

Galilei's [i.e. Galileis] Erklärungsversuch der Gezeiten

Autor(en): **Ackeret, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **12 (1967)**

Heft 101

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900161>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Galilei's Erklärungsversuch der Gezeiten

von J. ACKERET, ETH Zürich

Der astronomische Amateur kennt vielleicht das grossartige Werk GALILEO GALILEI's: «Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme» nur vom Hörensagen. Es erschien 1632 in Florenz, wurde bald darauf verboten und kam auf den Index, von dem es erst 1822 gestrichen wurde.

Eine vorzügliche deutsche Übersetzung mit interessanten Zusätzen des Übersetzers EMIL STRAUSS erschien 1891 bei Teubner (Leipzig). Die Lektüre ist ausserordentlich anregend; das Buch ist auch literarisch ein wahres Kunstwerk.

Das vierte Kapitel (der «vierte Tag» der Dialoge) handelt ausschliesslich von *Ebbe und Flut*. GALILEI legte darauf grosses Gewicht und wollte die Gezeiten geradezu als Beweis für die «doppelte Bewegung» der Erde, nämlich die Erdrotation und die Umlaufbewegung um die Sonne, heranziehen. Das Erstaunliche ist, dass er den doch sehr deutlichen Einfluss des Mondes (und der Sonne) nicht gelten lassen will – ja er wundert sich, dass sogar ein KEPLER mit «seinem durchdringenden Scharfblick» solche «Kindereien» billige.

Sein eigener ausführlich dargelegter Erklärungsversuch ist aber *falsch*. Wenn davon hier die Rede sein soll, so geschieht dies deshalb, weil es nicht uninteressant ist, den Fehler etwas zu analysieren. Die Gründe, die GALILEI angibt, sind nämlich auf den ersten Blick bestechend. Schreibt doch sogar der oben erwähnte, sonst gut beschlagene E. STRAUSS in seinen Anmerkungen u. a. folgendes:

«So leicht es darnach ist, die Theorie GALILEI's an der Hand der Tatsachen zu widerlegen, so schwer dürfte es sein, einen Fehler in den Schlüssen nachzuweisen, die er aus der doppelten Erdbewegung zieht. Auch ist dies trotz des allgemeinen Verdammungsurteils, das über seine Theorie gefällt wurde, in eingehender Weise niemals geschehen. Ich halte es für sehr wohl möglich, dass die von GALILEI aufgestellte Theorie in der Hauptsache nicht unrichtig ist, dass aber die Erscheinungen, die ihr zufolge eintreten müssten, zu geringfügig sind, um neben der Mondflut bemerkt zu werden.»

GALILEI geht von der folgenden bekannten Tatsache aus. In einer Barke (die Gespräche fanden in Venedig statt) sei eine längliche mit Wasser gefüllte Wanne längs des Schiffes aufgestellt. Fährt die Barke mit konstanter Geschwindigkeit U , so ist der Wasserspiegel in der Wanne horizontal und ruhig. Wird das

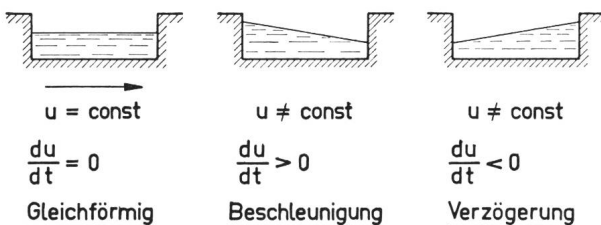


Abb. 1: Spiegelneigung in einem länglichen Bassin bei Beschleunigung und Verzögerung.

Schiff beschleunigt oder verzögert, so stellt sich der Spiegel schief (Abb. 1). – Man kann diesen Effekt schon in einem Suppenteller bemerken.

