup>
Surface gravity (Earth = 1):	0.90
Escape speed:	21.3 km/s
Average surface temperature (at cloudtops):	-218°C = -360°F = 55 K

# Neptun Daten

Table 16-2 Neptune Data

Average distance from Sun:	30.11 AU = $4.504 \times 10^9$ km
Maximum distance from Sun:	30.38 AU = $4.545 \times 10^9$ km
Minimum distance from Sun:	29.84 AU = $4.464 \times 10^9$ km
Eccentricity of orbit:	0.009
Average orbital speed:	5.5 km/s
Orbital period:	163.73 years
Rotation period (internal):	16.11 hours
Inclination of equator to orbit:	$29.56^\circ$
Inclination of orbit to ecliptic:	$1.77^\circ$
Diameter:	49,528 km
Diameter (Earth = 1):	3.883
Mass:	$1.028 \times 10^{26}$ kg
Mass (Earth = 1):	17.204
Average density:	$1640 \text{ kg/m}^3$
Surface gravity (Earth = 1):	1.1
Escape speed:	23.5 km/s
Average surface temperature (at cloudtops):	$-218^\circ\text{C} = -360^\circ\text{F} = 55 \text{ K}$

# Entdeckung: Uranus

- ▶ Uranus: Zufallsentdeckung von W. Herschel (1781)
- ▶ erster Name: *Georgium Sidus* ...
- ▶ nach George III
- ▶ Uranus wurde schon davor gesehen:
- ▶ optimale Bedingungen →
- ▶ kann mit bloßem Auge beobachtet werden
- ▶ 1690–1781: Uranus wurde in > 20 Sternenkarten eingezeichnet!
- ▶ aber Bewegung am Himmel nur  $4^\circ/\text{yr}$ !

# Entdeckung: Neptun

- ▶ Bahnbestimmung von Uranus
- ▶ → Abweichungen unbekannter Herkunft
- ▶ 1830: ca. 2 arcmin →
- ▶ viel zu gross!
- ▶ Idee: weiterer unbekannter Planet stört Bahn
- ▶ Berechnungen (bei Hand!) →
- ▶ Ort des neuen Planeten
- ▶ schnell gefunden, weniger als  $1^\circ$  von der berechneten Position
- ▶ → Neptun

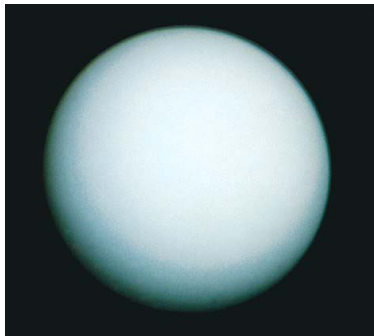
# Entdeckung: Neptun

- ▶ vielleicht schon 1613 von Galileo gesehen!
- ▶ Zeichnungen von Jupiter+Monden zeigen Objekt an der Position von Neptun
- ▶ sogar Bewegung von Galileo im Logbuch aufgenommen!

# Beobachtungen

- ▶ extrem schwer von der Erde aus zu sehen
- ▶ Uranus: 4 arcsec (Golfball aus 1 km)
- ▶ Neptun: 2 arcsec
- ▶ verwaschene, grün-blaue Scheiben

# Uranus

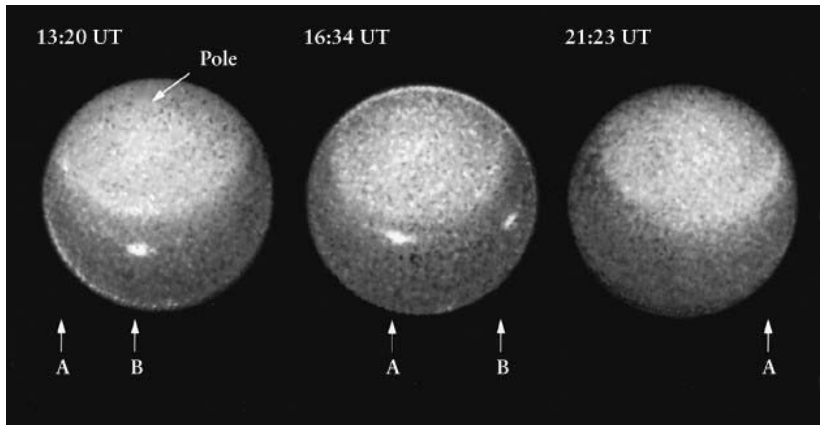


- ▶ Voyager 2 Bild
- ▶ kaum sichtbare Details
- ▶ nur enhancement bringt einige Details heraus
- ▶ Atmosphäre: 84%  $H_2$ , 14% He, 2% Methan
- ▶ 10× mehr Methan als Jupiter/Saturn
- ▶ Methan → Farbe

