

Der scheinbaren täglichen Sonnenbahn auf der Spur

Vom Sonnenstand zur Sonnenbahn

In Ergänzung zur Rubrik „Der Himmel im Überblick“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 8/2018, S. 40-44, WIS-ID: 1421012, Zielgruppe: Unterstufe bis Oberstufe

Natalie Fischer

Den Merkspruch „Im Osten geht die Sonne auf, im Süden steigt sie hoch hinauf, im Westen wird sie untergeh’n, im Norden ist sie nie zu sehn.“ lernen die meisten Schülerinnen und Schüler bereits in der Grundschule kennen. Doch ist er auch für alle Orte und Zeitpunkte auf der Erde wahr? Um dies zu überprüfen, verfolgen wir die Sonne auf ihrer Bahn über unseren Taghimmel ab dem Zeitpunkt ihres Aufgangs bis hin zu ihrem Untergang und bauen mit Hilfe einer einfachen Beobachtungsmethode ein Modell dieser „scheinbaren“ Sonnenbahn. Mit dessen Hilfe lassen sich sowohl die Anfangsfragen wie auch weitere Fragen beantworten, z. B. wie lang die Sonne tagsüber zu sehen ist oder warum es am Äquator keine so lange Dämmerung gibt wie bei uns in Deutschland.

Das Modell kann qualitativ sowohl für die Unterstufe als auch quantitativ für die Mittelstufe bzw. auch für die Kursstufe eingesetzt werden.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Positionsastronomie	Sonnenbahn , Tagbogen , Jahreszeiten , Horizontsystem , Morgenweite , Abendweite , Kalender , Sonne, Erde
Physik	Mechanik	Kreisbahn , Rotation , Bezugssystem
Fächer- verknüpfung	Astro-Mathematik, Astro-Geographie	Sphärische Geometrie , Himmelsrichtungen
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen- und Erkenntnisgewinn), Unterrichtsmittel, Lehrformen, Kommunikation	Einzel- und Gruppenarbeit , Modell, Modellbau , Beobachtung , Diskussion

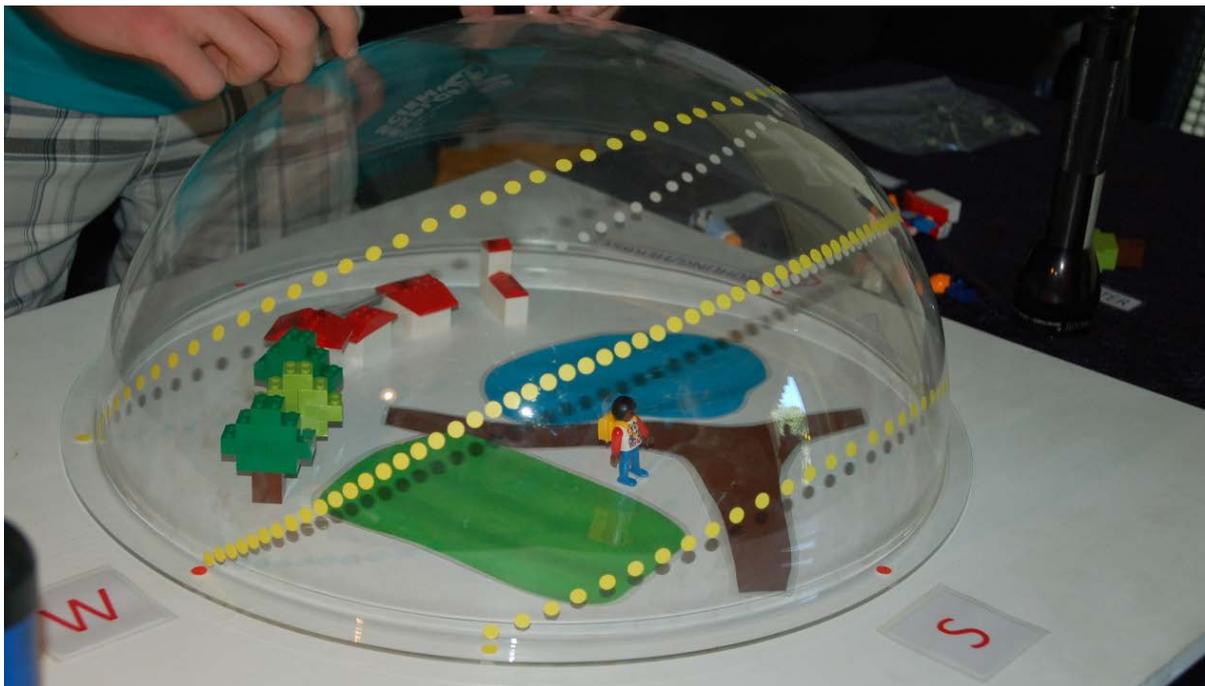


Abbildung 1: Die Tagbögen der Sonne für den Standort Heidelberg am 21.6. (Sommersonnenwende), 21.3./23.9. (Tag- und Nachtgleiche) und am 21.12. (Wintersonnenwende). Der Verlauf der Bögen wurde berechnet. © Natalie Fischer

