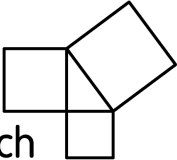


Jörg Meyer

Die Sonnenuhr und ihre Theorie

Verlag
Harri
Deutsch 

Der Autor

Dr. Jörg Meyer lehrte Physik an der Universität Paderborn.

Die Webseite zum Buch

<http://www.harri-deutsch.de/1824.html>

Der Verlag

Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH

Gräfststraße 47

60486 Frankfurt am Main

verlag@harri-deutsch.de

www.harri-deutsch.de

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8171-1824-3

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches – oder von Teilen daraus – sind vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

Zu widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

1. Auflage 2008

©Wissenschaftlicher Verlag Harri Deutsch GmbH, Frankfurt am Main, 2008

Druck: betz-druck GmbH, Darmstadt <www.betz-druck.de>

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	vii
1. Astronomische Grundlagen	1
1. Die Bahn der Erde um die Sonne	3
1.1. Einleitung	3
1.2. Die KEPLERSchen Gesetze	3
1.2.1. Das erste KEPLERSche Gesetz	3
1.2.2. Das zweite KEPLERSche Gesetz	7
1.2.3. Zusammenfassung der Formeln der Bahnbewegung	12
1.2.4. Störung der Elemente	13
2. Astronomische Bezugssysteme	15
2.1. Richtungsdreibeine	15
2.1.1. Das Horizontdreibein	17
2.1.2. Das erdfeste Äquatordreibein	18
2.1.3. Das sternfeste Äquatordreibein	19
2.1.4. Das Ekliptikdreibein	20
2.2. Richtungen auf der Himmelskugel	21
2.2.1. Astronomische Richtungswinkel	21
2.2.2. Richtungswinkel im Horizontdreibein	22
2.2.3. Richtungswinkel im erdfesten Äquatordreibein	22
2.2.4. Richtungswinkel im sternfesten Äquatordreibein	23
2.2.5. Richtungswinkel im Ekliptikdreibein	23
2.3. Astronomische Dreibeine am gleichen Ort	24
2.3.1. Der Zusammenhang zwischen den Dreibeinen	24
2.3.2. Der Zusammenhang zwischen den Winkeln	26
2.4. Ortsabhängigkeit der astronomischen Dreibeine	29
2.4.1. Das geographische Dreibein	29
2.4.2. Ortsabhängigkeit des Horizontdreibeins	31
2.4.3. Die Ortsabhängigkeit des erdfesten Äquatordreibeins	32
2.4.4. Die Ortsabhängigkeit des Stundenwinkels	32
2.4.5. Die Ortsabhängigkeit astronomischer Bezugssysteme	32
2.5. Präzession und Nutation	33

3. Die Bahn der Sonne um die Erde	35
3.1. Der Sonnenstand	35
3.1.1. Der Sonnenstand im Ekliptikdreibein	36
3.1.2. Der Sonnenstand im sternfesten Äquatordreibein	38
3.1.3. Der Sonnenstand im erdfesten Äquatordreibein	39
3.1.4. Der Sonnenstand im Horizontdreibein	39
3.2. Qualitative Diskussion der Sonnenbewegung	40
3.3. Sonnendeklination und Datum	41
3.4. Der Tierkreis	43
3.5. Der Stundenwinkel der Sonne	45
3.5.1. Die Geschwindigkeit der Sonne im Stundenwinkel	45
3.5.2. Mittlerer Stundenwinkel der Sonne und Zeitgleichung	46
3.5.3. Zeitgleichung und Rektaszension der Sonne	49
3.5.4. Säkulare Variation der Zeitgleichung	51
3.5.5. Zeitgleichung und Sonnendeklination (Datum)	53
3.6. Sonnenauf- und -untergang	55
3.6.1. Der mittlere Stundenwinkel des Sonnenauf- und -untergangs	58
3.6.2. Der Azimut des Sonnenauf- und -untergangs	60
3.7. Kulmination und Meridiandurchgang der Sonne	61
3.8. Der wahre Tagesbogen der Sonne	64
3.9. Feinheiten	65
3.9.1. Die Parallaxe	65
3.9.2. Die Lichtbrechung	65
3.9.3. Der endliche Durchmesser der Sonne	67
3.9.4. Die Abplattung der Erde	68
3.10. Hilfsmittel zur Berechnung der Sonnenkoordinaten	70
II. Die Zeit	73
4. Zeitmaße	75
4.1. Einführung	75
4.2. Sonnenzeiten	77
4.2.1. Die temporale Zeit τ	77
4.2.2. Wahre Sonnenzeiten	77
4.2.3. Die mittlere Sonnenzeit \bar{t}	79
4.2.4. Die Ephemeridenzeit (ET)	80
4.3. Sternzeiten (siderische Zeiten)	80
4.4. Die Atomzeit	83
4.4.1. Die Internationale Atomzeitskala (TAI)	83
4.4.2. Die Hybridzeit	83
4.5. Zeitzonen und Zonenzeiten	84
4.6. Das julianische Datum (JD)	86