Nun denkt sich GALILEI die «doppelte Bewegung» vorhanden. Wir können dabei den grossen Kreis der Bahn um die Sonne für einen Tag ohne wesentlichen Fehler durch die Tangente $X-X$ ersetzen. Die Erde dreht sich dabei einmal um ihre Achse. Der Drehsinn in den Abb. 2–4 so gezeichnet, wie ihn ein Beobachter hat, der die Erde von der Südseite betrachtet. Mit dem Erdradius R und der Winkelgeschwindigkeit ω ergibt sich die Umfangsgeschwindigkeit der Erdoberfläche als ωR . Im Punkt B ist die in Richtung $X-X$ weisende Summengeschwindigkeit $U_B = V + \omega R$, im Punkt D aber $U_D = V - \omega R$. Jetzt sagt sich GALILEI, dass die Geschwindigkeit zeitlich zwischen $V + \omega R$ und $V - \omega R$ variiert, was Beschleunigung von D bis B und Verzögerung von B bis D bedeutet. Der Spiegel wird sich «also» mit wechselnder Neigung schiefstellen. An den Enden der Wanne wird das Wasser *einmal* im Tage hoch und *einmal* tief stehen; die Gezeiten sind «erklärt» und zwar ohne Einflüsse des Mondes.

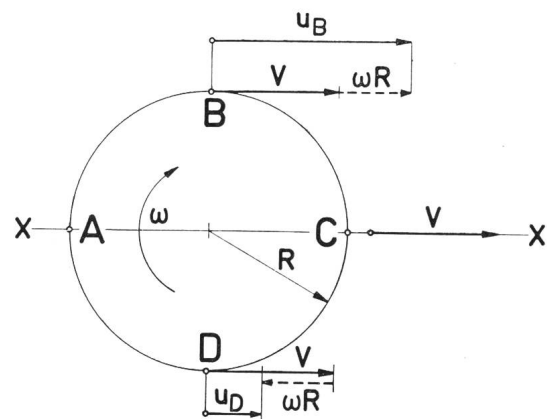


Abb. 2: «Doppelte Bewegung» der Erde. Translation längs $x-x$ und Rotation ω .

Natürlich ist es GALILEI nicht unbekannt gewesen, dass an vielen Orten der Erde im Tag *zwei* Maxima und *zwei* Minima beobachtet werden – entgegen seiner so überzeugt vorgetragenen Theorie. Er behilft sich hier mit etwas unklaren Vermutungen, wobei man sich freilich sagen muss, dass die ihm allein näher bekannten Gezeiten der Adria relativ klein sind und durch allerlei Nebeneffekte wie Wind usw. kompliziert werden. – Die Theorie GALILEI's ist, wie gesagt, falsch. Das lässt sich schon mit den Elementen der Mechanik ohne Mühe zeigen (Abb. 3).

Betrachten wir die (absolute) Geschwindigkeit des Punktes P auf der Erdoberfläche. Sie sei mit u bezüglich der x -Richtung, mit v bezüglich der y -Richtung

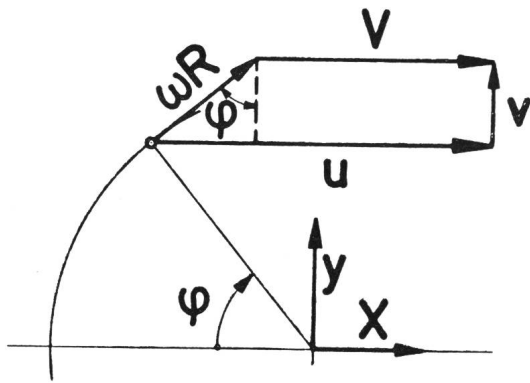


Abb. 3: Absolute Geschwindigkeitskomponenten u , v , eines Punktes an der Erdoberfläche ($\sim$ Äquator).

bezeichnet. Dann ist:

$$u = V + \omega R \cdot \sin \varphi; \quad v = \omega R \cdot \cos \varphi.$$

Die Beschleunigungen sind (mit $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$):

$$b_x = \frac{du}{dt} = \omega R \cdot \cos \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega^2 R \cdot \cos \varphi$$

$$b_y = \frac{dv}{dt} = -\omega R \cdot \sin \varphi \cdot \frac{d\varphi}{dt} = -\omega^2 R \cdot \sin \varphi$$

Die resultierende Beschleunigung ist $\sqrt{b_x^2 + b_y^2} = \omega^2 R = b$; sie ist unabhängig von der Zeit und also auch vom Winkel φ .

