



Die Sonnengang-Uhr

– Eine Einführung –

Inhalt

- 1. Einleitung**
- 2. Der Tagesgang**
- 3. Der Jahresgang**
- 4. Sommer- und Winterzeit**
- 5. Orts-, Zeitzone- und Weltzeit**
- 6. Die „Ungenauigkeit“ herkömmlicher Sonnenuhren**
- 7. Die Breitengrad-Einstellung**
- 8. Kosmische Zusammenhänge**
- 9. Pädagogische Aspekte**
- 10. Entwicklungsstand und weitere Informationen**
- 11. Abbildungen**

1. Einleitung

„Im Osten geht die Sonne auf, ... im Westen will sie untergehen, ...“ sagt ein Kindervers. – Aber geht sie nicht doch manchmal mehr hier und manchmal mehr dort unter?

„... im Süden nimmt sie ihren Lauf, ...“ – Bis wie hoch mag sie im Sommer wohl steigen und wie niedrig steht sie im Winter?

„... im Norden ist sie nie zu sehen.“ – Aber wo ist sie dann? Wandert sie nachts weiter? Und wie wohl?

Warum dauert es nach dem Winteranfang am 21. Dezember noch soo... lange, bis wir es auch wirklich merken können, dass die Sonne wieder höher steigt?

Welche Blätter an einer kugeligen Baumkrone haben einen derartigen Vorzugsplatz, dass ihnen die Sonne auch mal senkrecht „ins Gesicht scheint“?

Stimmt es, dass die Dämmerung in Südländern so kurz und in Nordländern so lang ist, weil sich die Erdoberfläche dort schneller und hier langsamer dreht?

Diese und andere Fragen eines Kinderherzens haben eine Sonnenuhr ganz anderer Art, eine sogenannte **Sonnengang-Uhr** – soweit bekannt, weltweit erstmalig – entstehen lassen. Sie veranschaulicht die Geheimnisse des Sonnenlaufs und das übliche, schwer verständliche Schulwissen verblüffend einfach und macht es sinnlich erlebbar. Der Zeiger der Sonnengang-Uhr ist nicht starr wie bei herkömmlichen Sonnenuhren, sondern er bewegt sich genau so wie die Sonne und zeigt dabei wie ein ausgestreckter Arm immer in ihre Richtung. Oder aus einer anderen Perspektive betrachtet: Eine Sonnenkugel wandert naturgetreu über einen künstlichen Horizontring. Und das funktioniert sogar für jeden Ort der Erde. – Wie kann die Sonnengang-Uhr das schaffen?

2. Der Tagesgang

Wenn der **Sonnenzeiger** waagrecht in östliche Richtung auf den Horizontring zeigt, gibt er die Himmelsrichtung des Sonnenaufgangs an (vergl. Abb. 1 – 5). Im Solargarten des Hamburger Umweltzentrums kann man an der Sonnengang-Uhr erkennen, hinter welchem Baum oder Haus am Horizont die Sonne dort aufgeht. Drehe ich die **Stundenscheibe** langsam weiter, steigt die Sonnenkugel immer höher über den Horizontring. Genau im Süden erreicht sie ihren höchsten Stand, um dann weiter in Richtung Westen wieder abzusteigen. Zeigt der Zeiger waagrecht in westliche Richtung, erkennt man die Himmelsrichtung des Sonnenuntergangs. Beim Weiterdrehen taucht die Sonnenkugel unter den Horizontring und zeigt dabei die für uns nicht sichtbare, nächtliche Bahn der Sonne an. Genau in Richtung Norden erreicht sie ihren Tiefststand um danach in Richtung Osten wieder höher zu steigen, bis der Zeiger waagrecht steht und mit dem neuen Sonnenaufgang den Beginn des neuen Tages anzeigt. Da ein Tag 24 Stunden lang ist, muss die Stundenscheibe in 24 Stunden eingeteilt sein (s. Abb. 7b), also etwas abweichend von der 12-stündigen Einteilung unserer normalen Uhren.

Wenn die Sonne scheint, kann ich den Zeiger in Richtung Sonne ausrichten und die aktuelle Uhrzeit ablesen. Drehe ich weiter, sehe ich, wie die Sonne weiterwandern, wo und wann sie später am Tag unter- und dann am nächsten Morgen wieder aufgehen wird. Wenn die Sonne nicht scheint – was in Hamburg ja manchmal vorkommen soll – kann ich mit der Zeitskala auf der Stundenscheibe die aktuelle Uhrzeit einstellen und mir anzeigen lassen, wo sich die Sonne gerade hinter den Wolken versteckt, oder genauer gesagt, in welcher Himmelsrichtung sie wie hoch am Himmel steht.

3. Der Jahresgang

Nun bleibt die Sonnenbahn aber, wie wir alle wissen, nicht jeden Tag genau gleich. Bis zum Sommeranfang hin steigt die Sonne immer höher, um danach bis zum Winteranfang hin immer niedrigere Bahnen über den Horizont zu ziehen. Diesen Jahresgang kann die Sonnengang-Uhr dadurch nachvollziehen, dass der **Jahreswinkel** zwischen dem Sonnenzeiger und der Achse, die ihn trägt, verändert wird (s. Abb. 5a). Dieser Winkel beträgt:

90 Grad	bei Frühlings- (20. März) und Herbstanfang (23. September),
$90 - 23,5 = 66,5$ Grad	beim Sonnenhöchststand am Sommeranfang (21. Juni) und
$90 + 23,5 = 113,5$ Grad	beim Sonnentiefststand am Winteranfang (21. Dezember)

Drehe ich den Zeiger in Südstellung, so erkenne ich, wie niedrig die Sonne im Winter mittags steht ($13,5^\circ$), nur knapp über den Baumkronen neben dem Hamburger Umweltzentrum. Im Sommer dagegen steigt sie beeindruckend hoch, bis auf $60,5^\circ$.

Auf der Nordseite der Sonnengang-Uhr ist unterhalb des Horizontrings ein **Jahresring** eingebaut (s. Abb. 5a), auf dem alle 365 Tage des Jahres an ihrer jeweils richtigen Stelle eingetragen sind (s. Abb. 6). Hier kann man für jedes Datum den richtigen Jahreswinkel einstellen. Oder andersherum: Wenn man den Zeiger auf die gerade scheinende Sonne ausgerichtet hat, kann man den Zeiger bis zum Jahresring weiterdrehen und hier das Datum des aktuellen Tages ablesen. Dabei kann man an der Uhr allerdings nicht unterscheiden, ob es sich um einen Tag auf der linken (Winter/Frühling) oder rechten (Sommer/Herbst) Seite des Jahresrings handelt. Dieses lässt sich erst entscheiden, wenn man mehrere Tage gemessen und festgestellt hat, ob der Jahreswinkel zu- oder abnimmt.

