

Ederlinda Viñuales Gavín · Cristina Viñas Viñuales

B

Die Länge des Tages



EINFÜHRUNG

In dieser Unterrichtseinheit sollen die Schüler Folgendes messen bzw. berechnen:

- ▮ Uhrzeit des Sonnenaufgangs und des Sonnenuntergangs an einem bestimmten Tag,
- ▮ die Länge dieses Tages und
- ▮ eine grafische Darstellung der Höhe des Sonnenstands am Horizont im Tagesverlauf.

Die Schüler können die für einen Tag gemessenen Werte auch in eine Tabelle eintragen, die Berechnung für einen weiteren Tag wiederholen und dann vergleichen.

Die Schüler für diese Unterrichtseinheit sollten zwischen 15 und 18 Jahren alt sein, da hierfür ein bestimmtes Wissen über Trigonometrie und Astronomie benötigt wird.

Hinweis: In diesem Text bezieht sich die Analyse der Tageslänge auf die Jahreszeiten der Nordhalbkugel.

Einige Hinweise zur Astronomie

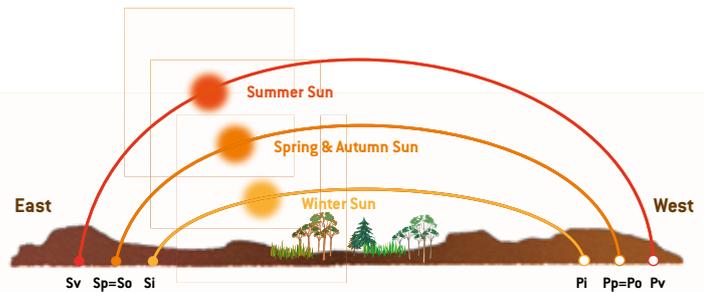
Der scheinbare Lauf, den die Sonne täglich am Himmel nimmt, ändert sich das ganze Jahr hindurch. Im Sommer steht die Sonne am höchsten am Himmel, und im Winter am niedrigsten – daher sind die Tage auch im Sommer länger als im Winter. Im Frühjahr und im Herbst nimmt die Sonne einen mittleren Lauf, wie aus dem folgenden Bild hervorgeht. ①

Am ersten Tag im Frühling überquert die Sonne den Himmelsäquator (die Deklination der Sonne ist 0). In den darauffolgenden Tagen verläuft die scheinbare Bewegung der Sonne über höhere Bahnen, bis sie am Sommeranfang das Maximum erreicht (Deklination ϵ). Am nächsten Tag ist die Laufbahn am Himmel niedriger und verringert sich immer weiter bis zum Herbstanfang, an dem sie wieder über den Äquator verläuft (Deklination 0). Anschließend nimmt sie bis zum Winteranfang, an dem sie durch den niedrigsten Punkt verläuft (Deklination $-\epsilon$), weiter ab. Die Sonne geht jeden Tag auf, bis sie wieder beim Frühlingsanfang angekommen ist und durch den Äquator verläuft. Damit beginnt der Zyklus eines neuen Jahres von vorn.

Die Länge eines Tages definiert die Zeitspanne von dem Zeitpunkt, an dem der obere Rand der Sonne beim Sonnenaufgang am Horizont erscheint, bis zu dem Zeitpunkt, an dem der obere Rand beim Sonnenuntergang wieder am Horizont verschwindet.

Die Länge eines Tages variiert über das Jahr und hängt vom Breitengrad ab. Die Neigung der Rotationsachse der

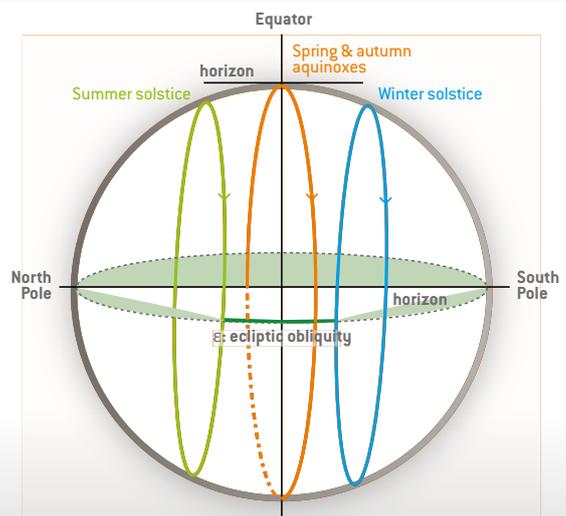
① Sonnenstand am ersten Tag jeder Jahreszeit



