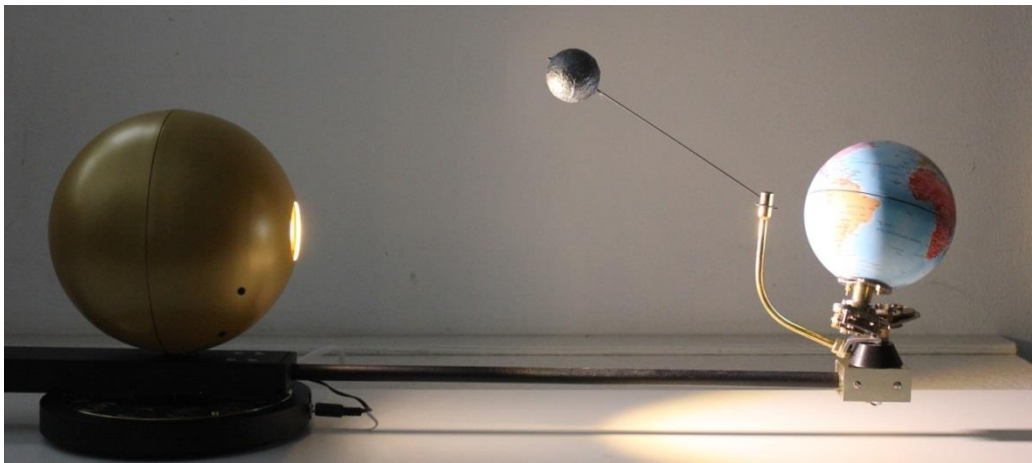


# Tellurium

*Tellus* (lateinisch „Erde“) ist in der römischen Mythologie die Gottheit der mütterlichen Erde, daher auch oft Terra Mater genannt, und entspricht der griechischen Gaia. (Wikipedia)

Das Tellurium veranschaulicht die Entstehung der

- Jahreszeiten
- Mondphasen
- Sonnen- und Mondfinsternisse
- Gezeiten



Das Tellurium besteht aus einer leuchtenden "Sonne", der "Erde" und einem um sie kreisenden "Mond". Der den Mond tragende Stab muss in den "Mond-Arm" eingehängt werden.

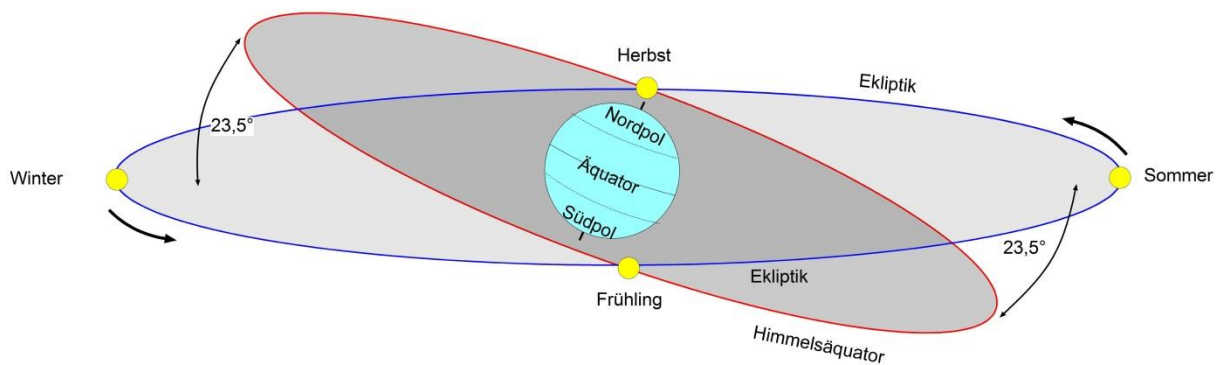
Ein unter der Erde montierter elektrischer Motor und ein Getriebe sorgen für die Rotation der Erde und für den Mondumlauf (beide gegen den Uhrzeigersinn, von oben gesehen). Etwa 30 Drehungen der Erdachse entsprechen der Zeitspanne zwischen zwei gleichen Mondphasen (z.B. Neumond - Neumond). Das lässt sich auch im Handbetrieb zeigen (Getriebe dazu vorsichtig auskuppeln!).

