

Das Astrolabium

von Martin Brunold und Torsten Hiller

Das *Astrolabium planisphaerium* wurde antiken Quellen zufolge um 150 v. Chr. von Hipparchos erfunden, womöglich bereits von Apollonius von Perga um 240 v. Chr. Jedoch existieren keine materiellen Zeugnisse, so dass die Zuschreibung fragwürdig ist und sich wohl nur auf die stereographische Projektion bezieht, die im Hellenismus bekannt war. Umfassend wird die zugrundeliegende Mathematik erst im *Planisphaerium* des Klaudios Ptolemaios (2. Jhd. n. Chr.) dargelegt. Ob ihm auch das Instrument bekannt war, ist unter spätantiken Autoren ebenso umstritten wie in der jüngeren Forschung (vgl. Neugebauer 1949, S. 241 f. u. Zinner 1947, S. 10 f.). Dagegen verfügte Theon von Alexandria (4. Jhd.) sicher über ein Astrolabium.

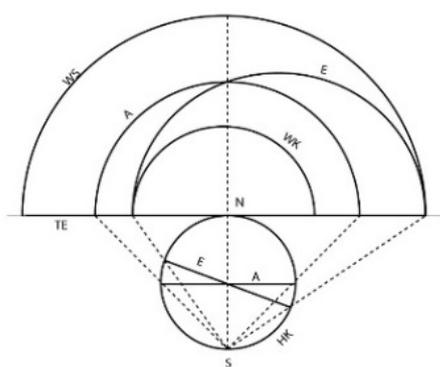
Das Astrolabium ermöglicht astronomische Beobachtungen und Berechnungen und dient zur Veranschaulichung von Himmelsbewegungen. Astronomische Erkenntnisse bildeten zugleich die Basis für Astrologie, Mantik und theologische Kosmologien, die historisch kaum von den exakten Wissenschaften zu trennen sind. Die ältesten überlieferten Instrumente stammen aus dem 10. Jahrhundert und wurden im persisch-arabischen Raum hergestellt, während sich europäische Astrolabien erst ab dem frühen 13. Jahrhundert erhalten haben. Sie blieben rar, waren aber während der Spätantike in Gebrauch, wie Schriften des Alexandriner Johannes Philoponos (5. Jhd.) sowie der Kompilatoren Severus Sabokt (7. Jhd.) und al-Ya'qūbī (8. Jhd.) belegen. Nach der Eroberung Alexandrias im Jahr 642 entwickelten islamische Gelehrte das Instrument fort, wobei der Mathematiker und Astronom el-Fezârī (8. Jhd.) aus Bagdad die ersten Astrolabien der muslimischen Welt konstruiert haben soll. Möglicherweise war er es auch, der das verlorene Astrolabium für Karl den Großen baute, von dem Einhard berichtet; jedenfalls handelte es sich mit großer Sicherheit um ein Instrument aus dem arabischen Kulturkreis. Genaue Beschreibungen und Baupläne gelangten seit dem späten 10. Jahrhundert ins Abendland, zunächst aus dem maurischen Cordoba (Zinner 1947, S. 17 legt als Quelle Maslama al-Madschritis Abhandlung nahe) über Lupitus von Barcelona zu Gerbert von Aurillac (dem späteren Papst Silvester II.), wenig später durch jüdische Gelehrte nach Italien. Ihre allgemeine Verbreitung setzte jedoch erst im Hochmittelalter und der Renaissance ein.

Wie Mittelstrass (1989, Sp. 1710) darlegt, erlaubt »das ptolemäische System« – auf dem Astrolabien beruhen – »abgesehen von der Merkurbewegung (...) eine exakte Beschreibung der Planetenbahnen, die selbst von J. Keplers System nur wenig übertroffen wird.«

Daher blieben die Instrumente trotz der kopernikanischen Wende für die Praxis brauchbar und wurden in Europa bis zum 18. Jahrhundert verwendet, in Arabien bis zum 19. Jahrhundert.

