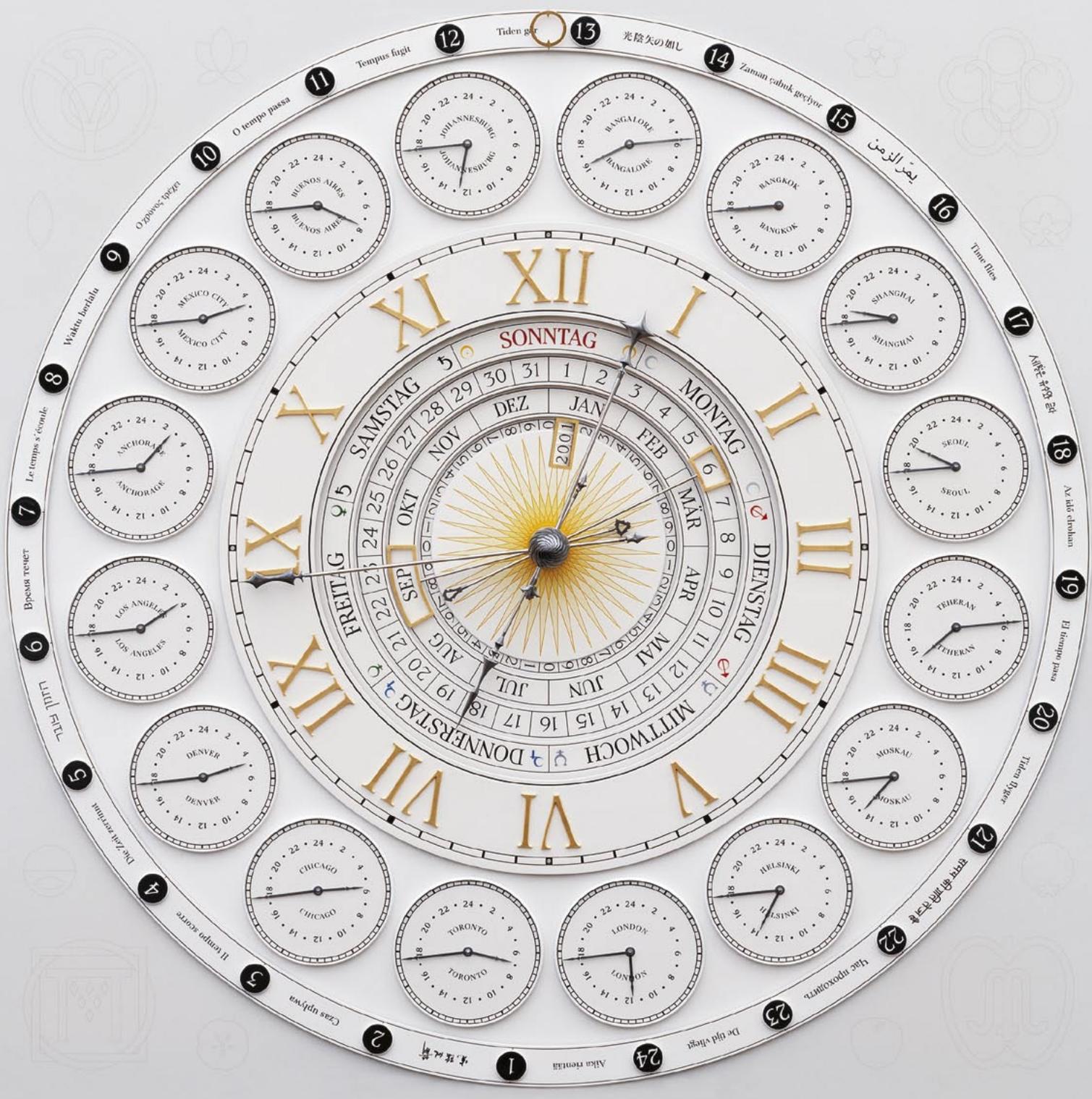


Festo Harmonices Mundi

Eine neue astronomische Uhr

VON HERMANN-MICHAEL HAHN

Seit wenigen Jahren befindet sich auf dem Firmengelände der Festo AG in Esslingen eine neue astronomische Uhr. Sie ist Teil des Festo Harmonices Mundi, eines Gesamtkunstwerkes, das die Jahrhunderte alte Tradition des astronomischen Uhrenbaus aufgreift, dank neuer Berechnungs- und Konstruktionsmethoden weiter verfeinert und zugleich in einer umfassenden Dokumentation zugänglich macht.



Astronomische Uhren, die den Lauf von Sonne, Mond und Sternen anzeigen, gehörten im ausgehenden Mittelalter zu den Statussymbolen vieler kirchlicher und weltlicher Machtzentren. Während die einen mit solchem Blickfang auf die Allmacht Gottes als dem Schöpfer von Himmel und Erde verweisen wollten, glaubten die anderen, ihre eigene Macht gerade durch die modellhafte »Beherrschung der Zeit« demonstrieren zu können.