Schaut man sich die Sonnenbahnen für verschiedene Jahreswinkel an, so erkennt man leicht, dass die Sonne nur am Frühlings- und Herbstanfang genau im Osten aufgeht (s. Abb. 5b). Zum Sommeranfang hin wandert der **Punkt des Sonnenaufgangs** am Horizont immer weiter bis fast Nordosten und zum Winteranfang hin bis fast Südosten. Der Sonnenaufgangspunkt wandert also im Laufe des Jahres um fast 90° . Das ist mehr, als viele von uns wohl vermutet hätten. Ganz entsprechend wandert der Sonnenuntergangspunkt auf der gegenüberliegenden Westseite. Die niedrigste Sonnenbahn am Winteranfang überstreicht den Horizont nur von etwa Südosten bis Südwesten, also nur gut ein Viertel des Horizontrings. Am Frühlings- und Herbstanfang ist es genau die Hälfte und am Sommeranfang sind es dann sogar fast drei Viertel des Horizontrings. Die Länge der Sonnenbahn oberhalb des Horizontrings entspricht dabei der Tageslänge. Sie schwankt zwischen gut 8 Stunden am Winter- und knapp 16 am Sommeranfang.

Verfolgt man die **Veränderung des Jahreswinkels** im Laufe des Jahres, so stellt man etwas Interessantes fest: Ganz oben und ganz unten auf dem Jahresring, also am Sommer- und Winteranfang, ändert sich der Jahreswinkel von einem Tag zum anderen gar nicht (s. Abb. 6) und in der Zeit davor und danach ändert er sich nur langsam. Aber zu den beiden Seiten hin wird die Änderung immer schneller, bis sie am Frühlings- und Herbstanfang am schnellsten ist. Diese Änderungen des Jahreswinkels ziehen entsprechend langsame bzw. schnelle Änderungen der Tageslänge, der mittäglichen Sonnenhöchststände sowie der Sonnenauf- und -untergangspunkte am Horizont nach sich. An der Sonnengang-Uhr kann man die Zusammenhänge studieren und sehr anschaulich nachvollziehen.

Diese Effekte können wir auch in unserem **alltäglichen Erleben** wiederfinden. Viele von uns haben sicher schon mal im Frühling erfreut bemerkt, dass die Sonne bereits nach wenigen Tagen deutlich früher aufgeht und somit die Tage rasch länger werden. Im Spätsommer spürt man – meist etwas wehmütig – wie schnell es abends früher dunkel wird. Demgegenüber dauert es im Januar bedrückend lange, bis man etwas davon merken kann, dass es wieder früher hell wird. Auch im Juni und Juli ändert sich am Sonnenlauf so wenig, dass wir es kaum bemerken. Diese im Alltag nur vage wahrgenommenen Effekte können wir an der Sonnengang-Uhr genauer nachvollziehen und wohl zum ersten mal richtig verstehen.

Noch eine weitere Charakteristik der **Jahreszeiten** können wir uns an dem Jahresring verdeutlichen. Unsere Einteilung des Jahres in die vier Jahreszeiten zeigt sich auf dem Jahresring derart, dass er durch ein Kreuz geteilt wird (s. Abb. 6). Sommer- und Winteranfang liegen ganz oben bzw. unten, Frühlings- und Herbstanfang rechts und links. Dies ist aber nicht die einzige Möglichkeit, den Jahresring zu vierteln. Es läge ebenso nahe, ihn nach Art eines Andreaskreuzes, also jeweils genau in der Mitte unserer Jahreszeiten zu teilen. Die dadurch entstehenden Jahreszeiten beginnen an den sogenannten **Speichentagen**: 3. Februar, 6. Mai, 7. August und 7. November. Damit ergibt sich eine helle Jahreszeit oben und eine dunkle unten auf dem Jahresring. In diesen beiden Quartalen ändert sich der Jahreswinkel nur wenig (je ca. 15 %). Auf der linken und rechten Seite des Jahresrings entsteht ein Quartal der aufsteigenden sowie eines der absteigenden Sonne. Während dieser beiden Quartale ändert sich der Jahreswinkel um so stärker (ca. 70 %).

Wenn wir unserem **alltäglichen Erleben** nachgehen, können wir, denke ich, auch von diesen Speichentagen etwas spüren. Anfang Februar kommen die ersten Empfindungen auf, dass die Tage wieder länger werden und einige Kinder bekommen zu hören, dass sich die Zwerge in der Erde wieder zu regen beginnen. Anfang Mai stellen sich die ersten Sommergefühle ein und wir vergessen nun die Änderungen der Tageslänge, bis wir Anfang August das erste mal wieder merken, dass die Tage kürzer werden. Anfang November haben wir endgültig vom Herbst Abschied genommen und stellen uns auf die dunkle Jahreszeit mit den Abenden hinterm Ofen ein. Jeder kann für sich einmal hinspüren, ob diese Speichentage vielleicht sogar mehr mit dem eigenen Erleben zu tun haben als die Anfangstage der heute üblichen Jahreszeiten. Unsere Vorfahren jedenfalls haben sehr mit diesen Speichentage gelebt und große Feste an ihnen gefeiert. Bei den Kelten hießen diese Feste:

Imbolc	am 3. Februar	Lughnasadh	am 7. August,
Beltane	am 6. Mai	Samhain	am 7. November

In unserer Kultur finden wir als mögliche Relikte dieser Feste noch Mariä Lichtmess (2. Februar), 1. Mai Feiertag (?), Allerheiligen und Allerseelen (1. und 2. November) sowie St. Martin (11. November).

Auf die Einteilung des Jahreskreises geht übrigens auch unsere bis auf den heutigen Tag genutzte Winkelmessung zurück, die einen Kreis zwar nicht genau in 365, aber eben in die etwas glattere Zahl von **360 Winkelgraden** einteilt. Hieran kann man erkennen, dass unsere Wissenschaft in Urzeiten damit begann, dass die Menschen den Sonnenlauf beobachtet und versucht haben, ihn zu verstehen. Oder kurz gesagt: Alle Wissenschaft hat mit der Sonnenuhr angefangen.

4. Sommer- und Winterzeit

Bei den meisten Sonnengang-Uhren liest man die Uhrzeit am untersten Punkt der Stundenscheibe ab (s. Abb. 7b). Hier ist auf dem feststehenden Rahmen eine kleine Markierung angebracht. Funktionieren würde aber auch eine **Ablesemarkierung** am obersten oder einem sonstigen Punkt am Rande der Tagescheibe, wenn man die Zeitskala entsprechend verschiebt.

Wie kann ich nun die **Zeitumstellung** von der Winter- auf die Sommerzeit an der Sonnengang-Uhr vornehmen. Bei diesem Wechsel hüpf die Sonne natürlich nicht plötzlich am Himmel ein kleines Stück vor oder zurück, sondern sie setzt ihre gleichmäßige Bewegung unbeirrt fort. Demzufolge muss sich der Sonnenzeiger unverändert weiterbewegen und die Stundenscheibe mit ihrer Uhrzeitskala muss sich gleichmäßig weiterdrehen. Was bei dieser Zeitumstellung tatsächlich hüpfen muss, das ist die Markierung am Rahmen, an der ich die Uhrzeit auf der Zeitskala der Stundenscheibe ablese. Bei der Zeitumstellung muss ich diese Markierung am Rahmen lösen, um eine Stunde vor- bzw. zurückstellen und sie in der neuen Position wieder fixieren.