5. Aus der Geschichte der Stundenzählung	91
5.1. Die Zeitrechnung der Antike	91
5.1.1. Frühe Formen der Zeitrechnung	91
5.1.2. Das Schattenmaß	91
5.1.3. Die temporalen Stunden	93
5.1.4. Die kanonischen Stunden	95
5.2. Die neue Uhr	97
5.2.1. Die italienische Uhr	99
5.2.2. Die Nürnberger Uhr	101
5.2.3. Die wahre Sonnen- oder Ortszeit	101
5.3. Die Abkehr von der Sonne als Uhrennormal	102
5.3.1. Die mittlere Sonnen- oder Ortszeit	102
5.3.2. Die Sternzeit	105
5.4. Die Vereinheitlichung der Zeitmessung	106
5.4.1. Die dezimale Uhr	106
5.4.2. Zeitzonen und Zonenzeiten	106
5.5. Die Entwicklung der modernen Zeitmessung	109
5.5.1. Pendel- und Quarzuhren	109
5.5.2. Die Atomuhr	110
5.5.3. Die Ephemeridenzeit	111
5.5.4. Die Atomsekunde	114

III. Sonnenuhren **117**

6. Die Theorie der Sonnenuhr	119
6.1. Den Dingen einen Namen geben	119
6.2. Die Schattengleichung	121
6.3. Die Schattenprojektion \mathcal{S} des Zeigers	124
6.4. Die Schattenprojektion \mathcal{G} des Sonnenstandes	128
6.4.1. Eigenschaften der Schattenprojektion \mathcal{G}	128
6.4.2. Die Schattenprojektion \mathcal{G} als Zentralprojektion	128
6.5. Die projektive Verwandtschaft der Zifferblätter	136
6.6. Das Zifferblattsystem	137
6.6.1. Das Äquator-Zifferblattsystem	139
6.6.2. Das Horizont-Zifferblattsystem	144
6.6.3. Horizont- und Äquator-Zifferblattsystem	148
6.7. Einrichten des Zifferblattes	151
6.8. Die Kenngrößen gängiger Sonnenuhren	153
6.9. Schattenprojektion von Kreisen	159
6.9.1. Die Schattenprojektion eines Großkreises	160
6.9.2. Die Schattenprojektion beliebiger Kreise	164
6.10. Der Kernschatten eines zylindrischen Stabes	174
6.11. Der Kernschatten einer Kugel	181

7. Einäugige Sonnenuhren	185
7.1. Die Sonne und die Sonnenuhr	185
7.2. Die Linien konstanten Stundenwinkels	186
7.2.1. Die Stundenlinien im Äquator-Zifferblattsystem	187
7.2.2. Die Stundenlinien im Horizont-Zifferblattsystem	189
7.2.3. Legende zu den Lineaturen	191
7.2.4. Allgemeine Eigenschaften der Stundenlinien	193
7.2.5. Rekonstruktion der Zifferblattnormalen	206
7.2.6. Stundenlinien ausgewählter Zifferblätter	209
7.3. Die Linien mittlerer Ortszeit	214
7.3.1. Parametrische Darstellung der Linien mittleren Stundenwinkels	216
7.4. Deklinationslinien	217
7.4.1. Allgemeine Eigenschaften	217
7.4.2. Tierkreislinien, Datumslinien, Linien konstanter Tageslänge	222
7.4.3. Deklinationslinien ausgewählter Zifferblätter	224
7.5. Azimut- und Höhenlinien	229
7.5.1. Allgemeine Eigenschaften	229
7.5.2. Die Linien für ein beliebig orientiertes Zifferblatt	229
7.5.3. Azimut- und Höhenlinien ausgewählter Zifferblätter	233
7.5.4. Der Azimut des Zifferblattes	238
7.5.5. Die <i>Qibla (Quiblah)</i>	241
7.6. Italienische und babylonische Stundenlinien	243
7.6.1. Allgemeine Eigenschaften	244
7.6.2. Die Gleichung der Stundenlinien	250
7.6.3. Die Einhüllende der Stundenlinien	251
7.6.4. Stundenlinien ausgewählter Zifferblätter	254
7.6.5. Linien wachsender Tageslänge	258
7.7. Sternzeitlinien	259
7.7.1. Allgemeine Eigenschaften	259
7.7.2. Die Gleichung der Sternzeitlinien	261
7.7.3. Weitere Eigenschaften	263
7.7.4. Sternzeitlinien auf ausgewählten Zifferblättern	267
7.7.5. Der Aszendent	270
7.8. Die Linien konstanter Planetenstunde	272
7.9. Die temporalen Stundenlinien	276
7.9.1. Das VITRUVSche Analemma	281
7.10. Die himmlischen Häuser	283
7.10.1. Die Darstellung der Häuser auf der Sonnenuhr	286
7.10.2. Himmlische Häuser auf ausgewählten Zifferblättern	288
7.11. Islamische Gebetslinien	291
7.11.1. Geschichtliche Grundlagen	291
7.11.2. Parametrische Darstellung der Gebetslinien	293
7.12. Sonnenuhren auf gekrümmten Zifferblättern	295
7.12.1. Kugeluhren	295
7.12.2. Kegeluhrn	302