[zurück zum Anfang](#)

1. Die Sonnenbahn aus Schülerperspektive (Horizontsystem)

Damit die Schülerinnen und Schüler den Verlauf der Sonnenbahn leichter mit Worten beschreiben können, werden an dieser Stelle einige Fachbegriffe eingeführt:

Ausgangspunkt ist die eigene, aber etwas idealisierte Perspektive einer ebenen Fläche (Horizontebene), auf der wir stehen, z. B. eine grüne Wiese. Über uns erstreckt sich der Himmel wie eine riesige himmelblaue Käseglocke (**Himmelssphäre**). Dort, wo sich Himmel und Erdboden berühren, ist der **Horizont**. Idealerweise ist diese um uns herum verlaufende Grenzlinie eben, wie zum Beispiel auf dem Meer. An Land ist der Horizont durch Berge, Häuser oder Bäume meist uneben. Der Punkt genau oberhalb eines Beobachters ist der **Zenit**. Auf der Erdoberfläche können wir uns mit Hilfe der **Himmelsrichtungen** orientieren. Im Uhrzeigersinn sind dies **Norden**, **Osten**, **Süden** und **Westen**. Mit Hilfe einer kleinen Eselsbrücke lässt sich die Reihenfolge gut merken: „Nie ohne Seife waschen.“ Jeder Ort der Erde ist durch seine geographischen Koordinaten **Breite** (von Süden nach Norden: -90° bis $+90^\circ$) und **Länge** (0° bis 360°) im Gradnetz der Erde eindeutig identifizierbar.

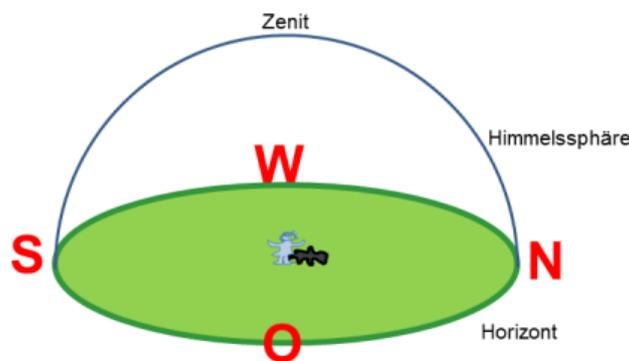


Abbildung 2: Im Horizontsystem gehen wir von einer idealisierten Ebene aus, über die sich halbkugelförmig der Himmel erstreckt (Himmelssphäre). Die Grenzlinie zwischen beiden Flächen ist der Horizont. © Natalie Fischer

Für die Ortsangabe von Himmelsobjekten an der Himmelssphäre brauchen wir zwei Koordinaten: Der in der Horizontebene im Uhrzeigersinn gemessene Winkelabstand zwischen dem Südpunkt S und dem Fußpunkt des Objekts gibt uns die Lage des Objekts in der Ebene in Grad an (**Azimuth**). Die zweite Koordinate ist die **Höhe** des Himmelsobjekts über dem Horizont. Sie wird ebenfalls in Winkelgrad über dem Horizont gemessen. Der gedachte Bogen vom Südpunkt S über den Zenit bis zum Nordpunkt nennt sich **Meridian**.

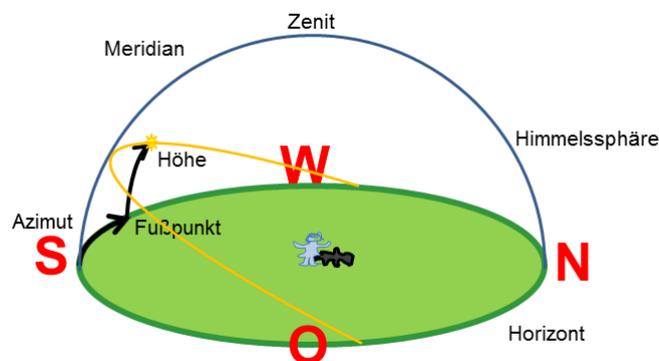


Abbildung 3: Die Bahn der Sonne (orangefarbener Bogen) über dem Horizont. Die Sonne geht in östlicher Richtung auf, erreicht genau im Süden ihren höchsten Punkt und geht in westlicher Richtung wieder unter. © Natalie Fischer

[zurück zum Anfang](#)

2. Die Sonnenbahn auf der nördlichen Hemisphäre im Laufe eines Jahres

Wir beobachten, dass die Sonne morgens in östlicher Richtung über dem Horizont aufgeht, einen Bogen über den Himmel beschreibt und abends in westlicher Richtung wieder unter den Horizont geht. Die Bahn, auf der sich die Sonne über den Himmel bewegt, nennt sich **Tagbogen** oder auch die „**scheinbare tägliche Bahn**“ der Sonne, denn natürlich wandert die Sonne nicht wirklich über den Himmel, sondern die Erde dreht sich täglich unter der Sonne hinweg.

