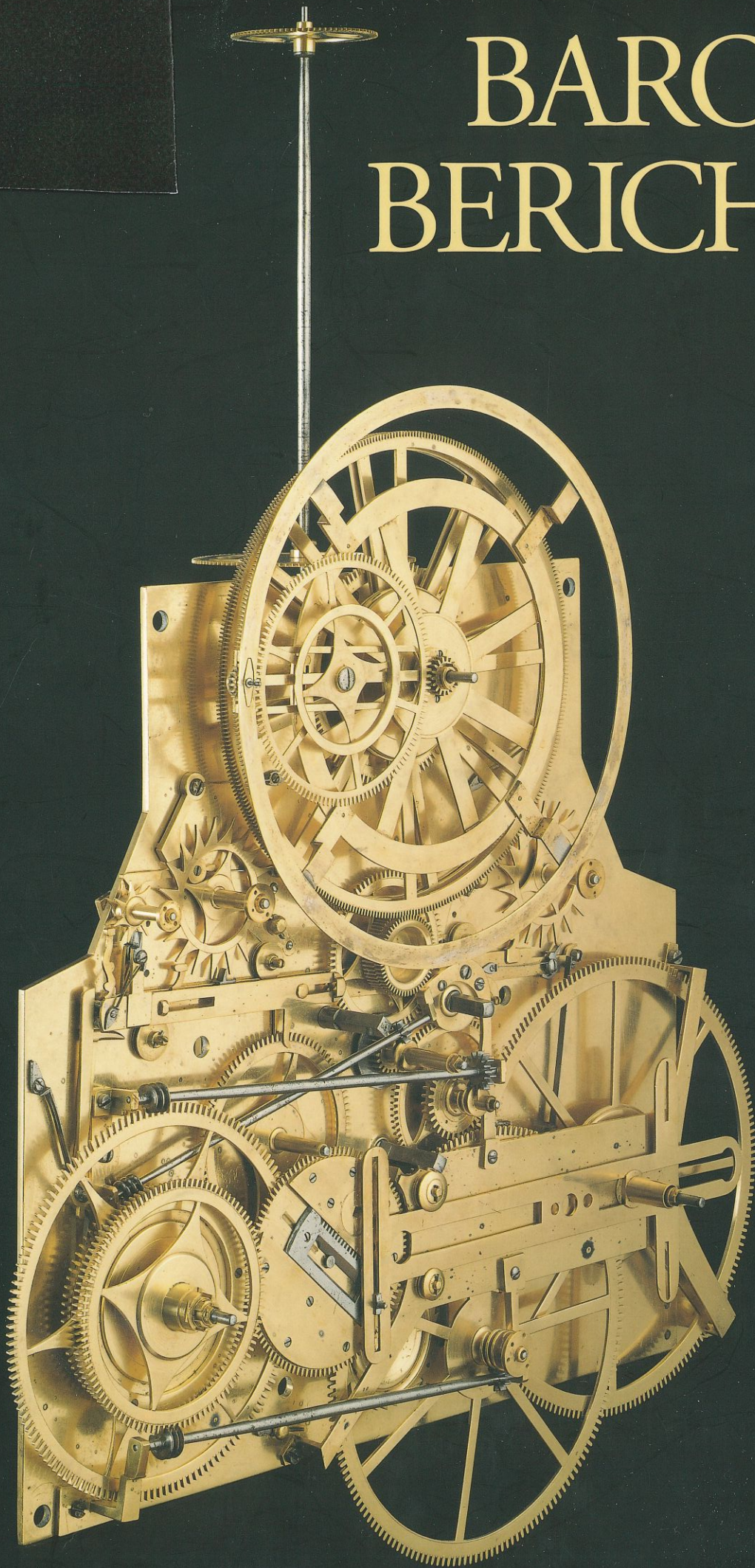


BAROCK BERICHTE

10



Peter Frieß

Die Himmelsmechanik der Firmians-Uhr von Pater Bernard Stuart

Zifferblatt

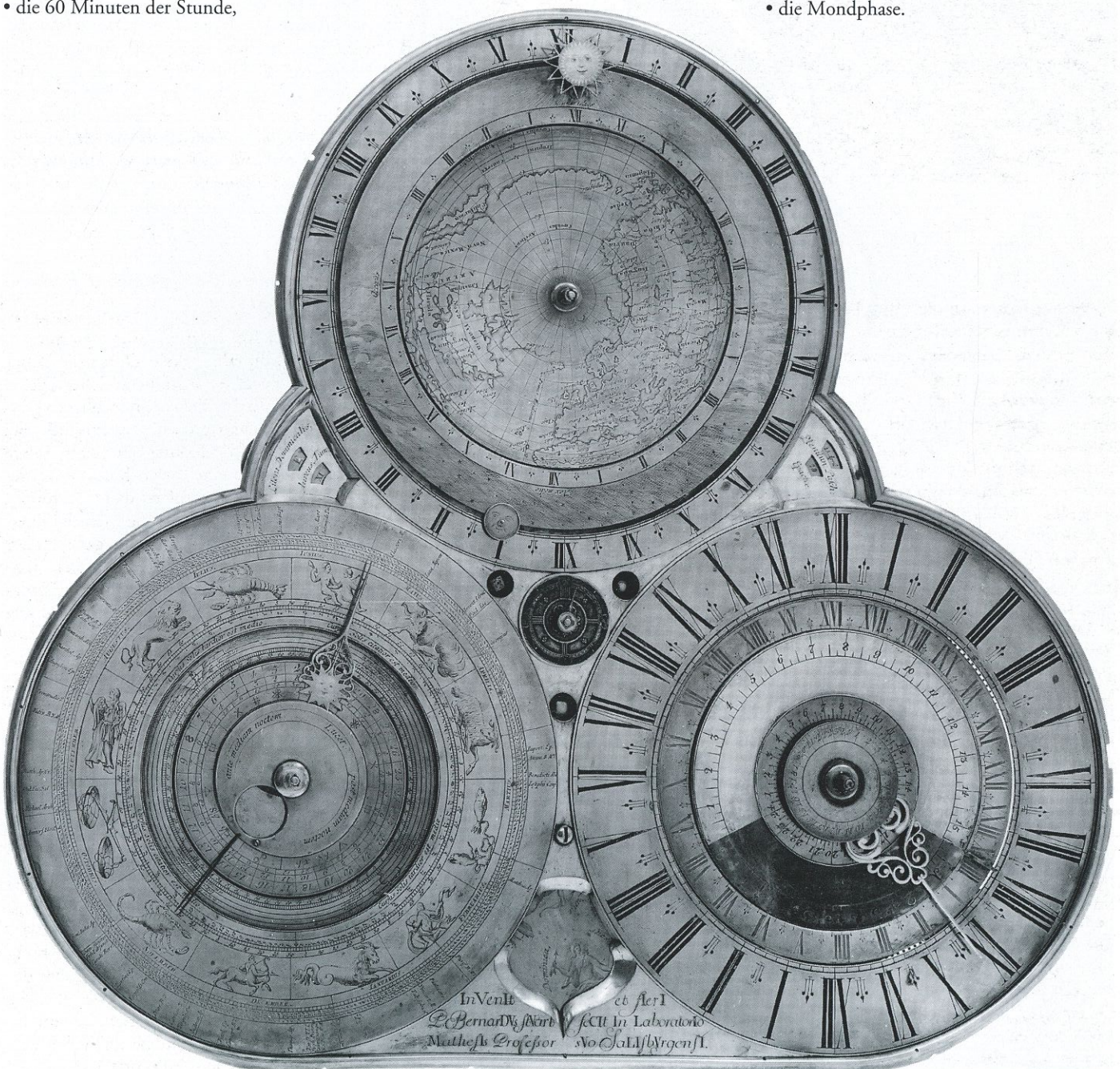
Das Zifferblatt zeigt Stundenzählungen, die seit dem Mittelalter und manche davon auch noch 1735 – als diese Uhr gebaut wurde – in Europa nebeneinander gültig waren. Außerdem zeigt es Sonne, Mond und Erde in ihren Bewegungen am Himmel und ihre möglichen Stellungen. Neben der Erde sind keine Planeten berücksichtigt (Abb. 30). Insgesamt gibt es sieben Zifferblätter: ein kleines in der Mitte, drei runde große wie ein Dreipaß angeordnet sowie drei kleine fensterförmige Ausschnitte ohne Zeiger mit Drehscheiben dahinter.