Die stereographische Projektion

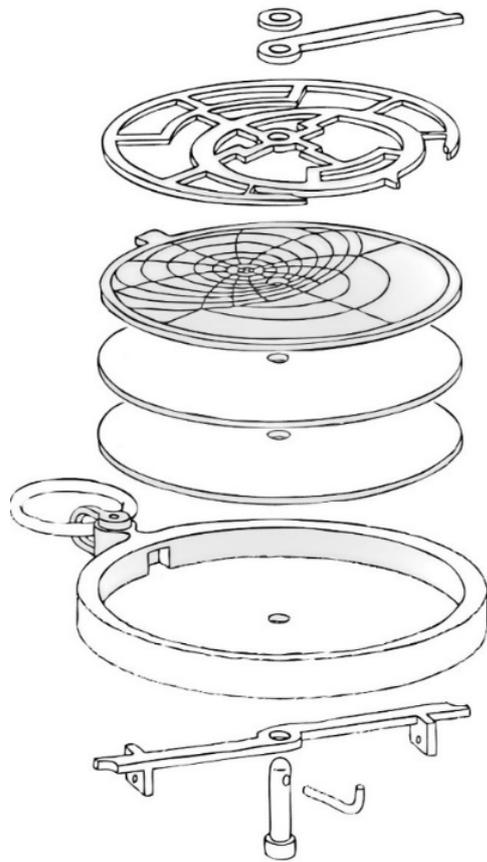
Das Astrolabium ist ein Erde-Himmel-Modell mit feststehender Erde und sich drehendem Sternhimmel. Moderne Sternkarten beruhen auf dem gleichen Prinzip, nur steht hier, dem kopernikanischen System entsprechend, der Himmel fest, wogegen die terrestrischen Bezugslinien beweglich sind (Horizont, Höhenkreise, Azimutlinien). Das Astrolabium gründet jedoch auf der geozentrischen Weltvorstellung des Ptolemaios. Ein weiterer Unterschied resultiert aus dem Blickwinkel: Mit einem Astrolabium werden die Sternpositionen so dargestellt, als betrachte man den Sternhimmel von außen, also gleichsam aus der Gottesperspektive. Damit liefert es gegenüber den heutigen Sternkarten eine spiegelverkehrte Anordnung. Die vollständige Bezeichnung *Astrolabium planisphaerium* weist auf das Hauptproblem hin, nämlich auf die Darstellung der Himmelskugel auf einer Ebene. Dazu wird die stereographische Projektion benötigt. (Notabene: Entgegen eines verbreiteten Irrtums wusste man in der Antike, dass die Erde ein Globus ist und keine Scheibe.)



- A Äquator
- E Ekliptik, 23,5 ° zum Äquator geneigt
- S Himmels-Südpol
- N Himmels-Nordpol
- HK Himmelskugel
- WK Wendekreis Krebs
- WS Wendekreis Steinbock
- TE Tangentialebene (Projektionsebene)

Abb. 1: Die stereographische Projektion

Die Kreise der Himmelskugel werden aus dem Südpol auf eine senkrecht zur Himmelsachse stehende Ebene projiziert, z. B. die Ebene durch den Äquatorkreis oder die Tangentialebene durch den Himmels-Nordpol.



Ostensor (Zeiger)

Rete (Drehbare Sternkarte, hier ohne Sternspitzen)

Tympana (Sg. Tympanon; Einlagescheiben mit Koordinatennetzen)

Mater (Grundfläche), Limbus (Rand) mit fixiertem Thron, beweglichem Bügel und Armilla (Aufhängering)

Alhidade (Doppelzeiger) mit Absehen und Visurlöchern.

Achsbolzen und Splint

Abb. 2: Die Teile des Astrolabiums

Am Limbus ist der häufig verzierte Thron verlötet oder vernietet, seltener verschraubt. Er hält den beweglichen Bügel, der wiederum die Armilla aufnimmt, so dass zwei Gelenke ein vertikales Auspendeln ermöglichen. Die Mater dient zur Aufnahme der Tympana sowie der darüber drehbaren Rete mit ekliptischer Sonnenbahn und Sternspitzen. Bei europäischen Instrumenten befindet sich auf der Rete der Ostensor.

Die Rückseite des Astrolabiums, das Dorsum, verfügt meist über einen Kalender- und Ekliptik-Kreis und eine 360°-Teilung am Rand. Darüber dreht sich die Alhidade mit den beiden Absehen und ihren Visurlöchern. Mit ihnen sind Höhenmessungen möglich, wobei das Instrument an der Aufhängung in die Höhe gehalten wird. Rete, Alhidade und Ostensor drehen sich um einen Achsbolzen, der mit einem Splint (auch *Pferdchen* oder *Fars* genannt) gesichert wird.