Unsere Eselsbrücke „Im Osten geht die Sonne auf, im Süden hält sie Mittagslauf, im Westen wird sie untergehen, im Norden ist sie nie zu sehen“ beschreibt genau diesen Verlauf und legt nahe, dass sich diese Bewegung täglich und überall auf der Erde auf die gleiche Weise wiederholt.

Dies ist jedoch bei weitem nicht so! Nur an zwei Tagen im Jahr erfolgt der Sonnenaufgang bzw. der Sonnenuntergang für Orte zwischen Äquator und nördlichem Polarkreis genau im Osten bzw. im Westen: dies ist am 21.3. und 23.9. der Fall. An diesen beiden Tagen sind die scheinbaren Sonnenbahnen identisch. An allen anderen Tagen im Jahr ist der Sonnenaufgang bzw. der Sonnenuntergang gegenüber dem Ostpunkt bzw. Westpunkt verschoben. Diese Verschiebung wird **Morgenweite** bzw. **Abendweite** genannt. Sie wird angegeben in Winkelgrad. Unser Merkspruch ist also definitiv nicht wörtlich zu nehmen und müsste korrekterweise heißen: „In östlicher Richtung geht die Sonne auf, im Süden hält sie Mittagslauf, in westlicher Richtung wird sie untergehen, im Norden ist sie nie zu sehen“.

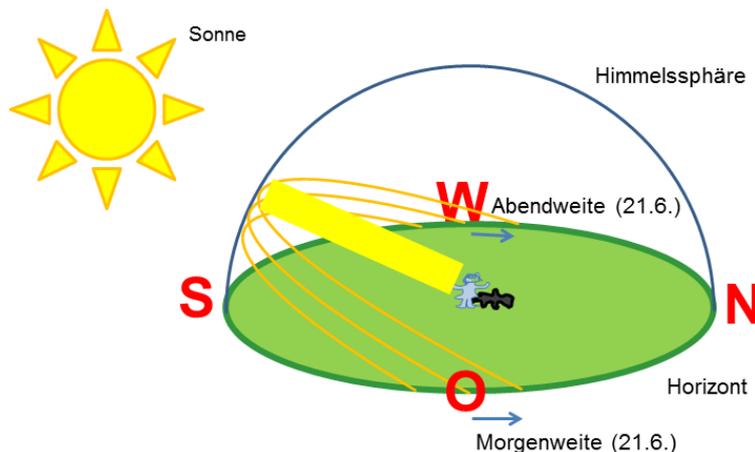


Abbildung 4: Zu sehen sind die Tagbögen der Sonne an vier verschiedenen Tagen im Jahr: von links nach rechts am 21.12., 21.3. bzw. 23.9. und am 21.6. Am 21.6. geht die Sonne an ihrem nördlichsten Punkt auf (Sommersonnenwende). An diesem Tag ist die Morgen- bzw. Abendweite maximal.
© Natalie Fischer

Beim Vergleich dieser ausgewählten Tagbögen miteinander stellt man fest:

Die Bögen

1. beginnen am östlichen Horizont und enden am westlichen Horizont. Die Morgenweite ist gleich der Abendweite.
2. schneiden den Horizont im gleichen Winkel.
3. erreichen im Süden ihren höchsten Punkt.
4. haben den gleichen Abstand voneinander ($23,5^\circ$).
5. sind unterschiedlich lang. Im Sommer ist der Tagbogen der Sonne deutlich länger als im Winter. Die Sonne benötigt im Sommer also mehr Zeit für ihre Bahn über den Himmel. Das deckt sich mit unserer Erfahrung, dass die maximale tägliche Sonnenscheindauer im Sommer länger ist als im Winter.
6. erreichen zur Mittagszeit im Süden unterschiedliche Höhen. Im Sommer steht die Sonne zur Mittagszeit am höchsten und im Winter am niedrigsten. Dies deckt sich auch hier mit der eigenen Erfahrung, dass die Schatten der Bäume zur Mittagszeit im Sommer viel kürzer sind als im Winter und die Sonnenwärme im Sommer durch den steileren Sonnenlichteinfall auf die Erdoberfläche viel größer ist (Jahreszeiten).

[zurück zum Anfang](#)

Wie groß der Abstand zwischen dem südlichen und dem nördlichen Wendepunkt ist, lässt sich einfach [berechnen](#): für den Standort Heidelberg beträgt er ca. 75° !

