

Zeitschrift:	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber:	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band:	67 (2009)
Heft:	354
Artikel:	Warum waren die Jupitermonde wichtig? : Galileis Monde und die Lichtgeschwindigkeit
Autor:	Roth, Hans
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-897308

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 24.01.2026

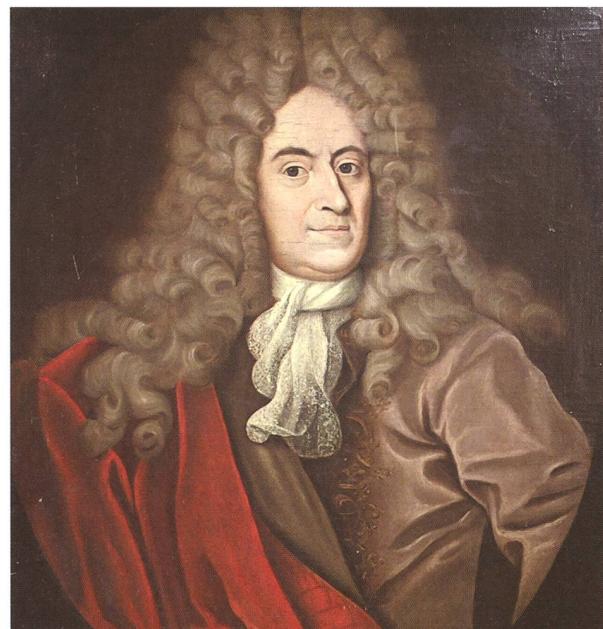
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Warum waren die Jupitermonde wichtig?

Galileis Monde und die Lichtgeschwindigkeit

■ Von Hans Roth

Erst mit dem Fernrohr konnten die Jupitermonde beobachtet werden. Systematische Beobachtungen der Monde erlaubten dann, erstmals die Entfernung der Sonne in der richtigen Größenordnung zu bestimmen. Und mit dieser Kenntnis war es Olaf Rømer möglich, als erster die Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen – ebenfalls mit Hilfe der Jupitermonde!



Olaf Christensen Rømer war ein dänischer Astronom. Bekannt wurde er durch den ersten Nachweis, dass die Lichtgeschwindigkeit endlich und nicht unendlich gross ist, beziehungsweise durch die Anleitung, wie die Lichtgeschwindigkeit durch Beobachtung der Jupitermonde berechnet werden kann.

Bei ihrem Kreisen um Jupiter gelangen die Monde auch immer wieder in den Schatten Jupiters, es gibt Mondfinsternisse, wie wir sie von unserem Mond kennen. Allerdings treten sie häufiger auf. Io, Europa und Ganymed werden sogar bei jedem Umlauf verfinstert, Kallisto nur, wenn ihre Bahnebene nahe genug an die Sonne herankommt. Dies geschieht bei einem Jupiterumlauf von 5.2 Jahren während zwei Perioden von je etwa 1.5 Jahren.

Alle Verfinsterungen treten, in einem Amateurfernrohr beobachtet, schlagartig ein: der Mond verschwindet plötzlich, wie wenn ein Lichtschalter betätigt würde. Das kann man aber nur gut beobachten,

wenn die Erde etwas neben der Verbindungsline Sonne-Jupiter steht (Abbildung 1). Denn wenn Jupiter in Opposition zur Sonne steht, sehen wir den Schattenkegel Jupiters nicht. Beim Eintritt in den Jupiterschatten verschwinden dann die Monde auch gleich hinter dem Planeten, und diese Zeiten können nicht so präzis gemessen werden, weil sich die Monde am Jupiterrand nicht gut abheben.

Wenn nun aber die Verfinsterungspunkte etwas neben Jupiter liegen, können diese Zeiten sekundengenau beobachtet werden. Sie sind unabhängig vom Standort auf der Erde und konnten damit als Zeitsignale

zur Synchronisation der Uhren verwendet werden.