Die Vorderseite

Der Limbus ist bei westlichen Instrumenten in zweimal zwölf Äquinoktialstunden zu je 15° geteilt. Meist trägt er eine zusätzliche 360°-Skala. In der Mater liegen die auswechselbaren Tympana mit den terrestrischen Bezugslinien. Jede Seite eines Tympanons gilt nur für eine geographische Breite. Die bereits beschriebene stereographische Projektion aus dem Himmels-Südpol wird auch auf den Tympana angewendet. Projiziert werden die Horizontalkoordinaten des Beobachterstandpunktes: Horizont, Höhenkreise und Azimutlinien (die bei östlichen Instrumenten gelegentlich fehlen).

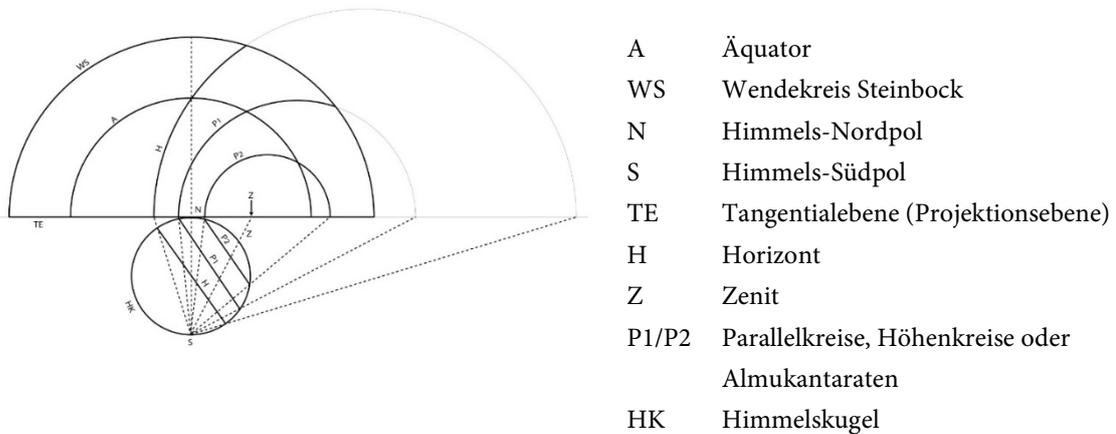


Abb. 3: Stereographische Projektion aus dem Südpol, Horizont und Parallelkreise (Almukantaraten)

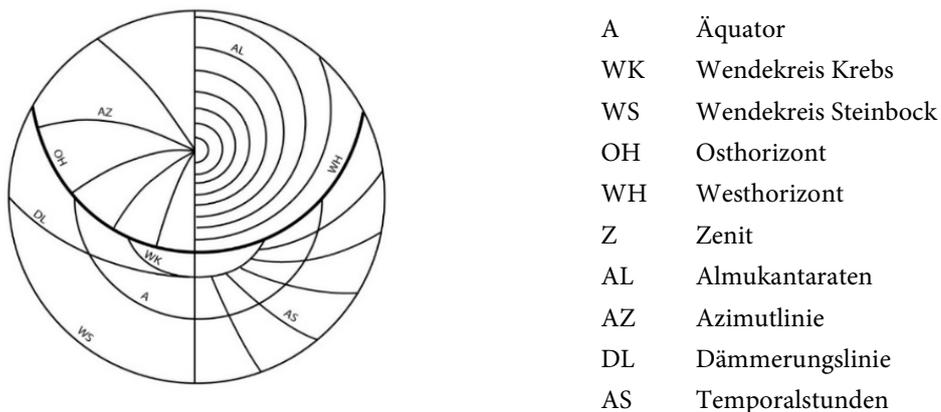


Abb. 4: Gravur des Tympanons

Hauptkreis ist der Horizont. Innerhalb Horizontbogens liegen die exzentrischen Höhenkreise oder Almukantaraten, die bis zum Zenit aufsteigen, also dem Punkt senkrecht über dem Beobachter. Rechtwinklig zu Horizont und Almukantaraten stehen die Azimutkreise, die sich im Zenit treffen. Ein besonderer Kreis, die Dämmerungslinie (sie ist nicht auf allen Instrumenten graviert), liegt mit einem Abstand von 12° oder 18° außerhalb des Horizontes. Wenn sich die Sonne im Tageslauf zwischen dieser Linie und dem Horizont befindet, herrscht Dämmerung.