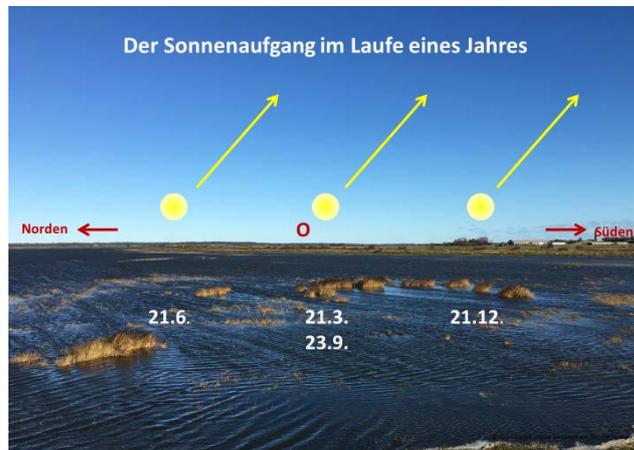


Abbildung 5: Am 21.6. geht die Sonne an ihrem nördlichsten Punkt am Horizont auf. Ab diesem Tag verschiebt sich ihr Aufgangsort an jedem Morgen ein klein wenig nach Süden. Am 21.12. hat sie ihren südlichsten Aufgangsort erreicht. Diese beiden Extrempositionen markieren die Wendepunkte der täglichen Verschiebung der Sonnenaufgangsorte, daher heißen die dazugehörigen Tage auch Sommer- bzw. Wintersonnenwende. Sie markierten wichtige Zeitpunkte in den Kalendern unserer Vorfahren. © Natalie Fischer

Wie sehen nun die Sonnenbahnen an anderen Orten der Erde aus? Verändern wir unseren Standort Richtung Süden, so werden die Tagbögen der Sonne immer steiler, gehen wir nach Norden, so werden sie immer flacher.

3. Die Sonnenbahn am Äquator

Am Äquator geht die Sonne jeden Tag senkrecht auf und unter. Die Morgen- bzw. Abendweite an den Tagen der Sonnenwenden beträgt genau $23,5^\circ$ – das entspricht genau der Neigung der Erdachse bzw. den Abständen der Bahnen untereinander. Der Abstand zwischen den Wendepunkten ist daher nur noch 47° . Durch den senkrechten Auf- bzw. Untergang der Sonne ist die Dämmerung, also der Übergang von Tag zu Nacht und umgekehrt, nur sehr kurz!

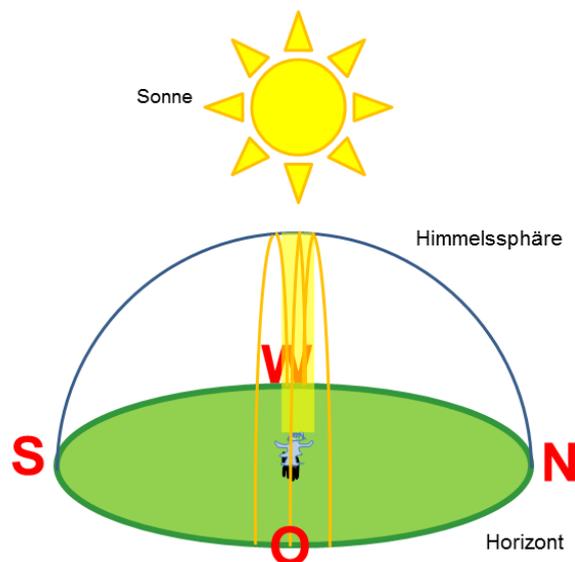


Abbildung 6: Am Äquator geht die Sonne immer senkrecht nach oben auf und senkrecht nach unten unter. Hier sind die Tagbögen gleich lang wie die „Nachtbögen“ (unter dem Horizont). © Natalie Fischer

4. Die Sonnenbahn auf der südlichen Hemisphäre

Auch auf der südlichen Hemisphäre geht die Sonne in östlicher Richtung auf und in westlicher Richtung unter. Jedoch erreicht die Sonne ihre größte Höhe hier nicht im Süden sondern im Norden. Die Jahreszeiten sind gegenüber der nördlichen Hemisphäre jeweils um sechs Monate verschoben.

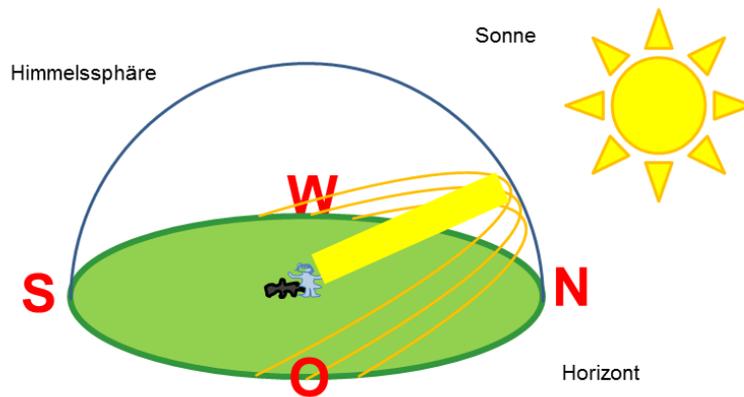


Abbildung 7: Auf der Südhalbkugel hat die Sonne ihren höchsten Stand im Norden. Im Süden ist sie nicht zu sehen. © Natalie Fischer

