

Sonnenuhren leicht gemacht - Entwicklung und Bau eines Sonnenuhrentyps für die Schule

Katharina Renner *, Angela Fösel *

*Didaktik der Physik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, katharina.renner@physik.uni-erlangen.de und angela.foesel@physik.uni-erlangen.de

Kurzfassung

In unserer Zeit der hochentwickelten Technik haben manche Gegenstände und Errungenschaften vergangener menschlicher Kulturen keinen Gebrauchswert mehr. So sind wir beispielsweise auf Sonnenuhren als „natürliche Zeitmesser“ nicht mehr angewiesen. Jenseits der Frage nach dem praktischen Nutzen besteht jedoch gegenwärtig wieder großes Interesse an solchen Uhren, insbesondere auch an Schulen. Im Physikunterricht ermöglichen Sonnenuhren den direkten Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Sie lassen zudem Raum für eigene Erfahrungen und fördern eigenständiges wie auch kreatives Handeln. Im Rahmen einer Examensarbeit wurde der fachwissenschaftliche Hintergrund von Sonnenuhren als „Zeitanzeiger“ mit Schülerinnen und Schülern einer 5. Jahrgangsstufe erarbeitet. In Kleingruppen entwickelten und bauten die jungen Forscher anschließend drei Sonnenuhren unterschiedlicher Art (horizontale Sonnenuhr, polare Sonnenuhr und Zylindersonnenuhr) und jeweils unterschiedlichen Typus (Sonnenuhr zur Anzeige der wahren Ortszeit WOZ, Sonnenuhr zur Anzeige der Normalzeit oder Mitteleuropäischen (Winter-)Zeit MEZ, Sonnenuhr zur Anzeige der Mitteleuropäischen (Sommer-)Zeit MESZ). Insgesamt neun dieser Zeitmesser wurden auf dem Schulgelände zu einem Sonnenuhrentypen gruppiert, der dauerhaft Bestand hat und mit dem Schülerinnen und Schüler auch späterer Generationen arbeiten können. In nachfolgendem Beitrag werden Eigenheiten und Funktionsweise der konzipierten Sonnenuhren erläutert, wobei auch auf Möglichkeiten einer altersgerechten Vermittlung eingegangen wird. Die Entwicklung und der Bau des Sonnenuhrentyps für die RS Höchststadt/Aisch werden detailliert vorgestellt.

1. Einleitung

Die kulturhistorische Entwicklung der Sonnenuhren ist eng verknüpft mit der Historie der Zeitmessung. Vor allem die Zeitrechnung der Antike war stark geprägt durch eine Einteilung der Zeit mithilfe der Gestirne. Ein kurzer Überblick über die Geschichte der Stundenzählung und Zeitmessung soll dies plausibel machen und die Motivation für „natürliche Zeitmesser“ wecken. Für detaillierte Darstellungen sei insbesondere verwiesen auf die einführenden Kapitel in „Die Sonnenuhr und ihre Theorie“ von Jörg Meyer (vgl. [3]) und „Faszination Sonnenuhr“ von Arnold Zenkert (vgl. [8]) sowie auf das dreibändige „Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie“ (vgl. [2]) von Friedrich-Karl Ginzel, das Standardwerk für Kalender und antike Chronologie.

1.1. Aus der Geschichte der Stundenzählung und Zeitmessung - Ein Überblick

Der Wechsel von Tag und Nacht, die Mondphasen und die Jahreszeiten bestimmen seit Anbeginn den Lebensrhythmus des Menschen. Die Sonne teilt auf

sehr natürliche Weise den Tag in Morgen, Mittag, Abend und Nacht.

Solange die Völker in einfachen Kulturverhältnissen lebten, gaben sie sich mit dieser groben Einteilung des Tages auch zufrieden: Die Römer beispielsweise begnügten sich bis ins dritte vorchristliche Jahrhundert damit, dass ein Amtsdienst des Konsuls dreimal am Tag die Zeit ausrief. Der antike griechische Historiograph Herodot von Halikarnassos gibt an, dass die Griechen die Zwölftelung des Tages von den Babyloniern erhalten haben. Dennoch gehört auch in Griechenland die Einteilung in Stunden im Sinne unseres heute verwendeten Stundenbegriffs einem späteren Zeitalter an.

