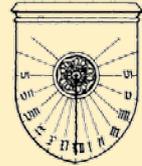


# ARBEITSGRUPPE SONNENUHREN

## im Österreichischen Astronomischen Verein

### Gnomonicae Societas Austriaca (GSA)

GNOMONICAE  
SOCIETAS  
AUSTRIACA



Anno MXX condita

Rundschreiben Nr. 41

Juni 2011



Die Festung Hohensalzburg (errichtet ab 1077 unter Erzbischof Gebhart von Helffenstein 1060-1088) stellt das Wahrzeichen der Stadt Salzburg dar. An der Südseite der zentral im großen Burghof gelegenen St.-Georgs-Kapelle (erbaut 1501/02) findet sich die hier abgebildete riesige Wandsonnenuhr (47°47' 43" N, 13° 02' 53" O; Maße 450 x 260 cm). In den vergangenen Jahren wurden Zug um Zug die Außenfassaden der Burg restauriert. Vor der Instandsetzung waren nur Fragmente der Sonnenuhr erkennbar: Ritzlinien und Teile der figürlichen Verzierung. Durch die Brüder Roland und Simon Moroder wurde nach Berechnungen von Karl Schwarzingger im Jahr 2001 nach den erhaltenen Fragmenten ein neues Fresko hergestellt, das die Motivik und Farbgebung der ursprünglichen Sonnenuhr aufnimmt. Die Sonnenuhr zeigt im Rahmen um die Datums- und Stundenlinien (WOZ, Babylonische und Italische Stunden) die Tierkreiszeichen und unten das Wappen des Erzstiftes Salzburg sowie das Wappen des Auftragsgebers Erzbischof Matthäus Lang Wellenburg (1519-1540). Foto: GSA-Archiv

#### Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Editorial, Anschriften, Termine	2
Eine neue Sonnenuhr in Allentsteig, <i>Kurt Descovich d'Almissa</i>	3
Ist $\varphi = \varphi$ und $\lambda = \lambda$ ?, <i>Erich Imrek</i>	6
Zum Nachdenken, <i>Franz Vrabec</i>	10
Ungewöhnliche Hutsonnenuhren, <i>Helmut Sonderegger</i>	14

**Impressum:**Medieninhaber:

Österreichischer Astronomischer Verein,  
Arbeitsgruppe Sonnenuhren

Leiter: Peter Husty,

Bayernstraße 8b, 5411 Oberalm  
Tel. +43 (0)6245/73304

E-Mail: peter.husty@salzburgmuseum.at

Redaktionsteam: Klaus Göller, Walter Hofmann,  
Erich Imrek, Karl Schwarzinger, Helmut Sonderegger

Layout: Heinrich Stocker

Druck: Oberdruck Digital, 9991 Dölsach

Redaktionsadresse:

Klaus Göller, Degengasse 70-4-8, 1160 Wien

Tel.: +43 (0)1 480 21 41

E-Mail: klaus.goeller@aon.at

Bankverbindung:

Sparkasse Feldkirch, Bankleitzahl: 20604

Kontonummer: 0300-002771

Für Überweisungen aus dem Ausland:

BIC: SPFKAT2B

IBAN: AT552060400300002771

**Liebe Leserin, lieber Leser,**

im letzten Editorial konnte ich mich freuen, dass nunmehr die 40. Ausgabe unserer Informationsschrift vorliegt – in repräsentativer, mehrfarbiger Ausgabe mit breit gestreuten Themen, bestens redaktionell betreut. Dies alles liegt in der Hand von Klaus Göller und seiner Frau Sibylle, die seit nunmehr 14 Ausgaben bzw. seit 7 Jahren mit viel Einfühlungsvermögen, mit großer Akribie und „Fürsicht“ sowie mit Hilfe des oben genannten Redaktionsteams dieses Printmedium redaktionell begleiten, die Kontakte mit den Mitgliedern und Autoren halten und deren Beiträge in die „richtige“ Form bringen.

Nun hat mir, als Vorsitzendem unserer Arbeitsgruppe, Klaus Göller bereits vor Drucklegung der vorherigen Nummer 40 eröffnet, dass er seine Aufgabe niederlegen und die Redaktion gerne einem „jüngeren“ Mitglied übertragen möchte.

An dieser Stelle sei Euch beiden von mir aus und sicher auch von allen GSA-Mitgliedern herzlichst gedankt. Durch die Weiterentwicklung des Erscheinungsbildes unseres Rundschreibens, durch die qualitätvolle Zusammenstellung, aber auch durch den farbigen Druck haben wir einen internationalen Standard erreicht, der vor allem durch die Mischung der Beiträge und die interessante Auswahl ein wirklich hohes Level erreicht hat. Hier sind aber auch die Leistungen von Heinrich Stocker, der das gesamte Layout erstellt, den Druck veranlasst und den Versand besorgt, besonders hervorzuheben.

Ich nahm den „Rücktritt“ von Klaus Göller natürlich, wenn auch ungern, zur Kenntnis und begab mich auf die Suche nach einem Nachfolger. Doch dies stellte sich als schier unlösbare Aufgabe heraus ... Absage über Absage erreichte mich und mir wurde einerseits

klar, dass viele unserer Mitglieder nach 20-jährigem Bestehen unserer Arbeitsgruppe doch auch älter geworden sind und sich diese Arbeit nicht mehr zutrauen oder die „jüngeren“ eben im Stil unserer Zeit zu viel zu tun haben – verständliche Gründe, doch auch eine ernste Situation, die unser Rundschreiben betrifft.

Doch das Blatt hat sich gewendet und nach doch monatelanger Suche hat sich ein Nachfolger für Klaus Göller gefunden. Kurt Descovich, der für dieses Rundschreiben einen Beitrag über eine Sonnenuhr in Allentsteig verfasst hat, hat sich bereit erklärt die Redaktionsarbeit zu übernehmen.

Ich darf ihn hiermit herzlich willkommen im Team heißen und ein Dankeswort vorausschicken. Ich freue mich sehr, dass wir ihn gefunden haben, sah ich doch das Weiterbestehen unseres Rundschreibens in Gefahr. Kurt Descovich lebt in Wien und zählt auch die Astronomie zu seinen Hobbies – die Sterne stehen für uns günstig. Im Rahmen der heurigen Jahrestagung werde ich Herrn Descovich vorstellen.

Damit bin ich schon bei einem weiteren Thema und darf Sie liebe Leserinnen und Leser auf die heurige Jahrestagung der GSA aufmerksam machen. Walter Hofmann, der unser Treffen in Mödling bei Wien vorbereitet, hat sich ein umfangreiches Programm einfallen lassen (gnomonisch-kulturell-lukullisch), zu dem Sie hiermit noch einmal herzlich eingeladen sind.

**Termin:**

Vom **Freitag, 23. bis Samstag, 24. September 2011** findet die nächste Tagung der Arbeitsgruppe Sonnenuhren in 2340 Mödling, Niederösterreich, statt, ca. 20 km südlich von Wien.

Organisation:

1100 Wien, Favoritenstraße 108/6, E-Mail: [wf.hofmann@aon.at](mailto:wf.hofmann@aon.at) Tel.: +43 1 602 98 90.

Ich freue mich, wenn ich auch 2011 möglichst viele von Ihnen in Mödling treffen werde.

Mit großer Freude können wir als neues Mitglied der GSA begrüßen:

Prof. Hugo Innerkofler, 9900 Amlach

Wir heißen ihn in unserer Runde herzlich willkommen und wünschen ihm viele schöne Stunden in unserem Kreis und mit Sonnenuhren.

Ich verbleibe mit sonnigen Wünschen für diesen Sommer

Peter Husty

**Homepages:**

Karl Schwarzinger

<http://members.aon.at/sundials/>

Helmut Sonderegger

<http://web.utonet.at/sondereh/>

<http://www.helson.at/>

## Eine neue Sonnenuhr in Allentsteig

Text und Abbildungen Kurt Descovich d'Almissa, Wien

*Die kleine Stadt Allentsteig im idyllischen Waldviertel in Niederösterreich hat seit dem 1. Juni 2009 mit einer Besonderheit aufzuwarten, nämlich einer Sonnenuhr, die der Ungleichförmigkeit des jährlichen Sonnenlaufs Rechnung trägt.*



Abb. 1: Die neue Sonnenuhr in Allentsteig

Bei den meisten Sonnenuhren mit ebenen Zifferblättern sind die Stundenlinien gerade Linien. Der Schatten eines Zeigers, der parallel zur Erdachse gerichtet ist, zeigt an ihnen die Stunden einer wahren Ortszeit an, und diese sind verschieden von den Stunden einer „mittleren“, gleichförmig verlaufenden Zeit.

Die täglichen Zeitverschiebungen sind recht klein und geben in Summe, über das ganze Jahr betrachtet, Null. Zwischendurch summieren sie sich jedoch zu beträchtlichen Werten, der sogenannten „Zeitgleichung“, die um den 10. Februar den kleinsten Wert von -14 Minuten und um den 1. November den größten Wert von +16 Minuten annimmt.

Ist nun der Schattenstab einer Sonnenuhr zum Beispiel an einem Ende mit einer kleinen Kugel versehen, so wird der Schatten dieser Kugel zu bestimmten Stunden unserer Mitteleuropäischen Zeit (MEZ) – beispielsweise um 12 Uhr MEZ bzw. um 13 Uhr MESZ – einmal links, einmal rechts von der geraden Linie liegen, auf die er fällt, wenn die Sonne auf  $15^\circ$

östlicher Länge genau im Süden steht. Es ergeben sich achterförmige Stundenlinien.

Auf vielen Zifferblättern – auch auf dem der neuen Sonnenuhr in Allentsteig – ist noch eine zweite Art von Linien eingetragen: Im Sommer zieht die Sonne ja hoch über den Himmel, im Winter tief; der Schatten der Kugel wird daher an verschiedenen Tagen des Jahres entlang verschieden hoch liegender „Datumslinien“ ziehen, die im Allgemeinen die Form von Hyperbelbögen haben; nur die Linie für die beiden Tagundnachtgleichen ist eine Gerade.