# Uranus

- ▶ sehr kalte Atmosphäre
- ▶ → Ammoniak, Wasser frieren aus
- ▶ → Wolken sehr tief in der Atmosphäre
- ▶ → nicht so einfach sichtbar

# Uranus Wolken



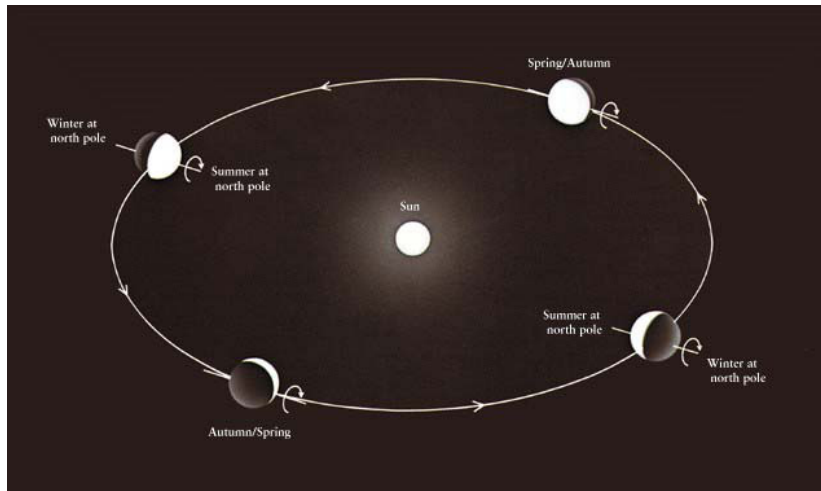
# Uranus Wolken

- ▶ HST Beobachtungen
- ▶ A: 4300 km lang
- ▶ B: 3100 km lang

# Uranus

- ▶ Rotationsachse  $\approx 98^\circ$  gekippt!
- ▶ rotiert Retrograd!
- ▶ Monde laufen in der Äquatorebene
- ▶ → seltsame Rotationsachse schon lange bekannt
- ▶ Achsenlage produziert extreme Jahreszeiten!

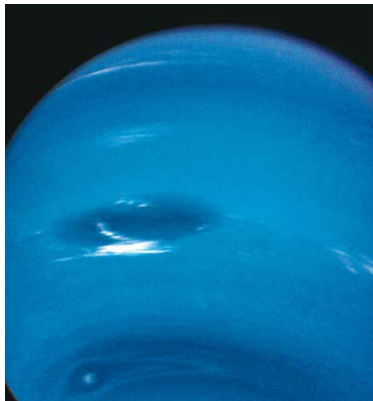
# Uranus Rotation



# Uranus

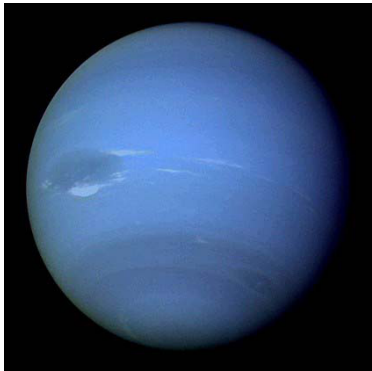
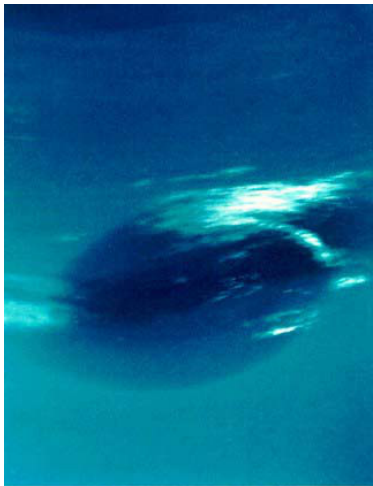
- ▶ Winde folgen der Rotationsrichtung
- ▶ → grosser Unterschied zu Jupiter & Saturn
- ▶ 140–580 km/h
- ▶ Temperaturen am Pol und Äquator ziemlich gleich
- ▶ sehr effizienter Transportmechanismus
- ▶ Rotationsperiode Atmosphäre: ca. 16 h
- ▶ Wie rotiert das Innere des Planeten?
- ▶ → beobachtete Magnetfeld!
- ▶ ca. 17.6 h