5. Die Sonnenbahn an den Polen

Je weiter südlich/nördlich unser Standort liegt, desto flacher werden die Tagbögen der Sonne, bis sie an den Polen quasi waagrecht verlaufen. Damit verschiebt sich das Verhältnis von Tagzeit zur Nachtzeit je nach Jahreszeit ziemlich extrem: z. B. 22 Stunden Sonnenscheindauer zu 2 Stunden Nacht oder umgekehrt. Ab einer Breite von $+66,5^\circ$ (nördlicher Polarkreis) wird es noch extremer. Dann geht die Sonne ab dem 21.3. nicht mehr unter; und dies umso länger, je nördlicher man sich befindet. Am extremsten ist es am Nordpol. Nach einer „Auftauchphase“ von ca. 32 Stunden schraubt sie sich ab dem 21.3. nun mit jeder Erddrehung weiter nach oben, bis sie am 21.6. ihren höchsten Stand von $23,5^\circ$ über dem Horizont erreicht hat. Es ist der Tag der Sommersonnenwende, und nun beginnt die Sonne langsam mit ihrem Abstieg. Am 23.9. erreicht sie wieder den Horizont und taucht wiederum innerhalb von ca. 32 Stunden unter den Horizont. Nun beginnt die „ewige“ Nacht, in der die Sonne unsichtbar bleibt, bis am 21.3. das Schauspiel erneut beginnt. Am Südpol verläuft das Phänomen ab einem Breitengrad von $-66,5^\circ$ (südlicher Polarkreis) gegengleich und die Sonne bewegt sich hier gegen den Uhrzeigersinn.

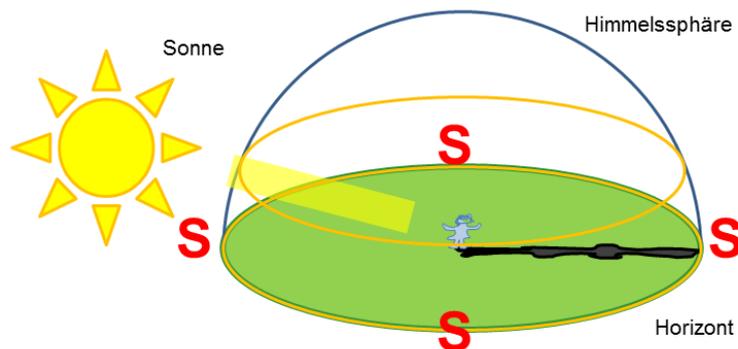


Abbildung 8: Die Sonnenbahn am 21.6. am Nordpol. Im Laufe der nächsten drei Monate schraubt sich die Sonne nun langsam nach unten (Süden), bis sie am 23.9. unter dem Horizont verschwindet. © Natalie Fischer

[zurück zum Anfang](#)

6. Die Berechnung der Tagbögen

Das Gradnetz der Erde lässt sich eins zu eins auf die Himmelskugel übertragen: die Pole werden zu **Himmelspolen**, der Erdäquator wird zum Himmelsäquator. Die geographische Breite heißt hier **Deklination δ** und gibt die Höhe des Himmelsobjekts ober- bzw. unterhalb des Himmelsäquators an (-90° bis $+90^\circ$). Die geographische Länge nennen wir in der Astronomie **Rektaszension** (0 bis 24 h). Auf Grund der Erddrehung dreht sich das himmlische Gradnetz in 23 Stunden und 56 Minuten einmal um das irdische Gradnetz.

Ein Sonnenbahnmodell lässt sich aber auch ohne Beobachtungen und nur aufgrund von Gleichungen der sphärischen Geometrie konstruieren.

Vereinfachende Annahmen:

Bei unseren Berechnungen gehen wir davon aus, dass sich die Erde mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Kreisbahn um die Sonne bewegt. Die Erde rotiert außerdem um ihre Erdachse und benötigt von einem Meridiandurchgang der Sonne bis zum nächsten 24 Stunden. Das Phänomen der Refraktion bleibt unberücksichtigt.

Sei

φ die geographische Breite des Beobachtungsorts [$^\circ$]

δ Deklination der Sonne [$^\circ$]

ω Abend- bzw. Morgenweite [$^\circ$]

T der halbe Tagbogen der Sonne [$^\circ$ bzw. h]

Für die **Abend- bzw. Morgenweite ω** gilt:

$$\sin \omega = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}.$$

Die Höhe H [$^\circ$] des Himmelsäquators über dem Horizont im Süden beträgt

$$H = 90^\circ - \varphi.$$

Die Höhe h [$^\circ$] der scheinbaren Sonnenbahn über dem Horizont im Süden beträgt

$$h = H + \delta.$$

Der Winkel zwischen Horizont und Tagbogen [$^\circ$] entspricht der Höhe des Himmelsäquators

$$H = 90^\circ - \varphi.$$

Die Länge des halben Tagbogens T lässt sich berechnen zu:

$$\cos T = -\tan \varphi \cdot \tan \delta.$$

Hier muss T in Stunden umgewandelt werden, wobei gilt: $360^\circ \rightarrow 24$ h.