Im Nachtbereich unterhalb des Horizontkreises finden sich oft die Linien der ungleichen Stunden, auch Temporalstunden genannt. So kann die jahreszeitabhängige Tages- bzw. Nachtlänge in zwölf gleiche Abschnitte geteilt werden. Häufig sind auch die astrologischen Häuser markiert.

Über den Tympana dreht sich die Rete mit exzentrischer Sonnenbahn (Ekliptik) und den Sternspitzen im Uhrzeigersinn. Die Rete stellt also die eigentliche Himmelskarte dar, die beim klassischen Astrolabium allerdings nur bis zum Wendekreis des Steinbocks reicht. Die Drehung der Rete bildet die scheinbare Drehung des Himmelsgewölbes über dem Horizontkreis nach. Mit dem obenliegenden Ostensor, der oft eine Deklinationsskala trägt, wird der Sonnenort entsprechend der Jahreszeit auf der Ekliptik eingestellt und am Rand die sogenannte wahre Ortszeit (WOZ) abgelesen.

Die Rückseite

Die Rückseite weist drei Kreisteilungen auf. Außen liegt der 360°-Kreis, meist in 90°-Abschnitte geteilt. Zusammen mit den beiden Lochabsehen der Alhidade ermöglicht er Höhenmessungen. Innen folgt der Tierkreis, die Ekliptik. In Verbindung mit dem dritten Kreis, dem Kalenderkreis, kann damit der Ort der Sonne auf der Ekliptik für ein bestimmtes Datum abgelesen werden. Instrumente, die vor der gregorianischen Kalender-Reform von 1582 gebaut wurden, weichen um etwa zehn Tage vom modernen Kalender ab. So fällt der Frühlingsbeginn bei älteren Astrolabien auf den 10. oder 11. März. Bei europäischen Instrumenten findet sich in der Regel oben das Diagramm der ungleichen Stunden und unten das Schattenquadrat, mit dem trigonometrische Messungen und Berechnungen durchgeführt werden. Im Prinzip handelt es sich um Cotangens-Skalen.

Das Schattenquadrat

Das Schattenquadrat weist eine gleichmäßige Zwölfteilung der waagerechten und senkrechten Seiten auf und dient terrestrisch-trigonometrischen Messungen und Berechnungen. Für die Höhenmessung mit dem Schattenquadrat wird der Höhenwinkel eines Turmes mit der Alhidade gemessen. Im Beispiel liest man auf der senkrechten Teilung den Bruchwert 7/12 ab. Die horizontale Distanz zum Turm muss bekannt sein, hier sind es 84 Schritte. Folglich beträgt die Turmhöhe 7/12 von 84 Schritten, also 49 Schritte. Die rechte Hälfte des Schattenquadrates zeigt dessen Zusammenhang mit der Cotangens-Funktion am Beispiel eines 30°-Winkels. (Auf arabischen Astrolabien findet sich statt des Schattenquadrates oft eine kreisförmige, sich verengende Skala.)