# Neptun



- ▶ Daten → Zwilling von Uranus
- ▶ ist aber nicht so
- ▶ aktivere und dynamische Atmosphäre (Movie)
- ▶ Energiequelle notwendig!
- ▶ Great Dark Spot (1989), ähnlich Jupiters GRS
- ▶ verschwunden 1994 (HST), neuer Sturm 1995

# Neptun

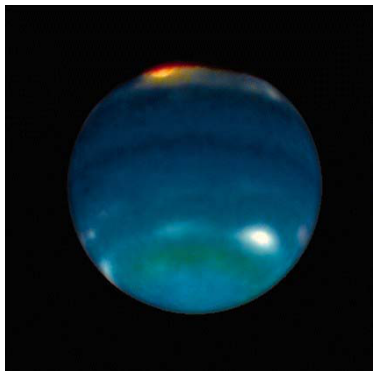


# Neptun



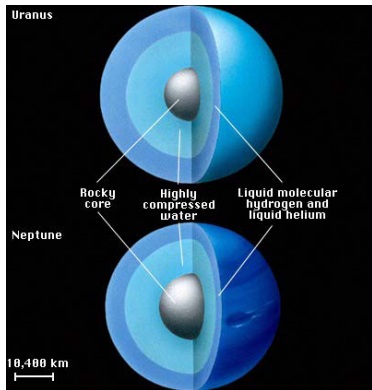
- ▶ zeigt Cirrus Wolken
- ▶ nahe Äquator (Voyager 2)
- ▶ Methan Eis?
- ▶ werfen sogar Schatten auf untere Atmosphäre

# Neptun



- ▶ Energiequelle für Atmosphäre?
- ▶ langsame Kontraktion des Planeten
- ▶ warmes Inneres, kalte Atmosphäre
- ▶ → Konvektion
- ▶ scheint bei Uranus nicht zu funktionieren!

# Aufbau

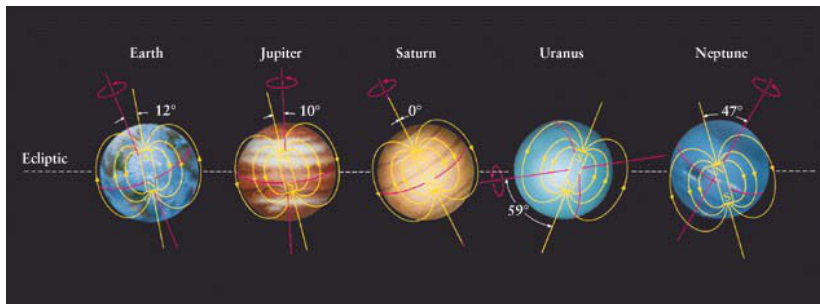


- ▶ höherer Anteil schwerer Elemente
- ▶ seltsam, sollte eigentlich geringer sein
- ▶ nicht genug H, He übrig nach Jupiter/Saturn?
- ▶ Massen vergleichbar zum Kern von Jupiter

# Magnetfeld

- ▶ sehr starke Neigung gegen Rotation
- ▶ auch verschoben vom Zentrum
- ▶ gerade beim Umpolen??
- ▶ Effekt von massiver Kollision bei Entstehung??
- ▶ Neptun: Effekt von Triton (Mond)??
- ▶ Felder erzeugt durch Dynamo (Ammoniak ionisiert)