Wenn der Zeiger »nach dem Mond« geht

Hätte man allerdings die Ungenauigkeiten mittelalterlicher Getriebekonstruktionen zum Maßstab genommen, dann

wäre es um himmlische und weltliche Machtansprüche schlecht bestellt gewesen. So zeigt die älteste noch erhaltene astronomische Uhr in der Rostocker St. Marienkirche (gebaut 1379/80, erneuert 1472, seitdem mehrfach – zuletzt 1974 bis 1977 – restauriert) eine Jahreslänge von 365 Tagen und eine Dauer des siderischen Monats von 27.3333 Tagen an.

Zusammen mit der zu kurzen Jahreslänge ergibt sich daraus die Dauer des synodischen Monats (von Neumond zu Neumond) zu 29.5459 Tagen; das sind zwar nur 22 Minuten pro Umlauf zu viel, doch summieren diese sich innerhalb von nur gut fünf Jahren bereits zu einem »Fehltag«. Nach 37 Jahren hinkt die Anzeige der Mondphase der wahren

▲ Abb. 1: Die astronomische Uhr Festo Harmonices Mundi (links) und die Kalenderuhr Horologium Mundi (rechts). (Bild: Thomas Bernhardt)

Mondphase bereits sieben Tage hinterher.

Viel besser war das Getriebe der von Conrad Dasypodius in den Jahren 1571 bis 1574 konzipierten zweiten Uhr des Straßburger Münsters auch nicht. Zwar lieferte sie eine Jahreslänge von 365,25 Tagen, ließ den Mond aber innerhalb von nur 29,5 Tagen relativ zur Sonne umlaufen. Daraus ergab sich ein exakt doppelt so großer Gangfehler in der Gegenrichtung, so dass die Mondanzeige

der Dasypodius-Uhr bereits nach 18,5 Jahren dem wahren Mond um eine Woche vorausseilte.

Korrekturglieder fangen den Mond ein

Geradezu revolutionär erscheint dagegen die Genauigkeit, die Jean Baptiste Schwilgué rund 260 Jahre (1838 bis 1842) später bei der dritten astronomischen Uhr des Straßburger Münsters erreichte. Schon die mittlere Dauer des synodischen Monats weicht mit 29.5305885868 Tagen nur noch um 0.005 Sekunden (!) vom Sollwert ab, doch darüber hinaus hat Schwilgué mit einem aufwändigen Korrekturgetrie-

be auch noch die sechs größten Störungen der Mondbewegung berücksichtigt:

■ die von Klaudios Ptolemaios als große Ungleichheit bezeichnete Schwankung der Mondlänge als Folge der elliptischen Mondbahn (Konsequenz aus dem 2. Keplerschen Gesetz), die sich im Laufe eines Monats auf bis zu rund 6,29 Grad (entsprechend etwa einer halben Tagesbewegung des Mondes) aufsummiert,

■ die Ewektion mit einer Amplitude von rund 1,27 Grad, eine Abweichung des Mondes von der theoretischen elliptischen Mondbahn. Sie wird durch die ständig wechselnden gegenseitigen Stellungen von Sonne und Mond ausgelöst,

■ die Variation mit einer Amplitude von knapp 0,66 Grad, die durch die Gravitationskräfte von Sonne und Mond hervorgerufen wird,

■ die jährliche Gleichung (auch Äquation genannt) mit einer Amplitude von gut 0,18 Grad, die sich aus der Exzentrizität der Erdbahn ergibt (dadurch ist der Störeinfluss der Sonne mal größer, mal kleiner), sowie

■ die Reduktion auf die Ekliptik mit einer Amplitude von 0,11 Grad als Folge der gegen die Ekliptik geneigten Mondbahnebene.

Zusätzlich werden die Abweichungen, die sich aus der Schiefe der Ekliptik und der gegen die Ekliptik geneigten Mondbahn ergeben, durch zwei entsprechend schief zueinander laufende Zahnräder so kompensiert, dass eine korrekte Darstellung der Mondbewegung im äquatorialen Gesamtsystem der astronomischen Uhr möglich wird. Relativ zu den über ein Jahrhundert gemittelten Langzeitwerten für die Mondbahn liefert das Schwilgué-Getriebe für den mittleren Mond nach 100 Jahren eine Abweichung von 5,7 Sekunden; damit würde die Mondanzeige der Schwilgué-Uhr erst nach rund 1,5 Millionen Jahren um einen Tag falsch laufen und nach 10,6 Millionen Jahren um eine Woche vorausseilen – eine konstante Mondbewegung vorausgesetzt!

Noch größere Genauigkeit dank neuer Berechnungsmethoden

Einen noch größeren Aufwand hat Hans Scheurenbrand bei seiner Konstruktion der astronomischen Uhr des Festo Harmonices Mundi getrieben. Mit einem anderen Algorithmus zur Berechnung der Getriebe (siehe Kasten links) konnte er zunächst eine noch genauere Darstellung der mittleren Mondbewegung erreichen: »Sein« Mond vollendet einen synodischen Umlauf in 29.5305889569 Tagen, was gegenüber dem Sollwert etwa 0,002 Sekunden zu lang ist; dadurch würde der mittlere Mond erst nach 2,9 Millionen Jahren um einen Tag und nach 20 Millionen Jahren um eine Woche hinterher hinken.