Obwohl die *Babylonier* gerne als „Väter unserer Stundenzählung“ angeführt werden, so ist dies nicht ganz korrekt: Bis zum Ende des neubabylonischen Reiches (539 v. Chr.) rechneten die Babylonier mit der äquivalenten Zeiteinheit „Danna“ („Doppelstunde“)¹, d.h. ursprünglich war eine babylonische Stunde doppelt so lang wie die unsere. Erst in hellenistischer Zeit (336 v. Chr. - 30 v. Chr.) wurden im Gebiet des alten Ba-

¹Genau genommen ist der in der modernen Literatur verwendete Begriff „Doppelstunde“ im Zusammenhang mit der Bezeichnung „Danna“ irreführend, da das heute gültige Stundenmaß von 60 Minuten als Maßstab für die Bezeichnung benutzt wird.

byloniens - zunächst - die *temporalen Stunden*² eingeführt: Durch Halbierung der „Doppelstunde“ wurde die Anzahl der Tag- und Nachtstunden von jeweils sechs auf zwölf erhöht. (vgl. [4], S. 362 ff) Die *äquinoktialen Stunden*³, die unabhängig von Tages- und Nachtlänge 24 gleich lange Zeitabschnitte darstellen und von 1 bis 24 zählbar sind, setzten sich erst im späten Mittelalter durch.

1.2. Das Schattenmaß

Um das 5. Jahrhundert v. Chr. genügte den Griechen nicht mehr der bloße Blick auf die Sonne; sie wollten die Zeit *messen* und nicht nur schätzen. Man schritt, einen Fuß vor den anderen setzend, die Länge des eigenen Schattens ab und „maß“ so die Zeit. In diesen Zusammenhang ist auch der nachfolgend angeführte Ausspruch der Praxagora aus der Komödie „Ekklesiazusen“ (dt. „Frauen in der Volksversammlung“) einzuordnen: Der griechische Komödiendichter Aristophanes lässt die Parlamentarierin zu ihrem Mann sagen

Du hast keine andere Sorge,
als gesalbt und gebadet zum Essen zu gehen,
wenn das *Stoicheion*⁴ 10 Fuß misst.

(Aristophanes: Ekklesiazusen. 392 v. Chr.)

Ebenso bestand im alten Griechenland die Sitte, jemanden zum Essen auf eine bestimmte Fußlänge einzuladen. - In der frühen griechischen Literatur sucht man vergebens nach Stundenangaben, wie sie später so häufig vorkommen. Warum sollte man erst eine abstrakte Stunde ausrechnen, wenn man auf die Schattenlänge selbst eingeladen war?

Aber auch als die Stunde längst eingeführt war, findet sich in der Literatur die Idee der Zeitmessung mit dem *Schattenmaß*:

It was four o'clock according to my guess
Since eleven feet, a little more or less,
My shadow at the time did fall,
Considering that I myself am six feet tall.

(Geoffrey Chaucer: Canterbury Tales. 1391-1399)

Der nächste Schritt auf dem Weg hin zu einer möglichst exakten Angabe des Zeitpunktes im Verlauf eines bestimmten Tages innerhalb des Jahres war die Orientierung an der Länge des eigenen Schattens in Kombination mit so genannten *Schattentafeln*: Nach Einführung der Stundenteilung halfen solche Tafeln, aus der eigenen Schattenlänge auf die Stunde des Tages innerhalb des Jahres zu schließen. Abb. 1 zeigt beispielsweise eine Schattentafel, in der der angelsächsische Mönch *Beda Venerabilis* im 8. Jahrhundert n. Chr. die Schattenlängen für die zwölf tempora-

len Tagesstunden in Fuß für Wearmouth (heute: Sunderland/Großbritannien) und Umgebung festgehalten hat.

hora diei	Ian. Dec.	Febr. Nov.	Mart. Oct.	Apr. Sept.	Mai. Aug.	Jun. Jul.
1. u. 11.	29	27	25	23	21	19
2. u. 10.	19	17	15	13	11	9
3. u. 9.	17	15	13	11	9	7
4. u. 8.	15	13	11	9	7	5
5. u. 7.	13	11	9	7	5	3
6.	11	9	7	5	3	1

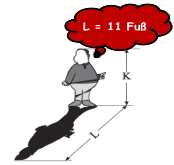


Abb. 1: Schattentafel nach Beda Venerabilis: Schattenlänge für die temporalen Tagesstunden in Fuß für Wearmouth und Umgebung. (aus [3], S. 92 f., bearbeitet.)