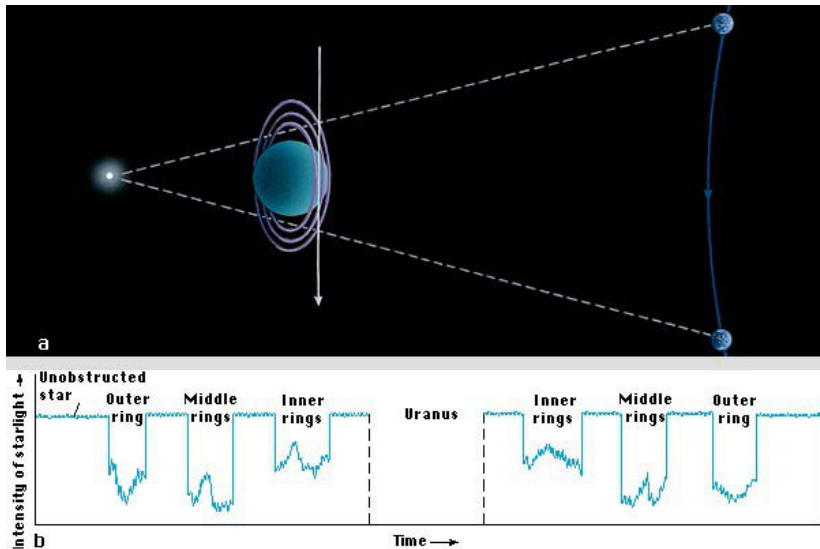
# Magnetfeld



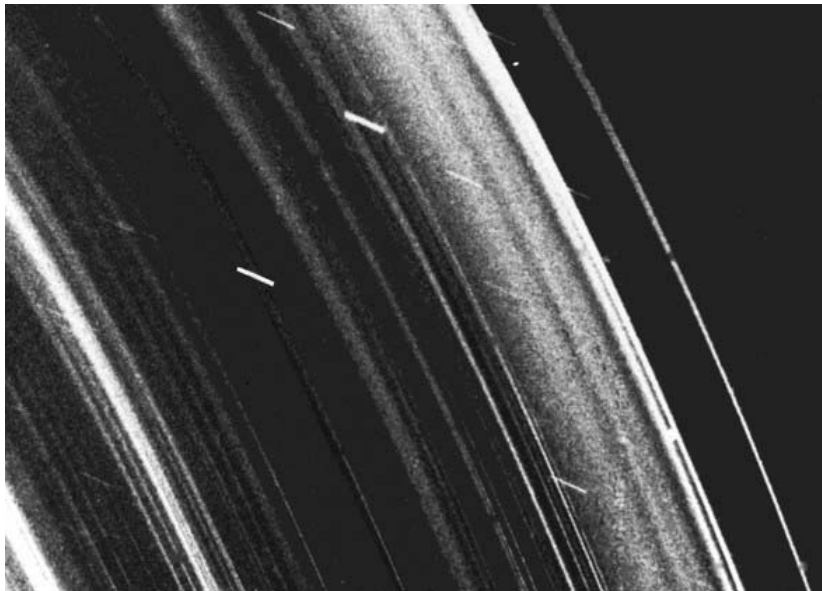
# Ringe: Uranus

- ▶ durch Zufall 1977 entdeckt!
- ▶ Ringe sind dunkel und schmal (10 km)
- ▶ Teilchen ca. 1 m gross
- ▶ sehr dunkel, wie Kohle
- ▶ innerhalb der Roche Grenze von Uranus
- ▶ nur echte 2 Hirtenmonde gefunden!