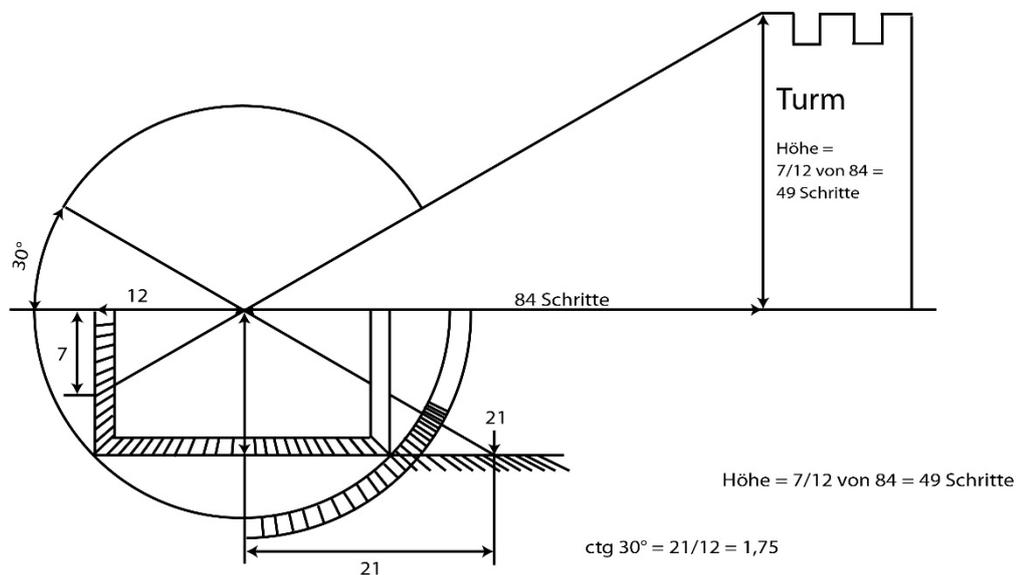


Abb. 5: Beispiel für die Arbeit mit dem Schattenquadrat (Je nach Instrument können sich Abweichungen von einigen Minuten bzw. Graden ergeben.)

Die Sonne

Der Ort der Sonne auf der Ekliptik wird entsprechend dem Datum auf der Rückseite des Astrolabiums abgelesen und mit dem Ostensor auf dem exzentrischen Ekliptik-Kreis der Rete fixiert. Mit dem so gefundenen Ekliptikpunkt können die Zeiten von Sonnenaufgang und -untergang und damit auch die Tages- und Nachtlänge, die Kulminationshöhe der Sonne etc. bestimmt werden. Voraussetzung ist, dass die Einlegescheibe mit der entsprechenden geographischen Breite unter der Rete liegt. Wird die Höhe der Sonne mit der Alhidade auf der Rückseite anvisiert und der Sonnenort der Rete auf die der Messung

entsprechende Almukantarate gedreht, kann am Rand mithilfe des Ostensors die wahre Ortszeit (WOZ) abgelesen werden. (Wie bereits erwähnt, weichen Instrumente aus der Zeit vor der gregorianischen Kalenderreform um ca. zehn Tage vom modernen Jahreskreis ab.)

Allerdings vergeht die wahre Ortszeit aufgrund der Achsrotation und der nicht konstanten Bahngeschwindigkeit der Erde ungleichmäßig. Sie muss daher in die mittlere Ortszeit korrigiert werden. Dazu sind – abgesehen von der selbstverständlichen Beachtung von Sommer- und Winterzeit – zwei Schritte erforderlich. Zunächst muss die Differenz zwischen wahrer Ortszeit und mittlerer Ortszeit mithilfe der Zeitgleichung ZG berechnet werden. Außerdem muss die Abweichung von Ortszeit und Zonenzeit in Rechnung gestellt werden, die vom geographischen Längengrad des Beobachtungsortes abhängig ist.

Die Zeitgleichung

Die Werte der Zeitgleichung ZG sind in Minuten angegeben. Mit ihnen lässt sich die wahre Ortszeit (gemessen mit Astrolabium oder Sonnenuhr) in die mittlere Ortszeit korrigieren.

Monat	Tag	Zeichen	Grad	ZG	Monat	Tag	Zeichen	Grad	ZG
Jan.	10	Capricornus	20°	+07	Juli	10	Cancer	18°	+05
	20	Aquarius	01°	+11		20	Cancer	27°	+06
	31	Aquarius	11°	+13		31	Leo	08°	+06
Feb.	10	Aquarius	22°	+14	Aug.	10	Leo	17°	+05
	20	Pisces	02°	+14		20	Leo	27°	+03
	28	Pisces	10°	+13		31	Virgo	07°	0
März	10	Pisces	20°	+10	Sept.	10	Virgo	17°	-03
	20	Aries	0°	+07		20	Virgo	27°	-07
	31	Aries	11°	+04		30	Libra	08°	-10
April	10	Aries	21°	+01	Okt.	10	Libra	18°	-13
	20	Taurus	01°	-01		20	Libra	28°	-15
	30	Taurus	10°	-03		31	Scorpius	09°	-16
Mai	10	Taurus	20°	-03	Nov.	10	Scorpius	19°	-16
	20	Taurus	29°	-03		20	Scorpius	29°	-14
	31	Gemini	10°	-02		30	Sagittarius	09°	-11
Juni	10	Gemini	20°	-01	Dez.	10	Sagittarius	19°	-07
	20	Gemini	29°	+02		20	Sagittarius	29°	-02
	30	Cancer	09°	+04		31	Capricornus	10°	+03