Sv, Sp, So, Si dots indicate the sunrise in summer, spring, autumn, & winter. Pv, Pp, Po, Pi dots indicate the setting sun in summer, spring, autumn & winter.

Erde ist die Ursache für die Jahreszeiten und für die sich täglich ändernde Position des Sonnenaufgangs und Sonnenuntergangs. Der maximale Winkelabstand zwischen zwei Sonnenaufgängen oder zwei Sonnenuntergängen ist der Winkel zwischen zwei Sonnenwenden. Dieser Winkel verändert sich mit dem Breitengrad des jeweiligen Orts. Er erreicht sein Minimum am Äquator (wo er gleich der Ekliptikschiefe ϵ ist) und erhöht sich danach in Abhängigkeit vom absoluten Wert des Breitengrads, bis die Mitternachtssonne im Polargebiet erreicht ist. In einer am Äquator gelegenen Stadt (Breitengrad $\phi = 0^\circ$), kann der Abstand zwischen zwei Sonnenuntergängen maximal 2ϵ betragen (zwischen den Sonnenwenden im Juni und Dezember), siehe Bild ②. Die Länge von Tag und Nacht beträgt in allen am Äquator gelegenen Orten immer gleichermaßen 12 Stunden.

② Sonnenstand am Breitengrad 0° (am Äquator)



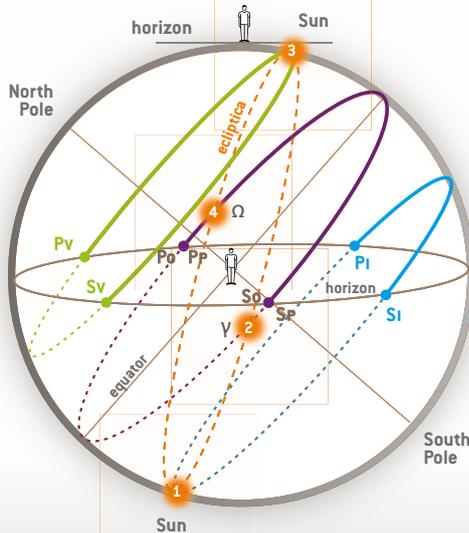
Am Pol verläuft der Weg der Sonne parallel zum Horizont (Mitternachtssonne), und es ist nicht möglich, den Winkelabstand zwischen zwei Sonnenuntergängen zu betrachten, da es keine Sonnenuntergangspunkte gibt. An Orten im Polarkreis kann die Länge eines Tages (oder einer Nacht) zwischen einem Tag und sechs Monaten variieren.

Unsere Stadt, Zaragoza in Spanien, hat einen Breitengrad von über 40° Nord, und für diese Zone berechnen wir nun die Länge des Tages und deren Veränderlichkeit zu verschiedenen Zeitpunkten im Jahr. In unserer Region sind nur an zwei Tagen im Jahr – den Äquinoktien – Tag und Nacht gleich lang. Danach sind die Tage vom Frühlingsäquinoktium bis zum Herbstäquinoktium länger als die Nächte. Vom Herbstäquinoktium bis zum Frühlingsäquinoktium haben die Nächte mehr Stunden als der Tag. In  sind der Lauf der Sonne, die Sonnenwendetage und die Äquinoktien für einen Breitengrad ähnlich dem unseren angegeben.

$23^\circ 26'$ und wird als Schiefe der Ekliptik bezeichnet. Sie wird durch ϵ dargestellt.