Die tatsächlichen Größen- und Abstandsverhältnisse von Sonne, Erde und Mond bildet das Tellurium aus Platzgründen nicht ab.

- Wenn man sich von der "Sonne" so weit entfernt, dass ihre Größe der wirklichen Sonne am Himmel entspricht (etwa  $\frac{1}{2}^\circ$  oder etwa die Größe eines Kirschkerns zwischen den Fingern der ausgestreckten Hand) erhält man ein realistisches Verhältnis zwischen der Größe der Sonne und ihrer Distanz zur Erde.
- Das gilt auch für den Mond: Wenn man sich vom "Mond" so weit entfernt, dass er so groß erscheint wie der wirkliche Mond auf der Erde entspricht die Distanz der Entfernung Erde - Mond in Bezug auf die Größen der Erde und des Mondes
- Das Größenverhältnis Erde / Mond entspricht der Wirklichkeit: Der Durchmesser des Mondes ist etwa so groß wie Europa.

## Jahreszeiten:

Die Erde umkreist die Sonne im Laufe eines Jahres auf einer leicht elliptischen Bahn, der Ekliptik (Sonnennähe Anfang Januar, Sonnenferne Anfang Juli). Ihre Drehachse ist gegen ihre Umlaufbahn um etwa  $23,5^\circ$  geneigt und zeigt stets in die gleiche Richtung (zum Himmelsnordpol, Polarstern). Das hat zur Folge, dass im Nordwinter vor allem die Südhalbkugel und im Nordsommer die Nordhalbkugel beleuchtet wird. An den Polen ist es dann entweder ganztägig hell oder ganztägig dunkel.



Im Modell stehen Sonne und Erde auf einer, ihre Mittelpunkte verbindenden Ebene, der "Ekliptik".

Den Umlauf der Erde kann man simulieren, in dem man die Erde mit dem Mond manuell gegen den Uhrzeigersinn um die Sonne herumführt. Achten sie dabei aber darauf, dass die Orientierung der Erdachse erhalten bleibt.

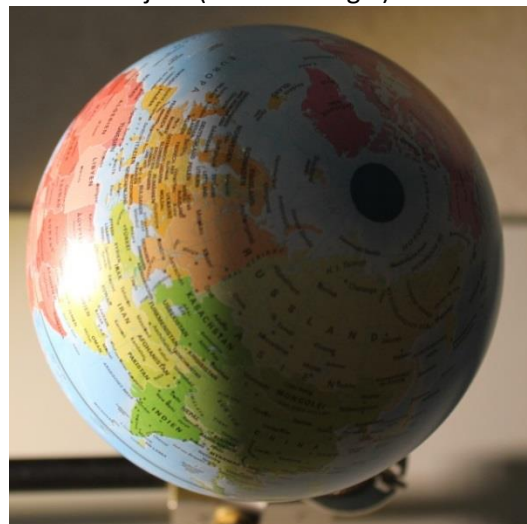
Ob die Erde sich in stehender Position drehend oder mit der Hand um die Sonne herum geführt wird: Der Nordpol ist entweder beleuchtet (Sommerhalbjahr auf der Nordhalbkugel) oder liegt im Dunkeln (Winterhalbjahr). Der Übergang dazwischen markiert den Frühling bzw. den Herbst.

Sommerhalbjahr (Nordhalbkugel)



Nordpolarzone wird beleuchtet  
(Polartag = Sonne ganztägig über dem Horizont)

Winterhalbjahr (Nordhalbkugel)



Nordpolarzone liegt im Dunkeln (Polarnacht)

Im Frühjahr und im Herbst liegt der Schatten auf dem Nordpol (Beginn oder Ende des Polartags).

## Mondphasen:

Der Mond bewegt sich im Laufe etwa eines Monats von oben gesehen, entgegen des Uhrzeigersinns um die Erde.