Während uns diese Zeitumstellung sonst ja immer mal wieder verwirren kann, macht die Sonnengang-Uhr diesen Vorgang leicht verständlich, ja, man kann ihn an der Uhr im wahrsten Sinne des Wortes begreifen. An der Position der Ablesemarkierung kann ich jederzeit problemlos erkennen, ob die Sonnengang-Uhr auf Sommer- oder Winterzeit eingestellt ist, was ja bei einer normalen Uhr nicht der Fall ist. Wenn bei einer Sonnengang-Uhr beide Ablesemarkierungen nebeneinander installiert sind, kann ich Sommer- und Winterzeit sogar parallel ablesen, ohne dass mich irgend etwas verwirren könnte.

5. Orts-, Zeitzonen- und Weltzeit

Die Position der Markierung zum Ablesen der Uhrzeit ist also viel interessanter, als es zunächst erscheinen mag. Wir wollen ihr noch weiter nachgehen, um mehr Spannendes zu entdecken.

Wenn die Sonne in Hamburg genau im Süden steht, dann hat sie an einem Ort weiter östlich, z. B. in Schwerin, ihren Höchststand schon passiert, während sie ihn an einem Ort weiter westlich, z. B. in Bremerhaven, noch nicht erreicht hat. Stellen wir uns vor, an den drei Orten stehen drei gleiche Sonnengang-Uhren, die auf die Sonne ausgerichtet sind. Wenn die Hamburger Sonnengang-Uhr 12:00 angibt, zeigt die Uhr in Schwerin kurz nach und die in Bremerhaven kurz vor 12:00 Uhr an. Jeder Ort hat also eigentlich seine eigene Zeit, die sogenannte **Ortszeit**. Sie ist so definiert, dass die Sonne genau um 12:00 Uhr Mittags im Süden steht (allerdings nur im Jahresmittel, vergleiche hierzu das folgende Kapitel über die „Ungenauigkeit“ normaler Sonnenuhren). Da dies aber für unsere Armbanduhrer sehr unpraktisch wäre, fasst man, ausgehend vom 0. Längengrad (Greenwich), Bereiche von jeweils 15 Längengraden zu einer **Zeitzone** zusammen. Von einer Zeitzone zur anderen ändert sich dann die Zeit um jeweils eine volle Stunde. Vielen von uns ist diese Zeitverschiebung ja von Flugreisen her bekannt.

Wenn unsere drei Sonnengang-Uhren in Schwerin, Hamburg und Bremerhaven genauso wie unsere Armbanduhrer die gleiche Zeit anzeigen sollen, muss ich die Zeitablesemarkierung bei der Uhr in Schwerin etwas nach links und bei der in Bremerhaven etwas nach rechts verschieben (s. Abb. 7b). Installiere ich bei einer Sonnengang-Uhr alle drei Ablesemarkierungen parallel, so kann ich sie an allen drei Orten nutzen und die richtige **Armbanduhrzeit** (Zeitzonezeit) jeweils an der entsprechenden Markierung ablesen. Die Abstände zwischen den drei Markierungen zeigen einerseits an, um wie viele Minuten die Ortszeiten der verschiedenen Orte voneinander abweichen. Andererseits zeigen die Markierungen an, um wie viele Längengrade die Orte voneinander entfernt liegen, wobei 1 Stunde 15 Längengraden bzw. 4 Minuten 1 Längengrad entsprechen. Setze ich dieses Prinzip fort, kann ich um die Stundenscheibe herum einen feststehenden Ring installieren, auf dem ich für viele Orte rund um den Globus die entsprechenden Ablesemarkierungen eintrage und so eine Art **Weltzeituhr** erhalte. Ich kann dabei die Ablesemarkierungen entweder für die Orts- oder für die Zeitzonezeiten oder sogar für beide eintragen.

6. Die „Ungenauigkeit“ herkömmlicher Sonnenuhren

Wie viele von Ihnen wahrscheinlich wissen, zeigt eine normale Sonnenuhr, die einen feststehenden Stab und eine einzelne Zeitskala hat, meist nicht genau die Uhrzeit unserer Armbanduhrer an. Ursache hierfür ist die veränderliche Geschwindigkeit, mit der unsere Erde auf ihrer elliptischen Bahn um die Sonne läuft. Das hat auch zur Folge, dass die Sonne nicht immer zur gleichen Uhrzeit genau im Süden steht. In Hamburg treten je nach Datum Abweichungen von bis zu 30 Minuten auf. Anfang November steht die Sonne bereits um 12:04 Uhr im Süden, Mitte Februar aber erst um 12:34 Uhr (s. Abb. 7a). Zwischen diesen beiden Extremen wandert der Sonnensüdstand im Laufe des Jahres in Form einer doppelten S-Kurve zweimal hin und her. Diese **Analemakurve** (auch Zeitgleichung genannt) ist auf der Tagescheibe der Sonnengang-Uhr im Hamburger Solargarten eingraviert (s. Abb. 7b). Jeweils der 1., 10. und 20. eines Monats wird durch einen Punkt angezeigt. Mit einem Drehknopf kann

man die Kante des Analemazeigers auf das richtige Datum des Jahres einstellen und damit die Stundenscheibe in die richtige Position zur Sonnenzeigerachse bringen. So konnte erreicht werden, dass die Sonnengang-Uhr im Solargarten fast auf die Minute genau geht.

Mit der Analemafunktion hängt auch eine weitere Tatsache zusammen, die wohl kaum jemandem bekannt ist. Wir haben alle gelernt, dass die **Tageslänge** 24 Stunden beträgt. Das stimmt aber genau genommen nicht ganz. Die Zeit von einem Sonnensüdstand zum nächsten beträgt nicht immer genau 24 Stunden, sondern sie ändert sich jeden Tag ein wenig, im Dezember immerhin bis zu 30 Sekunden pro Tag. Daher muss man bei der Sonnengang-Uhr genau genommen jeden Tag mit dem Analemazeiger die Stundenscheibe gegenüber der Sonnenzeigerachse um einen entsprechend kleinen Betrag verdrehen.

7. Die Breitengrad-Einstellung

Die Sonnengang-Uhr im Solargarten Karlshöhe ist so gebaut, dass sie den Sonnenlauf an ihrem Standort naturgetreu nachzeichnet. Wenn man seinen Standort allerdings verändert und auf der Erde nach Norden oder Süden wandert, so verändern sich auch die Sonnenbahnen, wie wir alle aus der Schule und von Urlaubsreisen her wissen. Die Sonnengang-Uhr kann, wenn sie entsprechend ausgebaut ist, auch diese Breitengradabhängigen Veränderungen der Sonnenbahnen nachvollziehen. Dazu muss die **Neigung der Sonnenzeigerachse** verstellt werden; und zwar so, dass die Achse zusammen mit dem Horizontring immer genau den Winkel des jeweiligen Breitengrads bildet (s. Abb. 5a). In Hamburg beträgt der Breitengradwinkel 53° . Mit der Achse muss sich gleichzeitig auch der Jahresring verschieben, da er mit der Achse immer einen Winkel von 90° bilden muss.

