

# Das Sonnensystem

## Teil 9

Peter Hauschildt  
yeti@hs.uni-hamburg.de

Hamburger Sternwarte  
Gojenbergsweg 112  
21029 Hamburg

24. Januar 2019

# Übersicht Teil 9

- ▶ Die Monde Jupiters
  - ▶ Io
  - ▶ Europa
  - ▶ Ganymede
  - ▶ Callisto
  - ▶ Der Rest

# Die grossen Jupitermonde



Table 14-1 The Galilean Satellites

	Average distance from Jupiter (km)	Orbital period (days)	Diameter (km)	Mass		Average density ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
				(kg)	(Moon = 1)	
Io	421,600	1.769	3630	$8.94 \times 10^{22}$	1.22	3570
Europa	670,900	3.551	3138	$4.92 \times 10^{22}$	0.67	3020
Ganymede	1,070,000	7.155	5262	$1.48 \times 10^{23}$	2.01	1940
Callisto	1,883,000	16.689	4800	$1.08 \times 10^{23}$	1.47	1860
Mercury	—	—	4879	$3.30 \times 10^{23}$	4.49	5430
Moon	—	—	3476	$7.35 \times 10^{22}$	1.00	3340

# Beobachtungen



# Beobachtungen

- ▶ Hell genug für blosses Auge!
- ▶ aber Jupiter überstrahlt sie
- ▶ 1610: entdeckt von Galileo mit Teleskop
- ▶ kurze Umlaufzeiten (1.8 d—16.7 d)
- ▶ → Umlauf gut zu beobachten
- ▶ Helligkeit variiert mit Umlauf
- ▶ → alle rotieren synchron mit Orbit

# Beobachtungen

- ▶ Io, Europa & Ganymede haben 4:2:1 Umlaufzeitverhältnis!
- ▶ → bewirkt durch gegenseitige Gravitation
- ▶ → Einstellung der Bahndetails!
- ▶ Callisto zu weit entfernt für diesen Effekt
- ▶ Bedeckungen der Monde kommen vor
- ▶ → Bestimmung der Durchmesser
- ▶ sogar gegenseitige Bedeckungen sind möglich

# Voyager 1



# Beobachtungen

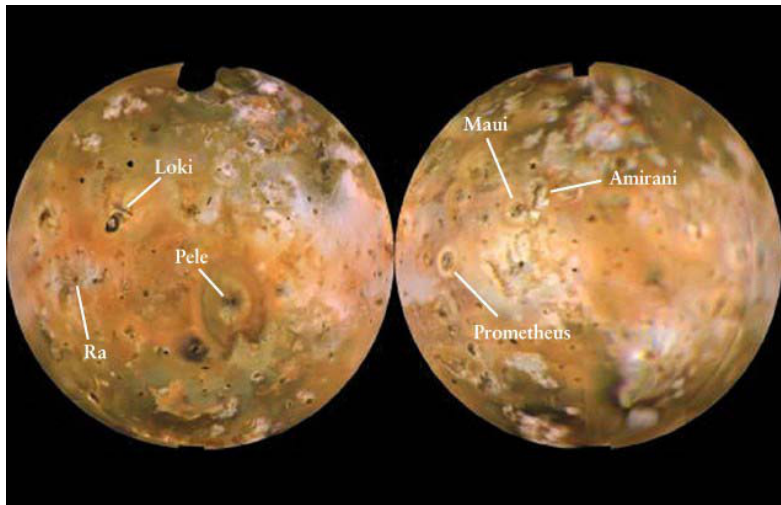
- ▶ Beste Daten natürlich von Raumsonden
- ▶ Pioneer 10,11: 1973/74
- ▶ Voyager 1,2: 1979
- ▶ Galileo: 1995