1.3. Vom Schattenmaß zur wahren Ortszeit (WOZ)

Konkret bestimmt das Verhältnis von *Schattenlänge* L zu *Körperlänge* K eines aufrecht stehenden Menschen zunächst die so genannte *Sonnenhöhe* h gemäß

$$\coth = \frac{L}{K}$$

Historische Quellen sagen nichts über das tatsächliche Verhältnis der Länge des Menschen zur Länge seines Fußes aus. Jedoch vermutete Otto Neugebauer, der sich intensiv mit der Auswertung einer Vielzahl an Schattentafeln beschäftigte, Verhältnisse von 6:1 oder 7:1. [4] Mit K = 6(Fuß) und L = 1(Fuß) beispielsweise gilt dann:

$$\coth = \frac{L}{K} = \frac{l(\text{Fuß})}{6(\text{Fuß})} = \frac{l}{6}$$

Abb. 2 zeigt das *Horizontsystem*, aus dem der Begriff der Sonnenhöhe ersichtlich wird. Dabei ist das Horizontsystem, neben dem *Äquatorsystem* (vgl. Abb. 3), eines von zwei gängigen *astronomischen Bezugssystemen* zur Angabe der Position eines astronomischen Objekts. Nähere Informationen hierzu finden sich in grundlegenden Werken zum Thema „Sonnenuhren“. (vgl. beispielsweise [8], S. 48 ff, und [3], S. 24 ff)

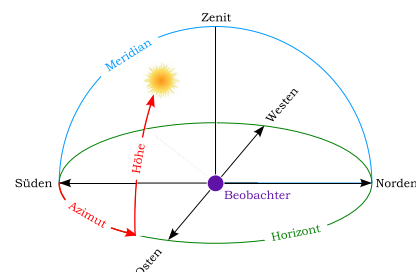


Abb. 2: Das Horizontsystem.

²Der Begriff „temporale Stunden“ bedeutet, dass der *lichte Tag*, der Zeitraum zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang, in zwölf Stunden eingeteilt wird; ebenso viele Stunden fallen auf die Nacht.

³Im Gegensatz zu den temporalen Stunden ist bei den äquinoktialen Stunden die Stundenlänge mit 60 Minuten unabhängig von der Jahreszeit.

⁴Die Bezeichnung *στοιχεῖον*, *Stoicheion*, bezieht sich dabei auf den Schatten oder seine Länge und ist wohl vom griechischen Wort *στειχέω*, dt. „ich schreite“, abzuleiten.

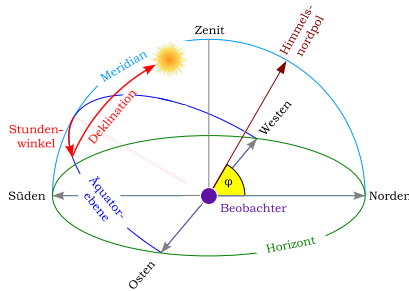


Abb. 3: Das Äquatorsystem.

$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos H \cdot \cos \phi$ beschreibt den Zusammenhang zwischen dem *Stundenwinkel* H der Sonne (siehe hierzu Abb. 3) und der *Sonnenhöhe* h (vgl. dazu Abb. 2), wobei δ die *Deklination* der Sonne ist und ϕ die *geographische Breite* des Beobachtungs-ortes.

Gemäß dieser geometrischen Überlegungen lässt sich die *wahre Ortszeit* (WOZ)⁵ wie folgt berechnen:

$$t_{WOZ} = \left(\frac{H}{15^\circ} + 12 \right) \text{ Stunden}$$

1.4. Schattenwerfer, Ziffernblatt und Auffangfläche - Zeitmessung mit horizontalen Sonnenuhren (HSU)

Wesentliche Bestandteile einer Sonnenuhr sind der *Schattenwerfer*, das *Ziffernblatt* und die *Auffangfläche*.

Wegen der Vielfalt an existierenden Sonnenuhren (vgl. hierzu, neben [8] und [3], insbesondere [7]) macht eine Einteilung dieser natürlichen Zeitmesser gemäß „Art“ und „Typus“ Sinn: Um welche *Art* es sich bei einer Sonnenuhr handelt, ist an der *Orientierung der Auffangfläche* zu erkennen, beispielsweise ist bei der *horizontalen Sonnenuhr* HSU die Auffangfläche parallel zum Horizont ausgerichtet. Weitere gängige Arten sind vertikale, polare und äquatoriale Sonnenuhren sowie Sonnenuhren mit gewölbten Auffangflächen. Der *Typus* der Uhr wird durch das Ziffernblatt der Uhr bestimmt: Es gibt WOZ-Ziffernblätter und MEZ-Ziffernblätter.

