

BEITRAG AUS DER REIHE:

Karl-Heinz Lotze, Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik Band 5 Naturphänomene und Astronomie

ISBN 3 - 7896 - 0666 - 9

Verlag Palm & Enke, Erlangen und Jena 2002

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.

Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.

Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage

www.solstice.de

werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Arnold Zenkert

Sonnenuhren

*DUM TEMPUS HABEMUS OPEREMUR BONUM
Solange noch Zeit ist, lasst uns Gutes tun!*

1 Vorbemerkung

Als Dokumente der Zeitmesskunst gehören die Sonnenuhren zu den ältesten Kulturgütern der Menschheit. Auch wenn sie heute für die Zeitanzeige entbehrlich sind, besteht dafür immer noch ein vielfaches Interesse. Historische und künstlerisch gestaltete Sonnenuhren üben eine gewisse Faszination auf den Betrachter aus.

Die Sonnenuhr ist nicht nur Zeitanzeiger, sondern vermag auch in der Schule viel zur Veranschaulichung sowie zum Verständnis mathematischer Sachverhalte in der Astronomie und Geografie beizutragen. Das Thema Sonnenuhr beinhaltet außerdem viele allgemeinbildende Aspekte der Wissenschafts-, Kultur- und Heimatgeschichte, der Architektur, Technik, Sprache sowie des Kunstgewerbes. Von einigen komplizierteren Anordnungen abgesehen ist das Prinzip der Sonnenuhren mit den in der Schule erworbenen Kenntnissen zu verstehen.

Der tägliche und jährliche scheinbare Lauf der Sonne sowie einfache Schattenmessungen nach Richtung und Länge gehören zu den grundlegenden Kenntnissen der Gnomonik (Kunst, Sonnenuhren zu konstruieren). Das Thema „Der Tagbogen der Sonne in Abhängigkeit von den Jahreszeiten“, das oft in Planetarien behandelt wird, bietet viele Anregungen für eigene Beobachtungen, wie Auf- und Untergangspunkte, Mittagshöhe, Tageslängen u.a.m. (Abb. 1). Es geht hier um ganz einfache Sachverhalte, um das bewusste Erleben der „Astronomie des Alltags“ sowie um das Beobachten von Erscheinungen unserer Umwelt, die zur Allgemeinbildung gehören. Wer weiß



Abweichende Vertikalsonnenuhr (Stallhof des Dresdener Schlosses).

heute noch, dass in Bezug auf Tageslänge und Tagbogen der Sonne jeder Tag des Jahres einen „Doppelgängertag“ hat – vom 21.6. und 21.12. abgesehen? Man halte dies nicht für „Kindergartenastronomie“, ohne diese Kenntnisse ist die Gnomonik nicht verständlich. Wie die Defizite grundlegender Kenntnisse selbst in den oberen Klassen beweisen, ist davon leider viel verlorengegangen.

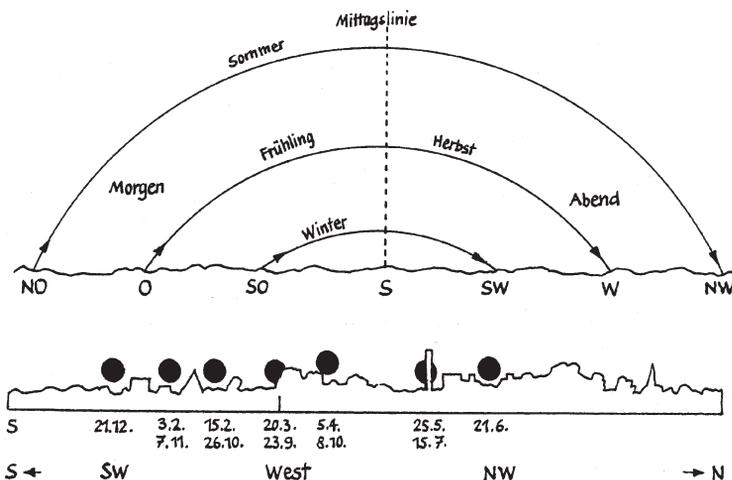


Abb. 1: Tagbögen der Sonne für verschiedene Jahreszeiten (oben); Untergangspunkte der Sonne in Abhängigkeit vom Datum (unten)

In den Lehrplänen der Schule wird die Sonnenuhr nicht extra ausgewiesen, ihre Domäne werden daher Arbeitsgemeinschaften oder andere außerschulische Aktivitäten sein. Dennoch gibt es im Unterricht Möglichkeiten, im Sinne des fachübergreifenden Unterrichts Querverbindungen und Zusammenhänge zu anderen Fächern wie z.B. Geografie, Astronomie oder Kunsterziehung herzustellen, um die Sonnenuhr in den Kenntnis- und Erlebnisbereich der SchülerInnen einzubeziehen. Inwieweit dies gelingt, kommt auf die Sachkenntnis und das pädagogische Geschick des Lehrers an.

Mathematische Aspekte der Geografie oder Astronomie sind erfahrungsgemäß unter den Schülern nicht sehr beliebt. Die Sonnenuhr kann für eine Reihe von Begriffen, wie geografische Breite und Länge, Himmelspol, Himmelsäquator, Meridian, Höhe, Azimut, wahre oder mittlere Ortszeit, MEZ und MESZ viel zu deren Verständnis sowie zur Motivation beitragen.

Mit diesem Beitrag soll das Interesse an dem sowohl für Kinder als auch Erwachsene so faszinierenden Thema geweckt werden. Dies kann hier nur exemplarisch erfolgen – eine ausführliche Darstellung ist in dem Buch „Faszination Sonnenuhr“ [1] zu finden. Weitere Anregungen und Informationen findet man in [2], [3].

2 Zeitangaben

„Sonnenuhren gehen falsch, im Rheinland sogar um 30 min nach!“ - Wenn die Sonnenuhren im Rheinland 30 min gegenüber der MEZ „falsch“ gehen, gehen sie nämlich richtig, so unsere - etwas paradoxe - Antwort!