Natürlich kann man sich fragen, was eine derartige Rechengenauigkeit angesichts der realen, dynamischen Verhältnisse innerhalb des Planetensystems wirklich bringt, doch die Antwort darauf ist müßig: Für den Einen ist es die ingenieurtechnische Antwort auf eine Herausforderung der besonderen Art, für den Anderen bleibt es eine – wenn auch sehenswerte – Spielerei, vergleichbar mit einer besonders naturgetreuen Modelleisenbahn.

Natürlich zeigt die astronomische Uhr des Festo Harmonices Mundi nicht

Alte und neue Wege zur Getriebe-Berechnung

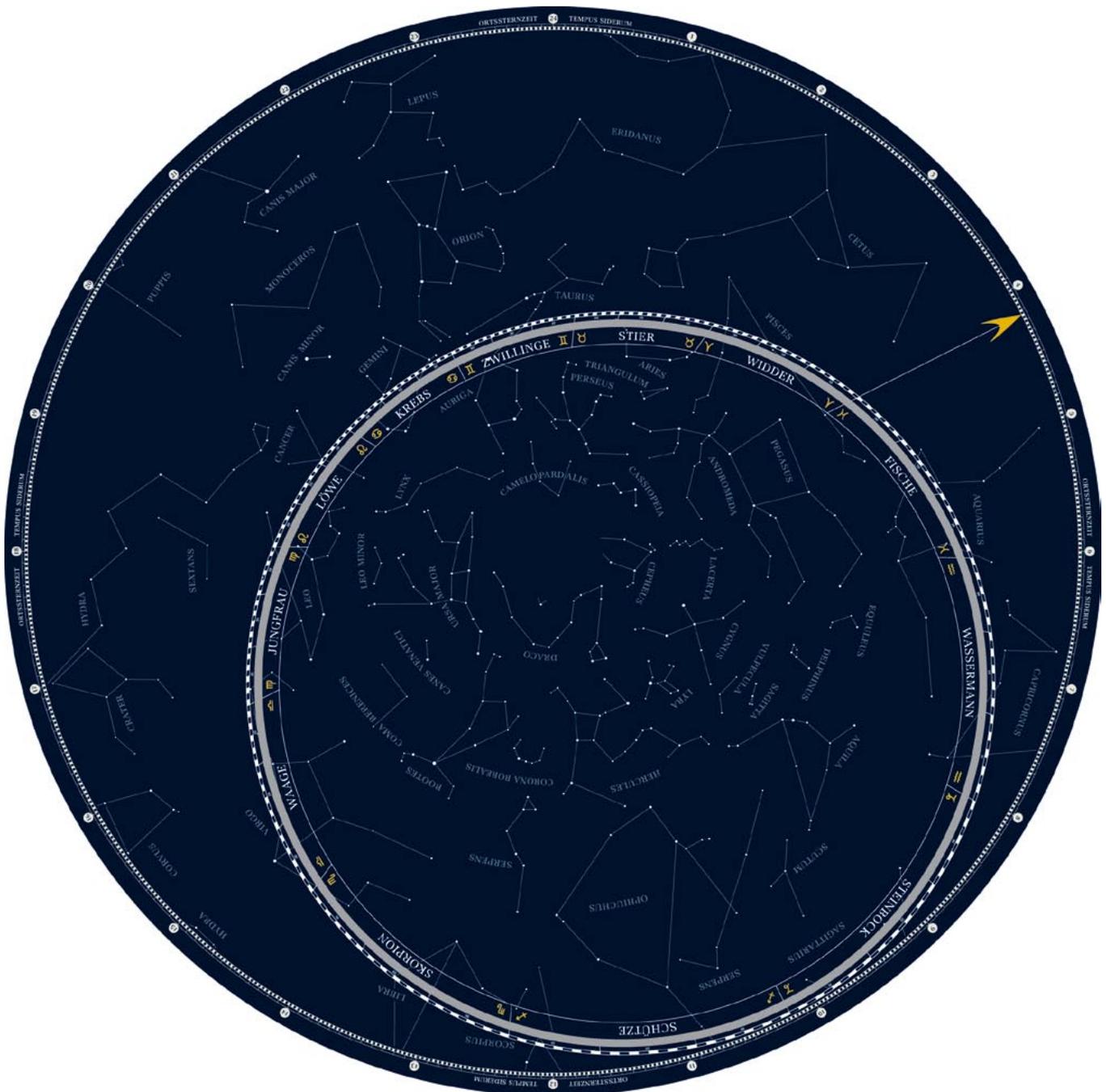
Die Erbauer der frühen astronomischen Uhren stellten die Bewegungen von Sonne, Mond und Sternen durch einfache ganzzahlige Verhältnisse dar, welche in dieser Form schon seit Jahrtausenden bekannt waren: So nutzte Conrad Dasypodius für die Umsetzung der Jupiterbewegung die Tatsache, dass elf synodische Jupiterumläufe etwa 12 irdischen Jahren entsprechen, während 29 synodische Saturnumläufe etwa 30 irdische Jahre dauern. Beim Mond dagegen griff er nicht auf die ebenfalls leicht nachzustellende ungefähre Übereinstimmung von 99 synodischen Monaten und 8 irdischen Jahren zurück, die – zusammen mit »seiner« Jahreslänge von 365.24847 Tagen – eine synodische Monatslänge von $8 \times 365.24847/99 = 29.515$ Tagen ergeben hätte, sondern nutzte das einfachere, aber auch weniger genaue Verhältnis, welches zwei synodische Monate etwa 59 Tagen gleichsetzt.

