

Abb. 5: Die Stärke der Sonneneinstrahlung
 Quelle: www.mediawerk.de/ und www.deutsches-museum.de/

Die zweite wichtige Größe – die Stärke des Sonnenscheins – ist nicht so einfach zu verstehen. Es ist nicht unmittelbar einsichtig, dass eine hoch stehende Sonne „mehr Kraft hat“ oder „stärker scheint“. Die Sonnenstrahlung konzentriert sich stärker auf eine kleinere Fläche, so kann man argumentieren. Wenn die Größe der Fläche konstant ist „verdünnt“ sich sozusagen die Strahlung.

Jedoch, es ist wie so oft: Ein einfaches Experiment hilft hier mehr als tausend Worte oder einschlägige Abbildungen (vgl. Abb. 5).

Eine helle Schreibtischlampe oder eine ähnliche, warmes und helles Licht aussendende Quelle stellt die Sonne dar, die Hand eines Kindes steht stellvertretend für ein Stück der Erdoberfläche.

Wenn die Hand in etwa 10 cm Entfernung von der Lampe mit der Handkante zum Licht gehalten wird, haben wir dieselbe Situation wie früh am Morgen oder spät am Abend oder im Winter: das Sonnenlicht – Lampenlicht - fällt flach und streifend auf die Erde - Handrücken (ist empfindlicher als die Handfläche).

Dreht man nun bei gleichbleibendem Abstand zur Lampe die Hand langsam um die Längsachse (wer spielen möchte, kann diese Längsachse auch schiefstellen....), so wird allmählich die gesamte Oberfläche von der Lampe beschienen. Es ist also Mittag oder Hochsommer, die Sonne steht hoch und fast senkrecht über dem Beobachter. Bei uns steht sie jedoch nie im Zenit! (vgl. weiter vorne).

Die Kinder spüren deutlich, dass bei gleichem Abstand zur Quelle die Wirkung der Strahlung viel größer ist, d.h. die Hand wird warm. Das lässt sich in die Erkenntnis übersetzen, dass die Stärke der Sonneneinstrahlung von der Höhe der Sonne über dem Horizont abhängig ist.

Wer die Hand auch um die Querachse dreht, kann auch die Verhältnisse auf verschiedenen Breitengraden durchspielen. Eine weitere Verbesserung der Anschauung erreicht man, wenn man sich ein kleines Figürchen senkrecht auf den Handrücken klebt. Damit ergeben sich für die spielerische Erforschung der astronomischen Grundlagen (Horizont, Zenit, Tag und Nacht usw.) des Systems Erde – Sonne ungeahnte Möglichkeiten.

Probieren Sie es aus!

Kleine Experimente und Spiele helfen, wo die direkten Erfahrungen fehlen

Abbildung 4 zeigt deutlich, wie im heliozentrischen Bild die Sonne auf der nördlichen Halbkugel der Erde sehr hoch steht, während sie im Winter die Nordkugel eher streifend trifft. Dann ist der Nordpol ganz im Erdschatten.

Besser als alle Bilder lässt sich dieser Zusammenhang jedoch mit Taschenlampe oder Diaprojektor und einem Globus demonstrieren, bzw. im Rollenspiel darstellen.

Dabei sitzen die Kinder im Stuhlkreis während eine Sonne als Lampion um die in der Mitte sitzende Erde getragen wird (geozentrisch). Wenn der Lampion ruht und eine Modellerde (z.B. ein Globus) um die Sonne getragen wird haben wir zur heliozentrischen Sicht gewechselt. Die Kinder können dabei an die Stelle der Erde treten, sich um die eigene (schiefe) Achse drehen, um die Sonne wandern oder in der Mitte ruhen und so die Relativbewegung von Erde und Sonne „erfahren“. Viele Gespräche und spielerisches Ausprobieren gehören dazu.

Ein solches Vorgehen verlangt jedoch von der Lehrkraft ein grundlegendes Verständnis der astronomischen Grundlagen. Vorangegangene eigene Übungen im Kollegenkreis sind eine gute Vorbereitung.