Eine Sonnenuhr zeigt stets die wahre Ortszeit (WOZ), die wirkliche Sonnenzeit, den Stand der Sonne an der Sphäre an. Da sich unsere Normalzeit (MEZ) nach dem Meridian 15° ö. L. (Görlitz) richtet, müssen die Sonnenuhren westlich davon nachgehen, östlich davon vorgehen. Eine Längendifferenz von 1° bewirkt eine Ortszeitdifferenz von 4 min. So in Erlangen (11° ö. L.) -16 min, in Wien ($16,3^\circ$ ö. L.) +5,4 min. Selbst zwischen dem östlichsten und westlichsten Punkt in Berlin besteht eine Ortszeitdifferenz von 2 min 44 sec. Die Ortszeitdifferenz ermöglicht es auch, die Längendifferenz zweier Orte festzustellen. In Köln passiert die Sonne den Meridian 12 min später als in Erlangen, der Längenunterschied beträgt demnach 4° .

Sonnenuhren weisen einen ungleichen Gang auf und gehen im Jahresverlauf bis zu 14,3 min (12. Februar) nach und 16,4 min (4. November) vor. Diese Unregelmäßigkeit wird als Zeitgleichung (Zeitausgleich) (siehe z.B. [1]) bezeichnet (Abb. 2).

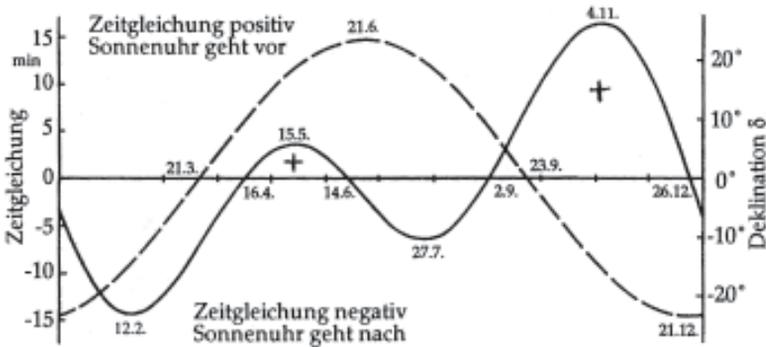


Abb. 2: Sonnendeklination (gestrichelte Linie) und Zeitgleichung (Volllinie)

Die für einen Ort konstante Ortszeitdifferenz wird durch einen negativen Zeitgleichungsbetrag (Sonnenuhr geht nach) vergrößert, durch einen positiven Zeitgleichungsbetrag (Sonnenuhr geht vor) reduziert. Will man die WOZ in die MEZ verwandeln, muss man den *Korrekturbetrag* berücksichtigen, der sich aus der Ortszeitdifferenz und der Zeitgleichung zusammensetzt. Nur an vier Tagen des Jahres beträgt die Zeitgleichung 0.

So steht in Aachen (Ortszeitdifferenz: -36 min) am 6.2. (Zgl.: -14 min) die Sonne erst um 12:50h MEZ im Meridian. Auf der Länge von Stralsund/Potsdam/Salzburg (Ortszeitdiff.: -8min) kulminiert die Sonne am 26.10. (Zgl.: 16 min) schon um 11:52h MEZ. Ist der positive Zeitgleichungsbetrag gleich der negativen Ortszeitdiffe-

renz, stimmt die Sonnenuhrenanzeige mit der MEZ überein. Dieser Fall, kann westlich von $10,6^\circ$ ö.L. (Gotha) nicht mehr eintreten.

Die Zeitgleichungsschleife („Achterschleife“), wie man diese auf manchen Sonnenuhren sehen kann, kennzeichnet mit der senkrechten Bewegung die wechselnde Sonnenhöhe, mit dem seitlichen Auslenken, das Vor- und Nachgehen der Sonnenuhr.

Eine exakte Meridianlinie sollte auf keinem Schulhof fehlen. Ein Lot, das in ein wassergefülltes Gefäß (Windbewegung) gehängt wird, gewährleistet den senkrechten Schattenwerfer. Unter Berücksichtigung des Korrekturbetrages (Ortsdifferenz \pm Zeitgleichung) wird um 12h WOZ der Lotschatten auf der horizontalen Unterlage markiert. Da sich das Sonnenazimut rasch ändert, ist eine Genauigkeit von ± 10 Sekunden einzuhalten. Aufgabe: Um welche Uhrzeit (MEZ) muss am 30.9. in Köln (7° ö.L.) die Mittagslinie gekennzeichnet werden (Lösung: Ortszeitdifferenz: -32 min, Zeitgl.: +10 min., um 12:22h MEZ).

3 Konstruktion einer Sonnenuhr (Einstieg in die Gnomonik)

3.1 Vielfalt der Sonnenuhren

Am Strand kann man oft beobachten, dass jemand einen Stab senkrecht in die Erde steckt und mittels einer mechanischen Uhr für einen Tag die Zeit anhand der Position des Schattens kennzeichnet. Handelt es sich hier um eine Sonnenuhr? Für die Dauer des Urlaubes mag dies ein durchaus brauchbarer Zeitanzeiger sein. Da aber der Schatten im Jahreslauf nicht immer in dieselbe Richtung fällt, treten bereits nach einigen Wochen beachtliche Abweichungen auf. Die Sonne durchläuft in gleichen Zeiten im Sommer größere Azimutsschritte als im Winter. Ein fest stehender, senkrechter Schattenstab ergibt ähnlich wie ein waagrecht angebrachter Stab an einer Mauer daher noch keine Sonnenuhr. An diese sind andere Anforderungen zu stellen.

Seit dem Ende des 15. Jahrhunderts ist der Polstab, der zum Himmelspol ausgerichtete Schattenwerfer, bekannt. Unabhängig von der Deklination (Höhe) der Sonne kennzeichnet seine Schattenlinie allerdings ganzjährig jeweils eine der Zeit zugeordnete eindeutige Position. Die Schattenauffangflächen, die Zifferblätter, unterscheiden sich durch die Lage, die äquatorparallel, erdachsenparallel, vertikal, horizontal oder gewölbt sein kann. Sonnenuhren sind nicht an bestimmte Richtungen (Azimute) gebunden, selbst nach Norden weisende Zifferblätter sind möglich.