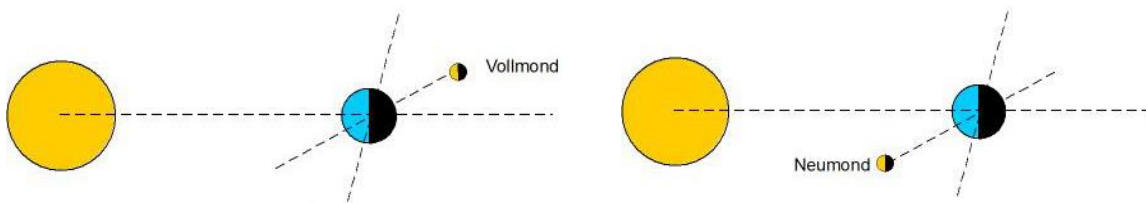
Als "Neumond" liegt er zwischen Sonne und Erde, als "Vollmond" hinter der Erde. Die Phasen dazwischen erscheinen aus der Perspektive der Erde als zunehmender bzw. abnehmender Halbmond (Erstes und Letztes Viertel).

Neu- und Vollmonde können sich auf der Erde in bestimmten Fällen als Sonnen- bzw. Mondfinsternis zeigen. Dies aber nur, wenn Sonne, Mond und Erde bzw. Sonne, Erde und Mond eine Linie bilden.

## Ekliptik, Mondbahn und Finsternisse

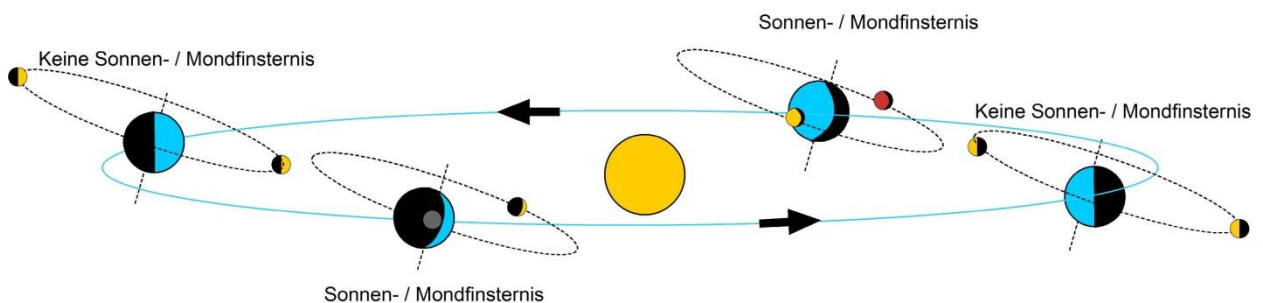
Die Umlaufbahn des Mondes um die Erde ist gegen die Ekliptik um etwa  $5^\circ$  geneigt. Das hat zur Folge, dass sich der Mond etwa zwei Wochen lang "über" und dann zwei Wochen lang "unter" der Ekliptik befindet. Nur selten werden beim Kreuzen der Ekliptik die Sonne oder die Planeten verdeckt, die sich auf dieser Ebene bewegen.

Die Erde umkreist zusammen mit dem Mond in einem Jahr die Sonne. Die Achsen der Mondbahn im Raum ändern sich dabei nur relativ wenig, so dass ein Vollmond in größter Nordbreite nach etwa zwei Wochen zum Neumond in größter Südbreite wird:



Im gezeigten Beispiel kreuzt der Mond die Ekliptik im Ersten und Letzten Viertel. Es kommt weder zu einer Sonnen- noch zu einer Mondfinsternis.

Nach etwa einem Vierteljahr hat die Erde ungefähr  $90^\circ$  ihres Weges um die Sonne zurückgelegt. Jetzt fallen die Neu- und Vollmondtermine mit dem Kreuzen der Ekliptik zusammen und es kann zu einer Sonnen- und zwei Wochen vorher oder nachher zu einer Mondfinsternis kommen.