Eine solche Sonnengang-Uhr kann die vielfältigen, spannenden Veränderungen der Sonnenbahnen, die mit einer Breitengradveränderung einhergehen, anschaulich demonstrieren. Man kann sehen, wie sich die Tageslängen, Jahreszeiten und Sonneneinstrahlungswinkel kontinuierlich verändern. Phänomene wie Mitternachtssonne, Polar- und Wendekreise, Polartag und -nacht, tropische Jahresverläufe, sowie die aus Urlaubsreisen bekannten kurzen bzw. langen Dämmerzeiten in Süd- bzw. Nordländern werden verständlich. Letztere hängen mit dem Winkel zusammen, den die Sonnenbahnen mit dem Horizont bilden. Nach Norden hin taucht die Sonne immer flacher unter den Horizont und entsprechend länger wird die Dämmerungszeit.

8. Kosmische Zusammenhänge

Die Sonnengang-Uhr vollzieht die Bewegungen der Sonne am Himmel mit einem Minimum an elementaren, mechanischen Mitteln nach. Dies kann sie nur deshalb, weil sich die Zusammenhänge des Kosmos weitgehend in ihrer Konstruktion widerspiegeln. Das beginnt damit, dass die Sonnengang-Uhr natürlich nur dann richtig funktioniert, wenn ich sie waagrecht hinstelle und Nord-Süd ausrichte. Genau genommen müsste ich den Horizontring auf Höhe des Bodens oder besser noch auf Meeresspiegelhöhe positionieren. Verglichen mit den kosmischen Dimensionen ist es aber kein Problem, den Horizontring auf der viel bequemerer Augenhöhe zu haben.

Die Drehung der Sonnenzeigerachse spiegelt offensichtlich die **Drehung der Erde** um ihre eigene Achse wieder. Bei einer richtig eingestellten Sonnengang-Uhr ist die Zeigerachse parallel zur **Erdachse** ausgerichtet. Beim Betrachten der Zeigerachse können wir uns also vorstellen, dass sich der Boden unter den eigenen Füßen um eine parallel ausgerichtete Achse dreht, die durch den über 6000 km tiefer liegenden Erdmittelpunkt verläuft. In den Kosmos hinausschauend kann man sich klar machen, dass die Sonnenzeigerachse genau in Richtung **Polarstern** zeigt und dass alle Sterne am Himmel um diesen Himmelsnordpol kreisen. Man könnte auf die Sonnenzeigerachse ein Fernrohr montieren, durch das man dann in der Nacht den Polarstern sehen würde.

Die Halbkugel, die der Rahmen unterhalb des Horizontrings bildet, spiegelt in gewisser Weise die **Nordhalbkugel** der Erde wieder, wobei der Horizontring den Äquator bildet und der unterste Punkt den Nordpol darstellt. Unseren eigenen Standort auf der Erdkugel können wir dann genau dort wiederzufinden, wo die Sonnenzeigerachse auf den halbkreisförmigen Rahmen trifft. Man kann leicht erkennen, wie weit dieser Punkt einerseits vom Äquator und andererseits vom Nordpol entfernt liegt.

Der Jahreswinkel, d. h. der Winkel zwischen dem Sonnenzeiger und seiner Achse, der zwischen $90 + 23,5^\circ$ und $90 - 23,5^\circ$ liegt, hängt mit der sogenannten **Schiefen der Ekliptik** zusammen: Die Rotationsachse der Erde bildet mit der Ebene der Erdumlaufbahn einen Winkel von $23,5^\circ$, ohne ihre Ausrichtung im Raum während des Erdumlaufs zu ändern. Schaut man sich die Geometrie des Erdumlaufs genauer an, so erkennt man, dass der Jahreswinkel bei einer richtig eingestellten Sonnengang-Uhr denjenigen Winkel wiedergibt, den die Erdachse im Kosmos mit der Verbindungslinie Erde/Sonne bildet.

Von der Sonnenzeigerachse kann man über ein Schneckengetriebe eine weitere Achse senkrecht abzweigen lassen und zum äußeren, mit einem Zahnkranz versehenen Rand des Jahresrings führen. Eine Umdrehung der Sonnenzeigerachse dreht dann den Jahresring um einen von 365 Zähnen weiter. Damit würde die Sonnengang-Uhr das **Verhältnis von Tages- und Jahreslänge** mittels einer einfachen mechanischen Übersetzung nachbilden und sinnlich erlebbar machen.

Wie die einzelnen Tage (vergleiche das Kapitel über die „Ungenauigkeit“ herkömmlicher Sonnenuhren), so sind auch die Jahreszeiten nicht genau gleich lang: Der Frühling ist 92,2, der Sommer 93,6, der Herbst 89,7 und der Winter 89,0 Tage lang. Diesen Vorgang kann die Sonnengang-Uhr nachvollziehen, wenn man den Zahnkranzrand des Jahresrings elliptisch ausbildet. Damit erhält man eine Abbildung der **elliptischen Erdumlaufbahn**, allerdings keine rein geometrische, da die Änderungen der Bahngeschwindigkeit mit in die Form der Ellipse einfließen. Die Ellipse muss symmetrisch zum 2. Januar und 2. Juli angeordnet werden. Dies sind die beiden Tage, an denen die Erde der Sonne am nächsten (Perihel) kommt bzw. sich am weitesten (Aphel) von ihr entfernt.

9. Pädagogische Aspekte

Der Entwicklung der Sonnengang-Uhren lag und liegt der elementare Wunsch zugrunde, die **direkt beobachtbare Bewegung der Sonne** am Himmel exakter und ganzheitlicher zu veranschaulichen und zu verstehen, als dies während der normalerweise stattfindenden, alltäglichen Beobachtungen möglich ist. Der Ausgangspunkt liegt also noch vor den Fragen nach Himmelsmechanik oder nach geo- bzw. heliozentrischem Weltbild. Der Veranschaulichung („Messung“) des jeweiligen Sonnenstandes bzw. der Bewegung der Sonne liegt eine Vorform des mathematischen Messens zugrunde. Sie besteht darin, dass ich mit dem Zeiger der Sonnengang-Uhr – wie mit dem Zeigefinger oder mit dem ausgestreckten Arm – in die Richtung zeige, in der die Sonne steht und dass ich mit dem Zeiger die Bewegung der Sonne nachfahre.

Prinzipiell erfordert die Entwicklung der Sonnengang-Uhr nur die Beobachtung der subjektiv wahrnehmbaren Sonnenbewegung. Man benötigt weder ein Wissen um die Himmelsmechanik noch irgendwelche Mathematikkennntnisse. Man braucht auch keine komplizierten, technischen Messinstrumente. Bereits Vorschulkinder können, ausgehend vom Schattenwurf der Sonne, mit ein paar Stöcken und etwas Anleitung ein **einfaches Sonnenbahnmodell** bauen, das schon alle wesentlichen Funktionen der Sonnenbewegung beinhaltet (s. Abb. 8 und 9). Darauf aufbauend können mit etwas Bastelgeschick weitere kugel- und strahlenförmige Modelle gebaut und dabei erste Bewegungsabläufe integriert werden. Einige solcher Modelle sind vom Autor inzwischen realisiert worden. Die Sonnengang-Uhr ergibt sich dann bei konsequenter Weiterentwicklung dieser Modelle.