3.2 Bedeutung des Stundenwinkels für die Gnomonik

Bei der Berechnungen bzw. Konstruktionen einer Sonnenuhr kommt man ohne den Stundenwinkel τ nicht aus. Er gibt den Sonnenstand an der Sphäre an - genauer den Winkelabstand der Sonne vom Meridian. Der Stundenwinkel wird im Gradmaß oder im Zeitmaß angegeben. Im Prinzip ist eine Sonnenuhr daher ein Winkelmesser für den Sonnenstand. Der sich auf dem Ziffernblatt der Sonneuhr

bewegende Schatten transformiert den Sonnenstand (Höhe, Azimut) in eine Zeitangabe. Aus dem Stundenwinkel der Sonne wird der Stundenlinienwinkel auf dem Zifferblatt. Letzterer ist der Winkelabstand von der Linie für 12 Uhr WOZ (Mittagslinie). Symmetrisch zur Mittagslinie liegen die Stundenpaare 11 und 13 Uhr, 10 und 14 Uhr usw.. Einer Stunde entspricht der Stundenwinkel von 15° . So gehört z.B. zu den Uhrzeiten 6 und 18 Uhr der Stundenwinkel von 90° .

3.4 Äquatoriale Sonnenuhr

Die ideale Sonnenuhr zur Einführung in die Gnomonik ist die äquatoriale Sonnenuhr mit ebenem Zifferblatt, deren prinzipiellen Aufbau Abb. 3 zeigt.

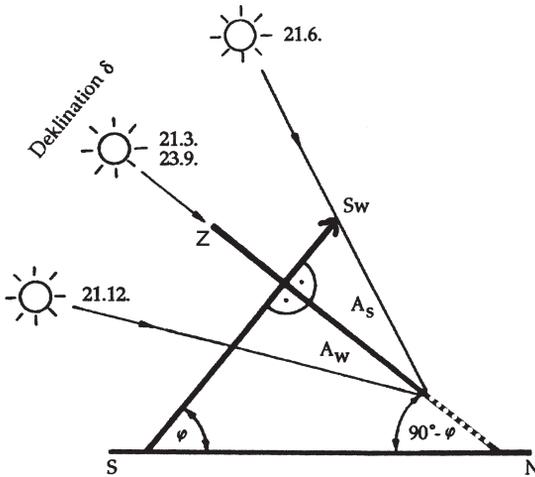
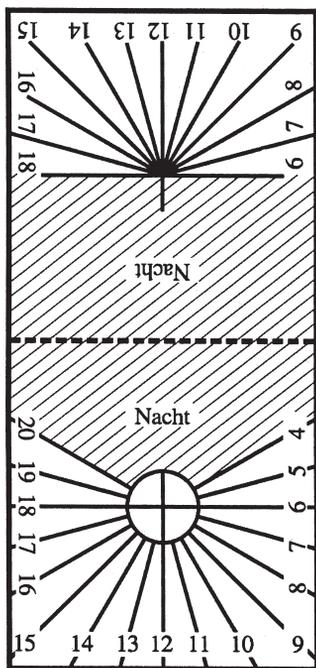


Abb. 3: Prinzip der Äquatorialuhr; Z: Zifferblattebene; A_S : Auffangfläche für das Sommerhalbjahr, A_W : Auffangfläche für das Winterhalbjahr; S_W : Schattenwerfer

Das Zifferblatt liegt in der Ebene des Himmelsäquators, die vom Polstab rechtwinklig durchstoßen wird. Gegenüber der Horizontalen bildet der Polstab den Winkel φ (geografische Breite), der Winkel der Zifferblattebene beträgt $90^\circ - \varphi$. Diese Sonnenuhr veranschaulicht damit das „Grundgerüst“ der scheinbaren Himmelskugel mit Himmelsäquator und Polachse. Bei positiver Sonnendeklination scheint die Sonne auf das obere (Sommeruhr), bei negativer auf das untere Zifferblatt (Winteruhr). Am 20.3./23.9. ist die Uhr außer Funktion (Streifenlicht).

Der Stundenwinkel τ der Sonne entspricht hier dem Stundenlinienwinkel ζ auf dem Zifferblatt, die Stundenabstände betragen jeweils 15° , eine Berechnungsformel entfällt. Als Vorlage für Zifferblätter dient Abb. 4 mit den Stundenlinien, deren Anzahl bei der Winteruhr geringer ist. Gemäß dem Satz „Es dreht sich das Rad der Zeit“ kann unter Berücksichtigung der Winkel auch ein ausgedientes Wagen-

rad zu einer äquatorialen Sonnenuhr umgestaltet werden (Abb. 5). Auf dem Radkranz werden die Stunden gekennzeichnet. Bei einer Gartensonnenuhr kann auf



das untere Winterzifferblatt verzichtet werden.

Vorteile der Äquatorialuhr:

- Die Halbstunden befinden sich auf der Winkelhalbierenden ($7,5^\circ$), was bei allen übrigen Arten nicht zutrifft.
- Durch Drehung des Zifferblattes um die Längendifferenz zu Görlitz (15°), zeigt die Uhr die MEZ bei Zeitgleichung 0 an. Die Ortszeitdifferenz wird dadurch beseitigt.
- Die MESZ-Anzeige ist ebenfalls durch Drehung um 15° möglich.
- Äquatorialuhren zeigen vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang die Zeit an.

Abb. 4: Zifferblätter für die Sommer- und Winteruhr. Die Vorlage sieht den Knick längs der gestrichelten Linie vor. Nach dem Knicken müssen sich die Stundenangaben decken.