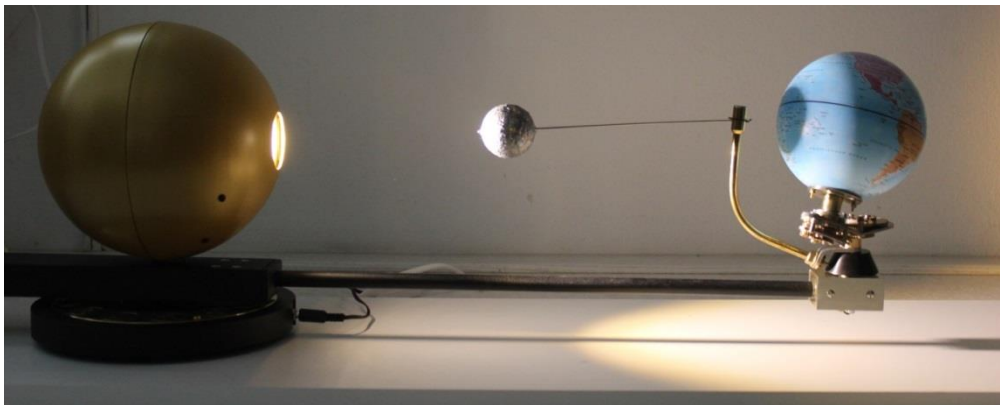
Die Positionen der Knoten wandern im Laufe mehrerer Jahre um die Erde herum was dazu führt, dass sich die Finsternisse von Jahr zu Jahr verfrühen. Nach etwa 19 Jahren (Saros-Zyklus) wiederholen sich die Finsternisse wieder zur gleichen Zeit.

Ein Exzenter unter dem Getriebe sorgt dafür, dass sich der an einem um die Erde rotierenden Arm angebrachte "Mond" während eines Umlaufs nach oben, nach unten und wieder nach oben bewegt (Größte Nord- bzw. größte Südbreite, relativ zur Ekliptik).

Nur wenn die Schnittpunkte zwischen Mondbahn und Ekliptik (Mondknoten) mit der Neu- oder Vollmondphase zusammenfallen, können Sonnen- bzw. Mondfinsternisse auftreten.

Der schwarze Exzenter lässt sich vorsichtig manuell verstellen. Dabei auftretende Knackgeräusche entstehen beim Einrasten in die vorgegebenen Positionen.

## Sonnen- und Mondfinsternisse



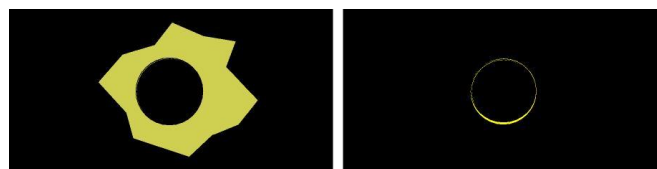
Hier kreuzt der Mond auf seiner Bahn um die Erde die Ekliptik genau in der Neumondphase.

Dann wirft er einen Schatten auf die Erde. Diese Situation kann zweimal pro Jahr auftreten.

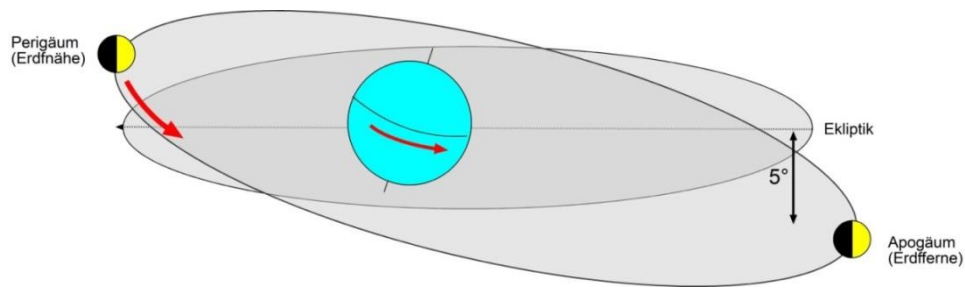
Der Schatten dieser "Sonnenfinsternis" ist aufgrund der Größen- und Abstandsverhältnisse des Modells viel größer als in Wirklichkeit: Im Modell ist der Schatten etwa so groß wie Europa, tatsächlich ist er nur ein bis zwei hundert Kilometer breit. Deutlich wird, dass er von Westen nach Osten fortschreitet.