Versucht man, die Beobachtungen und erkannten Prinzipien mit Hilfe der Sonnengang-Uhr exakter zu erfassen, gelangt man zu den uns **heute geläufigen Einteilungen** der Uhrzeit und des Kalenders, wie sie auf der Stunden- bzw. Jahresscheibe zu finden sind. Der Ursprung der heute noch üblichen Einteilung des mathematischen Kreises in 360° wird offensichtlich.

Geht man den Weg weiter zu den Modellen, die den Sonnenlauf auch für jeden Ort der Erde darstellen, kann man zu den Erkenntnissen gelangen, dass die Erde rund ist, sich um die eigene Achse dreht, auf einer elliptischen Bahn um die Sonne läuft und dass die Schiefe der Ekliptik 23.5° beträgt. Die Sonnengang-Uhr beinhaltet und veranschaulicht damit die Grundzüge der **menschheitsgeschichtlichen Entwicklung** von den Urzeiten über die ersten sesshaften Bauernkulturen, Stonehenge und Kopernikus bis zu unserem Computer- und dem zukünftigen Solarzeitalter.

Die Sonnengang-Uhr vermittelt fast jedem Besucher ein überraschendes, teils staunendes Verstehen des Sonnenlaufs mit seinen Bezügen zu den Tages- und Jahreszeiten. Damit wird zuallererst Verständnis für und Achtung vor einem der elementarsten Naturvorgänge geweckt, der aufgrund seines hohen Symbolgehalts das **Bewusstsein für die Umwelt**, die uns zutiefst prägt und von der wir unentrinnbar abhängig sind, fördern kann.

Die Sonnengang-Uhr stellt für jede Altersgruppe ein interessantes, lehrreiches Demonstrationsobjekt dar. Auf jeder Stufe des kindlichen Verstehens von Tages- und Jahreszeiten, Uhrzeit und Kalender kann das Modell eine wertvolle Begleitung sein und dabei die sinnliche Wahrnehmung der Umwelt und das Interesse für sie verstärken. Auch bei zunehmenden mathematischen und astronomischen Kenntnissen bleibt dieses „Kinderspielzeug“ eine stete Herausforderung, die Geheimnisse des Modells und damit die **komplexen Wirkzusammenhänge** von Natur, Umwelt und Mensch zu entdecken und zu verstehen. Schließlich kann auch der geschulte Erwachsene das Modell mit Gewinn erleben und sich zum Rätseln und Staunen über den Kosmos mit uns Mensch darin anregen lassen.

Auf einer mehr pragmatischen Ebene ist die Sonnengang-Uhr ein sehr nützliches Hilfsmittel, um sich alle mit der direkten Sonneneinstrahlung zusammenhängenden Aspekte der **technischen Nutzung von Sonnenenergie** zu verdeutlichen. Richtung, Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung sowie ihre jahreszeitlichen Veränderungen, die für alle Formen der aktiven und passiven Nutzung der direkten Strahlungsenergie entscheidend sind, werden von dem Modell auf eine ebenso exakte wie eingängige Art verdeutlicht.

10. Entwicklungsstand und weitere Informationen

Im Rahmen einer jahrzehntelangen **Hobbytätigkeit** hat der Autor verschiedene Sonnenbahnmodelle und schließlich Sonnengang-Uhren in Tisch- und Gartenmodellgröße entwickelt und zusammen mit Matthias Jost (Goldschmied in Hamburg) gebaut. Im Sommer 2000 ist im Auftrag des Hamburger Umweltzentrums Karlshöhe das Messingmodell im Solargarten entstanden (<http://www.anu-hamburg.de/angebote/sonnengarten.htm>), dessen 2. Ausbaustufe Anfang 2001 von der Norddeutschen Stiftung für Umwelt und Entwicklung gefördert wurde. Seit Ende 2001 entwickelt eine vom Autor geleitete Arbeitsgruppe des Stadtpark Vereins Hamburger e.V. eine Sonnengang-Uhr für den Hamburger Stadtpark (<http://www.stadtparkverein.de/projekte/nutzung/uhr/index.htm>).

Der Autor gibt gerne **weitere Auskünfte** über das Projekt Sonnengang-Uhr:

Dr. Martin Zarth: Tel. 428.45-3540 tags, 6045534 abends
e-mail: Martin.Zarth@bug.hamburg.de
Bergstedter Markt 8, 22395 Hamburg.

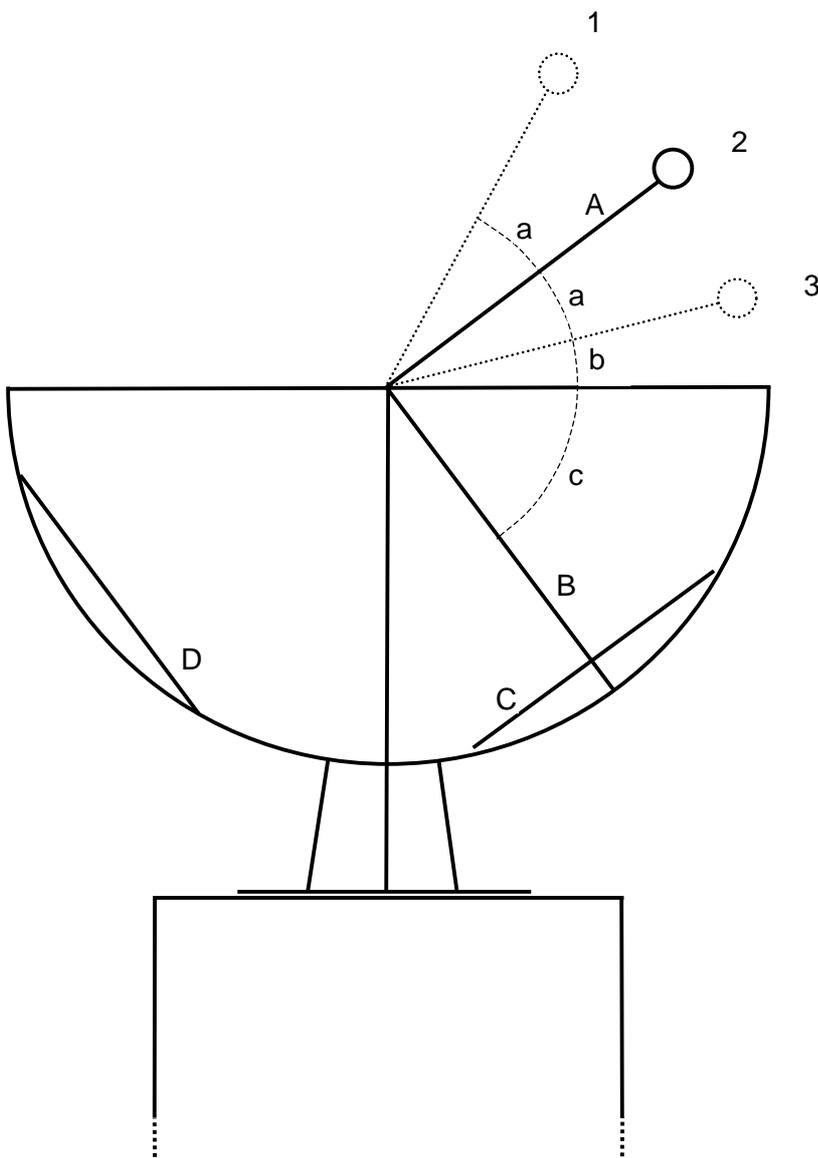
Derzeit können Sonnengang-Uhren auf Anfrage als **Einzelanfertigungen** gebaut und dabei bezüglich Material, Ausstattung und Design individuell auf die Kundenwünsche abgestimmt werden.