Diese einfachste aller Sonnenuhren ist seltsamerweise wenig vertreten. Häufiger sieht man dagegen die ringförmige Äquatorialuhr oder Ringkugel (Abb. 6). Das Zifferblatt mit der 15° -Teilung ist wie der Polstab erdachsenparallel. Die Herstellung einer Ringkugel ist nicht ganz einfach, man sollte die Äquatorialuhr mit dem ebenen Zifferblatt bevorzugen. Eine große metallene Ringkugel kann auch zu einem sphärischen Modell und damit zu einem vorzüglichen Anschauungsmittel der scheinbaren Himmelskugel mit Meridian, Horizont, Ost-West-Vertikal, Ekliptik, Polar- und Wendekreisen vervollständigt werden.

3.4.1 Weltmittagsuhr

Es lassen sich auf dem Zifferblatt einer Äquatorialuhr auch Markierungen für Orte anderer geografischer Länge anbringen. Da die 15° -Teilung des Äquatorialuhrzifferblattes mit der 15° -Längenkreisteilung auf der Erde korreliert, werden auf dem Zifferblatt ausgewählte Orte Ihrer geografischen Länge entsprechend gekennzeichnet. Der jeweilige Schatten gibt an, auf welcher geografischen Länge wahrer, astronomischer Mittag (12h WOZ) ist und die Sonne kulminiert. Bei der 10h-Anzeige in Görlitz (15° ö.L.) ist es z.B. in Samara a.d. Wolga (45° ö.L.) 12 WOZ. Der Längenunterschied von 30° entspricht einem Zeitunterschied von 2 h. Ist es

in Görlitz 17h WOZ, so ist auf den Falklandinseln (60° westl. Länge) 12h WOZ. Der Längenunterschied von 75° entspricht einem Zeitunterschied von 5 h. Man erhält damit eine Weltmittagsuhr.

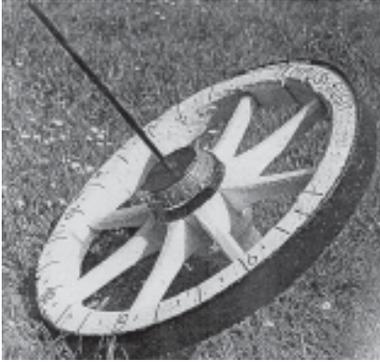


Abb. 5: Ein Wagenrad als äquatoriale Sonnenuhr (Bastelvorschlag).

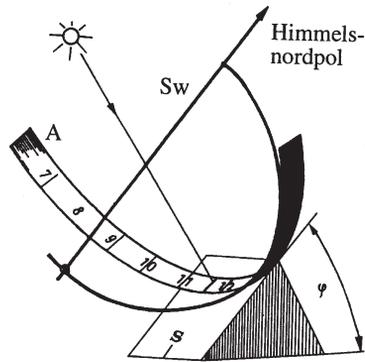


Abb. 6: Äquatoriale Sonnenuhr mit ringförmigem, erdachsenparallelem Ziffernblatt.

3.4.2 Globus als Sonnenuhr und Demonstrationsmodell

Eine ringförmige Äquatorialuhr [1] erinnert an eine Kugel, die ein idealer Träger für eine Sonnenuhr sowie für ein geografisch-astronomisches Anschauungsmodell sein kann. Die Aufstellung gleicht einer Ringkugeluhr [1]: Der Ortsmeridian liegt in Meridianrichtung. Der betreffende Ort weist zum Zenit, der Pol zum Himmelspol und der mit einer 15° -Teilung (15° entspr. 1 h) versehene Erdäquator zum Himmelsäquator (Abb. 7). Auf dem Globus werden einige Orte nach Länge und Breite gekennzeichnet. Verwendet man einen fertigen, wetterfesten Globus, kann man sich das etwas mühevoll Übertragen ersparen. Kugeln aus anderen Materialien sind in Bastelbedarfsläden oder Baumärkten erhältlich.

Die Licht-Schatten-Grenze (Terminator) gibt interessante Aufschlüsse über Sonnenauf- und Sonnenuntergänge sowie die Beleuchtungsverhältnisse auf den Polen (Polartag, Polarnacht). Der Terminator verläuft nur zu den Äquinoktien meridional, sonst schräg (s. auch das PC-Programm GEOCLOCK in [1]).

Zum Ablesen der WOZ und des wahren Mittags wird ein schwenkbarer Metallbügel verwendet, der in den Polen verankert ist. Dieser wird so lange gedreht, bis der Bügelschatten am schmalsten ist und damit die geografische Länge mit dem wahren Mittag angibt. Die Differenz zum Ortsmeridian ergibt den Zeitunterschied. Fällt z.B. der schmalste Bügelschatten auf 60° ö.L. (Jekaterinenburg), ist es in Hamburg (10° ö.L.) 8:40h WOZ (Ortszeitdifferenz: 3 h 20 min). Anstelle des Bügels kann auch ein dünner Stab (Stricknadel) verwendet werden, der meridional gehalten wird. Der gerade verlaufende Schatten zeigt den Längengrad an, wo wahrer Mittag ist.

Der Kugelsonnenuhr als ein ausgezeichnetes mathematisch-astronomisches Licht-Schatten-Modell sowie als Weltsonnenuhr sollte in der Schule mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

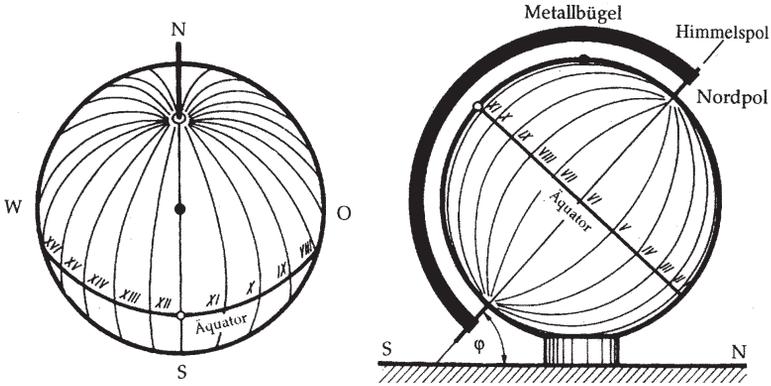


Abb. 7: Kugelsonnenuhr (links: Draufsicht; rechts: Seitenansicht)

