

Io, die heiße Lichtgestalt. Mythos, Lichtgeschwindigkeit und Vulkanismus

In Bezug auf den Beitrag „Jupitermond Io war immer eine Vulkanwelt“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 3/2025, Rubrik: Nachrichten, S. 10, WIS-ID: 1571266, Zielgruppe: Mittelstufe – Oberstufe

Thomas Jahre

Dieser Beitrag richtet sich an Personen, die Kinder im Alter von 12 bis 99 Jahren betreuen/unterrichten. Io war in der griechisch/römischen Mythologie eine Geliebte des Zeus/Jupiter. Die Entdeckung der vier großen Jupitermonde gelang Galilei und Marius im Jahr 1610. Diese beiden Forscher benannten die vier Monde zuerst nach ihren „Arbeitgebern“. Kepler schlug dann 1613 die Namen Io, Europa, Kallisto und Ganymed vor.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Monde, keplersche Gesetze, Parallaxe	Beobachtungen und Berechnung
Fächerverknüpfung	Astronomie – Sprache Astronomie – Geschichte	Sagen, Mythologie am Sternenhimmel
Physik	Lichtgeschwindigkeit	Experimente und Berechnungen
Mathematik	Lösen einfacher Gleichungen	Konstruktionen und Berechnungen



Abbildung 1: Jupiter mit den 4 großen Monden am 25.1.2025. Screenshot aus Stellarium (erstellt von Thomas Jahre).

Wer war Io?

„Io (altgriechisch Ἰώ Ἰό) ist in der griechischen Mythologie die Tochter des Flussgottes Inachos und der Melia. Sie war eine Geliebte des Zeus und brachte Epaphos zur Welt. Zeus verliebte sich einst in Io, eine Priesterin der Hera und verführte sie. Ovid stellt abweichend den Vorgang in seinen Metamorphosen als Vergewaltigung dar. In einer anderen Version ist Io in Träumen zuvor zu dieser Verbindung animiert worden. Dies bemerkte jedoch seine eifersüchtige Gattin Hera. Um die Tat zu vertuschen, verwandelte Zeus Io in eine weiße Kuh. Hera entdeckte dies jedoch und forderte die Kuh als Geschenk, was Zeus ihr nicht abzuschlagen vermochte. Hera ließ die Kuh von dem hundertäugigen Riesen Argos bewachen. Aus Mitleid mit Io entsandte Zeus den Himmelsboten Hermes zu Argos mit dem Auftrag, ihn zu töten. Hermes schläfernte mit seinem Flötenspiel Argos ein und schlug ihm dann den Kopf ab, so dass Io – immer noch in Tiergestalt – entfliehen konnte. Der befreiten Io sandte Hera eine Rinderdassel, die sie unablässig verfolgte und durch die ganze Welt trieb. Auf der Flucht überquerte Io das Meer, das später nach ihr benannt wurde (Ionisches Meer) und überschritt die Furt, die ihr ihren Namen verdankt (Bosporus, griechisch für Kuh- oder Ochsenfurt), von Europa nach Asien.

Schließlich ließ sich Hera besänftigen und Io, mittlerweile am Nil angelangt, erhielt ihre menschliche Gestalt zurück und gebar den Epaphos.“ (Zitat aus [https://de.wikipedia.org/wiki/Io_\(Mythologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Io_(Mythologie)))

Nach dem Stammbaum des Perseus (Bibliothek des Apollodor 1. Jh.) gehören die als Sternbilder zu findenden Personen zu den Nachfahren Ios: Kepheus, Perseus und Andromeda.

Erste Sichtungen der Io

Frank Keim beschreibt in seinem Buch „Die Entdeckung der Jupitermonde 105 Jahre vor Galileo Galilei“, dass in dem Bild „Die drei Philosophen“ von Giorgio da Castelfranco aus dem Jahr 1505 Jupiter mit seinen vier großen Monden zu sehen sei. Möge man da sich selbst sein Urteil bilden.