An den Polen ($\varphi = 90^\circ$) ist die Gleichung nicht definiert, dort ist $2T = 24$ h oder $2T \rightarrow 0^\circ$.

[zurück zum Anfang](#)

Mit Hilfe dieser Formeln lassen sich natürlich aus beobachteten Tagbögen leicht die Parameter geographische Breite und Deklination der Sonne berechnen.

Tagbögen der Sonne am 21.3. und am 23.9.

An diesen beiden Tagen bewegt sich die Sonne entlang des Himmelsäquator, somit ist $\delta = 0^\circ$.
Damit ist die Abend- bzw. Morgenweite $\omega = 0^\circ$, d. h. die Sonne geht ohne Abweichung genau im Osten auf und genau im Westen unter. Die Höhe h des Tagbogens im Süden beträgt $h = H = 90^\circ - \varphi$.
Der Tagbogen der Sonne beträgt $T = 12$ h, daher werden diese beiden Tage auch Tag- und Nachtgleiche genannt.

Tagbögen der Sonne am 21.6.

Am 21.6. liegt die Sonne $\delta = +23,5^\circ$ oberhalb des Himmelsäquators.
Die Höhe h des Tagbogens im Süden beträgt somit $h = 90^\circ - \varphi + 23,5^\circ$.
Die Abend- bzw. Morgenweite erreicht ihren größten positiven Wert $\sin \omega = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$.
Die Länge des halben Tagbogens beträgt $\cos T = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$.

Tagbögen der Sonne am 21.12.

Am 21.12. liegt die Sonne $\delta = -23,5^\circ$ unterhalb des Himmelsäquators.
Die Höhe h des Tagbogens im Süden beträgt somit $h = 90^\circ - \varphi - 23,5^\circ$.
Die Abend- bzw. Morgenweite erreicht ihren größten negativen Wert $\sin \omega = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$.
Die Länge des halben Tagbogens beträgt $\cos T = -\tan \varphi \cdot \tan \delta$.

Beispielort Heidelberg

Für den Standort Heidelberg beträgt die geografische Breite $\varphi = 49^\circ$. Damit liegt der Himmelsäquator im Süden $H = 90^\circ - 49^\circ = 41^\circ$ über dem Horizont.

Die **Frühlings- bzw. Herbstbahn** liegt genau auf dem Himmelsäquator, d.h. $\delta=0^\circ$.
Damit liegt die Höhe der Bahn $h = H + 0^\circ = 41^\circ$ über dem Südpunkt am Horizont.
Die Abend- bzw. Morgenweite beträgt $\omega = 0^\circ$ gegenüber dem Ost- bzw. Westpunkt.
Der Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .
Der Tagbogen entspricht einer Dauer von 12 h.

Die **Sommerbahn** liegt im Süden $\delta = 23,5^\circ$ oberhalb (nördlich) der Frühlings- bzw. Herbstbahn.
Damit liegt die Höhe der Bahn $h = 41^\circ + 23,5^\circ = 64,5^\circ$ über dem Südpunkt am Horizont.
Die Abend- bzw. Morgenweite beträgt $\omega = 37,43^\circ$ gegenüber dem Ost- bzw. Westpunkt.
Der Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .
Der Tagbogen entspricht einer Dauer von 16 h.

Die **Winterbahn** liegt im Süden $\delta = -23,5^\circ$ unterhalb (südlich) der Frühlings- bzw. Herbstbahn.
Damit liegt die Höhe $h = 41^\circ - 23,5^\circ = 17,5^\circ$ über dem Südpunkt am Horizont.
Die Abend- bzw. Morgenweite beträgt $\omega = -37,43^\circ$ gegenüber dem Ost- bzw. Westpunkt.
Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .
Der Tagbogen entspricht einer Dauer von 8 h.

Der Sonnenaufgangspunkt im Sommer und der Sonnenaufgangspunkt im Winter liegen somit $74,86^\circ$ auseinander!

7. Der Bau eines Modells der Sonnenbahn

Die scheinbare Bahn der Sonne über den Himmel (Tagbogen) lässt sich anschaulich in einem Modell visualisieren. Es gibt zwei einfache Methoden, wie wir ein solches Modell bauen können:

1. **durch eine Beobachtungsreihe oder**
2. **durch mathematisch konstruierte Tagbögen.**

Benötigt werden:

- eine Halbkugel aus Acryl (Durchmesser hier: 18 cm)
- selbstklebende Markierungspunkte
- Foliestift (permanent)
- Pinzette
- Schneidermaßband

Je nach Bedarf kann die Halbkugel auch deutlich größer sein. Acrylhalbkugeln finden sich im Internet oder in Bastelläden, meist als teilbare Kugel. Je größer der Durchmesser der Halbkugel ist, desto genauer wird das Modell.