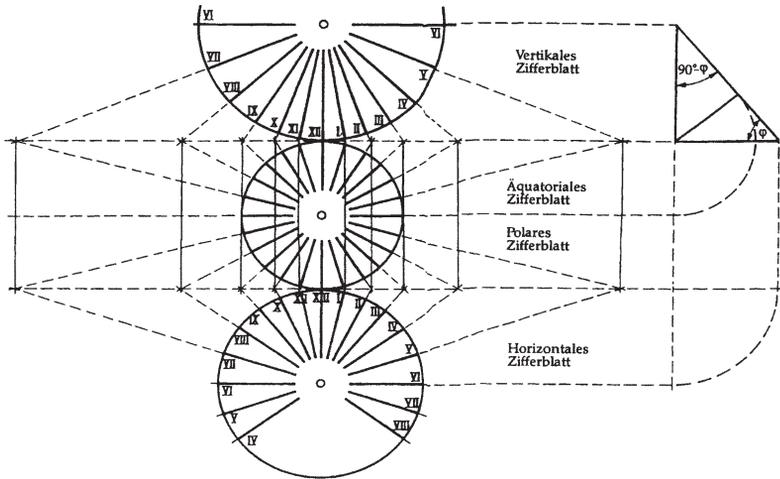


Abb. 8: Somenuhrkonstruktion nach Albrecht Dürer

3.4.3 Andere Sonnenuhren

Aufgrund der Bedeutung der Zeitmessung sind im Verlauf der Zeit unterschiedliche Anordnungen für Sonnenuhren entwickelt worden. Allgemein bekannt ist z.B. die klassische Konstruktion von Albrecht Dürer (Abb. 8), die den Zusammenhang der verschiedenen Sonnenuhrenarten und damit die „Harmonie“, den Zusammenhang der Stundenlinien, veranschaulicht. Ausgehend von der Äquatori-

aluhr, der „Mutter der Sonnenuhren“, mit ihrem Einheitskreis der 15°-Teilung erkennt man, dass bei allen übrigen Arten die Winkel der Stundenlinien unterschiedlich groß sind.

Bei der **horizontalen Sonnenuhr** verläuft der Polstab unter dem Winkel φ , der geografischen Breite, entlang der meridionalen Linie für 12 Uhr WOZ. Bei einer **vertikalen Süduhr** bildet der Polstab mit der senkrechten Wand einen Winkel von $90^\circ - \varphi$ und verläuft entlang der Lotrechten, der Linie für 12 Uhr WOZ. In beiden Fällen ist dies die Symmetrielinie für die Stundenlinien, die für den Vor- und Nachmittag spiegelbildlich sind. Die Linienabstände werden zu den Morgen- und Abendstunden größer. Eine Horizontaluhr ist eine „Ganztagsuhr“. Die Zeitanzeige einer vertikalen Süduhr beträgt zur Zeit der Äquinoktien (20.3./22.9.) 12 h, wird jedoch zur Sommersonnenwende (21.6.) auf 9 h 20 min reduziert (52° n.Br.). Der Anteil der Horizontaluhren an den Sonnenuhren ist gering, wobei die Vertikaluhren mit 80% vertreten sind.

Berechnungsformeln für die Stundenlinien ζ :

Horizontaluhr: $\tan(\zeta) = \sin(\varphi) \tan(\tau)$

Vertikale Süduhr: $\tan(\zeta) = \cos(\varphi) \tan(\tau)$

Beispiel: Für eine Horizontaluhr ergibt sich für die Stundenlinie ζ für 10 bzw. 14 Uhr ($\tau=30^\circ$) für Mainz (50°n. Br) $\zeta = 23,85^\circ$. Der Stundenlinienwinkel wird stets von 12h WOZ abgetragen. Anstelle des Stundenwinkels von 30° ist hier der Stundenlinienwinkel von $23,85^\circ$ anzutragen.

Nordsonnenuhren zeigen vom 20.3. bis 22.9. am Morgen und Abend die Zeit an und zwar am 21.6. vom Sonnenaufgang bis 7:20 Uhr und von 16:40 Uhr WOZ bis zum Sonnenuntergang (52° Breite). Norduhren erkennt man an den nach oben ragenden Schattenwerfern (Fahnenstange), während bei den Süduhren diese nach unten geneigt sind. Doppelsonnenuhren zeigen, wie sich Süd- und Norduhren in der Zeitanzeige ablösen, die jahreszeitlich unterschiedlich ist. Abb. 9 zeigt die Zifferblätter einer Süd- und Norduhr.

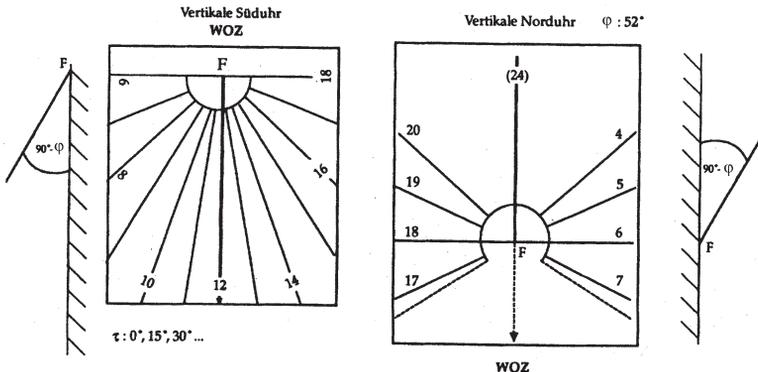


Abb. 9: Zifferblatt einer vertikalen Süduhr (links) und einer Norduhr (rechts)

Bei einem Großteil der Vertikaluhren weist die Wand nicht nach Süden, es handelt sich dabei um **abweichende (deklinierte) Vertikaluhren**. Zifferblatt und Positionierung des Schattenwerfers unterscheiden sich von den Süduhren, wie dies aus der Abb. 10 an 2 Beispielen zu ersehen ist.