An dieser Stelle soll ein kleiner Exkurs zu den Begrifflichkeiten „wahre Ortszeit“ (WOZ), „mittlere Ortszeit“ MOZ und „Mitteleuropäische Zeit“ MEZ den Zusammenhang zwischen diesen unterschiedlichen Zeitangaben verdeutlichen: Der wahre Mittag ist nicht immer zur gleichen Tageszeit; dies gilt natürlich für alle Uhrzeiten. Begründet liegt diese Zeitdifferenz in der Erdrevolution und in der Ekliptik. Durch die elliptische Umlaufbahn bewegt sich die Erde in Sonnennähe schneller um die Sonne als in Sonnenferne. Daher wandert auch die Sonne nicht mit konstanter

Geschwindigkeit am Himmel. Um eine das ganze Jahr über gültige wahre Ortszeit zu erhalten, nimmt man an, dass sich die Sonne mit konstanter Geschwindigkeit bewegt und führt die MOZ, die *mittlere Ortszeit*, ein. Die Zeitdifferenz zwischen WOZ und MOZ bezeichnet man als *Zeitgleichung* ZGL:

$$ZGL = WOZ - MOZ$$

Weiter ist die Erde in 24 *Zeitzone* (ZZ) eingeteilt, d.h. für jeweils eine Zone gilt eine einheitliche Zeitangabe. Eine ZZ erstreckt sich über jeweils 15 Längengrade ($\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$). In dieser ZZ liegt somit ein Längengrad, der ein Vielfaches von 15° ist. Die mittlere wahre Ortszeit MOZ dieser Längengrade sind die Zeitangaben der jeweiligen Zeitzone. Stellvertretend für die Vielzahl an Sonnenuhrenarten und -typen beziehen sich nachfolgende Ausführungen auf die horizontale Sonnenuhr vom Typ „wahre Ortszeit“ (HSU-WOZ).

Eine jede Sonnenuhr muss „korrekt“ aufgestellt werden. Konkret für eine HSU bedeutet dies, dass der Schattenwerfer zum *Himmelspol* ausgerichtet ist. Ein solcher erdachsenparalleler Schattenstab wird daher als *Polstab* bezeichnet. Ein Polstab bildet mit der Horizontalebene einen Winkel, der der *Polhöhe*, d.h. der geographischen Breite des betreffenden Ortes, entspricht. Abb. 4 zeigt schematisch die korrekte Ausrichtung der horizontalen Sonnenuhr für den Standort Höchststadt/Aisch in Mittelfranken.

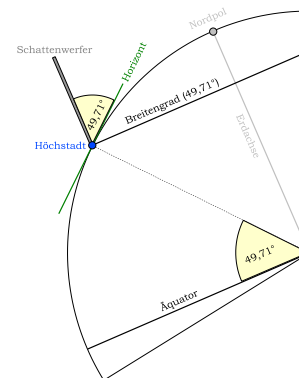


Abb. 4: Korrekte Ausrichtung der horizontalen Sonnenuhr auf der Erde, konkret am Ort Höchststadt/ Aisch in Mittelfranken.

Prinzipiell beruht die Zeitanzeige einer jeden Sonnenuhr entweder auf der *Höhenmessung der Sonne*, wie bei allen Sonnenuhren vor der Anwendung des Polstabes. In diesem Fall ist immer das Datum (Deklination der Sonne) einzubeziehen. Beispielsweise die Zylindersonnenuhr geht diesem Prinzip nach. Alternativ kann die Zeitmessung erfolgen über die *Winkelmessung des Sonnenstandes* mittels des Polstabes.

⁵Die wahre Ortszeit (WOZ) ist die dem Sonnenstand entsprechende Zeit, der *Ortsstundenwinkel* der Sonne. Die unterschiedlichen geographischen Längengrade (Meridiane) haben verschiedene Ortszeiten, wobei einem Längengrad ein Zeitunterschied von 4 Minuten entspricht.

Der Winkel zwischen 12 Uhr WOZ und dem Schatten gibt ganzjährig, unabhängig von der Deklination der Sonne, die WOZ an. Horizontale Sonnenuhren beispielsweise beruhen auf dem Prinzip der Winkelmessung des Sonnenstandes.

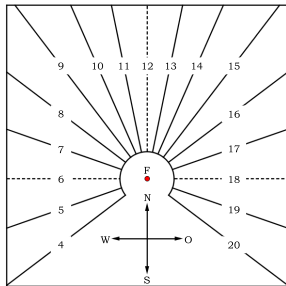


Abb. 5: Ziffernblatt der WOZ-HSU. Konstruktion nach [8].

Der Begriff WOZ-HSU impliziert eine bestimmte Konstruktionsvorschrift für das Ziffernblatt. Abb. 5 präsentiert das Ergebnis einer Konstruktion nach [8], S. 67 ff. Abb. 6 zeigt eine WOZ-HSU aus Ton aus dem Sonnenuhrentypen der Realschule Höchststadt/Aisch. Die Sonnenuhr wurde korrekt ausgerichtet; Schattenwerfer, Ziffernblatt und Auffangfläche sind gut zu erkennen.



