Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 42 (1984)
Heft: 200

Artikel: Wie funktioniert die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern?
Autor: Marti, M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899260

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

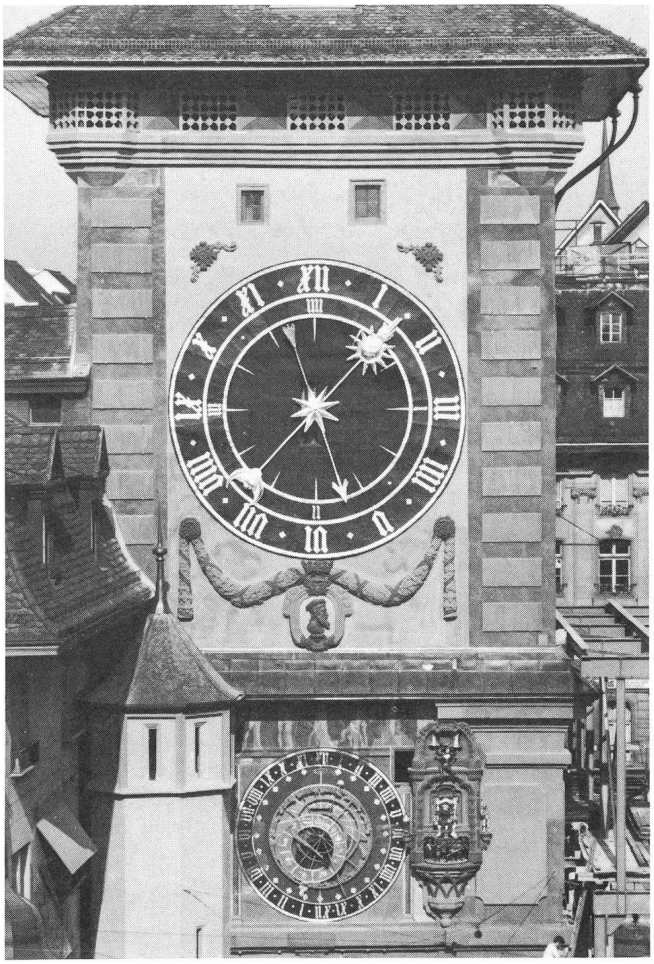
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wie funktioniert die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern?

M. Marti

Einleitung

In der nachfolgenden Beschreibung wird versucht, die Funktionsweise und die Indikationen der astronomischen Uhr am Zytglogge in Bern mit all ihren Besonderheiten näher zu beleuchten. Das Zifferblatt, welches seit vielen Jahren falsch bemalt war, wurde anlässlich der Gesamtrenovation des Turmes 1982/83 wieder richtiggestellt. Dabei wurden verschiedene Geheimnisse, welche die Uhr bis anhin wahrte, aufgedeckt. Diese Entdeckungen und Erkenntnisse geben ihr einen völlig neuen Stellenwert im Vergleich mit ähnlichen Uhren im europäischen Raum.



Ostfassade des Zeitglockenturmes unmittelbar nach der Restaurierung 1982/83.

Geschichtlicher Rückblick

Seit der frühsten Zeit beobachteten die Menschen die scheinbaren Bewegungen der Gestirne am Himmel; Bewegungen, die sich täglich, monatlich oder jährlich wiederholen und damit die Grundlagen unserer Zeiteinheiten lieferten. Es ist denn auch nicht erstaunlich, wenn bereits die Wasseruhren der Antike oft mit Werken versehen waren, welche diese Bewegungen nachvollzogen[1]). Auch an Räderuhren, die zu Beginn des 14. Jahrhunderts auftauchen, finden wir schon sehr früh astronomische Zifferblätter (Kloster Cluny: 1340, Strassburg: 1354, Padua: 1364).

Die astronomische Uhr am Zytglogge in Bern wird in der Stadtrechnung von 1444 erstmals erwähnt[2]). Sie stammt also