Üblicherweise wird die Entdeckung der Jupitermonde Galileo Galilei am 7. Januar 1610 und fast zeitgleich Simon Marius am 8. Januar 1610 zugeschrieben. Abbildung 2 zeigt, warum Galilei nach seinen Beobachtungen am 7. Januar 1610 von drei winzigen Sternen nahe dem Jupiter spricht – Io und Europa verschmelzen im Teleskop zu einem einzigen Objekt.

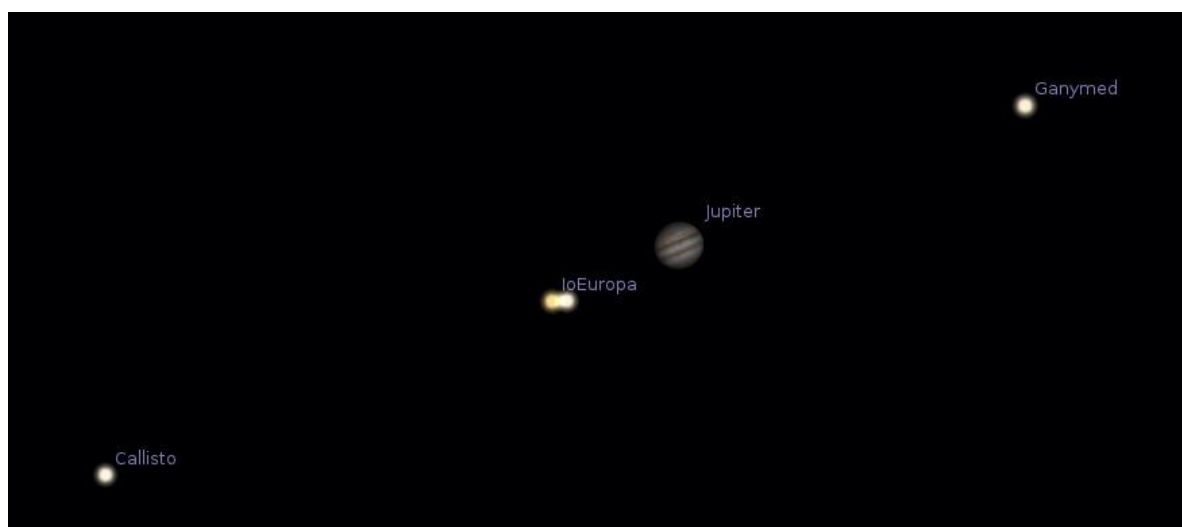


Abbildung 2: Stellung der vier großen Jupitermonde zu ihrem Zentralkörper am 07.01.1610. Screenshot aus Stellarium (erstellt von Thomas Jahre).



Abbildung 3: Screenshot Jupiter mit den vier großen Monden mittels Stellarium für den 08.01.1610 (erstellt von Thomas Jahre).

Wie es dazu kam, dass Marius nur einen Tag später von vier kleinen Sternen nahe Jupiter berichtet, wird anhand von Abbildung 3 deutlich, die die veränderte Stellung der Monde am Tag nach Galileis Entdeckung darstellt.

Simon Marius (1573 – 1625) verwendete die von Kepler vorgeschlagenen Namen, waren doch alle vier „Gespielinnen des wollüstigen Zeus/Jupiter“.

Seine Geburtsstadt Gunzenhausen widmete ihm einen Souvenir-Schein. In Gunzenhausen gibt es ein Simon-Marius-Gymnasium in der gleichnamigen Straße. Sehenswert ist auch das Denkmal von Marius in Ansbach.



Abbildung 4: Souvenir-Schein der Stadt Gunzenhausen in Erinnerung an Simon Marius (aus der Sammlung des Autors).

Galileo Galilei (1564 – 1641) veröffentlichte 1610 die Entdeckung der Monde, die er als Sidera Medicea – die „Mediceischen Gestirne“ bezeichnete.

Die erste Sichtung eines Jupitermondes überhaupt ist wohl dem chinesischen Astronom Gan De gelungen. In seinen Aufzeichnungen aus dem Jahr 365 v. Chr. findet sich ein Begleiter des Jupiters, bei dem es sich um Ganymed, den größten der vier Monde, gehandelt haben könnte.