Die Schnittstellen zwischen der Äquator- und Ekliptikebene mit der Himmelskugel ergeben zwei maximale Kreise, die als Himmelsäquator bzw. Ekliptik bezeichnet werden. Die Schnittlinie zwischen diesen beiden Ebenen an den beiden gegenüberliegenden Punkten führt zu den Äquinoktien (siehe ). Das Frühlingsäquinoktium bzw. der Widderpunkt erscheint, wenn die Sonne vom Süden in den Norden gelangt. Gelangt die Sonne vom Norden in den Süden durch den Waagepunkt, sprechen wir vom Herbstäquinoktium. Die Schiefe der Ekliptik ist keine feste Größe, sondern verändert sich im Laufe der Zeit in einem Zyklus von ca. 26.000 Jahren. Die langsame und allmähliche Orientierungsänderung der Erdrotationsachse ist auf das Drehmoment zurückzuführen, das von den Gezeitenkräften des Mondes und der Sonne verursacht wird und auf die Wölbung der Erde am Äquator wirkt. Diese Kräfte führen dazu, dass die am Äquator vorhandene überschüssige Masse in die Ekliptikebene getragen wird.

3 Der Stand der Sonne über unserem Horizont



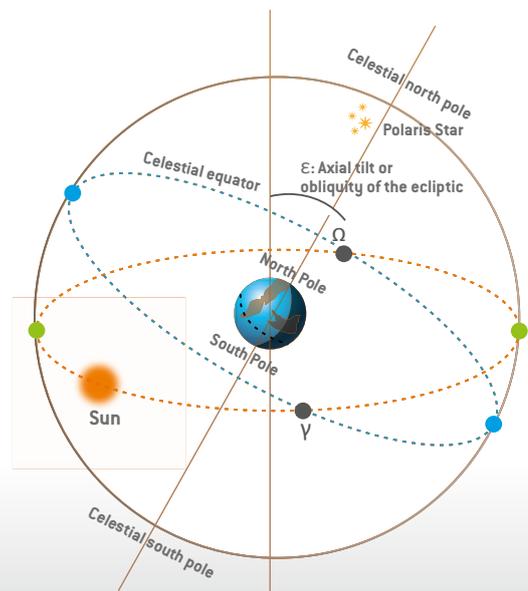
In the blue the winter solstice, in purple the equinoxes and in green the summer solstice

Was aber sind Ekliptik und Ekliptikschiefe?

Die Ekliptik ist die Ebene der Erdbahn um die Sonne. Mit anderen Worten, es ist der Schnittpunkt der Himmelskugel mit der Ebene, die die Erdumlaufbahn um die Sonne beschreibt (Ekliptikebene).

Da die Rotationsachse der Erde nicht rechtwinklig zur Ekliptikebene ist, ist die Äquatorebene nicht parallel zu ihr. Eine Achse im rechten Winkel zur Ekliptik und zur Rotationsachse der Erde bildet einen Winkel von ca.

4 Ekliptik und Äquinoktien



HILFSMITTEL

Für den ersten Teil: Einführung und Darstellung der Arbeit. Dazu haben wir einen Apple-Computer mit dem Betriebssystem Mac OS X, Version 10.4.11 verwendet. Software: Word sowie Adobe Illustrator CS für die Bilder. Zur Entwicklung des Programms haben wir Eclipse IDE mit Java auf einem Windows-System verwendet.

Zur Prüfung der berechneten Werte aus dem Java-Programm wäre es wünschenswert, eine Lochkamera oder einen Stab, einen Faden und einen Winkelmesser zu haben, damit die Schüler die Messungen mit einfachen Mitteln selbst vornehmen können.

INHALT

Das Java-Programm (siehe www.science-on-stage.de) zur Berechnung der Tageslänge ist in zwei Bereiche unterteilt. Die linke Seite dient der Einführung einiger Parameter wie Datum sowie Breiten- und Längengrad eines Ortes. Sie zeigt außerdem die numerischen Ergebnisse für den Zeitpunkt des Sonnenuntergangs und des Sonnenaufgangs und den Wert der Länge. Die rechte Seite zeigt die Höhe des Sonnenstandes am gewünschten Tag und Ort. Die Grundlinie beginnt mit dem Tag und der Uhrzeit des Sonnenaufgangs, steigt bis zum höheren Wert an und fällt zum Sonnenuntergang hin wieder ab.