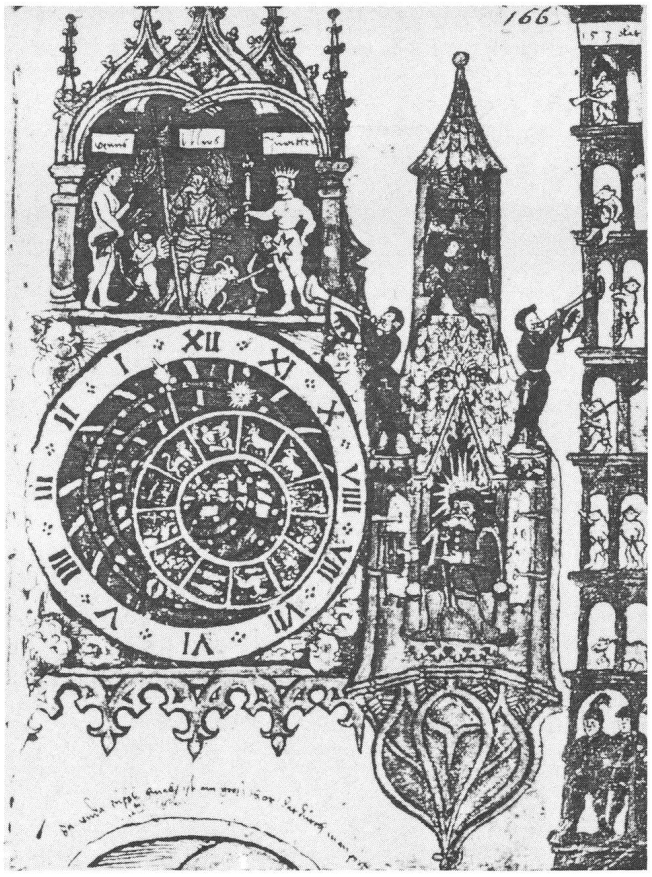


Abb. 1: Astronomisches Zifferblatt und Spielerker im Jahr 1534. Aquarell aus dem Wanderbuch des Ulmer Schustergesellen Sebastian Fischer.

aus dem frühen 15. Jahrhundert und dürfte bereits zum ersten Uhrwerk (kurz nach 1405) gehört haben.

1527–1530 entsteht das Monumental- und Kunstuhrwerk von KASPAR BRUNNER, welches im wesentlichen bis auf den heutigen Tag erhalten blieb. BRUNNER hat die astronomische Uhr ohne bedeutende Veränderungen übernommen. Über ihren Zustand während der damaligen Zeit wissen wir, dank einer erhaltenen Darstellung (s. Abb. 1), ziemlich gut Bescheid: Auf dem Astrolabzifferblatt erkennt man deutlich den Tierkreis mit den etwas willkürlich angeordneten zwölf Zeichen. Sonne und Mond kreisen um den Tierkreis, während eine Hand am äusseren Ziffernkranz (rückläufig von I–XII bezeichnet) die Stunden anzeigt. Die Linien auf dem Planisphärium deuten auf eine südliche stereographische Projektion hin. In den Ecken der gemalten Einfassung deuten symbolische Gesichter die vier Windrichtungen an. Über dem Zifferblatt sind die Gottheiten Venus, Mars und Jupiter aus der römischen Mythologie mit ihren Attributen auf die Wand gemalt.

1609 wird die Uhr vom Uhrmacher JAKOB NETZLI renoviert[3]). Bei dieser Gelegenheit ergänzt er die Rete mit einer Monatsscheibe für die Datumsanzeige.

1712 gelingt es dem Bauersmann MATHYS BLASER, die «...calender uhr, die nun seit vielen Jahren still gestanden...», wieder tadellos instandzustellen[4]).

Die nächste Renovation und Neubemalung der astronomischen Uhr wird erst 1791 erwähnt[5]). Möglicherweise stammt die bis heute immer kopierte, falsche Bemalung aus dieser Zeit.

Die Gesamtrenovation des Turmes von 1982/83 bot die Gelegenheit, das Zifferblatt wieder richtigzustellen. Dabei kamen unter einer dicken Verputzschicht überraschend Linien des ursprünglichen Planisphäriums zum Vorschein, welche eindeutig die südliche Projektion darstellen. Wenn man bedenkt, dass nur die frühsten Monumentaluhren Astrolabzifferblätter mit südlicher Projektion aufweisen, (das letzte Beispiel dieser Serie scheint die erste Uhr in Prag zu sein, die 1410 gebaut wurde)[6]), so bestätigt dies einmal mehr die Datierung ins frühe 14. Jahrhundert.

Aufbau eines Astrolabzifferblattes

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, astronomische Funktionen auf einem Zifferblatt darzustellen. Beim Astrolabzifferblatt wurde das Prinzip der stereographischen Projektion übernommen. Es stellt daher im wesentlichen ein mechanisch betätigtes Astrolabium dar.

Mit Hilfe der stereographischen Projektion – bereits um 150 v.Chr. von Hipparch entwickelt – können einzelne Punkte einer Sphäre winkelgetreu auf einer Ebene dargestellt werden. Um die Vorgänge an der Himmelsphäre darstellen zu können, muss ein Bezugssystem definiert werden. Dieses Bezugssystem war nach den Vorstellungen der Ptolemäischen Weltanschauung die Erde selber. Sie steht scheinbar im Mittelpunkt und bewegt sich nicht. Stellt man sich genau definierte Punkte und Kreise (z.B. Pole, Wendekreise, Horizont- und Dämmerungslinie) auf der Erdoberfläche verlängert an der Himmelssphäre vor, so erhält man ein fixes Bezugssystem, das sich gegenüber einem bestimmten Beobachtungspunkt auf der Erde nicht verändert. Dieses System, projiziert auf die Äquatorebene, bildet die feste Grundplatte des Astrolabiums bzw. das sogenannte Planisphärium des Astrolab-Zifferblattes. Nimmt man als Projektionszentrum den