Diese Synchronisation löste ein Problem der damaligen Zeit. Während sich die geografische Breite problemlos aus der Beobachtung von Sternkulminationen ergibt, braucht es für die geografische Länge die Bestimmung einer Zeitdifferenz. Man muss wissen, wieviel früher oder später ein Stern am Beobachtungsort kulminiert, verglichen mit einem bekannten Ort, z. B. Greenwich. Nach der Entdeckung der Jupitermonde konnte man jetzt die Uhren an beliebigen Standorten abgleichen und damit die geografische Länge bestimmen. Allerdings galt dies nur auf dem Festland, noch nicht auf Schiffen. Die Konstruktion einer genügend genauen transportablen Uhr gelang ja erst HARRISON 1759.

Die Bestimmung der Astronomischen Einheit

Seit KEPLER kannte man die gegenseitigen Verhältnisse der Bahnachsen der Planeten. Es fehlte aber noch die Bestimmung einer solchen Länge in einer absoluten Einheit, z. B. in Meilen oder auch in Erdradien – denn die Größe des Erdradius' war ja seit dem Altertum bekannt (ERATOSTHENES, 276 – 194 v.Chr.). Die Astronomen geben bis heute die Astronomische Einheit (AE), also den Abstand Sonne-Erde, als «Sonnenparallaxe» an. Das ist ein Winkel, nämlich derjenige, unter dem ein Erdradius von der Sonne aus erscheint. Bis 1672 galt der Wert von ARISTARCH (ca. 310 – 230 v.Chr.), den dieser in einem Trigonometrielehrbuch mit 3° angab. Er führte zu einer Sonnendistanz, die nur gerade 19 mal grösser war als die Distanz zum Mond (der richtige Faktor ist etwa 400).

Die erste Bestimmung der Sonnenparallaxe in der richtigen Größenordnung gelang GIOVANNI DOMENICO CASSINI durch die Beobachtung der günstigen Marsopposition vom 8. September 1672. CASSINI war Direktor der Pariser Sternwarte und beobachtete zusammen mit PICARD und RÖMER von Frankreich aus, während JEAN RICHER nach Cayenne geschickt worden war. Dabei entdeckte RICHER übrigens, dass eine Pendeluhr in Äquatornähe langsamer geht als im Norden (eine Entdeckung, die der Erfinder der Pendeluhr, CHRISTIAAN HUYGENS, als Un-

Nachgedacht - nachgefragt

sinn abtat). Die Idee CASSINIS war, dass durch die gleichzeitige Beobachtung von zwei weit auseinanderliegenden Standorten die Parallaxe des relativ nahe stehenden Mars bestimmt werden könnte (es ging dabei um einen Richtungsunterschied von etwa $25''$, das entsprach gerade etwa dem scheinbaren Durchmesser des Planeten bei dieser Opposition). Mit den Keplerschen Gesetzen liess sich dann die Sonnenentfernung daraus berechnen. Die geografische Länge von Cayenne wurde durch Beobachtung der Jupitermondverfinsternungen bestimmt, womit auch die Uhren synchronisiert wurden. So konnte der Mars von Paris und Cayenne aus gleichzeitig beobachtet werden, eine Voraussetzung für die Messmethode (Abb. 2).

Zunächst ergaben sich aber keine brauchbaren Daten. Erst später destruierte CASSINI aus allen Beobachtungsdaten eine Sonnenparallaxe von $9.5''$ heraus, vermutlich durch geschickte Auslese von Werten, die einander in ihrer Gesamtheit eigentlich widersprachen bzw. gar keine Parallaxe erkennen liessen. Etwas mitgeholfen bei dieser Auswertung dürfte auch das Ergebnis von FLAMSTEED (damals Royal Astronomer in Greenwich) haben: Dieser hatte bei derselben Marsopposition die tägliche Parallaxe des Mars, also die scheinbare Verschiebung der Marsposition wegen der Tagesbewegung des Beobachtungsorts gemessen, aber als Ergebnis nur erhalten, dass die daraus abgeleitete Sonnenparallaxe kleiner als $10''$ sein müsse.

Die Astronomen rechnen heute mit einer Sonnenparallaxe von $8.794143''$.