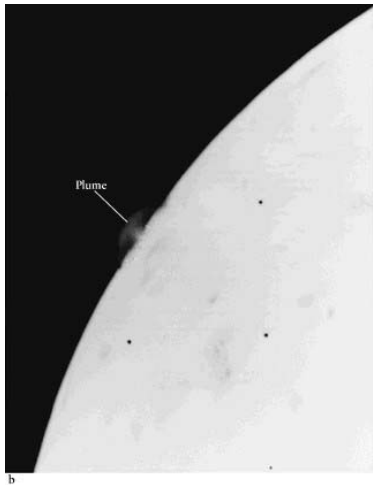
# Dichten



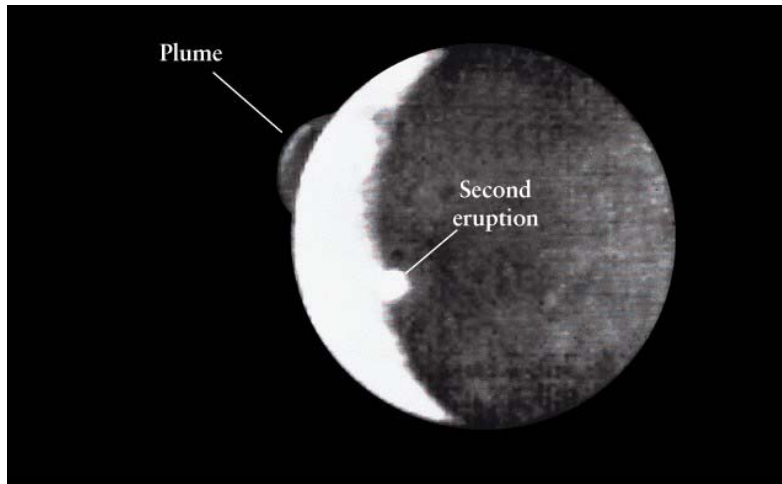
- ▶ Io & Europa:  $\sim 3 - 3,6 \text{ g cm}^{-3}$   $\rightarrow \sim$  Erdkruste  $\rightarrow$  Gestein
- ▶ Ganymede & Callisto  $\sim 2 \text{ g cm}^{-3}$   $\rightarrow$  Stein + Eis
- ▶ Weiter weg von Jupiter  $\rightarrow$  niedrigere Dichte!
- ▶  $\rightarrow$  Bildung wie ein kleines Sonnensystem??

# Io (Movies)



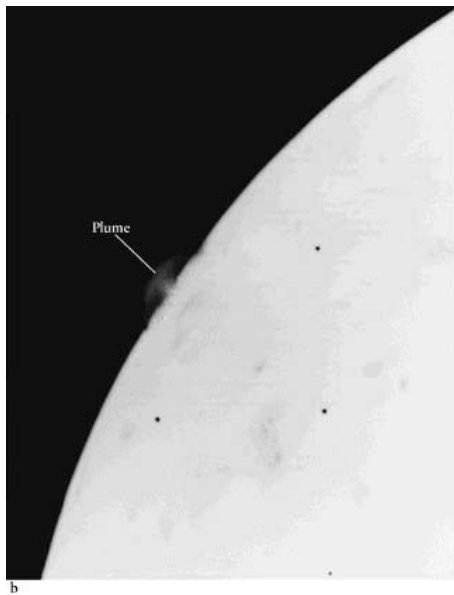


- ▶ Oberflächenstruktur vor Voyager unbekannt
- ▶ Vulkanische Aktivität war vermutet
- ▶ Gezeitenkräfte heizen Io's Inneres auf
  - ▶ →  $10^{14}$  W Leistung!
- ▶ das muss raus → Vulkane
- ▶ → bestätigt durch Photos!