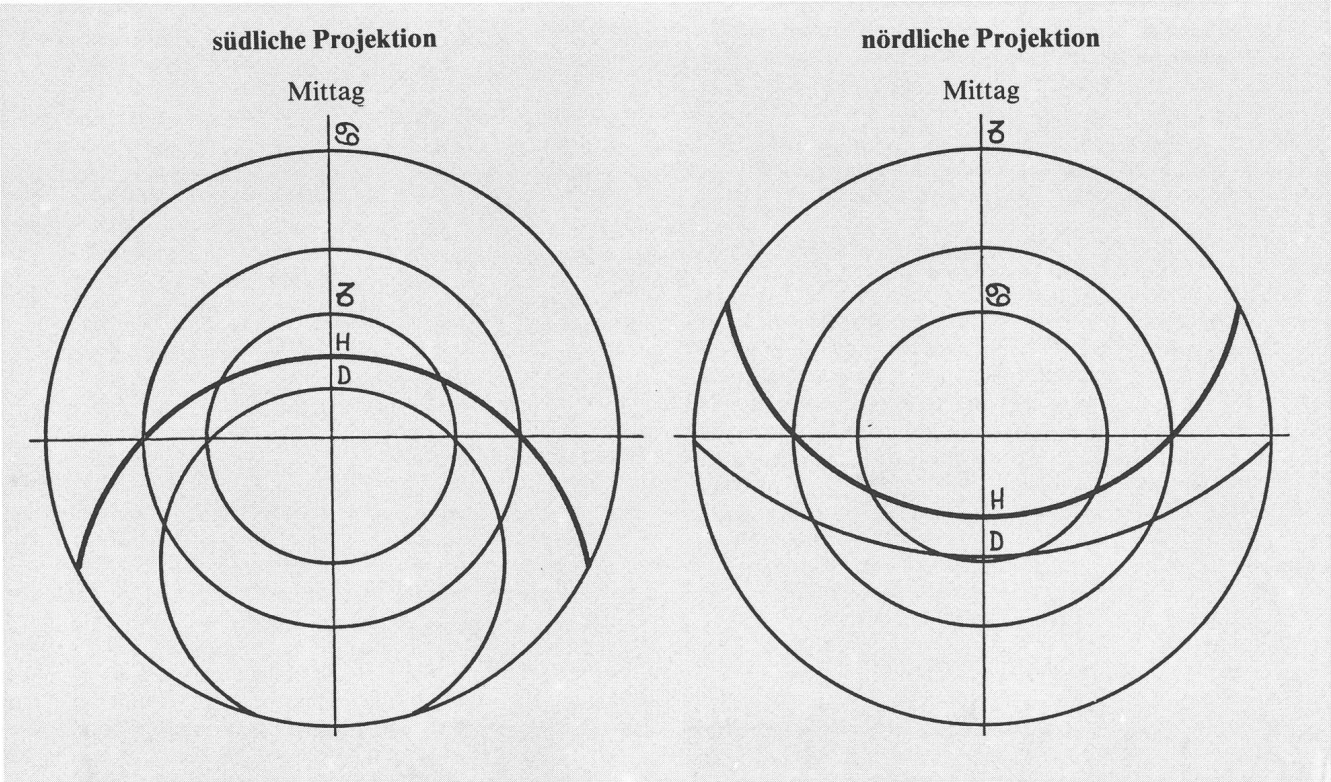


Abb. 2: Konstruktion des Planisphäriums für die geographische Breite von Bern (ca. 47°); stereographische Projektion des Bezugssystems, über welchem der Sternenhimmel, Sonne und Mond kreisen. Horizont- (H) und Dämmerungslinie (D) verändern sich je nach Breitengrad und müssen somit für den jeweiligen Bestimmungsort genau berechnet werden.

Nordpol an und schaut gegen Süden, so erhält man eine südliche Projektion. Schaut man hingegen vom Südpol aus gegen Norden, so erhält man die nördliche Projektion (Abb. 2).

Die Sterne, Sonne und Mond, welche über dem Bezugssystem kreisen, bilden die beweglichen Teile des Zifferblattes.

Auf der sogenannten Rete, einer spinnennetzartig ausgeschnittenen Scheibe sind die Sterne dargestellt. Bei den frühsten Monumentaluhren beschränkt sich die Rete meistens auf eine kreisrunde Scheibe, welche den Tierkreis (Ekliptik) symbolisiert. Da die Ekliptik in bezug auf den Äquator um 23½ Grad geneigt ist, erscheint sie in der stereographischen Projektion als exzentrischer Kreis, der an seinem äussersten und innersten Punkt die Wendekreise tangiert (s. Abb. 3).