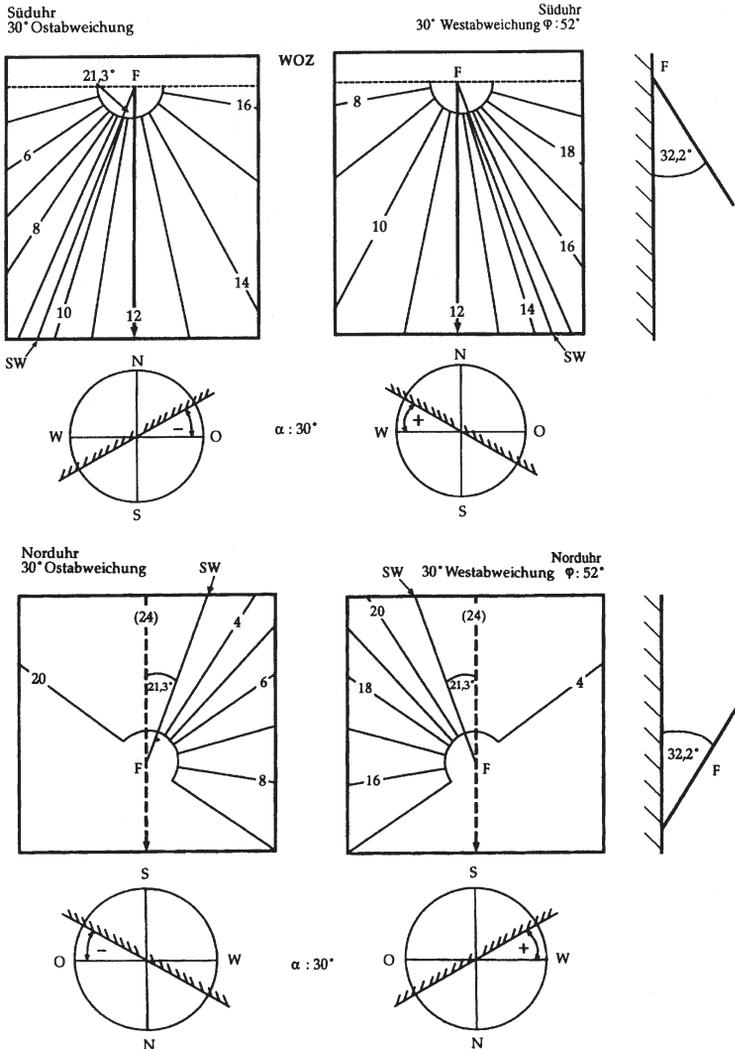


Abb. 10: Zifferblätter abweichender Vertikaluhren: oben: Süduhr mit 30° Ost- bzw. Westabweichung; unten: Norduhr mit 30° Ost- bzw. Westabweichung (S_w : Schattenwerfer)

Der Schattenwerfer verläuft nicht mehr entlang der Linie für 12h, sondern über die Vormittagsseite (Ostabweichung) bzw. über die Nachmittagsseite (Westabweichung). Die Stundenlinienwinkel sind auf der Vormittags- und Nachmittagsseite je nach Wandabweichung unterschiedlich groß. Wichtiger Test: Die Linie für 12 Uhr (WOZ) muss stets senkrecht verlaufen; dies ist unabhängig von Größe und Richtung der Wandabweichung. Vertikale Sonnenuhren sind an keine Himmelsrichtung gebunden, wie Sonnenuhren an Rundbauten erkennen lassen. Die Wandabweichung ist auf 1° genau zu bestimmen. Über die etwas aufwendigere Berechnung der Stundenlinien und die Bestimmung der Wandabweichung informiert [1]. Was wenig bekannt ist: Jede Polstab-Sonnenuhr kann in jeder beliebigen geografischen Breite aufgestellt werden, wenn die Breitendifferenz durch die Neigung des Schattenwerfers ausgeglichen wird. Eine Sonnenuhr aus Dresden (51°) ist in Kairo (30°) zu verwenden, wenn die Polstabneigung durch Kippen um 21° reduziert wird. Bei einer Aufstellung in Oslo (60°) muss diese um 9° vergrößert werden. Am Zifferblatt wird nichts verändert.

Ferner seien die verschieden gekrümmten Datums- oder Deklinationslinien erwähnt, die in ihrer Gesamtheit ein Kalendarium darstellen (Abb. 11).

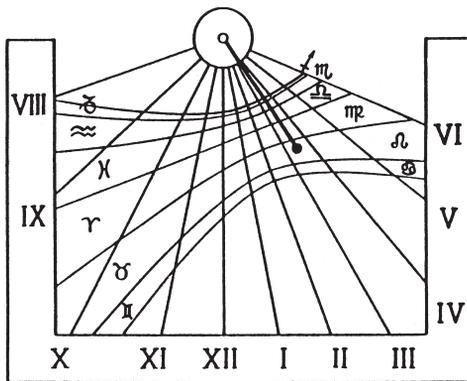


Abb. 11: Beispiel für ein Zifferblatt mit Kalendarium

Das Ende des Schattenwerfers oder eine Markierung (Kugel, Lochblende) kennzeichnen das Datum (Deklination der Sonne). Diese Linien sind zu den Solstizien (21.6./21.12.) am stärksten gekrümmt, zu den Äquinoktien ist es eine Gerade. Bei modernen Sonnenuhren sieht man oft nur 3 Datumslinien für den Beginn der Jahreszeiten. Tierkreiszeichen zeigen mitunter an, wann die Sonne in ein anderes Zeichen wechselt. Die Berechnung bzw. Konstruktion dieser Linien ist kompliziert, in der Schule kommt es darauf an, diese zu verstehen und den Schattenwurf dem betreffenden Datum zuordnen zu können. Ausführliche Hinweise zur Berechnung bzw. Konstruktion findet man in [1].

Eine **Sonnenuhr mit senkrechtem Schattenwerfer** kann doch ein zuverlässiger Zeitanzeiger sein, wenn dieser wie bei der analemmatischen Bodensonnenuhr seine Position verändert. Hier gibt es keine Stundenlinien, sondern Stundenpunkte, die auf einer Ellipse angeordnet sind. Die Position des Schattenwerfers wird entlang der Meridianlinie, der Datumsstrecke, verändert. Diese Strecke wird mittels der Sonnendeklination zuvor berechnet.