Die Uhr zeigt:

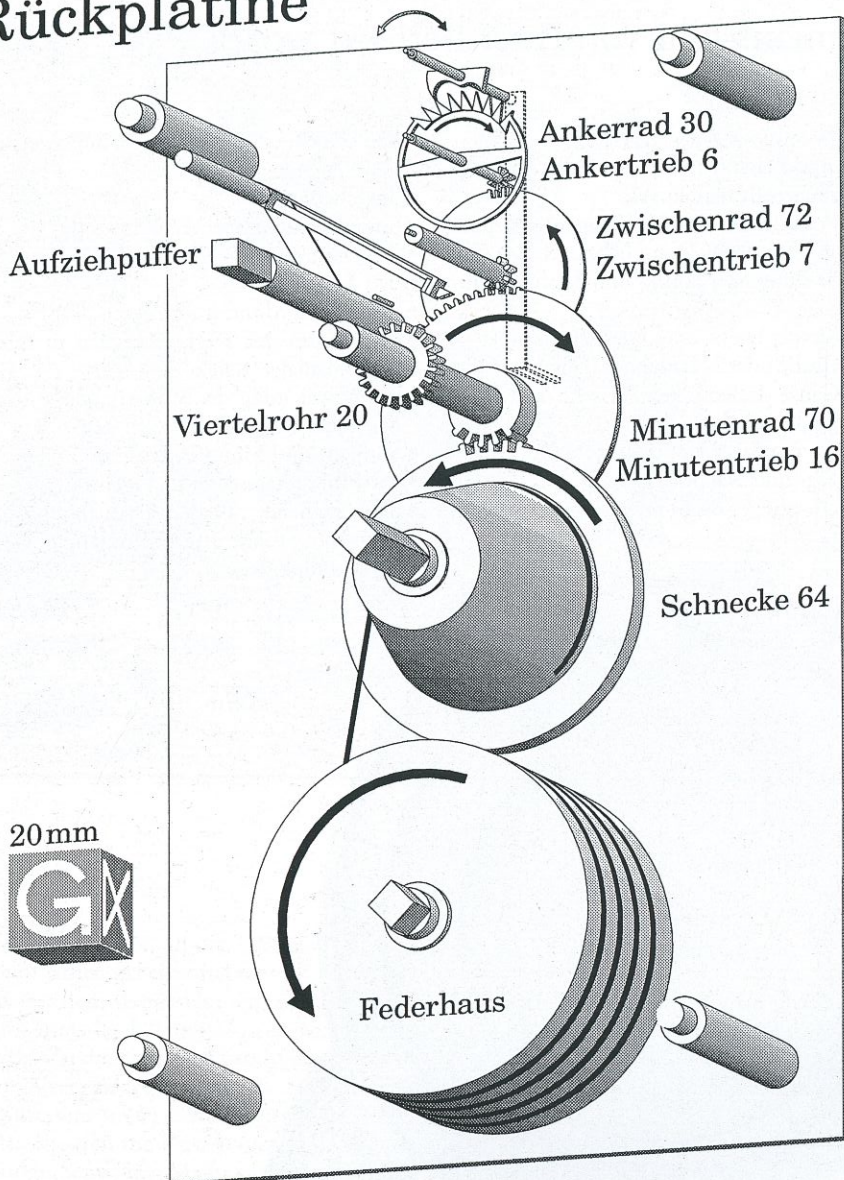
- die 60 Minuten der Stunde,

- die 24 Stunden eines Tages,
- Tag und Nacht für wichtige Städte auf der nördlichen Erdhalbkugel,
- die Position der Sonne, bezogen auf einen Ort auf der nördlichen Halbkugel,
- die Stellung von Sonne und Mond zueinander,
- die Kleine, Halbe oder Deutsche Uhr,
- die Große oder Nürnberger Uhr,
- die Ganze, Italienische, Welsche oder Böhmisches Uhr,
- die Astronomische oder Griechische Uhr,
- die Tag- und Nachtlängen,
- die Uhrzeiten von Sonnenauf- und -untergang,

- den Wochentag mit seinem entsprechenden Planetengott,
- Tagesheilige,
- Sonntagsbuchstaben,
- das Datum,
- den Monat,
- Sonne und Mond im Tierkreis,
- das Datum der Tierkreiszeichen in Bezug zum normalen Kalender,
- die Abweichung der Wahren Zeit von der Mittleren Zeit,
- Sonnen- und Mondfinsternisse,
- das Mondphasenalter in Tagen,
- die tägliche Phasenverschiebung des Mondes in Stunden und Minuten,
- die Mondphase.



Rückplatine



Gehwerk

Das Gehwerk ist ein gewöhnliches Räderwerk mit Federantrieb und Ankerhemmung mit Pendel. Alle hierzu gehörenden Räder und Hebel sind zwischen der Rück- und Hauptplatine gelagert. Nur eine Welle, die Minutenradwelle, verbindet das Gehwerk mit dem Zeigerwerk; sie allein dreht die Räder, die auf der Hauptplatine liegen, für alle Zeiger und die Himmelskugel (Abb. 31). Das Werk zieht man mit einem Schlüssel am Vierkant der Schnecke auf. Es läuft eine Woche. Die Schnecke sorgt für konstante Antriebskraft am Minutenrad während einer Laufzeit von einer Woche. Die über die Laufzeit abnehmende Federkraft wird ausgeglichen von der Schnecke; das Werk verfügt somit während der gesamten Laufzeit über annähernd konstante Antriebskraft. Damit die Uhr während des Aufziehens – etwa ein bis zwei Minuten – nicht stehenbleibt, versorgt ein Aufziehpuffer das Werk in dieser Zeit mit Energie. Bevor man am Vierkant der Schnecke die Uhr aufzieht, dreht man über einen anderen Vierkant einen Hebel und spannt eine Blattfeder. Diese Blattfeder drückt gegen einen Winkelhebel, der mit seiner federnden Spitze in einen Zahn des Minutenrades eingreift und somit vorübergehend das Uhrwerk antreibt (Abb. 32, 33).

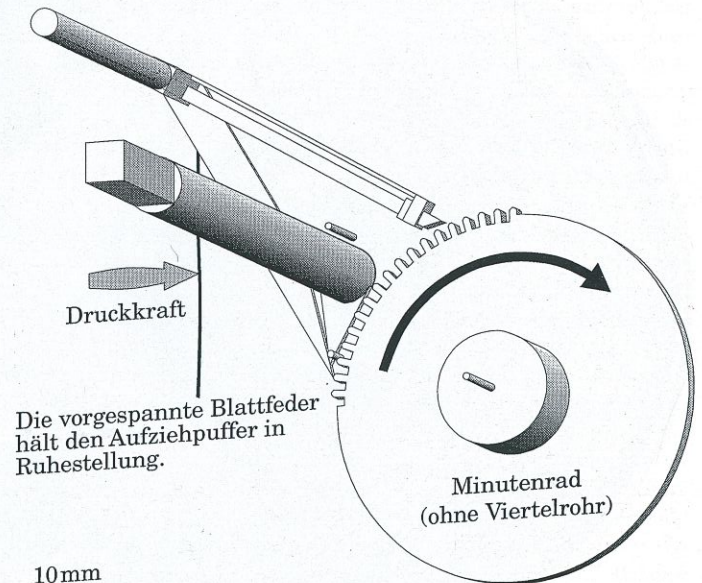
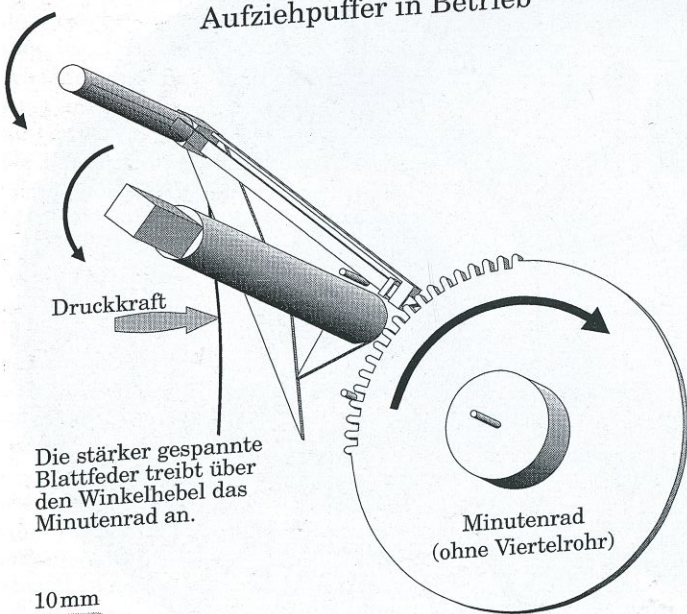
Abb. 31 (links): Das Gehwerk der Firmians-Uhr (vgl. Text oben).

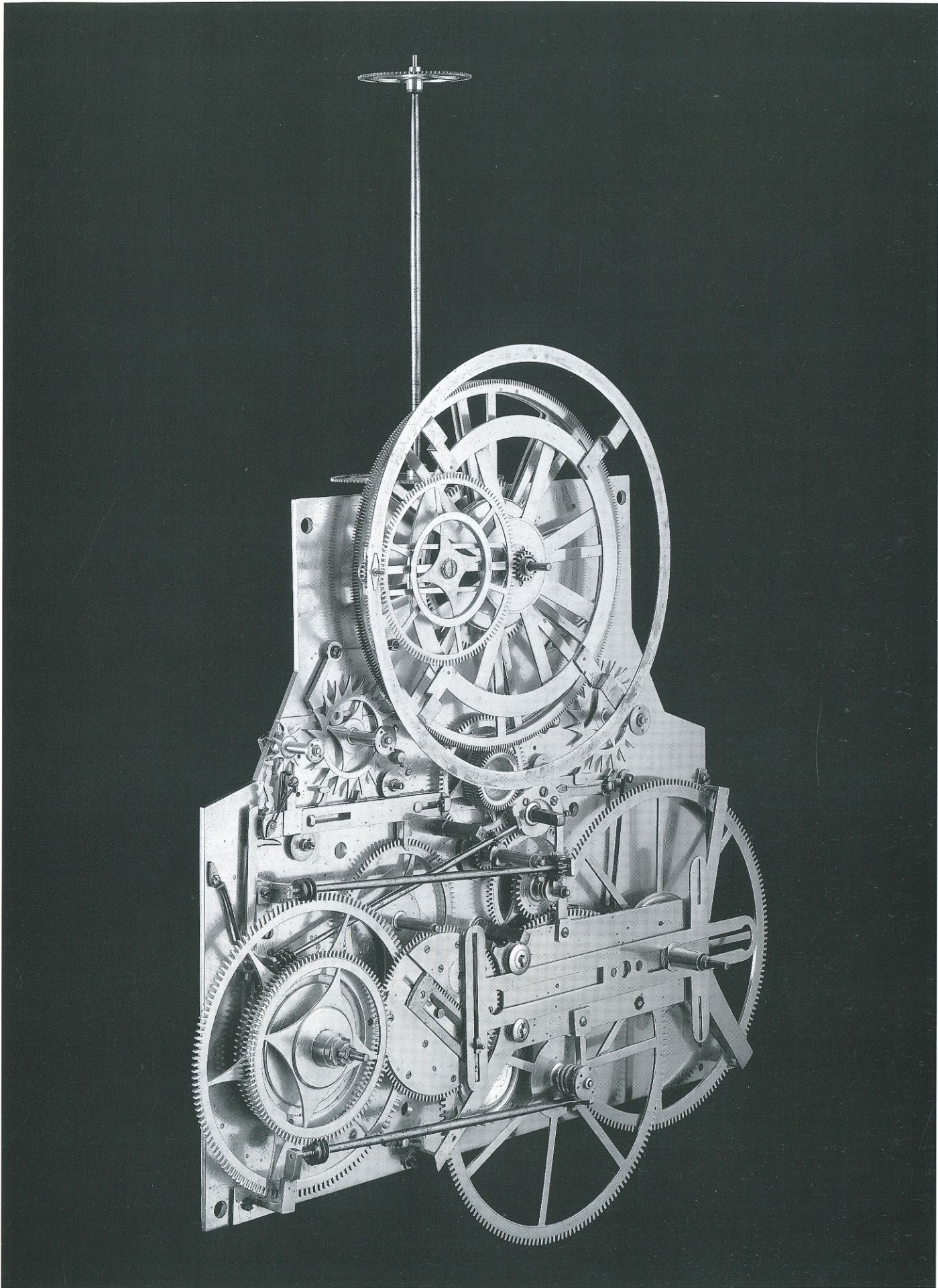
Abb. 32 (links unten) und 33 (unten): Zur Aufziehmechanik der Firmians-Uhr vgl. den Text oben.