Die relative Nähe des Modellmondes zur Erde lässt auch keinen deutlichen Unterschied zwischen Kernschatten (totale Sonnenfinsternis) und Halbschatten (partielle Sonnenfinsternis) erkennen. Zu beobachten aber ist, dass der Rand des Schattens unscharf ist.

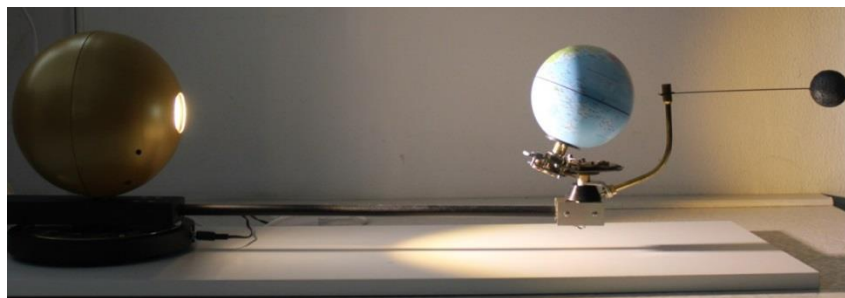
Die elliptische Mondbahn führt dazu, dass der Mond in der Neu- oder Vollmondphase der Erde mal näher und mal ferner ist und damit größer oder kleiner erscheint. Sonnenfinsternissen sind total, wenn die Mondscheibe die Sonnenscheibe vollständig abdeckt (Erdnähe), anderenfalls ist die Finsternis ringförmig (Erdferne). Dies kann das Modell nicht darstellen.



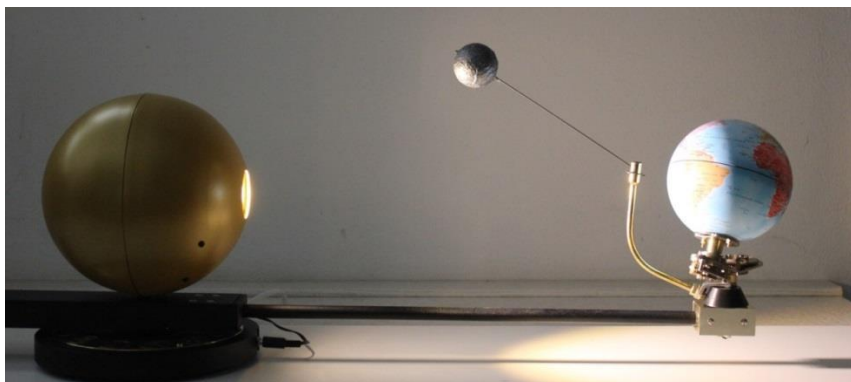
## Elliptische Mondbahn:



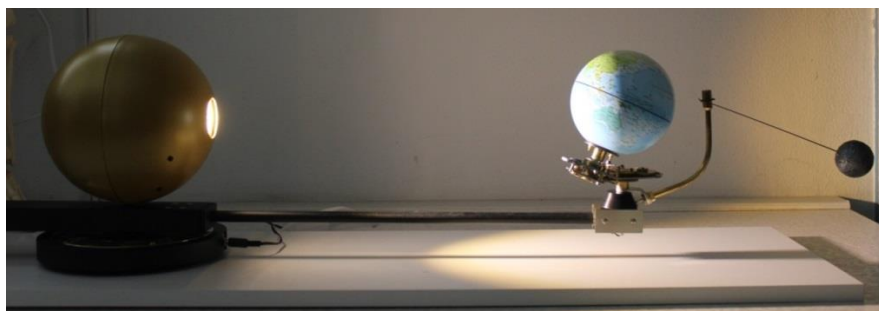
Mondfinsternisse entstehen, wenn der Mond in seiner Vollmondphase durch einen der beiden Knoten seiner Bahn geht. Da die Erde größer als die Sonne ist und einen entsprechend größeren Schatten wirft, sind Mondfinsternisse häufiger als Sonnenfinsternisse.