7.12.3. Zylinderuhr	305
8. Richtungssonnenuhren	307
8.1. Vorbemerkungen	307
8.2. Der Drehsinn des Schattens	308
8.3. Die Winkelgeschwindigkeit des Schattens	313
8.4. Das Urbild des Stabschattens	315
8.5. Schattenrichtung und Sonnenstand	316
8.5.1. Erdachspareller Schattenstab	316
8.5.2. Beliebiger orientierter Schattenstab	318
8.6. Die Sonnenspinne	319
8.7. Richtungssonnenuhren mit einem Stundenmesser	322
8.7.1. Fester Schattenstab	323
8.7.2. Verrückbarer Schattenstab	324
8.7.3. Verrück- und neigbarer Schattenstab	326
8.8. Die analemmatische Sonnenuhr	330
8.8.1. Das Zifferblatt analemmatischer Sonnenuhren	332
8.9. Die LAMBERTSche Sonnenuhr	335
8.9.1. Die LAMBERTSche Doppelzeigeruhr	338
8.9.2. Die LAMBERTSche Doppelzeigeruhr für ausgewählte Zifferblätter	339
8.10. Verbundene Sonnenuhren	342
8.10.1. Parallele Schattenwerfer	344
8.10.2. Gegeneinander geneigte Schattenwerfer	346
9. Höhen-Sonnenuhren	349
9.1. Eigenschaften der Höhen-Sonnenuhren	349
9.2. Die horizontale Höhen-Sonnenuhr	352
9.3. Die äquatoriale Reisesonnenuhr	354
9.4. Vertikale Höhen-Sonnenuhren	356
9.5. Vertikale Höhen-Sonnenuhren (beweglicher Zeiger)	358
9.5.1. Die gemeine Höhen-Sonnenuhr	358
9.5.2. Kreisförmige Deklinationslinien	362
9.6. Vertikale Höhen-Sonnenuhren (fester Zeiger)	364
9.6.1. Vertikale Deklinationslinien	364
9.6.2. Strahlenförmige Deklinationslinien	366
10. Streiflicht-Sonnenuhren	375
10.1. Allgemeine Theorie	375
10.2. Sonnenuhr nach römischem Muster	377
10.3. Der Quadrant	379
10.3.1. Der Quadrant des SACROBOSCO	382
10.3.2. Der <i>Quadrans juxta veterum</i>	384
10.3.3. Quadranten mit geraden Stundenlinien	385
10.3.4. Der Astrolabquadrant	390
10.3.5. Der moderne Quadrant	391

10.4. Das <i>Quadratum horarium generale</i> (allgemeines Uhrtäfelchen)	392
10.4.1. Das Uhrtäfelchen nach APIANUS	398
10.4.2. Das vereinfachte Uhrtäfelchen	400
11. Ungewöhnliche Sonnenuhren	403
11.1. Die Bifilar-Sonnenuhr	403
11.1.1. Die Beschreibung der Bifilaruhr	403
11.1.2. Die Schattenprojektion β des Sonnenstandes	405
11.1.3. Die Verwandtschaft zur einäugigen Sonnenuhr	408
11.1.4. Die Länge der Drähte	412
11.1.5. Die horizontale Bifilaruhr	413
11.2. Die Minutenwalze	416
11.2.1. Grundlagen	416
11.2.2. Die Minutenwalze mit äquatorialem Zifferblatt	421
Nachwort	427