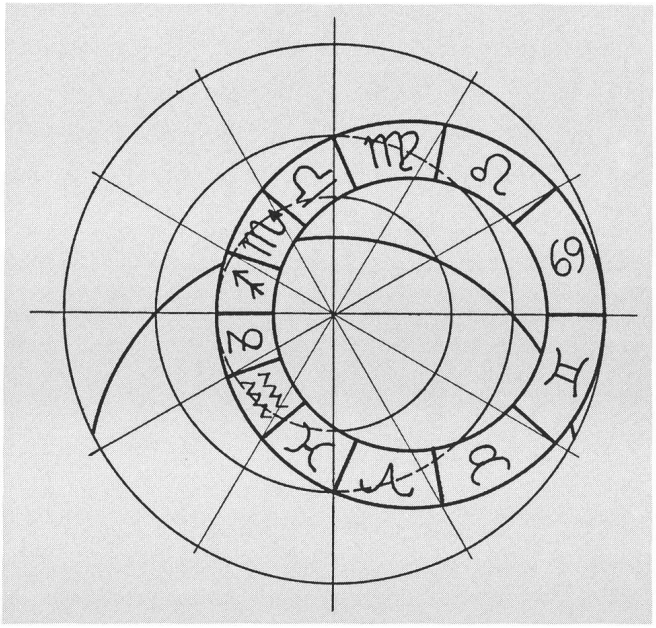


Abb. 3: Stereographische Projektion der Ekliptik und Konstruktion der Tierkreisfelder auf dem südlichen Bezugssystem.

Sonne und Mond sind je auf einem Zeiger dargestellt, die entsprechend ihren scheinbaren Umlaufzeiten über dem Planisphärium kreisen. Für die Anzeige der Sonne auf einem Astrolabzifferblatt eignet sich die südliche Projektion besonders gut, weil die tägliche Sonnenbahn im Sommer einen langen, hohen und im Winter einen kurzen, niedrigen Bogen beschreibt. Dagegen können nur Sterne zwischen Südpol und Wendekreis des Krebs dargestellt werden. Die interessantesten, bei uns sichtbaren Sterne liegen jedoch zwischen Wendekreis des Krebs und Nordpol; sie würden auf dem südlichen System sehr weit weg projiziert, der Polarstern sogar in die Unendlichkeit. Astrolabien und Astrolabzifferblätter, auf denen einzelne Sterne dargestellt sind, beruhen daher auf der nördlichen Projektion, welche das Gebiet zwischen Nordpol und südlichem Wendekreis umfasst.

Rekonstruktion des Planisphäriums am Zytglogge

Das ursprüngliche Planisphärium fiel der Renovation von 1770/71 zum Opfer und verschwand unter einer dicken Verputzschicht. Der ganze Bereich innerhalb des Stundenkranzes wurde schwarz bemalt und das Innere des Tierkreises mit einem Eisenblech geschlossen.

Die Linienteile, welche bei der letzten Renovation rund um das Turmfenster zum Vorschein kamen, konnten zwar eindeutig identifiziert werden; nicht alle passten jedoch in die für den Breitengrad von Bern (47°) berechnete Konstruktion (s. Abb. 4). Das Zifferblatt scheint mehrmals versetzt worden zu sein. So stellten z.B. zwei Linien Horizontlinien dar, welche im Meridian ca. 20 cm auseinander lagen. Gemäss Beschluss der Expertenkommission mussten die vorhandenen Linien in das rekonstruierte Planisphärium einbezogen werden, so dass dieses nun etwas von der berechneten Konstruktion abweicht.

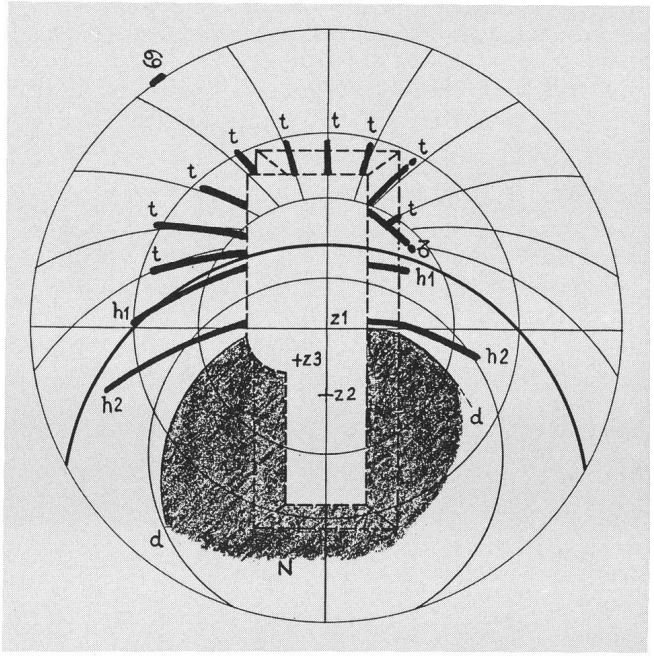


Abb. 4: Linienteile, die bei der Renovation 1982/83 rund um das Turmfenster zum Vorschein kamen. Darüber die für den Breitengrad von Bern berechnete Konstruktion.

h1 *Horizontlinie 1*
h2 *Horizontlinie 2*
z1 *Zentrum zu h1 (heutiges Zentrum)*
z2 *Zentrum zu h2*
z3 *Zentrum vor der Renovation 1982/83*
t *Temporalstundenlinien*
d *Dämmerungslinie*
N *Nachtbereich*
♋ *Wendekreis des Krebs*
♑ *Wendekreis des Steinbock*