Von der Beobachtung des Sonnenstandes zum Modell

Im Laufe eines Tages wandert die Sonne in einem Bogen über den Himmel. Diese Bewegung soll nun live auf eine Halbkugel aus Acryl übertragen werden. Diese Aktivität und deren Auswertung kann sowohl in Kleingruppen als auch in Einzelarbeit erfolgen. Die Diskussion der Ergebnisse erfolgt im Klassenverband.

Doch wie projizieren wir die Sonnenbahn auf die Acrylsphäre? Hier hilft ein Trick: Gegenstände, die von der Sonne angestrahlt werden, erzeugen auf der sonnenabgewandten Seite einen Schatten. So auch kleine runde Klebepunkte. Sie werden mit Hilfe einer Pinzette derart auf die Acrylhalbsphäre geklebt, dass ihr Schatten jeweils genau auf den Mittelpunkt der Kreisscheibe trifft, die von der Acrylsphäre umschlossen wird. Wird dieser Vorgang jede Stunde wiederholt, so ergeben die Klebepunkte eine Projektion des Tagbogens der Sonne von der Himmelsphäre auf unsere Acrylhalbsphäre. Falls nicht zu jeder vollen Stunde gemessen wird, so sollte um genau 12 Uhr auf jeden Fall eine Messung erfolgen!

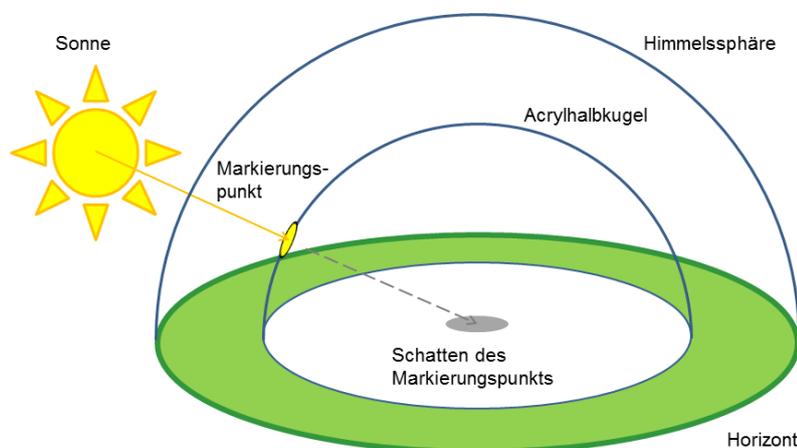


Abbildung 9: Um den Sonnenstand von der Himmelsphäre auf die Acrylsphäre zu übertragen, wird stündlich ein Markierungspunkt derart auf die Acrylsphäre geklebt, dass sein Schatten genau auf den Mittelpunkt der weißen Kreisscheibe trifft. Im Laufe eines Tages entsteht so eine Projektion des Tagbogens der Sonne auf die Acrylsphäre.
© Natalie Fischer

[zurück zum Anfang](#)

Eine alternative Methode ist es, eine Scheibe mit einem kleinen Loch in den Sonnenstrahl zu halten und so auf der Acrylsphäre zu platzieren, dass der durch das Loch tretende Sonnenstrahl den Mittelpunkt der Kreisscheibe trifft. Mit einem Foliestift wird nun in der Mitte des kleinen Loches ein Punkt auf die Sphäre gemalt. Bei dieser Methode sollte die Sphäre unbedingt gut auf dem Tisch festgeklebt werden, damit sie nicht verrutscht.

Tipps:

- Die Acrylsphäre sollte eben auf einem Tisch aufgestellt und am besten mit Tesafilm fixiert werden.
- Zum Auffinden des Mittelpunktes der Kreisscheibe empfiehlt es sich, die Sphäre auf ein Blatt Papier zu setzen, auf dem zuvor die Kreisscheibe mit zwei aufeinander senkrechten Kreisdurchmessern gezeichnet wurde. So ist der Mittelpunkt der umschlossenen Kreisfläche klar markiert.
- Der Ort, an dem die Sphäre aufgestellt werden soll, sollte im Laufe des Messtages nicht von umherstehenden Objekten wie Bäumen oder Häusern beschattet werden und auch die Beobachtung des Sonnenauf- und -untergangs zulassen.
- Je kleiner die Klebepunkte, desto genauer die Bahn.
- In einem Protokoll werden Datum, Ort und Messzeitpunkte protokolliert, sowie Besonderheiten festgehalten.



Abbildung 10: Die Schüler stellen ihr eigenes Horizontmodell der Sonnenbahn her. Nach ein paar Stunden ist es geschafft! Der Tagbogen der Sonne ist deutlich sichtbar. © Natalie Fischer

Ist die Beobachtung abgeschlossen, so werden mit Hilfe eines Kompasses die Himmelsrichtungen auf der Acrylhalbsphäre übertragen und mit einem Foliestift die Messpunkte miteinander verbunden. Die Messpunkte ergeben einen nicht geschlossenen Kreisbogen. Dieser sollte bis zum Horizont weitergeführt werden, damit die Morgen- bzw. Abendweite sowie die Neigung der Bahn bestimmt werden kann.