Abb. 6: WOZ-HSU aus Ton. Natürlicher Zeitmesser am Standort „Sonnenuhrentypen der Realschule Höchststadt/Aisch“.

2. Sonnenuhren für die Schule

Heutzutage sind wir nicht mehr auf Sonnenuhren als natürliche Zeitmesser angewiesen, aber jenseits der Frage nach dem praktischen Nutzen besteht gegenwärtig wieder großes Interesse an Sonnenuhren. Dieses Interesse und die damit verbundene Möglichkeit, sich direkt mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu beschäftigen, war die Motivation für die Idee zur Entwicklung und zum Bau eines

Sonnenuhrentyps an einer Schule. Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit wurde mit Schülerinnen und Schülern der fünften Jahrgangsstufe der Realschule das Projekt „Sonnenuhren-bauen“ durchgeführt. Die Wahl fiel auf die Realschule Höchststadt/Aisch. Die Schülerinnen und Schüler können dort, zusätzlich zum regulären Unterricht, einen naturwissenschaftlichen Wahlkurs belegen, in dem sie die Möglichkeit erhalten, selbstständig zu forschen und zu experimentieren.

Im Schuljahr 2009/10 gab es drei Forschergruppen der fünften Jahrgangsstufe. Diese drei Gruppen kamen im Wechsel einmal wöchentlich für 90 Minuten nachmittags zum Wahlkurs. Die für das Projekt „Sonnenuhren-bauen“ notwendigen fachwissenschaftlichen Grundlagen wurden in allen drei Gruppen altersgerecht und schülergemäß vermittelt. Im Anschluss bauten die Schülerinnen und Schüler kleine Modelle aus Papier: Arbeitsteilig beschäftigte sich eine jede Gruppe speziell mit einer Art von Sonnenuhren. Die Entscheidung fiel dabei zugunsten von Horizontalsonnenuhren (HSU), polaren Sonnenuhren (PSU) und Zylindersonnenuhren (ZSU). Anschließend entwickelte eine jede Gruppe entsprechende große Modelle für einen Sonnenuhrentypen an der eigenen Schule. Horizontale, polare und Zylindersonnenuhren wurden hierfür konzipiert, jeweils aus einem anderen Material und jeweils vom Typ WOZ, MEZ und Mitteleuropäische Sommerzeit MESZ. An einem Projekttag wurden die insgesamt neun Zeitmesser in Teamarbeit gebaut und nachfolgend auf dem Schulgelände zu einem Sonnenuhrentypen gruppiert.

Der Fortgang des Projekts wird im Folgenden skizziert.

2.1. Vermittlung des fachwissenschaftlichen Hintergrunds - Der scheinbare Lauf der Sonne am Himmel

Der Wechsel vom geozentrischen zum heliozentrischen Weltbild erfordert einen abstrakten Prozess des Standortwechsels. Mit Hilfe eines einfachen Modellversuchs konnten Schülerinnen und Schüler erfahren, dass der Eindruck, die Sonne „wandere“ über uns hinweg (→ geozentrisches Weltbild), auch dadurch zustande kommen kann, dass sich die Erde um die Sonne dreht, und die Sonne „fix“ ist (→ heliozentrisches Weltbild): Eine in einen Globus eingebaute Webkamera symbolisiert einen Beobachter auf der Erde und „sieht“ den scheinbaren Lauf der Sonne (Schreibtischlampe) am Himmel. (vgl. Abb. 7) Der Konzeptwechsel hin zu einer fachwissenschaftlichen Sichtweise⁶ wird dadurch motiviert, eine naturwissenschaftliche Erklärung entsteht daraus allerdings erst, wenn die Aussagen des heliozentrischen Weltbilds auch gut zu anderen beobachtbaren Phänomenen passen.

⁶Der zentrale Artikel zur „Conceptual-Change-Theorie“ nach Posner und Strike findet sich unter [5].

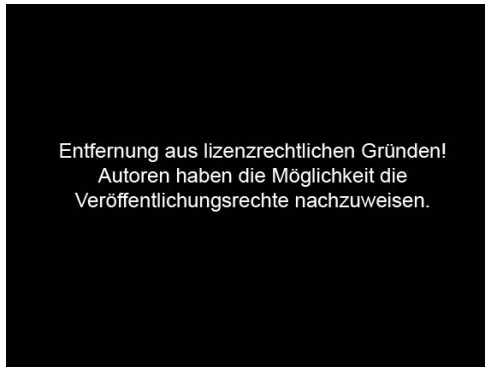


Abb. 7: Veranschaulichung der Erdrotation und deren Folge auf den Lauf der Sonne.