Die Rete und die Sonne

Die Ekliptik mit der 12er-Einteilung für die Tierkreiszeichen und der später angebrachte Datumkranz über dem äusseren Wendekreis bilden die Rete. Als Resultat der stereographischen Projektion erscheinen die Felder der 12 Zeichen ungleich gross: gegen aussen werden sie grösser, gegen innen kleiner (s. Abb. 3). Vor der Renovation war die Teilung genau umgekehrt: breite Felder innen, schmale Felder aussen. Überdies stimmten die Zeichen nicht mit den Wendekreisen überein. Diese fehlerhafte Teilung war der Hauptgrund für die falschen Anzeigen am Zifferblatt. Wenn der Fehler, obschon seit langem bekannt, bis heute nie behoben wurde, so wahrscheinlich deshalb, weil der Nutzen, aber wohl auch das Interesse an der Uhr, während vielen Jahren nur noch gering war. Mit der Richtigstellung des Zifferblattes anlässlich der jüngsten Renovation kommt die ursprüngliche Bedeutung

dieses einzigartigen Kunstdenkmals wieder voll zu Bewusstsein. Gleichzeitig wurde auch die innere Scheibe des Tierkreises wieder entfernt. Dank diesem ursprünglichen Zustand ist das rekonstruierte Planisphärium viel besser sichtbar.

Während die Sonne zusammen mit dem Stundenzeiger für einen kompletten Umlauf 24 Stunden benötigt, dauert er bei der Rete, die den Sternenhimmel darstellt, nur ca. 23 Std. 56 Min., also einen Sterntag. Die Rete läuft also in bezug auf die Sonne pro Tag 4 Min. schneller, was genau einer Tageseinteilung auf der Datumskala entspricht; im Jahr ergibt dies eine volle Umdrehung. Der Mechanismus, der diese Umdrehung erzeugt, ist auf dem gemeinsamen Stunden- und Sonnenzeiger angebracht (s. Abb. 5). Danach ist das Verhältnis Rete zu Sonne:

$$\frac{a}{A} \cdot \frac{b}{B} = \frac{6}{36} \cdot \frac{6}{365} = \frac{1}{365}$$

also 1 Umdrehung in 365 Tagen. Der Schalttag ist nicht berücksichtigt; er muss jeweils von Hand kompensiert werden.

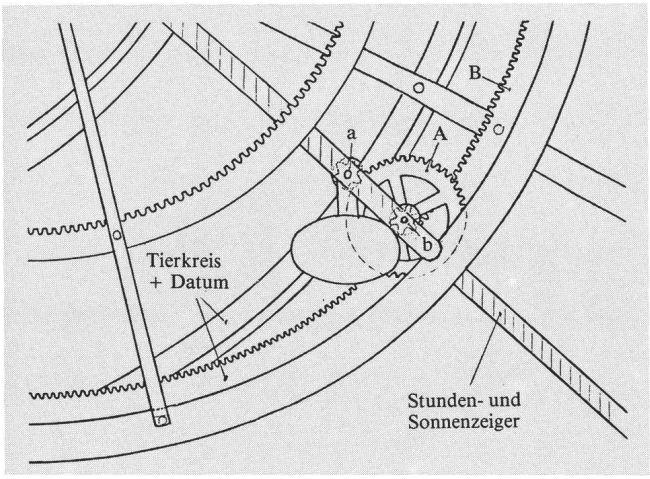


Abb. 5: Mechanismus für Tierkreis und Datum. Das Gewicht am Zahnrad a bewirkt, dass dieses während der Drehung des Stundenzeigers immer die gleiche Position einnimmt.

a = 6 Zähne b = 6 Zähne
A = 36 Zähne B = 365 Zähne

Der Mond

Am inneren Rand des Tierkreises zieht der Mond seine Monatsbahn. Während des Umlaufes dreht sich die aus einer goldenen und einer schwarzen Hälfte bestehende Kugel innerhalb eines Halbkugelmantels um die eigene Achse. Von der Mondkugel ist somit immer nur die vordere Hälfte sichtbar. Der Mechanismus für den Mondumlauf befindet sich ebenfalls auf dem kombinierten Stunden-Sonnen-Zeiger (s. Abb. 6). Das Verhältnis Mond zu Sonne beträgt:

$$\frac{m}{M} = \frac{6}{177} = \frac{1}{29{,}5}$$

also 1 Umdrehung in 29,5 Tagen, was dem synodischen Monat (z.B. von einem Neumond zum anderen) entspricht. Der tatsächliche Wert beträgt im Mittel 29d 12h 44m 3s. Der Mondzeiger weicht also von diesem Wert 44m 3s ab. Nach ca. 6,5 Jahren beträgt die Abweichung ein Tierkreiszeichen und nach knapp 78 Jahren eine volle Umdrehung.