Abb. 34 (auf Seite 365): Das gesamte Werk der Firmians-Uhr.

Aufziehpuffer in Betrieb

Aufziehpuffer in Ruhestellung





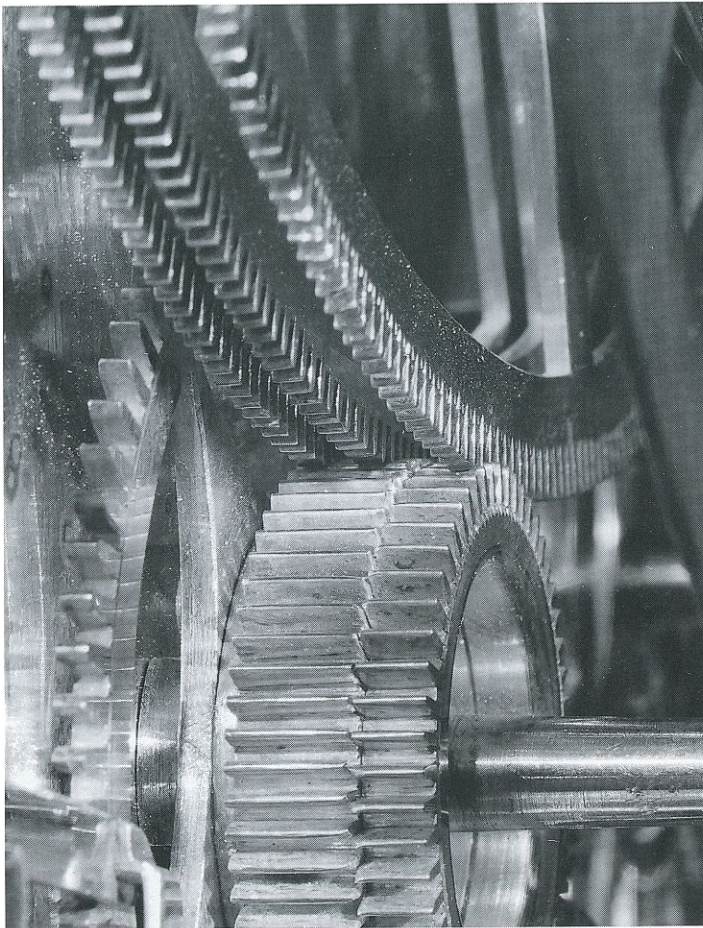


Abb. 35 (auf Seite 367): Das obere der drei großen Zifferblätter.

Abb. 36 (rechts) und 36a (oben): Die drei Räder mit unterschiedlichen Zähnezahlen des Zeigerwerks hinter dem großen Zifferblatt (vgl. dazu den Text unten).

Zeigerwerk

Das Zeigerwerk übersetzt die stündliche Umdrehung der Minutenradwelle in die Umdrehungszeiten für die Zeiger der astronomischen Zifferblätter (Abb. 34). Auf der Minutenradwelle sitzt der Minutenzeiger für das kleine Zifferblatt im Zentrum des gesamten Zifferblatts (Abb. 30). Rechts daneben ist ein Vierkant, mit einer Kurbel kann man das Zeigerwerk vor- und rückwärts drehen, um vergangene oder künftige Sonne-/Mond-Konstellationen zu simulieren. Alle Räder drehen sich langsamer als das Minutenrad, das langsamste braucht fast 19 Jahre für eine Drehung. Bis alle Räder wieder dieselbe Ausgangsstellung haben, müssten mehr als eine Million Jahre vergehen. Für einige Zeiger ist es nötig, Drehungen in lineare Hin- und Herbewegungen umzuwandeln, manchmal auch in Drehschwingungen wie bei der Tag- und Nachtlängenanzeige. Obwohl das Uhrwerk sehr kompliziert erscheint, handelt es sich um keine neue Erfindung: alle Bauteile haben sich schon in den Meisterstücken der Uhrmacher im 16. Jahrhundert bewährt, auch in solch komplexer Anordnung.