Später bediente man sich der so genannten Kettenbruchrechnung, die mit fortschreitender Tiefe Lösungsmöglichkeiten von wachsender Genauigkeit anbietet. So fand Erich Hüttenhain, seinerzeit Assistent am Astronomischen Institut der Universität Münster, für das 1930 erstellte neue Werk der astronomischen Uhr zu Münster zum Beispiel die Übersetzung für das Saturngetriebe vermutlich auf diesem Weg: Ausgehend von der mittleren synodischen Umlaufzeit des Planeten (378,092 Tage) ergibt sich eine notwendige Drehzahl von – auf sechs Stellen hinter dem Komma gerundet – 1.002645 Umdrehungen pro Tag. Wandelt man diesen endlichen Dezimalbruch in einen gewöhnlichen Bruch um, so erhält man den Ausdruck $200259/200000$ mit den Näherungswerten $379/378 (= 1.0026455)$, $4928/4915 (= 1.00264496)$,

$5307/5293 (= 1.002645)$, ...; dieser dritte Bruch steckt – mit 4 erweitert – in der von Hüttenhain gewählten Getriebekombination, die den 2-Studentrieb der Hauptachse im Verhältnis $61/67 \times 29/316$ verlangsamt und so gegenüber der Tagesdrehung eine Beschleunigung um den Faktor 1.002645 bewirkt; dies entspricht einer synodischen Umlaufzeit des Saturn von 378.07143 Tagen und führt bereits nach etwa 50 Jahren zu einer Abweichung von mehr als einem Grad.

Der von Hans Scheurenbrand entwickelte Algorithmus schließlich funktioniert nach folgendem Prinzip: Sei Z der Zähler eines Bruches und N der Nenner, dann ist $Q = Z/N$ der Quotient; sei ferner S der Sollwert der Getriebeübersetzung. Ausgehend von $Z = N = 1$ kann man S iterativ annähern, wenn man den Zähler jeweils so lange um 1 vergrößert, bis $Q > S$ wird, und danach den Nenner so lange um 1 vergrößert, bis $Q < S$ erreicht wird. Die Rechnung wird in eine Programm-Schleife eingebettet, die man abbrechen lässt, sobald eine zuvor definierte Genauigkeitsgrenze $G = |Q - S|$ erreicht wird.

Mit der auf acht Stellen hinter dem Komma präzisierten Periode von 1.00264486 findet man als eine denkbare Lösung für das Saturngetriebe den Bruch $7961/7940$, der sich als Zahnradkombination $19 \times 20 \times 419/397$ darstellen lässt und damit die Tagesdrehung um den Faktor 1.00264484 beschleunigen würde, womit Saturn alle 378.095238 Tage in Konjunktion mit der Sonne stände; gegenüber dem von Hüttenhain entworfenen Getriebe ergäbe dies eine etwa sechsfache Genauigkeitssteigerung, da die Missweisung des mittleren Saturn erst nach mehr als 300 Jahren größer als ein Grad würde.



nur die mittlere Bewegung des Mondes an: Sie ist darüber hinaus eine überdimensionale drehbare Sternkarte mit Planetenzeigern für die fünf mit bloßem Auge sichtbaren Geschwister der Erde (Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn) sowie je einem Zeiger für die wahre Sonne und die Position der Mondknoten auf der Ekliptik.

Ein modernes Astrolabium

Mit der Darstellung des Fixsternhimmels knüpft sie an die Tradition der Astrolabien an, die in früheren Jahrhunderten vor allem in der islamischen Welt zur astronomisch gestützten Bestimmung der Gebetszeiten genutzt wurden. Im Prinzip ist ein solches Astrolabium eine analoge Rechenscheibe zur wechselseitigen Umwandlung lokaler Gestirnskoordinaten (Azimut und Höhe) in äquatoriale Ko-

ordinaten (Stundenwinkel/Sternzeit und Deklination). Kann man die Höhe eines Sterns über dem Horizont und seine Deklination, die der Einfachheit halber durch eine Markierung auf der Rete (Sternmaske) fixiert war, so brauchte man nur die Rete so lange zu drehen, bis der beobachtete Stern die gemessene Höhe auf dem darunter liegenden Planisphärium (einem Netz aus Azimut- und Höhenlinien) erreichte; da diese Methode zu zwei Lösungen führt (eine Position am Osthimmel, also vor dem Meridiandurchgang, eine weitere am Westhimmel), musste man durch die Bestimmung der Richtung des Sterns relativ zum Polarstern noch klären, welche der beiden Stellungen gerade erreicht wurde. Dann zeigte der Meridian des Astrolabiums an der Mater (dem Rand) auf die aktuelle, lokale Sternzeit, die sich zusammen mit dem Datum (dem