Das Verhältnis Mond zu Tierkreis lautet:

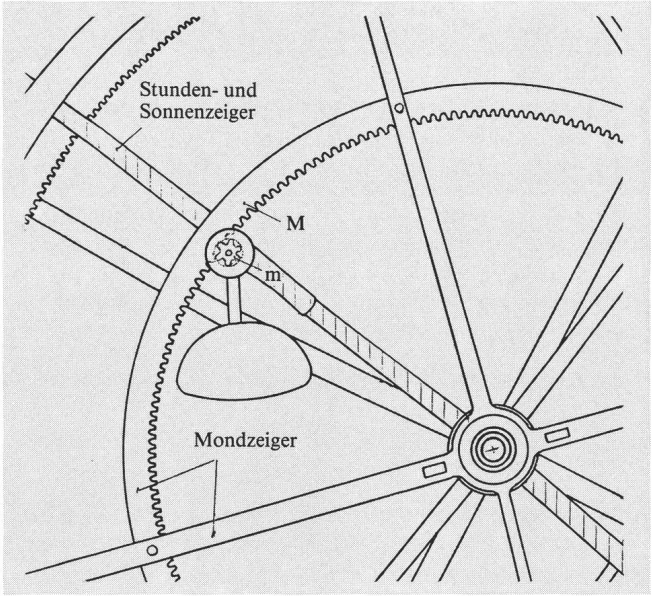


Abb. 6: Mechanismus für den Mondzeiger; m = 6 Zähne, M = 177 Zähne.

$$\frac{1}{29{,}5} + \frac{1}{365} = \frac{1}{27{,}294}$$

also 27,294 Tage für einen siderischen Monat (zwei aufeinanderfolgende Durchgänge am selben Stern).

Zwei kleine Zahnräder im Zentrum des Tierkreises bilden den Mechanismus für die Mondphase. Das erste Rad ist auf dem Sonnenzeiger befestigt, das zweite – um 90° versetzt – auf der Achse der Mondkugel. Mit jeder Umdrehung des Mondzeigers dreht sich somit auch die Mondkugel und da der Bezugspunkt der Sonnenzeiger ist, stimmt auch die Phase mit dem Stand zur Sonne überein (Neumond bei Konjunktion, Vollmond bei Opposition).

Das Prinzip beinhaltet allerdings eine gewisse Unstimmigkeit, weil sich der Mechanismus im Zentrum des Tierkreises befindet, die Einteilung des Tierkreises jedoch auf das Hauptzentrum ausgerichtet ist. Die maximale Abweichung des Vollmondes beträgt im Frühling und Herbst ca. 1,5 Zeichen auf dem Tierkreis oder ca. 3,7 Tage. Das gleiche fehlerhafte Prinzip wurde auch an anderen Uhren angewandt, so z.B. an der Prager Altstädter-Rathausuhr oder an einer Holzkastenuhr im Kunsthistorischen Museum in Wien[7]).

Der Drachenzeiger

Das Zifferblatt besitzt einen Drachenzeiger, der allerdings nicht funktionstüchtig ist. Sein Mechanismus fehlt und er dient nur als Gegengewicht zur Mondkugel.

Drachenzeiger an astronomischen Uhren tauchen erst anfangs des 16. Jahrhunderts auf (z.B. in Winterthur 1529). Sie zeigen die Mondknoten und damit die Finsternisse an. Ein Umlauf durch den Tierkreis beträgt ca. 18,6 Jahre. Es ist denkbar, dass KASPAR BRUNNER 1530 das frühere Zifferblatt mit einem Drachenzeiger ergänzt hat. 1609 muss dieser laut Stadtrechnung ersetzt werden[8]). Der Mechanismus, sofern es ihn jemals gab, wurde möglicherweise schon damals wieder entfernt, weil er wohl, wie der Mondphasenmechanismus, im Zentrum des Tierkreises angebracht war – also den gleichen Prinzipfehler aufwies – und somit für die Anzeige der Finsternisse nicht taugte.

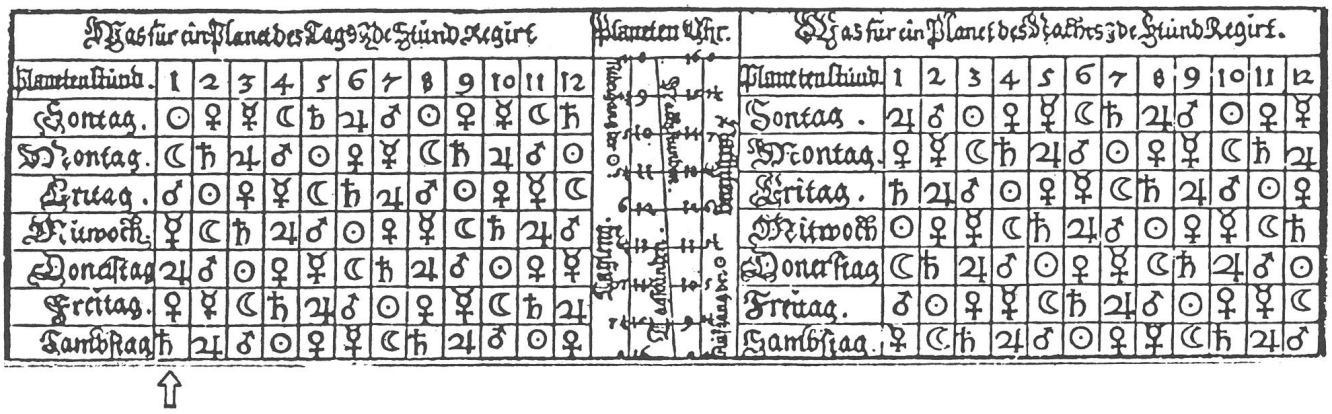


Abb. 7: Zuordnung der Tages- und Nachtstunden zu den Planeten. Ausschnitt aus einem Holzschnitt von Jost Amman, Nürnberg 1568. Der Pfeil zeigt auf diejenigen Planeten, welche die erste Tagesstunde regieren und denen später gleich der ganze Tag zugeordnet wurde.