Beispielrechnung für die geographische Breite 48° N

Am Vormittag des 23. August steht die Sonne 36° über dem Horizont. Um wie viel Uhr fand die Messung statt?

1. Der Sonnenort auf der Ekliptik steht nach der Datumskorrektur auf Virgo 0°.
2. Die Rete wird auf die 36°-Almukantarate gedreht (linke Hälfte des Tympanons = Vormittag). Der Ostensor zeigt auf dem Limbus die wahre Ortszeit: 08.48 Uhr.

3. Korrekturen

Wahre Ortszeit	08 h	48 min
Zeitgleichung 23. August	+	03 min
Zonendifferenz, z. B. zur Zentralschweiz	+	27 min
Mittlere Ortszeit	09 h	18 min
(Sommerzeit	10 h	18 min)

Die Sterne

Der Sonnenort wird mit der Rete auf der Ekliptik dem Datum entsprechend eingestellt. (Korrektur des Datums wie bei der Sonne.) Nun lassen sich die Zeiten von Aufgang, Kulmination und Untergang eines Fixsterns bestimmen, außerdem der genaue Ort im Horizont-Koordinatensystem, sofern für diesen Stern eine Positions-Spitze auf der Rete vorhanden ist. Die Höhenmessung eines bekannten Sterns ermöglicht die Zeitbestimmung in der Nacht, indem die Sternspitze auf die betreffende Almukantarate eingestellt wird. Zeitgeber ist nicht der Stern, sondern, bei unveränderter Lage der Rete, der Sonnenort auf der Ekliptik. Bei der Anwendung des Astrolabiums als Sternenuhr sind folgende Korrekturen zu beachten:

1. Präzession: Pro Jahrhundert verschieben sich die Sternpositionen parallel zur Ekliptik um ca. 1,3° in östliche Richtung. Diese 1,3° entsprechen ca. 5 Zeitminuten. Je nach Alter des Instruments (bzw. der beim Bau verwendeten Sternliste) müssen zur gemessenen Zeit fünf Minuten pro Jahrhundert addiert werden, um die heutige wahre Ortszeit zu erhalten. Diese Präzessions-Korrektur gilt nur näherungsweise, da sich die Sternpositionen im Laufe der Jahrhunderte auch in der Deklination verändern.
2. Zeitzone-Korrektur: Die Differenz von wahrer Ortszeit und Zonenzeit ist abhängig von der geographischen Länge des Beobachtungsortes.