Abb. 1 und 2 zeigen die Ausführung der neuen Sonnenuhr in Allentsteig. Die erwähnte kleine Kugel ist am Ende eines zur Erdachse parallel liegenden Schattenstabes befestigt. Auf dem Zifferblatt sind die Stundenschleifen für 8 bis 15 Uhr MEZ und Datumslinien eingetragen, und zwar für die Tage, an denen die Sonne in ein neues Zeichen des Tierkreises tritt, sowie für die Monatsersten. Die Linien für die Eintritte in die Tierkreiszeichen sind mit den bekannten Symbolen für die Tierkreiszeichen, mit „Æquinox“

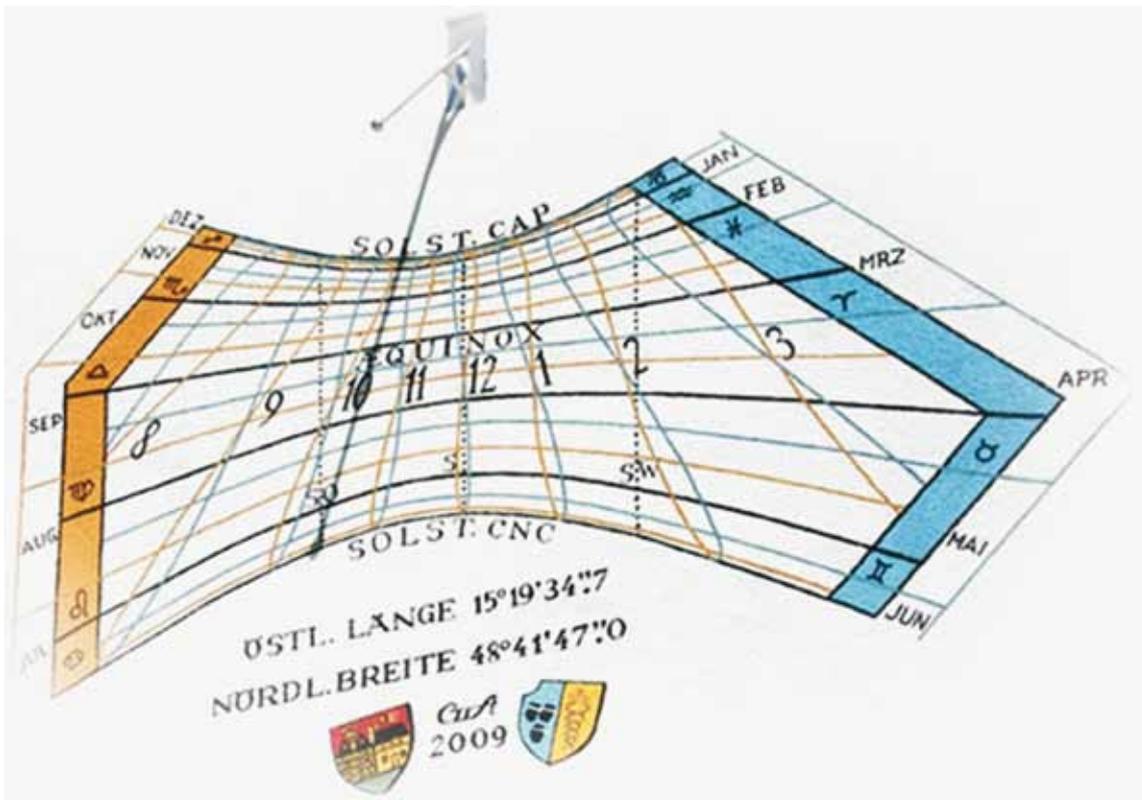


Abb. 2: Datums- und Stundenlinien

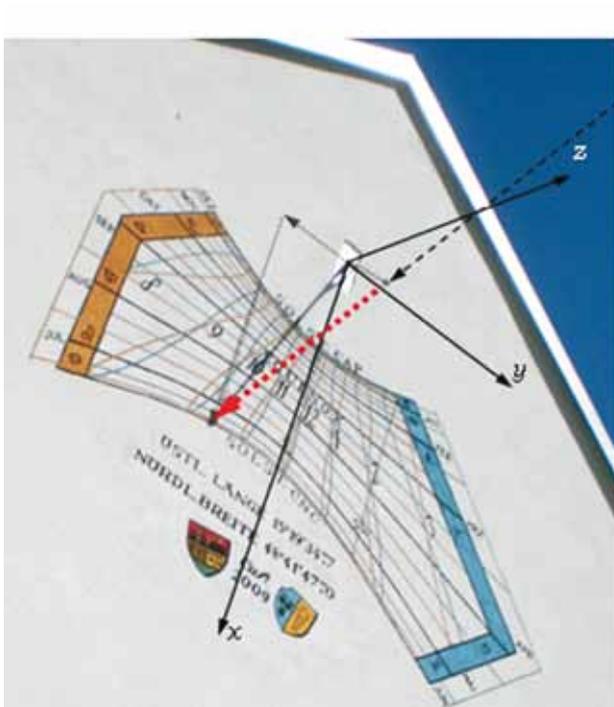


Abb. 3: Der Sonnenstrahl projiziert den Schatten der Gnomonkugel

für die Tagundnachtgleichen, mit Abkürzungen von „Solstitium Capricorni“ und „Solstitium Cancrī“ für die beiden Sonnenwenden bezeichnet.

Zusätzlich sind noch die Himmelsrichtungen SO, S und SW angedeutet. Insbesondere die Südlinie verdeutlicht, wie stark die Schattenmarke um 12 Uhr von der Südrichtung abweichen kann. Hiezu sei bemerkt, dass Allentsteig auf der geographischen Länge  $15^{\circ}19'$  liegt, also ziemlich genau auf dem Meridi-

an von  $15^{\circ}$  östlicher Länge, der die MEZ definiert. Bei Zeitgleichung Null geht die Sonne am Standort der Sonnenuhr um 11 h 58 min 41 sek durch den Südmeridian, im November deutlich früher, im Februar deutlich später.

Jede der Datumslinien, mit Ausnahme der Hyperbeläste für die beiden Sonnenwenden, gilt für zwei verschiedene Tage des Jahres und schneidet die achterförmigen Stundenlinien in zwei Punkten. Nun muss erkennbar sein, welche Hälften der Achterschleifen am jeweiligen Tag „gültig“ sind. Bei unserer Sonnenuhr wurde das Problem so gelöst, dass die Achterschleifen in zwei Farben ausgeführt sind - blau für die Zeit von der Winter- bis zur Sommer-sonnenwende, braun für die übrige Zeit des Jahres. In diesen Farben sind auch die Datumslinien für die Monatesersten ausgeführt.

Für die Punkte des Zifferblattes wurden deren Koordinaten berechnet. Die Ergebnisse wurden auf die Wand übertragen und erwiesen sich glücklicherweise als richtig und genau (Abb. 2). Der Berechnungsgang kann von der Homepage [http://www.medek.at/WWWKDE/Astro/Sonnenuhr/Sonnenuhr\\_Broschüre\\_20090601.pdf](http://www.medek.at/WWWKDE/Astro/Sonnenuhr/Sonnenuhr_Broschüre_20090601.pdf) heruntergeladen werden. Zur Berechnung der Koordinaten für die Punkte des Zifferblattes an beliebigen Standorten und für verschiedene Lagen des Zifferblattes steht das Programm Sonnenuhr.exe zur Verfügung (<http://web.utahnet.at/sondereh/>).

Von wesentlicher Bedeutung für die Genauigkeit des Zifferblattes ist die genaue Kenntnis der Orientierung der Zifferblattebene in Bezug auf das Horizont-

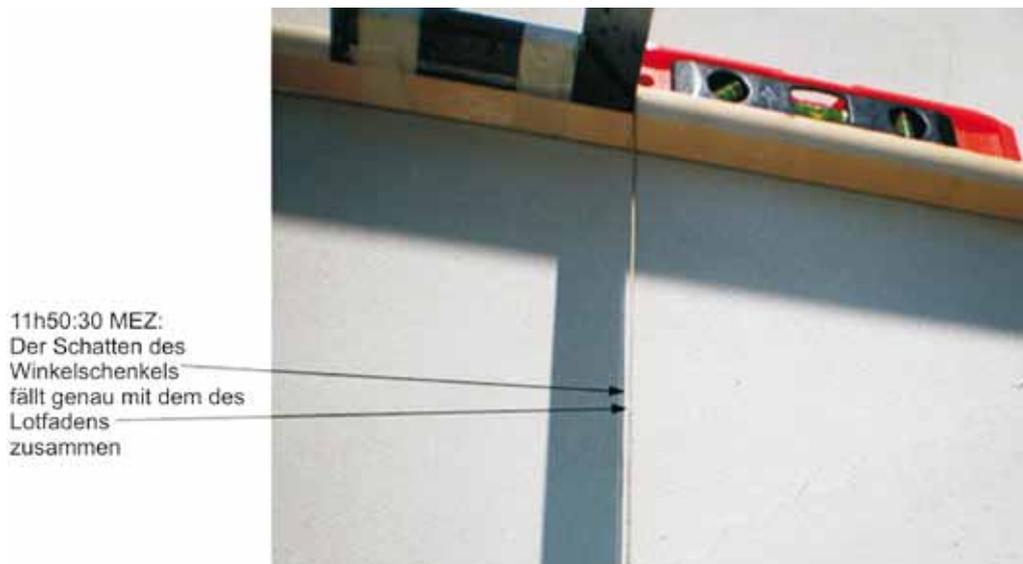


Abb. 4: Fadenlotschatten und Winkelschatten kommen zur Deckung!

system. (Zwei Achsen dieses Koordinatensystems liegen horizontal in der Nord-Süd- und in der Ost-West-Richtung, die dritte Achse ist vertikal.)

Zum Ermitteln der Orientierung der Zifferblattebene wurde folgender Trick verwendet: Ein jedem Bastler vertrauter Anschlagwinkel wurde mit einem Schenkel unter Zuhilfenahme einer Wasserwaage horizontal an die Wand gehalten. Ein Fadenlot wurde angebracht (Abb. 4). Es wurde kontrolliert, wann der Schatten des von der Wand rechtwinklig wegstehenden Winkelschenkels genau mit dem des Fadenlotes zusammenfiel. Mit dem Datum und dem Zeitpunkt der Schattenkoinzidenz erhält man aus astronomischen Tabellen durch Rechnung das Sonnenazimut, das genau gleich der horizontalen Abweichung der Wandnormalen von der Südrichtung ist (Programme

wie Sonnenuhr.exe oder RedShift).

Der Abstand des Fadenlotes von der Wand, gemessen in zwei verschiedenen Höhen, liefert die Abweichung der Wand von der Senkrechten, also den Höhenwinkel der Wandnormalen.

Mit der neuen Sonnenuhr in Allentsteig wird gezeigt, wie mit astronomischem Wissen und der Vektorrechnung sowie der Hilfe, die uns Computer anbieten, Zifferblätter von Sonnenuhren berechnet werden können, die sich in der praktischen Verwendung als sehr genau erweisen. Nach einer kurzen Erklärung, wie an unserer Sonnenuhr abzulesen ist, kommt dann bei jedem Betrachter Freude auf, wenn der Schattenfleck eine Stundenlinie erreicht und gleichzeitig die Kirchturmuhre die volle Stunde schlägt.