Die Wochentage

Eine kreisförmige Wechseltafel im oberen Teil des Planisphäriums zeigt in einer schmalen Maueröffnung den Wochentag an. Die Tafel ist in sieben, mit den Wochentagen angeschriebenen Sektoren eingeteilt. Der Wechsel wird jeweils um Mitternacht vom 24-Stundenrad – also vom Stundenzeiger – des astronomischen Zifferblattes ausgeführt.

Fünf, bei der jüngsten Renovation überraschend entdeckte Darstellungen der Planetengötter über dem Zifferblatt bilden eine wertvolle Bereicherung der Wochentaganzeige. Nach alter Ordnung regierte jeder dieser Planeten einen Wochentag. Die Götter sind der römischen Mythologie entlehnt und sind leicht an ihren Attributen zu erkennen. Von links nach rechts sind dargestellt:

- Saturn, der Gott der Saat und Ernte, mit Sichel und Keule für Samstag,
- Jupiter, der höchste Himmelsgott mit dem Blitz in der Hand für Donnerstag,
- Mars, der Kriegsgott mit Schwert und Schild für Dienstag,
- Venus, Göttin der Liebe und des Glücks; ihr zu Füssen Amor mit Pfeil und Bogen für Freitag,
- Merkur, Gott des Handels und Verkehrs, mit schlangenumwundenem Heroldstab und Geldbeutel für Mittwoch.

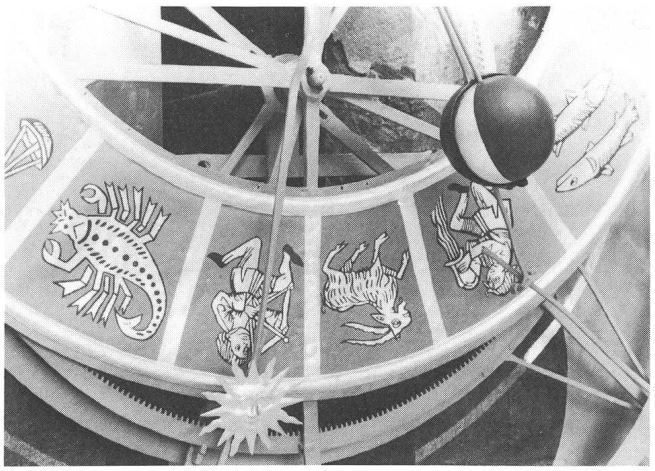
Diese Reihenfolge bezieht sich auf das Ptolemäische Weltsystem, nach welchem die sieben Planeten, zu denen traditionsgemäss auch Sonne und Mond zählten, um die Erde kreisen. Danach folgen von innen nach aussen: Mond, Merkur, Venus, Mars, Sonne, Jupiter und Saturn.

Die heutige Ordnung der Wochentage stimmt deshalb mit dieser Reihenfolge nicht überein, weil ursprünglich jeder Planet nur eine Stunde regierte, angefangen mit der ersten Tagesstunde am Sonntag, welche der Sonne gehörte (s. Abb. 7). Nach Ablauf einer Stunde übernahm der nächste Planet die Regentschaft. Erst später ordnete man jenem Planeten, der die erste Tagesstunde regierte, gleich den ganzen Tag zu.

Sonne und Mond sind nicht figürlich dargestellt, weil sie als Bestandteile des astronomischen Zifferblattes dort ihre Bewegungen am Himmel anzeigen.

Rekapitulation der Indikationen

- *Moderne Stunden:* Auf dem äusseren Ziffernkranz (Durchmesser 3,60 m) zeigt der Stundenzeiger – eine goldene Hand – die mittlere Ortszeit an.
- *Temporale Stunden:* Im Tagesbereich des Planisphäriums sind die Linien der unegalen oder temporalen Stunden eingezeichnet. Sie sind numeriert von 1 (eine Stunde nach Sonnenaufgang) bis 12 (Sonnenuntergang). Diese Stunden werden mit der Sonne abgelesen.
- *Sonnenaufgang und -untergang:* Der Zeitpunkt, an dem die Sonne die Horizontlinie überschreitet, stellt am Morgen den Sonnenaufgang und am Abend den -untergang dar.
- *Astronomische Dämmerung:* Vor dem Aufgang und nach dem Untergang durchquert die Sonne den halbdunklen Dämmerungsbereich. Die Grenze zwischen astronomischer Dämmerung und Nacht (schwarzer Bereich) erreicht die Sonne, wenn sie 18° unter dem Horizont steht. Dieser Zeitpunkt kann mit dem Stundenzeiger abgelesen werden.
- *Sonne im Tierkreis:* Die Sonne zeigt während ihrer scheinbaren Jahresbahn auf der exzentrischen Tierkreisscheibe ihren jeweiligen Stand im Tierkreis an.
- *Datum:* Auf dem Stundenzeiger, der goldenen Hand gegenüber, ist eine weitere Sonne angebracht. Mit einem verlängerten Sonnenstrahl zeigt sie von aussen auf dem Datumring den Tag und den Monat an.