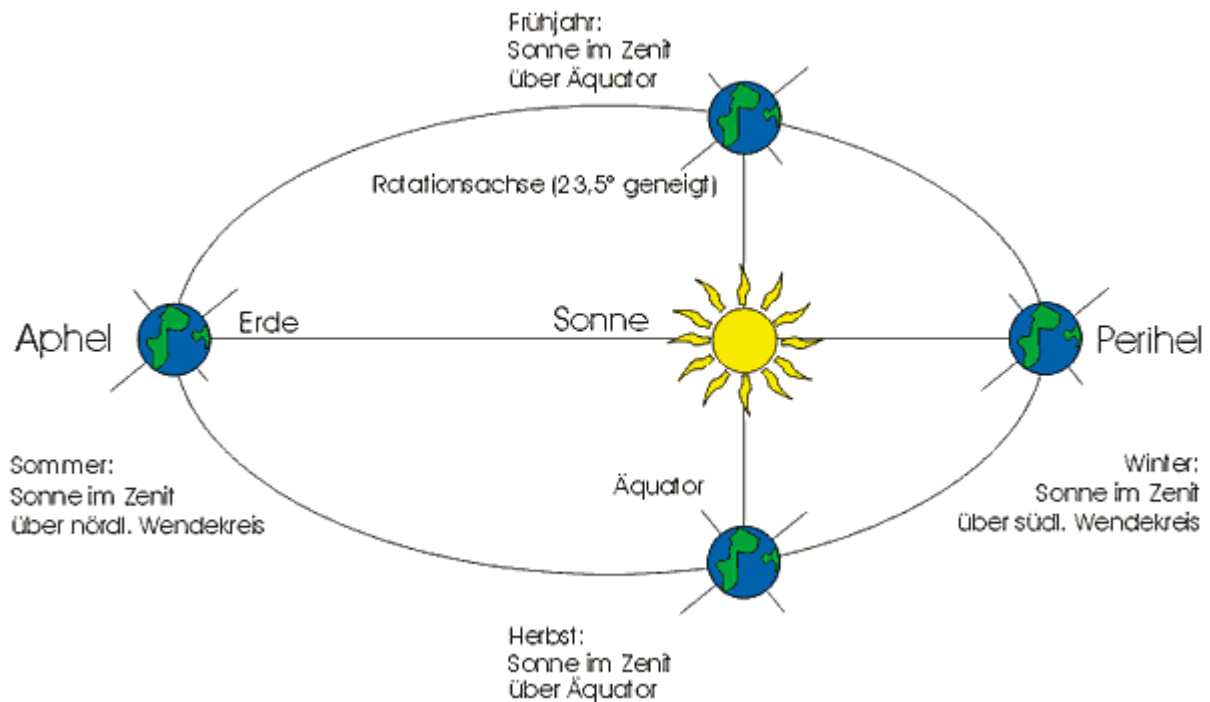


Abb. 4: Die Entstehung der Jahreszeiten in heliozentrischer Sicht
Quelle: www.geographie.ruhr-uni-bochum.de

Die Stellung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne, genauer die Richtung in die die Erdachse auf dieser Position jeweils zeigt, ist also für die Sonnenscheindauer - die Länge des Tagbogens der Sonne - verantwortlich. Zeigt die nördliche Spitze der gedachten Achse in Richtung Sonne ist Sommer, zeigt sie von der Sonne weg ist Winter.

Geschichten erzählen

Es ist also notwendig, diesen Perspektivwechsel bewusst vorzunehmen und die Kinder darüber nicht im Unklaren zu lassen. Eine Perspektive außerhalb der Erde einzunehmen, kann u. a. durch Geschichten vermittelt werden. Die Vermutungen und Theorien unterscheiden sich dabei deutlich von der klaren Tatsache, dass auf den Winter mit Sicherheit wieder der Frühling folgt.