### Sonnenuhrenarchiv:

Dieses wird von Adi Prattes geführt.  
Heizhausgasse 41, 9020 Klagenfurt,  
E-Mail: sonnenuhr@gmx.at

Jede Nachricht über eine neue oder eine Änderung an einer im Katalog bereits erfassten Sonnenuhr wird gerne entgegen genommen.

Generell wären besonnte digitale Fotos (mit korrekter Einstellung der Kamera-Uhr oder auch analoge Bilder mit Datums- und Zeitangabe) zur Dokumentation des aktuellen Erhaltungszustandes oder zur allfälligen künftigen Veröffentlichung aller Sonnenuhren willkommen. Selbstverständlich wird der Bildautor auf der künftigen Update-CD namentlich angeführt.

### Update-CD für den österreichischen Sonnenuhrenkatalog

Nach Herausgabe des Kataloges der ortsfesten Sonnenuhren in Österreich, 2006 (3. Auflage), sind bei unserem Archivar, Herrn Adi Prattes, erfreulicherweise zahlreiche Meldungen über Sonnenuhren eingelangt. Aus diesem Grund hat er nunmehr eine Update-CD erstellt. Diese Update-

CD enthält zusätzlich über 1.000 neue Sonnenuhrbilder, über 180 Neuregistrierungen, sowie die seither erschienenen Rundschreiben Nr. 31 bis 39 und ist daher eine Ergänzung zum Katalog sowie zu der bei diesem beige packten CD. Darüber hinaus wurde auch das AMAP-Overlay deutlich verbessert.

Wegen des inneren Zusammenhanges zwischen dem gedruckten Katalog, der ursprünglichen CD und der Update-CD werden diese drei nun als Package zum Gesamtpreis von EUR 15,- zuzüglich Porto (für Österreich sind dies EUR 2,90, für die anderen europäischen Länder EUR 8,20) angeboten. Die Katalogbestellung erfolgt durch Einzahlung des jeweiligen Gesamtbetrages auf das Konto: AstroVerein, KATALOG SONNENUHREN, bei der Sparkasse der Stadt Feldkirch:

Kontonummer 0300-002771,  
Bankleitzahl 20604,  
IBAN: AT552060400300002771,  
BIC: SPFKAT2B.

Die Überweisung muss für die GSA spesenfrei erfolgen. Das Package wird dann per Post zugesandt. Ein Ersuchen: Die genaue Adresse leserlich am Bankbeleg vermerken.

## Ist $\varphi = \varphi$ und $\lambda = \lambda$ ?

Text und Grafiken Erich Imrek, Wien

Lieber Leser: Diese Frage werden Sie sicherlich, ohne lange zögern zu müssen, mit einem eindeutigen „Ja“ beantworten können. Womit Sie auch völlig Recht haben. Die Frage ist allerdings nicht im mathematischen Sinn, sondern eher umgangssprachlich gemeint. Man gebraucht diese Ausdrucksweise dann, wenn es um feine Unterschiede geht. Bezogen auf meine konkrete Fragestellung geht es um Unterschiede in der „geographischen Breite“  $\varphi$  und der „geographischen Länge“  $\lambda$ .

Dazu ein kleiner Auszug aus Wikipedia:

*Die geographische Breite ist die im Winkelmaß angegebene nördliche oder südliche Entfernung eines Punktes der Erdoberfläche vom Äquator. Die Breite kann Werte von  $0^\circ$  (am Äquator) bis  $\pm 90^\circ$  (an den Polen) annehmen. Der für die geographische Breite verwendete Winkel wird nicht im Erdmittelpunkt gemessen, sondern entspricht dem Winkel zwischen der (idealisierten) Lotrichtung und der Äquatorebene der Erde. Orte mit derselben Breite liegen auf einem Breitenkreis. Zur Identifikation eines Punktes auf der Erdoberfläche – zur Bestimmung seiner geographi-*

*schen Lage – wird zusätzlich zur Breite die Angabe seiner geographischen Länge benötigt.*

Liest man weiter, ist von astronomischer, ellipsoidischer und geozentrischer Breite die Rede. Eine nähere Erläuterung der beiden erstgenannten Begriffe, und der Nuancen in den Werten selbst, ist Ziel dieses Artikels. Der Focus soll dabei vor allem auf die ellipsoidische Breite und Länge (ellipsoidische Koordinaten) gerichtet werden.

Der Grund, warum man sich mit dieser Thematik näher auseinandersetzen sollte, liegt in der zunehmenden Bedeutung und dem Einsatz von Raumtechnologien (GPS etc.) für die Positionsbestimmung in unserem Alltag. Konkret, bezogen auf unsere Arbeit mit Sonnenuhren, heißt dies, dass man bei der Ermittlung genauer Koordinaten der Standorte von Sonnenuhren die Werte für  $\varphi$  und  $\lambda$  etwas differenzierter betrachten muss. Tut man dies nämlich nicht, muss in der Darstellung auf Landkarten, wie z.B. auf der Österreichischen Karte 1:50.000 im Produkt „AMAP-fly“ des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen mit erheblichen Abweichungen gerechnet werden.

### Astronomische Breite $\varphi$ und Länge $\lambda$

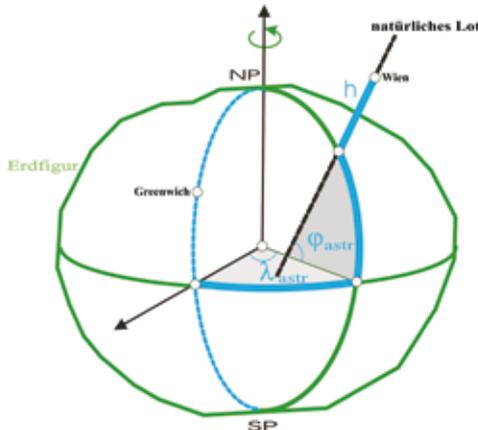


Abb. 1: astronomische Breite und Länge

Von astronomischer Breite und Länge spricht man, wenn diese beiden Größen aus astronomischen Messungen in Bezug zum Sternenhimmel (Koordi-

naten der Fixsterne) hervorgehen. Für die Messung wird ein Instrument im Schwerfeld der Erde unter Zuhilfenahme einer Libelle ausgerichtet (Horizontierung), womit die vertikale Achse des Instrumentes mit der Richtung des natürlichen Lotes im Aufstellungspunkt zur Deckung gebracht wird. Der Durchstoßpunkt dieses Lotes mit der Himmelssphäre wird sodann im Koordinatensystem der Fixsterne (Rectascension und Deklination) bestimmt, woraus in der Folge die astronomische Breite und Länge über weitere Berechnungen (Transformationen) abgeleitet werden.

Der Winkel, den dieses natürliche Lot mit der Äquatorebene bildet, wird als astronomische Breite und der Längenabstand zu Greenwich als astronomische Länge bezeichnet.

### Ellipsoidische Breite $\varphi$ und Länge $\lambda$

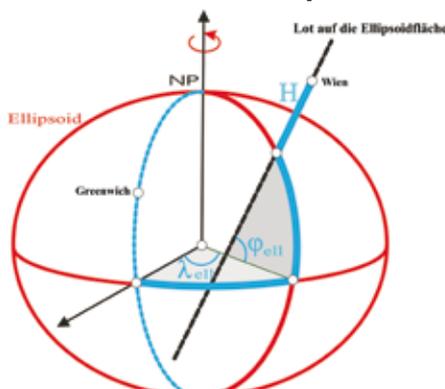


Abb. 2: ellipsoidische Breite und Länge

Vermessungsfachleute benötigen für die Beschreibung der Positionen (Koordinaten) von Punkten der Erdoberfläche eine geometrische, mathematisch exakt beherrschbare, Referenzfläche als Annäherung der Erdfigur. Wegen der Abplattung unserer Erde an den Polen und dem Äquatorwulst gelingt dabei diese Annäherung am besten über ein um die Erdachse rotierendes Ellipsoid (Rotationsellipsoid). Dieses Ellipsoid wird über verschiedene Verfahren (klassische und Raumverfahren) in eine fixe Lage zum Erdkör-

per gebracht (Lagerung und Orientierung), wobei danach getrachtet wird, dass die Rotationsachsen von Erde und Ellipsoid, sowie der Mittelpunkt des Ellipsoides und der Massenmittelpunkt der Erde möglichst zusammen fallen.

Fällt man nun von einem Punkt auf der Erdoberfläche eine Flächennormale (Senkrechte) auf das Ellip-

soid, ergibt sich, analog zur astronomischen Breite und Länge, die ellipsoidische Breite und Länge als Winkel gegenüber der Äquatorebene bzw. zum Bezugsmeridian von Greenwich.

Der kleine Winkel zwischen natürlichem Lot und der Ellipsoidnormale wird als „Lotabweichung“ bezeichnet.

### Verschiedene Ellipsoide → verschiedene ellipsoidische Koordinaten $\varphi$ und $\lambda$

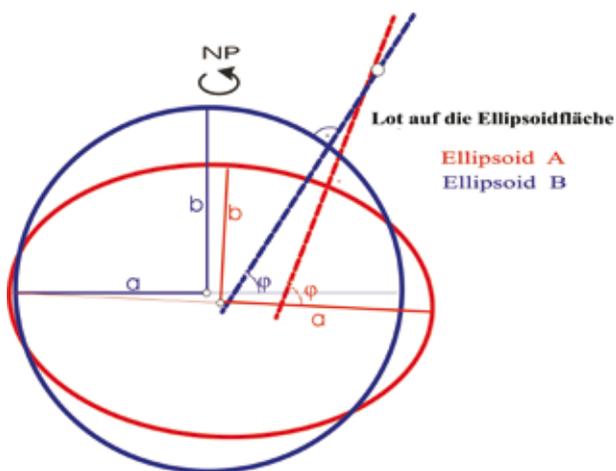


Abb. 3: verschiedene ellipsoidische Koordinaten

Bedingt durch die historische Entwicklung beziehen sich nationale Vermessungssysteme auf verschiedene Ellipsoide, wobei auch die Lagerung und Orientierung unterschiedlich ist. Die verwendeten Ellipsoide besitzen unterschiedlich lange Halbachsen  $a$ ,  $b$  und auch die Achsrichtungen und der Mittelpunkt des Ellipsoides decken sich in der Regel nicht. Die Folge ist, dass die Werte für  $\varphi$  und  $\lambda$ , selbst bei gleichen Ellipsoiden, aufgrund der in der Regel verschiedenen Lagen des Ellipsoides zum Erdkörper, unterschiedlich sind.

Im Zusammenhang mit Kartenwerken (z.B. der Österreichischen Karte 1:50.000) ist es wichtig zu wissen, welches Ellipsoid der Kartenprojektion zu Grunde gelegt wurde. Für die Darstellung von Positionen (z.B. der Sonnenuhrstandorte des GSA-Kataloges) auf der Karte muss man dann genau jene  $\varphi$  und  $\lambda$  nehmen, die sich auf dieses Ellipsoid beziehen.