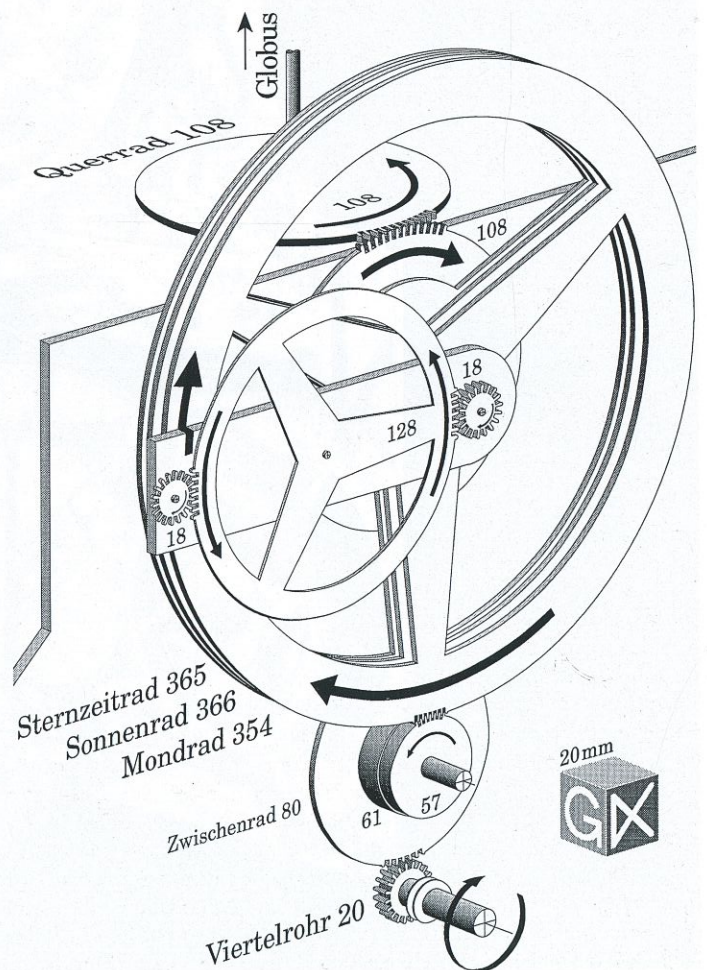
Nördliche Erdkugel mit Sonne und Mond

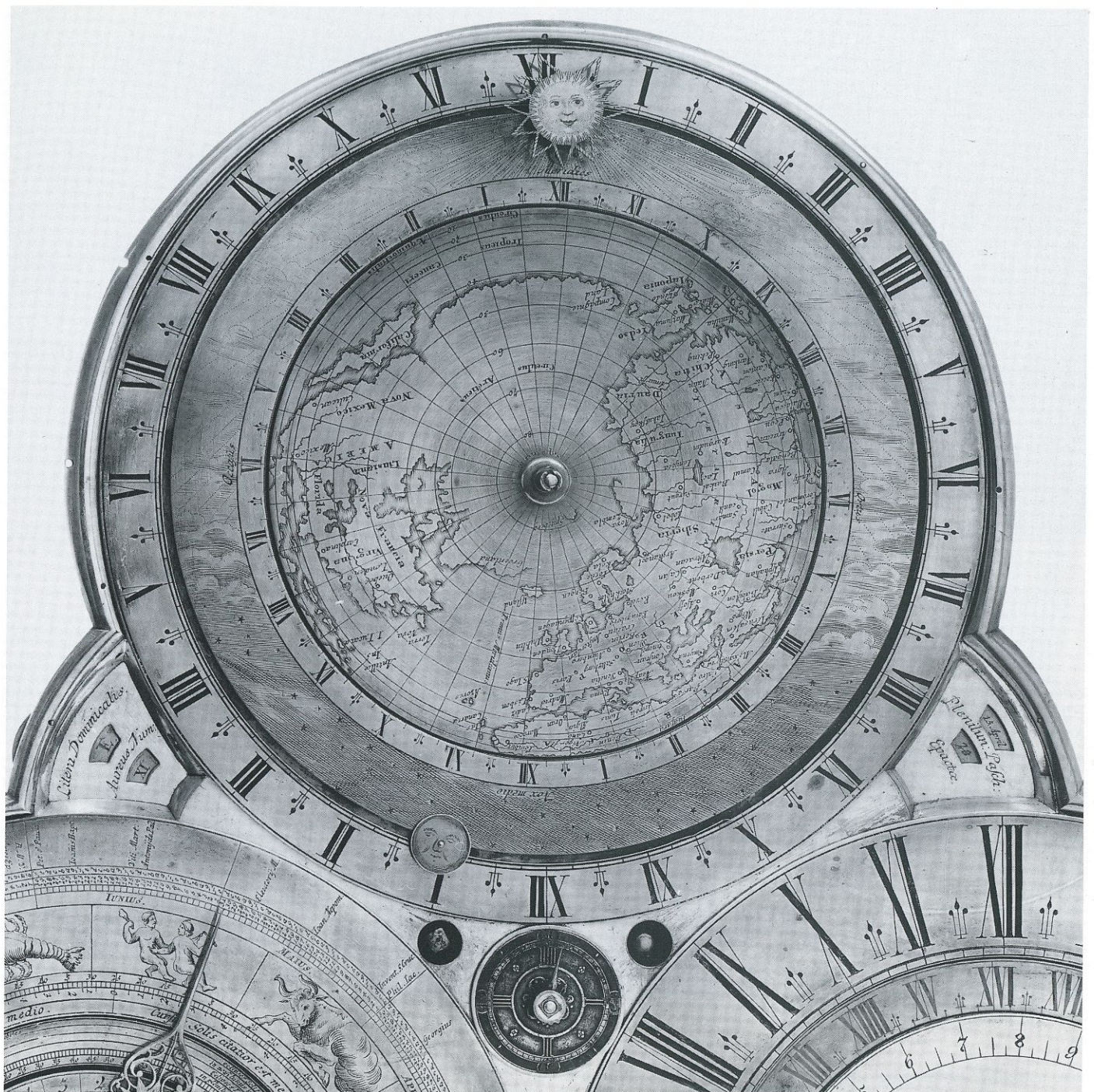
Beim großen Zifferblatt oben in der Mitte kreisen Sonne und Mond um die nördliche Erdhalbkugel; diese ist planispherisch konstruiert, sie dreht sich nicht (Abb. 35).

Sonne und Erde sind geozentrisch dargestellt, das heißt die Sonne kreist um die Erde und nicht umgekehrt wie in Wirklichkeit. Die Geozentrische ist mechanisch einfacher zu bauen, sie ist auch einfacher nachzuvollziehen; denn auch wir sehen, wie die Sonne sich am Himmel bewegt, die uns im Alltag vertraute Beschreibung von Tag und Nacht.

Die Sonne braucht für einen Umlauf 24 gleich lange Stunden, einen Mittleren Tag. Das Sonnensymbol mißt an der äußeren Skala die Stunden; die obere XII steht für Mittag, die untere XII für Mitternacht. Bezogen auf die stillstehende Erdkarte, zeigt das Sonnensymbol den Mittag, und die zugleich umlaufende Scheibe mit rückläufig markierter $2 \times XII$ Stundenteilung zeigt für die verschiedenen vom Nordpol ausgehenden Meridiane die jeweilige Uhrzeit an.

Wenn Sonne und Mond die Erde umkreisen, bleibt der Mond immer etwas zurück, nach $29\frac{1}{2}$ Tagen, einem Synodischen Monat, hat er zur Sonne wieder dieselbe Stellung. Aus der Stellung von Mond zu Sonne kann man die Mondphasen ableiten. Wenn die Sonne auf dem Zifferblatt über dem Mond liegt, dann sieht man den Mond nicht, es ist Neu-





mond. Steht der Mond der Sonne gegenüber, dann ist Vollmond. Zwischen zwei Vollmonden liegen $29\frac{1}{2}$ Tage. Während eines synodischen Monats dreht sich der Mond auch um sich selbst und kehrt deshalb der Erde immer die gleiche Seite zu. Diese Mondrotation ist hier mechanisch gelöst: mit einem epizyklischen Getriebe. Dieses Getriebe befindet sich hinter dem Zifferblatt (Abb. 36). Drei Räder gleichen Durchmessers aber mit unterschiedlichen Zähnezahlen stecken auf einer Achse. Das 365er Sternzeitrad und das 366er Sonnenrad drehen sich verschieden schnell, sie werden beide von einem Zahnrad angetrieben, dem 61er Rad (Abb. 36a). Das Sternzeitrad dreht

sich in einem Sterntag (23 Std. 56 Min.) und bewegt den Himmelsglobus, der die Uhr bekrönt, in einem Jahr macht es 366 Umdrehungen. In der gleichen Zeit macht das Sonnenrad 365 Umdrehungen oder eine Drehung pro Tag, auf ihm sitzt die lächelnde Sonne. Das 354er Mondrad hat zusätzlich ein Gestell für die epizyklische Funktion, auf dem äußeren 18er Rad steckt der Mond. Das 18er Rad in der Mitte ist starr mit dem 366er Sonnenrad verbunden. In einem synodischen Monat macht das Mondrad eine Umdrehung mehr als das Sonnenrad, und der Mond dreht sich einmal um seine eigene Achse. Für den Himmelsglobus sowie für den Sonnen- und Mondzeiger sind drei Zahnräder

nötig, das 365er Sternzeitrad, das 366er Sonnenrad und das 354er Mondrad (Abb. 36). Wenn sich der Minutenzeiger 24mal dreht (ein Mittlerer Tag),
 – dann dreht sich das 366er Sonnenrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{61}{366}$ mal = einmal;
 – dann dreht sich das 365er Sternzeitrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{61}{365}$ mal = $\frac{366}{365}$ mal. Das Sternzeitrad dreht sich in einem Jahr einmal mehr als das Sonnenrad;
 – dann dreht sich das 354er Mondrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{57}{354}$ mal = $\frac{342}{354}$ mal.
 Das Mondrad braucht $29\frac{1}{2}$ Tage, um das Sonnenrad einzuholen, es macht in dieser Zeit $28\frac{1}{2}$ Umdrehungen, eine weniger als das Sonnenrad.

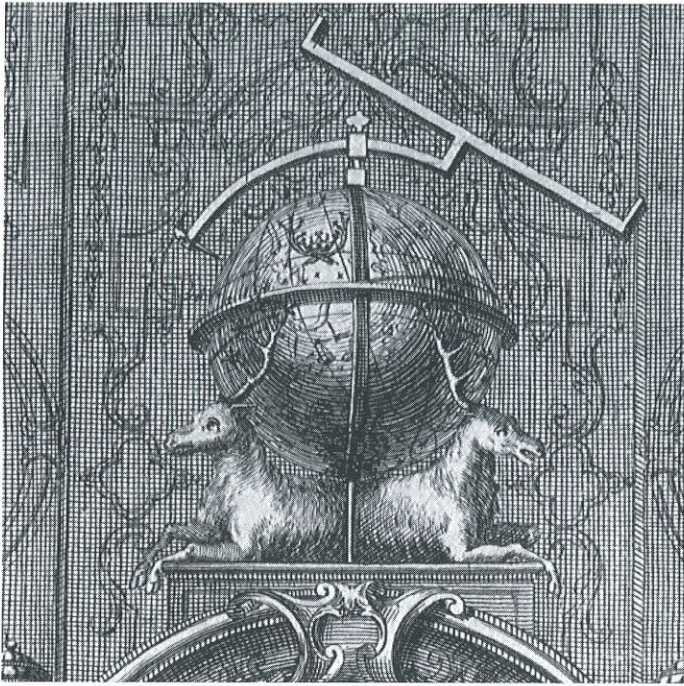


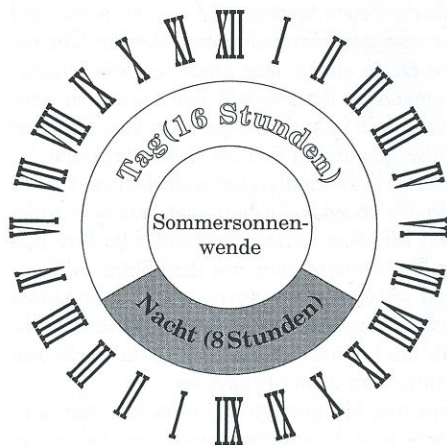
Abb. 37a (oben links) und 37b (oben rechts): Ein Detail aus dem auf Seite 349 abgebildeten Stich der Firmians-Uhr (37a) zeigt im Vergleich mit dem heutigen Zustand (37b), daß die Uhr ursprünglich noch eine besondere, heute verlorene Einrichtung aufwies, durch die man einfach einen am Firmament gesuchten Stern finden konnte. Auf dem sich automatisch drehenden Himmelsglobus war eine manuell justierbare Visiereinrichtung angebracht. Der Himmelsbeobachter setzte den Taststift auf den gewünschten, am Himmelsglobus graviert dargestellten Stern – der Taststift lenkte zugleich die Visierstange, über deren Kimme und Korn man im Nu den gewünschten Stern sah.