Eine kindgerechte Geschichte zur Schiefelage der Erdachse könnte in etwa so erzählt werden:

In unserem Sonnensystem dreht sich alles. Interessanterweise dreht sich auch alles in der selben Richtung. Wenn man von oben drauf schaut – oben ist ungefähr die Richtung in der auch auf der Erde „oben“ ist, nämlich im Norden – entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn, also so wie man eine Schraube herausdreht. Die Sonne tut das, die Planeten drehen sich in dieser Richtung um die Sonne, der Mond um die Erde und die Erde um die eigene Achse. Diese Drehungen könnt ihr in einem Bild sehr schön darstellen, in dem ihr immer links herum die Sonne, die Erde, den Mond und vielleicht ein paar weitere Planeten durch kreisendes Malen darstellt. Auch die Sonne könnt ihr kreisend gelb ausmalen. So bekommt ihr einen Eindruck von den bewegten Geschehnissen vor ungefähr 5 Milliarden Jahren.

Zu der Zeit hatten die Bewegungen ihren Ursprung in der Entstehung des Sonnensystems. Alle Materie befand sich in einem gewaltigen Strudel, aus dem heraus sich dann die Sonne und die Planeten bildeten. In dieser frühen Phase hat wahrscheinlich die Urerde einen schweren Zusammenstoß mit einem anderen größeren Himmelskörper überstehen müssen, bei dem auch unser Mond entstanden ist und – als weitere Folge – die Achse der Erde einen Schlag abbekommen hat. Seitdem steht sie schief. Schnee im Winter und Baden im Sommer haben wir also vermutlich diesem Crash zu verdanken.

Wie Abbildung 3 hier richtig wiedergibt, ist – genau im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Meinung und der im Original fehlerhaften Abbildung 3 - die Erde im Sommer etwas weiter von der Sonne entfernt als im Winter, immerhin etwa ca. 5 Millionen km, was durchaus Auswirkungen hat. So sind die nördlichen Sommer etwas kühler als die südlichen!

Außerdem beträgt die Dauer der Jahreszeiten wegen der unterschiedlichen Bahngeschwindigkeit der Erde nicht genau ein Vierteljahr. Der Frühling dauert auf der Nordhalbkugel 92 Tage 18 Std., der Sommer 93 Tage 16 Std., der Herbst 89 Tage 20 Std. und der Winter 89 Tage.

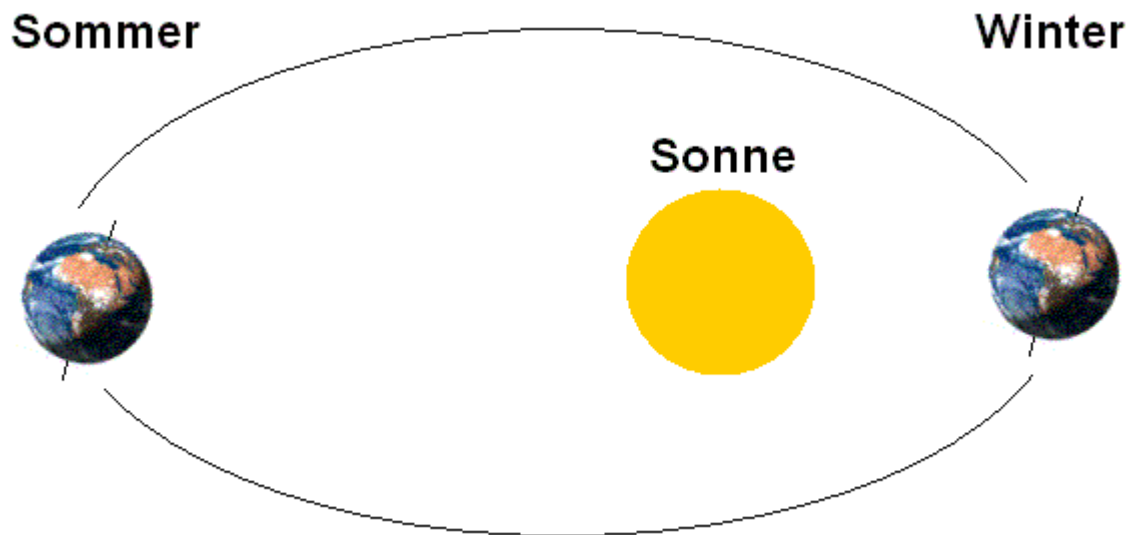


Abb. 3: Die Bahn der Erde um die Sonne
Quelle: www.top-wetter.de/kolumne/pics/erdbahn.gif (korrigiert!)