### Nationales System MGI ↔ europäisches System ETRS89

Das offizielle System der österreichischen Landesvermessung ist seit mehr als 100 Jahren das System MGI (Militärgeographisches Institut). Wie bereits aus der Bezeichnung geschlossen werden kann, ist es ein System, das bereits zur Zeit der Österreichisch-Ungarischen Monarchie definiert und in der Folgezeit aufgebaut wurde. Es bildet auch heute noch die Basis für sehr viele vermessungstechnische Produkte (z.B. Kataster der Grundstücke) und wurde erst in letzter Zeit in den staatlichen Landkarten von einem neueren, auf GPS basierenden, System abgelöst. Das dem System MGI zugrunde liegende Ellipsoid ist das BESSEL-Ellipsoid mit den Achsen  $a=6377397,155$  m und  $b=6356078,963$  m.

Im Zeitalter der Raumtechnologien, insbesondere GPS, haben sich verschiedene internationale Systeme etabliert. Für den europäischen Raum ist davon das ETRS89 (European Terrestrial Reference System mit der Definition für das Jahr 1989) von Be-

deutung. Dieses System wird auf Empfehlung der EU von allen europäischen Staaten als Zielsystem gesehen, auf das künftig alle Produkte incl. Landkarten bezogen werden sollen. Damit wird erstmals ermöglicht europaweit alle Daten (incl. Kartenwerke) im gleichen internationalen System präsentieren zu können, um dann von den nationalen Systemen abzugehen. Wenn benachbarte Länder dieses internationale System verwenden sind deren Daten kompatibel zueinander und auch die Darstellungen der Staatsgrenzen auf der Karte decken sich. Diesem System ETRS89 ist das Ellipsoid GRS80 mit den Achsen  $a=6378137,000$  m und  $b=6356751,991$  m zugrunde gelegt. Im Jahr 2010 wurde das letzte Kartenblatt des Grundkartenwerkes Österreichs 1:50.000 auf dieses neue System umgestellt. Navigationsempfänger bieten zumeist das System WGS84 an, was im Genauigkeitsbereich der Navigation mit dem System ETRS89 gleichsetzbar ist.

### GSA-Katalog - Zahlenbeispiel

Im „Katalog der ortsfesten Sonnenuhren in Österreich“ unserer Arbeitsgruppe sind geographische Positionen für katalogisierte Sonnenuhren angegeben. Aus diesem werden zwei Beispiele (Sonnenuh-

ren DN 0001 und DN3988) herangezogen, um die Unterschiede in  $\varphi$  und  $\lambda$  zu demonstrieren. Dabei wird angenommen, dass die hier verwendeten katalogisierten Werte sich auf MGI – Bessel beziehen.

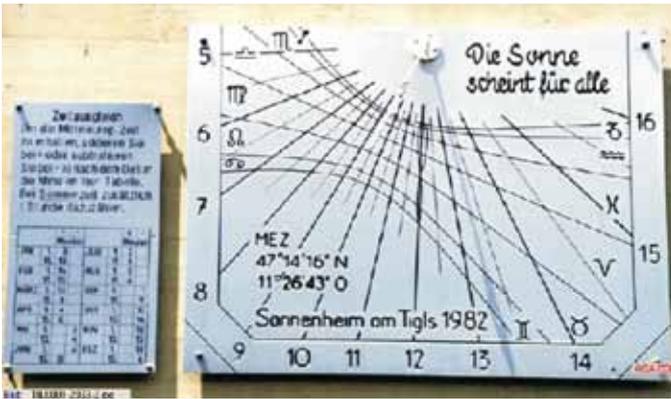


Abb. 4: Sonnenuhr DN1001



Abb. 5: Sonnenuhr DN3988

	DN0001 / Sistrans		DN3988 / Weiten	
	Breite $\varphi$	Länge $\lambda$	Breite $\varphi$	Länge $\lambda$
astronomisch	47° 14' 34,0"	11° 26' 37,2"	48° 17' 31,6"	15° 15' 46,7"
MGI - BESSEL	47° 14' 16"	11° 26' 43"	48° 17' 39"	15° 15' 47"
ETRS89 - GRS80	47° 14' 14,0"	11° 26' 41,3"	48° 17' 37,0"	15° 15' 43,2"

Abb. 6: Positionen  $\varphi$  und  $\lambda$

Wie zu ersehen ist, bewegen sich die Differenzen im Bereich von einigen Bogensekunden. Im Allgemeinen sind diese Differenzen für die Berechnung des Lineaments einer Sonnenuhr von untergeordneter Bedeutung, denn um den Konstruktionsfehler noch unter 1 Zeitminute halten zu können, dürfen die Werte für  $\varphi$  und  $\lambda$  um 15 Bogenminuten fehlerhaft sein, also bedeutend mehr. Anders verhält es sich, wenn man die Position auf einer Karte lagerichtig darstellen will. Anzumerken ist, dass die astronomi-

sche Breite und Länge in diesem Beispiel nicht einer astronomischen Ortsbestimmung entstammen, sondern aus einem sehr guten Modell der Lotabweichungen in Österreich abgeleitet wurden.

Auf den nachfolgenden Grafiken sind die beiden unterschiedlichen Werte in den ellipsoidischen Koordinaten dargestellt. Ob sich die Sonnenuhr nun ca. 75 m westlich oder nordwestlich der Kirche Sistrans bzw. links oder rechts der Bundesstrasse in Weiten befindet, macht einen wesentlichen Unterschied.



Abb. 7: DN1001 – AMAP

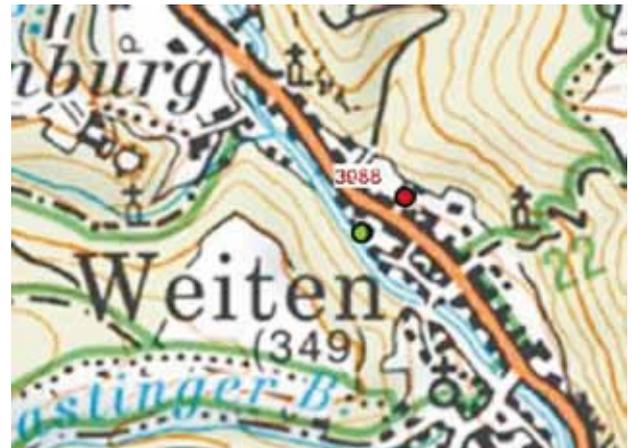


Abb. 8: DN3988 - AMAP

Nachdem die AMAP.fly auf dem System ETRS89-GRS80 basiert, müssen auch die Koordinaten eben dieses Systems aufgetragen werden (grüner Punkt). Erst dadurch wird eine lagerichtige Darstellung erreicht. Würde man die Koordinaten des MGI-Bessel darstellen, ergäbe sich der rote Punkt.

Es ist also bei Angabe einer Position äußerst wichtig

mit anzugeben, auf welches System sich die Koordinate bezieht und dieser Bezug wäre in einer künftigen Neuauflage des Sonnenuhrenkataloges mit einem Zusatz ETRS89 bzw. MGI zu versehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, alle auf MGI bezogenen Werte auf ETRS89 umzurechnen. Die derzeitigen Angaben stellen sich folgendermaßen dar:

<p><b>Sistrans, *** 6073, Am Tigls, HNr. 76a, 47.14.16, 11.26.43</b> vSU, d= -28.1, PSt, g, ri; WOZ15(5-12-16)1/2, Zgl(12); DatLin: Tkrs; Ausf: MeG, Alu, 100x80 cm; Sp: Die Sonne scheint für alle; Ko: K. Schwarzinger; [11.1996 - 0001], 1982</p>	<p><b>Weiten, ** 3653, HNr. 120, 48.17.39, 15.15.47</b>; vSU(S), Lichtstrahl, g, ri; WOZ; Ausf: Blaue Glaskugel 12,5 cm Ø, Messing-scheibe 27 cm Ø; Ko/He: J. Jindra [01.2002 - 3988], 1998</p>
--	---

Abb. 9: Sonnenuhrpositionen gem. GSA-Katalog

### Verbesserung von Positionsangaben der Sonnenuhrstandorte

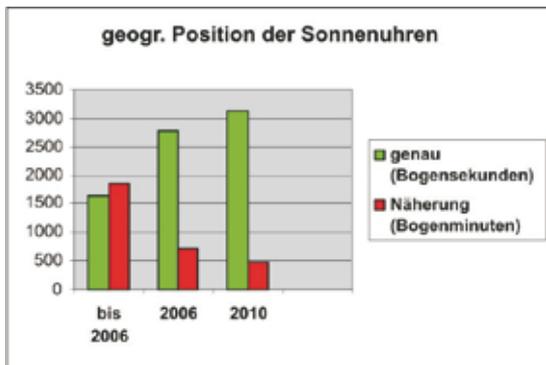


Abb. 10: Sonnenuhrpositionen - Statistik

Mit der Neuauflage des Kataloges im Jahre 2006 wurde damit begonnen, die vorliegenden Positionsangaben  $\phi$  und  $\lambda$  zu bewerten und zu verbessern. Die Angaben basierten auf Meldungen von sehr engagierten Personen, die unseren früheren Obmann DI Karl Schwarzinger seit dem Jahre 1981 beim Aufbau des Kataloges maßgeblich unterstützten. Es war davon auszugehen, dass sich sämtliche Angaben auf MGI bezogen oder eventuell auch astronomisch ermittelt wurden. Der überwiegende Teil der Angaben war nur auf Bogenminuten gerundet bekannt. Dazu muss man wissen, dass eine Bogensekunde in der Natur etwa 30 Meter ausmachen und eine Bogenmi-

nute das 60-fache. Letzteres ist für eine Darstellung in der Karte 1:50.000 nicht ausreichend, da eine derartige Abweichung in diesem Maßstab bereits einen Darstellungsfehler von 3.5 cm erzeugt. Durch Ausnutzung zusätzlicher Verortungsmöglichkeiten über Adressangaben und Koordinaten von Kirchen konnten zahlreiche solcher Positionen auf Sekundenwerte gebracht bzw. vorliegende Sekundenwerte überprüft werden. Nach einem Aufruf an die Mitglieder um Unterstützung zur genauen Positionierung wurden bis 2010 zahlreiche Werte verbessert, womit ein Rest von ca. 500 Sonnenuhren verbleibt, deren Position nur auf Bogenminuten bekannt ist.