Die gut beobachtbaren Umläufe der Monde brachten Galilei auf die Idee, daraus eine „Himmelsuhr“ zu schaffen. Bekanntlich ist die genaue Kenntnis der Uhrzeit eine wichtige Voraussetzung für die Navigation auf See. Eine der ersten Tabellen dazu wurde von Giovanni Cassini (1625 – 1712) erstellt. Ebenfalls gelang es Cassini im Jahr 1672 die Parallaxe des Mars zu ermitteln und so die Entfernung e zwischen Mars und Erde zu diesem Zeitpunkt zu bestimmen. Cassini vermaß von Paris aus den Mars,

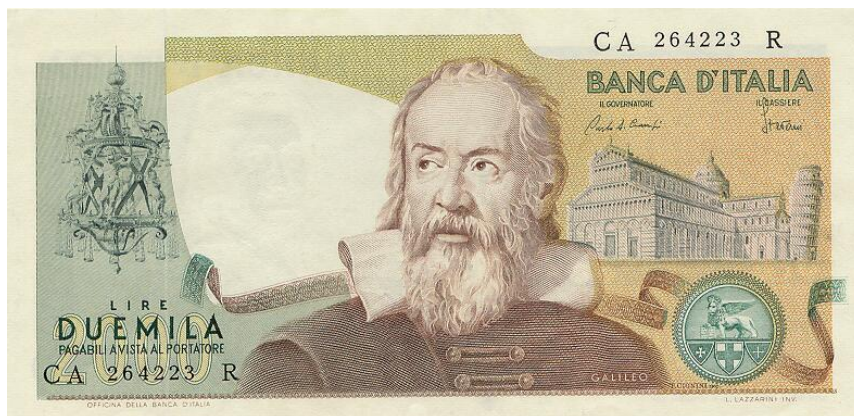


Abbildung 5: Italienischer 2000 Lire Schein mit dem Portrait Galileo Galileis (aus der Sammlung des Autors).

sein Mitarbeiter Jean Richer nahm die Messung von Südamerika aus vor (im Gebiet des heutigen Französisch-Guyana). Der Wert war etwas zu klein, aber aus heutiger Sicht bereits brauchbar. Dieses Messergebnis e ließ sich für eine Berechnung mittels des 3. Keplerschen Gesetzes nutzen.

$$\frac{T_m^2}{T_e^2} = \frac{a_m^3}{a_e^3}$$

$$\frac{T_m^2}{T_e^2} = \frac{(a_e + e)^3}{a_e^3}$$

Es sei T_m die Umlaufzeit des Mars, T_e die Umlaufzeit der Erde und a_e die zu ermittelnde große Halbachse der Erde.

In dieser Gleichung ist nur noch eine Unbekannte enthalten, a_e . Wenn man aber den Wert für a_e berechnet hat, konnten die Werte für alle anderen Planeten, die man damals kannte, genutzt werden. Eine Verbesserung der Werte gelang durch die Nutzung des Venustransits (siehe Quelle 5).

Die Idee einer Himmelsuhr griff der dänische Astronom Ole Rømer (1644–1710) auf. Der Astronom war von 1772 bis 1681 Mitarbeiter Cassinis an der Pariser Sternwarte.



Abbildung 5: Ole Rømer auf einer dänischen 50-Kronen-Banknote (aus der Sammlung des Autors).