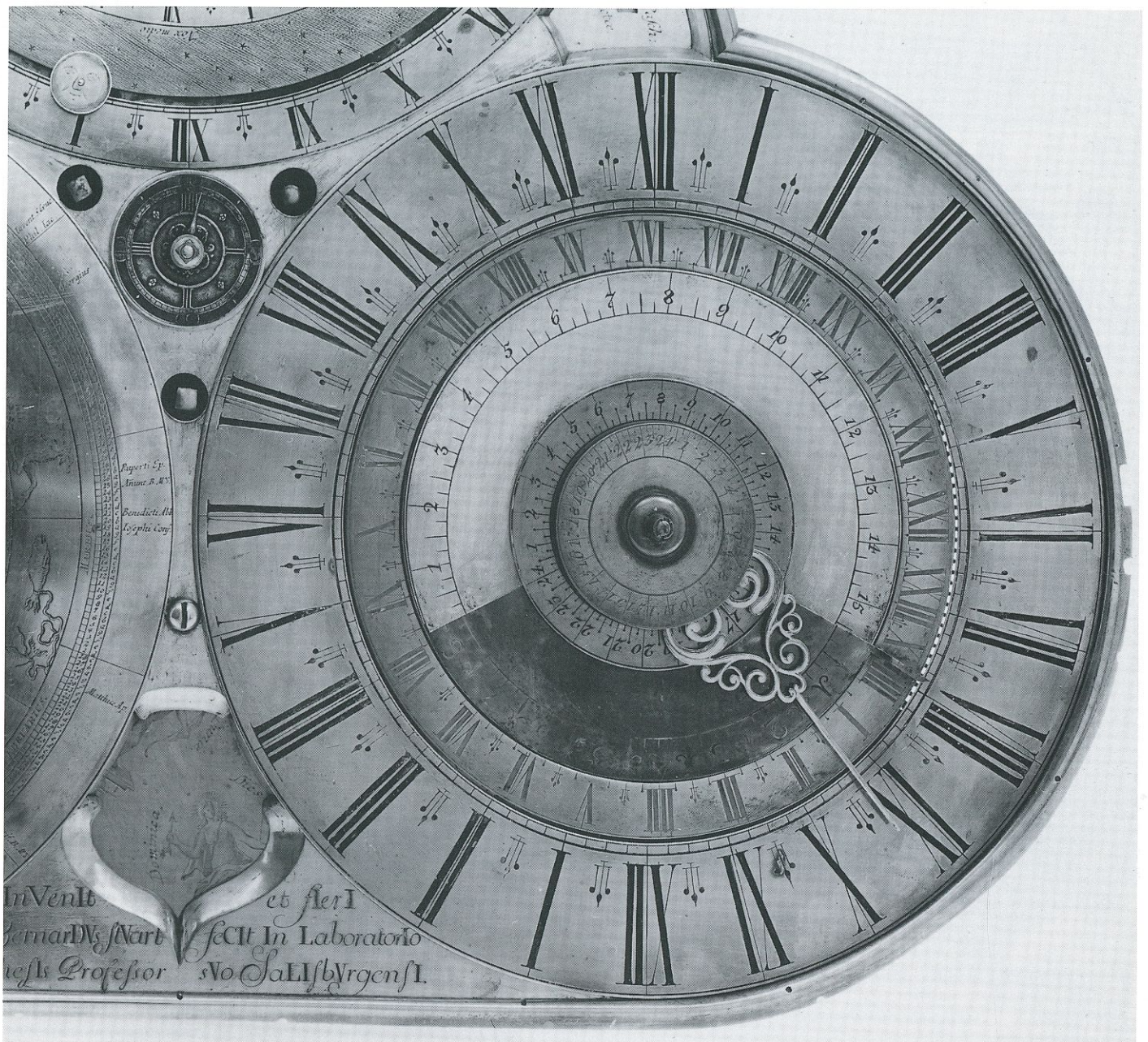


Abb. 38a, b und c (unten): Vergleich des Verhältnisses der Tagesstunden zu den Nachtstunden, wie es im Innenteil des großen Zifferblattes deutlich ablesbar ist (hell = Tagesstunden, dunkel = Nachtstunden).

Abb. 39 (auf Seite 369): Das große Zifferblatt unten rechts mit den europäischen Stundenanzahlungen (vgl. den Text auf Seite 369–370).

Abb. 40 (links): Gravierte Signatur des Jakob Bentele auf der Grundplatte des Werks.





Europäische Stundenzählungen

Das große Zifferblatt unten rechts zeigt im Vergleich vier Stundenzählungen an, die in Europa vom Mittelalter bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts allgemein üblich waren: Kleine, Halbe oder Deutsche Uhr; Große oder Nürnberger Uhr; Ganze, Italienische, Welsche oder Böhmisches Uhr; Astronomische oder Griechische Uhr. Außerdem zeigt das Zifferblatt die Tag- und Nachtstunden für verschiedene Breitengrade und damit auch den Zeitpunkt von Sonnenaufgang und Sonnenuntergang an (Abb. 39).

Bei der Kleinen, Halben oder Deutschen Uhr ist der Tag in 2 mal I bis XII Stunden geteilt. Diese Stundenzählung liest man auf dem äußeren Ring ab.

Bei der Großen oder Nürnberger Uhr ist der Tag in zwei Reihen gleich langer Stunden geteilt: in die Tag- und in die Nachtstunden.

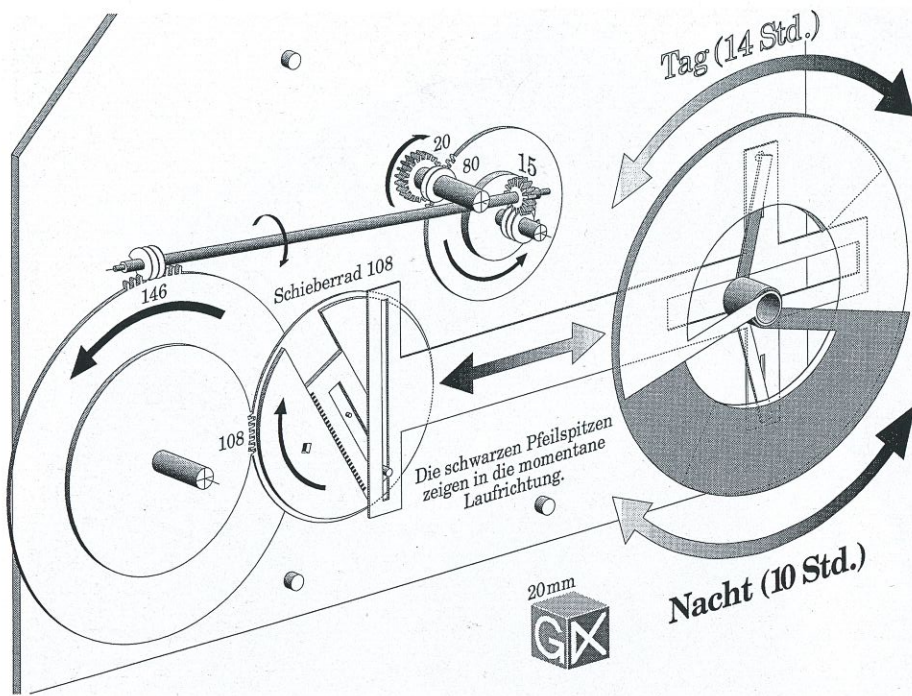
Insgesamt hat ein Tag immer 24 Stunden. Zur Sommersonnenwende sind es mehr Tag- als Nachtstunden, und zur Wintersonnenwende ist es genau umgekehrt, nur zum Frühlings- und Herbstanfang sind Tag und Nacht jeweils zwölf Stunden lang (Abb. 38a, b, c). Die Stundenzählung beginnt bei Sonnenaufgang, auf dem Foto sind 15,5 Tagstunden angezeigt.

Wie das Verhältnis von Tag- zu Nachtstunden an den Sonnenwenden ist, hängt vom Breitengrad ab; in Nürnberg sind es zur Sommersonnenwende etwa 16 Tag- und 8 Nachtstunden. Bei dieser Uhr läßt sich der Breitengrad für den Aufstellungsort einstellen, dazu löst man die Schraube aus dem Zifferblatt unterhalb des Aufzugvierkants und justiert mit einem Schlüssel das Kurbeltrieb auf dem Kurbelrad (Abb. 39, 41, 46).

Bei der Ganzen, Italienischen, Welschen oder Böhmisches Uhr rechnet man auch mit gleich langen Stunden; in Italien beginnt man bei Sonnenuntergang, in Böhmen bei Sonnenaufgang zu zählen. Ein Zeiger am Beginn der Nachtscheibe gibt an der sich mitdrehenden 24-Stunden-Skala den Anfang der italienischen Zählweise an. Für die Böhmisches Stundenzählung gilt die 1- bis 24-Stunden-Skala innerhalb der beiden Tag- und Nachtscheiben.

Bei der Astronomischen oder Griechischen Uhr zählt man ebenfalls 24 gleich lange Stunden, die Zählung beginnt aber mittags; erst seit 1925 zählen die Astronomen einheitlich die Stunden beginnend mit Mitternacht. Für diese Zählung dient die feststehende Scheibe im Zentrum.