Das Besondere an der analemmatischen Uhr ist, dass man auch selbst der Schattenwerfer sein und damit "Sonnenuhr spielen" kann (Abb. 12). Dies ist ganz im Sinne der pädagogischen Forderung "Lernen durch spielen – spielend lernen!" Die Praxis zeigt, dass diese „spielerische Gnomonik“ bei den Schülern beliebt ist und auch anregt, sich mit anderen Sonnenuhrenarten zu befassen. In zunehmendem Maße findet man an Schulen derartige „lebende“ Sonnenuhren.

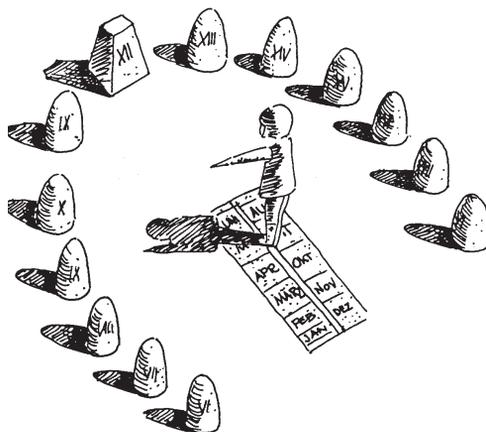


Abb. 12: Beispiel für eine analemmatische Sonnenuhr bei der man selber Sonnenuhr spielen kann

Für die Berechnung gibt es die Methode nach A.E. Waugh, bei der nur mit rechten Winkeln gearbeitet wird. Bei der anderen Methode werden zuerst die Azimutwinkel der Sonne für $d = \pm 23,5^\circ$ (22.6./21.12.), die beiden Enden der Datumsstrecke, berechnet. Da die Winkel unterschiedlich groß sind, schneiden sie sich in im Stundenpunkt (Abb. 13). Von den Enden der Datumsstrecke werden unter den beiden Azimutwinkeln für jede Stunde Gerade gezogen. Wo sich diese schneiden, befindet sich der Punkt für die betr. Stunde. Die Halbstunden liegen auch hier nicht in der Mitte, sondern sind mit Hilfe der Azimutwinkel zu bestimmen.

Die **horizontale Polstabuhr ohne Polstab** ist eine besonders überraschende Form. Hier stellt sich der Beobachter auf eine Skala, die eine Einteilung nach der Körper-

größe von 70 bis 180 cm enthält. Diese wird berechnet: $b = a / \tan \varphi$; b: Abstand vom Fußpunkt F des imaginären Polstabes, a: Körpergröße in cm (Abb. 14). Die Stundenlinien entsprechen einer Horizontaluhr. Ein Polstab ist hier nicht vorhanden, wichtig ist nur der Punkt F. Maßgeblich ist, auf welche Stundenlinie der Schatten des Kopfes fällt. Wäre nämlich der Polstab vorhanden, verlief dieser über den Scheitel.

Weiterführende Informationen zu diesen beiden Sonderformen sind in [1] zu finden.

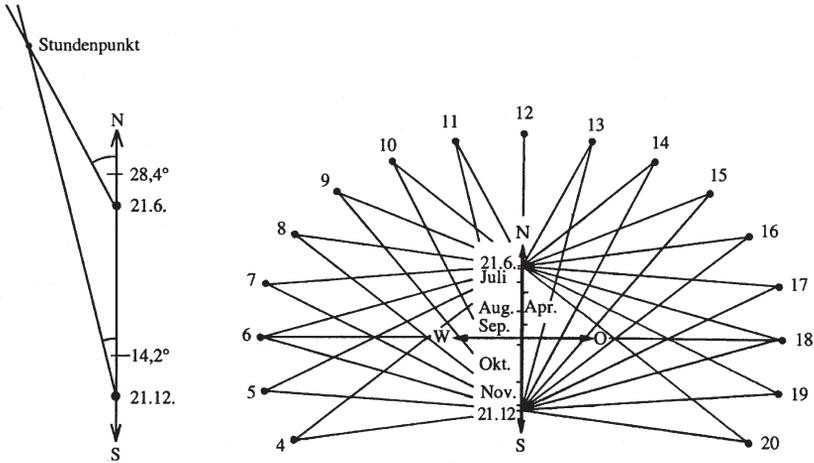


Abb. 13: Zur Konstruktion einer analemmatischen Sonnenuhr.

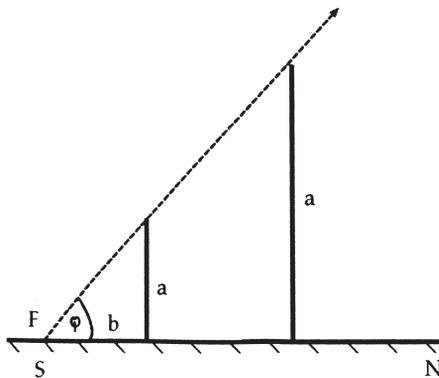


Abb. 13: Die Polstabuhr ohne Polstab; Berechnung des Abstandes b vom Fußpunkt des Schattenwerfers; a: Körpergröße ($b=a/\tan\varphi$)

4 Bastelobjekt Sonnenuhr

Wer sich etwas mit der Gnomonik befasst hat, möchte auch gern selbst eine Sonnenuhr herstellen. Die selbst gebastelte Sonnenuhr bedeutet für manchen Schüler den Einsteig in die Astronomie und trägt dazu bei, Sachverhalte zur Astronomie sowie zur Gnomonik spielend und selbsttätig zu erlernen. Es muss nicht immer die große, ortsfeste Sonnenuhr sein, die kleine, selbst gebastelte kann ebenfalls genügen, um sich damit ernsthafter zu befassen und astronomische Sachverhalte selbsttätig zu erlernen. Als funktionstüchtige Sonnenuhren kann man diese in Fensternähe, auf dem Balkon oder der Terrasse aufstellen. Bastel- und Modellbögen erleichtern die Herstellung kleiner Sonnenuhren, was besonders für die Sonnenuhrenkombinationen mit ihren komplizierten Netzen gilt. Besonders beliebt ist die Würfelsonnenuhr mit ihren 5 Zifferblättern. Im Handel sind Bastelsätze zum Bau von Sonnenuhren erhältlich, die im Unterricht mit großem Gewinn eingesetzt werden können (Bezugsquellen in [4]).