a

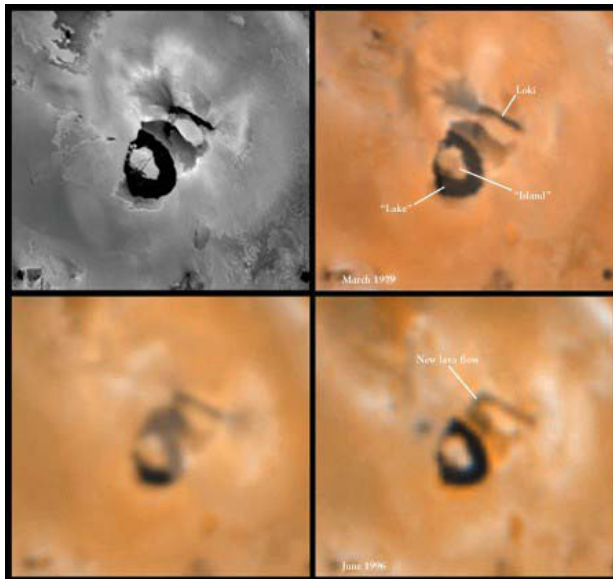
Io



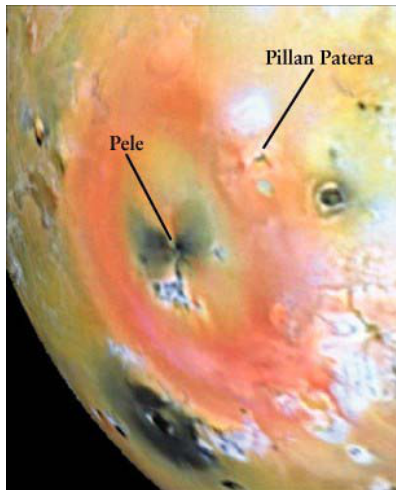
- ▶ schwarze Stellen →
- ▶ Vulkanöffnungen
- ▶ 1–50 km Durchmesser
- ▶ 5% der Oberfläche
- ▶ viele zeigen 'Lava' Flüsse
- ▶ 320°C warm!
- ▶ Umgebung: –150°C

- ▶ Wolken werden 70–280 km hoch ausgeworfen
- ▶ → 1100-3600 km/h
- ▶ → viel schneller als auf der Erde (360 km/h)
- ▶ → Das sind keine echten Vulkane sondern Geysire!
- ▶ Farbenpracht → vermutlich  $\text{SO}_2$  'Antrieb'

- ▶ Voyager → Galileo Vergleich:
- ▶ Geysire bleiben lange aktiv
- ▶ ändern ihre Umgebung
- ▶ Io's 'Vulkane' geben 10000 t/s Material ab
- ▶ genug um die Oberfläche mit 1 m/100yr zu belegen
- ▶ oder 1000 km<sup>2</sup> in ein paar Wochen



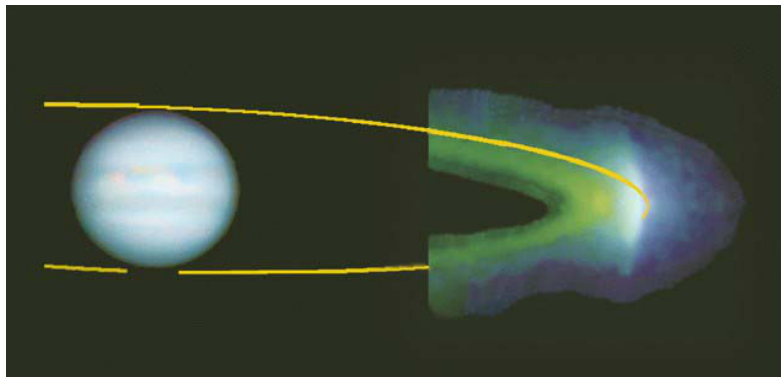
Io



# Io's Ionen Torus

- ▶ ein Teil der ausgeworfenen Materie kann entkommen
- ▶ wird von Jupiter's Magnetfeld gefangen
- ▶ dabei werden die Teilchen ionisiert
- ▶ bilden einen Torus um Jupiter (Movie)
- ▶ Elektronen, Schwefel- und Sauerstoffionen

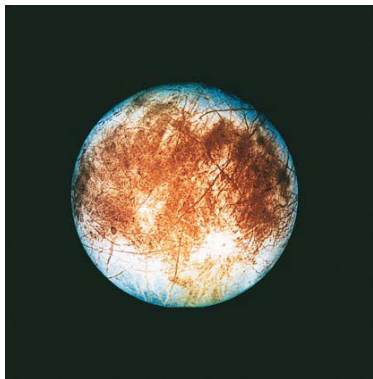
# Ionentorus



# Io's Ionen Torus

- ▶ Magnetfeld von Jupiter streicht über Io
- ▶ → 400 kV Spannung werden induziert
- ▶ → Io steht unter Strom
- ▶ Io's Inneres halb-flüssig
- ▶ Wechselwirkung mit Jupiter
- ▶ → Ion produziert eigenen Dynamo!
- ▶ schwaches Feld nachgewiesen (Galileo)
- ▶ Inneres vermutlich aus 900 km FeS Kern
- ▶ Mantel aus teilweise geschmolzenem Gestein

# Europa



- ▶ glattestes Objekt im System:
- ▶ keine Berge, wenige Krater
- ▶ → sehr junge Oberfläche
- ▶ aber überzogen mit 20–40 km breiten Rissen
- ▶ Oberfläche besteht aus Wassereis!