# Ringe



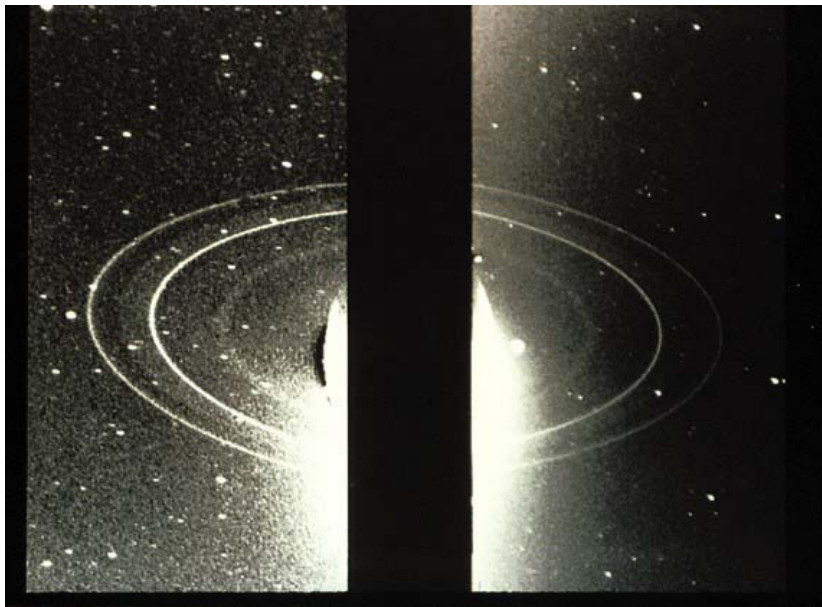
# Ringe: Uranus



# Ringe: Neptun

- ▶ auch durch Sternbedeckungen gefunden
- ▶ ähnlich Uranus' Ringe

# Ringe: Neptun



# Monde: Uranus

Table 16-3 Uranus's Satellites

	Distance from center of Uranus (km)	Orbital period (d)	Diameter (km)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Cordelia	49,750	0.335	40	—
Ophelia	53,760	0.376	30	—
Bianca	59,160	0.435	40	—
Cressida	61,770	0.464	70	—
Desdemona	62,660	0.474	60	—
Juliet	64,360	0.493	80	—
Portia	66,100	0.513	110	—
Rosalind	69,930	0.558	60	—
Belinda	75,260	0.624	70	—
Puck	86,010	0.762	150	—
Miranda	129,780	1.414	470	1350
Ariel	191,240	2.520	1160	1660
Umbriel	265,790	4.144	1170	1510
Titania	435,840	8.706	1580	1680
Oberon	582,600	13.463	1520	1580

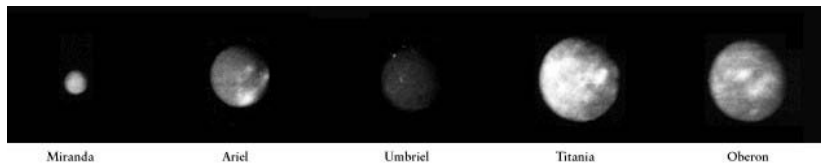
Ten of Uranus's 15 known satellites were discovered during the 1986 Voyager 2 flyby. These ten tiny moons (listed first in the following table) orbit closer to the planet than the five moderate-sized satellites visible to the Earth-based observers. Of the five larger satellites, Titania and Oberon were discovered by William Herschel in 1789; Ariel and Umbriel were found by the English astronomer William Lassell in 1851; and Miranda was first detected in 1948 by the American astronomer Gerard P. Kuiper.

The diameters given for the ten smallest satellites are estimates. The masses of these satellites are unknown, so no densities are given.

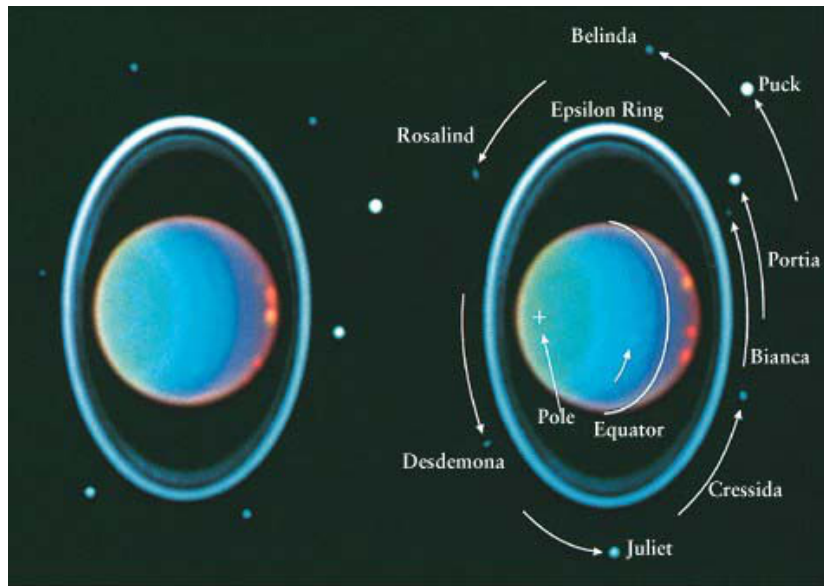
# Monde: Uranus

- ▶ nur die 5 grossen Monde vor Voyager 2 bekannt
- ▶ alle nach Shakespeare Figuren benannt
- ▶ Mixtur aus Eis und Gestein
- ▶ Alle Monde sind sehr dunkel (Umbriel!)
- ▶ Ariel zeigt Hinweise auf Aktivität
- ▶ durch Gezeitenkräfte Risse in der Oberfläche?