Die Frage nach dem Warum ist natürlich nicht leicht zu beantworten und manches ist auch noch ein wenig spekulativ.

Kindgerechte Erklärungen sollten jedoch zuerst immer im geozentrischen Weltbild erfolgen! Bevor nicht die direkten Beobachtungen „verstanden“ sind, also z.B. die Bahn der Sonne am Himmel und die Zuordnung der beobachteten Phänomene, sollte nicht in die „richtige“, heliozentrische Sicht gewechselt werden.

Was ist richtig? Richtig ist für Kinder und zunächst eigentlich für Jeden, so etwas wie der morgendliche Sonnenaufgang.

Die Bewegung der Erde um die Sonne entspricht dagegen einem Perspektivwechsel, den man wohlüberlegt und vorsichtig zu weiterführenden Deutungen einnehmen kann.

Diese, der direkten Erfahrung entzogene heliozentrische Sicht, ist immer theoriebehaftet und abstrakt.

Erfahrbar sind jahreszeitlich bedingte Phänomene wie Sonnenlauf und Temperatur- und Helligkeitsverteilung über das Jahr, nicht jedoch die Neigung der Erdachse!

Neben dem Sonnenlauf bieten sich strukturierte Beobachtungen in der Natur an. Wetterphänomene aufzeichnen – z.B. tägliche Temperaturmessungen – oder die Rhythmen der Tier und Pflanzenwelt bewusst verfolgen sind Aktivitäten, die auch von jüngeren Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden können. Allerdings sind dies eher sekundäre Phänomene, sozusagen Symptome oder Auswirkungen der astronomischen Vorgänge.

Wie Abbildung 1 zeigt, ist der sogenannte Tagbogen der Sonne sehr unterschiedlich. Den größten Bogen macht sie am Tag der Sommersonnenwende, d.h. sie scheint sehr lange – ca. 16 Stunden – und steigt sehr hoch über den Horizont (in Mainz 63,5 Grad), am Tag der Wintersonnenwende ist der Tagbogen am kürzesten. Sie scheint nur etwa 8 Stunden und erreicht nur eine Höhe von 16,5 Grad über dem Horizont. An zwei Tagen im Jahr, nämlich zu den Tag- und Nachtgleichen im Frühling und Herbst (in Abb.1 der mittlere Bogen) scheint die Sonne genau 12 Stunden und ihre maximale Höhe über dem Horizont entspricht 90 Grad minus der geografischen Breite des Beobachters, in Mainz also ca. 40 Grad. Nur an diesen beiden Tagen geht die Sonne genau im Osten auf und im Westen unter!

Ganz allgemein lässt sich die maximale Sonnenhöhe für jede geografische Breite mit der folgenden Formel berechnen:

Maximale Sonnenhöhe = 90 Grad – geografische Breite + Deklination der Sonne

Dabei versteht man unter der Deklination der Sonne die Höhe der Sonne über dem Himmelsäquator. Sie schwankt zwischen –23,5 Grad und +23,5 Grad und ist an den Tag- und Nachtgleichen Null.

Von der geozentrischen zur heliozentrischen Sicht

Es lassen sich also zwei wesentliche Merkmale des Sonnenscheins unterscheiden:

- die Sonnenscheindauer, also die Länge des Tagbogens, und
- die Stärke der Sonneneinstrahlung, also die Höhe der Sonne über dem Horizont.

Zur Erklärung müssen wir nun von der geozentrischen zur heliozentrischen Sicht wechseln. Beide Merkmale finden ihre Erklärung in den Bewegungen der Erde um ihre eigene Achse und um die Sonne. Dabei spielt die Schiefstellung der Erdachse eine besonders wichtige Rolle!