## Neu- und Vollmond, aber keine Finsternisse:



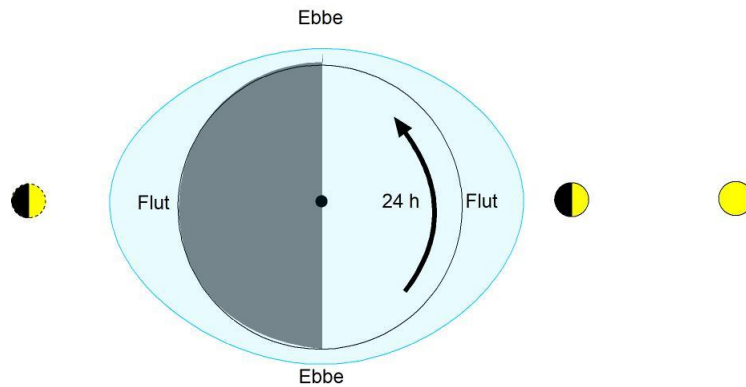
Hier erreicht der Neumond seine größte Nordbreite und liegt damit aus der Erdperspektive "über" der Sonne. Sein Schatten fällt nicht auf die Erde (keine Sonnenfinsternis).



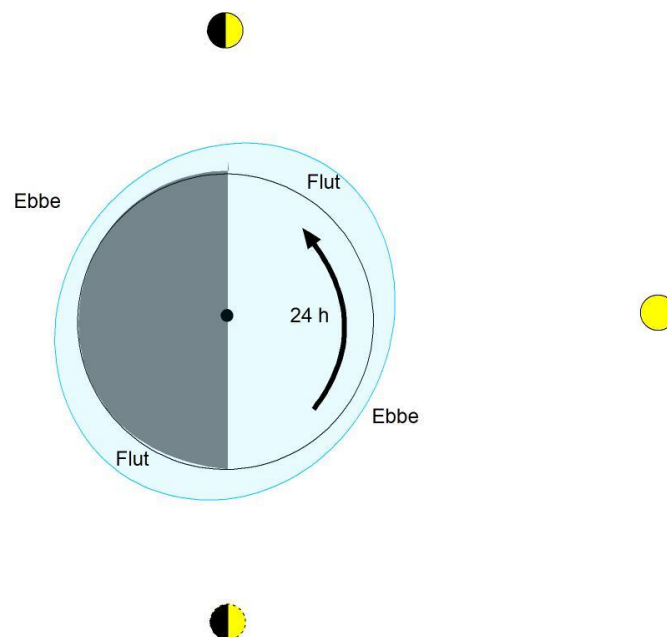
Der Vollmond befindet sich hier in seiner größten Südbreite und läge in Wirklichkeit "unter" dem Erdschatten. Durch seinen geringen Abstand im Modell wird er dennoch teilweise verfinstert.

## Gezeiten

Dort wo Sonne, Mond und Erde etwa eine Linie bilden sind die, der Sonne zugewandten bzw. abgewandten Flutberge höher (Springflut). Ihre Scheitel liegen in einer Linie mit der Sonne und dem Mond bzw. diesen gegenüber.



Steht der Mond im 90° Winkel zur Sonne, sind die Flutberge niedriger ("Nippflut"). Ihre Scheitel liegen dann zwischen Mond und Sonne (Mehr zum gezeitenwirksameren Mond gerichtet).



Die Erde dreht sich in etwas mehr als einem Tag unter den beiden Flutbergen hindurch. An vielen Küsten der Erde ist ein zweimaliger Wechsel von Ebbe und Flut zu beobachten. Weil der Mond sich täglich etwa um ein 1/29 auf seiner Bahn weiterbewegt, treten Ebbe und Flut von Tag zu Tag im Schnitt 50 Minuten später auf ( $24 \text{ h} / 29 \approx 0,83 \text{ h}$ ).

Text, Fotos und Grafik: Ingo Mennerich, August 2017