# Monde: Uranus



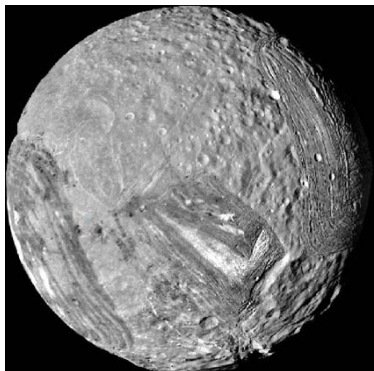
# Monde: Uranus



# Monde: Uranus: Ariel



# Miranda



- ▶ einzigartige Oberfläche (Movie)
- ▶ nur 470 km gross
- ▶ 20 km hohe Kliffs
- ▶ durch Einschlag fast zerstört
- ▶ → Versuch sich wiederherzustellen?

# Monde: Neptun

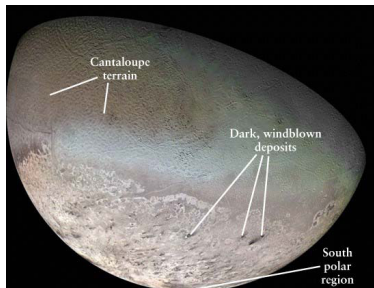
Table 16-4 Neptune's Satellites

	Distance from center of Neptune (km)	Orbital period (d)	Diameter (km)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Naiad	48,230	0.296	60	—
Thalassa	50,070	0.312	80	—
Despina	52,530	0.333	150	—
Galatea	61,950	0.429	180	—
Larissa	73,550	0.554	190	—
Proteus	117,640	1.121	415	—
Triton	354,800	5.877 <sup>R</sup>	2700	2070
Nereid	5,513,400	359.2	340	—

Eight satellites are known to orbit Neptune. Triton was first seen by William Lassell in 1846, Nereid was found by Gerard Kuiper in 1949, and the rest were discovered during the Voyager 2 flyby in August 1989. Unlike Triton and Nereid, the orbits of all the newly discovered moons lie nearly in the plane of Neptune's equator.

The superscript R on Triton's orbital period indicates that this satellite moves in a retrograde direction about Neptune. Nereid moves in a highly elliptical orbit; the semimajor axis of this orbit is given as the distance from Neptune's center. The diameters given for all of the satellites except Triton are estimates. The masses of these satellites are unknown, so no densities are given.

# Triton



- ▶ Eisoberfläche (Movie)
- ▶ wenige Krater → junge Oberfläche
- ▶ Vulkane, 'Seen', Ablagerungen
- ▶ N<sub>2</sub> Schnee:
- ▶ im Sommer verdampft
- ▶ zum anderen Pol gewandert und abgelagert?

# Triton

- ▶ retrograder Orbit!
- ▶ Gezeitenkräfte →
- ▶ Triton nähert sich langsam Neptun
- ▶ Roche Grenze unterschritten
- ▶ → Triton wird zerissen
- ▶ in ca. 100 Myr!
- ▶ Neptun bekommt bald ein schönes Ringsystem

# Pluto Daten

Table 16-5 Pluto Data

Average distance from Sun:	39.54 AU = $5.916 \times 10^9$ km
Maximum distance from Sun:	49.39 AU = $7.389 \times 10^9$ km
Minimum distance from Sun:	29.70 AU = $4.442 \times 10^9$ km
Eccentricity of orbit:	0.249
Average orbital speed:	4.7 km/s
Orbital period:	248.0 years
Rotation period:	6.387 days
Inclination of equator to orbit:	118°
Inclination of orbit to ecliptic:	17.14°
Diameter:	2300 km
Diameter (Earth = 1):	0.180
Mass:	$1.3 \times 10^{22}$ kg
Mass (Earth = 1):	0.002
Average density:	2030 kg/m <sup>3</sup>
Surface gravity (Earth = 1):	0.07
Escape speed:	1.2 km/s
Average surface temperature:	-223°C = -369°F = 50 K (approximate)

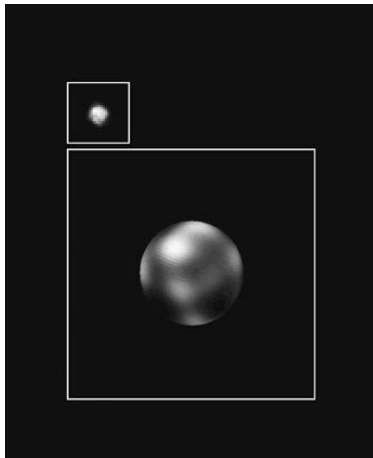
# Entdeckung

- ▶ nach Neptun Entdeckung war Bahn immer noch nicht OK
- ▶ → 19th Jahrhundert: noch ein Planet postuliert
- ▶ 1930: Pluto als extrem schwacher Lichtfleck gefunden
- ▶ Idee war allerdings falsch
- ▶ sehr elliptische Bahn
- ▶ teilweise innerhalb der Neptun Bahn!
- ▶ Planet erscheint nur 0.15 arcsec gross