Ihre Richtung ist gegeben durch (Abb. 4)

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\omega^2 R \cdot \sin \varphi}{\omega^2 R \cdot \cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi$$

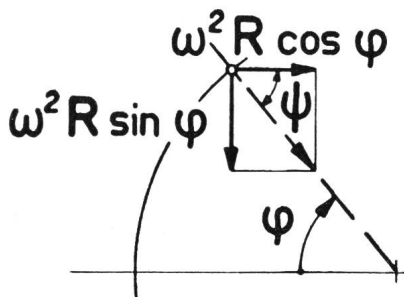


Abb. 4: Beschleunigungskomponenten. Resultierende Beschleunigung rein radial.

Daraus folgt aber $\psi = \varphi$, oder mit anderen Worten, dass die resultierende Beschleunigung durch den *Erdmittelpunkt* geht. Sie hat also überhaupt keine Tangentialkomponente, die den Wasserspiegel schräg stellen könnte. Die, wie wir heute sagen, «Zentripetalbeschleunigung» $b = \omega^2 \cdot R$, wird von einem kleinen Bruchteil der Schwere geliefert, der der bekannten Abnahme des Gewichtes infolge der Erddrehung entspricht.

So einfach mit heutigen Augen gesehen die Sachlage ist, so schwer war es zu GALILEI's Zeiten zur vollen Erkenntnis der Ursachen der Gezeiten zu kommen. NEWTON hat rund 50 Jahre später dies geleistet

und die *Anziehung* durch den Mond und die Sonne als wesentlich erkannt. Freilich dauerte es noch lange, bis man auch feinere Details der Ebbe- und Flut-Erscheinungen erklären konnte.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, hier noch formelmässig die GALILEI'sche Idee etwas zu präzisieren. Er zieht offenbar nur die x-Komponente der Beschleunigung in Betracht. Sie ist $\omega^2 R \cdot \cos \varphi$, und er lässt diese (ohne besonderen Hinweis) einfach tangential auf die Wanne wirken. Der maximale Beschleunigungsbetrag $\omega^2 R$ träte dann bei $\varphi = 0^\circ$ und 180° auf.

Ferner hat es mit Rücksicht auf die angeführte Bemerkung von STRAUSS noch Interesse zu fragen, ob vielleicht dieser hypothetische «Galilei-Effekt» zu klein sei, um neben dem Mondeinfluss sichtbar zu werden. Die maximale Beschleunigung $\omega^2 R$ verhält sich zur Schwerebeschleunigung wie $\frac{\omega^2 R}{g}$ und dieses Verhältnis beträgt (mit $\omega = \frac{2\pi}{86400}$ und $R =$

6400 km) rd. $\frac{1}{300}$ (am Äquator).

Nehmen wir jetzt eine grosse Wanne (Länge L), so zeigt eine einfache hydrostatische Rechnung, dass die (tangential gedachte) Beschleunigung $\omega^2 R$ eine Neigung des Wasserspiegels $\frac{\Delta h}{L}$ im oben ge-

nannten Betrag von $\frac{1}{300}$ zur Folge hätte. Das würde aber heissen, dass schon bei $L = 100$ km (oberer Teil des Genfersees z. B.) ein Unterschied der Spiegelhöhe an beiden Enden von $\Delta h = \frac{1}{300} L = 330$ m auftreten würde, ein offenbar absurd grosser Wert.

Verständlicherweise betrachtet man bei historischen Untersuchungen meist nur die bleibenden Ergebnisse. Es dürfte aber gelegentlich wichtig sein, auch Irrtümer und Fehlschläge zu beachten. GALILEI war einerseits noch nicht im Besitz der oben angewandten mechanischen Grundgleichungen, und andererseits war ihm der Gedanke an Fernwirkungen völlig fremd. KEPLER ahnte diese letzteren zwar, aber auch er konnte nicht zu quantitativen Ergebnissen gelangen. Dies blieb erst NEWTON vorbehalten.

Ernennung als «Principal Investigator» der NASA

Die Schweizerische Vereinigung für Weltraumtechnik teilt mit, dass ihr Vorstandsmitglied, Herr Prof. Dr. J. GEISS von der Universität Bern, von der NASA als «Principal Investigator» für die vom Mond in einem späteren Zeitpunkt zurückzubringenden Gesteinsproben ernannt worden ist.

R. A. NAEF