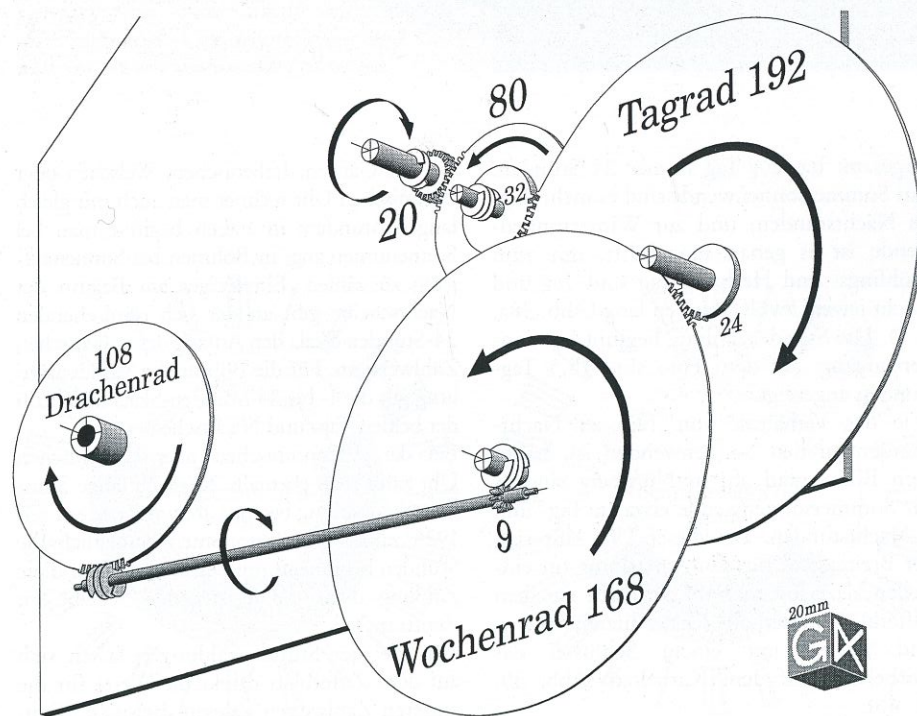
Für alle vier Stundenzählungen lassen sich auf dem Zifferblatt direkt die Werte für die anderen Zählweisen ablesen. Beispiel: Wenn



es Mitte Juni in München nach der Kleinen Uhr etwa neun Uhr abends ist, dann ist es bei den Nürnbergern und den Italienern 1.30 Uhr nachts, bei den Böhmen 17.00 Uhr und nach der Astronomischen oder Griechischen Zählung 9.00 Uhr.

Für den Stundenzeiger der Kleinen Uhr ist ein Zahnrad nötig, das 192er Tagrad (Abb. 42), für die Steuerung des Tag- und Nachtschiebers ist das 108er Kurbelrad wichtig

(Abb. 41). Wenn sich der Minutenzeiger 24mal dreht (ein Mittlerer Tag),
 – dann dreht sich das 192er Tagrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{192}$ mal = einmal;
 – dann dreht sich das 108er Kurbelrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{1}{15} \times \frac{108}{146} \times \frac{108}{108}$ mal = einmal.
 Folglich kriecht der Schieber einmal im Jahr hin und her und wandelt seine Bewegung in eine Drehschwingung der Tag- und Nachtscheiben um.



Kalender

Das große Zifferblatt unten links zeigt einen Jahreskalender sowie die Stellungen von Sonne und Mond. Es gibt einen breiten feststehenden Zifferblattring außen und drei sich drehende, zum Teil übereinanderliegende Scheiben in der Mitte. Zwei Scheiben haben Zeiger, einer symbolisiert die Sonne, der andere den Mond (Abb. 43, rechts).

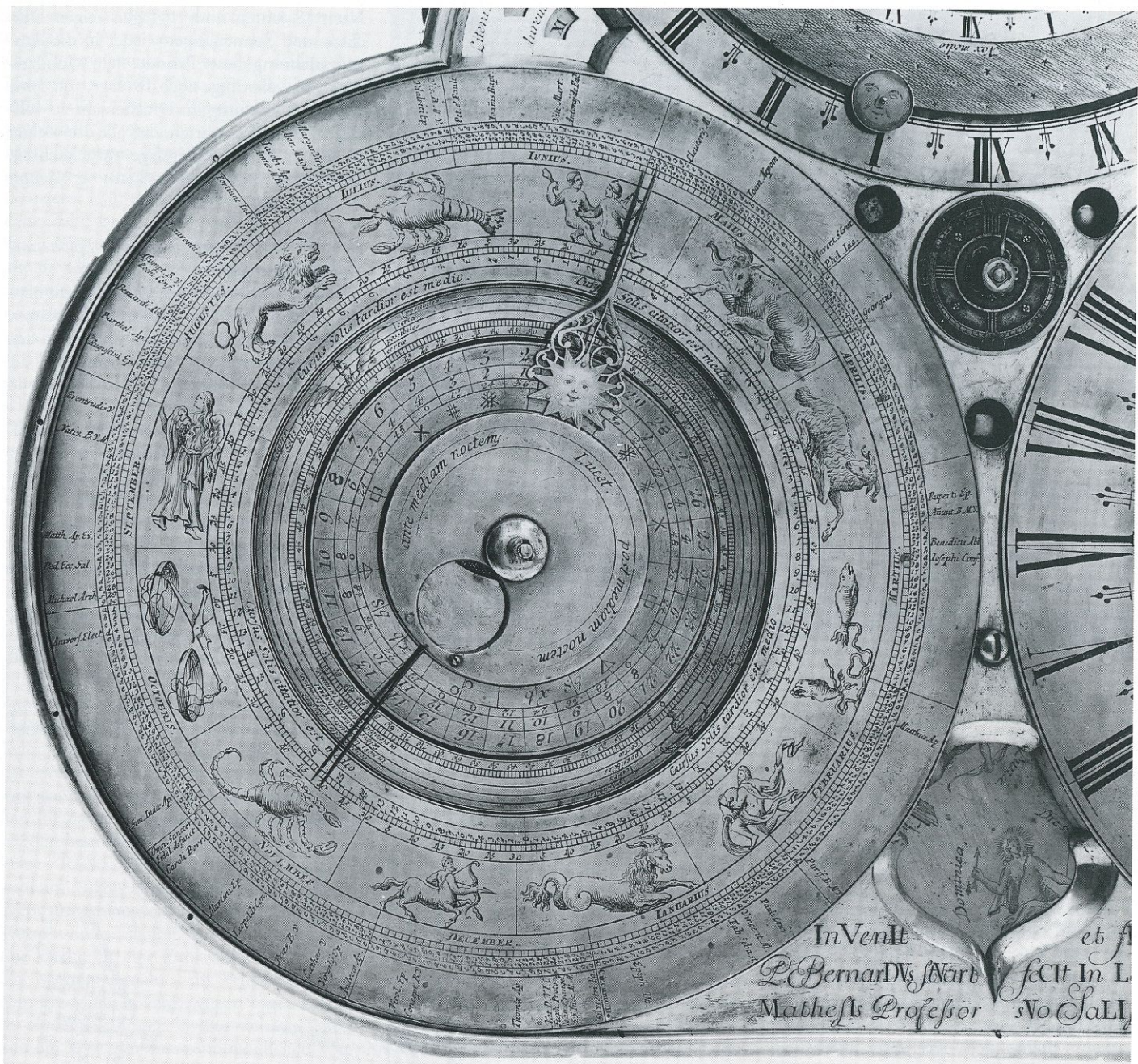
Der Sonnenzeiger dreht sich einmal im Gemeinjahr (365 Tage) links herum und deutet auf den Jahreskalender. Am Kalenderring liest man von außen nach innen ab: Tagesheilige, Tagesbuchstaben, Tage des Monats, Tierkreiszeichen, Tage des Tierkreiszeichens und die Zeitgleichung.

Kennt man den Sonntagsbuchstaben eines Jahres (siehe weiter unten), dann erfährt man mit einem Blick auf die Tagesbuchstaben, welche Tage im Jahr Sonntage sind. Die 365 Tage des Gemeinjahres sind fortlaufend ausgezeichnet mit den sieben Buchstaben a bis g – man nennt sie Tagesbuchstaben. Beispiel: Wenn der Sonntagsbuchstabe E ist, dann sind alle auf der Kalenderscheibe mit e ausgezeichnete Tage Sonntage, wie beispielsweise der 5. Jänner, der 20. April oder der 7. September.

Wir sagen, es ist Mittag, wenn unsere Uhren 12.00 zeigen, und wenn wir unseren Armbanduhren Glauben schenken, könnten wir meinen, daß alle Tage gleich lang sind; wir leben mit dieser Einteilung, die man Mittlere Zeit nennt. Auf Sonnenuhren ist Mittag dann, wenn die Sonne am höchsten steht, und man nennt diese Zeitrechnung Wahre Zeit. Die Differenz zwischen Wahrer Zeit und Mittlerer Zeit heißt Zeitgleichung, sie wird in Minuten ausgedrückt und gibt an, um wieviel Minuten der tägliche Sonnenhöchststand vom Mittag unserer Gebrauchsuhren abweicht. An vier Tagen im Jahr fallen Wahre Zeit und Mittlere Zeit und damit auch die Mittag zusammen, viermal im Jahr erreichen diese Abweichungen verschiedene Umkehrpunkte; der Maximalwert beträgt 16 Minuten. Eine Ursache für die Zeitgleichung ist die elliptische Bahn der Erde um die Sonne. Wegen des unterschiedlichen Erde-Sonne-Abstands läuft die Erde einmal schneller, einmal langsamer, und es gibt deshalb verschieden lange Tage. Außerdem wirkt sich die Schräge der Ekliptik auf die wahre Tageslänge aus. Die Zeitgleichung war wichtig, um Räderuhren mit Hilfe von Sonnenuhren zu stellen, denn Sonnenuhren zeigen immer Wahre Zeit.

Den Schalttag berücksichtigt diese Uhr nicht, der Jahreskalender ist mit 365 Tagen angegeben. Im Schaltjahr muß man am 29. Februar die Uhr für 24 Stunden anhalten.