Abbildung 1: Die Sonnengang-Uhr im Solargarten mit dem Hamburger Umweltzentrum Karlshöhe im Hintergrund



Abbildung 2 - 4: Studien an und mit der Sonnengang-Uhr

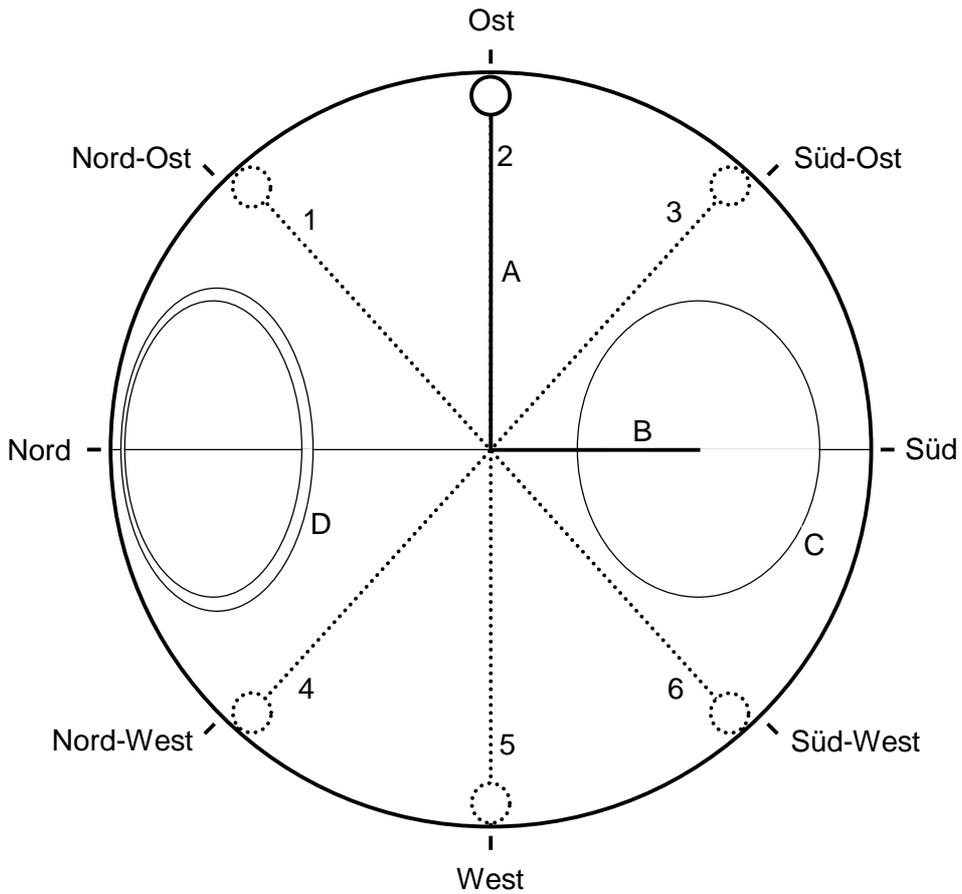


- 1 Sonnenhöchststand am Sommeranfang (21.6.)
- 2 Mittlerer Sonnenstand bei Frühlings- (20.3.) / Herbstanfang (23.9.)
- 3 Sonnentiefststand am Winteranfang (21.12.)

- A Sonnenzeiger
- B (Sonnen-) Zeigerachse
- C Stunden-/Tagesscheibe
- D Jahresring

- a Änderung des Jahreswinkels beträgt max. $2 \times 23,5^\circ$ (entsprechend der Schiefe der Ekliptik)
- b Mittagshöhe am Winteranfang beträgt in Hamburg $13,5^\circ$
- c Winkel muss dem Breitengrad des Standorts entsprechen, in Hamburg = 53°
- b+c Jahreswinkel (Winkel zwischen Sonnenzeiger und Achse)

Abbildung 5a: Schematische Darstellung der Sonnengang-Uhr in der Seitenansicht mit ihren wichtigsten Bauteilen und Winkeln



Himmelsrichtung des
Sonnenaufgangs am

- 1 Sommeranfang (21.6.)
- 2 Frühlings- (20.3.) /
Herbstanfang (23.9.)
- 3 Winteranfang (21.12.)

Himmelsrichtung des
Sonnenuntergangs am

- 4 Sommeranfang (21.6.)
- 5 Frühlings- (20.3.) /
Herbstanfang (23.9.)
- 6 Winteranfang (21.12.)

- A Sonnenszeiger
- B (Sonnens-) Zeiger-
achse
- C Stundenscheibe
- D Jahresring

Abbildung 5b: Schematische Darstellung eines Blicks senkrecht von oben auf die Sonnengang-Uhr. Es sind die Horizontbereiche zu sehen, die von den Sonnenauf- und -untergängen überstrichen werden.



Abbildung 6: Der Jahresring mit der Unterteilung in die Speichertage und mit den Änderungen des Jahreswinkels in den einzelnen Quartalen

Datum	heutige bzw. keltische Feste	Jahreszeiten
20. März		Frühlingsanfang
21. Juni		Sommeranfang
24. Juni	Johanni	
23. September		Herbstanfang
21. Dezember		Winteranfang
24. Dezember	Weihnachten	
3. Februar	Imbolc	Begin des Quartals der aufsteigenden Sonne
6. Mai	Beltane	Beginn der hellen Jahreszeit
7. August	Lughnasadh	Begin des Quartals der absteigenden Sonne
7. November	Samhain	Beginn der dunklen Jahreszeit