Es liegt an uns allen, diesen Prozess weiter und zu Ende zu führen. Wichtig wird dabei aber vor allem sein, in Zukunft die Positionsangaben mit dem Zusatz des Bezugssystems (MGI oder ETRS89) zu versehen. Jene, die bereits einen GPS-Empfänger einsetzen, werden bei einer Messung in der Regel ETRS89/WGS84 erhalten. Wird allerdings in den Einstellungen ein anderes System gewählt – die Empfänger bieten hier zahlreiche Möglichkeiten – ist besondere Vorsicht geboten. Für Österreich sinnvoll wäre als Alternative zu ETRS89/WGS84 in den Einstellungen nur das System MGI. Jene, die eine Position aus älteren Karten, dem Kataster etc. entnehmen, werden in der Regel MGI erhalten.

### Umrechnung zwischen MGI und ETRS89

B ... Bessel (System MGI)  
 W ... WGS84 (System WGS84/ETRS89...)

$$\begin{aligned} \phi_B &= \phi_W + \Delta\phi \\ \lambda_B &= \lambda_W + \Delta\lambda + 17^\circ 40' \text{ (Differenz Ferro - Greenwich)} \\ H_B &= H_W + \Delta H \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\phi &= 1.792 - 0.113 (\lambda_W - 14) - 0.002 (\lambda_W - 14)^2 \\ &\quad + 0.422 (\phi_W - 47.5) + 0.0005 (\phi_W - 47.5)^2 \\ \Delta\lambda &= 2.993 + 0.490 (\lambda_W - 14) - 0.001 (\lambda_W - 14)^2 \\ &\quad + 0.256 (\phi_W - 47.5) + 0.005 (\phi_W - 47.5)^2 \\ \Delta H &= -46.897 + 0.549 (\lambda_W - 14) + 0.060 (\lambda_W - 14)^2 \\ &\quad + 0.974 (\phi_W - 47.5) + 0.114 (\phi_W - 47.5)^2 \end{aligned}$$

Beispiel			
	ITRS	$\Delta$	MGI
$\phi$	48° 15' 00"	1.83"	48° 15' 01.83"
$\lambda$	16° 20' 00"	4.32"	34° 00' 04.32"
H	244.5 m	-44.50 m	200.0 m

Abschließend wird ein, für unsere Genauigkeitsanforderungen ausreichender, einfacher Formelapparat angegeben, mit dem bei Bedarf auch eine Umrechnung der Positionen möglich ist. Mit dieser können z.B. die auf MGI bezogenen Werte umgerechnet werden, um sich künftig nur mehr auf das europäische System ETRS89 zu beziehen. Die Umrechnung mit diesen Formeln ist in beide Richtungen geeignet, denn man kann auf der rechten Seite der Formel  $\phi$  und  $\lambda$  (in Dezimalgrad) sowohl für MGI als auch ETRS89 einsetzen, um die Unterschiede  $\Delta\phi$  und  $\Delta\lambda$  ausreichend genau – die Genauigkeit beträgt 30cm bzw. 1/100 Bogensekunde - zu erhalten. In der ellipsoidischen Länge ist weiters noch der Längenunterschied zwischen Ferro und Greenwich mit 17°40' zu berücksichtigen.

Abb. 11: Umrechnung zwischen MGI und ETRS89/WGS84

## Zum Nachdenken

Text und Grafik Franz Vrabec, Wien

*Diesmal lege ich wieder eine kleine Pause ein und es gibt keine neue Aufgabe, nur die ausführliche Lösung der Aufgabe aus dem RS40, die wir hier zur Erinnerung wiederholen.*

### Aufgabe:

An welchem Tag im Jahr 2009 und am Gipfel welchen österreichischen Berges könnten Sie an einer idealen Sonnenuhr um 12 Uhr MEZ die Werte: 12 Uhr WOZ, 5 Uhr babylonische Zeit und 19 Uhr italische Zeit ablesen?

### Lösung:

Abb. 1 zeigt das Zifferblatt einer Vertikalsonnenuhr mit Stundenlinien (–) für die wahre Ortszeit (WOZ), Stundenlinien (···) für die babylonische Zeit (BZ) und Stundenlinien (---) für die italische Zeit (IZ). Der Schnittpunkt P der 5-Uhr-Stundenlinie BZ mit der 19 Uhr Stundenlinie IZ liegt genau auf der 12-Uhr-Stundenlinie WOZ. Auf diesen Punkt P fällt zur Zeit der Ableseung der Sonnenuhr der Schatten der Spitze des Polstabes. Der halbe Tagbogen  $\tau$  der Sonne beträgt an diesem Tag 5 Stunden, wie uns

der gegebene Wert der BZ zeigt (zum wahren Mittag sind 5 Stunden seit Sonnenaufgang vergangen). Auch aus dem gegebenen Wert der IZ können wir den halben Tagbogen ermitteln: zum wahren Mittag sind 19 Stunden seit dem vorigen Sonnenuntergang vergangen, also erfolgt der nächste in  $24 - 19 = 5$  Stunden. Im Gradmaß ausgedrückt beträgt der halbe Tagbogen also  $\tau = 75^\circ$ . Dieser Wert wird (abhängig von der Breite  $\varphi$  des Aufstellungsortes der Sonnenuhr) nur bei einer ganz bestimmten Deklination  $\delta$  der Sonne angenommen. Der Zusammenhang zwischen diesen drei Größen  $\tau$ ,  $\varphi$  und  $\delta$  wird durch die bekannte Formel

$$\cos(\tau) = -\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta) \quad (1)$$

vermittelt.

Da Österreich innerhalb der Breitenkreise von  $46^\circ$  und  $49^\circ$  liegt, können wir mit dieser Formel ein Intervall berechnen, in dem die Deklination  $\delta$  der Sonne liegen muss. Wir erhalten so eine Eingrenzung der Deklination auf  $-14^\circ < \delta < -12^\circ$ , damit kommen im Jahr 2009 nur die Tage vom 11.–16.2. bzw. vom 25.–30. 10. in Betracht. Wie im folgenden gezeigt wird, fällt durch die Forderung  $WOZ = MEZ$  eine

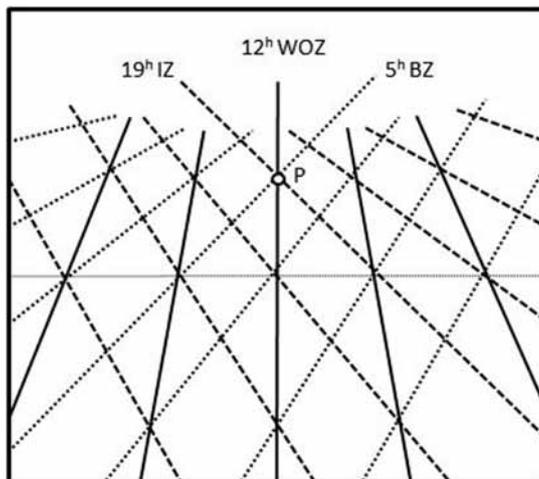


Abb. 1

dieser Möglichkeiten weg!

Sei  $\Delta\lambda$  die in Zeitminuten ausgedrückte Längendifferenz des gesuchten Ortes gegenüber des die MEZ bestimmenden  $15^\circ$ -Meridians (gerechnet positiv in östlicher Richtung), so gilt für Österreich:

$$-22^m < \Delta\lambda < 9^m.$$

Aus  $MOZ = MEZ + \Delta\lambda$  und  $ZGL = WOZ - MOZ$  folgt  $WOZ = MEZ + \Delta\lambda + ZGL$ . Damit die für unsere Aufgabe erforderliche Bedingung  $WOZ = MEZ$  erfüllt ist, muss daher

$$ZGL = -\Delta\lambda \quad (2)$$

gelten, es muss also die Ungleichung  $-9^m < ZGL < 22^m$  erfüllt sein. Vom 11.2. bis zum 16.2. ist aber die Zeitgleichung kleiner als  $-14^m$ , daher kommen diese Tage nicht in Betracht! Das Datum der Lösung muss daher zwischen dem 25. und 30.10. liegen; die Zeitgleichung beträgt dann etwa  $16^m$  und liegt damit im Bereich der Ungleichung. Die Längendifferenz von  $\Delta\lambda = -16^m$  führt uns dann, ausgehend vom  $15^\circ$ -Meridian, eindeutig in das Bundesland Tirol, welches zwischen den Breitenkreisen  $46,7^\circ$  und  $47,7^\circ$  liegt. Damit wird die Sonnendeklination weiter eingeschränkt auf  $-13,7^\circ < \delta < -13,2^\circ$  und es kommen nur mehr die drei Tage 28./29./30.10. in Betracht.

Aus der im RS36 beigelegten Tabelle entnehmen wir nun für diese drei Tage die Zeitgleichung und die Sonnendeklination für die Mittagszeit ( $MEZ = 12$  Uhr). Dann bestimmen wir mit Hilfe der Formel (2) die geografische Länge  $\lambda$  und mit Formel (1) die geografische Breite  $\varphi$  jener Orte, für die zur Mittagszeit die beiden Bedingungen  $WOZ = MEZ$  bzw. Tagbogen  $\tau = 75^\circ$  erfüllt sind. Die folgende Tabelle zeigt alle diese Größen:

Datum	ZGL	geogr. Länge $\lambda$	Deklination $\delta$	geogr. Breite $\varphi$
28.10.	$16^m13^s$	$10,95^\circ$ E	$-13,24^\circ$	$47,73^\circ$ N
<b>29.10.</b>	<b><math>16^m17^s</math></b>	<b><math>10,93^\circ</math> E</b>	<b><math>-13,57^\circ</math></b>	<b><math>47,00^\circ</math> N</b>
30.10.	$16^m20^s$	$10,92^\circ$ E	$-13,90^\circ$	$46,28^\circ$ N

Am 28.10. liegt der berechnete Punkt in Deutschland nördlich des Ammergebirges, er kommt also nicht in Betracht. Am 29. 10. liegt der berechnete Punkt in Österreich, in den Ötztaler Alpen etwas östlich des Gipfels der Hohen Geige. Der dritte der berechneten Punkte liegt in Italien südlich von Malè, sodass wir folgende endgültige Antwort auf unsere Aufgabe gefunden haben:

Am **29.10.2009** hätte man am Gipfel der **Hohen Geige** in den Ötztaler Alpen

(3393m,  $\lambda = 10,91^\circ\text{E}$ ,  $\varphi = 47,00^\circ\text{N}$ ) um 12h MEZ an einer mitgebrachten Sonnenuhr die Ablesungen  $\text{WOZ} = 12\text{h}$ ,  $\text{BZ} = 5\text{h}$  und  $\text{IZ} = 19\text{h}$  vornehmen können.