# Europa

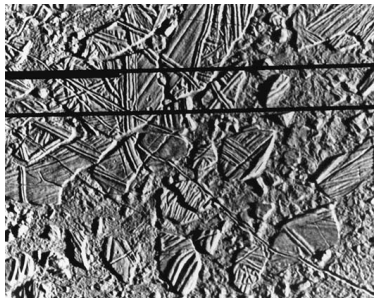


- ▶ Galileo IR+opt. Bild
- ▶ ca. 1300 km Durchmesser
- ▶ Falschfarben:
- ▶ blau: Eis
- ▶ rot/braun: Minerale

# Europa

- ▶ Dichte → ca. 90% Gestein
- ▶ Gezeitenkräfte heizen Europa
- ▶ → 100 km tiefer 'Ozean' mit ca. 10% Gesamtmasse
- ▶ Oberflächenkruste → Eis

# Europa



- ▶ Eisschollen:
- ▶ Oberfläche durch Tektonik zerbrochen
- ▶ später verschoben
- ▶  $32 \times 42$  km Gebiet
- ▶ grösste Scholle ca. 13 km

# Europa



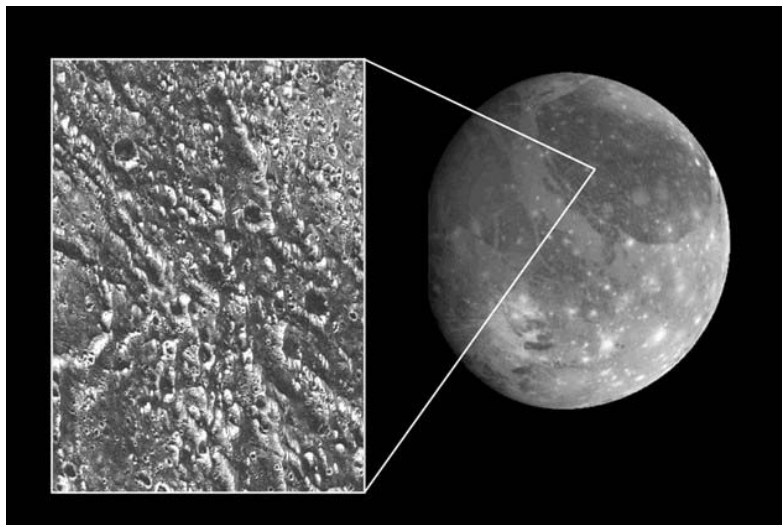
- ▶ 'triple bands'
- ▶ 10–20 kmbreit
- ▶ hunderte lang
- ▶ wie sub-Ozean Gebirge auf der Erde?

# Ganymede



- ▶ Ganymede (& Callisto) sehen eher aus wie der Mond
- ▶ dunkle Gebiete sind älter
- ▶ Galileo Regio: 1/3 der Oberfläche!
- ▶ Krater heller
- ▶ → Eis unter der Oberfläche