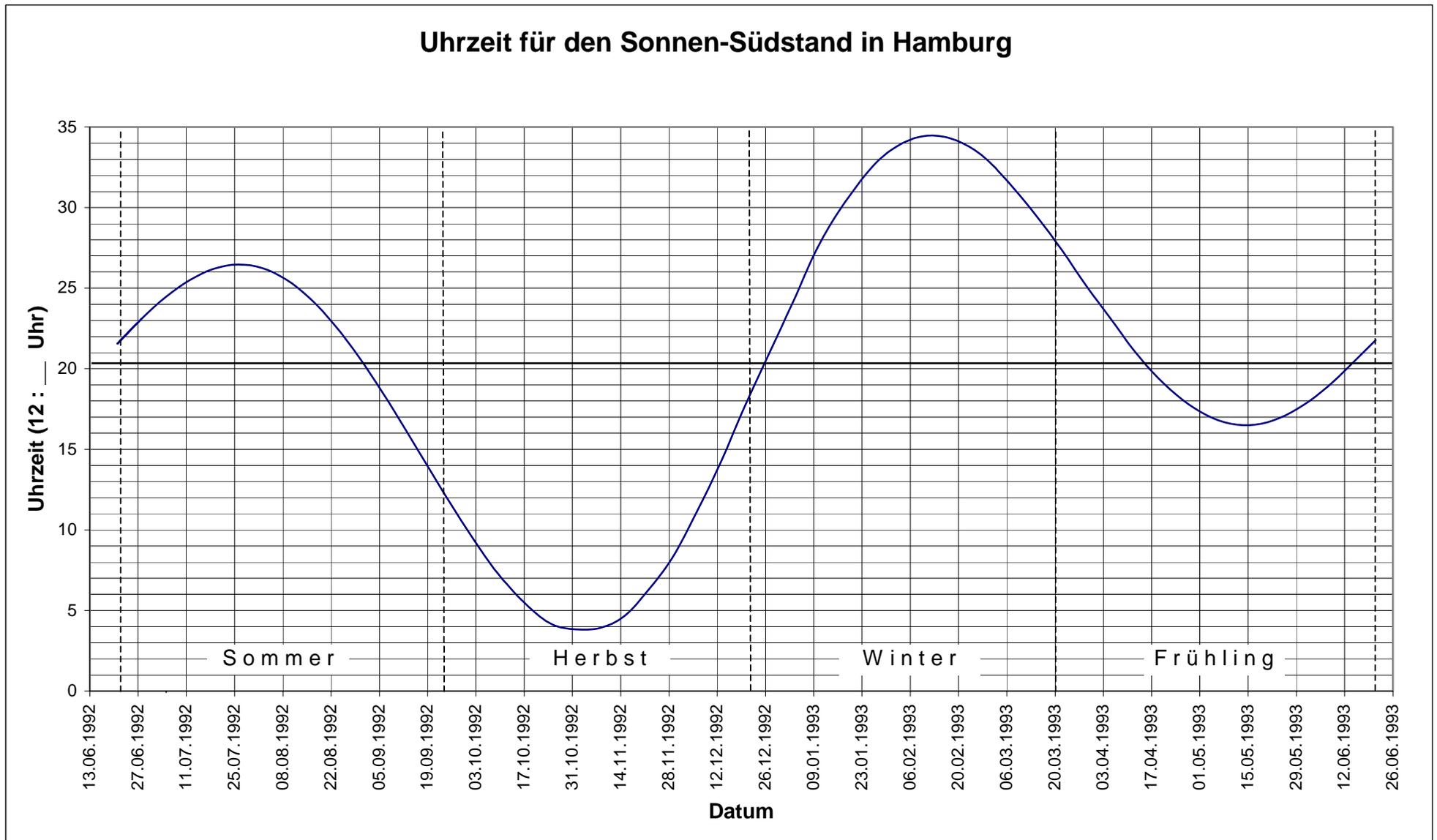


Abb. 7a: Uhrzeit für den Sonnensüdstand in Hamburg (Analemakurve/Zeitgleichung)

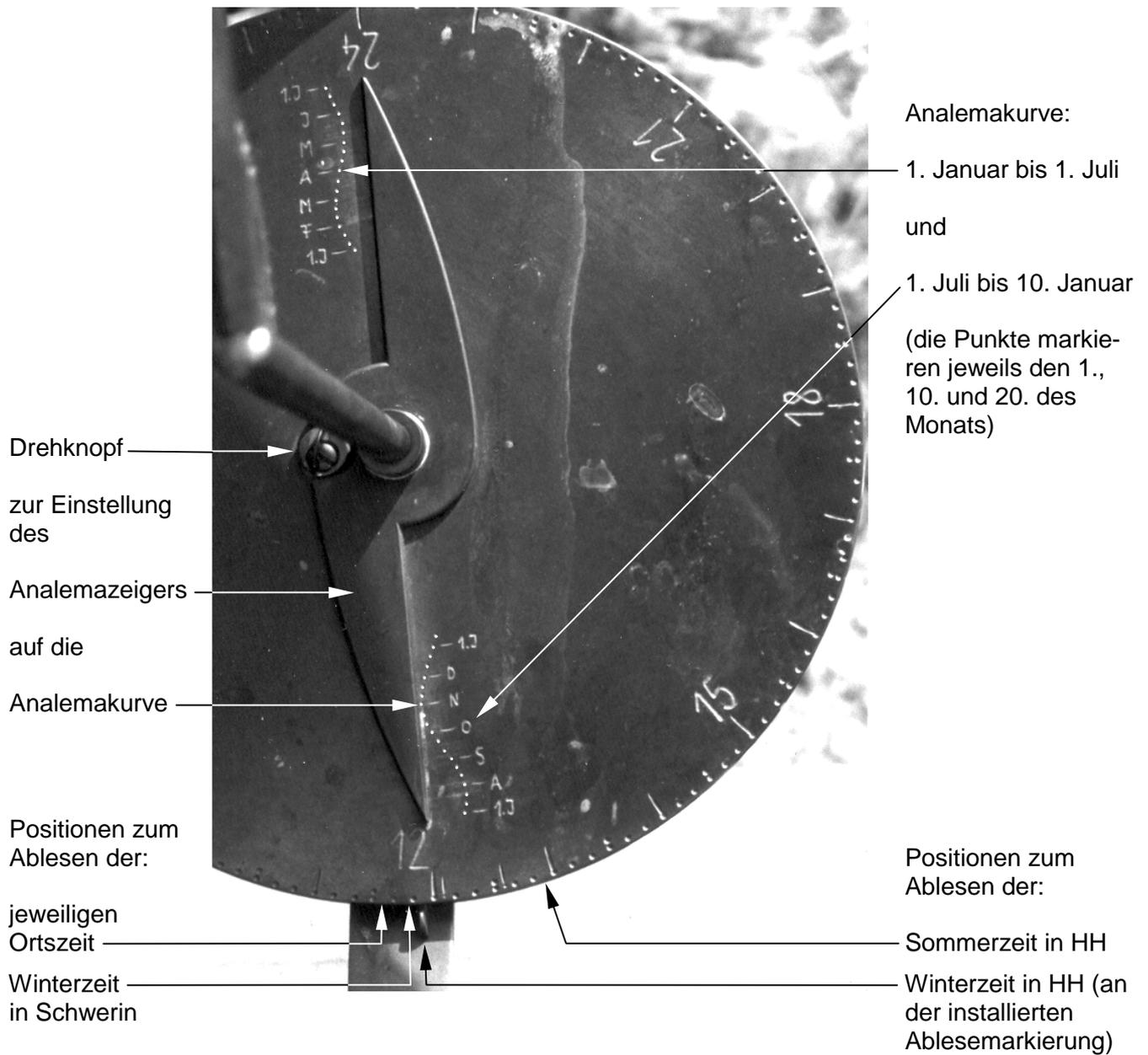


Abbildung 7b: Die Tagesscheibe mit der Analemafunktion und den Ablesepositionen für die verschiedenen Zeiten