2.2. Vermittlung des fachwissenschaftlichen Hintergrunds - Wesentliche Bestandteile einer Sonnenuhr und korrekte Ausrichtung

Wenn die Sonne scheint, kann man beobachten, dass ein Gegenstand einen Schatten wirft. Da die Sonne im Laufe eines Tages ihre Position am Himmel ändert, verändern sich auch Richtung und Länge dieses Schattens. (vgl. schematische Skizze in Abb. 8)

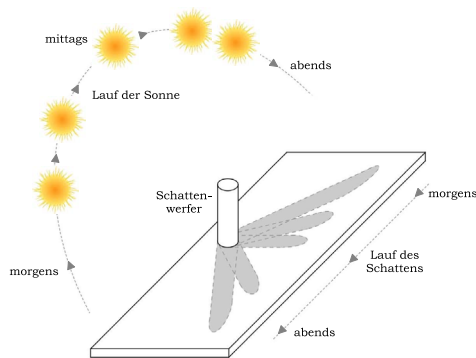


Abb. 8: Veranschaulichung des Schattenwurfes eines Stabes im Tagesverlauf.

Ausgehend von dieser alltäglichen Erfahrung erschien den Schülerinnen und Schülern die Notwendigkeit eines Schattenwerfers als wesentlicher Bestandteil einer Sonnenuhr durchaus plausibel. Die Tatsache, dass der Schattenwerfer auch „korrekt“ ausgerichtet sein muss, kann Schülerinnen und Schülern einer 5. Jahrgangsstufe jedoch nur mitgeteilt werden. Ansatzweise motiviert werden kann die korrekte Ausrichtung gut über die längere Beobachtung beispielsweise einer „Blumentopfsonnenuhr“ (vgl. Abb. 9) mit „senkrechtem Schattenstab“ und demzufolge über das Erzielen eines kognitiven Konflikts: Schülerinnen und Schüler machen die Erfahrung, dass Sonnenuhren, die das ganze Jahr über richtig gehen sollen, mit „senkrechtem Schattenstab“ nicht funktionieren.

⁷Das Projekt fand im Juli 2010 statt, d.h. es war die Mitteleuropäische Sommerzeit gültig.



Abb. 9: „Blumentopfsonnenuhr“ als Beispiel für eine Sonnenuhr mit „senkrechtem Schattenstab“. (nach [1], S. 10)

Analoguhren mit Ziffernblatt zählen (noch) zum Erfahrungsbereich der Schülerinnen und Schüler. Somit war intuitiv klar, dass auch eine Sonnenuhr - neben dem wesentlichen Bestandteil „Schattenstab“ - ein Ziffernblatt sowie eine Auffangfläche benötigt. Details zum Thema „Typ einer Sonnenuhr“ wurden konkret anhand kleiner Papiermodelle erarbeitet.

2.3. Vermittlung des fachwissenschaftlichen Hintergrunds - Wahre Ortszeit (WOZ), Mitteleuropäische (Winter-)Zeit (MEZ), Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ)

Die Schülerinnen und Schüler fertigten mithilfe eigens für das Projekt „Sonnenuhren-bauen“ erstellter, kindgerechter Bastelbögen und -anleitungen je eine Art von Sonnenuhren aus Papier an, jeweils vom Typ WOZ, MEZ und MESZ. Alle Uhren wurden vor Ort im sonnenbeschienenen Innenhof der Schule korrekt ausgerichtet und auf ihre zeitliche Übereinstimmung untereinander sowie mit „herkömmlichen“ (Armband-)Uhren untersucht.⁷

Die jungen Forscher erkannten, dass zwischen der MESZ- und der MEZ-Uhr eine Stunde Zeitunterschied angezeigt wird. Verwunderung löste dies nicht aus, da nahezu allen Schülerinnen und Schülern bekannt war, dass die Mitteleuropäische Sommerzeit der Mitteleuropäischen (Winter-)Zeit um eine Stunde voraus ist und in den meisten europäischen Ländern von Ende März bis Ende Oktober gültig ist. Die Tatsache, dass die Mitteleuropäische (Winter-)Zeit die gesetzliche, in Deutschland 1893 eingeführte Zeit ist, die der mittleren Ortszeit (MOZ) des 15. Längengrades Ost (Görlitz-Gmünd) entspricht, wurde mitgeteilt. Die Zeitanzeige der WOZ-Uhr im Vergleich zur MESZ-Uhr jedoch war für die Schülerinnen und Schüler nicht sofort ersichtlich: Wenn man von der Tageszeit „Mittag“ spricht, ist damit einerseits die Uhrzeit 12 Uhr mittags gemeint. (→ MESZ bzw. MEZ) Andererseits kann „Mittag“ in Bezug auf den Sonnenlauf den Höchststand der Sonne am Himmel bedeuten. (→ WOZ) Da die Erde großflächig in unterschiedliche Zeitzonen eingeteilt ist,