# Beobachtungen

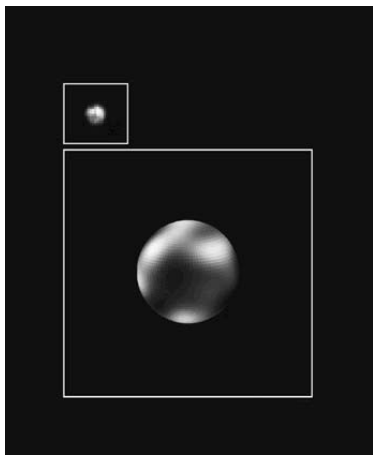


# Oberfläche



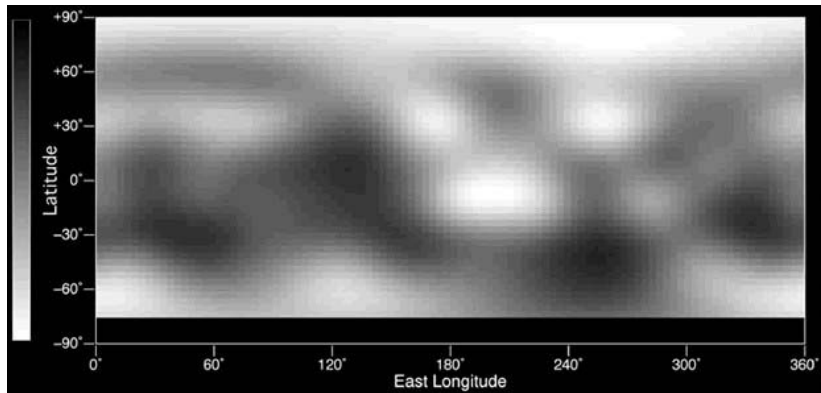
- ▶ HST Beobachtungen
- ▶ Oberflächen Details sichtbar

# Oberfläche

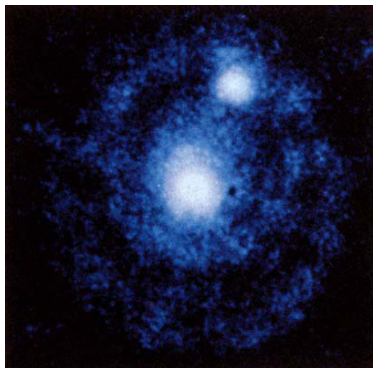


- ▶ Achse  $> 90^\circ$  geneigt (retrograd)
- ▶ nahe Polen: Kappen?
- ▶ nahe Äquator: Impakt Basins (Maria)?

# Oberfläche

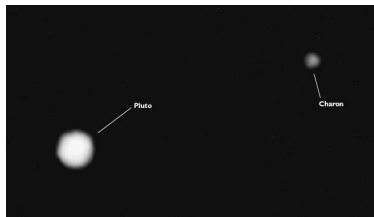


# Charon



- ▶ 1978: Asymmetrie gefunden
- ▶ bewegt sich um Pluto in ca. 6 Tagen
- ▶ → Charon, Mond von Pluto
- ▶ ca. 20000 km von Pluto

# Charon



- ▶ bessere Trennung mit HST (Movie)
- ▶ Rotation und Orbits synchron
- ▶ Bedeckungen kommen vor
- ▶ → Größenbestimmung
- ▶ Pluto: 2300 km, Charon: 1200 km
- ▶ → Doppelplanet
- ▶ Dichte → Eis/Gestein

# Pluto-Charon

- ▶ sind eigentlich klein Planet
- ▶ → *Zwergplanet*
- ▶ erstes Beispiel der transneptunischen Objekte
- ▶ zweites: 1992 QB<sub>1</sub>
- ▶ ca. 42 AU Sonnenentfernung
- ▶ 240 km Durchmesser
- ▶ sehr viele solche Objekte gefunden
- ▶ Reste aus der Frühzeit des Sonnensystems