## Ungewöhnliche Hutsonnenuhren

Helmut Sonderegger, Feldkirch

Schon vor einiger Zeit wurden im Rundschreiben Nr.37 Sonnenuhren auf Zylindern behandelt. Dabei ging es auch um „azimutale Höhensonnenuhren“, also um Sonnenuhren, bei denen Sonnenhöhe und Sonnenazimut beobachtet wird, um daraus die Zeit zu bestimmen. Beispiele dafür sind die eher seltenen Hutsonnenuhren und jene Sonnenuhren, die statt eines starr mit dem Zylinder verbundenen Ringes (Hut) einen drehbaren Zeiger besitzen. Im Artikel dort sind auch Bilder dieser verschiedenen Formen gezeigt.

Diesmal soll zunächst kurz von einer frühen europäischen Beschreibung der Hutsonnenuhren berichtet werden. Anknüpfend daran gehen wir auf eine Weiterentwicklung dieser Sonnenuhrenart ein, die in der Folge zur wohl größten Sonnenuhr auf einem Bauwerk geführt hat.

### Eine frühe europäische Beschreibung

Athanasius Kircher beschreibt 1646 in seinem Buch „Ars magna lucis et umbrae...“ neben vielen anderen Sonnenuhren auch Hutsonnenuhren. Er geht dabei von recht verschiedenartigen Körpern wie Zylinder, Kugel, Kegel, .... aus. Auf der zentralen Achse dieser Körper ist ein horizontal drehbarer Zeiger angebracht. Wenn der Zeiger genau in Richtung der Sonne gedreht wird, so markiert die Schattenspitze des Zeigers auf der Oberfläche des Körpers einen

Punkt, aus dem sich die Uhrzeit und auch das Datum ergeben. In der Bildtafel zu Kirchers Ausführungen<sup>1</sup> ab S. 499 ist in „fig. 1“ bis „fig 5“ dargestellt, wie man auf dem Körper die Orte bestimmen kann, welche die gleiche Sonnenhöhe anzeigen, und es sind auch die Azimutlinien (Orte gleicher Himmelsrichtung) erkennbar (Abb. 1). Auf dem Zylinder ganz links und auf dem Prisma daneben sind es vertikale parallele Linien, auf der Kugel die „Längengrade“.

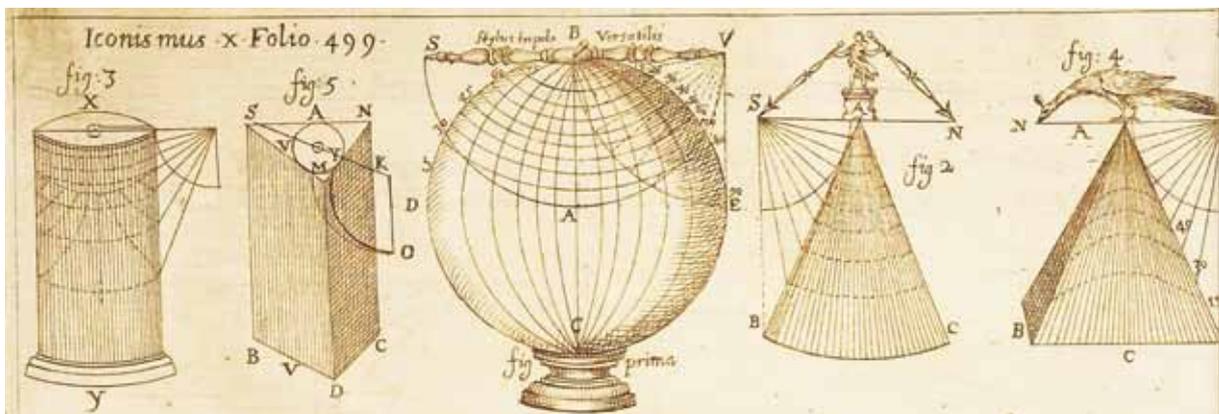


Abb. 1: Athanasius Kircher: azimutale Höhensonnenuhren

Wenn man nun für jede einzelne Stunde die Werte für die Sonnenhöhe und Sonnenazimut aus damals schon vorhandenen Jahrestabellen entnimmt und auf den Körper überträgt, erhält man die Stundenlinien. Im Text dazu beschreibt Kircher das alles recht genau, und er schreibt auch, dass man zur Zeitablesung das Objekt richtig aufstellen<sup>2</sup> und dann den drehbaren Zeiger, den „stylus in polo versatilis“, genau auf die Sonne hin ausrichten muss.

In den Figuren darunter (Abb. 2, fig. 6 bis fig. 9) modifiziert er diese Sonnenuhren zu Hutsonnenuhren. Er ersetzt den drehbaren Zeiger durch eine konzen-

trische Scheibe mit gleicher Dimension. Besonders bemerkenswert dabei ist, dass Kircher im Text dazu fordert, dass die radialen und vertikalen Linien auf der abgebildeten Scheibe Vertiefungen sein sollen, und diese Einkerbungen durch einen Draht oder dünnen Stab erzeugt werden könnten. Jene senkrechten Vertiefungen, die fast genau der Sonne zugewandt sind, ergeben im Schatten kleine vertikale Lichtstreifen, mit deren Hilfe der Ablesepunkt besonders genau bestimmt werden kann. Diese Lichtstreifen verlaufen nämlich nur im Ablesepunkt genau lotrecht (Ausnahme fig. 8) und fallen mit der betreffenden Azimutlinie zusammen.

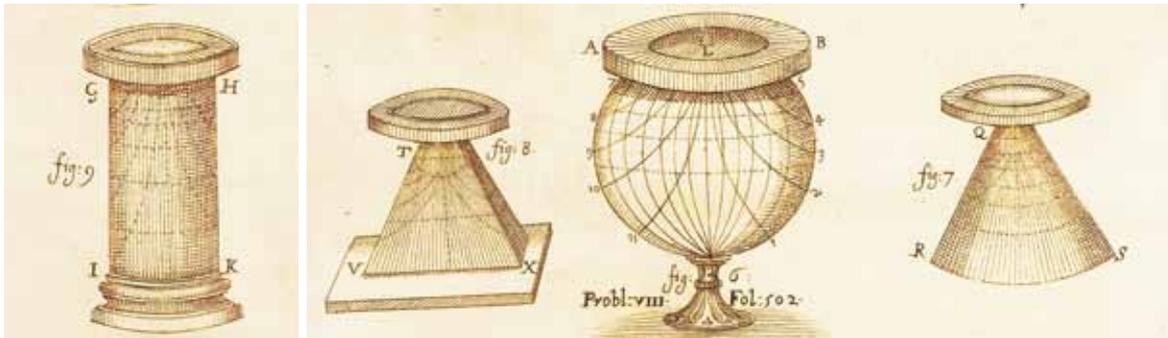


Abb. 2: Athanasius Kircher: Hutsonnenuhren als Weiterentwicklung von Abb. 1

Mit den von Kircher gewünschten Eintiefungen im Hutrand wird eine genauere Zeitablesung möglich. Wenn nämlich der schattenwerfende Rand glatt ist, dann ist die Zeitablesung bei niedrigem Sonnen-

stand sehr schwierig, weil der Schattenverlauf im Ablesebereich nur wenig gekrümmt ist und der am höchsten gelegene Schattenpunkt nur sehr schwer zu erkennen ist.



Abb.3: Eine sehr frühe Hutsonnenuhr ???

Athanasius Kirchers Beschreibung der Hutsonnenuhren dürfte die früheste europäische Beschreibung derartiger Sonnenuhren sein. Nicola Severino hat zwar in einer Handschrift ein Bild einer Sonnenuhr entdeckt, das sehr einer Hutsonnenuhr gleicht und viel früher ist. Zwar ist deutlich eine Art Hut erkennbar. Die Stundenlinien passen aber überhaupt nicht dazu. Es sind Stundenlinien einer Säulchensonnenuhr (Hirtensonnenuhr). Es erscheint also höchst unwahrscheinlich, dass hier eine Hutsonnenuhr dargestellt werden sollte. Das Bild stammt nach Severino aus einem (wissenschaftlichen) Buch, in dem diese Handschrift<sup>3</sup> erwähnt ist.

### Eine Variante der Hutsonnenuhr

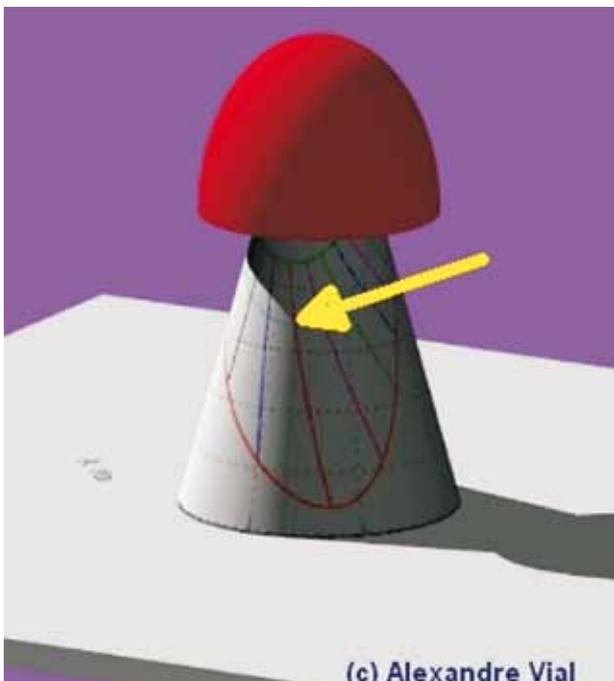


Abb.4: „Champignon-Sonnenuhr“ von A. Vial

Eine Variante der Hutsonnenuhr, die in den letzten Jahren entstanden, ist die „Champignon-Sonnenuhr“ von Alexandre Vial (Abb. 4). Es ist eine Hutsonnenuhr auf einer Kegeloberfläche. Das hat zwar Kircher auch schon vorgeschlagen. Aber Vial hat die sonst übliche Zeitablesung abgeändert: Ablesepunkt ist nämlich jene Stelle, wo der Hutschatten in den Eigenschatten der Kegeloberfläche eintritt. Der Pfeil in Abb. 4 markiert den Ort. Im Bild liegt die Ablesestelle auf der Äquinoktiallinie, und es ist 12 Uhr WOZ. Man beachte, dass bei dieser Konstruktionsart die 12-Uhr-Linie nicht senkrecht, sondern schräg nach unten verläuft, also nicht mit der sichtbaren Grenze des Eigenschattens zusammenfällt! Der Vorteil dieser Champignon-Sonnenuhr liegt darin, dass trotz glattem Hutrand die Ablesestelle immer gut erkannt werden kann.

Die Berechnung der Stundenlinien und Datumslinien ist übrigens auf Hutsonnenuhren nicht allzu schwierig. Für Zylinderflächen wurde dies bereits in einem früheren Rundschreiben behandelt.<sup>4</sup> Für die anderen Körper sind die Berechnungen in ähnlicher Weise möglich. Bei Sonnenuhren wie der Champignon-Sonnenuhr wird der Aufwand etwas größer.<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Abb. 1 und 2 aus <http://diglib.hab.de/drucke/94-2-quod-2f/start.htm> auf p. 00574. Das gesamte Buch von A. Kircher kann dort auch als pdf-Version der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel heruntergeladen werden.