Beispielrechnung

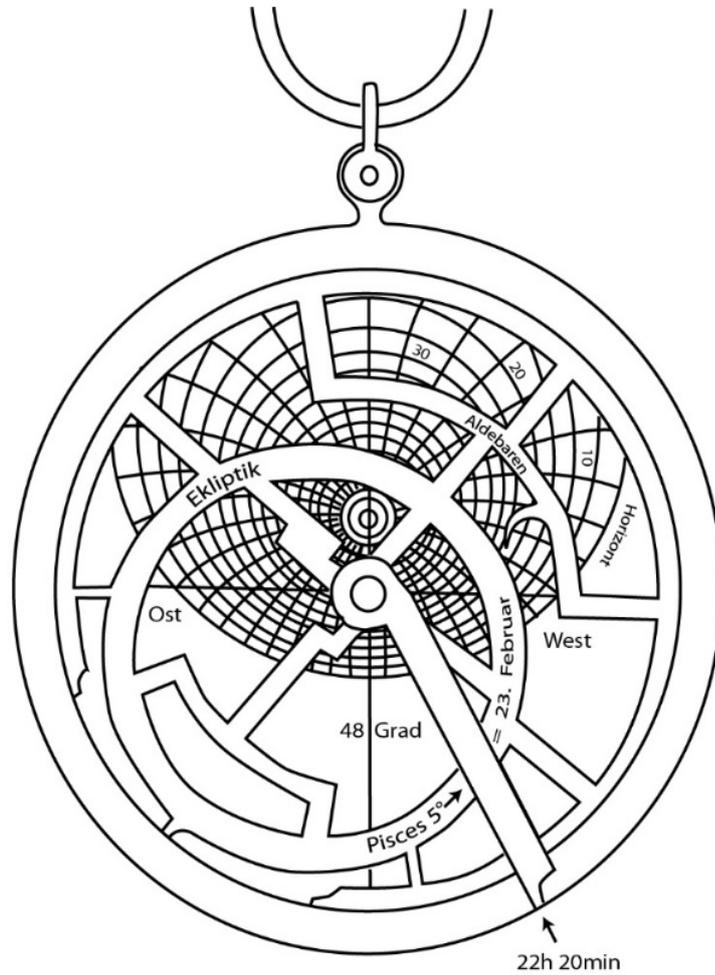


Abb. 6: Instrument des 16. Jahrhunderts, eingerichtet für die geographische Breite von 48° Nord

In der Nacht des 23. Februar lässt sich Aldebaran (alfa Tau) beobachten und seine Höhe mit 25° über dem Westhorizont bestimmen. Um welche Zeit erfolgte die Messung?

1. Nach der Datumskorrektur steht der Sonnenort auf der Ekliptik bei Pisces 5°.
2. Die Rete wird gedreht, bis die Sternspitze des Aldebaran auf der 25°-Almukantante des Tympanons liegt (West = rechte Seite). Vom Sonnenort 5° Pisces ausgehend, zeigt der Ostensor auf dem Limbus die mittlere Ortszeit im 16. Jahrhundert: 22.20 Uhr.

3. Korrekturen

Mittlere Ortszeit (16. Jh.)	22.20 Uhr
Präzession (ca.)	+ 20 Min
Zonendifferenz, z. B. zur Zentralschweiz	+ 27 Min
Mittlere Ortszeit	23.07 Uhr

Bei diesem Text handelt es sich um eine eingreifende Bearbeitung des gleichnamigen Aufsatzes von Martin Brunold, in: *Cartographica Helvetica* 23/2001, S. 19–25. Dorthier stammen auch die Abbildungen

Literatur

- Martin Brunold: *Der Messinghimmel. Eine Anleitung zum Astrolabium*, La Chaux-de-Fonds 2001.
- Robert T. Gunther: *The Astrolabes of the World. Based upon the Series of Instruments in the Lewis Evans Collection in the Old Ashmolean Museum at Oxford, with Notes on Astrolabes in the Collections of the British Museum, Sir J. Findlay, Mr. S. V. Hoffman, the Mensig Collection, and in Other Public and Private Collections*, 2 Volumes in 1, London 1976 (11932).
- Raymond d'Hollander: *L'astrolabe. Histoire, théorie et pratique*, Paris 1999, S. 317 f.
- Georg Kauffmann: Art. *Astrolabium*, in: Georg Wissowa (Hrsg.): *Paulys Realencyclopädie der classischen Altertumswissenschaft*, Bd. II.2, Stuttgart 1896, Sp. 1798 f.
- Martin Klamroth: *Über die Auszüge aus griechischen Schriftstellern bei al-Ja' qûbî. IV. Mathematiker und Philosophen*, in: *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft*, 42/1888, S. 1–44.
- Jürgen Mittelstrass: Art. *Ptolemäisch, Ptolemäisches Weltsystem*, in: Joachim Ritter, Karlfried Günther (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Philosophie*, Bd. 7, Basel 1989, Sp. 170-1710.
- Otto E. Neugebauer, *The Early History of the Astrolab*, in: *Isis* 40/1949, S. 240-256.
- Hans Wentzel, Art. *Astrolabium (astrolabium planisphärium)*, in: *Reallexikon zur Deutschen Kunstgeschichte*, München 1937 Bd. I, Sp. 1161–1166. Online unter: www.rdklabor.de/wiki/Hauptseite
- Ernst Zinner: *Über die früheste Form des Astrolabs*, in: *Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg* 30/1947, S. 9-21.