stimmt der Sonnenstand-Mittag aber nicht immer mit „Uhrzeit-Mittag“ überein. Bei den für Höchststadt konzipierten Uhren erreicht die Sonne ihren Höchststand erst *nach* 12 Uhr mittags. Daher gibt es eine Zeitdifferenz zwischen WOZ und MESZ bzw. zwischen WOZ und MEZ, die im Laufe des Jahres unterschiedlich groß ausfällt.

Abb. 10 zeigt das Ziffernblatt einer WOZ-HSU im Vergleich zu einer MEZ-HSU. Beide Ziffernblätter entstammen den Bastelbögen der kleinen Modelle. In Abb. 11 ist die Konstellation aller drei HSU zu sehen, wie sie im Sonnenuhrgarten der Realschule Höchststadt/Aisch zu finden ist.

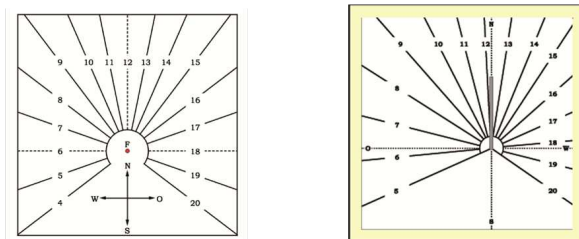


Abb. 10: HSU, wahre Ortszeit (links) und HSU, Mittleuropäische (Winter-)Zeit (rechts).



Abb. 11: HSU. Kompass (unten rechts), WOZ (oben rechts), Mittleuropäische Sommerzeit (oben links), Mittleuropäische (Winter-)Zeit (unten links).

3. Entwicklung und Bau der Sonnenuhren für den Sonnenuhrgarten

Die Entwicklung und der Bau der großen Modelle für den Sonnenuhrgarten kann grob in drei Phasen gegliedert werden: Überlegungen zum Design und Vorbereitung der Baumaterialien, Bau der einzelnen Sonnenuhren, Montage der Sonnenuhren auf dem Schulgelände.

Die drei Sonnenuhrarten sollten aus drei verschiedenen Materialien hergestellt werden.

3.1. Entwicklung und Bau der horizontalen Sonnenuhren

Die horizontalen Sonnenuhren wurden aus Ton von den Schülerinnen und Schülern der ersten Gruppe an-

gefertigt. Fächerübergreifend, in enger Zusammenarbeit mit dem Fachlehrer für Kunsterziehung, wurden am Projekttag die drei Uhren von den jungen Forschern eigenständig hergestellt und kreativ ausgestaltet. Diese Gruppe übernahm auch die Gestaltung der Windrose. - Tonuhren und Windrose wurden zum Brennen und Glasieren bei einer externen Brennerei in Auftrag gegeben.



Abb. 12: Schülerinnen und Schüler beim Anfertigen der Horizontalsonnenuhren aus Ton.



Abb. 13: Ton-Sonnenuhren in der „Rohfassung“ (vor dem Brennen).

3.2. Entwicklung und Bau der polaren Sonnenuhren



Abb. 14: Schülerinnen und Schüler beim Anfertigen der polaren Sonnenuhren aus Holz.

Die polaren Sonnenuhren wurden aus Holz (Multiplex-Platten) gefertigt. Das Zuschneiden der

Platten sowie die Imprägnierung mittels Lasur geschah im Vorfeld durch die Projektleiterin und durch Mitarbeiter der Werkstätten der Universität Erlangen-Nürnberg. Am Projekttag selbst übertrugen die Schülerinnen und Schüler der zweiten Gruppe eigenständig die Stundenlinien mithilfe von Papierschablonen auf die Auffangflächen, montierten die Schattenwerfer und verzierten das Holz.