<sup>2</sup> "...situatoque globo, ita ut circulus BAC meridiano tuae regionis congruat ..." (Kircher, S. 500).

<sup>3</sup> "Astronomo con alcuni strumenti" in L'Image du monde di Gautier de Metz, manuscript Ashb 114, c. 1r, aus dem 14. Jh. Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze.

<sup>4</sup> Siehe: Sonderegger, H.: Sonnenuhren auf Zylinderoberflächen. In: Rundschreiben Nr. 37/2009, S. 3 ff.

<sup>5</sup> Berechnung in: Vial, Alexandre: Cadran à chapeau à tronc conique. In Cadran Info Nr. 23, S. 124 ff.

## Ein ungewöhnlicher neuer Sonnenuhrtyp



Abb. 5: Die Staumauer von Castillon:  $\varphi = 43^\circ 52' 40''$  N,  $\lambda = 6^\circ 32' 15''$  Ost. © Savoie/EDF

Anlässlich des astronomischen Jahres 2009 wurde auf der großen Staumauer von Castillon in Südfrankreich (geogr. Breite  $\varphi = 43^\circ 52' 40''$  N, geogr. Länge  $\lambda = 6^\circ 32' 15''$  Ost) eine riesige Sonnenuhr errichtet. Denis Savoie, der Leiter der französischen Sonnenuhrgenruppe in der SAF und sein Jugendfreund Roland Lehoucq, ein Astrophysiker, hatten diese zunächst etwas verrückt anmutende Idee. Es sollte die weltweit größte Sonnenuhr (auf einer aufragenden Wand) sein. Und sie setzten die Idee auch um! Sie führten alle hierzu nötigen Vorstudien und Berechnungen durch. Gérard Baillet erstellte dazu mit dem frei verfügbaren Programm POV-Ray auf dem PC 3D-Modelle, mit denen die Berechnungen einerseits überprüft und andererseits in anschaulicher 3D-Darstellung betrachtet werden konnten.

Zur Erläuterung des Konstruktionsprinzips wollen wir zunächst einen nach Süden hin offenen Halbzylinder betrachten, der statt eines „Hutes“ eine auf der Innenseite verlaufende horizontale Balustrade, also eine Art Balkon, besitzt.

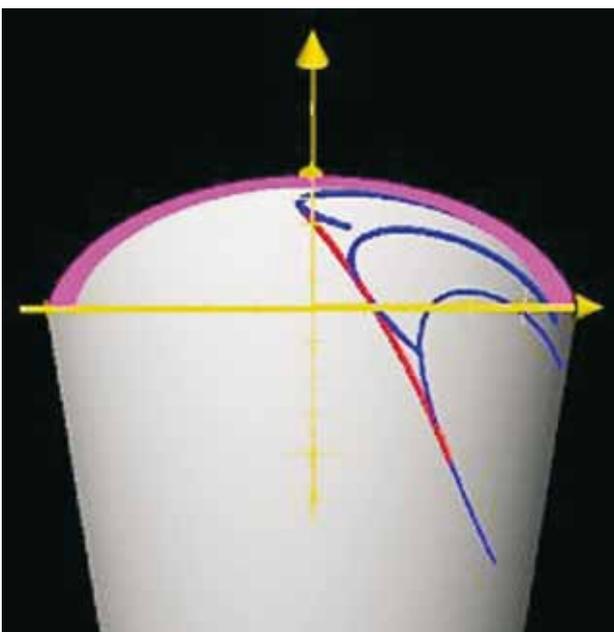


Abb. 6 : Nach Süden offener vertikaler Halbzylinder mit einer Balustrade (rosa). Blau die Schattenlinien um 15 Uhr WOZ an den Äquinoktien und an den beiden Sonnenwenden. © G. Baillet.

Denis Savoie untersuchte dazu die Schattengrenzen auf solchen Halbzylindern (und auch auf anderen Körpern) und Gérard Baillet erstellte für diese Konstruktionen die digitalen 3D-Modelle (s. Abb. 6).

Die Form der bei Besonnung der Staumauer entstehenden Schattengrenzen hängt neben dem Sonnenstand im Jahresverlauf natürlich auch von der Wölbung des Zylinders und der Breite der Balustrade ab. Abbildung 6 zeigt blau drei Schattenlinien. Es sind die Schattenlinien für 15 Uhr zu den beiden Sonnenwenden und den Äquinoktien. Die Schattenlinien für die anderen Tage fehlen hier, aber man erkennt bereits so, dass ihre Form innerhalb eines weiten Bereiches schwankt.

Die bei Hutsonnenuhren übliche Methode für die Konstruktion und Zeitablesung, nämlich jeweils den höchst gelegenen Schattenpunkt zu betrachten oder gar einen riesigen Schattenstab zu verwenden, kam für das Staudammprojekt aus mehreren Gründen nicht in Frage. Die völlig neue Idee war es nun, ob man nicht für jede Stundenlinie eine Kurve konstruieren oder berechnen könne, die um diese Uhrzeit ganzjährig jede der vorkommenden Schattenlinien wenigstens in einem Punkt berührt. In der Mathematik wird eine solche Kurve, die eine größere oder kleinere Anzahl von Kurven (hier in der Abb. 6 die blauen Schattenkurven) berührt, Enveloppe oder auch „Einhüllende“ genannt. Diese Einhüllende der blauen Schattenlinien ist in Abb. 6 rot gezeichnet. Als Stundenlinie wird sie in dieser Modelldarstellung von allen 15-Uhr-Schattenlinien berührt. Wir wollen dies an einem etwas abgeänderten Beispiel von Gérard Baillet genauer betrachten.

Gérard Baillet hat nämlich aus einem oben offenen transparenten Zylinder, einer Art Trinkbecher, eine Sonnenuhr dieser Art hergestellt (Abb. 7). Die der Sonne zugewandte Zylinder-Oberkante erzeugt einen Schatten auf der gegenüberliegenden Innenseite. In der Abbildung wird die teilweise abgeschattete und transparente Innenseite von außen betrachtet. Die Oberkante des Zylinders ist der Schattenzeiger und entspricht einer ganz schmalen Balustrade.

Im Bild erkennt man, dass die blau gezeichnete Linie für 10 Uhr die sichtbare Schattengrenze berührt. Je-ne Schattenlinien, die an anderen Tagen um 10 Uhr zu beobachten sind, haben zwar keineswegs immer die gleichen Schattengrenzen, aber immer berühren sie die blaue 10-Uhr-Linie. Die gezeichnete 10-Uhr-Stundenlinie ist also die Einhüllende aller Schattenlinien. Das im Bild unten eingeblendete 3D-Modell zeigt als Erläuterung für die gleiche Uhrzeit drei verschiedene Schattenlinien und dazu als dunkle Linie ihre Einhüllende.

Die Stundenlinien in Abb. 7 sind für den Vormittag blau und für den Nachmittag rot gezeichnet. Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, dass diese Stundenlinien keine Schattenlinien sind, sondern Linien, die zu dieser Uhrzeit von einer Schattenlinie berührt werden. Außerdem muss die Sonnenuhr immer ge-

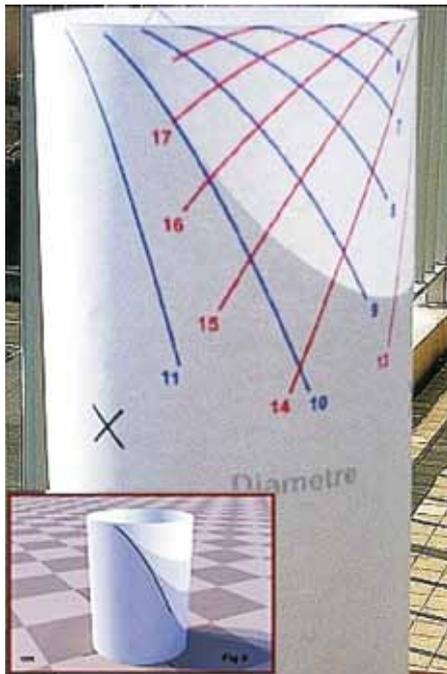


Abb. 7: Becher-Sonnenuhr. © G. Baillet

nau nach Süden ausgerichtet sein. Die Zeitablesung besteht in der Beobachtung, welche der Stundenlinien vom Schatten gerade berührt wird. Zeiten zwischen den vollen Stunden sind abzuschätzen.

Baillet schreibt, dass für derartige Sonnenuhren und ganz besonders auch für die Stauwehr eigentlich drei Fragen zu beantworten waren: a) Gibt es für jede Stunde eine Kurve, die für alle Schattenkurven des Jahres eine Einhüllende ist? b) Ist diese Einhüllende eine brauchbare Stundenlinie? c) Wie kann man eine solche Stundenlinie konstruieren?

Es ergab sich, dass man die ersten zwei Fragen bejahen konnte. Wir wollen hier der dritten Frage nachgehen, wie denn die Sonnenuhrfreunde aus Frankreich, diese kompliziert anmutenden Einhüllenden konstruiert haben. Das von ihnen gewählte Konstruktionsverfahren ist zwar in Worten etwas schwierig zu formulieren, aber letztlich faszinierend einfach. Ein Bravo dem/den Gnomonisten!

Wenn man die Sonnenstrahlen betrachtet, die zu einer bestimmten Uhrzeit auf einen Polstab fallen, so bilden sie zusammen mit dem Polstab eine Ebene - die Stundenebene. Auch an allen anderen Tagen des Jahres, aber zu gleichen Stunden, liegen die auf den Polstab einfallenden Sonnenstrahlen in dieser gleichen Ebene. In Abb. 8 sind zwei solcher Stundenebenen angedeutet, und zwar blau für die Stundenebene für 12 Uhr und rot für 17 Uhr. Mit der Verschiebung des Polstabes verschieben sich selbstverständlich auch die entsprechenden Stundenebenen. Die Sonnenuhr mit Polstab und auch die Stundenebenen dürfen also parallel verschoben werden.