Tipp:

Taucht man die Sphäre mit der Öffnung nach oben in eine Schüssel mit Wasser und dreht sie so, dass die Klebepunkte auf der gleichen Höhe wie der Wasserspiegel liegen, lässt sich mit einem wasserfesten Stift die Bahn bis zum Rand der Halbsphäre (Horizont) vervollständigen.

Als weiterführende Aktivität empfiehlt es sich, die Messung am Tag der Sommersonnenwende (21.6.), der Tag- und Nachtgleiche (23.9. oder 21.3) und der Wintersonnenwende (21.12.) auf ein und derselben Acrylhalbsphäre durchzuführen.

[zurück zum Anfang](#)


Abbildung 11: Horizontmodell mit den drei unterschiedlichen Sonnenbahnen (12.12., 21.3./23.9. und 21.6.).
© Natalie Fischer

Mit Hilfe mathematisch konstruierter Tagbögen zum Modell

In Abschnitt 6 wurden alle notwendigen Parameter vorgestellt und berechnet, die die Lage der Tagbögen bestimmen. Auch damit lässt sich ein Modell bauen. Da sich jedoch auf einer Sphäre Winkelgrade nicht so einfach übertragen lassen, werden sie in Strecken der Länge s umgewandelt. Bei der Umwandlung gilt:

$$s = 2\pi \cdot R \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$$

- s dem Winkel α entsprechender Kreisbogen auf der Halbsphäre
 α umzuwandelnder Winkel [°]
 R Radius der Sphäre

Für eine Acrylhalbsphäre mit einem Durchmesser $2R = 18$ cm gilt für den Standort Heidelberg:

- Die **Frühlings- bzw. Herbstbahn**
 Bahnhöhe $s = 18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 41^\circ / 360^\circ = 6,4$ cm über dem Südpunkt am Horizont.
 Abend- bzw. Morgenweite $\omega = 0^\circ$ gegenüber dem Ost- bzw. Westpunkt.
 Der Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .
- Die **Sommerbahn**
 Bahnhöhe $s = 18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 64,5^\circ / 360^\circ = 10,1$ cm über dem Südpunkt am Horizont.
 Abend- bzw. Morgenweite $s = 18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 37,43^\circ / 360^\circ = 5,9$ cm.
 Der Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .
- Die **Winterbahn**
 Bahnhöhe $s = 18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 17,5^\circ / 360^\circ = 2,7$ cm über dem Südpunkt am Horizont.
 Abend- bzw. Morgenweite beträgt $s = -18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 37,43^\circ / 360^\circ = -5,9$ cm.
 Der Winkel zwischen Sonnenbahn und Horizont beträgt 41° .

Zwischen dem Sonnenaufgangspunkt im Sommer liegt und dem Sonnenaufgangspunkt im Winter liegt somit ein Abstand von $s = 18 \text{ cm} \cdot \pi \cdot 74,86^\circ / 360^\circ = 11,8$ cm.

Auf der Halbsphäre werden nun zunächst die Himmelsrichtungen markiert, dann mit selbstklebenden Markierungspunkten oder einem Foliestift die Sonnenwendepunkte (Abend- bzw. Morgenweite) sowie die Bahnhöhen ergänzt. Im Anschluss werden bei jeder Bahn die Punkte so miteinander verbunden, dass sie einen Kreis ergeben. Auch hier kann ein Wasserbad hilfreich sein.

[zurück zum Anfang](#)

Tipp:

Werden mehrere oder immer wieder identische Modelle gebaut, so lohnt sich der Aufwand, aus Sperrholz oder festem Karton für jede der drei Bahnen eine Kreisschablone anzufertigen, die dann jeweils auf die Halbsphäre gestülpt wird und als Schablone dient.

Für den Radius r der Schablone gilt:

$$r = R \cdot \cos \delta$$

R Radius der Acrylhalbsphäre

δ Abstand der Sonne vom Himmelsäquator
(21.3./23.9.: $\delta = 0^\circ$, 21.6.: $\delta = 23,5^\circ$, 21.12.: $\delta = -23,5^\circ$)

Auswertung

Unabhängig davon, ob die Schüler ein eigenes Horizontmodell der Sonnenbahn durch eigene Beobachtung gewonnen haben oder ein fertiges Modell benutzen sollen: sie sollen damit noch weiterarbeiten. Ein Auswertungsbogen für die Schüler (Arbeitsblatt) inklusive Ideen für weiterführende Diskussionen steht als zusätzliches didaktisches Material zur Verfügung. In derselben Datei befindet sich auch ein entsprechendes Lösungsblatt für die Lehrerinnen und Lehrer.

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.