▲ Abb. 2: Die Rete des Festo-Astrolabiums. (Bild: Hild Design)

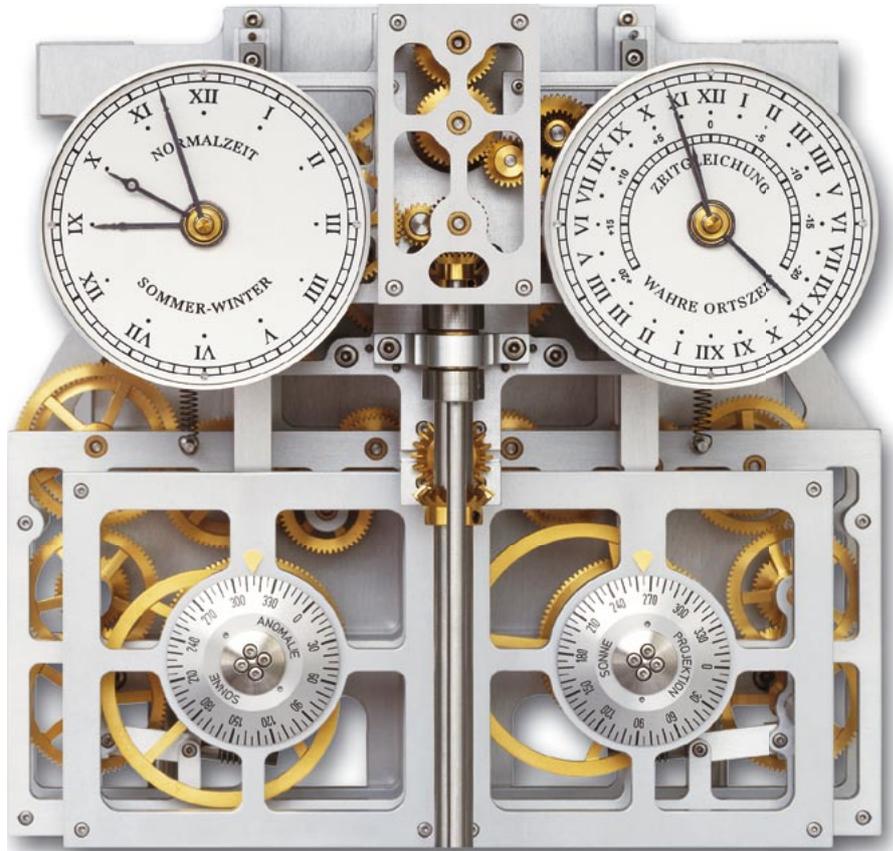
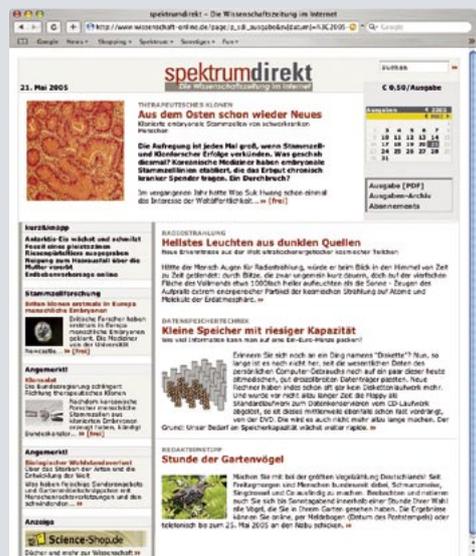
Stand der Sonne auf der Ekliptik) in die jeweilige Ortszeit umwandeln ließ.

Ein Beispiel, welches sich leicht mit Hilfe einer drehbaren Sternkarte nachvollziehen lässt, mag diese Methode verdeutlichen: Der Stern Deneb wird am 1. September an einem Standort auf 50 Grad nördlicher Breite bei einer Höhe von 68 Grad am Westhimmel beobachtet. (Da die wenigsten Sternkarten über ein Netz von Höhenlinien verfügen, ist das Beispiel so gewählt, dass Deneb zu diesem Zeitpunkt exakt im Westen, das heißt, auf dem so genannten ersten Vertikal oder der Ost-West-Linie, steht). Dreht man die Horizontmaske der Sternkarte so lange, bis Deneb von dieser Ost-West-Linie getroffen wird, so kann man im



spektrumdirekt
Die Wissenschaftszeitung im Internet

Die Redaktion von **spektrumdirekt** informiert Sie online schnell, fundiert und verständlich über den Stand der Forschung.