Zunächst einige Fakten:

Die Erde bewegt sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Dafür benötigt sie ein Jahr. Gleichzeitig dreht sie sich in 24 Stunden, das ist ein Tag, einmal um die eigene Achse. Diese steht nicht – wie vielleicht zu vermuten wäre – senkrecht zur Erdbahnebene (der Ebene der Ekliptik) sondern ist um 23,5 Grad gegen die Senkrechte geneigt. Dabei behält sie die Ausrichtung im Raum näherungsweise bei. Genauer betrachtet beschreibt sie in 25.800 Jahren einen Kreis vor dem Hintergrund der Fixsterne, weil die Erde eine Präzessionsbewegung wie ein taumelnder Kreisel durchführt.

Ein Merkspruch, der sehr eingängig wesentliches festhält, in seiner Einfachheit jedoch auch wichtige Beobachtungen unterschlägt. So geht die Sonne nur an zwei Tagen des Jahres genau im Osten auf. Ansonsten wandert der Aufgangspunkt den Horizont entlang: vom äußersten Nordosten am Tag der Sommersonnenwende (der längste Tag des Jahres) bis zum äußersten Südosten am Tag der Wintersonnenwende (der kürzeste Tag). D.h. sie ist sehr wohl zu sehen, wenn man Richtung Norden schaut.



Abb. 1: Die Bahn der Sonne im Jahreslauf
Quelle: <http://wdrblog.de/teleskop/images/Sonnenlauf.jpg>

Kinder können – natürlich nicht so komplett, wie in Abbildung 1 professionell aufbereitet – einzelne Beobachtungen auch selber machen und aufzeichnen. Auf- und Untergangspunkte der Sonne am eigenen Horizont können im Jahreslauf markiert werden, selbst die Höhe der Sonne über dem Horizont lässt sich leicht messen oder abschätzen, z.B. mit Hilfe eines Schattenstabes oder **Gnomon** (vgl. Abb.2).

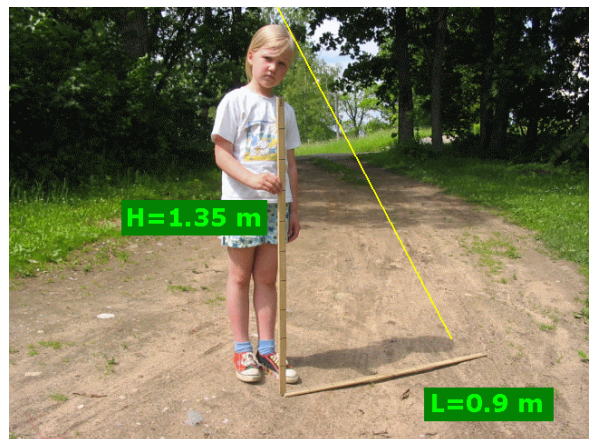
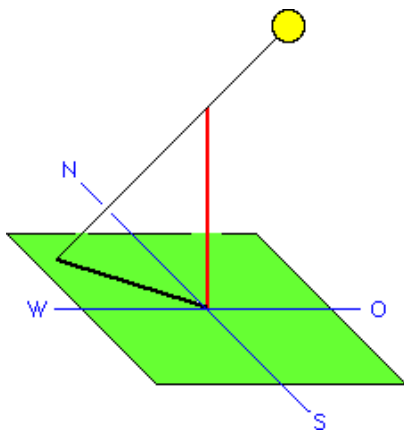
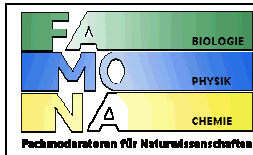


Abb. 2: Mit einem Gnomon kann man die Höhe der Sonne bestimmen
Quelle: www.jgiesen.de/undeducar.sc.usp.br/bfl/measure.html

Bei bekannter Höhe des Schattenstabes oder der Körpergröße lässt sich aus der Schattenlänge direkt die Sonnenhöhe ausrechnen. Aus dem rechtwinkligen Dreieck entnimmt man:

$$\tan(\text{Sonnenhöhe}) = \text{Höhe des Gnomons} / \text{Länge des Schattens.}$$

Für das Mädchen in Abbildung 2 ergibt sich daraus also eine Sonnenhöhe von 56,3 Grad.