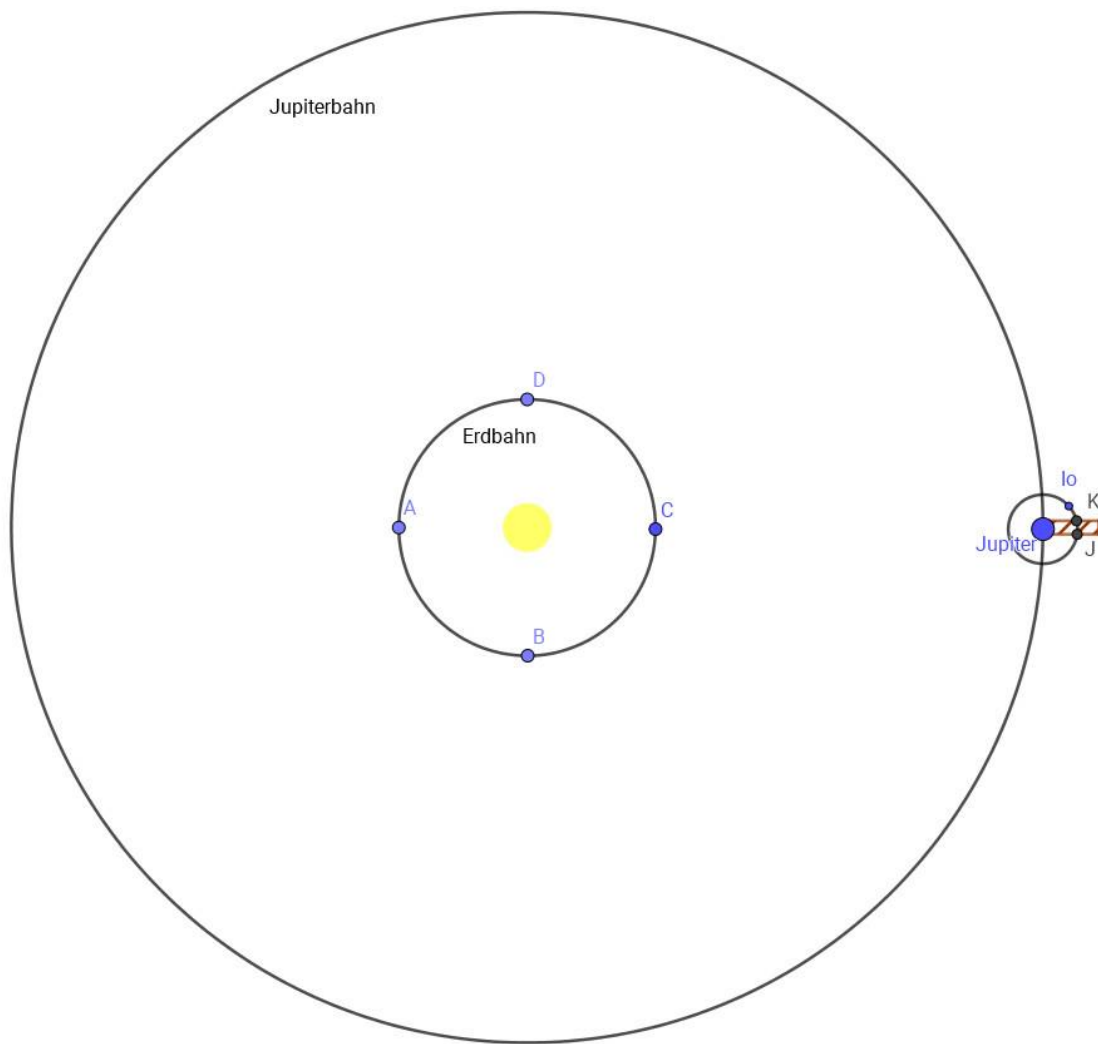


Abbildung 6: Zeichnung mittels GeoGebra vom Autor erstellt.

Mit Hilfe einer von Christiaan Huygens (1629 – 1695) angefertigten Pendeluhr vermaß Rømer die Zeiten für das Eintreffen von Verfinsterungen des Mondes Io durch den Jupiter. Er wollte die Beobachtungen Cassinis aus dem Jahr 1668 verbessern, hatte dieser doch auch schon festgestellt, dass es Abweichungen für die Jupiterhimmelsuhr gab. Die Beobachtungen Rømers begannen 1672 in Paris.

In der Zeichnung erkennt man die Punkte J und K. Bei J tritt Io in den Schatten des Jupiter, bei K verlässt Io den Schatten. Die Erde selbst bewegt sich von A in Richtung B. Rømer sprach am 23. August 1676 (die Erde befand sich zu dem Zeitpunkt etwa beim Punkt C) die Vermutung aus, dass die nächste zu erwartende Finsternis vom 9. November 1676 mit einer Verspätung von 10 Minuten eintreffen würde (die Erde befand sich zu dem Zeitpunkt etwa beim Punkt D). Seine Vorhersage traf recht genau zu. So hielt er am 21. November einen Vortrag, in dem er begründete, dass diese Beobachtung darauf beruhe, dass die Lichtgeschwindigkeit endlich sei. Da die Entfernung der Erde zum Jupiter im Punkt D größer ist im Vergleich zu Punkt C, braucht eben das Licht mehr Zeit. Damit widerlegte er die These von Descartes von der Unendlichkeit der Lichtgeschwindigkeit. Es sollten noch viele Messungen und Anhänger der Ideen Rømers notwendig sein, bis sich der Gedanke der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit durchsetzen konnte.