Der Mondzeiger zeigt auf dem äußeren Zifferblattring das Tierkreiszeichen, in dem der Mond gerade steht. Auf der sich mit dem Sonnensymbol drehenden Scheibe liest man das Alter der Mondphasen von 1 bis 30 Tage sowie die tagweise Phasenverschiebung des Mondes in Stunden und Minuten ab. In ei-



nem runden Fenster zeigt sich die aktuelle Mondphase. Der Mondzeiger dreht sich einmal in 29,5455 Tagen in Bezug zum Sonnenzeiger, ebenfalls links herum.

Zwischen dem feststehenden Zifferblattring und der Scheibe mit dem Sonnensymbol dreht sich ein weiterer Ring, man nennt ihn Drachenzeiger. Seine Stellung in Beziehung zu Sonne und Mond gibt Sonnen- und Mondfinsternisse an.

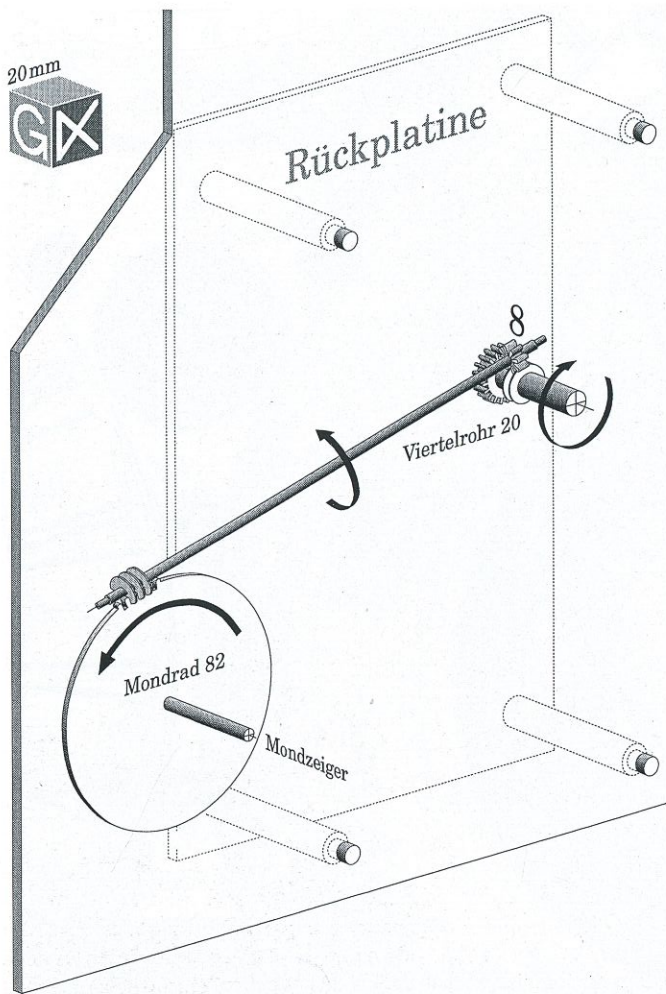
Die Sonne läuft scheinbar um die Erde in der Ekliptik durch die Tierkreiszeichen, der Mond läuft um die Erde auf der Mondbahn; beide Bahnebenen sind zueinander geneigt. Finsternisse sind nur dann möglich, wenn sich Erd- und Mondbahn kreuzen und der Mond sich auf diesen Kreuzungspunkten befindet – in den sogenannten Mondknoten.

Diese Mondknoten wandern in mehr als 18 Jahren durch die Ekliptik. Die Finsternisse wiederholen sich innerhalb von 223 Mondumläufen, dem Drachenzahl. Außerdem kann eine Mondfinsternis nur bei Vollmond, eine Sonnenfinsternis nur bei Neumond eintreten; eine Sonnenfinsternis ist von jedem Ort sichtbar, eine Sonnenfinsternis kann dagegen nur von einem bestimmten Gebiet aus beobachtet werden.

Drachenkopf und Drachenschwanz symbolisieren auf dem Drachenzeiger die Mondknoten. Wenn sich Sonnen- und Mondzeiger mit einem dieser beiden Drachensymbole decken, tritt je nach Stellung von Mond und Sonnenzeiger – ob übereinander oder sich gegenüber – eine Sonnen- oder Mondfinsternis ein.

Abb. 41 (Seite 370 oben) und 42 (Seite 370 unten): Die Räder des Werks für die Stunden-zählungen am großen Zifferblatt auf Seite 369 (vgl. den Text auf Seite 369–370).

Abb. 43 (auf Seite 371 oben): Das große Zifferblatt unten links mit dem Jahreskalender und den Stellungen von Sonne und Mond.



Nach 18 Jahren und 11 Tagen zeigen Dra-
chen- und Sonnenzeiger wieder in die Aus-
gangsrichtung dieser Periode, dem Mondzei-
ger fehlen allerdings noch 18 Tage, um seine
223ste Umdrehung im Drachenjahr zu voll-
enden. Darauf zu warten, daß alle drei Zeiger
wieder in ihre Ausgangslage zurückkehren,
verlangt einen langem Atem: es dauert
278.964 Jahre!

*Goldene Zahl, Sonntagsbuchstabe, Epakte und
Vollmond vor Ostern*

In den Zwickeln der drei großen Zifferblät-
ter erkennt man drei kleine Zifferblätter:
links oben für die Goldene Zahl und den
Sonntagsbuchstaben, rechts oben für die
Epakte und das Datum für den Vollmond
vor Ostern (Abb. 13).

Für die Berechnung der beweglichen christli-
chen Feste hat man den Mondlauf in eine fe-
ste Beziehung zum Jahr ($365\frac{1}{4}$ Tage) gesetzt.
Alle 19 Jahre oder 235 synodische Monate
(29,5305 Tage) oder ≈ 6939 Tage sollen
demnach Mondphasen und Monatsdaten
wieder übereinstimmen. Dieser 19jährige
Zyklus wird mit der Goldenen Zahl von I bis
XIX gezählt. Die Goldene Zahl wird am Jah-
resanfang um einen Wert weiterschaltet.

Abb. 44 (links) und 45 (unten): Anordnung
des Kalenderwerks für Sonntagsbuchstabe, Gol-
dene Zahl und die Epakte.

Abb. 46 (auf Seite 373): Detail des Werks mit
dem Schieberrad aus Abb. 41.

Für den Sonnen-, Mond- und Drachenzeiger
sind drei Zahnräder nötig, das 82er Mond-
rad (Abb. 44), das 146er Sonnenrad (Abb.
45) und das 108er Drachenrad (Abb. 42).
Wenn sich der Minutenzeiger 24mal dreht
(ein Mittlerer Tag),

– dann dreht sich das 82er Mondrad
 $24 \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{82} \text{ mal} = \frac{3}{82} \text{ mal}$. – Das Mondrad
braucht $27\frac{1}{3}$ Tage, einen Siderischen Mo-
nat, für eine Drehung. – Das Mondrad
braucht 29,5455 Tage, einen Synodischen
Monat, bis es das Sonnenrad wieder einholt.
– Das Mondrad braucht 27,224 Tage, einen
Drakonitischen Monat, um wieder in dersel-
ben Position zum Drachenzeiger oder im sel-
ben Mondknoten zu stehen;

– dann dreht sich das 146er Sonnenrad
 $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{1}{15} \times \frac{1}{146} = \frac{1}{365} \text{ mal}$, es braucht ein Jahr,
365 Tage, für eine Umdrehung;

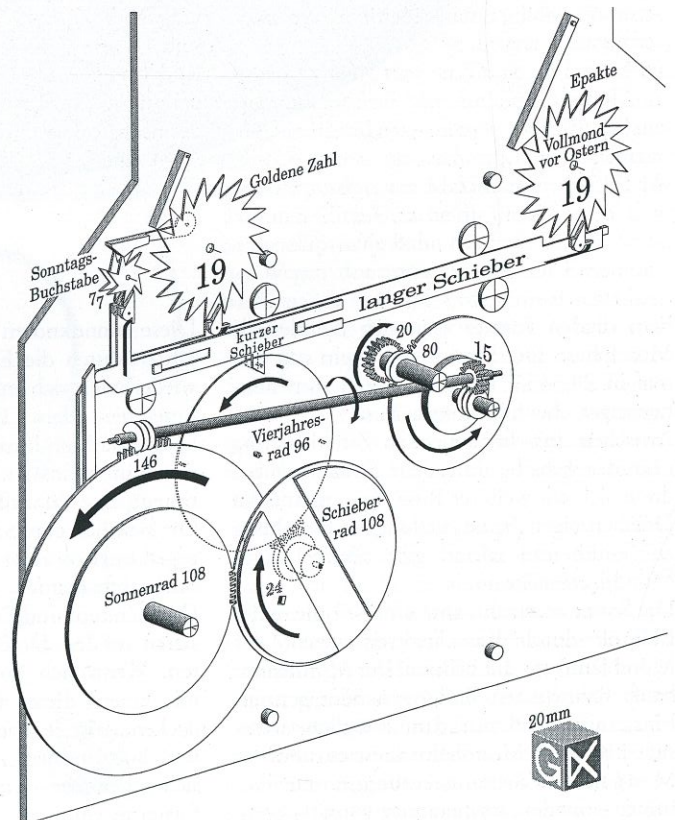
– dann dreht sich das 108er Drachenrad
 $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{192} \times \frac{24}{168} \times \frac{1}{9} \times \frac{1}{108} \text{ mal} = \frac{1}{6804} \text{ mal}$.

Einige Vergleiche, die die Genauigkeit der
Uhr belegen:

– Siderischer Monat: liegt mit $27\frac{1}{3}$ Tagen
sehr nah am Sollwert: 27,321.