3.3. Entwicklung und Bau der Zylindersonnenuhren

Für die Zylindersonnenuhren musste zunächst eine kreative Lösung gefunden werden, um das Ziffernblatt auf das Kunststoffrohr, den Zylinder, zu übertragen: Präzise arbeitend, wurde jeweils die „unterste“ Stundenlinie der Schablone per Nachfahren mit Pinsel und Farbe auf das Rohr übertragen, anschließend die Schablone bis zur nächsten Stundenlinie gekürzt, so dass nachfolgend entlang dieser Stundenlinie nachgefahren werden konnte. Diese Prozedur musste je Zylinder solange wiederholt werden, bis alle Stundenlinien auf dem Zylinder zu sehen waren. Die Schattenwerfer wurden an Blumentöpfen befestigt, die exakt und dabei drehbar gelagert, in die Rohre passten. Das obere Ende der Zylinder musste mit Datumslinien versehen werden, da Zylindersonnenuhren auf dem Prinzip der Höhenmessung der Sonne beruhen und einer Datumsangabe zur Zeitanzeige bedürfen. Im Unterschied zu den mit Kompass „nach Norden“ ausgerichteten horizontalen und polaren Sonnenuhren steht die Zylindersonnenuhr auf einem mit Rollen versehenen Blumenuntersetzer und ist somit frei beweglich. Abb. 15 demonstriert die einzelnen Arbeitsschritte bezüglich der Anfertigung der Zylindersonnenuhren.



Abb. 15: Schülerinnen und Schüler beim Anfertigen der Zylindersonnenuhren.

Eine Gesamtansicht des fertigen Sonnenuhrgartens zeigt Abb. 16.



Abb. 16: Sonnenuhrgarten der Realschule Höchststadt/Aisch. Gesamtansicht.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Für die Schülerinnen und Schüler der 5. Jahrgangsstufe ermöglichte die Beschäftigung mit der Thematik „Sonnenuhren“ einen direkten Umgang mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Ein vollständiges Durchdringen der fachwissenschaftlichen Grundlagen wurde nicht erreicht und war auch nie geplant. Vielmehr sollte das Interesse für die Naturwissenschaften geweckt und gefördert werden.

Eigeninitiative und Kreativität sowie das Arbeiten im Team sind wichtig, nicht nur für die Schule, sondern auch für das spätere (Beruf-)Leben.

Zur offiziellen Einweihungsfeier im Oktober 2010 kamen zahlreiche Vertreter der lokalen Presse, und stolz präsentierten die jungen Forscher ihr Projekt. In kindgerechter Sprache konnten sie korrekt erklären, wie die drei Arten von Sonnenuhren funktionieren und wodurch sich die drei verschiedenen Typen voneinander unterscheiden.

Über das eigentliche Projekt hinaus weckte und weckt der Sonnenuhrgarten das Interesse der Öffentlichkeit: Auch Eltern, Geschwister und Leute aus der Bevölkerung erkunden die natürlichen Zeitmesser. Für die Schülerinnen und Schüler der Realschule Höchststadt ist der Sonnenuhrgarten zu einem ganz besonderen Lernort geworden, mit dem sie sich identifizieren. Forscherhefte, die im Rahmen der Staatsexamensarbeit konzipiert wurden, regen weiter zu einer Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen vor Ort an und laden zum Forschen ein.

Danken möchten wir an dieser Stelle der mechanischen Werkstatt der Universität Erlangen für die große Unterstützung sowie der Realschule Höchststadt/Aisch für die hervorragende Zusammenarbeit.

5. Literatur

- [1] Auernheimer, Arthur (Hrsg.): Erfahren und Begreifen. Klasse 2. Bayerischer Schulbuchverlag. München 1984.

- [2] Ginzel, Friedrich-Karl: Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie, das Zeitrechnungswesen der Völker. 3 Bände. Leipzig 1911. Unveränderter Nachdruck, 1958.
- [3] Meyer, Jörg: Die Sonnenuhr und ihre Theorie. Verlag Deutsch Harri GmbH. Frankfurt 2008.
- [4] Neugebauer, Otto: A history of ancient mathematical astronomy. 3 Bände. Springer Verlag. Berlin 1975.
- [5] Posner, George, J., Strike, Kenneth A., Hewson, Peter W. und Gertzog, William A.: Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66, 211-227. 1982.
- [6] Rohr, R. R. J.: Die Sonnenuhr-Geschichte, Theorie, Funktion. Verlag George D. W. Callway. München 1982.
- [7] Savoie, Dennis: Sundials. Design, Construction, and Use. Springer Verlag. Berlin 2009.
- [8] Zenkert, Arnold: Faszination Sonnenuhren. Verlag Deutsch Harri GmbH. Frankfurt, Nachdruck der 5., überarbeiteten und erweiterten Auflage 2005, 2009.
- [9] Giesen, Jürgen: private Homepage. <http://www.jgiesen.de>.