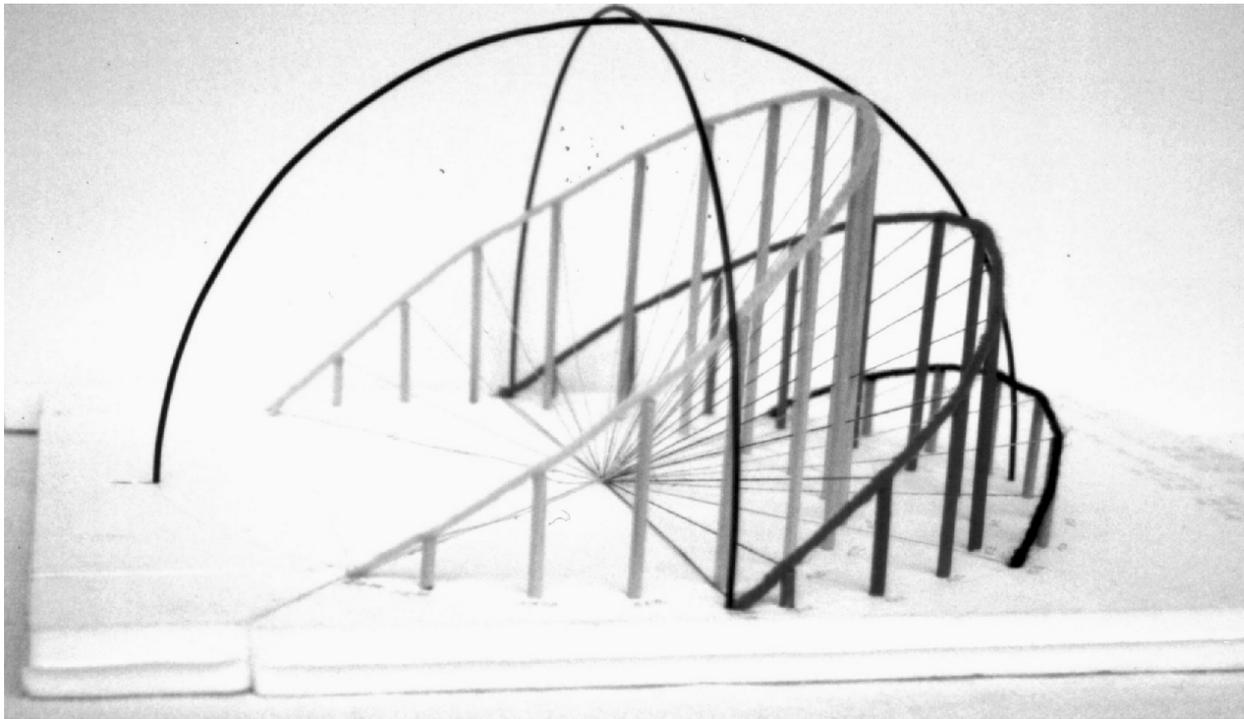


Abbildung 8: Sonnenbahnenmodell aus Stäben und Fäden mit Sommer-, Frühlings-/Herbst- und Winterkurve für den Standort Hamburg. Jeder Stab markiert den Sonnenstand zur jeweils vollen Stunde.

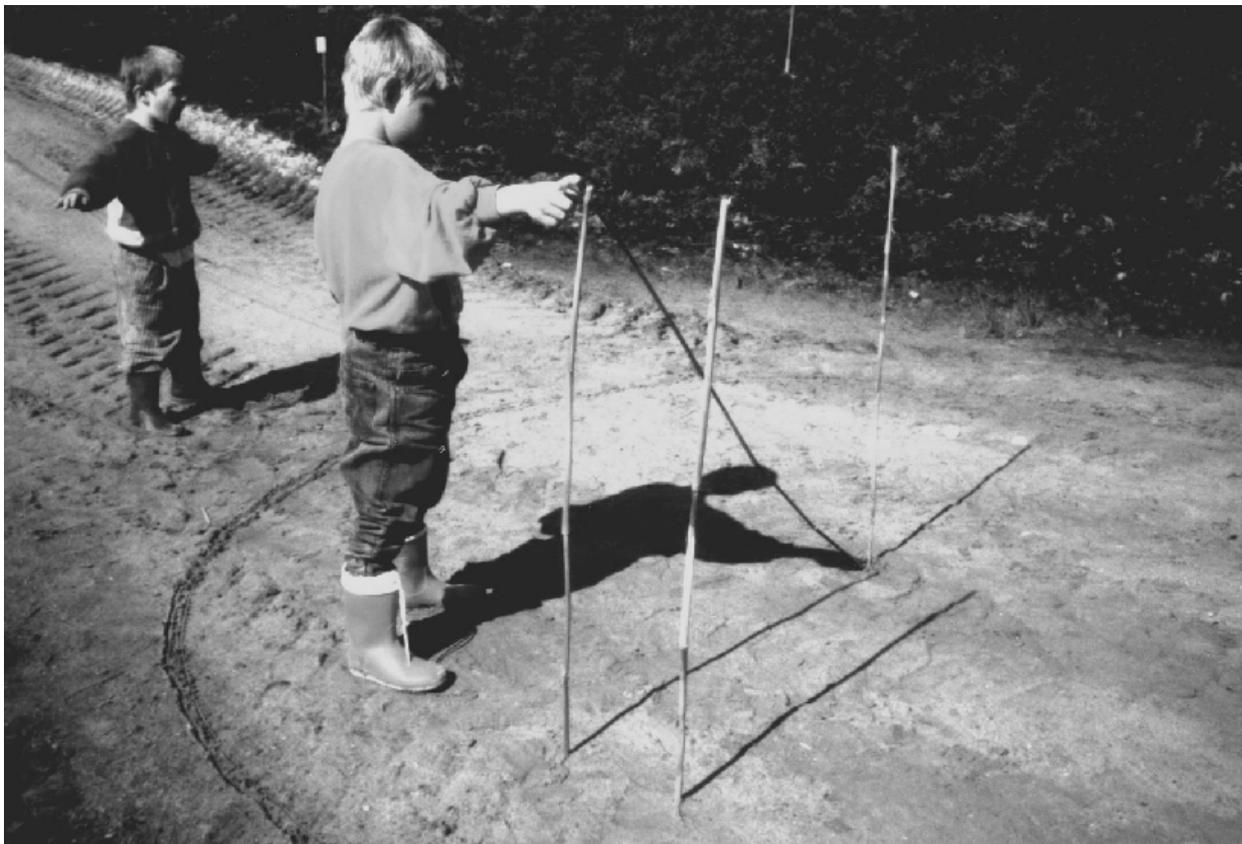


Abbildung 9: Vorschulkinder bauen das oben gezeigte Sonnenbahnmodell im Feldversuch