Themenfeld 5: Sonne, Wetter, Jahreszeiten

Thema/Station: Sonne und Zeit _ 1 Grundlagen/ Lehrerinformation

Udo Klinger, IFB Speyer

Frühling, Sommer, Herbst und Winter - die Entstehung der Jahreszeiten und die Schiefe der Ekliptik

Jahreszeiten gliedern erfahrbare Zeit

Die Jahreszeiten gliedern die Zeit. Sie teilen ein Jahr in erlebbare, deutlich von einander verschiedene Abschnitte. Das Erwachen der Natur im Frühling mit den wieder länger werdenden Tagen, die Hitze des Sommers mit kurzen Nächten, die gar nicht richtig dunkel werden wollen, der Herbst mit seinen bunten Farben und der kalte Winter mit Schnee und dem dunklen Schulweg am Morgen.

Das alles ist ein Stück Lebenswirklichkeit und unmittelbare Erfahrung.

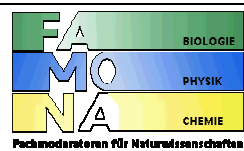
Jahreszeiten bestimmen seit dem Anbeginn der Menschheit Aussaat und Ernte und das bäuerliche Leben. Aber auch für die Menschen, die nicht in der Landwirtschaft arbeiten oder einen Garten pflegen sind sie heute über die Urlaubs- und Freizeitplanung hinaus von Bedeutung: sie nehmen Einfluss auf unser Gefühlsleben! Wir fühlen uns gut, wenn die Sonne scheint und geraten an trüben Novembertagen in depressive Stimmung, der Wonnemonat Mai ist der Monat der Liebenden und die Sterberate ist im Winter deutlich erhöht. „Jahreszeit und Klima beeinflussen die Mortalitätsraten beträchtlich. Das Projekt „Eurowinter“ hat gezeigt, dass kaltes Wetter in Westeuropa mit annähernd 250.000 zusätzlichen Todesfällen pro Jahr assoziiert ist.“ (Ärzte Woche, 18. Jahrgang Nr. 16, 2004)

Vor dem Verstehen kommt die direkte Erfahrung

Hinter die Phänomene zu schauen, erste Erklärungen zu finden und Vorstellungen zu entwickeln, die über die direkt zugänglichen Erfahrungen hinausgehen ist ein spannender und lehrreicher Prozess, der auch schon für Grundschulkinder von der Natur zur Naturgesetzlichkeit führt.

Bevor es jedoch zu theoretisch wird ist es unbedingt notwendig, die Erfahrungsbasis der Kinder sicherzustellen. Beobachtungen machen, d.h. bewusst hinsehen, beschreiben, skizzieren und noch einmal hinsehen. Leider ist heute die direkte Naturerfahrung vielfach verstellt. Wer kann schon sagen, wo genau die Sonne an bestimmten Tagen des Jahres auf- oder untergeht? Allenfalls ist dieses kleine Gedicht bekannt:

Im Osten geht die Sonne auf
Im Süden nimmt sie Ihren Lauf
Im Westen wird sie untergehen
Im Norden ist sie nie zu sehen.



Themenfeld 5: Sonne, Wetter, Jahreszeiten

Thema/Station: Sonne und Zeit - Stationen Sonne und Zeit

Materialliste:

Aufgabenblätter, Lampe, Papier, Schere, Geodreieck, Nagel, internetfähiger Rechner, Klebstoff, Holzspieß, Squash-/Tischtennisball, internetfähige Rechner(2x), Globus, Taschenlampe, Lamppion, Sonnenuhr-Kopie

Skizze/Foto:



Einordnung der Station in das Themenfeld/ in einen Kontext:

Sonne und Zeit

Welches Fachwissen/ welche Fachmethode wird hier entwickelt:

Stationen zum Thema Sonne und Zeit
Hintergrundwissen für Lehrer,
Arbeitsbögen für die Schüler

Welche Kompetenzen werden hier entwickelt:

Liebe Kollegen, überlegen Sie sich, welche Kompetenzen bei den einzelnen Stationen entwickelt werden können.

Station entwickelt von (für Nachfragen):

Klinger, Scholl