Ausschnitt aus dem Tierkreis. Die Sonne steht im Schütz, der Mond im Wassermann. Von der hellen Seite der Mondkugel ist nur eine schmale Sichel sichtbar.

Astronomisches Zifferblatt mit den bei der Restaurierung entdeckten fünf Götterbildern. (Die dunklen Stellen auf dem Ziffernkranz sind Überreste der Bemalung aus dem 17. Jahrhundert.)

- *Höhe der Sonnenbahn:* Im Verlaufe des Jahres bewegt sich die Sonne zwischen dem Wendekreis des Steinbock und dem Wendekreis des Krebs. Sie verändert somit die Höhe ihrer Bahn (bei Tagundnachtgleiche verläuft die Sonnenbahn auf dem Tropicus Aequinoctialis).
- *Mond im Tierkreis:* Auf ihrer Monatsbahn um den Tierkreis verweilt die Mondkugel ca. 2–3 Tage in jedem Zeichen.
- *Mondphase:* Der sichtbare Teil der Mondkugel stellt die Mondphase dar.
- *Wochentag:* Eine kreisförmige Wechseltafel in einer kleinen Maueröffnung zeigt den Wochentag an.

Das Hauptuhrwerk

Die gesamte Anlage: das astronomische Zifferblatt, die beiden grossen Zifferblätter an der Ost- und Westfassade, der Stundenschläger und das Figurenspiel werden vom Monumentaluhrwerk von Kaspar Brunner gesteuert. Das Uhrengestell besteht aus einer schmiedeisernen, spätgotischen Strebekonstruktion und misst 2,50 m in der Längsrichtung, 1,70 m in der Tiefe und ist ca. 2,20 m hoch.

Das gesamte Werk besteht aus Gehwerk mit Pendel (ursprünglich Foliot), Viertelstundenschlagwerk, Stundenschlagwerk und zwei kleinen Figurenspielwerken. Fünf Gewichtsteine, welche jeden Tag hochgezogen werden müssen, treiben die einzelnen Werke an.

Die detaillierte Beschreibung des Uhrwerks bildet ein weiteres Thema über den Zytglogge in Bern und ist z.Z. beim Autor in Vorbereitung.

Anmerkungen:

1) Im Museum «Carolino-Augusteum» in Salzburg befindet sich ein Bruchstück eines Zifferblattes, das zum Astrolabium einer römischen Wasseruhr gehörte. [1], [4], [11].
2) «...die sper und das orley ze malen...», [12] Bd. II, S. 180. Bilfinger hat die Bezeichnung «sper» für sphaera, astronomische Uhr, auch andernorts gefunden; so z.B. in Villingen (1401), [3], S. 209.
3) [2], Regest Nr. 63
4) [2], Regest Nr. 84
5) [2], Regest Nr. 89
6) [5], S. 53
7) Inventar-Nr. 543. [4] und «Alte Uhren», 3/1980
8) [2], Regest Nr. 63

Literatur:

[1] Henri Bach, Das Astrolabium an astronomischen Kunstuhren. In Schriften der «Freunde alter Uhren», Nr. 16, Ulm 1977.
[2] Walter Biber und Paul Hofer, Regesten zur Baugeschichte der Stadt Bern II. Bern 1954.
[3] Gustav Bilfinger, Die mittelalterlichen Horen und die modernen Stunden. Stuttgart 1892.
[4] Johann Huegin, Das Astrolabium und die Uhr. Ulm 1978.
[5] Henry C. King, Geared to the Stars, the Evolution of Planetariums, Orreries, and Astronomical Clocks. Toronto 1978.
[6] Markus Marti, Das Uhrenwerk. In «Zytglogge», ein Bericht zum Abschluss der Restaurierung 1981–83. Bern 1983.
[7] Klaus Maurice und Otto Mayr, Die Welt als Uhr, Deutsche Uhren und Automaten 1550–1650. München, Berlin 1980.
[8] Henri Michel, Eléments du Tracé d'un Astrolabe. In Journal Suisse d'Horlogerie, No. 71, 1946.
[9] Henri Michel, Pourquoi les horloges tournent-elles à l'envers? In Journal Suisse d'Horlogerie, No. 71, 1946.
[10] Henri Michel, Traité de l'Astrolabe. Paris 1947.
[11] Alfred Ungerer, Les Horloges Astronomiques et Monumentales les plus remarquables de l'Antiquité jusqu'à nos jours. Strasbourg 1931.
[12] Friedrich Emil Welti, Die Stadtrechnungen von Bern. 2 Bde. Bern 1896 (Bd. 1), 1904 (Bd. 2).

Adresse des Autors:
Markus Marti-von Kaenel, Kramgasse 28, 3011 Bern.