Die Lichtgeschwindigkeit

CASSINI hatte Tabellen der Jupitermondverfinsternungen publiziert, womit die Synchronisation der Uhren möglich wurde. Als RÖMER diese



Abbildung 1: In der Grafik oben ist schematisch dargestellt, wie es zu den Jupitermond-Ereignissen kommt. All diese Erscheinungen sind in einem Fernrohr mit grosser Brennweite mühelos zu beobachten. Besonders reizvoll sind Schattendurchgänge vor der Planetenscheibe. Das Bild unten zeigt den Beginn einer Bedeckung des Mondes Ganymed im April 2007. (Bild: Hubble Space Telescope/NASA)

Tabellen kontrollierte, fiel ihm auf, dass die Zeiten nicht immer stimmten. Manchmal traten die Verfinsternisereignisse bis 8 Minuten zu früh ein, ein Vierteljahr später entsprachen sie den Tabellenwerten, und weitere drei Monate später hatten sie eine Verspätung von wiederum etwa 8 Minuten. RÖMER erkannte nun, dass die Zeiten immer in der Nähe der Opposition zu früh, in der Nähe der Konjunktion zu spät waren. Er zog den richtigen Schluss daraus: wenn Jupiter in Opposition steht, ist die Distanz um eine AE kürzer als im Mittel; in der Konjunktion eine AE länger. Die Zeitunter-

schiede konnten dadurch erklärt werden, dass das Licht nicht unendlich rasch läuft. Es braucht vielmehr eine Viertelstunde, um den Durchmesser der Erdbahn zurückzulegen (Abbildung 3).

Nachvollzug durch den Amateur

Die Bestimmung der Verfinsterniszeiten ist heute jedem Amateur problemlos möglich. Man kann also durchaus versuchen, die RÖMERSCHEN Messungen nachzuvollziehen. Allerdings sollte man eine Messreihe mit immer dem gleichen Instrument und dem gleichen Okular durchführen. Die Verfinsterniszeiten sind nämlich etwas von der Lichtstärke abhängig. Weil die Monde ja nicht als Punkte, sondern als ausgedehnte «Scheibchen» erscheinen, verschwinden sie in grösseren Fernrohren etwas später. Die Zeitverschiebung von Opposition zu Konjunktion bleibt dabei aber gleich.

Damit könnte man auch eigenständig die Astronomische Einheit bestimmen, allerdings auf dem umge-

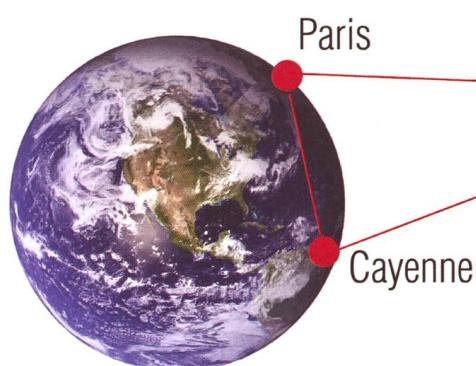


Abbildung 2: Vermessung des Mars von 2 Punkten auf der Erde Erdkugel aus (hier Paris und Cayenne). (Grafik: Thomas Baer)