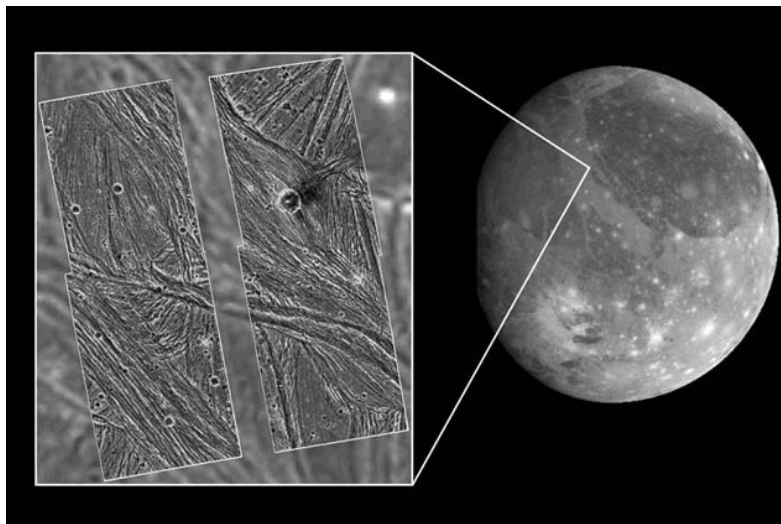
# Galileo Regio



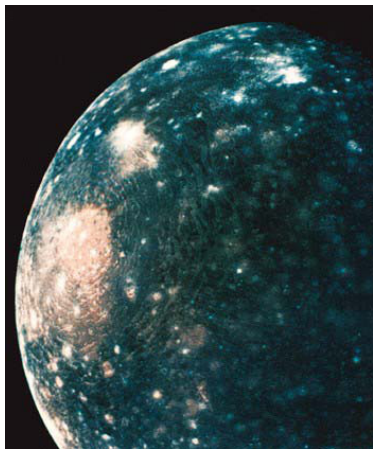
# Ganymede

- ▶ helle Gebiete zeigen ähnliche Rillen
- ▶ können 100's km lang sein
- ▶ Tektonische Effekte?
- ▶ auf jeden Fall geologisch aktiv
- ▶ zeigt sogar Magnetfeld!!
- ▶ metallischer Kern. ca. 500 km
- ▶ Eis ca. 800 km dick

# Ganymede

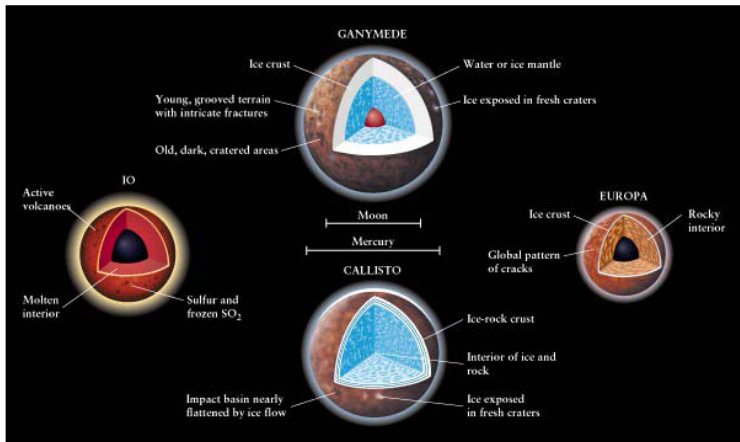


# Callisto



- ▶ fast genauso gross wie Merkur!
- ▶ Voyager 1 Bild
- ▶ → viele helle Krater
- ▶ keine Hinweise auf geologisch Aktivität
- ▶ Valhalla: grosser Krater
- ▶ 3000 km Durchmesser!

# Aufbau der Monde



# Mehr Monde

Table 14-2 Jupiter's Family of Moons

	Average radius of orbit		Orbital period (days)	Year of discovery
	(km)	(Jupiter radii)		
Metis	127,960	1.7922	0.2948	1979
Adrastea	128,980	1.8065	0.2983	1979
Amalthea	181,300	2.539	0.4981	1892
Thebe	221,900	3.108	0.6745	1979
Io	421,600	5.905	1.769	1610
Europa	670,900	9.397	3.551	1610
Ganymede	1,070,000	14.99	7.155	1610
Callisto	1,883,000	26.37	16.689	1610
Leda	11,094,000	155.4	238.72	1974
Himalia	11,480,000	160.8	250.57	1904
Lysithea	11,720,000	164.2	259.22	1938
Elara	11,737,000	164.4	259.65	1905
Ananke	21,200,000	296.9	631 <sup>R</sup>	1951
Carme	22,600,000	316.5	692 <sup>R</sup>	1938
Pasiphae	23,500,000	329.1	735 <sup>R</sup>	1908
Sinope	23,700,000	331.9	758 <sup>R</sup>	1914

Note: The outermost four satellites move in a retrograde direction about Jupiter, indicated by a superscript R with the orbital period.

# Amalthea



- ▶ 270 km lang (max)
- ▶ 1892 visuell entdeckt (letzter)
- ▶ Farbe → Schwefel von Io?