Bei kleinen Sonnenuhren wird der Ausgleich der geografischen Breite durch Kippen der Uhr erreicht, ein Breitenunterschied von $\pm 1^\circ$ wirkt sich bei den kleinen Sonnenuhren auf die Anzeige noch nicht aus. Die Uhren sind nach dem Meridian auszurichten.

5 Übergreifende Aspekte

Neben den ortsfesten Sonnenuhren an Gebäuden und auf Freiflächen finden wir in Sammlungen und Museen kleine, transportable Objekte, die von dem hohen Stand des Kunsthandwerkes zeugen. Freunde der Sonnenuhren haben mit Sachkenntnis in ihrem Ort zahlreiche Sonnenuhren errichtet, so dass man von Sonnenuhrendörfern sprechen kann, wie z.B. in Birkenau bei Heppenheim, Bernau im Schwarzwald, Röttingen im Taubertal. In Sohland-Taubenheim befinden sich zahlreiche Ecksonnenuhren, die auf originelle Weise über die Chronik des Hauses und deren Bewohner berichten. In Sonnenuhengärten kann man die historische Entwicklung der Gnomonik oder die verschiedenen Arten der Sonnenuhr studieren. Den Besuch derartiger Einrichtungen sowie hervorragender Objekte sollten die Schulen nicht versäumen.

Eine einmalige Sonnenuhr von 1550 befindet sich an der alten Ratsapotheke in Görlitz. Das von Z. Scultetus geschaffene Solarium und die Arachne zeugen von der hohen Kunst der Gnomonik. Das Barock hat uns Sonnenuhren von einmaliger Schönheit mit Schmuckelementen, Sinnsprüchen und farblicher Gestaltung hinterlassen. In den Parkanlagen entstanden auf geometrischen Körpern Kunstwerke mit einer Vielzahl an Sonnenuhren, wie die Polyederuhr mit 55 kleinen Sonnenuhren im Park von Sanssouci. Beeindruckend sind hier die Parallelität der Schattenwerfer (Kanten) und die Synchronität der Zeitanzeige.

Aus dem einstigen Gebrauchsgegenstand Sonnenuhr ist im modernen Bausehen ein Schmuck- und Gestaltungsobjekt geworden, die zeitmessende Funktion ist oft von untergeordneter Bedeutung. Historische, künstlerisch wertvolle

sowie originelle Sonnenuhren sind Kleinkunstwerke, die es zu pflegen und zu erhalten gilt. Die Schule hat die Aufgabe, den Schülern dafür die Augen zu öffnen, sie zur Achtung vor der Beobachtungs- und Erfindergabe der Menschen sowie vor dem Geschaffenen zu erziehen.

Der Arbeitskreis Sonnenuhren in der Deutschen Gesellschaft für Chronometrie befasst sich mit der Erfassung, Beschreibung und bildlichen Darstellung der ortsfesten Sonnenuhren, wobei Heimatforscher, Museologen, Denkmalpfleger, Lehrer, Kunstschaffende sowie interessierte Bürger mitarbeiten. Zur Zeit sind über 12000 ortsfeste Sonnenuhren in Deutschland bekannt. Hier ergibt sich auch für interessierte Schüler ein dankbares Betätigungsfeld.

Wer für die Mathematik wenig übrig hat, findet bei den Sinnsprüchen auf den Sonnenuhren (SENTENTIAE SOLARIS) ein interessantes Betätigungsfeld. Die lateinischen Sprüche mit ihren Wortspielen und leicht merkbaren Reimen bieten im Lateinunterricht viele Anregungen, um sich auf diese Weise mit den Sonnenuhren zu befassen.

Die Beschäftigung mit Fragen der Gnomonik vermag neben den mathematisch-astronomischen Aspekten auch zur Lust am Lernen, zum Verstehen anderer Disziplinen sowie zu einer sinnvollen Freizeitbeschäftigung und damit zur Persönlichkeitsbildung einen nicht geringen Beitrag zu leisten. UMBRA DOCET (Der Schatten lehrt) ist mehr als ein oft zitierter Sinnspruch auf Sonnenuhren.

Wenn auch die Sonnenuhren nicht mehr zu den lebensnotwendigen Dingen gehören, so tragen sie dazu bei, unsere Umwelt ein wenig schöner und kulturvoller zu gestalten. Die Freude an den Sonnenuhren sowie ihr Bildungswert rechtfertigen die Beschäftigung mit ihnen. Die Sonnenuhr ermahnt uns auch, die Zeit nicht zu vergeuden, sondern sie für unser aller Wohl zu nutzen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] ZENKERT, A. : Faszination Sonnenuhr, Frankfurt/M. 2000 (3. Auflage mit CD-ROM).
- [2] ROHR, R.: Die Sonnenuhr - Geschichte, Theorie, Funktion. München 1982
- [3] SCHUMACHER, H. : Sonnenuhren, Anleitung f. Handwerk u. Gewerbe, Band 1, München 1973
- [4] Bezugsquellen für Bastelvorlagen:
ADZEMA R.; JONES, M.: Sonnenuhren selber bauen. 16 Modellbögen, München 1990.
A. ZENKERT: 10 Bastelbögen im Verlag für Lehrmittel in Pöbneck /Thür.
KLAUS HÜNIG: Mehrere Bastelvorlagen (AstroMedia),
Vertrieb: Verlag Sun Watch
- [5] ZENKERT, A.: „Die Sonnenuhr als Bastelobjekt in der pädagogischen Arbeit“, *Astronomie in der Schule* Heft 8 (1992)