Wenn man eine solche Stundenebene im Bereich des Zylinders von Abb. 6 verschiebt, so wird sie in den meisten Lagen die Zylinderoberkante an 2 Stellen schneiden. – Man kann der eigenen räumlichen Vorstellung etwas nachhelfen, wenn man das mit ei-

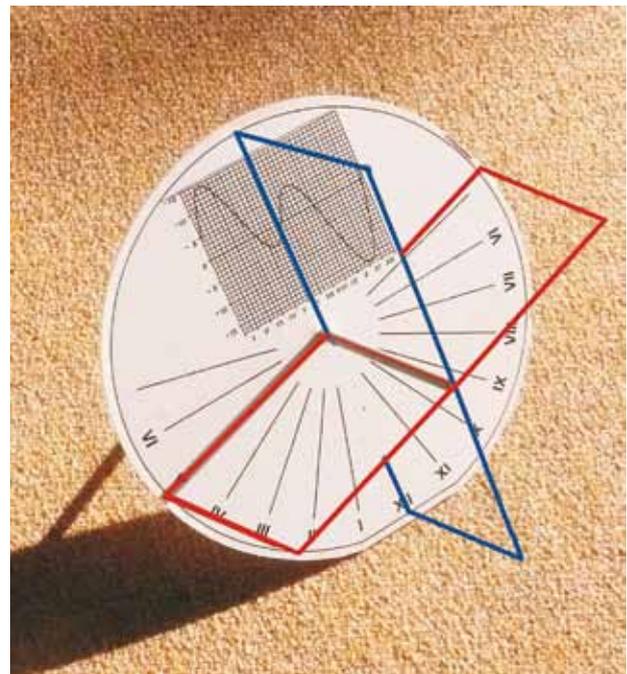


Abb. 8: Jede Stundenebene enthält den Polstab und ihre Stundenlinie (blau für 12 Uhr, rot für 17 Uhr).

nem Kartonstück als Teil der Stundenebene und einem Wasserglas, also einem oben offenen Zylinder, ausprobiert. - Es gibt aber eine Stelle, an der diese Stundenebene den Zylinder nur noch in einem einzigen Punkt der Oberkante berührt. An der Oberkante genau gegenüber berührt eine dorthin verschobene Stundenebene die Oberkante ebenso nur in einem einzigen Punkt, schneidet aber auch die Zylinderoberfläche darunter. Das bedeutet, dass es an diesem Punkt also ganzjährig Sonnenstrahlen gibt, die genau um diese Uhrzeit hier an der Oberkante vorbeistreichen und damit Teil der Schattenlinie sind.

Man könnte sagen, dass dieser Punkt an der Oberkante so zu einem winzigen Polstab für diese Stundenebene wird und die Sonnenstrahlen durch diesen Punkt auf der Zylinderoberfläche die Stundenlinie anzeigen. Etwas anders formuliert: Der Schnitt einer gegebenen Stundenebene, welche die Oberkante des Zylinders berührt, mit der Zylinderfläche ergibt die zugehörige Stundenlinie und ist auch die Einhüllende aller Schattenlinien zu dieser Uhrzeit.

Dieses ebene dargestellte Prinzip gilt nicht nur für Zylinderoberflächen, sondern es lässt sich auch auf viele andere Flächen mit offener Oberkante oder mit Balustrade ausweiten. Und genau dies ist auch die Lösung für die riesige Sonnenuhr auf dem Staudamm von Castillon! Die äußere Mauerfläche wurde dazu mit Laser-Abtastung genau erfasst. Im Großen und Ganzen ergaben sich Teile von Zylinder- und Kegeloberflächen. Die über die Stauwehr hinaus verbreiterte Dammkrone entspricht der schattengebenden Balustrade von Abb. 6. Man musste also zuerst einmal für jede Uhrzeit alle Schattenkurven betrachten und sich fragen, ob es für alle diese Schattenkurven eine Einhüllende gibt, die als Stundenlinie geeignet ist. Gérard Baillet prüfte dies, indem er mit POV-RAY ein mit den Mauerdaten übereinstimmen-

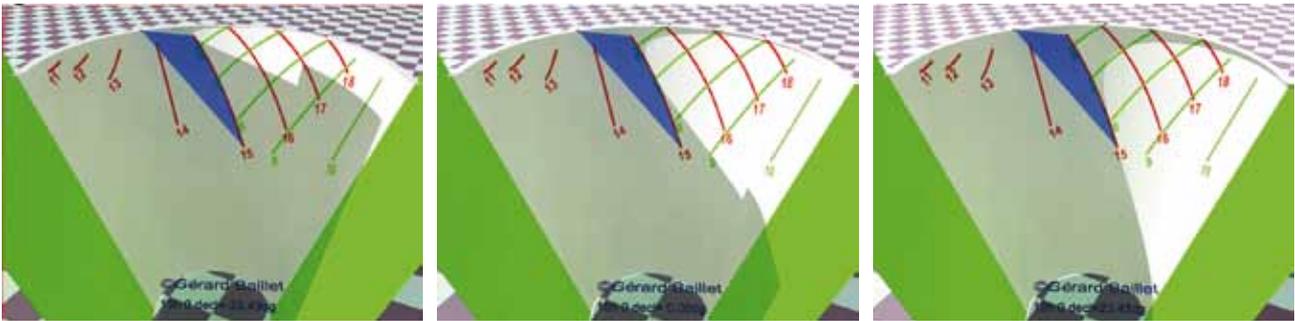


Abb. 9: In diesen drei Modelldarstellungen sind die 15-Uhr-Schattenlinien für Wintersonnenwende, Äquinoktien und Sommersonnenwende gezeichnet. Alle berühren die mit einem blauen dreieckigen Bereich hervorgehobene Stundenlinie für 15 Uhr. © G. Baillet

des 3D-Modell der Staumauer erstellt. Sein Modell bestätigt, dass man solche Einhüllende Kurven konstruieren kann und dass diese als Stundenlinien geeignet sind. Außerdem ergab sich so auch eine Übereinstimmung mit den theoretischen Berechnungen von Savoie und Lehoucq, was wiederum als Bestätigung für die Richtigkeit der Berechnungen gelten konnte.

Für die Markierung der einzelnen Stunden musste zunächst möglichst präzise der Verlauf der Balustrade und ihr Querschnitt bekannt sein, denn es galt jenen „Punkt“ der Balustrade zu finden, an dem die zugehörige Stundenebene die Kante der Balustrade berührt aber nicht schneidet.

Das Fantastische bei diesem Verfahren ist es nun, dass man von dieser einen Stelle aus die Stundenlinie in ihrer gesamten Länge einmessen kann. Im Schema von Abb. 10 ist die Stundenebene rot eingezeichnet und links auf der Mauerkrone der Punkt,

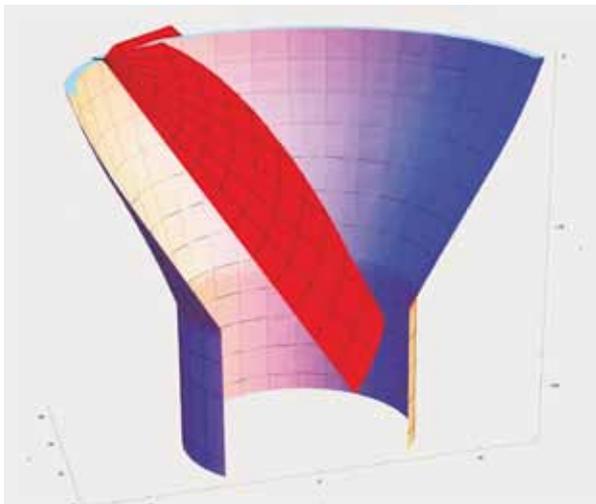


Abb. 10: Einmessung der Stundenlinien (Modell). © Savoie/EDF

in dem die Stundenebene die Mauerkrone berührt. Dort wird der Laser-Pointer aufgestellt. Man berechnet nun für die zugehörige Uhrzeit die Richtung der Sonnenstrahlen an den verschiedenen Tagen des Jahres und stellt den Laser in der rot gezeichneten Stundenebene genau auf diese Richtung ein (schwarze Linien, die von links oben weglaufen). Die Stellen, die der Laser auf der Staumauer markiert, ergeben die Stundenlinie.

Abb. 11 lässt ein wenig die Schwierigkeit erkennen, die Stundenlinien auf dem Staudamm zu markieren. Für die Vormittagsstunden wurden ockerfarbene Tafeln verwendet, für die Nachmittagsstunden grüne. Die Montage dieser recht großen Platten war sicher keine Kleinigkeit. Alle Platten zusammen wiegen immerhin ungefähr 2,5 Tonnen.



Abb. 11: Stundenmarkierung an der Staumauer. © Savoie/EDF

#### Quellen:

Sonderegger, Helmut: Sonnenuhren auf Zylinderoberflächen. In Rundschreiben 37, S. 3-7.

Baillet, Gérard: Cadran solaire sur un barrage. Cadran Info Nr. 19, S. 14 ff.

Baillet, Gérard: Cadran cylindrique, sans style. Cadran Info Nr. 20, S. 9 ff. und Cadran Info 23, S. 19 ff.

Savoie, Denis: Les cadrans solaires à corniche. Cadran Info Nr. 19, S. 19 ff. (allg. Untersuchung ü. neuen Typ)

Savoie, Denis: Le Cadran solaire du barrage de Castillon. Cadran Info 20, S. 56 ff.

Savoie, Denis: Les Cadrans solaires à chapeau. Cadran Info 22, S. 72 ff.

Vial, Alexandre: Théorie du cadran à chapeau. Cadran Info 20, S. 110 ff.

Vial, Alexandre: Cadran à chapeau à tronc conique. Cadran Info 23, S. 124 ff.

Der Autor dankt Gérard Baillet, Denis Savoie, Nicola Severino, Alexandre Vial und EDF für die Überlassung von Modellbildern und Fotos und für die Zustimmung zur Veröffentlichung.

In Abb. 12 erkennt man gut die Balustrade der Stau-mauerkrone. Sie ist Schattenzeiger (und nicht der unter der Mauerkrone erkennbare Rundgang mit Geländer!). Die Schattengrenze und grünen Markierungen der Stundenlinien für den Nachmittag sind deutlich zu erkennen, die ockerfarbenen Stundenlinien für den Vormittag sind in diesem Bild nicht so gut sichtbar. Die Sonnenuhr zeigt 9:00 Uhr vormittags. Der eingezeichnete Pfeil weist auf die Stelle, wo die ockerfarbene Stundenlinie vom Schatten be-

rührt wird. Zum Vergleich daneben das Ergebnis für die gleiche Uhrzeit im Modell von Baillet (Abb. 13). Die blau-roten Strahlen im Modell deuten die Laserstrahlen an, mit denen die 15-Uhr-Linie markiert wird.

Am Nachmittag wächst der Schatten von links her in die Staumauer hinein. Abb. 14 zeigt den Schattenverlauf etwas vor 13 Uhr. Die Schattenkurve dürfte die grüne Stundenlinie etwa bei der rotbraunen Pfeilmarke berühren.



Abb. 12 und 13: Die Sonnenuhren zeigen 9 Uhr. © Savoie/EDF, © G. Baillet



Abb. 14: Die Sonnenuhr auf der Staumauer zeigt kurz vor 13 Uhr. © Savoie/EDF