Meridian eine lokale Sternzeit von etwa 22:50 Uhr (auf fünf Minuten gerundet) ablesen. Um daraus die mittlere Ortszeit zu bestimmen, muss man für jeden verbleibenden Tag bis zum 21. 9. (dem Tag, an dem die fiktive mittlere Sonne im Herbstpunkt steht) rund vier Minuten hinzuzählen und erhält so eine mittlere Ortszeit von 22:50 Uhr plus 80 Minuten, das heißt 0:10 Uhr; zwar leisten die meisten drehbaren Sternkarten in diesem Zusammenhang nur eine Genauigkeit von etwa plus/minus fünf Minuten, aber viel genauer haben Astrolabien früher auch nicht angezeigt...

Rete und Planisphärium

Etwas gewöhnungsbedürftig ist die Rete eines Astrolabiums – und damit auch die gläserne Variante der astronomischen Uhr des Festo Harmonices Mundi – allerdings schon, denn sie zeigt den Himmelsanblick in spiegelverkehrter Darstellung. Diese ergibt sich zwingend aus dem Bemühen, das antike Weltbild mit den sichtbaren Abläufen des Himmels zu verknüpfen: Lange Zeit hindurch hielt man die Erde bekanntlich für eine Scheibe, deren Ebene den Kosmos in eine Oberwelt und eine Unterwelt teilt; folglich musste der Bereich des Astrolabiums, der den sichtbaren Ausschnitt des Himmels wiedergibt, im oberen Bereich angeordnet sein. Gleichzeitig muss – für die Bewohner der Nordhalbkugel – Osten links und Westen rechts liegen, um die scheinbare Drehung der Himmelskugel naturgetreu

▲ Abb. 3: Das Sonnengetriebe mit Kontrolltafeln für die Normalzeit (links) und die Wahre Sonne (rechts). (Bild: Thomas Bernhardt)

darstellen zu können. Korrekt betrachtet ergibt dies zusammen einen Anblick von außen auf die Erde und die umgebende Fixsternsphäre, und von dort erscheinen die Sternbilder zwangsläufig spiegelbildlich, wie es jeder gewöhnliche Himmelsglobus zeigt.

Das darunter sichtbare Planisphärium ist auf die geographische Breite des Standorts Esslingen (nördliche Breite: 48°43'18") zugeschnitten und enthält neben dem Netz aus Azimut- und Höhenlinien auch die drei Dämmerungslinien, den Verlauf der Wendekreise sowie die Linien der so genannten Temporalstunden; bei dieser heute nicht mehr gebräuchlichen Form der Tagesteilung wurde die Zeit zwischen Sonnenauf- und -untergang ebenso wie die Nacht in jeweils zwölf gleich lange Stunden unterteilt, die entsprechend je nach Jahreszeit verschiedenen lang ausfielen (im Sommer kurze Nachtstunden und lange Tagstunden, im Winter umgekehrt) und nur zu den Tag- und-Nacht-Gleichen unseren heute üblichen Äquinoktialstunden entsprachen.

Mit äußerster Präzision

Vor diesem Planisphärium dreht sich die Rete innerhalb eines mittleren Sterntages (23 Stunden 56 Minuten 4.0905283

Sekunden) einmal herum; während eines mittleren Sonnentages von 24 Stunden muss sie also 1.002737909380 Umdrehungen vollführen. Dieses Verhältnis wird durch den von Professor Scheurenbrand berechneten »getriebetauglichen« Bruch 40358790/40248593 mit der gewünschten Genauigkeit (Abweichung erst in der elften Dezimale) dargestellt; »Getriebetauglich« heißt in diesem Zusammenhang, dass sich Zähler und Nenner des Bruches in maximal zweistellige Primfaktoren zerlegen lassen. Die einzelnen Zahnräder müssen somit nicht mehr als 99 Zähne besitzen. Auf diese Weise ergibt sich ein fünfstufiges Getriebe aus den Zahnradkombinationen 45/41, 54/66, 67/61, 97/77 und 46/57, welches die Rete während eines mittleren Sonnentages 1.002737909372-mal herum führt.

Die wahre Sonne

Bei einer derart hohen Präzision erwartet man mit Recht auch eine Darstellung nicht nur der mittleren Sonnenbewegung, sondern die Einbeziehung der Zeitgleichung, die zu einer Anzeige der wahren Sonnenposition führt. Dies erfordert