Mit den drei Schaltflächen ‚Berechnen‘ (‚Calculate‘), ‚Werte zurücksetzen‘ (‚Clear Values‘) und ‚Sonnenlauf zurücksetzen‘ (‚Clear Sun Paths‘) können die gegebenen Werte zurückgesetzt, die Berechnung gestartet und die Grafik für den Sonnenlauf gelöscht werden.

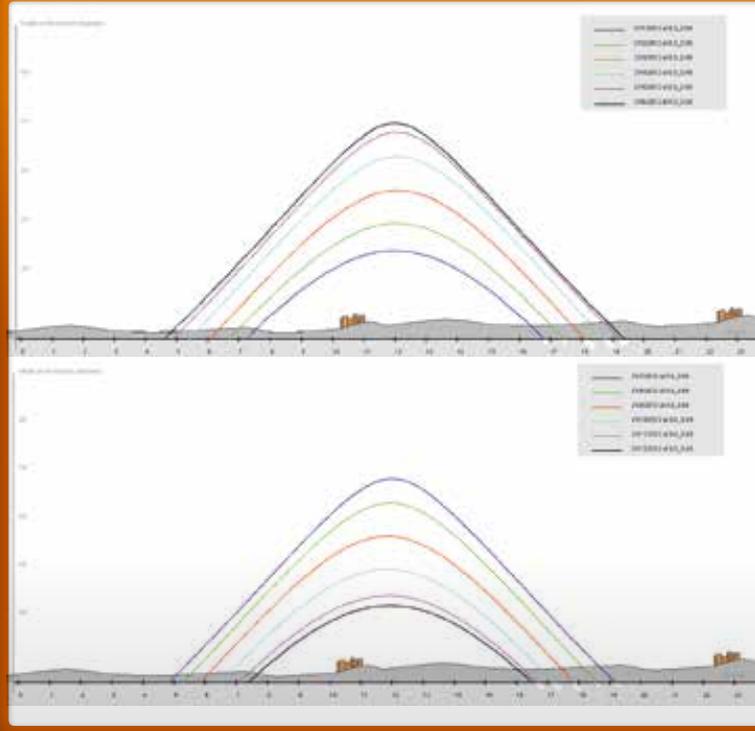
Unter www.science-on-stage.de finden Sie die Berechnungen, die mit dem Programm erstellt wurden. Sie können auch zur manuellen Berechnung der Länge genutzt werden. Da dies jedoch ein komplizierter Prozess ist, empfehlen wir die Nutzung des Java-Programms zur Erzielung verschiedener Ergebnisse und deren Analyse.

Überprüfen wir beispielsweise, wie sich die Höhe für denselben Ort im Laufe des Jahres verändert, indem verschiedene Werte eingegeben werden. Im nächsten Bild sind die Ergebnisse dargestellt. ⑤

Im letzten Bild sehen wir, wie die Höhe des Sonnenstands bis zum Monat Juni immer größer wird und wie sich die Länge durch die früheren Sonnenaufgangs- und späteren Sonnenuntergangszeiten erhöht. Von Juli bis Dezember beginnt die Höhe jedoch abzunehmen und beeinflusst auch die Länge des Tages sowie die Zeit des Sonnenauf- und -untergangs.

Man kann auch überprüfen, wie sich die Höhe des Sonnenstandes an demselben Tag an verschiedenen Orten unterscheidet. So kann zum Beispiel am 21. Juni 2012 der Unterschied zwischen einem Ort mit 40° Nord, am Äquator oder mit 40° Süd verglichen werden. Dabei stellt man fest,

⑤ Stand der Sonne im Lauf des Jahres für denselben Ort

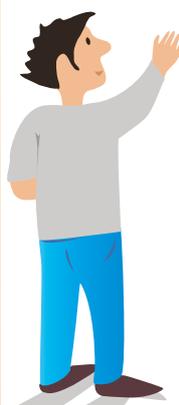


dass die Zeit des Sonnenaufgangs und des Sonnenuntergangs mehr oder weniger gleich ist, die Höhe jedoch zwischen dem Äquator und dem Nordpol um mehr als 60° abweichen kann.