– Synodischer Monat: 29,5455 Tage braucht
die Uhr, der Standardwert: 29,531.

– Drakonitischer Monat: mit 27,224 Tagen
kaum eine Differenz: 27,212.



Mit der christlichen Zeitrechnung ist die Goldene Zahl so verbunden, daß das Jahr 1 vor Christi Geburt das erste in diesem Zyklus ist. In einem Jahr mit der Goldenen Zahl 1 fallen Neumond und Frühlingsanfang zusammen.

Man berechnet die Goldene Zahl, indem man zur Jahreszahl eins addiert und durch neunzehn teilt; der 19fache Rest ist die Goldene Zahl; ist der Rest Null, setzt man den Teiler (19) als Goldene Zahl ein. Für 1993 ist also die Goldene Zahl 18, denn nach der Formel mit Werten $\frac{1993+1}{19}$ bleibt ein Rest von $\frac{18}{19}$. Es gibt sieben Sonntagsbuchstaben (A bis F); im Vergleich mit den Tagesbuchstaben (a bis f) findet man die Sonntage eines Jahres auf schnelle Weise (siehe weiter oben bei der Beschreibung Tagesbuchstabe).

Das Gemeinjahr hat $365 = 52 \times 7 + 1$ Tage; es endet mit dem gleichen Wochentag, mit dem es begonnen hat, und das folgende Jahr beginnt einen Wochentag später. Das einem Schaltjahr folgende Jahr beginnt zwei Wochentage später. Es dauert 28 Jahre, bis die sieben Wochentage wieder auf dieselben Monatsdaten fallen. Da jedes Gemeinjahr 52 Wochen und 1 Tag dauert, hätte ein siebenjähriger Zyklus genügt. Durch den Schalttag, alle vier Jahre, kommt es zu einer weiteren Verschiebung um einen Tag, so daß eine 4×7 Jahre lange, also 28jährige Periode notwendig ist.

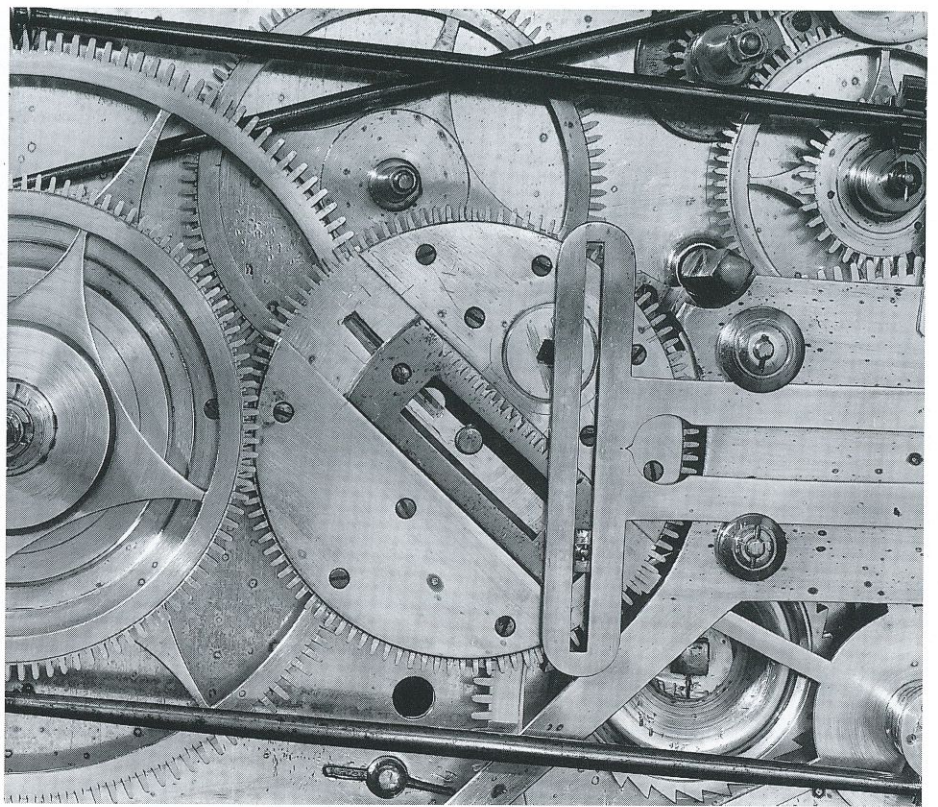
Jedes Gemeinjahr hat einen, jedes Schaltjahr hat zwei Sonntagsbuchstaben: einen für die Zeit vor dem Schalttag (29. Februar) und einen für das restliche Jahr. Diese Uhr nimmt auf den besonderen Umstand des Schaltjahrs keine Rücksicht: der Sonntagsbuchstabe wird am Anfang eines Gemeinjahrs um einen Wert, am Anfang eines Schaltjahrs um zwei Werte weitergeschaltet.

Die Epakte ist eine Zahl von I bis XIX, die das Mondphasenalter am Frühlingsanfang, dem 22. März, in vergangenen Tagen angibt. In einem 19jährigen Zyklus kommt jedem Jahr ein Wert von neunzehn möglichen Werten in einem 30er System zu. Jede Epakte ist um elf Tage größer als die des Vorjahres. Elf Tage ist die Differenz von einem gemeinsamen Sonnenjahr (365 Tage) und einem Mondjahr (354 Tage). Nur die Epakte des 19. Jahres springt um 12 Tage (saltus lune). Der Wechsel der Epakten findet normalerweise am 1. September statt, in dieser Uhr allerdings am Jahresbeginn.

Die Epakte steht in fester Beziehung zur Goldenen Zahl:

Goldene Zahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Epakte	0	11	22	3	14	25	6	17	28	9	20	1	12	23	4	15	26	7	18

Die Epakte eines Jahres bestimmt die Mondphasen für das ganze Jahr. Die Goldene Zahl für 1993 ist 18, die dazu entsprechende Epakte laut Tabelle 7; demnach ist der 22. März der 7te Tag im Mondmonat. Ostern feiern die Christen am ersten Sonntag nach dem Frühlingsvollmond, alle beweglichen Feste (Aschermittwoch, Palm-



sonntag, Christi Himmelfahrt, Pfingstsonntag und Fronleichnam) richten sich nach dem Ostersonntag. Diese Uhr zeigt parallel zu den Epakten das Datum des ersten Vollmonds nach Frühlingsanfang. Zum Beispiel: Für 1993 lautet die Epakte 7, und das Datum des ersten Vollmonds nach Frühlingsanfang ist der 6. April. Mit dem Sonntagsbuchstaben – für 1993 C – läßt sich auf der Kalenderscheibe der Ostersonntag schnell finden: der 6. April hat den Tagesbuchstaben e, der nächste Tagesbuchstabe c fällt auf den 11. April. Dies ist der Ostersonntag von 1993.

Das Weiterschalten von Goldener Zahl, Sonntagsbuchstabe sowie Epakte und Vollmond vor Ostern übernehmen vier Schalträder. Am Jahresanfang werden sie einen Zaken von einem Schieber um eine Position weitergedreht. Das Vierjahresrad drückt in einem Gemeinjahr den langen Schieber, in einem Schaltjahr zusätzlich den kurzen Schieber langsam nach links. Wenn der Schieber durch Federkraft in seine Ausgangslage nach rechts zurückschnalzt, dann werden alle drei oder vier Schalträder schlagartig um einen Wert gegen den Uhrzeigersinn weitergedreht (Abb. 12).

Wenn sich der Minutenzeiger 24mal dreht (ein Mittlerer Tag),

– dann dreht sich das 96er Vierjahresrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{1}{15} \times \frac{1}{146} \times \frac{108}{108} \times \frac{24}{96}$ mal = $\frac{1}{4 \times 365}$ mal, es braucht vier Jahre für eine Umdrehung, es hat auf der Rückseite vier Stifte, die den langen Schieber jährlich treiben, und einen Stift auf der Vorderseite, der den kurzen Schieber in jedem Schaltjahr treibt.

Wochentag

Der kleine Zifferblattausschnitt unten in der Mitte zeigt den Wochentag und seinen stellvertretenden Planetengott (Abb. 14):

Sonntag:	Dominica, Dies Solis	Sonne
Montag:	Feria 2.da, Dies Lunæ	Mond
Dienstag:	Feria 3.tio, Dies Martis	Mars
Mittwoch:	Feria 4.ta, Dies Mercurij	Merkur
Donnerstag:	Feria 5.ta, Dies Jovis	Jupiter
Freitag:	Feria 6.ta, Dies Veneris	Venus
Samstag:	Sabbatum, Dies Saturnum	Saturn

Wenn sich der Minutenzeiger 24mal dreht (ein Mittlerer Tag),

– dann dreht sich das 168er Wochenrad $24 \times \frac{20}{80} \times \frac{32}{192} \times \frac{24}{168} = \frac{1}{7}$ Umdrehungen, es braucht eine Woche für eine Umdrehung.

Neben dieser Uhr von P. Stuart haben sich in Europa manche ähnliche, vom Theologen-Mathematiker-Astronomen geschaffene Instrumente erhalten (einige von ihnen sind auf Seite 342 und 344 dieses Hefts genannt). Wie schon erwähnt, stand dabei das geozentrische Weltbild dem heliozentrischen gleichwertig gegenüber – erst seit 1835 ist die kopernikanische Literatur nicht mehr am Index der verbotenen Bücher in der katholischen Kirche.

Herrn Gert Krumbacher danke ich für die vorzüglichen Zeichnungen vom Uhrwerk. Ohne diese Illustrationen wäre der Text kaum nachvollziehbar. Herrn Johann Wenzel danke ich für die kritische Korrektur der Beschreibung. P. F.