Nachgedacht - nachgefragt

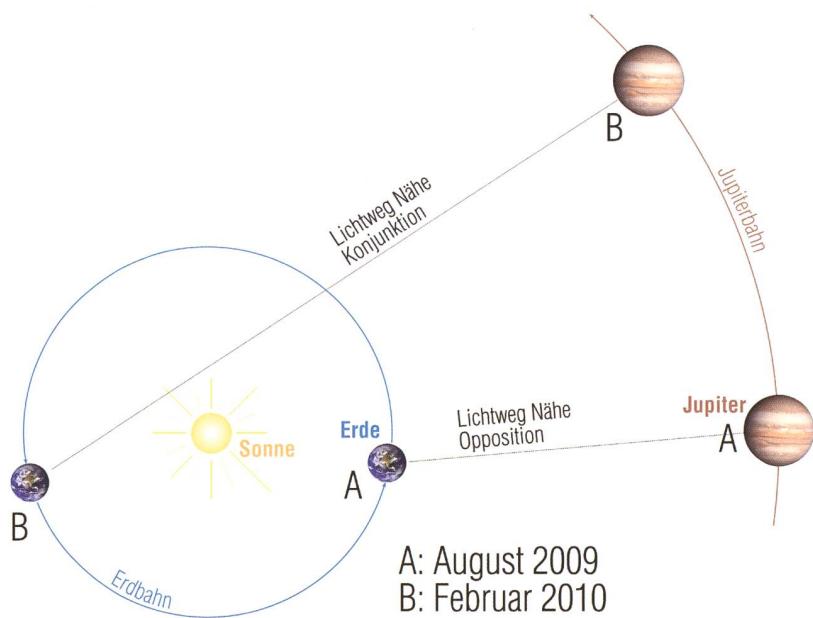


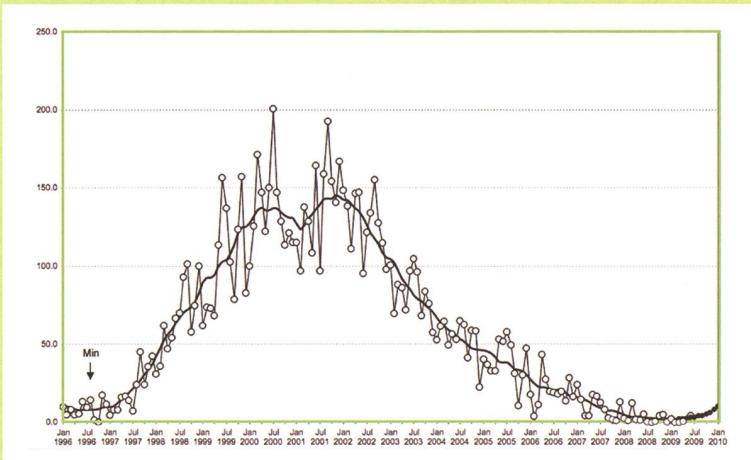
Abbildung 3: In dieser Darstellung wird der Lichtwegunterschied gezeigt. Wir haben zwei Situationen Anfang August 2009 und im Februar 2010 gewählt. Jupiter ist in diesem Zeitraum etwa 30° weiter auf seiner Bahn gewandert. (Grafik: Thomas Baer)

kehrten Weg. Die Lichtgeschwindigkeit lässt sich ja heute mit der Drehspiegelmethode (FOUCAULT, 1851) bereits in einem grösseren Raum bestimmen, wodurch sich die Astronomische Einheit als halbes Produkt von Lichtgeschwindigkeit und Zeitverschiebung ergibt.

■ **Hans Roth**
Marktgasse 10a
CH-4310 Rheinfelden

Swiss Wolf Numbers 2009

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Mai 2009												Mittel: 1.4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
00	00	00	04	00	00	00	00	00	00				
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
00	00	03	04	12	04	08	04	00	00				
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
00	02	04	00	00	00	00	00	00	00	09			

Juni 2009												Mittel: 4.8	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
19	21	17	13	04	00	00	00	00	00				
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
00	00	00	00	00	00	03	00	00	00				
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				
02	15	12	16	02	00	00	00	00	00				

Mai 2009

Name	Instrument	Beobachtungen
Barnes H.	Refr 76	13
Bissegger M.	Refr 100	6
Enderli P.	Refr 102	20
Friedli T.	Refr 40	21
Friedli T.	Refr 80	21
Herzog H.	Refl. 250	14
Möller M.	Refr. 80	29
Niklaus K.	Refl 250	9
Tarnutzer A.	Refl 203	14
Von Rotz A.	Refl 130	13
Weiss P.	Refr 82	24
Willi X.	Refl 200	4

Juni 2009

Name	Instrument	Beobachtungen
Barnes H.	Refr 76	14
Bissegger M.	Refr 100	8
Enderli P.	Refr 102	16
Friedli T.	Refr 40	20
Friedli T.	Refr 80	20
Herzog H.	Refl. 250	14
Möller M.	Refr. 80	25
Niklaus K.	Refl 250	17
Tarnutzer A.	Refl 203	16
Von Rotz A.	Refl 130	16
Weiss P.	Refr 82	28
Willi X.	Refl 200	8

Die Sonnenflecken verharnten auch im Mai und Juni auf relativ tiefem Niveau. Allerdings tauchte Anfang Juni und um den 23. herum ein kleineres Grüppchen Sonnenflecken auf. Danach beruhigte sich das Ganze bereits wieder. Ob und wann der 24. Sonnenfleckenzzyklus wirklich in Gang kommt, ist schwierig vorauszusagen. Bis Mitte August 2009 war es anhaltend ruhig auf der Sonne. (Grafik: Thomas Baer / Marcel Bissegger)