Wird nur der Längengrad verändert, werden Datum und Breitengrad jedoch beibehalten, sind weitere Analysen möglich. Das Ergebnis sollte darin bestehen, dass die Länge des Tages und die erreichte Höhe gleich sind, jedoch die Zeiten für Sonnenaufgang und Sonnenuntergang je nach eingegebenem Längengrad unterschiedlich sind.

Ebenfalls interessant zu sehen ist, dass an den Äquinoktien (ungefähr am 21. März und 21. September) eine Tageslänge von ca. 12 Stunden erreicht ist, die höchste Tageslänge zur Sommersonnenwende (um den 21. Juni) und die geringste Tageslänge zur Wintersonnenwende (um den 21. Dezember) zu verzeichnen sind.

Als eine letzte Anregung an die Schüler könnte es aufschlussreich sein, einige der mit dem Java-Programm berechneten Werte mit einfachen selbst gemachten Geräten zu überprüfen. Unter Verwendung einer Lochkamera können die Schüler beispielsweise die Veränderung der Höhe des Sonnenstands im Laufe des Tages nachvollziehen.



Auch mit einem einfachen Stab können die Schüler den Winkel berechnen, der zwischen den Sonnenstrahlen und dem Horizont gebildet wird. Der Winkel ist der Höhenwinkel (die Höhe) der Sonne zu diesem Zeitpunkt. Die Schüler können für verschiedene Zeitpunkte im Laufe des Tages feststellen, dass die mit Hilfe dieses einfachen Gerätes ermittelten Werte den Werten ähneln, die sie mit dem Java-Programm berechnet haben. Eine weitere Methode, wie die Schüler diese Berechnungen anstellen können, wäre die Markierung von Punkten auf dem Boden, wo der Schattenwurf der Stabspitze während des Tages auftrifft.

SCHLUSSFOLGERUNG

Das von uns entwickelte Java-Programm funktioniert für jeden beliebigen Tag eines Jahres und für jeden beliebigen Breitengrad. Bei der Anwendung des Programms können die Schüler jedoch zu merkwürdigen Ergebnissen kommen. An bestimmten Breitengraden geht an einigen Tagen die Sonne nicht auf und unter, so dass dann die Tageslänge nicht gemessen werden kann. Das Programm gibt in diesem Fall eine Warnmeldung in roter Schrift aus, dass wir uns an einem Ort befinden, wo die Menschen sich im Sommer der Mitternachtssonne erfreuen, im Gegensatz dazu aber an einigen Wintertagen 24 Stunden Dunkelheit herrscht.

Das Programm kann die Länge des Tages für verschiedene Daten berechnen und für jedes Datum die grafische Darstellung speichern. Auf diese Weise können wir die Veränderung der Sonnenaufgangs- und Sonnenuntergangszeit je nach Jahreszeit und demzufolge auch die Tageslänge vergleichen.

Eine interessante Zusatzaufgabe für Schüler könnte darin bestehen, dass Berechnungen für verschiedene Breitengrade an Gruppen aus drei oder vier Schülern verteilt werden. Je nach Anzahl der Schüler können Breitengradzonen über 15 oder 20 Grad sowohl auf der Nord- als auch auf der Südhalbkugel zugewiesen werden. Anhand der Berechnungen und Grafiken kann jede Gruppe eine Power-Point-Präsentation erstellen und diese den Mitschülern vorführen. Die von den verschiedenen Gruppen ermittelten Ergebnisse können diskutiert werden.

LITERATURHINWEISE

- ▮ Abad, A.; Docobo, J.A. & Elipe, A. *Curso de Astronomía. Colección textos docents*. Pressas Universitarias de Zaragoza. 2002.
- ▮ Duffett-Smith, Peter. *Astronomy with your personal computer*. Cambridge University Press. 1986.
- ▮ Viñuales Gavín, Ederlinda. *Euroastro. Astronomy in the city*. Socrates Comenius 1 project. 1998-2001.