Abbildung 7: Niederländische 25 Gulden Banknote mit dem Portrait Christiaan Huygens (aus der Sammlung des Autors).

Einen konkreten Wert für die Lichtgeschwindigkeit selbst hat Ole Rømer aber nicht berechnet oder besser gesagt veröffentlicht. So findet man in seinem Notizbuch nur folgende Notiz zur Geschwindigkeit des Lichts: 1091 Erddurchmesser pro Minute. Mit einem Erddurchmesser von 12740 km ergäbe das einen Wert für die Lichtgeschwindigkeit von rund 231.000 km/s. (Quelle 3)

Christiaan Huygens (1629 – 1695) war (offiziell) der erste, der im Jahr 1676 einen Wert für die Lichtgeschwindigkeit berechnet hat. Er verwendete dazu die Angaben Rømers, der eine Laufzeit von 22 Minuten für das Licht zwischen den Punkten A und C (Abbildung 6) berechnet hatte. Die Entfernung der Punkte A und C – heute doppelte astronomische Einheit (AE) genannt – beruhte auf dem Wert der Parallaxe, die Cassini ermittelt hatte (s. o.). Die Entfernung betrug also 280 Mio. km und die Laufzeit $22 \text{ min} = 1320 \text{ s}$. Damit erhielt Huygens ($v = s/t$) den Wert von 212 121 km/s für die Lichtgeschwindigkeit.

Anmerkungen:

1. Die AE des Cassinis ist zu klein und der Wert von 22 min Rømers zu groß. Nichtsdestotrotz gelang zum ersten Mal die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in einer akzeptablen Größenordnung.
2. Die Angabe der AE in km ist natürlich umgerechnet, denn die Einheit km wurde 1676 noch nicht verwendet.

Weitere Informationen und Experimente zur Ermittlung der Lichtgeschwindigkeit sind in Quelle 3 nachzulesen.

Auch wenn heute der Mond Io nicht mehr für die Ermittlung der Lichtgeschwindigkeit „gebraucht“ wird, so ist die Erforschung des Mondes immer wieder interessant. Aktuell gelten die Untersuchungen der gewaltigen vulkanischen Aktivitäten auf diesem Mond – Jupitermond Io war immer eine Vulkanwelt – Brennpunkt 2337. Auf Grund der sehr umfangreichen Darstellung im Bezugsbeitrag wird in diesem Beitrag der Vulkanismus nur kurz erwähnt (siehe auch Quelle 6).

Quellen:

1. https://de.wikipedia.org/wiki/Ole_Rømer
2. <https://www.leifiphysik.de/optik/lichtausbreitung/geschichte/messung-der-lichtgeschwindigkeit-nach-romer>
3. <https://www.thphys.uni-heidelberg.de/~huefner/Li+Mat/V02-Lichtgeschwindigkeit-dd.pdf>
4. https://de.wikipedia.org/wiki/Galileische_Monde
5. Jahre, T. (2014). Vorbei ist nicht einfach nur vorbei. wissenschaft in die schulen!
<https://www.spektrum.de/artikel/1183913>
6. https://de.wikipedia.org/wiki/Vulkanismus_auf_dem_Jupitermond_Io

Weitere WIS-Materialien zur Astronomie und allen ihren Bezügen finden sie unter der Adresse www.wissenschaft-schulen.de (Fachgebiet Astronomie).

Wir würden uns freuen, wenn sie zum vorliegenden Beitrag Hinweise, Kritiken und Bewertungen an die Kontaktadresse des Autors senden könnten.

Thomas Jahre, ehemals Lehrer am Chemnitzer Schulmodell – www.schulmodell.eu