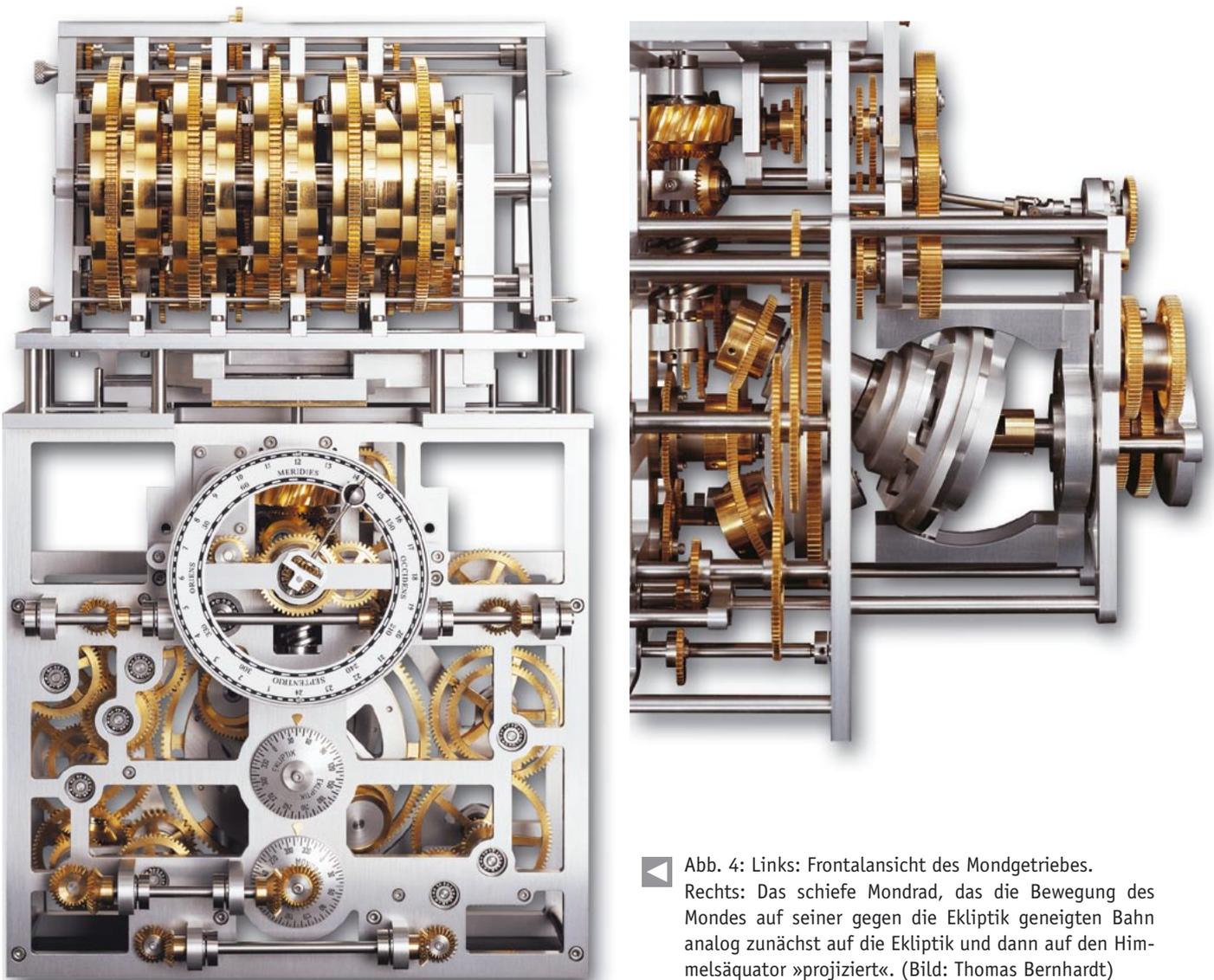
eine Berücksichtigung sowohl der Exzentrizität der Erdbahn als auch der Neigung des Erdäquators gegen die Ekliptik. Beides erfolgt mit Hilfe je einer exzentrisch montierten Kurvenscheibe, deren in Abhängigkeit vom Drehwinkel »variabler« Radius den als sinusförmig angenommenen Verlauf der Korrektur wiedergibt. Über eine Abtastrolle mit Zahnstange wird der vom Drehwinkel vorgegebene Radius dieser Kurvenscheibe als Korrekturwinkel über ein Differenzialgetriebe auf die mittlere Bewegung der Sonne aufgebracht; dabei ist die Radiusdifferenz so gewählt, dass der Gesamthub der Zahnstange der Gesamtamplitude der erforderlichen Korrektur entspricht – rund 1.912 Grad im Falle der Anomalie und 2.464 Grad für die Projektion auf den Himmelsäquator. Natürlich müssen sich die Kurvenscheiben mit der jeweils richtigen Periode drehen: die Scheibe zur Korrektur der Anomalie einmal innerhalb eines anomalistischen Jahres von 365.25964283 Tagen, die zur Korrektur der Ekliptikschiefe einmal innerhalb eines tropischen Jahres von 365.24219106 Tagen; da die Korrekturen direkt vom

Stundentrieb der Uhr abgeleitet werden, ist hier eine noch größere Genauigkeit erforderlich, und so weichen die getriebemäßig realisierten Drehzahlen in diesem Fall sogar erst in der 13. Stelle hinter dem Komma von den Sollwerten ab.

Die Drachenlinie als Finsterniskünder

Ein ähnlicher Aufwand wird für die Bewegung der Knotenlinie getrieben, die bekanntlich in 18.6134 Jahren oder 6798.38523004 Tagen einmal rückläufig durch die Ekliptik wandert. Für die Darstellung der Drachenlinie wird allerdings die synodische Umlaufzeit (relativ zur Sonnenposition) benötigt, die sich nach der Beziehung $T_{\text{synod, MktN}} = (1/T_{\text{trop, MktN}} - 1/T_{\text{trop, Sonne}}) - 1$ zu -346.62007973 Tage, der Länge des so genannten Finsternisjahres, berechnen lässt, wobei das Minuszeichen die rückläufige Bewegung ausdrückt.

Der Kehrwert dieser Größe gibt die synodische Drehzahl des Mondknotens im heliozentrischen Weltbild an; durch Addition von 1 erhält man die Drehzahl im geozentrischen System des Astrolabi-



◀ Abb. 4: Links: Frontalansicht des Mondgetriebes. Rechts: Das schiefe Mondrad, das die Bewegung des Mondes auf seiner gegen die Ekliptik geneigten Bahn analog zunächst auf die Ekliptik und dann auf den Himmelsäquator »projiziert«. (Bild: Thomas Bernhardt)



▲ Abb. 5: Gesamtansicht der bei der Festo AG in Esslingen aufgestellten astronomischen Uhr und der Kalenderuhr. (Bild: Stefan Hegner)

ums: $U_{\text{synod, Mktn}} = 1.0028850030869$ Umdrehungen pro Tag.

Dieser mittleren Bewegung der Drahtlinie überlagert werden zwei Korrekturen, die sich aus der Präzession der Mondbahn und der Projektion auf den Himmelsäquator ergeben. Auch hier kommen zwei Kurvenscheiben mit Amplituden von 0.966 Grad (Präzession) beziehungsweise 2.464 Grad (Projektion) zum Einsatz, die mit Perioden von einem halben Finsternisjahr (Präzession) beziehungsweise der halben tropischen Umlaufzeit des Mondknotens herumgeführt werden. Die Auslegung der jeweils fünfstufigen Getriebe nähert diese Perioden so gut an, dass die Missweisung der Knotenlinie nach 100 Jahren gegenüber den zugrunde gelegten Langzeit-Koordinaten lediglich 0.0136 Grad beträgt.

Etwas größer sind die Abweichungen bei der Darstellung der Planetenpositionen, für die manche Vereinfachungen hingenommen wurden. So wurde auf die Berücksichtigung der Bahnneigungen und -exzentrizitäten verzichtet, um den getriebetechnischen Aufwand nicht ins »Astronomische« anwachsen zu lassen; lediglich bei Merkur sind Korrekturen für die Bahnexzentrizität einbezogen. Trotz-

dem betragen die Abweichungen gegenüber den realen Planeten selbst nach 5000 Jahren weniger als 10 Grad.

Das Gesamtkunstwerk

Abgerundet wird das Gesamtkunstwerk durch eine gleich große Kalenderuhr (Horologium Mundi), deren Datumsanzeige bis in das fünfte Jahrtausend hinein die Schaltregeln des Gregorianischen Kalenders beherrscht (danach ist die Abweichung zwischen gregorianischer und tropischer Jahreslänge auf mehr als einen Tag angewachsen), sowie ein Glockenspiel, das je 34 Dur- und Mollglocken und 40 Klangstäbe umfasst.

Den künstlerischen Rahmen und Rückhalt bilden die ebenfalls von Hild-Design aus Gießen gestalteten Rückfronten der beiden Uhren, die alte und neue Formen und Formeln der Wissenschaft verknüpfen. So findet man auf der dunkel gehaltenen Rückseite der astronomischen Uhr, eingeflochten in das Grundmuster der »Blume des Lebens«, die fünf platonischen Körper (Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Dodekaeder und Ikosaeder), die Johannes Kepler in seinem Buch Harmonices Mundi als Abstandshalter zwischen den Bahnen der Planeten wählte, außerdem eine abstrahierte Darstellung des quadrierten Primzahlkreuzes sowie stellvertretend für das moderne astronomische Weltbild – fünf bedeutende Gleichungen: das zweite Keplersche Gesetz ($\Delta A/\Delta t = \text{const}$), das dritte Keplersche Ge-

setz ($a^3/T^2 = \text{const}$), die Keplersche Gleichung ($M = E - e \sin E$), das Newtonsche Gravitationsgesetz ($F = G M m/r^2$) und die Einsteinsche Energiegleichung ($E = m c^2$). Die im Kontrast dazu helle Rückseite der Kalenderuhr vereint das grundlegende Harmonie- und Bauprinzip der Natur (den Goldenen Schnitt) und seine zahlenmäßige Beschreibung durch die Folge der Fibonacci-Zahlen mit einer abstrakten Darstellung unserer optischen Umgebung in Gestalt des skalierten elektromagnetischen Spektrums, das von den kurzwelligsten Gammastrahlen bis zu den langwelligsten Radiostrahlen reicht. □



Hermann-Michael Hahn ist seit 1976 als freier Wissenschaftsjournalist mit den Schwerpunkten Astronomie und Raumfahrt für Presse, Funk und

Fernsehen tätig sowie als Autor, Co-Autor, Herausgeber und Übersetzer von mehr als 75 Büchern aus den Bereichen Astronomie und Raumfahrt. Seit 1991 ist er Außenlektor für Astronomie und Raumfahrt beim Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart, und 1. Vorsitzender der Volkssternwarte Köln/Vereinigung der Sternfreunde Köln, e.V., sowie seit 2005 Mitglied im Kuratorium des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn.