

Wissenschaft und Technik  
im Islam

II

Veröffentlichungen des  
Institutes für Geschichte der  
Arabisch-Islamischen Wissenschaften

Herausgegeben von  
Fuat Sezgin

Wissenschaft und Technik  
im Islam

II

2003  
Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften  
an der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

# WISSENSCHAFT UND TECHNIK IM ISLAM

Band II

KATALOG DER INSTRUMENTENSAMMLUNG  
DES INSTITUTES FÜR GESCHICHTE DER  
ARABISCH-ISLAMISCHEN WISSENSCHAFTEN

von

Fuat Sezgin

in Zusammenarbeit mit  
Eckhard Neubauer



ASTRONOMIE

2003

Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften  
an der Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

ISBN 3-8298-0072-X (Wissenschaft und Technik im Islam, Bd. I-V)  
ISBN 3-8298-0068-1 (Wissenschaft und Technik im Islam, Bd. II)

© 2003

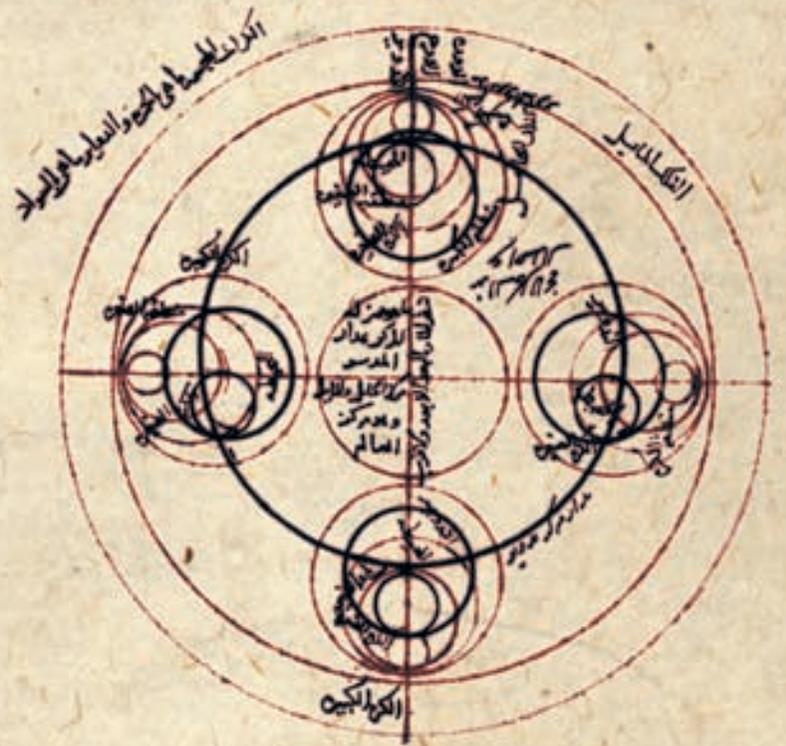
Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften  
Westendstrasse 89, D-60325 Frankfurt am Main  
[www.uni-frankfurt.de/fb13/igaiw](http://www.uni-frankfurt.de/fb13/igaiw)  
Federal Republic of Germany

Printed in Germany by  
Strauss Offsetdruck  
D-69509 Mörlenbach

# Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Astronomie . . . . .	3
Einleitung . . . . .	3
Planetarien und Himmelsgloben . . . . .	16
Sternwarten . . . . .	19
Sternwarte von Raiy . . . . .	25
Sternwarte von Hamadān . . . . .	26
Sternwarte von Marāġa . . . . .	28
Sternwarte von İstanbul . . . . .	34
Sternwarte von Hven . . . . .	36
Instrumente der Sternwarte von Marāġa . . . . .	38
Instrumente der Sternwarte von İstanbul . . . . .	53
Instrumente der Sternwarte von Hven . . . . .	62
Sternwarte von Samarqand . . . . .	69
Sternwarte von Jaipur . . . . .	72
Sternwarte von Delhi . . . . .	76
Astronomische Instrumente . . . . .	78
Astrolabien . . . . .	79
Universalscheibe . . . . .	116
Sphärisches Astrolab . . . . .	120
Linearastralab . . . . .	134
Quadranten . . . . .	136
Weitere Instrumente . . . . .	145
Äquatorien . . . . .	173
Literaturverzeichnis . . . . .	205
Indices . . . . .	211
I. Personennamen . . . . .	211
II. Ortsnamen und Sachbegriffe . . . . .	217
III. Büchertitel . . . . .	225





# Kapitel 1

# Astronomie



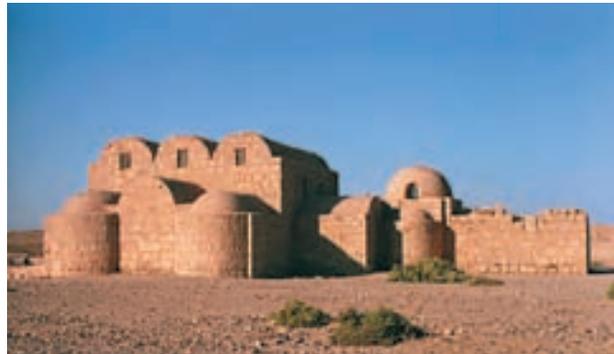
Das ganze Weltall gehorcht einer festen Ordnung,  
wie veränderlich auch seine Zustände sein mögen,  
und es herrscht Harmonie zwischen allen seinen Bestandteilen,  
wie unterschiedlich sie auch sind.

Ibn al-Haiṭam (gest. 432/1041)  
aus: *Maqāla fī Kaiḫiyat ar-raṣad*.

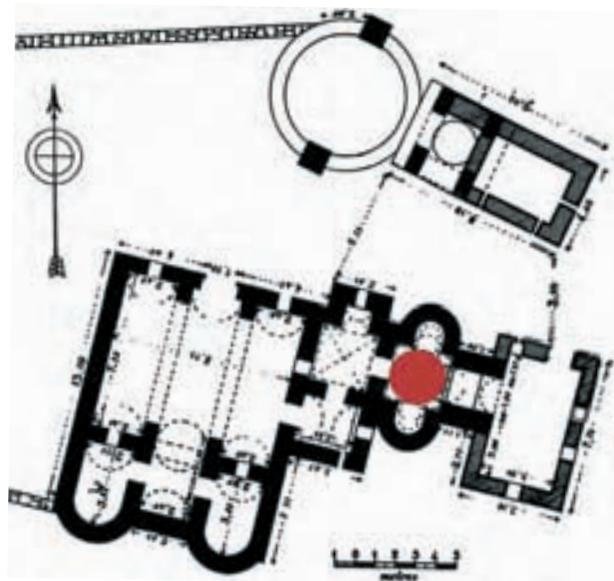
## Einleitung

Astronomie, auf Arabisch *‘ilm al-hai’a* oder *‘ilm al-falak*, zählt zu den mathematischen Wissenschaften (*al-‘ulūm ar-riyāḍīya*) und wird von der Astrologie, *‘ilm aḥkām an-nuḡūm* oder *ṣinā‘at aḥkām an-nuḡūm* (Wissenschaft oder Kunst von den Geboten der Sterne), unterschieden. Die Araber hatten vor dem Islam keine wissenschaftliche Astronomie, jedoch eine reiche Kenntnis von den Sternen.<sup>1</sup> Diese Kenntnisse werden im allgemeinen als Abkömmling der chaldäischen Sternkunst betrachtet.<sup>2</sup> In der altarabischen und frühislamisch-arabischen Poesie werden mehr als 300 Sterne namentlich erwähnt.<sup>3</sup> Die Ansicht von Hommel scheint zuzutreffen, daß einige der Namen bis auf das Akkadische und Sumerische zurückgehen.<sup>4</sup> Es scheint auch festzustehen, daß die Tierkreiszeichen den Arabern im 1./7. Jahrhundert bekannt waren,<sup>5</sup> wobei nicht auszuschließen ist, daß diese Kenntnis auf die vorislamische Zeit zurückgeht.

In diesem Zusammenhang ist das Caldarium im Badetrakt des Schloßchens Quṣair ‘Amra<sup>6</sup> (östlich von ‘Ammān im heutigen Jordanien) höchst beachtenswert, in dessen Kuppel das Fresko eines Himmelsatlas erhalten ist. Auf die astronomiegeschichtliche Bedeutung dieser Sternkarte in dem seit 1902 von Alois Musil in Aufsätzen und Monographien behandelten Umayyadenpalast aus der Zeit 711-715 haben Fritz Saxl und Arthur Beer<sup>7</sup> aufmerksam gemacht. Sie enthält etwa 400 Sterne, Sternbilder und die Zeichen des Tierkreises mit ihren Himmelskoordinaten. Ohne hier die Frage nach der Vorlage oder Quelle dieser Darstellung diskutieren zu wollen sei gesagt, daß ihre Verfertiger eine Himmelskarte erstellt haben, deren Sinn



Ansicht von Quṣair ‘Amra von Süden (Photo: K.O. Franke).



Plan von Quṣair ‘Amra (aus Encyclopaedia of Islam, New Edition, Bd. 1, S. 612); das Caldarium ist markiert.

<sup>1</sup> s. J. Henninger, *Über Sternkunde und Sternkult in Nord- und Zentralarabien*, in: Zeitschrift für Ethnologie (Braunschweig) 79/1954/82-117.

<sup>2</sup> Fr. Hommel, *Über den Ursprung und das Alter der arabischen Sternnamen und insbesondere der Mondstationen*, in: Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft (Leipzig) 45/1891/592-619 (Nachdr. in: Islamic Mathematics and Astronomy Bd. 72, Frankfurt 1998, S. 8-35); F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 8.

<sup>3</sup> P. Kunitzsch, *Untersuchungen zur Sternnomenklatur der Araber*, Wiesbaden 1961, S. 30, s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 9.

<sup>4</sup> Fr. Hommel, a.a.O. S. 599 (Nachdr., a.a.O. S. 15); F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 9.

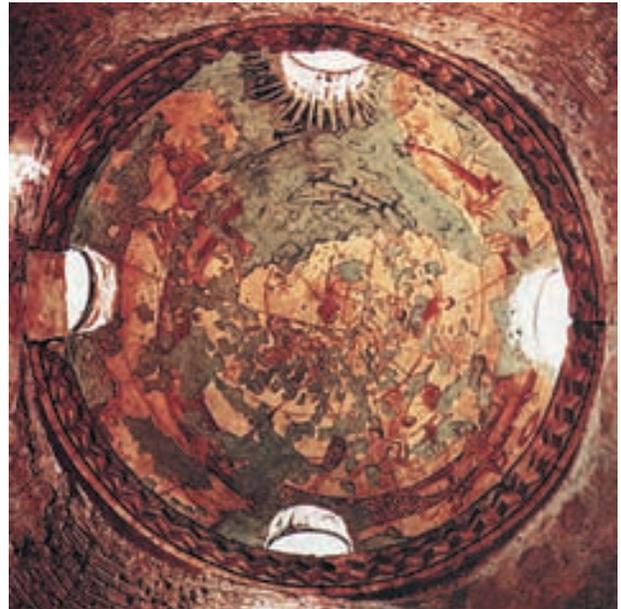
<sup>5</sup> s. C.A. Nallino, *‘Ilm al-falak*, Rom 1911, S. 110-111; P. Kunitzsch, a.a.O. S. 21; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 9-10.

<sup>6</sup> s. darüber Alois Musil, *Quṣayr ‘Amra*. Mit einem Vorwort von David Heinrich Müller. 2 B<sup>de</sup>. Wien 1907 (zu den Rezensionen s. *Bibliographie der deutschsprachigen Arabistik und Islamkunde*, Bd. 6, Frankfurt 1991, S. 234).

<sup>7</sup> *The Zodiac of Quṣayr ‘Amra* by Fritz Saxl. *The Astronomical Significance of the Zodiac of Quṣayr ‘Amra* by Arthur Beer, in: K. A.C. Creswell, *Early Muslim Architecture*, Bd. 1, Oxford 1932, S. 289-303; A. Beer, *Astronomical Dating of Works of Art*, in: *Vistas in Astronomy* (Oxford) 9/1967/177-223, bes. S. 177-187.



Rekonstruktion der Himmelskarte in der Kuppel des Caldariums von Qusair 'Amra (M. Stein).



Photographie, den gegenwärtigen Erhaltungszustand zeigend.

sie ihrem Auftraggeber, einem Umayyadenfürsten, gegebenenfalls erklären mußten.<sup>8</sup>

Zu den wichtigen Zeugnissen dafür, daß Vertreter der älteren Kulturen schon im ersten Jahrhundert des Islam im neuen Kulturkreis günstige Voraussetzungen vorfanden, um auf wissenschaftlichem Gebiet wirksam zu werden, gehört ein Bericht des Universalgelehrten al-Bīrūnī<sup>9</sup> (gest. 440/1048), er kenne ein altes *Ziğ*-Buch mit astronomischen Tabellen auf Pergament. Darin seien die Daten nach der Diokletianischen Ära (dem koptischen Kalender) angegeben. Der *Ziğ* enthalte Nachträge eines anonymen Autors, darunter Horoskope und Sonnenfinsternisse aus den Jahren 90 und 100 der Hiğra (710 und 719 n.Chr.). Von der gleichen Hand sei auch die Breite der Stadt Bust mit 32° eingetragen. al-Bīrūnī hält es für angezeigt, mögliche Zweifel an der Existenz und Authentizität dieses alten Buches zu zerstreuen, indem er seinen Besitzer namentlich nennt. Ebenfalls von al-Bīrūnī erfahren wir, daß der Umayyadenprinz Ḥālid b. Yazīd, der sich selbst mit Wissenschaften befaßte,<sup>10</sup> noch vor dem Ende des 1./7. Jahrhunderts das pseudo-ptolemaische astrologische Buch *καρπός* (*Kitāb at-Tamara*), dem

es nicht an astronomischen Elementen fehlt, ins Arabische übersetzen ließ.<sup>11</sup> Aus der Sicht der frühen Begegnung der Muslime mit aristotelisch-ptolemaischen Vorstellungen von Bau und Bewegungen des Weltalls ist es aufschlußreich, daß die pseudo-aristotelische Schrift *περὶ κόσμου* (*Kitāb al-Ālam*) bereits unter der Regierung von Hišām b. 'Abdalmalik (105/724-125/743) ins Arabische übersetzt wurde. Aus ihrem kosmologisch-geographischen und meteorologischen Inhalt erfuhren die Muslime,<sup>12</sup> «die Erde liege im Mittelpunkt des Universums. Dieses bewege sich mit dem gesamten Himmel zusammen unablässig, deshalb müßte sich zwischen zwei entgegengesetzten unbeweglichen Punkten eine Achse befinden, um die sich die Weltkugel drehen kann. Der nördliche dieser beiden Pole sei immer sichtbar im Gegensatz zum südlichen, der sich unter der Erde befinde. Die Substanz des Himmels und der Sterne heiße Äther, sei ein Element und, anders als die vier bekannten, unvergänglich. Die Fixsterne kreisen gemeinsam mit dem ganzen Himmel; in ihrer Mitte ist der sogenannte Tierkreis schräg durch die Wendekreise

<sup>8</sup> F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 11-12.

<sup>9</sup> *Tahdīd nihāyāt al-amākin*, Kairo 1962, S. 267-268; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 13-14.

<sup>10</sup> F. Sezgin, a.a.O., Bd. 4, S. 120-126.

<sup>11</sup> s. ebd. Bd. 6, S. 15; Bd. 7, S. 42.

<sup>12</sup> s. ebd. Bd. 6, S. 72; zur deutschen Übersetzung s. H. Strohm, *Aristoteles. Meteorologie. Über die Welt*, Berlin 1970, S. 240-241.

als Gürtel gespannt, in Teile gegliedert nach den Orten der zwölf Tiere des Kreises.› Die Zahl der Sterne sei dem Menschen unerforschlich. Die anderen, die Irrsterne (Planeten), seien sieben an der Zahl. Sie unterscheiden sich voneinander in ihrer Natur und Schnelligkeit sowie in ihrer Entfernung zur Erde und bewegen sich in eigenen Kreisbahnen, die ineinanderliegen und von der Fixsternsphäre umschlossen sind.»

Schon im Jahre 154/770 war die Zeit reif, daß man das umfangreiche *Siddhānta* von Brahmagupta<sup>13</sup> mit seinem komplizierten Inhalt im Auftrage des Kalifen al-Manšūr aus dem Sanskrit ins Arabische übersetzen konnte. Die Zeit der Übersetzung der bedeutendsten Werke der indischen Astronomie darf als der Beginn der wissenschaftlichen Astronomie im arabisch-islamischen Kulturbereich betrachtet werden. Die Tatsache, daß es schon zu jener frühen Zeit möglich war, den *Siddhānta* von Brahmagupta ins Arabische zu übersetzen, läßt sich nur dadurch erklären, daß bereits einige Jahrhunderte vor dem Islam in Persien unter den Sasaniden eine gewisse Rezeption der griechischen, indischen und spätbabylonischen Wissenschaften eingesetzt hatte und daß zu den jüngsten Vertretern dieser eklektischen Schule auch die Übersetzer des *Siddhānta* gehörten. Sie haben das Buch nicht nur übersetzt, sondern auch angefangen, es zu korrigieren und zu ergänzen und selbständig astronomische Werke zu verfassen.<sup>14</sup>

Die rasche Entwicklung der astronomischen Kenntnisse führte zur Übertragung der Hauptwerke des Ptolemaios ins Arabische. Dabei wurde sein Buch der «Handtafeln» (πρόχειροι κανόνες) aus einer in der Sasanidischen Schule entstandenen Übersetzung übertragen.<sup>15</sup>

Die Vertrautheit mit der wissenschaftlichen Literatur war so weit vorangeschritten, daß schon im letzten Viertel des 2./8. Jahrhunderts die Übersetzung des komplizierten und umfangreichen *Almagest* des Ptolemaios erfolgen konnte. Dies geschah auf Veranlassung des Staatsmannes Yaḥyā b. Ḥālid al-Barmakī (120/738-190/805). Zur Beurteilung des zu jener Zeit im arabisch-islamischen Kulturraum bereits erreichten Standes der Astronomie, ja der Wissenschaften allgemein, ist es aufschluß-

reich, daß der Mäzen mit der Übersetzung nicht zufrieden war und andere Gelehrte mit der Durchführung einer zweiten Übersetzung beauftragte.<sup>16</sup> Der gegenwärtige Stand der Forschung vermittelt den Eindruck, daß die wissenschaftliche Astronomie im arabisch-islamischen Sprachraum schon im ersten Viertel des 3./9. Jahrhunderts an der Schwelle zur Kreativitätsperiode stand, als die Rezeption und die Assimilation noch nicht ganz abgeschlossen waren. Als Indizien dafür seien genannt: Der Kalif al-Ma'mūn übertrug dem Astronomen Yaḥyā b. Abī Manšūr<sup>17</sup> (gest. zwischen 215/830 und 217/832) die Aufgabe, die Daten und Beobachtungen der oben genannten «Handtafeln» des Ptolemaios nachzuprüfen. Die Ergebnisse dieses Auftrages wurden unter dem Titel *az-Ziğ al-Ma'mūnī al-mumtaḥan* («Die Ma'mūnischen nachgeprüften Tafeln»)<sup>18</sup> dem Kalifen vorgelegt. Die Forschung hat gezeigt, daß Yaḥyā b. Abī Manšūr bei der Bestimmung von Finsternissen eine Approximationsmethode verwendete, die Ptolemaios nicht gekannt hat.<sup>19</sup> Auch in den Werken seines Zeitgenossen Muḥammad b. Mūsā al-Ḥwārizmī (wirkte hauptsächlich zur Zeit des Kalifen al-Ma'mūn) sind Indizien für Neuerungen auf dem Gebiet der angewandten Astronomie zu erkennen. Als Beispiel sei sein Verfahren erwähnt, die Polhöhe und damit den Breitengrad nach der oberen und unteren Kulminationshöhe eines Zirkumpolarsternes zu ermitteln.<sup>20</sup> Zu den Indizien gehört auch, daß der Astronom und Mathematiker Sind b. 'Alī<sup>21</sup> während einer Expedition des Kalifen al-Ma'mūn gegen Byzanz beim Messen eines Grades im Meridian, das er im Auftrag des Herrschers vornahm, von einer neuen Methode Gebrauch machte. Auf einer hoch über dem Meeresspiegel liegenden Küste maß Sind b. 'Alī die Depression der Sonne bei ihrem Untergang und berechnete danach trigonometrisch die Größe des Erdumfanges.<sup>22</sup>

<sup>16</sup> Ebd. Bd. 6, S. 85.

<sup>17</sup> Ebd. Bd. 6, S. 136.

<sup>18</sup> In Faksimile herausgegeben vom Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, Frankfurt 1986.

<sup>19</sup> s. E. S. Kennedy und N. Faris, *The Solar Eclipse Technique of Yaḥyā b. Abī Manšūr*, in: *Journal of the History of Astronomy* (London) 1/1970/20-37; F. Sezgin, a.a.O., Bd. 5, S. 227; Bd. 6, S. 136.

<sup>20</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 10, S. 151.

<sup>21</sup> Ebd. Bd. 6, S. 138.

<sup>22</sup> Ebd. Bd. 6, S. 138; Bd. 10, S. 96.

<sup>13</sup> F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 118-120.

<sup>14</sup> Ebd. Bd. 6, S. 122-127.

<sup>15</sup> Ebd. Bd. 5, S. 174; Bd. 6, S. 13, 95-96.



Berechnung des Erdradius durch Sind b. 'Ali.

Das Verfahren wandte auch al-Bīrūnī auf einem sich hoch über eine Ebene erhebenden Berg an. Es wurde später mit den Namen Francesco Maurolico (1558), Sylvius Belli (1565) und Francesco Giuntini (gest. 1580) verbunden.<sup>23</sup>

Auch die weiteren Messungen des Erdumfanges, die im Auftrag des Kalifen al-Ma'mūn durchgeführt wurden, wären hier zu nennen. Er setzte sich mehrfach dafür ein, daß die Länge eines Meridiangrades möglichst genau ermittelt werde. Die Messungen wurden von mehreren Astronomen entweder in der Ebene von Singār oder zwischen Raqqa und Tadmur (Palmyra) ausgeführt. Man erfüllte die Aufgabe mit Instrumenten zur Ermittlung des Sonnenstandes und der Mittagslinie und mit Hilfe von Stäben und Schnur. Nachdem mehrfach durchgeführte Messungen Werte zwischen  $56 \frac{1}{3}$  und  $57$  Meilen ergeben hatten, entschied man sich für den Mittelwert  $56 \frac{2}{3}$  als Länge eines Grades im Meridian. Das Ergebnis weicht von dem heute angenommenen Wert nur minimal ab. Nach C.A. Nallino war dies die erste streng wissenschaftlich durchgeführte Messung, die als Ergebnis einer lang andauernden, mühevollen Arbeit zustande gekommen war.<sup>24</sup>

Aus Sicht der künftigen raschen Entwicklung der astronomischen Wissenschaft war es zweifellos von Bedeutung, daß al-Ma'mūn sowohl in Baḡdād als auch auf dem Berg Qāsiyūn, nördlich von Da-

maskus, Sternwarten errichten ließ.<sup>25</sup> Vermutlich waren dies die ersten regelrecht staatlichen Sternwarten.

Der Versuch, neue astronomische Daten möglichst genau zu ermitteln und ältere nachzuprüfen, kennzeichnet das Hauptziel der arabisch-islamischen Astronomen im 3./9. und 4./10. Jahrhundert. Da sie im Vergleich mit ihren griechischen, indischen und sasanidisch-persischen Vorgängern über bessere Berechnungsmethoden und Meß- und Beobachtungsinstrumente sowie über eine bessere Technik der Beobachtung verfügten, kamen sie diesem Ziel bemerkenswert nahe.<sup>26</sup> Sollen wir einige der von den Astronomen jener Zeit erreichten einschlägigen Ergebnisse erwähnen, so zählt dazu der schon bei Tābit b. Qurra auftretende, wesentlich verbesserte Wert für die Präzession<sup>27</sup> der Tag- und Nachtgleichen mit  $1^\circ$  in 66 Jahren, das heißt  $55''$  in einem Jahr. Dieses Phänomen<sup>28</sup> hatte Ptolemaios, Hipparch folgend, mit  $1^\circ$  in hundert Jahren berechnet, was  $36''$  in einem Jahr entspricht. Spätere Astronomen brachten, angefangen von al-Battānī, weitere Korrekturen an. Naṣīraddin aṭ-Ṭūsī (gest. 672/1274) errechnete  $1^\circ$  in 70 Jahren, d.h.  $51''$  in einem Jahr,<sup>29</sup> ein Wert, «an welchem die Neuzeit nahezu festhalten konnte»<sup>30</sup>.

Gegen Ende des 3./9. Jahrhunderts entstand im Kreise der arabisch-islamischen Astronomen die Ansicht, daß sich das Apogäum der Sonne (*auḡ aš-šams*) in Richtung der Ekliptik (d.h. in Richtung der zunehmenden Längengrade des Himmels) bewege. Tābit ibn Qurra<sup>31</sup> (gest. 288/901) scheint als erster entsprechende Beobachtungen gemacht zu

<sup>25</sup> Ebd. Bd. 10, S. 116.

<sup>26</sup> Ebd. Bd. 6, S. 20.

<sup>27</sup> Es handelt sich dabei um das jährliche Vorrücken des Frühlingspunktes, das nach dessen longitudinalem Abstand von der Spica gemessen wird. Die moderne Astronomie betrachtet die Präzession der Nachtgleichen als Folge der Abplattung der Erde, s. R. Wolf, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur*, Bd. 1, Zürich 1890 (Nachdr. Hildesheim 1973), S. 440-442.

<sup>28</sup> Die Frage nach der frühesten Kenntnis dieses Phänomens scheint noch nicht abschließend beantwortet, s. O. Neugebauer, *The alleged Babylonian Discovery of the Equinoxes*, in: *Journal of the American Oriental Society* (Ann Arbor) 70/1950/1-8; P. Huber, *Über den Nullpunkt der Babylonischen Ekliptik*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 5/1956-58/192-208.

<sup>29</sup> F. Sezgin, a.a.O., Bd. 6, S. 26.

<sup>30</sup> R. Wolf, *Handbuch der Astronomie*, a.a.O. S. 441.

<sup>31</sup> s. F. Sezgin, a.a.O., Bd. 5, S. 264-272; Bd. 6, S. 163-170, bes. S. 163.

<sup>23</sup> s. S. Gunther, *Handbuch der mathematischen Geographie*; Stuttgart 1890, S. 217-218.

<sup>24</sup> F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 10, S. 95-96.

haben. Ihm folgte al-Battānī<sup>32</sup> (gest. 317/929). Doch erst ein Jahrhundert später gelang es al-Birūnī, eine genaue Definition der Extreme an Langsamkeit und Geschwindigkeit dieser Bewegung zu geben.<sup>33</sup> In der zweiten Hälfte des 5./11. Jahrhunderts ermittelte Ibrāhīm b. Yaḥyā az-Zarqālī den Wert der Vorwärtsbewegung des Apogäums als ein Grad in 279 Jahren, das heißt 12,09" in einem Jahr, was annähernd dem gegenwärtigen Wert entspricht.<sup>34</sup>

Als Folge ihrer steten Beobachtung des Himmels erzielten die Astronomen in der islamischen Welt weitere wichtige Ergebnisse. Ibrāhīm b. Sinān b. Ṭābit (lebte zwischen 296/909 und 335/946) kam anscheinend als erster zu der Einsicht, daß die Schiefe der Ekliptik nicht konstant ist. Die Abweichungen, die sich im Laufe der Zeit in seinen Beobachtungsergebnissen zeigten, erklärte er als Folge plötzlicher und unregelmäßiger Bewegungen der Weltachse.<sup>35</sup> Sein Zeitgenosse Abū Ġa'far al-Ḥāzin kam zu dem gleichen Schluß.<sup>36</sup> Ihr jüngerer Zeitgenosse Ḥāmid b. al-Ḥiḍr al-Ḥuḡandī veranlaßte seinen Gönner, den Buyidenherrscher Faḥradāula (reg. 366/976-387/997) dazu, zu genauer Beobachtung des Sonnenstandes in Raiy (im Süden des heutigen Teheran) eine Sternwarte mit einem Sextanten von ca. 20 m Radius zu errichten, um ein sichereres Ergebnis in der Frage der Schiefe der Ekliptik zu erlangen. Seine dadurch ermöglichten Beobachtungen führten ihn zu der Überzeugung, daß die Schiefe der Ekliptik im Laufe der Zeit permanent abnimmt.<sup>37</sup>

Noch vor der Erklärung al-Ḥuḡandī's hatte der Versuch, die Veränderungen der Schiefe der Ekliptik mit der Präzession in Einklang zu bringen, Ṭābit b. Qurra dazu geführt, seine Hypothese von der Trepidation, einer Vor- und Rückwärtsbewegung der Fixsterne (*ḥarakat al-iqbāl wa-l-idbār*) aufzustellen.<sup>38</sup> Diese Hypothese wirkte sich anregender auf die Astronomen in Europa als auf diejenigen im arabisch-islamischen Kulturbereich aus.

Was die Fortschritte angeht, die zu den Themen totale Sonnenfinsternis, Veränderlichkeit des Sonnendurchmessers, Exzentrizität der Sonnenbahn und Parallaxenberechnung sowie bei der Berechnung der ersten Sichtbarkeit der Mondsichel erreicht wurden, begnüge ich mich mit einem Verweis auf die betreffenden Stellen der *Geschichte des arabischen Schrifttums* (Bd. 6, S. 27-28). Kurz erwähnt sei hier lediglich der Fall der Fixsternastronomie.

Wie bereits erwähnt, besaßen die Araber vor dem Islam eine recht gute Kenntnis von den Fixsternen. In islamischer Zeit kam es zunächst zu einer beachtlichen philologischen Erfassung dieses Gebietes. Eine Beschäftigung mit der eigentlichen Fixsternastronomie begann erst seit der Bekanntschaft mit dem ptolemaischen *Almagest*. Nach den von den griechischen Vorgängern geleisteten Arbeiten erreichte diese Richtung der Astronomie in der zweiten Hälfte des 4./10. Jahrhunderts mit dem Wirken von 'Abdarrahmān aṣ-Ṣūfī<sup>39</sup> und namentlich durch sein *Kitāb Ṣuwar al-kawākib at-tābita*<sup>40</sup> einen neuen Höhepunkt. Dieser bedeutende Astronom überprüfte die Angaben des Verzeichnisses von Hipparch – Ptolemaios auf der Grundlage eigener Beobachtungen und Messungen und stellte einen neuen Katalog mit weitgehend revidierten Helligkeitsskalen, Koordinaten und Größen der Sterne zusammen. Eine weitere Revision des Sternkataloges wurde auf der Basis neuer Beobachtungen in der Sternwarte von Ulūḡ Beg (gest. 853/1449) in Samarkand vorgenommen. Dieser neue Katalog zeichnet sich gegenüber seinem Vorgänger vor allem durch genauere Koordinaten aus. 'Abdarrahmān aṣ-Ṣūfī wird zusammen mit Ptolemaios und Argelander (gest. 1875) als einer der drei großen Wegbereiter der Fixsternastronomie angesehen. Er hat das Fach nicht nur in der islamischen Welt, sondern auch in Europa Jahrhunderte lang tief beeinflusst.<sup>41</sup> Der Fixsternkatalog in dem Alfonsinischen Sammelwerk *Libros del saber de astronomía* (um 1277) ist nichts anderes als eine freie kastilische Übersetzung oder Bearbeitung des Werkes von 'Abdarrahmān aṣ-Ṣūfī. Eine nach der kastilischen Vorlage im Jahre 1341 angefertigte

<sup>32</sup> F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 182-187, bes. S. 184.

<sup>33</sup> Ebd. Bd. 6, S. 263.

<sup>34</sup> Ebd. Bd. 6, S. 26-27.

<sup>35</sup> Ebd. Bd. 6, S. 194.

<sup>36</sup> Ebd. Bd. 6, S. 189.

<sup>37</sup> Ebd. Bd. 6, S. 220-222.

<sup>38</sup> Ebd. Bd. 6, S. 164.

<sup>39</sup> s. ebd. Bd. 6, S. 212-215.

<sup>40</sup> Faksimile-Ausgabe vom Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, Frankfurt 1986.

<sup>41</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 212.



A. Dürer, Himmelskarte (Detail mit aš-Šūfī),  
Holzschnitt (1515).

italienische Übersetzung ist seit 1908 bekannt.<sup>42</sup>

«In welchem Rufe Šūfī im Abendlande noch in der beginnenden Neuzeit stand, ergibt sich daraus, daß ihn Albrecht Dürer als einen der vier großen Vertreter der Himmelskunde unter dem Namen Azophi aufführt»<sup>43</sup> (s. Abb. oben).

Die übrigen Namen auf Dürers Holzschnitt der Himmelskarte von 1515 sind, neben Azophi Arabus, Aratus Cilix, Ptolemeus Aegyptius und M. Manilius Romanus<sup>44</sup>. Im Zusammenhang mit der Fixsternastronomie sei noch erwähnt, daß die Frage der Zugehörigkeit der Milchstraße zu den Fix-

sternen erst von Ibn al-Haiṭam (gest. 432/1041) klar entschieden und dargestellt wurde.<sup>45</sup>

Generell sei hier zu den großen Fortschritten, die die arabischen Astronomen gegenüber ihren Vorgängern in der Entwicklung des Beobachtungsinstrumentariums und neuer Verfahren erzielt haben, der Eindruck zitiert, den bereits in einem recht frühen Stadium der neueren Erforschung der arabisch-islamischen Astronomie der Gelehrte C. A. Nallino<sup>46</sup> gewonnen hat: «Endlich haben die Araber noch im Gebrauch der trigonometrischen Formeln sowie durch die Zahl und Qualität ihrer Instrumente und die Technik der Beobachtungen ihre Vorgänger, die Griechen, rühmlich überholt. Sowohl in der Zahl wie in der Stetigkeit und Genauigkeit der Beobachtungen zeigt sich der auffallendste Kontrast zwischen der griechischen und der muslimischen Astronomie.»

Ein weiterer Themenkreis waren die Ansichten und Hypothesen der arabisch-islamischen Astronomen zur Frage der Rotation der Erde und ihre Planetentheorien. Die griechische Vorstellung von der Kugelförmigkeit der Erde erreichte sie zumindest durch die pseudo-aristotelische Schrift *περὶ κόσμου* gegen Ende des 1./7. Jahrhunderts und wurde ohne jeglichen Widerstand angenommen. Sie erfuhren darin, daß die Erde im Mittelpunkt des Universums liege und daß dieses sich mit dem gesamten Himmel zusammen unablässig bewege (s.o.S. 4). Die Frage der Rotation der Erde um sich selbst wurde anscheinend vom 3./9. Jahrhundert an immer wieder diskutiert, und zwar nicht nur von Astronomen, sondern auch von Philosophen. Doch außer einer dürftigen Angabe von Plutarch<sup>47</sup> (gest. um 120 bis 125 n. Chr.) in den *Placita philosophorum* scheint von griechischer Seite hierzu kein weiterer Anstoß gekommen zu sein. Aristarchs<sup>48</sup> Anschauung von einem heliozentrischen System scheint jedenfalls

<sup>42</sup> s. Oiva J. Tällgren, *Observations sur les manuscrits de l'Astronomie d'Alphonse X le Sage, roi de Castille*, in: Neuphilologische Mitteilungen (Helsinki) 5-6/1908/110-114, bes. S. 110 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 99, S. 1-5, bes. S. 1).

<sup>43</sup> A. Hauber, *Zur Verbreitung des Astronomen Šūfī*, in: *Der Islam* (Straßburg, Hamburg) 8/1918/48-54, bes. S. 52 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 26, Frankfurt 1997, S. 326-332, bes. S. 330).

<sup>44</sup> W. Voss, *Eine Himmelskarte vom Jahre 1503 mit den Wahrzeichen des Wiener Poetenkollegiums als Vorlage Albrecht Dürers*, in: *Jahrbuch der preußischen Kunstsammlungen* (Berlin) 64/1943/89-150; P. Kunitzsch, *Šūfī Latinus*, in: *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft* (Wiesbaden) 115/1965/65-74, bes. S. 65.

<sup>45</sup> E. Wiedemann, *Über die Milchstraße bei den Arabern* (Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. LXXIV), in: *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät* (Erlangen) 58-59/1926-27/348-362, bes. S. 358 (Nachdr. in: *Aufsätze* Bd. 2, Hildesheim 1970, S. 662-676, bes. S. 672), s. F. Sezgin, a.a.O., Bd. 6, S. 254; vgl. P. Kunitzsch, *al-Madjarra*, in: *The Encyclopaedia of Islam. New Edition* Bd. 5, Leiden 1986, S. 1024-25.

<sup>46</sup> *Astronomie*, in: *Enzyklopaedie des Islām*, Bd. 1, Leiden und Leipzig 1913, S. 520.

<sup>47</sup> F. Sezgin, a.a.O., Bd. 6, S. 81-83.

<sup>48</sup> Ebd. Bd. 6, S. 74-75.

nicht zu ihnen gelangt zu sein. Dagegen erfuhren sie von der Ansicht des indischen Astronomen Āryabhaṭa (um 499 n.Chr.) über die Rotation der Erde spätestens durch al-Bīrūnī.<sup>49</sup> Der Geograph Ibn Rustah (letztes Viertel 3./9. Jh.) referiert unter anderem die Theorie, daß sich die Erde im Universum, nicht aber in seinem Mittelpunkt befinde und daß sie selbst rotiere, nicht die Sonne und nicht die äußerste Sphäre.<sup>50</sup> Von al-Bīrūnī erfahren wir die Namen zweier muslimischer Gelehrter, welche die Vorstellung von der Rotation der Erde vertreten haben. Es sind Aḥmad b. Muḥammad as-Siġzī (2. Hälfte 4./10. Jh.) und Ġaʿfar b. Muḥammad b. Ġarīr (4./10. Jh.). Jeder der beiden habe ausgehend von dieser Auffassung ein kahnförmiges Astrolab gebaut.<sup>51</sup>

al-Bīrūnī scheint sich ernstlich darum bemüht zu haben, zu einer zufriedenstellenden Klärung dieser Frage zu gelangen. Er schrieb darüber eine nicht erhaltene Abhandlung «Über Ruhe oder Bewegung der Erde» (*Kitāb fī Sukūn al-arḍ au ḥarakatihā*).<sup>52</sup> Lange Zeit war er wohl unentschlossen, ob er sich für eine Rotation der Erde entscheiden solle, gelangte jedoch gegen Ende seines Lebens zu der Überzeugung, daß die Erde doch ruhe. In seinem Werk über Indien (verfaßt um 421/1030) sagt er: «Die Rotation der Erde schädigt in keinerlei Weise die Schlüsse der astronomischen Wissenschaft, sondern die hierher gehörenden Dinge hängen (auch bei dieser Annahme) in derselben Weise logisch zusammen. Es gibt andere Gründe, die diese Annahme unmöglich machen müßten.»<sup>53</sup> Auch Ibn al-Haiṭam behandelt die Frage in seinem Kommentar zum *Almagest* und spricht sich gegen die Rotation aus.<sup>54</sup>

Es ist weiterhin zu beachten, daß Abū Ġaʿfar al-Ḥāzin in der ersten Hälfte des 4./10. Jahrhunderts

eine neue Erklärung für die scheinbare Ungleichförmigkeit der Umläufe der Planeten fand, wie es sich aus Zitaten bei al-Bīrūnī entnehmen läßt. Nach dem von ihm entworfenen Modell verwirft er die Lehren von der Exzentrizität und den Epizykeln und ersetzt sie durch die Annahme von Variationen der jeweiligen Planetenbahn zur Ekliptikebene. Ein ähnliches Modell begegnet uns bei Heinrich von Langenstein (1325-1397).<sup>55</sup>

Im Zuge der geometrischen Darstellung der Planetenbewegung im Anschluß an die griechischen Vorgänger gab es bei arabischen Astronomen von der zweiten Hälfte des 4./10. Jahrhunderts an eine Fülle von Theorien, die ihre bedeutendsten Früchte bei Kopernikus tragen sollten.

Abū Naṣr b. ʿIrāq, der Lehrer al-Bīrūnī's (2. Hälfte 4./10. Jh.), diskutiert unter unterschiedlichen Aspekten die Möglichkeit elliptischer Planetenbahnen bei sehr geringer Differenz zwischen der Länge der beiden Achsen, und die Möglichkeit tatsächlicher Ungleichförmigkeit der Umläufe. Im Gegensatz zur Meinung eines Kollegen, zu der er hier Stellung nimmt, ist er selbst von einer konstanten, gleichförmigen Bewegung der Planeten überzeugt. Die scheinbaren Ungleichförmigkeiten und bei der Beobachtung auftretenden Veränderungen der Durchmesser der Planetenbahnen seien mit der Exzentrizität zu erklären. Er hielt es offenbar nicht für notwendig, epizyklische Bewegungen zu Hilfe zu nehmen.<sup>56</sup>

Zu Beginn des 5./11. Jahrhunderts führt Ibn al-Haiṭam die Sphärentheorie der ptolemaischen *Hypotheseis* in die arabische Astronomie ein. Danach mußte das mathematische Modell der Himmelsbewegungen durch die Vorstellung von körperlichen Kugelschalen ersetzt werden. Zweifellos war diese Umgestaltung der traditionellen Darstellung des *Almagest*, die bis ins 16. Jahrhundert hinein sowohl in der islamischen Welt als auch im Abendland weitgehend befolgt wurde, ein gewisser Rückschritt. Jedoch tritt mit diesem Versuch des Ibn al-Haiṭam eine völlig neue Erklärung der Bewegung der Planeten zutage. Er faßt sie in folgende Worte: «1. Der natürliche Körper führt von sich aus nicht mehr als eine einzige natürliche Bewegung aus.» «2. Der natürliche einfache Körper führt keine Bewegung von unterschiedlicher Geschwindigkeit

<sup>49</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 224-225.

<sup>50</sup> *Kitāb al-A'lāq an-naḥḥa*, ed. J. de Goeje, Leiden 1892 (Nachdr. Islamic Geography Bd. 40, Frankfurt 1992), S. 23-24.

<sup>51</sup> al-Bīrūnī, *at-Taṭrīq ʾilā stiʾmāl funūn al-aṣṭurlābāt*, Paris, Bibliothèque nationale, ar. 2498, fol. 9a; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 224-225.

<sup>52</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 275.

<sup>53</sup> Zu seiner Begründung s. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 31; E. Wiedemann, *Zu den Anschauungen der Araber über die Bewegung der Erde*, in: *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften* (Leipzig) 8/1909/1-3, bes. S. 2 (Nachdr. in: *Gesammelte Schriften* Bd. 1, Frankfurt 1984, S. 287-289, bes. S. 288).

<sup>54</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 31-32.

<sup>55</sup> Ebd. Bd. 6, S. 189-190.

<sup>56</sup> Ebd. Bd. 6, S. 242-243.

aus, d.h. er legt stets auf den Kreisen in gleichen Zeiten gleiche Strecken zurück.»

«3. Der Körper des Himmels ist keiner Beeinflussung fähig.»

«4. Der leere Raum existiert nicht.»<sup>57</sup>

Einen wichtigen Schritt in der Diskussion des ptolemaischen Planetenmodells hat wiederum Ibn al-Haiṭam getan. In seiner Schrift über die Zweifel an Ptolemaios bemerkt er als erster, daß dieser in seiner Erklärung der Planetenbewegung durch die Einführung des Aequans das Grundprinzip der gleichförmigen Kreisbewegung verletzt, da nunmehr die Bewegung des Epizykelmittelpunktes im Deferenten nicht mehr gleichförmig ist.<sup>58</sup> Wie wir dank eines Zitates erfahren, hat Ibn al-Haiṭam eine eigene Planetentheorie entwickelt, in der er die Bedingungen für eine uniforme Bewegung der Planeten herstellt. Der Rahmen dieser Einleitung erlaubt es nicht, auf die nachhaltigen Einflüsse einzugehen, die von diesem Versuch ausgegangen sind.

Die bekannten Vertreter der neuen Planetenmodelle des 7./13. und 8./14. Jahrhunderts waren Naṣīr-addīn aṭ-Ṭūsī (gest. 672/1274), Quṭbaddīn aš-Šīrāzī (gest. 710/1311) und ‘Alī b. Ibrāhīm Ibn aš-Šāṭir (gest. um 777/1375). Ihre Versuche, durch je eigene kinematische Modelle das Wesen der Planetenbewegung von ptolemaischen Defekten zu befreien, erreichten bei letzterem ihren Höhepunkt.

In seinen Modellen beseitigt Ibn aš-Šāṭir die Exzentrizität und läßt den Vektor (einen je Planet) vom Mittelpunkt des Universums ausgehen, wobei er das Prinzip aṭ-Ṭūsī’s von den doppelten Kreisen aufnimmt. Besonders wichtig ist sein Merkurmodell. Auch sein Versuch, für die Mondbewegung ein besseres Modell als seine Vorgänger zu erstellen, gelingt ihm ausgezeichnet. Bei der Herstellung der gleichförmigen Kreisbewegung des Mondes korrigiert er den groben Fehler des Ptolemaios dadurch, daß er die Variation der Mond-Erddistanz übertreibt.<sup>59</sup>

Gegen das ptolemaische Weltbild bildete sich im 6./12. Jahrhundert im Westen des arabisch-islami-

schen Kulturraumes ein Widerstand, dessen Argumente eher philosophischer als kinematisch-geometrischer Natur waren. Der Philosoph Ibn Bāğğa (Avempace, gest. 533/1139) verwarf die Existenz der Epizykel und empfand das Moment der Exzentrizität als ausreichende Erklärung für alle Planetenbahnen.<sup>60</sup> Etwa ein halbes Jahrhundert nach ihm griff Ibn Ṭufail (gest. 581/1185) in die Diskussion ein und verwarf sowohl die Lehre der Exzentrizität als auch die der Epizykel. Er glaubte, eine eigene Darstellung gefunden zu haben, scheint sie aber nicht zu Papier gebracht zu haben.<sup>61</sup> Sein Zeitgenosse Muḥammad b. Aḥmad Ibn Ruṣd (Averroes, gest. 595/1198) verwarf ebenfalls die Lehren der Exzentrizität und der Epizykel. Seiner Meinung nach folgten die Planeten einer spiralförmigen Bewegung (*ḥaraka laulabīya*).<sup>62</sup>

Der jüngste Vertreter der westlichen Schule im arabisch-islamischen Kulturkreis war Nūraddīn al-Bīṭrūğī (gest. um 600/1204). Auch er verwarf die Lehren der Exzentrizität und der Epizykel und war der Ansicht, daß die Planetensphären konzentrisch um den Mittelpunkt der Erde liegen müssen und daß sich die Planeten, wie bei Ibn Ruṣd, spiralförmig um verschiedene Achsen bewegen. Dabei leugnete er eine west-östliche Bewegung der Himmelskörper; sie sei lediglich eine optische Täuschung, die dadurch entstünde, daß die Planeten sich von Ost nach West, jedoch viel langsamer als die Himmelsphäre bewegen.<sup>63</sup> Das Buch des al-Bīṭrūğī (Alpetragius) hat nach seiner Übersetzung ins Hebräische und ins Lateinische vom 7./13. bis zum 9./15. Jahrhundert im Abendland «das naturwissenschaftlich-astronomische Denken fortschrittlich beeinflußt».<sup>64</sup>

Wenn ich nun darangehe, eine Vorstellung vom Prozeß der Rezeption und der Fortsetzung der hier in groben Linien dargelegten Astronomie im

<sup>57</sup> *Kitāb Hai’at al-‘ālam*, in der Übersetzung von K. Kohl, *Über den Aufbau der Welt nach Ibn al-Haiṭam*, in: Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät (Erlangen) 54-55/1922-23 (1925)/140-179, bes. S. 144 (Nachdr. in *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 58, Frankfurt 1998, S. 94-133, bes. S. 98); F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 33.

<sup>58</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 34.

<sup>59</sup> Ebd. Bd. 6, S. 36.

<sup>60</sup> L. Gauthier, *Une réforme du système astronomique de Ptolémée, tentée par les philosophes arabes du XII<sup>e</sup> siècle*, in: *Journal Asiatique* (Paris), 10<sup>e</sup> série, 14/1909/483-510, bes. S. 497-498 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 63, Frankfurt 1998, S. 205-232, bes. S. 219-220); C.A. Nalino, *Astronomie*, in: *Enzyklopädie des Islām*, Bd. 1, Leiden und Leipzig 1913, S. 520; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 36.

<sup>61</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 36.

<sup>62</sup> Ebd. Bd. 6, S. 36-37.

<sup>63</sup> Ebd. Bd. 6, S. 37.

<sup>64</sup> W. Petri, *Tradition und Fortschritt in der Astronomie des Mittelalters*, in: *Accademia Nazionale dei Lincei. Convegno Internazionale 9-15 Aprile 1969, Rom 1971*, S. 633-645, bes. S. 642.

Abendland zu vermitteln, so werde ich mich darauf beschränken, einige wenige Punkte aus dem zu übernehmen, was ich vor fünfundzwanzig Jahren im sechsten Band meiner *Geschichte des arabischen Schrifttums* ziemlich ausführlich (S. 37-59) besprochen habe.

Wie die anderen Naturwissenschaften und die Philosophie der arabisch-islamischen Welt erreichte auch die Astronomie Europa vor allem über die Wege Spanien, Sizilien/Italien und Byzanz, wenn man von dem Wissen, den Büchern, Instrumenten oder auch Landkarten absieht, die durch menschliche Kontakte, namentlich während der Kreuzzüge, in den Westen gelangten.

Nach dem Stand unserer Kenntnis dürfte die Vorstellung zutreffen, daß spätestens im 4./10. Jahrhundert in den an die arabisch-islamische Welt angrenzenden Teilen des westlichen Abendlandes das Bedürfnis nach Übernahme des fremden Wissensgutes durch Übersetzungen bestand und die Voraussetzungen dafür geschaffen waren. Der älteste namentlich bekannte Übersetzer war Lupitus von Barcelona, der im Jahre 984 n. Chr. für Gerbert von Aurillac einen astronomischen Traktat unter dem Titel *Liber de astrologia* ins Lateinische übertragen hat. Ebenfalls aus dem 10. Jahrhundert ist ein Sammelband über naturwissenschaftliche Themen in Barcelona erhalten, der unter anderem Traktate über *De mensura astrolabii* und *De utilitatibus astrolabii* und eine *Geometria* enthält. Daß diese Schriften freie Übersetzungen oder Adaptationen arabischer Vorlagen sind, steht außer Zweifel. Der zweitälteste bekannte Verfasser einer Astrolabschrift im Abendland (*De utilitatibus astrolabii*), Gerbert, benutzte allem Anschein nach diese und vielleicht weitere Schriften als Grundlage. Er behält die arabischen Fachbezeichnungen und die Form des arabischen Astrolabiums bei. Seine Adaptation arabischer Astrolabschriften rief im 11. Jahrhundert weitere Bücher zum gleichen Thema hervor.

Während im 10. und 11. Jahrhundert die Stadt Toledo (von 711 bis 1085 unter muslimischer Herrschaft) das wichtigste Zentrum der Rezeption arabisch-islamischer Wissenschaften war, werden im 12. Jahrhundert andere Städte wie Chartres, Toulouse, Reims, Tours, Montpellier und Paris Zentren der Rezeption und Assimilation. Schon von der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts an werden wichtigere und umfangreichere Werke der arabischen Astronomie in Übersetzungen zugänglich.

Das Handbuch der Astronomie von al-Battānī, das bereits wesentliche Neuerungen wie auch Korrekturen am *Almagest* des Ptolemaios enthält, wird um 1120 von Plato von Tivoli ins Lateinische übertragen. Dadurch wird auch das ptolemaische Weltbild zum ersten Mal in großem Umfang in abendländischen Gelehrtenkreisen bekannt. Darauf folgt gegen 1134 die Übersetzung des populären Handbuchs der Astronomie al-Fargānī's (1. Hälfte 3./9. Jh.) durch Johannes Hispaniensis (Hispalensis). Die astronomischen Tafeln von al-Ḥwārizmī (1. Viertel 3./9. Jh.) werden gegen 1120-30 von Adelard von Bath übersetzt.<sup>65</sup>



al-Fargānī, Holzschnitt aus der Übersetzung von Johannes Hispalensis, Ferrara 1493.

Während der Rezeptionsprozeß der arabisch-islamischen Astronomie im Abendland noch nicht abgeschlossen ist, lassen sich gegen Mitte des 12. Jahrhunderts gewisse Anzeichen für den Beginn einer Assimilation der neu erhaltenen Kenntnisse beobachten. Der allmähliche Übergang von einer Stufe zur anderen und endlich zu eigener schöpferischer Tätigkeit nahm vom 10. Jahrhundert n. Chr. an ein halbes Jahrtausend in Anspruch. Dieser Pro-

<sup>65</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 39f.

zeß wird durch das Material, das P. Duhem aus lateinischen und hebräischen Übersetzungen im dritten und in anderen Bänden seines Werkes *Le système du monde* zusammengestellt und interpretiert hat, dem Leser anschaulich vor Augen geführt.

Der Verlauf der Rezeption und Assimilation enthielt einen entscheidenden Impuls durch das Wirken von Gerhard von Cremona, der in der zweiten Hälfte des 12. Jahrhunderts rund 70 Schriften aus dem Arabischen übersetzt haben soll, darunter viele und wichtige astronomische Titel.

Ein großer Einfluß ging von seiner Übersetzung der Kritik von Ġābir b. Aflaḥ (6./12. Jh.) am *Almagest* des Ptolemaios aus. Besonders die trigonometrischen Ausführungen darin beeinflussten Richard von Wallingford (ca. 1292-1336), Simon Bredon (ca. 1300-1372), Regiomontanus (1436-1476) und Kopernikus (1473-1543).<sup>66</sup> Nachhaltigen Einfluß auf Georg Peurbach (1423-1461), Regiomontanus, Kopernikus und Kepler (1571-1630) übte seine Übersetzung der astronomischen Tafeln (*Ziğ*) des Zarqālī (5./11 Jh.) aus.<sup>67</sup>

Wilhelm (William) Anglicus, einer der Vertreter arabischer Astronomie in Marseille in der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts, verschaffte in einer Bearbeitung (*Scripta Marsiliensis super Canones Archazelis*) den *Toledanischen Tafeln* von az-Zarqālī größere Verbreitung im Abendland. Von besonderem Interesse ist es, daß er sich bemühte, in einer Darstellung der ptolemaischen Astronomie u.d.T. *Astrologia* die Lehre von der Trepidation von Ṭābit b. Qurra und az-Zarqālī sowie das System von al-Bīṭrūğī klar und deutlich einander gegenüber zu stellen.<sup>68</sup>

Abgesehen von der Kritik des Ġābir b. Aflaḥ am *Almagest* kannte man in diesen Gelehrtenkreisen schon zu Beginn des 13. Jahrhunderts aus anderen Übersetzungen den Kampf, den Philosophen aus dem Westen der islamischen Welt gegen das ptolemaische Weltbild führten. Michael Scotus (gest. ca. 1235) übersetzte nicht nur das Buch der Astronomie von al-Bīṭrūğī, sondern auch die Kommentare von Ibn Rušd zur *Metaphysik* und zu *De caelo* von Aristoteles, in denen dieser gegen die Exzentrizität und die Epizykel eintrat und die Not-

wendigkeit unterstrich, ein neues Weltsystem zu entwerfen. Dadurch führte der Übersetzer Michael Scotus als erster die Grundsätze der antiptolemaischen Lehren von Ibn Rušd und al-Bīṭrūğī in die lateinische Welt ein. Ganz verwirrend für seine Zeitgenossen war, daß er die Ausführungen von Ibn Rušd und al-Bīṭrūğī in einem Traktat u.d.T. *Quaestiones* zusammengestellt und unter der Autorschaft von Nicolaus Damascenus (geb. 64 v. Chr.) in Umlauf gebracht hat.<sup>69</sup>

Unter dem Einfluß von Michael Scotus hat Guillaume d'Auvergne, Bischof von Paris (1228-1249), der auf theologischem Gebiet den Averroismus bekämpfte, das von al-Bīṭrūğī entwickelte System vom Aufbau der Welt in sein *De universo* übernommen. Darin vertrat er die Ansicht, daß al-Bīṭrūğī's These geeignet sei darzutun, daß der ganze Himmel nach dem Prinzip eines einzigen Bewegers bewegt werde.<sup>70</sup>

Bereits um die Mitte des 13. Jahrhunderts gab es einen heftigen Streit zwischen den Anhängern von Ptolemaios und von al-Bīṭrūğī. Robert Grosseteste (gest. 1253) gehört zu den wichtigen Personen des Assimilationsprozesses der arabischen Wissenschaften. Daß sein Gelehrtentum unter diesem Aspekt bewertet werden muß, hat P. Duhem<sup>71</sup> für das Gebiet der Astronomie deutlich gemacht. In seinem *Compendium sphaerae* macht Grosseteste als erster im christlichen Abendland die Prinzipien der Schrift von Ṭābit b. Qurra über die acht Sphären, darunter seine Lehre der Trepidation, bekannt, und er referiert Ptolemaios und al-Battānī. Er spricht von der «Entdeckung al-Bīṭrūğī's», die er auch als «System von Aristoteles und al-Bīṭrūğī» bezeichnet. Nach Duhem<sup>72</sup> kennt Grosseteste das System der homozentrischen Sphären des Aristoteles nicht. Er identifiziert es mit dem von al-Bīṭrūğī, auf das allein sich seine Darstellung bezieht. Auch die unter seinem Namen verbreiteten Schriften *Opuscula* und *Tractatus de inchoatione formarum* machen den Einfluß von al-Bīṭrūğī deutlich.<sup>73</sup> Die Unentschlossenheit im Umgang mit den Prinzipien

<sup>66</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 42.

<sup>67</sup> Ebd. Bd. 6, S. 42-44.

<sup>68</sup> s. P. Duhem, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Nouveau tirage, Bd. 3, Paris 1958, S. 287-291.

<sup>69</sup> s. ebd. Bd. 3, S. 241-248; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 45-46.

<sup>70</sup> P. Duhem, *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 249-260; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 46.

<sup>71</sup> *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 277-287.

<sup>72</sup> Ebd. Bd. 3, S. 283; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 46.

<sup>73</sup> P. Duhem, *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 284; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 46-47.

der Astronomie teilt Grosseteste, nach Meinung von Duhem<sup>74</sup>, mit vielen seiner Zeitgenossen: Einerseits folge er bei Fragen, die mit der Bewegung der Planeten und der Verfertigung des Kalenders zu tun haben, den (arabischen) Anhängern des Ptolemaios und übernehme die Lehren von der Exzentrizität und den Epizykeln; andererseits lasse er sich von der Einfachheit der homozentrischen Sphären al-Biṭrūḡi's verführen.<sup>75</sup>

Albertus Magnus (ca. 1200-1280), einer der berühmtesten abendländischen Gelehrten seines Jahrhunderts, hat in seiner umfassenden Gelehrsamkeit das Weltsystem von al-Biṭrūḡi erneut diskutiert und es in vereinfachter und zum Teil veränderter Form breiten Kreisen bekannt gemacht. In seiner Auseinandersetzung mit dem ptolemaischen System ist er hauptsächlich von arabischen Astronomen abhängig, vor allem von Ṭābit b. Qurra.<sup>76</sup>

Die schwankende Haltung der Dominikaner um Albertus Magnus bei der Entscheidung für oder gegen eines der beiden Systeme trifft weitgehend auch für die Franziskaner um Roger Bacon (ca. 1219-1292) zu. Wie Duhem<sup>77</sup> es richtig gesehen hat, bemühte Bacon sich sein Leben lang, zu einer Entscheidung über das eine oder das andere System zu gelangen, blieb jedoch immer unentschlossen. Er kannte ziemlich gut die Astronomie von al-Farḡānī und al-Battānī, zog den Wert der Präzession von Ṭābit dem von Hipparch und Ptolemaios vor, übernahm die Vorstellung von den festen Sphären des Ibn al-Haiṭam und betrachtete auf der gegnerischen Seite nicht allein al-Biṭrūḡi, sondern auch Ibn Ruṣd als Vertreter des konzentrischen Weltbildes.<sup>78</sup>

Die Entscheidung zu Gunsten der Lehre von Ptolemaios und seinen arabischen Anhängern traf ein anderer Franziskaner, Bernardus de Virduno (spätes 13. Jh.) in Paris, und zwar auf Grund von Ibn al-Haiṭam's Darstellung der festen Sphären, die er als «ymaginatio modernorum» bezeichnet. Dadurch ist der Sieg des ptolemaischen Systems mit seinen exzentrischen Sphären über dasjenige von al-

Biṭrūḡi und Ibn Ruṣd bei den Franziskanern ein für allemal gesichert.<sup>79</sup>

Unter den Pariser Gelehrten verwarf Levi ben Gerson von den Traditionen, an denen seine – meist älteren – Kollegen hingen, entschieden das homozentrische Sphärensystem al-Biṭrūḡi's, den er ansonsten als «Meister der neuen Prinzipien der Astronomie» bezeichnet.<sup>80</sup> Etwas Neues tritt mit ihm in der Pariser Schule auf, Kritik am *Almagest*. Daß er dabei die von seinem Vorgänger Ḡābir b. Aflaḥ bereits vorgebrachten Einwände wiederverwendet, ist bekannt.<sup>81</sup> Ben Gerson stützt sich außerdem auf al-Kindī, Ṭābit b. Qurra, al-Battānī und andere.<sup>82</sup> Auch die mit seinem Namen verbundenen Leistungen, wie z. B. die Erfindung der Camera obscura, des Jakobsstabes und des sphärischen Sinussatzes sowie die Aufstellung des Beweises für das Parallelenpostulat, sind längst von seinen arabischen Vorgängern her bekannt.<sup>83</sup>

Die Gewohnheit, Kenntnisse arabischer Astronomen in Form von Pseudepigrapha in Umlauf zu bringen, läßt sich auch im 14. Jahrhundert feststellen. Duhem<sup>84</sup> hat beispielsweise nachgewiesen, daß der Campanus von Novara (gest. 1296) zugeschriebene Traktat *Demonstrationes Campani super theoricis* ein Machwerk aus dem 14. Jahrhundert ist, das hauptsächlich die Darstellung der soliden Sphären des Ibn al-Haiṭam, wenn auch unter anderem Namen, weiter bekannt gemacht hat. Die Hochschätzung, welche diese Darstellung über die soliden Sphären bei den Astronomen der Pariser und Oxforder Schule erfahren hat, fällt besonders auf. Dies ist auch der Ausgangspunkt für die bekannten *Subtilissimæ quæstiones in Libros de cælo et mundo* des Albert von Sachsen (ca. 1316-1390).<sup>85</sup>

Die Lage der Astronomie in Italien beschreibt Duhem<sup>86</sup> meisterhaft. Die italienischen Astronomen hatten sich nicht an der Diskussion beteiligt, die im

<sup>74</sup> *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 286-287.

<sup>75</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 47.

<sup>76</sup> P. Duhem, *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 327-345; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 48-49.

<sup>77</sup> *Le système du monde*, a.a.O. Bd. 3, S. 414.

<sup>78</sup> Ebd. Bd. 3, S. 411-412; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 50.

<sup>79</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 3, S. 442-460; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 50.

<sup>80</sup> B.R. Goldstein, *Al-Biṭrūḡi: On the Principles of Astronomy*, Bd. 1, New Haven, London 1971, S. 40; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 52.

<sup>81</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 5, S. 206; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 52.

<sup>82</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 4, S. 58-60; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 52-53.

<sup>83</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 53.

<sup>84</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 4, S. 119-124; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 53.

<sup>85</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 4, S. 151-157; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 53.

<sup>86</sup> P. Duhem, a.a.O. Bd. 4, S. 305; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 53.

13. Jahrhundert in Paris und Oxford über die beiden Systeme von Ptolemaios und al-Bītrūǧī geführt wurden. Erst in der Mitte des 14. Jahrhunderts wurde dieses Thema für sie interessant, und die Diskussion dauerte etwa zwei Jahrhunderte.

Es ist kennzeichnend für die Arbeitsmethode der Astronomen im 14. und 15. Jahrhundert fast im ganzen christlichen Abendland, daß neben Übersetzungen arabischer Quellen auch Kompilationen und Adaptationen entstehen. Diese erleichterten zwar die weitere Arbeit, verursachten aber nicht selten durch eigene Fehler wiederum neue bei ihren Nachfolgern. Die einschneidendste Wirkung dieser vermittelnden Schriften scheint mir darin zu liegen, daß sie – da ihre Quellen meistens verschwiegen werden – zur Folge haben, daß die tatsächlichen Autoren und Entdecker in Vergessenheit geraten. Hinzu kommt, daß vom 14. Jahrhundert an ein Anti-Arabismus-Kampf mit aller Härte geführt wird. Nicht selten werden Werke von al-Battānī, al-Fargānī, Tābit b. Qurra und Ibn al-Haitam als *Almagest* zitiert.<sup>87</sup>

Der enge Rahmen dieser Einleitung macht es erforderlich, manchen nicht unwichtigen Gegenstand unerwähnt zu lassen. Doch soll wenigstens noch die Frage nach der Beziehung von Nikolaus Kopernikus (1473-1543) zur arabisch-islamischen Astronomie angeschnitten werden. Dies führt uns zu der oben erwähnten byzantinischen Vermittlung arabischer Wissenschaften auf dem Weg nach Europa. Auf Spuren der auf diesem Weg erfolgten Rezeption stieß erstmals H. Usener und machte seine Funde in seinen *Ad historiam astronomiae symbola* (Bonn 1876) bekannt. Nach relativ langer Unterbrechung konnte sich das Thema erneut des Interesses der Forschung erfreuen. Durch eine Reihe Publikationen von David Pingree (seit 1964) und aus dem Département d'études grecques, latines et orientales der Universität Louvain sind wir heute über die Arbeitsweise der Byzantiner und ihren Umgang mit arabischen Quellen recht gut informiert.<sup>88</sup> Möglicherweise kamen die Byzantiner

schon im 9., mit Sicherheit aber im 10. Jahrhundert mit arabischen Wissenschaften in Berührung. Das geschah zunächst in den älteren Wissenschaftszentren wie Alexandria, Antiochia, Aleppo, Damaskus, Jerusalem und Palermo. Seit dem 13. Jahrhundert kamen Orte wie Marāǧa und Tabriz hinzu. Von dort führte der Weg über Erzurum und Trabzon (Trapezunt) nach İstanbul und weiter nach Italien, Mittel- und Osteuropa. Nach bisheriger Kenntnis wurde eine Reihe von Werken zu unterschiedlichen Zeiten aus dem Arabischen ins Byzantinisch-Griechische übersetzt. Dabei geschah es nicht selten, daß neue Bücher in Umlauf kamen, welche auf der Basis arabischen Materials die Namen altgriechischer Gelehrter als Autoren trugen. Auf dem Gebiet der Astronomie ist die Ansicht von J. Mogenet<sup>89</sup> sehr aufschlußreich, die lautet: «Was den Byzantinern fehlt ist, die Bedeutung der Beobachtungen verstanden zu haben, die die Araber von dem Augenblick an durchführten, als sie vom Werk des Ptolemaios Kenntnis nahmen, die sie bis ans Ende des 12. Jahrhunderts fortsetzten und in ihren Tabellen, die sie laufend zur Diskussion stellten, konkretisiert haben.»

Wir kommen nun zur Frage der möglichen Beeinflussung des Kopernikus von arabisch-islamischen Astronomen, deren Werke ihn auf dem persisch-byzantinischen Weg erreicht haben können. Die Tatsache, daß auch Kopernikus in der Tradition einer Abhängigkeit von arabisch-islamischen Astronomen stand, ist besonders in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts ins Bewußtsein gerückt worden. Es handelt sich dabei nicht nur um Impulse für die Umstellung des geozentrischen Systems auf das heliozentrische, auch nicht darum, daß er Daten und Tabellen seiner arabischen Quellen, die in lateinischen Übersetzungen und Kompilationen zugänglich waren, benutzt hat,<sup>90</sup> sondern vielmehr darum, daß er auch die Leistungen späterer islamischer Astronomen des 7./13. und 8./14. Jahrhunderts gekannt haben muß, auch wenn deren Werke

<sup>87</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 53-54.

<sup>88</sup> s. ebd. Bd. 10, S. 225-267; s. vor allem Joseph Mogenet, *L'influence de l'astronomie arabe à Byzance du IX<sup>e</sup> au XIV<sup>e</sup> siècle*, in: *Colloques d'histoire des sciences I* (1972) und *II* (1973). Université de Louvain, *Recueil de travaux d'histoire et de philologie*, série 6, 9/1976/45-55.

<sup>89</sup> *L'influence de l'astronomie arabe à Byzance*, a.a.O. S. 55.

<sup>90</sup> s. z.B. J. Toomer, *The Solar Theory of az-Zarqāl: A History of Errors*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 14/1969/306-366, bes. S. 326; E. Rosen, *Copernicus and Al-Bitruji*, in: *Centaurus* 7/1961/152-156.

nach unserer Kenntnis nicht ins Lateinische übersetzt worden sind. Die grundlegende Idee, das von Ptolemaios beeinträchtigte Prinzip der gleichförmigen Bewegung der Planeten wieder herzustellen, die ihn schließlich zum entscheidenden Schritt, nämlich zum heliozentrischen System führte, erhielt er von jenen arabischen Vorgängern. Es kommt noch der Sachverhalt hinzu, daß auch die Lösungsversuche und die Modelle dieser Gelehrten zu Kopernikus gelangt sein müssen.

Die bisher ermittelten Gemeinsamkeiten zwischen Kopernikus und seinen arabischen Vorläufern beim Versuch, das Prinzip einer gleichförmigen Bewegung der Planeten wieder herzustellen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Sowohl Kopernikus als auch Naşiraddin aţ-Ŧūsî und Quţbaddin aş-Şirâzî akzeptieren ohne Vorbehalt das Prinzip, daß jedes Planetenmodell zur Grundlage einen Bewegungsmechanismus benötigt, bei dem gleiche Strecken von gleichen Vektoren mit gleicher Winkelgeschwindigkeit zurückgelegt werden.
2. Kopernikus und seine arabischen Vorgänger versehen ihr Planetenmodell mit dem Mechanismus eines Doppelvektors mit einer halben Exzenterlänge, um den Effekt des Æquans zu erlangen.
3. Das Mondmodell des Kopernikus ist das gleiche wie das von Ibn aş-Şāţir; sie unterscheiden sich beide in ihren Dimensionen wesentlich von dem des Ptolemaios.

4. Das Merkurmodell des Kopernikus ist, mit geringfügigen Änderungen bei den Längen der Vektoren, das gleiche wie bei Ibn aş-Şāţir.

5. Kopernikus verwendet im Merkurmodell den Mechanismus der doppelten Epizykel des Ŧūsî, von dem auch Ibn aş-Şāţir Gebrauch macht.<sup>91</sup>

Zur Erklärung dieser Abhängigkeit machte G. Rosińska<sup>92</sup> im Jahre 1973 darauf aufmerksam, daß im 15. Jahrhundert die uns interessierenden Leistungen von Naşiraddin aţ-Ŧūsî und Ibn aş-Şāţir in Krakau einigermaßen bekannt gewesen sein müssen. Sandivogius von Czechel (1430) und Adalbert von Brudzevo (1482) kennen sich in ihren Kommentaren zu Gerhardus' *Theorica planetarum* bzw. Peurbach's *Theoricæ novæ planetarum* in jenen Theorien ziemlich gut aus.

Einige Handschriften griechischer Übersetzungen persischer astronomischer Bücher, die von neuen Planetentheorien handeln, sind in europäischen Bibliotheken erhalten.<sup>93</sup>

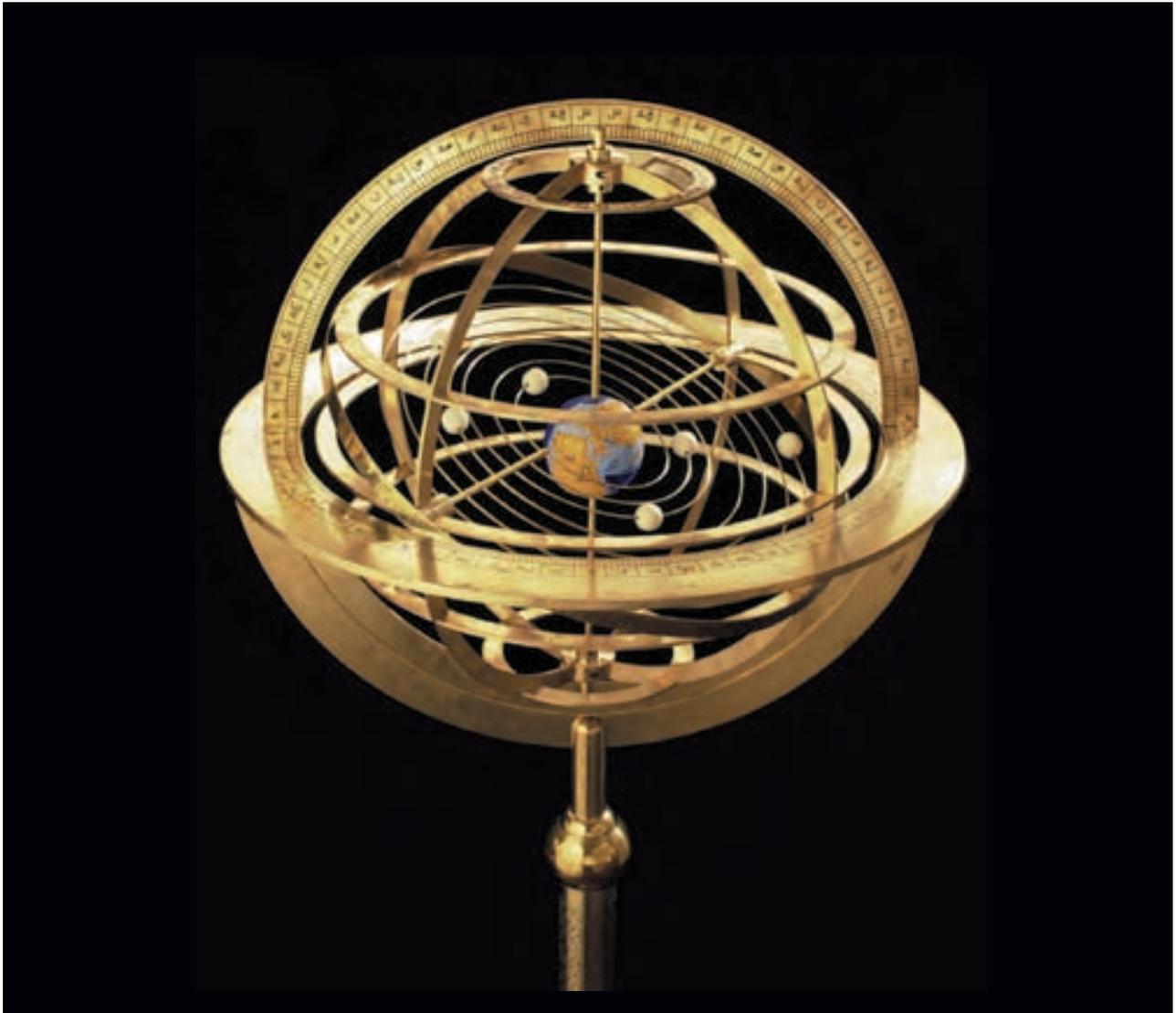
Die kurze Darstellung der Verbindungslinie zwischen den europäischen, arabisch-islamischen und griechisch-byzantinischen Astronomen sei hier beendet mit Kopernikus und dem Hinweis auf das konkrete Beispiel der rekonstruierten Instrumente aus den Sternwarten von Marāġa (ca. 1270), İstanbul (ca. 1574-1577) und derjenigen von Tycho Brahe auf der Insel Hven (1576-1597), die zum Ziel haben, diese Verbindungslinie sichtbar zu machen.



<sup>91</sup> F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 55-56.

<sup>92</sup> *Naşir al-Din al-Ŧūsî and Ibn al-Shāţir in Cracow?*, in: *Isis* (Washington) 65/1974/239-243; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 56.

<sup>93</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 56-57.



Das  
**Planetarium**  
 von as-Siğzī

Zu den arabisch-islamischen Astronomen, die glaubten, daß die Erde sich um sich selbst dreht, gehörte Abū Sa‘īd Aḥmad b. Muḥammad as-Siğzī<sup>1</sup> (2. Hälfte 4./10. Jh.). Wie al-Bīrūnī uns berichtet<sup>2</sup>, baute as-Siğzī auch ein kahnförmiges Astrolab (*al-asturlāb az-zauraqī*) nach dem Prinzip der Erdrotation. Ob as-Siğzī selbst ein Planetarium gebaut hat ist nicht bekannt; unser Modell dient dazu, seine Vorstellungen über die Bewegung der Erde zu illustrieren.

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 5, S. 329-334; Bd. 6, S. 224-226.

<sup>2</sup> s. ebd. Bd. 6, S. 224.

Unser Modell:  
 Messing und Holz, bemalt;  
 Meridianring tangential beweglich.  
 7 Planeten mit einer Parallaxe von 23,5°  
 um die axial drehbare Erdkugel angeordnet.  
 Letzere ist als Ma'mūn-Globus ausgeführt.  
 Gesamthöhe: 1,63 m.  
 (Inventar-Nr. A 1.05)

Der  
**Himmelsglobus**  
 von ‘Abdarrahmān aṣ-Ṣūfī

‘Abdarrahmān b. ‘Umar b. Muḥammad aṣ-Ṣūfī<sup>1</sup> (geb. 291/903, gest. 376/986) wird von der neuzeitlichen Forschung zusammen mit Ptolemaios und Argelander (gest. 1875) als einer der drei großen Gelehrten auf dem Gebiet der Fixsternastronomie bezeichnet. Er hat den Himmelsatlas im Vergleich zu Ptolemaios nicht nur auf der Grundlage von Beiträgen seiner arabischen Vorgänger und eigener Beobachtungen erweitert, sondern auch mit neuen Positionsangaben versehen und nach neuen Helligkeitsskalen gruppiert.

Wie einer seiner Zeitgenossen berichtet, befand sich im Jahre 435/1044 in Kairo ein silberner Himmelsglobus, den aṣ-Ṣūfī für den Staatsmann ‘Aḍudaddaula angefertigt hatte.<sup>2</sup>

Unser Modell wurde nach der Handschrift Oxford, Bodleiana, Marsh 144 gebaut. Diese wurde, zusammen mit den Sternbildern, von Ḥusain, einem Sohn des Verfassers, im Jahre 400/1010 abgeschrieben.<sup>3</sup>

aṣ-Ṣūfī gibt für jedes Sternbild zwei Figuren. Die eine zeigt es von der Horizontebene aus, die andere ist ein durch Durchpausen erzeugtes spiegelverkehrtes Abbild der ersten.

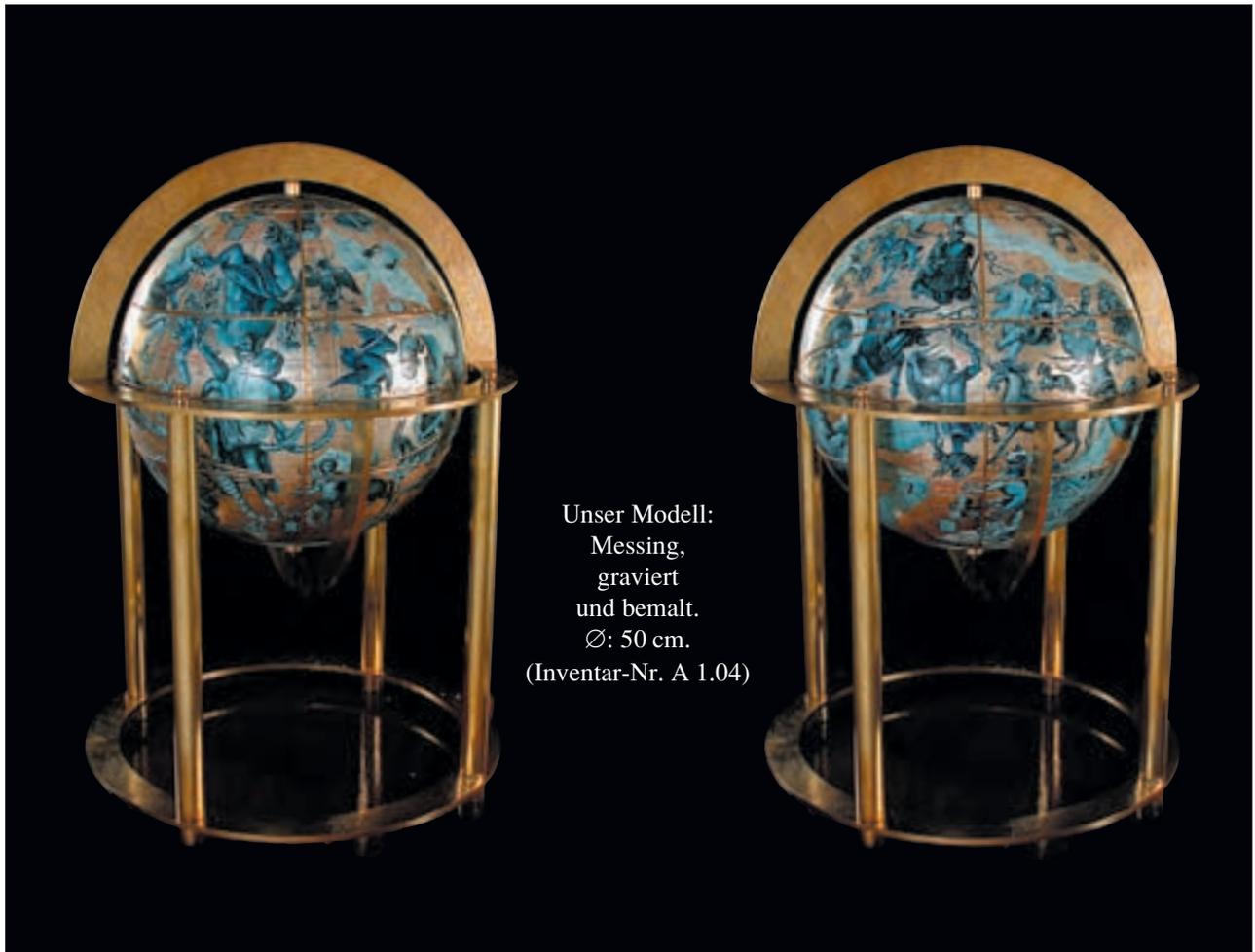


Unser Modell:  
 Messingkugel, Durchmesser: 50 cm, drehbar gelagert in  
 massivem Gestell, an dem die Koordinaten der  
 Sternpositionen abgelesen werden können.  
 Sterne in Silber eingelegt.  
 Arabische Buchstaben in ihrem Zahlenwert.  
 (Inventar-Nr. A 1.02)

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 212f.

<sup>2</sup> s. Ibn al-Qifṭī, *Ta'riḥ al-ḥukamā'*, ed. J. Lippert, Leipzig 1903, S. 440.

<sup>3</sup> Die Handschrift wurde im Faksimile herausgegeben vom Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften, Frankfurt 1986.



Unser Modell:  
Messing,  
graviert  
und bemalt.  
Ø: 50 cm.  
(Inventar-Nr. A 1.04)

## Himmelsglobus von Coronelli

Der franziskanische Geistliche Vincenzo Coronelli (1650-1718), der sich als Kartograph und Globenmacher einen Namen gemacht hatte, fertigte für Ludwig XIV. einen Himmelsglobus im Durchmesser von 3,85 m an. Der darauf aufgetragene Sternatlas basiert auf der Darstellung des 'Abdarrāḥmān aṣ-Ṣūfī (4./10. Jh., s.o.S. 7). Die vierzehn Bildergruppen der südlichen Hemisphäre beruhen auf nachträglich erworbenen Kenntnissen. Die Arbeit am Globus wurde zwischen 1681 und 1683 in Paris ausgeführt. Die Bilder der Konstellationen malte Jean-Baptiste Corneille (1649-1695). Sie sind auf Pappmaché aufgetragen. Die Namen der Sternbilder sind in Griechisch, Lateinisch, Französisch und Arabisch geschrieben.

Das für Ludwig XIV. angefertigte Original befindet sich heute in der Bibliothèque nationale in Paris. Es muß sich großer Beliebtheit erfreut haben, denn bis

heute existieren etwa 60 verkleinerte Nachbauten davon im Durchmesser von 110 cm in europäischen Museen und Bibliotheken.

Der Bau unseres Modells wurde durch eine von der Bibliothèque nationale herausgegebene CD-ROM ermöglicht.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Coronelli. *Les globes de Louis XIV.* Collection Bibliothèque nationale de France, Sources. Coordination scientifique: Monique Pelletier, Paris 1999. Zur Literatur s. P. Kunitzsch *The Arabic Nomenclature on Coronelli's 110 cm Celestial Globes*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 9/1994/91-98; ders., *Neuzeitliche europäische Himmelsgloben mit arabischen Inschriften*, in: *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Philologisch-historische Klasse*, 1997, Heft 4, bes. S. 16-25; ders., *Coronelli's Great Celestial Globe Made for Louis XIV: the Nomenclature*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 14/2001/39-55; M. Milanesi, *Coronelli's Large Celestial Printed Globes: a Complicated History*, in: *Der Globusfreund* (Wien) 47-48/1999-2000/143-160 (deutsche Übers. R. Schmidt, ebd. S. 161-169).

## STERNWARTEN

Es ist zu vermuten, daß kein anderes Gebiet der Astronomie, weder dasjenige des sich stetig verbessernden Instrumentariums, noch die literarische Gattung der Tafelwerke mit Beobachtungsergebnissen oder auch die verfeinerten, sich der Realität immer mehr annähernden theoretischen Entwürfe, uns so gut helfen kann, die entscheidenden Entwicklungsstufen dieser sich durch die Beiträge einzelner Kulturkreise entwickelnden Wissenschaft zu erfassen, wie der Bereich der Sternwarten. Die seit etwa zweihundert Jahren immer wieder angesprochene Frage nach Spuren der möglichen Existenz einer «Institution» der Sternwarte vor dem Islam, fand im Jahre 1931 bei Ernst Zinner<sup>1</sup>, einem der renommiertesten Astronomiehistoriker, die folgende Beantwortung:

«Sternwarten wie bei den Babyloniern gab es nicht oder höchstens für kurze Zeit, da die Voraussetzung dazu, der Zwang jahrhundertlang alle Himmelserscheinungen zu beobachten, bei den Griechen fehlte. Hier handelte es sich um die Tätigkeit von Einzelpersonen, die je nach ihrer Vorliebe der einen oder anderen Himmelserscheinung Beachtung schenkten. Vom Eudoxos wird berichtet, daß er eine Sternwarte bei Heliopolis und später auf Knidos hatte, offenbar beeinflusst von den Ägyptern. Ein Äquaterring war in der quadratischen Halle in Alexandria jahrhundertlang zu sehen und diente wohl zum Unterricht; aber darunter ist noch keine Sternwarte zu verstehen. Hipparch konnte seine Beobachtungen mit beweglichen Geräten anstellen. Auch für die Beobachtungen des Ptolemaios ist eine feste Aufstellung der Geräte und das Vorhandensein einer Sternwarte nicht anzunehmen.»

«Es ist beachtenswert, daß die Freigebigkeit der ptolemäischen Herrscher ihren Namen nicht mit einer Sternwarte verknüpft hat. Auch ist nicht berichtet, daß einer der vielen, sehr reichen Männer der Antike sich durch Stiftung einer Sternwarte einen Namen gemacht hat. In der Stiftung von Uhren erschöpfte sich ihre Vorliebe für die Wissenschaft.»

Zinner schildert die Lage ziemlich zutreffend. Auch in seiner Begründung kann man ihm durchaus beipflichten. Aber sein tadelnder Hinweis, keiner der ptolemäischen Herrscher und keiner der reichen Männer der Antike habe sich durch die Stiftung einer Sternwarte einen Namen gemacht, scheint mir nicht ganz gerecht zu sein. Zwar hat die seit Jahrtausenden in unterschiedlichen Kulturen gepflegte Astronomie unter den Griechen und nicht zuletzt bei Ptolemaios einen erheblichen Stand erreicht, doch war die Entwicklung des Faches noch nicht so weit gediehen und die allgemeinen Rahmenbedingungen noch nicht so günstig, daß ein Herrscher oder ein Staatsmann auf den Gedanken gekommen wäre, es bestünde die Notwendigkeit, eine Sternwarte zu gründen. Dieser Sachverhalt läßt sich besser verstehen, wenn man den Entstehungsprozeß der beiden ersten regelrechten, im Islam gegründeten Sternwarten näher kennt. Eine hervorragende Arbeit von Aydın Sayılı, die unter dem Titel *The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory* im Jahre 1960 in Ankara erschienen ist, erspart uns die Mühe, der Entstehungsgeschichte selbst nachzugehen. Es fällt vor allem auf, daß die Gründung der Bagdader Sternwarte im Stadtteil aš-Šammāsiya und der Damaszener Sternwarte auf dem Berg Qāsiyūn erst in den letzten fünf oder sechs Jahren der Regierungszeit des Kalifen al-Ma'mūn (reg. 198/813-218/833) verwirklicht werden konnte.<sup>2</sup> Die betreffenden Berichte erwecken den Eindruck, daß der Kalif al-Ma'mūn, der sich selbst mit Astronomie befaßt hat, der die ihm wichtigen astronomischen Beobachtungen und Messungen selbst anzuordnen und daran sogar teilzunehmen pflegte und die notwendigen Instrumente bauen ließ, lange Zeit keine Idee von einer Sternwarte besaß. Es hat den Anschein, als ob die sich intensivierende astronomische Arbeit, die steigende Zahl der daran beteiligten Astronomen und der sich erweiternde Kreis von Instrumenten, deren Aufbewahrung und Bereitstellung für die Beobachtungen zu gewährleisten waren, und vor allem der steigende Drang zu Vergrößerung und Verbesserung der Meßgeräte die

<sup>1</sup> *Die Geschichte der Sternkunde von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart*, Berlin 1931, S. 149

<sup>2</sup> A. Sayılı, a.a.O. S. 50-87.

Bereitstellung eines geeigneten Gebäudes schließlich unvermeidbar machte. Bemerkenswert an dem Bericht über die Entstehung der Sternwarte in aš-Šammāsiya ist, daß sie aus einem ehemaligen Tempel, eher wohl einer Synagoge, bestand.<sup>3</sup> Sie wurde unter der Aufsicht des konvertierten Juden Sind b. ‘Alī<sup>4</sup> hergerichtet, der zum engsten Kreis der Astronomen um den Kalifen gehörte. Vielleicht war es beides, die ohne geeignetes Gebäude schwer zu bewältigende astronomische Arbeit und der sich verschlechternde Gesundheitszustand des Kalifen, die zu dieser Maßnahme führten. Dabei ist zu beachten, daß man sich auch für die Sternwarte auf dem Qāsiyūn bei Damaskus eines (ehemaligen) Sakralbaus, in diesem Fall des Klosters Dair al-Murrān<sup>5</sup>, bediente. Beide Sternwarten wurden übrigens kurz nacheinander, fast gleichzeitig gegründet. Vielleicht spielte dabei der Wunsch, gleichzeitig Beobachtungen durchführen oder unabhängig voneinander durch bedeutende Astronomen an hochwertigen Instrumenten Vergleichswerte erzielen zu können, auch eine Rolle. Schon 1877 wies L.-A. Sédillot<sup>6</sup> auf eine möglicherweise an beiden Orten gleichzeitig durchgeführte Beobachtung hin. Die uns erhaltenen Nachrichten zeigen, daß fast alle großen Astronomen der Zeit an den beiden Sternwarten tätig waren. Zu ihnen gehörten Yaḥyā b. Abī Maṣṣūr, al-‘Abbās b. Sa‘īd al-Ġauharī, Muḥammad b. Mūsā al-Ḥwārizmī, Ḥālid b. ‘Abdalmalik al-Marwarrūdī und Sind b. ‘Alī. Zu den vielfältigen Aufgaben des letzteren gehörte die Verbesserung der Beobachtungsinstrumente (*iṣlāḥ ālāt ar-raṣad*).<sup>7</sup> Der berühmte Astronom Aḥmad b. ‘Abdallāh Ḥabaš<sup>8</sup>, ein jüngerer Zeitgenosse der vorigen, berichtet uns, daß al-Ma’mūn den Astronomen Ḥālid b. ‘Abdalmalik al-Marwarrūdī damit beauftragt habe, mit den bestmöglichen Instrumenten an

der Sternwarte von Damaskus die Himmelskörper im Laufe eines ganzen Jahres zu beobachten.<sup>9</sup>

Von einem der interessantesten Beispiele dafür, wie aktiv sich der Kalif persönlich mit der instrumentellen Ausrüstung seiner Sternwarten befaßte, berichtet al-Birūnī<sup>10</sup>: al-Ma’mūn ließ auf dem Qāsiyūn (Dair Murrān) einen Gnomon aus Eisen von ca. 5 m (10 Ellen) Länge errichten. Er ließ ihn bei Tage justieren und bei Nacht nachmessen und fand ihn wegen des Temperaturunterschiedes um ein «Gerstenkorn» (*ša‘ira*) kürzer. Es enttäuschte ihn, daß man diesen Gnomon nun für eine Ermittlung der genauen Jahreslänge nicht verwenden könne.

### Die weitere Entwicklung.

Funktion, Zweck und Aufgaben einer Sternwarte waren durch die Vorläufer in Bagdad und Damaskus den Astronomen und Liebhabern der Astronomie bewußt geworden. Die erste Nachfolgerin entstand anderthalb Jahrhunderte später. Sie wurde von dem Būyidenherrscher Šarafaddaula Abu l-Fawāris Širdīl (reg. 372/983-379/989) im Jahre 378/988 und wiederum in Bagdad gegründet. Nach dem Willen ihres Gründers sollten in dem zu diesem Zweck erbauten soliden Gebäude die astronomischen Beobachtungen des Himmels und der Planeten so weitergeführt werden, wie sie unter al-Ma’mūn begonnen worden waren. Mit der Leitung der Sternwarte hatte Šarafaddaula den bekannten Astronomen und Mathematiker Abū Sahl Waīḡan b. Rustam al-Kūhī beauftragt.<sup>11</sup> Zur Form der Sternwarte erfahren wir durch al-Birūnī<sup>12</sup>, daß sie eine Kuppel mit ca. 12,5 m (25 Ellen) Durchmesser besaß, in deren Mittelpunkt eine Öffnung für den

<sup>3</sup> s. Ibn an-Nadīm, *Fihrist* S. 275; Ibn al-Qiftī, *Ta’rīḥ al-ḥukamā’*, Leipzig 1903, S. 206-207; A. Sayılı, a.a.O. S. 51-52.

<sup>4</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 5, S. 242-243; Bd. VI, S. 138.

<sup>5</sup> s. A. Sayılı, a.a.O. S. 57.

<sup>6</sup> *Histoire générale des Arabes. Leur empire, leur civilisation, leurs écoles philosophiques, scientifiques et littéraires*, Bd. 2, Paris 1877 (Nachdr. Paris 1984), S. 8, 186; vgl. A. Sayılı, a.a.O. S. 56.

<sup>7</sup> Ibn al-Qiftī, *Ta’rīḥ al-ḥukamā’* S. 206.

<sup>8</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 173-175.

<sup>9</sup> Ḥabaš, *az-Ziğ*, Hds. Yeni Cami 784/2, fol. 70b; A. Sayılı, *The Introductory Section of Ḥabaš’s Astronomical Tables Known as the «Damascene» Zij* (English translation), in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 13, 4/1955/139-151, bes. S. 142-143, 150; A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 57.

<sup>10</sup> *al-Qānūn al-Mas‘ūdī*, Bd. 2, Haidarabad 1374/1955, S. 637; A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 72-73.

<sup>11</sup> s. Ibn al-Qiftī, *Ta’rīḥ al-ḥukamā’*, a.a.O. S. 351; A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 112-117.

<sup>12</sup> *Taḥdīd nihāyāt al-amākin*, a.a.O. S. 101; A. Sayılı, a.a.O. S. 116.

Einfall der Sonnenstrahlen gelassen war, um den Lauf der Sonne täglich verfolgen zu können. Nicht länger als sechs Jahre nach der Gründung der zweiten Sternwarte in Bagdad kam Fahraddaula Abu l-Ḥasan ‘Alī b. Ruknaddaula, ein weiterer Būyide (reg. 366/976-387/997), dem Wunsch des Astronomen Ḥāmid b. al-Ḥiḍr al-Ḥuḡandī nach und ließ im Jahre 384/994 in Raiy (im Süden des heutigen Teheran) eine spezielle Sternwarte bauen. Der darin eingebaute Sextant mit einem Radius von ca. 20 m sollte mit seiner Teilung nach Minuten und Sekunden eine äußerst genaue Messung des Sonnenstandes ermöglichen, um so zu ermitteln, ob die Schiefe der Ekliptik konstant ist, abnimmt oder zunimmt<sup>13</sup> (s.u.S. 25).

Etwa ein Vierteljahrhundert danach wurde, allem Anschein nach von ‘Alā’addaula b. Kākūyā, einem lokalen Herrscher der Provinzen Iṣfahān, Hamadān und Yazd (reg. 398/1007-434/1041), eine Sternwarte in Hamadān gegründet. Der mit ihm befreundete Abū ‘Alī Ibn Sīnā soll ihm geklagt haben, daß die herkömmlichen Ephemeriden, die auf der Basis veralteter astronomischer Beobachtungen gemacht würden, fehlerhaft seien. Daraufhin habe der Amīr ‘Alā’addaula den Auftrag erteilt, sich mit dem Problem der Beobachtung genauer zu befassen und die erforderlichen finanziellen Mittel zur Verfügung gestellt. Ibn Sīnā habe den Auftrag übernommen, und sein Schüler Abū ‘Ubaid al-Ġūzaḡānī habe sich um die Herstellung der erforderlichen Instrumente gekümmert. Die Beobachtungen seien zwar durch Reisen (mit ‘Alā’addaula) und andere Hindernisse öfter unterbrochen worden, doch habe Ibn Sīnā die Ergebnisse jedenfalls in seinem *Kitāb al-‘Alā’ī* niedergelegt.<sup>14</sup> Über den Bau der Sternwarte erfahren wir nichts Genaueres, doch erlaubt der Inhalt des kurzen Berichtes anzunehmen, daß es sich dabei um einen sachdienlichen Zweckbau gehandelt hat, in dem die Beobachtungen vorgenommen wurden. Ein weiterer Bericht<sup>15</sup>, aus dem hervorgeht, daß auch bis dahin unbekannte Instrumente zu diesem Zweck entwickelt wurden, bestätigt diese Annahme. Auch das von Ibn Sīnā selbst in einem speziellen Traktat beschriebene Beobach-

tungsinstrument mit seinen großen Dimensionen (s.u.S. 26) ist nur im Rahmen einer Sternwarte vorstellbar.<sup>16</sup>

Etwa vierzig Jahre nach dem Bauwerk von ‘Alā’addaula entstand eine weitere Sternwarte in Persien, diesmal im Auftrag des Seldschuken Malikšāh b. Alparslan (reg. 465/1072-485/1092). Wie der Historiker Ibn al-Aṭīr<sup>17</sup> berichtet, soll die Gründung bereits im Jahre 467/1075 erfolgt sein, und einige der bedeutenden Astronomen der Zeit, wie ‘Umar b. Ibrāhīm al-Ḥaiyām, Abu l-Muzaffar al-Isfizārī oder Maimūn b. an-Naḡīb al-Wāsītī, sollen darin gearbeitet haben. Der Ort der Sternwarte wird nicht erwähnt. Nach Vermutung heutiger Forscher könnte es Isfahan, Nischapur oder Raiy gewesen sein. Vermutlich wurde die vom Gründer angeordnete Beobachtung des Himmels nach seinem Tod weitergeführt. Nach einer Angabe soll die Sternwarte noch etwa dreißig Jahre in Betrieb gewesen sein.<sup>18</sup> Nach unserer Kenntnis geht die erste in Nordafrika gebaute Sternwarte auf das frühe 6./12. Jahrhundert zurück. Sie wurde in Ägypten unter dem Fatimiden al-Āmir bi-aḥkāmillāh Abū ‘Alī al-Manšūr (reg. 495/1101-524/1130) gegründet. Der Initiator war der Wezir al-Afḍal Abu l-Qāsim Šāhinšāh b. Amīr al-ḡuyūš Badr (gest. 515/1121), vollendet wurde sie von dessen Nachfolger Abū ‘Abdallāh al-Ma’mūn al-Baṭā’ihī (gest. 519/1125). Über die komplizierte und unglückliche Geschichte dieser Sternwarte berichtet der Historiker Taqīyaddīn al-Maqrīzī (gest. 849/1441) in seinen *al-Ḥiṭat*<sup>19</sup> aus einem anonymen Buch über den Bau (*Kitāb ‘Amal ar-raṣad*). Zu der Entscheidung, in Kairo eine Sternwarte zu gründen, soll der Wezir al-Afḍal dadurch bewogen worden sein, daß man ihm aus Syrien etwa 100 Ephemeriden für die Jahre

<sup>13</sup> s. A. Sayılı, a.a.O. S. 118-121; F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 220-221.

<sup>14</sup> Zāhīraddīn ‘Alī b. Abi l-Qāsim al-Baihaqī, *Tatimmat Ṣiḡwān al-ḥikma*, Lahore 1935, S. 52.

<sup>15</sup> Ibn al-Qiftī, *Ta’rīḥ al-ḥukamā’* S. 422; A. Sayılı, a.a.O. S. 156-157.

<sup>16</sup> E. Wiedemann, *Über ein von Ibn Sīnā (Avicenna) hergestelltes Beobachtungsinstrument*, in: Zeitschrift für Instrumentenkunde (Braunschweig) 45/1925/269-275 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1110-1116 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 92, Frankfurt 1998, S. 129-135).

<sup>17</sup> ‘Izzaddīn ‘Alī b. Muḥammad Ibn al-Aṭīr, *al-Kāmil fi t-ta’rīḥ*, Bd. 10, Beirut 1966, S. 98.

<sup>18</sup> s. A. Sayılı, a.a.O. S. 160-166, bes. S. 166.

<sup>19</sup> *Kitāb al-Mawā’iz wa-l-i’tibār bi-dīkr al-ḥiṭat wa-l-ātār*, Bd. 1, Kairo 1270/1854, S. 125-128, deutsche Zusammenfassung von E. Wiedemann, *Zur islamischen Astronomie*, in: *Sirius* (Leipzig) 52/1919/122-127 (Nachdr. in: *Gesammelte Schriften*, Bd. 2, S. 905-911 und *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 92, Frankfurt 1998, S. 77-83).

nach 500/1107 brachte und daß er feststellte, daß diese sich von den Angaben der eigenen Astronomen des Wezirs unterschieden. Um die Fehler zu korrigieren, rieten die Astronomen dazu, eine Sternwarte zu bauen. Die Aufgabe wurde dem Arzt und Astronomen Abū Saʿīd Ibn Qaraqa übertragen. Ausführlich werden die Schwierigkeiten bei der Herstellung des großen Beobachtungskreises aus Kupfer mit einem Durchmesser von rund 5 m beschrieben, der zur Ermittlung des Azimuts nach Minuten dienen sollte. Anscheinend hatte dieses Instrument die etwa hundert Jahre zuvor von Ibn Sinā hergestellte Vorrichtung (mit 3,5 m Durchmesser) zum Vorbild, wenn auch wohl ohne den Schenkel zum Messen der Höhen. Ibn Qaraqa stellte auch eine weitere kleinere Vorrichtung zum selben Zweck mit einem Durchmesser von 3,5 m (und vielleicht mit dem Schenkel zur Höhenmessung?) her. Zu den für die Sternwarte gebauten bzw. geplanten Instrumenten mit großen Dimensionen gehörte auch eine Armillarsphäre (*dāt al-ḥalaq*) mit einem Durchmesser von rund 2,5 m (5 Ellen). Der ursprünglich geplante Standort für die Sternwarte auf der Terrasse der Ġāmiʿ al-Fila («Elefanten-Moschee») wurde aufgegeben und der große Ring unter beträchtlichen Schwierigkeiten zur Terrasse einer anderen Moschee, der Masġid al-Ġuyūšī, transportiert. Der Wezir al-Maʿmūn al-Baṭāʾihī identifizierte seine Person so sehr mit der Sternwarte, daß er sie ar-Raṣad al-Maʿmūnī al-muṣaḥḥaḥ nannte, gleichsam als Nachfolgerin des ehemaligen ar-Raṣad al-Maʿmūnī al-mumtaḥan des Kalifen al-Maʿmūn in Bagdad. Das soll einer der Gründe dafür gewesen sein, daß der Kalif den Wezir verhaften und die Arbeit an der Sternwarte einstellen ließ. Im Zusammenhang mit den Arbeiten am Bau dieser Kairiner Sternwarte werden uns zwei Anekdoten berichtet, die wegen ihrer Bedeutung für die Geschichte der astronomischen Instrumente hier im Wortlaut der Übersetzung von E. Wiedemann wiedergegeben seien. Der Wezir al-Afḍal kontrollierte jeden Tag den Verlauf der Arbeiten zur Herstellung des großen Azimutalringes. Am Tage der Vervollendung, beim Guß des heißen Kupfers in die Form, stellte es sich heraus, daß in der Form «an einer Stelle etwas Feuchtigkeit zurückgeblieben war. Als das Kupfer an diese Stelle mit seiner Hitze gelangte, brachte es die feuchte Stelle zum Springen, so daß der Ring nicht vollkommen wurde. Nachdem er abgekühlt und freigelegt war, erwies er sich bis

auf die betreffende Stelle tadellos. Afḍal war über das Mißlingen sehr erbost, ließ sich aber von Ibn Qaraqa mit dem Hinweis beruhigen, daß bei einem Instrument von solchen Dimensionen, wie es noch nie hergestellt worden sei, man zufrieden sein mußte, wenn nach zehn Versuchen seine Herstellung gelänge.»<sup>20</sup>

Die zweite Anekdote handelt davon, daß al-Afḍal zum Projektleiter Ibn Qaraqa gesagt haben soll: ««Wenn Du den Kreis kleiner gemacht hättest, so wäre die Arbeit leichter gewesen.» Ibn Qaraqa erwiderte: «Wenn ich ihn so lang hätte machen können, daß sich sein Ende bei den Pyramiden, das andere auf dem Tannūr (einem Ort bei Kairo) befunden hätte, so hätte ich dies getan. Je größer die Instrumente sind, um so genauer ist das Arbeiten mit ihnen. Wie klein sind doch die Instrumente im Vergleich zu der Welt des Himmels.»»<sup>21</sup>

Die Angaben über die Sternwarten hat Aydın Sayılı mit erstaunlichem Fleiß und großer Quellenkenntnis gesammelt, und er hat diese schwierige Aufgabe bewundernswert bewältigt. Sein Material und manche seiner Bemerkungen vermitteln den Eindruck, daß unsere Quellen in der Regel nur über solche Sternwarten berichten, deren Gründung mit spektakulären Ereignissen oder mit der Konstruktion von Instrumenten in außergewöhnlichen Dimensionen verknüpft war. Es kommt hinzu, daß der für die Sternwarte verwendete Terminus *raṣad* auch «Beobachtung» bedeutet, was bei der Bewertung der betreffenden Angaben eine gewisse Schwierigkeit bereitet. So kann der öfter vorkommende Satz *ʿamala r-raṣad* sowohl im Sinne «er hat die Sternwarte gebaut» als auch «er hat die Beobachtung gemacht» verstanden werden. Dies trägt dazu bei, daß, trotz der hervorragenden Arbeit von Sayılı, eine vollständige Registrierung der arabisch-islamischen Sternwarten nahezu illusorisch bleibt. Unter

<sup>20</sup> al-Maqrīzī, *al-Ḥiṭaṭ*, a.a.O. Bd. 1, S. 126; E. Wiedemann, *Zur islamischen Astronomie*, a.a.O. S. 124 (Nachdr. in: *Gesammelte Schriften*, a.a.O. S. 908 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, a.a.O. S. 80).

<sup>21</sup> al-Maqrīzī, *al-Ḥiṭaṭ*, a.a.O. Bd. 1, S. 127; E. Wiedemann, *Zur islamischen Astronomie*, a.a.O. S. 126 (Nachdr. in: *Gesammelte Schriften*, a.a.O. S. 910 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, a.a.O. S. 82); A. Sayılı, a.a.O. S. 170.

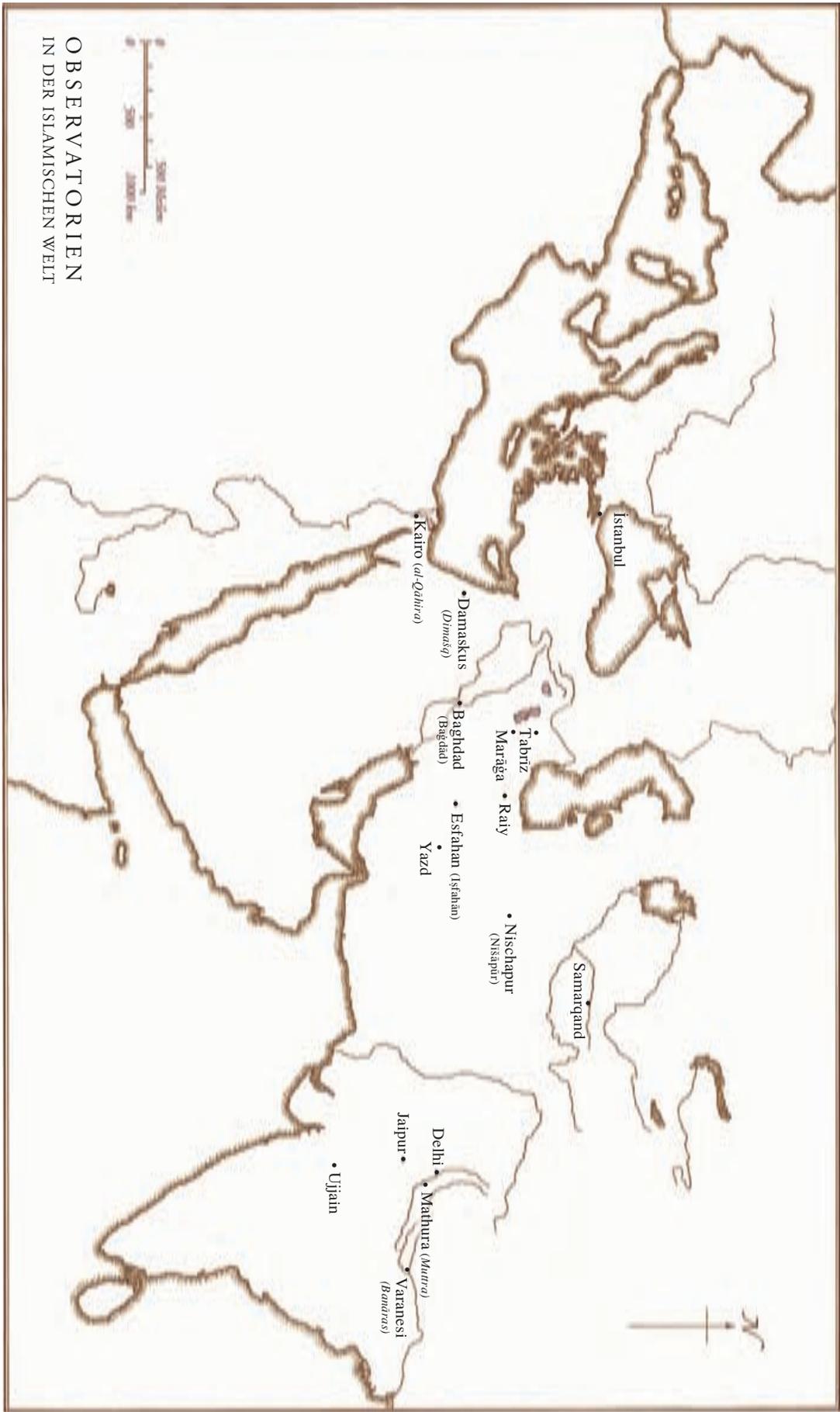
Berücksichtigung dieser Bedenken scheint Sayılı<sup>22</sup> mit seiner Ansicht recht zu haben, daß die Maghribländer und das islamische Spanien die im östlichen Teil der islamischen Welt erreichte Entwicklung der Sternwarte nicht nachvollzogen haben und bestenfalls auf dem Niveau der Ma'münzeit stehen geblieben sind.

Wie es auf vielen anderen Gebieten der Wissenschaften mit ihren Institutionen und ihrem Instrumentarium zu beobachten ist, hat auch die Sternwarte im 7./13. Jahrhundert einen eindrucksvollen Höhepunkt ihrer Entwicklung erlebt. Die Bedeutung der in Marāğa gegründeten, mit hoch entwickelten und teilweise neu erdachten Instrumenten ausgestatteten Sternwarte für die allgemeine Wissenschaftsgeschichte ist bisher noch nicht

hinreichend gewürdigt worden (s.u.S. 38 ff.). Sie selbst und ihre Nachfolgerinnen in Samarkand (s.u.S. 69 ff.) und in İstanbul (s.u.S. 53 ff.) sind die Institutionen, die zur Entstehung der ersten regelrechten Sternwarten in Europa geführt haben. Auf dem gleichen Weg, auf dem die Kenntnis von jenen Sternwarten nach Europa gelangte, kamen auch weitere neue Errungenschaften, neue Wissenschaftstheorien und Handschriften wissenschaftlicher Werke aus dem östlichen Teil der islamischen Welt ins Abendland. So ist in diesem Zusammenhang die Bedeutung der Tatsache, daß sich das Original des Himmelsglobus aus der Sternwarte von Marāğa seit mindestens 1562 in Dresden befindet, kaum zu überschätzen.



<sup>22</sup> A. Sayılı, a.a.O. S. 398.



## DIE STERNWARTE VON RAIY (ALT-TEHERAN)

Abū Maḥmūd Ḥamid b. al-Ḥiḍr al-Ḥuḡandī (2. Hälfte 4./10. Jh.), einem der bedeutendsten Mathematiker und Astronomen seiner Zeit, war es aufgefallen, daß die Werte der Schiefe der Ekliptik seit den Angaben des Ptolemaios und der indischen Quellen bis zu seiner Zeit offenbar abgenommen hatten. Um eine möglichst sichere Bestimmung derselben zu erzielen, baute er in der Stadt Raiy (das alte Raghæ im Süden Teherans) eine spezielle Sternwarte, die der Buyidenfürst Faḥraddaula (reg. 366/976-387/997) finanzierte.

Das darin zur Beobachtung der Sonnenhöhe in den Solstitien hergestellte Sechstel eines Kreises wurde nach seinem Mäzen «Faḥritischer Sextant» genannt.

«Unser Sextant besteht aus zwei senkrechten Wänden, die längs des Meridians in einem Abstand von 7 Ellen (3,5 m) errichtet sind. An dem obersten Teil und zwar 20 Ellen (10 m) über der Erde befindet sich eine Kuppel, in ihr ist ein Loch von  $\frac{1}{6}$  Elle ( $\frac{1}{12}$  m) Durchmesser. Über das Loch wird ein Eisenstab befestigt, und an ihm ein vier-eckiger hoher Kasten aus Brettern mit zwei Ringen am einen Ende aufgehängt. Er hat eine Länge von 20 m. Mit ihm als Radius wird ein Sechstel Kreis beschrieben, dieser beginnt senkrecht unter dem Loch in einer Tiefe von 10 m und reicht bis an die Oberfläche der Erde. Der Kreis wird sorgfältig geglättet und mit Brettern ausgelegt. Er ist in Grade und jeder Grad in 360 Teile, d.h. in Minuten und je in 10 Sekunden geteilt. Zum Auffangen des Sonnenbildes dient eine Kreisscheibe mit zwei sich senkrecht schneidenden Durchmessern, um die Lage des Bildes genau zu bestimmen, das bei dem großen Abstand des Loches von der Teilung beträchtliche Dimensionen hat.»<sup>1</sup>

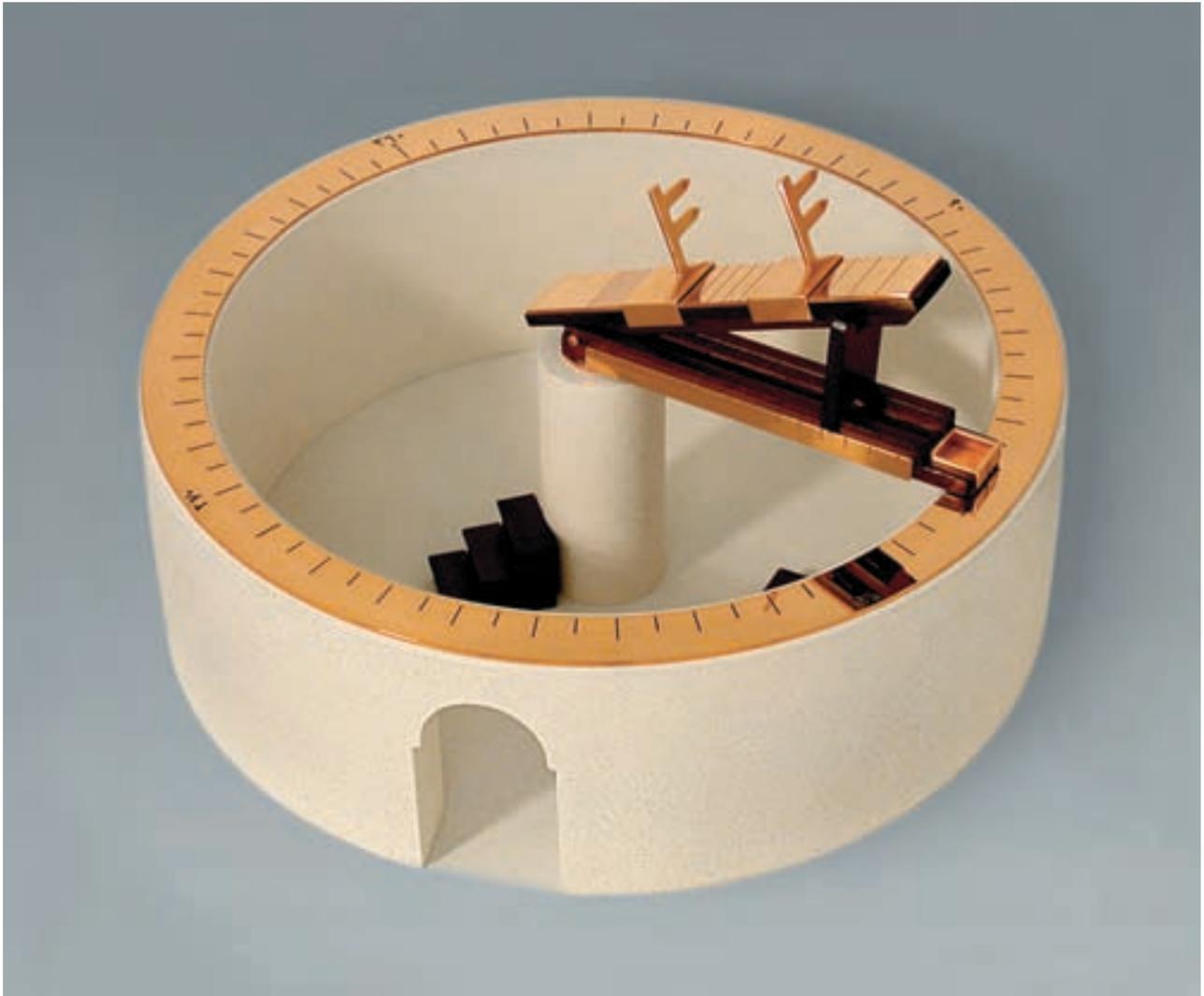


Unser Modell: Maßstab ca. 1: 30.  
Grundplatte 100 × 70 cm. Holz, kaschiert.  
(Inventar-Nr. A 5.03)

Mit Hilfe des Sextanten konnte sich al-Ḥuḡandī von einer permanenten Abnahme der Schiefe der Ekliptik überzeugen.

S. noch F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 220-221, 269; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge. Nachträge*, in: *Astronomische Nachrichten* (Kiel) 206/1918/col. 125-138, bes. 134-135 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 88, Frankfurt 1998, S. 16-22, bes. S. 20-21).

<sup>1</sup> al-Birūnī, *Ḥikāyat al-āla al-musammāt as-suds al-Faḥrī*, s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 269; übersetzt von E. Wiedemann, *Über den Sextant des al-Chogendī*, in: *Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* 2/1910/149-151, hier S. 149-150; Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 92, Frankfurt 1998, S. 55-57, hier S. 55-56).



## Hauptinstrument der Sternwarte des 'Alā'addaula (um 414/1023) in Hamadān

Holz, kaschiert.  
Durchmesser: 36 cm.  
Skalen und Diopter aus  
vergoldetem Messing.  
(Inventar-Nr. A 5.06)

In dem von Abū 'Alī al-Ḥusain b. 'Abdallāh Ibn Sīnā (gest. 428/1037) entwickelten Beobachtungsinstrument (*āla raṣādīya*)<sup>1</sup> für die Sternwarte des

'Alā'addaula sieht die rezente Forschung eine frühe Verwendung des Prinzips der Winkelmessung, wie sie später beim Jakobsstab üblich war.<sup>2</sup> Mit dem Instrument sollten vor allem astronomische

<sup>1</sup> Eilhard Wiedemann, *Über ein von Ibn Sīnā (Avicenna) hergestelltes Beobachtungsinstrument*, in: *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (Braunschweig) 45/1925/269-275; ders. (unter Mitwirkung von Th.W. Juynboll), *Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument*, in: *Acta orientalia* (Leiden) 5/1926/81-167 (Nachdruck beider Arbeiten in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1110-1203 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 92, Frankfurt 1998, S. 129-223); F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 276-278.

<sup>2</sup> Fritz Schmidt, *Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter*, Erlangen 1929 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 89, Frankfurt 1998), S. 341; F. Sezgin, *Qaḍīyat iktišāf al-āla ar-raṣādīya* «'aṣā Ya'qūb», in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 2/1985/ arab. Teil 7-30.

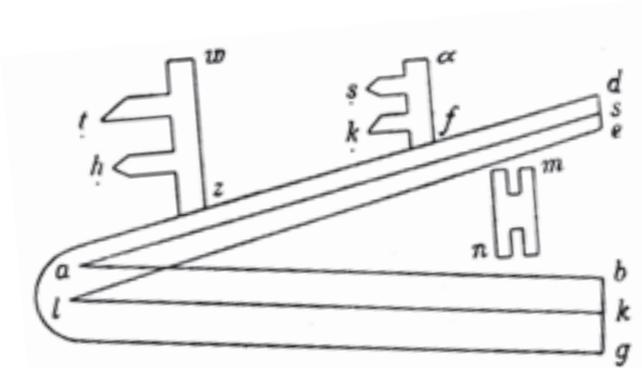


Abb. bei Wiedemann.

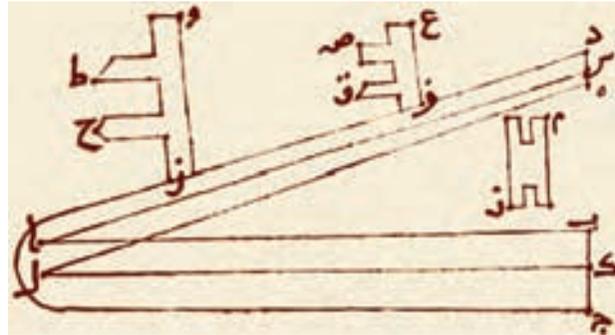


Abb. bei Ibn Sinā

Höhen und so genau wie möglich ermittelt werden. Seine langen Schenkel ermöglichen ein Beobachtungsergebnis, das nicht nur nach Graden, sondern nach Minuten und Sekunden abgelesen werden kann. Zu diesem Zweck wählte Ibn Sinā eine Schenkellänge von ca. 7 m.

«Auf dem oberen Schenkel sind zwei Aufsätze befestigt, *wz* und *af*, beide sind von genau gleicher Größe und Gestalt. Die Figur im Text zeichnet sie irrig verschieden. Beide bestehen aus einem senkrechten Stück, an das seitlich je zwei Stücke angesetzt sind. Der obere Aufsatz muß unten so ausgeschnitten sein, daß er sich rittlings auf den Schenkel setzt und sich so streng auf ihm verschiebt, daß er gar nicht im geringsten wackelt. Bei dem oberen Aufsatz ist noch besonders dafür Sorge zu tragen, daß er stets senkrecht steht, also nicht kippt. Die Enden der Ansätze *ht* und *sk* bilden Spitzen; in die Flächen der Ansätze sind die bekannten Löcher der Absehen gebohrt. Die beiden Spitzen bzw. die beiden Löcher jedes Aufsatzes müssen genau übereinander liegen und bei beiden Aufsätzen genau in der gleichen Höhe über der Oberfläche des Schenkels sich befinden. Lichtschwache Gegenstände wird man allgemein und lichtstarke zur Orientierung über die beiden Spitzen avisieren; sie vertreten gleichsam das Sucherfernrohr, das mit unseren großen Fernrohren verbunden ist. Zur feineren Messung dienen dann die Löcher. Die so an den senkrechten Platten, die den Absehen entsprechen, angebrachten seitlichen Ansätze finden sich bei keinem anderen mir bekannten Instrument.»

«Ein Vorteil dieser Anordnung ist, daß man den Kopf bei der Beobachtung nicht über das Instrument zu beugen braucht, was sehr unbequem sein kann. Man blickt vielmehr seitlich längs des oberen Schenkels parallel zu ihm nach dem Gegenstand ... Zwischen den beiden Schenkeln verschiebt sich dann die Vorrichtung *mn*.»<sup>3</sup>

Den zu bestimmenden Winkel, der aus der Höhe des beobachteten Himmelskörpers besteht, ermittelt man durch die trigonometrische Relation der mit Skalen versehenen beiden Schenkel. Das Instrument wird nicht einfach auf den Boden gestellt, sondern ist mit dem Scheitel auf einem runden Pfeiler im Mittelpunkt einer horizontalen, zylinderförmigen Mauer beweglich angebracht. So dient die Vorrichtung auch zur Bestimmung des Azimuts, eine Funktion, die Ibn Sinā ebenfalls deutlich beschreibt.<sup>4</sup>

Er weist schließlich darauf hin, daß der Untergrund des Gerätes unbedingt horizontal sein muß. Zur Nivellierung schlägt er die Verwendung eines mit gefärbtem Wasser gefüllten Beckens vor (s. u. III, 141).

<sup>3</sup> E. Wiedemann, *Über ein von Ibn Sînâ (Avicenna) hergestelltes Beobachtungsinstrument*, a.a.O. S. 272-273 (*Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1113-1114).

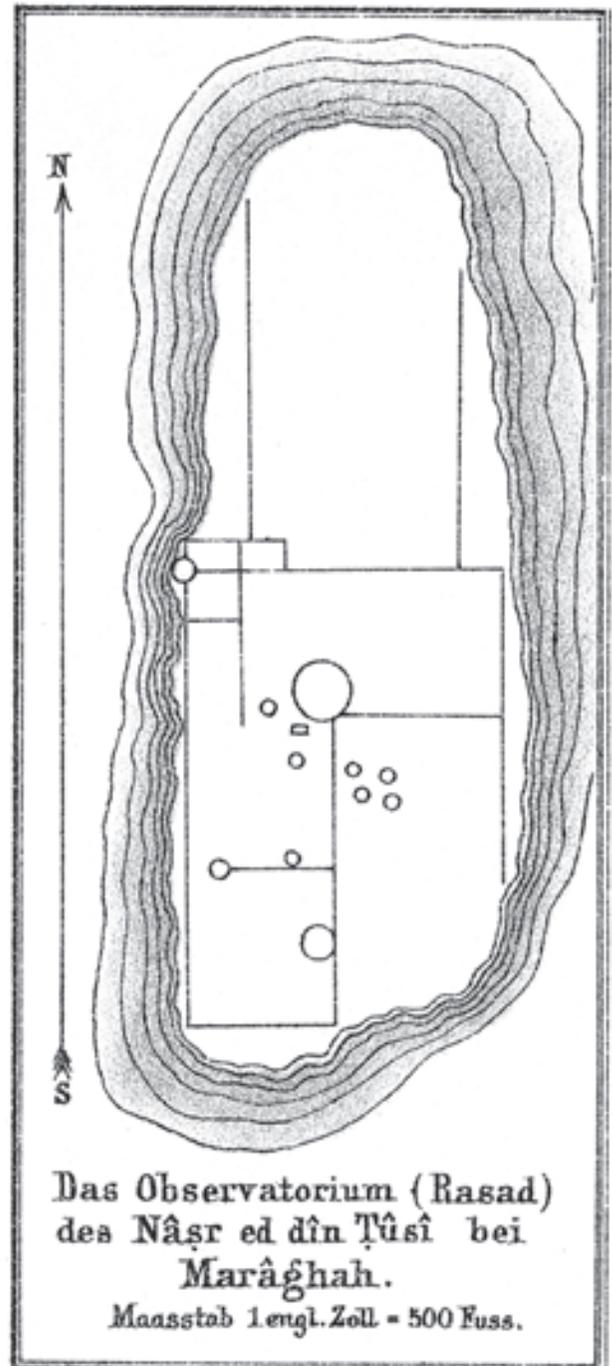
<sup>4</sup> E. Wiedemann, *Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument*, a.a.O. S. 115-116 (*Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1151-1152).

## DIE DREI STERNWARTEN VON MARĀĠA, İSTANBUL UND HVEN

### 1. Marāġa:

Nach der Eroberung Bagdāds im Jahre 1258 n. Chr., wo seit ca. 450 Jahren die alte abbasidische Sternwarte existierte, erteilte der Herrscher Hülāġū dem Gelehrten Naṣīraddīn aṭ-Ṭūsī (gest. 672/1274) den Auftrag, in Marāġa, der Hauptstadt des westlichen Mongolenreiches, eine neue Sternwarte zu bauen. Nach einer Überlieferung soll der Gedanke, in Marāġa eine Sternwarte zu errichten, auf Mōngke, den Großkhan und Bruder Hülāġūs, zurückgehen. Wahrscheinlicher ist, daß der Vorschlag von Naṣīraddīn selbst stammte.<sup>1</sup> Mit dem Bau der Sternwarte begann man im Jahre 1259; es ist nicht bekannt, wann sie vollendet wurde. Die Vermutung liegt nahe, daß sie schon um 1270, d. h. einige Jahre nach dem Tode Hülāġūs (1265), funktionsfähig war.

Die Sternwarte lag ca. 80 km südlich von Tabriz und 29 km östlich des Urmiasees. Sie wurde auf einem Hügel errichtet, dessen Längsrichtung genau im Meridian liegt. Um 1880 waren von ihr «nur noch die Grundlagen der  $4\frac{1}{2}$  – 5 Fuß [= ca. 1,5 m] dicken Mauern und einige kreisförmige Schutthaufen zu sehen», wie A. Houtum-Schindler<sup>2</sup> berichtet, der einen Plan der Ruinen nach damaliger Kenntnis gezeichnet hat (s. nebenstehende Abb.).



Grundriß der Sternwarte von Marāġa (um 1270)  
nach Houtum-Schindler.

<sup>1</sup> Aydın Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 190.

<sup>2</sup> *Reisen im nordwestlichen Persien 1880-82*, in: Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde (Berlin) 18/1833/320-344, bes. S. 338 und Tafel No. 6; Hugo J. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marâġha nach den Mitteilungen von al-'Urđî*, in: Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät zu Erlangen 60/1928/15-126, bes. S. 116 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 51, Frankfurt 1998, S. 81-192, bes. S. 182).

Wir verfügen heute über einen ausführlichen Plan und eine recht gute Kenntnis vom Bau der Sternwarte dank Ausgrabungen, die 1972, 1975 und 1976 unter der Leitung von Parviz Vardjavand ausgeführt wurden.<sup>3</sup>

Der Hügel, auf dem die Sternwarte erbaut wurde, heißt bis heute Rašad dāgī («Sternwartenberg»). Er liegt ca. 500 m nördlich der letzten Häuser der Stadt Marāga, ist 512 m lang, 220 m breit und 110 m hoch.

Die durch die Ausgrabungen sichtbar gewordenen Teile des Gesamtkomplexes, von Vardjavand als «16 unités différentes» bezeichnet, benennt dieser wie folgt:

- A) Ost-westliche und nord-südliche Mauer.
- B) Zentraler Turm der Sternwarte.
- C) Fünf kreisförmige Einheiten.
- D) Quadratischer Saal.
- E) Bibliothek (?).
- F) Konferenzsaal.
- G) Werkstatt.
- H) Gebäude mit zentralem Iwan.
- I) Steinpflaster.
- J) Ländliche Siedlung aus der Zeit nach der Zerstörung der Sternwarte.

Dazu gibt er folgende Einzelheiten: Der Hügel der Sternwarte ist durch eine 139 m lange und 1.10 m breite Mauer in zwei Teile geteilt.

1) Der südliche Teil, der alle Gebäude umfaßt und die Plätze, die für die Beobachtungsinstrumente vorgesehen sind, hat eine Oberfläche von 280 × 220 m.

2) Der nördliche Teil ist ca. 220 m lang, seine Breite verringert sich gegen Norden und variiert zwischen 220 m und 50 m.

Der Zentralturm hat einen Durchmesser von 28 m. Von dem darin installierten Sextanten und den beidseitig gebauten Treppen ist nur ein Teil von 5,55 m übrig geblieben. Der Rest macht jedoch deutlich, daß dieser Sextant nicht, wie diejenigen der Sternwarten von Raiy und Samarqand, teilwei-

se unterirdisch angelegt war. Vermutlich maß sein Radius zwischen 10 m und 12 m.

Die übrigen fünf kreisförmigen Fundamente scheinen auf Reste zylindrischer Türme hinzuweisen, in denen astronomische Beobachtungen mit speziellen großen Instrumenten vorgenommen wurden wie der Armillarsphäre, dem Mauerquadranten, der Solstitialarmille oder der Äquinoktialarmille. Die erhaltenen Spuren weisen auch auf das Fundament einer Bibliothek hin, von der historische Quellen berichten.

Die Räume im zentralen Turm, auf beiden Seiten des Sextanten, waren vermutlich Arbeitszimmer und Wohnräume der Astronomen.

Fotos aus P. Vardjavand, *Rapport préliminaire sur les fouilles de l'observatoire de Marāqe*:



Luftaufnahme des Hügels mit der Sternwarte von Marāga

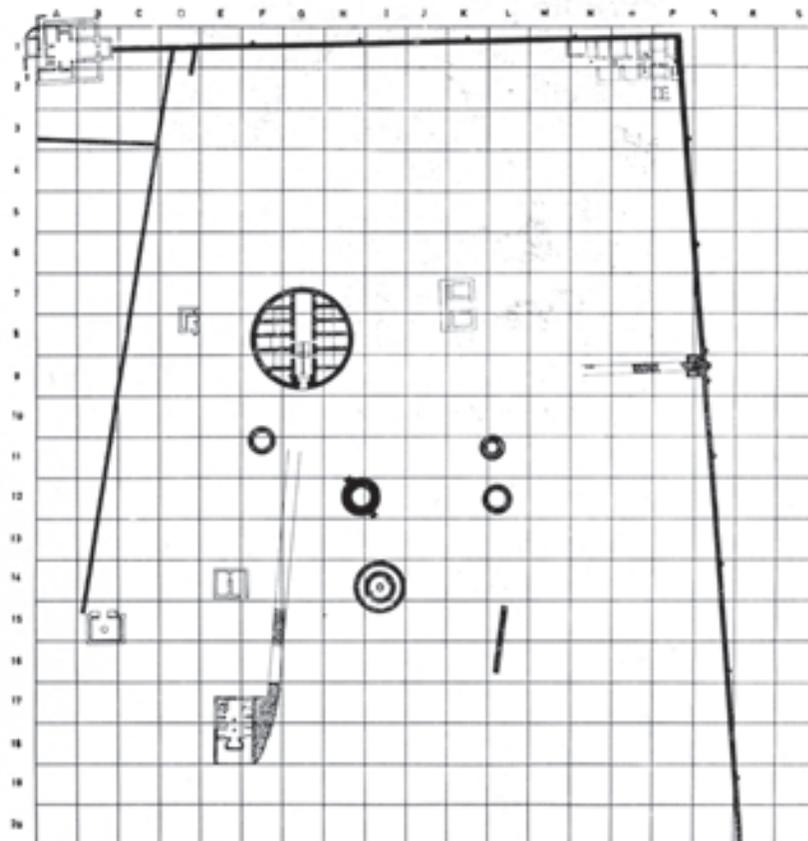
Die Überreste des zentralen Turmes



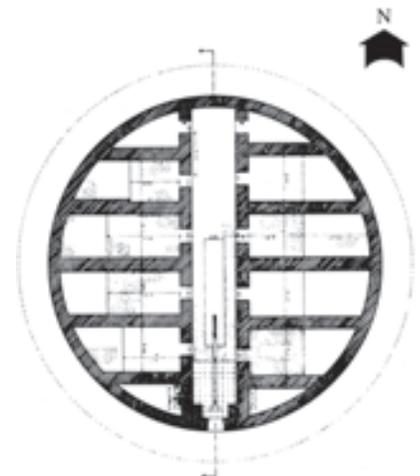
<sup>3</sup> P. Vardjavand, *Rapport préliminaire sur les fouilles de l'observatoire de Marāqe*, in: *Le monde iranien et l'islam. Sociétés et cultures*, Bd. 3, Paris: Société d'histoire de l'Orient 1975, S. 119-124 und 5 Tafeln; ders., *La découverte archéologique du complexe scientifique de l'observatoire de Marāqe*, in: *International Symposium on the Observatories in Islam 19-23 September, 1977*, ed. M. Dizer, Istanbul 1980, S. 143-163.



Hügel der Sternwarte von der Ebene gesehen.



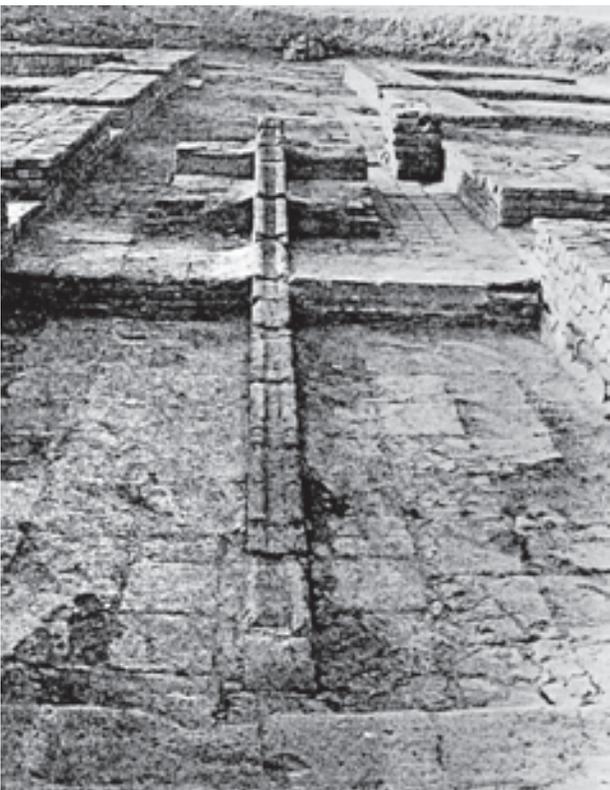
Grundriß des Gesamtkomplexes der Sternwarte, genordet.



Grundriß des zentralen Turmes mit dem Sextanten.



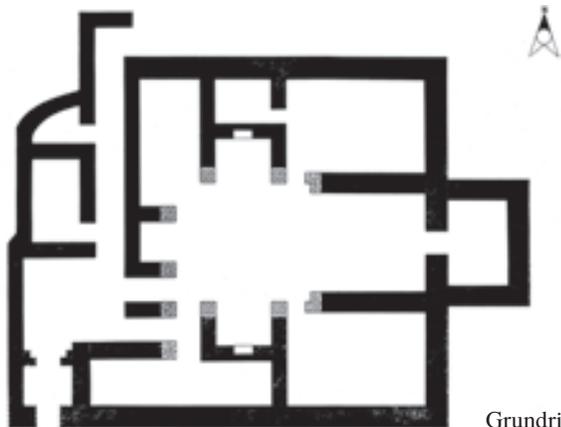
Die Fundamente eines der fünf kleineren Türme, die wahrscheinlich für Beobachtungen mit speziellen großen Instrumenten vorgesehen waren.



Die Überreste des Sextanten in der Mitte des Turms, Richtung Norden.



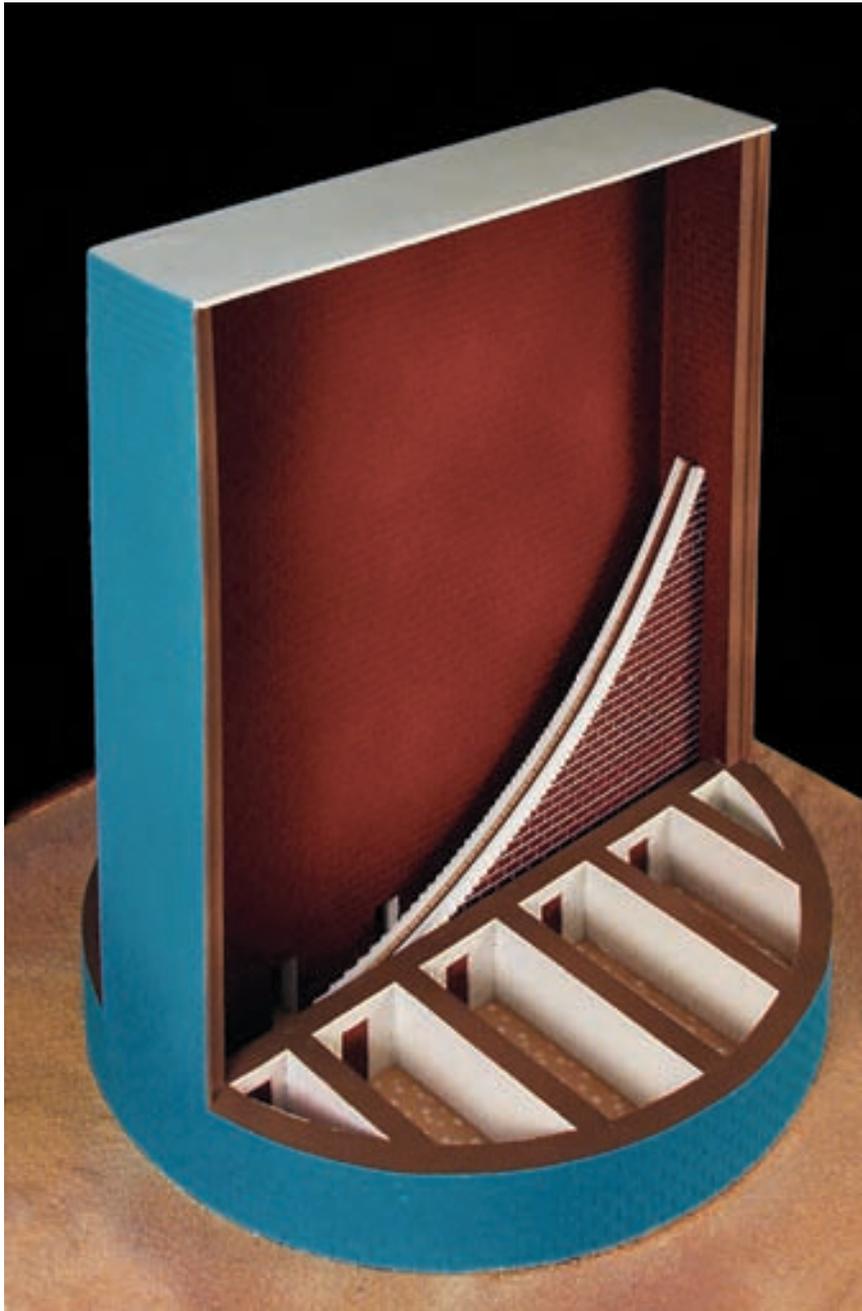
Reste des Sextanten, Richtung Süden.



Grundriß der vermutlichen Bibliothek.



Grundmauern des vermutlichen Bibliotheksgebäudes.



Unser Modell:  
 Holz, kaschiert.  
 Durchmesser: 50 cm.  
 Maßstab 1:56.  
 Grundplatte 80 × 80 cm.  
 (Inventar-Nr. A 5.05)



Rekonstruktion des  
**großen Sextanten**  
 im zentralen Turm des Observatoriums  
 von Marāğa

nach Überresten des Originalgebäudes:  
 Durchmesser des Turms: 28 m,  
 Radius: ca. 10-12 m.

Weitere Astronomen, die an der Sternwarte wirkten, waren neben Naširaddīn aṭ-Ṭūsī Muḥyiddīn b. Abi š-Šukr al-Mağribī, Mu'ayyadaddīn al-ʿUrḍī, Aṭīraddīn al-Abharī, Nağmaddīn Dabīrān und Faḥraddīn al-Ḥilāṭī.<sup>4</sup>

Zu den astronomischen Leistungen dieser Schule gehörte ein neues astronomisches Tafelwerk unter dem Titel *Ziğ-i İlḥānī*, in dem nicht nur zeitgemäße Beobachtungsergebnisse registriert, sondern auch korrigierte Längen- und Breitengrade von Orten um Marāğa verzeichnet wurden. Aus der Sicht der Geschichte der mathematischen Geographie ist es von größter Bedeutung, daß es an dieser Sternwarte, offenbar als Folge der engen Zusammenarbeit der beiden großen Astronomen, Naširaddīn aṭ-Ṭūsī aus dem Osten der islamischen Welt und Muḥyiddīn b. Abi š-Šukr al-Mağribī aus dem Westen, zu einer Integration der östlichen, von einem durch Bagdad gehenden Nullmeridian aus gezählten Längengrade, und der westlichen Längengrade kam, die nach einem um  $28^{\circ}30'$  westwärts von Toledo verlegten Nullmeridian gezählt wurden.<sup>5</sup>

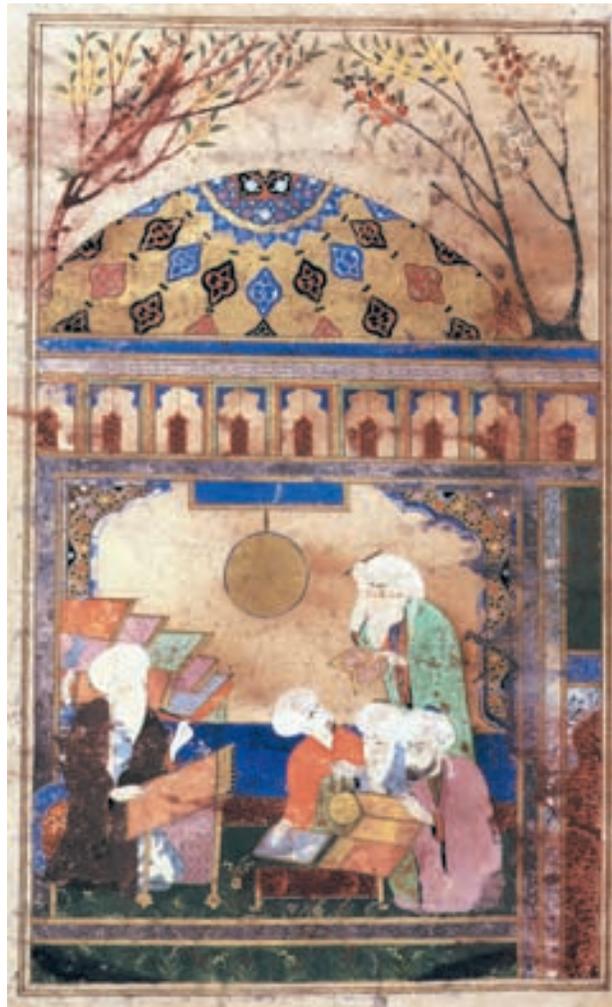
Eine nachhaltige Wirkung auf die spätere Entwicklung der Astronomie ging von den Instrumenten aus, die für die Sternwarte von Marāğa gebaut wurden. Es war eine besonders günstige Fügung, daß hierzu Mu'ayyadaddīn al-ʿUrḍī gewonnen werden konnte, der sich schon in Damaskus durch wichtige Leistungen im Bereich des Baus astronomischer Geräte einen Namen gemacht hatte.

Die Instrumente der Sternwarte von Marāğa sind leider restlos verloren gegangen, mit Ausnahme des Himmelsglobus, den Muḥammad, der Sohn von Mu'ayyadaddīn al-ʿUrḍī, gebaut hat. Zum Glück ermöglicht uns eine von Mu'ayyadaddīn selbst verfaßte und in mehreren Exemplaren erhaltene ausführliche Beschreibung, eine genaue Vorstellung von jenen Instrumenten zu gewinnen und sie dadurch auch nachbauen zu können.

Mu'ayyadaddīn al-ʿUrḍī beschreibt zehn Instrumente, von denen er drei ausdrücklich als eigene

<sup>4</sup> Mit Ausnahme von Mu'ayyadaddīn al-ʿUrḍī werden die Namen von Ruknaddīn b. Šarafaddīn al-Āmulī im *Ziğ-i ġāmiʿ-i Saʿīdī* angegeben, s. A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O., S. 212.

<sup>5</sup> F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 10, S. 177 ff.



Die Arbeitsgruppe Naširaddīn aṭ-Ṭūsī (gest. 672/1274) in einer Miniatur aus dem *Tansūqnāma-i İlḥānī*, Hds. British Library, Or. 3222, fol. 105a.

Erfindung bezeichnet. Es sind dies das «Instrument mit den beiden Quadranten» (No. VI), das «Instrument mit den beiden Schenkeln» (No. VII) und das «vollkommene Instrument» (No. X). Es sollte uns nicht wundern, daß sich einige dieser Instrumente als Vorbilder derjenigen erweisen, die Tycho Brahe dreihundert Jahre später für seine Sternwarte auf der Insel Hven gebaut hat.

Daß die Kenntnis davon Europa ziemlich früh erreicht haben muß, dürfte als sicher gelten (s. u. S. 35). Es ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung, daß das Original des Himmelsglobus aus der Sternwarte von Marāğa schon vor 1562 nach Europa gelangte und seit jener Zeit in Dresden aufbewahrt wird.

## 2.

## Die Sternwarte von Istanbul

(984-88/1576-80):

Etwa dreihundert Jahre nach der Gründung der Sternwarte von Marāḡa, zu einer Zeit, als in Europa die astronomische Wissenschaft nach einer fünfhundertjährigen Phase der Rezeption und Assimilation die Stufe der Kreativität erreichte, kam man in İstanbul um 983/1575 oder 1576 zur Entscheidung, eine Sternwarte zu errichten, deren Bau allem Anschein nach vor dem Jahre 988/1580 vollendet wurde. Die Idee, eine Sternwarte zu errichten, hatte der von Kairo nach İstanbul übergesiedelte Gelehrte Taqīyaddīn Muḡammad b. Maʿrūf ar-Raṣṣād dem osmanischen Sultan Murād III. nahegelegt. Dieser auch auf vielen anderen Gebieten der Wissenschaften bewanderte Astronom hatte vor, mit Hilfe neuer Beobachtungen die Daten der veralteten astronomischen Tabellen zu aktualisieren und erwartete sich von den in großen Dimensionen gebauten neuen Instrumenten bessere Beobachtungsergebnisse. Dieses hochgesteckte Ziel bezeichnete er als *ar-raṣad al-ḡadīd* («neue astronomische Beobachtung»). Er hat es, in einer Periode, die sich als Beginn der Stagnation der arabisch-islamischen Wissenschaften erweisen sollte, durch Neid oder Ignoranz von Gegnern leider nicht verwirklichen können. Man hat diesen großen Versuch irrtümlich oder absichtlich als Vorhaben zur Ermittlung astrologischer Horoskope mißverstanden. So kam es dazu, daß der Sultan die Zerstörung der Sternwarte befahl, an der die Arbeit gerade erst begonnen hatte. Ihr Gründer Taqīyaddīn hat die Katastrophe um etwa fünf Jahre überlebt. Er starb im Jahre 993/1585.

Angaben osmanischer Historiker und zeitgenössischer Reisender, die nicht ganz miteinander übereinstimmen, erlauben die Vermutung, daß der Standort der von Taqīyaddīn gegründeten Sternwarte am oder nahe beim heute Taksim genannten Platz gelegen haben wird. Bewandtnis und Bedeutung der heute verschwundenen Instrumente können wir dank einer erhaltenen, von einem Türken nach Taqīyaddīn's Diktat niedergeschriebenen Beschreibung<sup>1</sup> beurteilen; sie ermöglichte unsere Rekonstruktion der Instrumente.

Taqīyaddīn beschreibt uns acht astronomische Instrumente, eine astronomische Uhr und einen speziellen Zirkel zum Zeichnen von Kreisen mit großen Radien. Die ersten sechs Instrumente waren ursprünglich entweder griechischen oder arabischen Vorgängern bekannt und haben dann, besonders in der Sternwarte von Marāḡa, eine gewisse Weiterentwicklung durchgemacht. Sie erscheinen in der Beschreibung von Taqīyaddīn generell in großen Dimensionen und nicht ohne zusätzliche Eigenschaften. Als eigene Erfindungen scheinen die Instrumente No. VII und VIII, das «Instrument mit den Sehnen» (*ālat dāt al-autār*) und ein Instrument zum Messen von Distanzen zwischen Gestirnen (*āla muṣabbaha bi-l-manāṭiq*) angeführt zu werden. Mindestens No. VIII und No. V, ein hölzerner Quadrant, dürften Tycho Brahe bekannt gewesen sein (s. unten).

Die Wahrscheinlichkeit ist groß, daß die Nachricht von der Gründung der Istanbuler Sternwarte, von ihrer Zerstörung und auch von der Art ihrer Instrumente ziemlich rasch zu Astronomen in Europa gelangte. Wir wissen beispielsweise, daß Stephan Gerlach, der Seelsorger des kaiserlichen Gesandten in Istanbul, in seinem *Türckischen Tagebuch* unter dem 13. November 1577 recht ausführlich über die Gründung der Sternwarte berichtet hat. Wir erfahren ferner, daß Gerlach bereits am 29.9.1577 hierüber mit einigen Varianten an M. Crusius geschrieben hatte, der dem Bericht dann in seiner *Turcograecia* (Basel 1584, S. 501) weitere Verbreitung verschaffte.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sie trägt den Titel *Ālāt raṣadiya li-zīḡ aṣ-ṣahinṣāhiya*, hsg. nach der Hdsch. İstanbul, Saray Hazine 452, mit modern-türk. und engl. Übers. von Sevim Tekeli in: *Araştırma. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Araştırmaları Enstitüsü Dergisi* (Ankara) 1/1963/71-122.

<sup>2</sup> s. J.H. Mordtmann, *Das Observatorium des Taqī ed-dīn zu Pera*, in: *Der Islam* (Berlin, Leipzig) 13/1923/82-96, bes. 86 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 88, Frankfurt 1998, S. 281-295, bes. S. 286).



Die Arbeitsgruppe Taqiyaddin nach der Handschrift des *Šamā'ihnāma*,  
İstanbul, Universitäts-Bibliothek, T.Y. 1404, fol. 57a.

Ausführlicher als Gerlach berichtete sein Nachfolger Salomon Schweigger über die Sternwarte, der sich vom 1. Januar 1578 bis zum 3. März 1581 in Istanbul aufhielt.<sup>3</sup> Leider bezeichnet Schweigger Taqiyaddin als einen «Gauckler» und «heilosen

<sup>3</sup> J.H. Mordtmann, a.a.O. S. 86 (Nachdruck S. 285).

Tropff», der – so fabuliert er – «vor etlich Jaren zu Rom gefangen gelegen, bey einem Mathematico, dessen Diener er gewesen, ... seine Kunst gesogen, vnd zu einem solchen Himmelßkünstler vnd Gestirngauckler worden» sei. Er habe sich die arabische Übersetzung der Schriften von Ptolemaios, Euklid, Proklos und «anderer berühmter Astronomorum» heimlich von einem Juden erklären lassen. Schweigger erwähnt mehrere Instrumente der Istanbuler Sternwarte, darunter einen Erd- und einen Himmelsglobus. Taqiyaddin habe für den Bau der Geräte etwa sieben Jahre gebraucht.<sup>4</sup>

Es würde zu weit führen, zu erklären zu versuchen, wie realitätsfern Schweiggers Behauptung ist, Taqiyaddin habe als Gefangener in Rom Mathematik gelernt und sich die arabischen Übersetzungen der griechischen Werke von einem Juden erklären lassen (ein Aufenthalt Taqiyaddin's in Europa, wann und wo auch immer er stattgefunden haben soll, ist jedenfalls frei erfunden). Ich möchte lediglich darauf hinweisen, daß das Studium seiner erhaltenen Werke zeigt, daß wir es bei ihm mit einem erfinderischen Geist und einem großen Astronomen zu tun haben, der die Leistungen seiner Vor-

gänger ziemlich gut kannte und sie einen weiteren Schritt voranbringen wollte.

<sup>4</sup> *Ein neue Reysbeschreibung auß Teutschland Nach Constantinopel und Jerusalem*, Nürnberg 1608 (Nachdruck in: *The Islamic World in Foreign Travel Accounts*, Bd. 28, Frankfurt 1995), S. 90-91.

## 3.

### Die Sternwarte von Uranienburg auf der Insel Hven:

Unter dem Schutz des dänischen Königs Friedrich II. begann Tycho Brahe (1546-1602) mit der Gründung einer Sternwarte auf der Insel Hven (heute schwedisch Ven), begünstigt von einer Empfehlung des Landgrafen von Hessen, der die erste Sternwarte Mitteleuropas in Kassel hatte einrichten lassen. Tycho Brahe hatte sich schon während seines Studiums in verschiedenen europäischen Städten durch seine ausgezeichneten Fähigkeiten zur Herstellung astronomischer Geräte einen Namen gemacht. Der Grundstein der Sternwarte wurde im August 1576 gelegt. Die Zahl der Instrumente, die Tycho Brahe zwischen 1577 und 1597 hat herstellen lassen, beträgt etwa achtzehn. Die meisten davon waren allerdings Nachbauten bereits bekannter Instrumente mit unerheblichen Varianten oder Verbesserungen. Unter diesem Aspekt kann die Zahl auf neun oder zehn reduziert werden. In diesem Zusammenhang zitiere ich Johann Repsold<sup>1</sup>: «Man hat den Eindruck, daß Instrumente gebaut wurden, nur um Arbeit zu schaffen, ähnlich wie, nach Weistriz, Tycho Gedichte, die er guten Freunden widmete, drucken ließ, um seine Papiermühle zu beschäftigen. Diese wenig ökonomische Art zu wirtschaften wird dazu beigetragen haben, daß Tycho in Ungnade fiel; und nach einigen Jahrzehnten war leider die ganze Herrlichkeit Hveens vergangen.»

Bei der Bewertung der Leistungen von Tycho Brahe wird besonders auf die Bedeutung von vier seiner Instrumente hingewiesen: seine beiden drehbaren Azimutal-Quadranten, sein Mauerquadrant, sein astronomischer Sextant zur Abstandsmessung und seine Äquatorial-Armillarsphäre. Bei ihrer Bewertung geht man davon aus, wieweit sie bereits in der griechischen Astronomie bekannt waren, wobei man mögliche Vorgänger im arabisch-islamischen Kulturkreis außer acht läßt.

Dazu sei hier gesagt: Die beiden drehbaren Azimutal-Quadranten hatten ihre Vorgänger unter den Instrumenten der Sternwarten von Marāġa und Istanbul. Der Mauerquadrant war schon im 4./10. Jahrhundert im arabisch-islamischen Kulturkreis bekannt, wie wir von al-Battānī erfahren. Er erscheint ferner unter den groß dimensionierten Instrumenten der Sternwarten von Marāġa und Istanbul.

Der astronomische Sextant zur Abstandsmessung verrät große Ähnlichkeit mit der *āla mušabbaha bi-l-manātiq* der Istanbuler Sternwarte. Abgesehen von der Ähnlichkeit in Konstruktion und Funktion fällt besonders die Gemeinsamkeit in der Benutzung zweier Holzstäbe auf, die dazu dienten, den drehbaren Sextanten in der richtigen Stellung gegen den Boden abzustützen. Es ist aufschlußreich, daß Tycho die beiden Holzstäbe bei weiteren Versionen des Gerätes fortgelassen hat. Die Wahrscheinlichkeit ist groß, daß die Kenntnis nicht nur dieses Instrumentes der Istanbuler Sternwarte Tycho Brahe in kurzer Zeit erreicht hat. Die Verwendung des Sextanten zu astronomischer Beobachtung kennen wir im arabisch-islamischen Kulturkreis seit dem 4./10. Jahrhundert, als sich der Astronom al-Ḥuġandī des Faḥritischen Sextanten zu genauer Bestimmung der Ekliptikschiefe bediente (s.o.S. 25). Ein Sextant gehörte auch zu den astronomischen Instrumenten, die Ġiyāṭaddīn Ğamšīd al-Kāšī (gest. 840/1436) in seinem Traktat zur Beschreibung von Beobachtungsinstrumenten angeführt hat (s.u.S. 71).

Tycho Brahes große Äquatorial-Armillarsphäre, die er in seinem Buch<sup>2</sup> *armillæ æquatoriæ maximæ* nennt, ist eigentlich «eine durchaus eigenartige Vereinfachung des Armillars-Instrumentes. Es sind nur der Declinationskreis und ein halber Stundenkreis übrig geblieben»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis nach Reichenbach 1450-1830, Leipzig 1908, S. 29.

<sup>2</sup> Tycho Brahe's Description of his Instruments and Scientific Work as given in *Astronomiæ instauratæ mechanica* (Wandenburgi 1598). Translated and Edited by Hans Roeder, Elis Strömgren and Bengt Strömgren, Kopenhagen 1946, S. 64-67.

<sup>3</sup> J.A. Repsold, *Astronomische Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 27.

Das Ergebnis des Vergleichs der von Tycho Brahe zwischen 1577 und 1597 für die Sternwarte von Hven gebauten Instrumente mit denen der beiden Sternwarten von Marāğa (1260-1270) und Istanbul (1576-1580) sei hier zusammengefaßt:

Im Grunde genommen sind die Instrumente von Hven weitere Darstellungen der Vorbilder, die wir von den beiden Sternwarten von Marāğa und Istanbul kennen. Das Streben nach großen Ausmaßen, um eine größere Meßgenauigkeit zu gewinnen, ist charakteristisch für die Instrumente aller

drei Sternwarten. Beim Vergleich fällt besonders ein Unterschied auf, nämlich die übertriebenen Verzierungen und Schnitzereien, die die Geräte von Tycho Brahe im Gegensatz zu der Einfachheit seiner Vorbilder aus Marāğa und Istanbul erkennen lassen<sup>4</sup> und die der Benutzung sicher nicht förderlich waren.

Die Zeit mit Hilfe einer tragbaren Uhr als eigenes Element in die Beobachtungen einzubeziehen haben Tycho Brahe und Taqīyaddīn gemeinsam.



<sup>4</sup> s. noch Sevim Tekeli, *Nasirüddin, Takiyüddin ve Tycho Brahe'nin rasat aletlerinin mukayesesi*, in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 16/1958/301-393.

## DIE INSTRUMENTE DER STERNWARTE VON MARĀĠA

### I. Mauerquadrant

Als erstes der oben erwähnten astronomischen Instrumente, die um 1260 für die Sternwarte von Marāġa gebaut wurden, beschreibt Mu'ayyadaddīn al-'Urđi in seiner *Risāla fī Kaiḫiyat al-arṣād wa-mā yuḥtāġu ilā 'ilmihī* (Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329) einen an der Wand befestigten Quadranten (*labina* oder *rub'*). Im Mittelpunkt des den Quadranten bestimmenden Kreises wird eine Alhidade angebracht, deren Länge dem Radius dieses Kreises entspricht. Die Länge des ursprünglichen Halbmessers des aus Teakholz gebauten Quadranten betrug ca. 2,5 m. Der Mauerquadrant diente zur Bestimmung der Sonnenhöhe, der Schiefe der Ekliptik und der Breite des Beobachtungsortes.

Abb. aus al-'Urđi's Instrumentenbuch,  
Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.

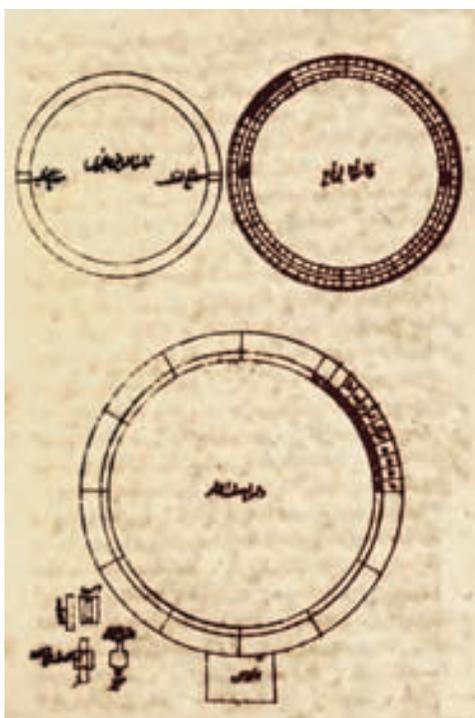


H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāġha*, Sitzungsberichte der Physik.-med. Sozietät zu Erlangen, 60/1928/15-126, hier 28-33 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 51, S. 81-192, hier S. 94-99); Sevim Tekeli, *Al-Urdī nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adlı Makalesi*, in: *Araştırma* (Ankara) 8/1970/1-169, hier S. 103-108.

Unser Modell:  
Holz, kaschiert,  
Marmorsockel.  
Höhe: 35 cm.  
Quadrant aus Messing, geätzt,  
in Teakholzrahmen;  
drehbare Alhidade.  
Inventar-Nr. A 4.27



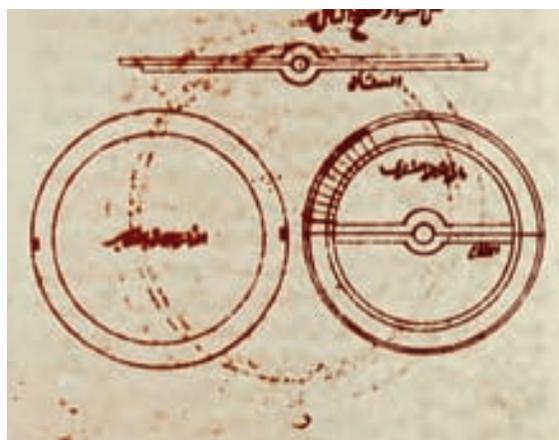
Abb. aus al-‘Urđi’s  
Instrumentenbuch,  
Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.



Unser Modell:  
Messing, graviert.  
Durchmesser 50 cm.  
Maßstab ca. 1:7.  
(Inventar-Nr. A 4.18)

## II. Armillarsphäre

Die Armillarsphäre (*dāt al-ḥalaq*) wird von Mu’ayyadaddīn al-‘Urđi in seinem Buch über die astronomischen Instrumente der Sternwarte von Marāġa an zweiter Stelle angeführt. Sie diente im allgemeinen zur Bestimmung von Sternkoordinaten, war aber auch zur Lösung anderer astronomischer Aufgaben zu verwenden. Die allgemeine Form der Armillarsphäre vereinigt in sich die drei Bezugssysteme Horizont (Höhe und Azimute), Äquator (Rektaszension und Deklination) und Ekliptik (astronomische Breite und Länge). Das von Mu’ayyadaddīn al-‘Urđi beschriebene Modell



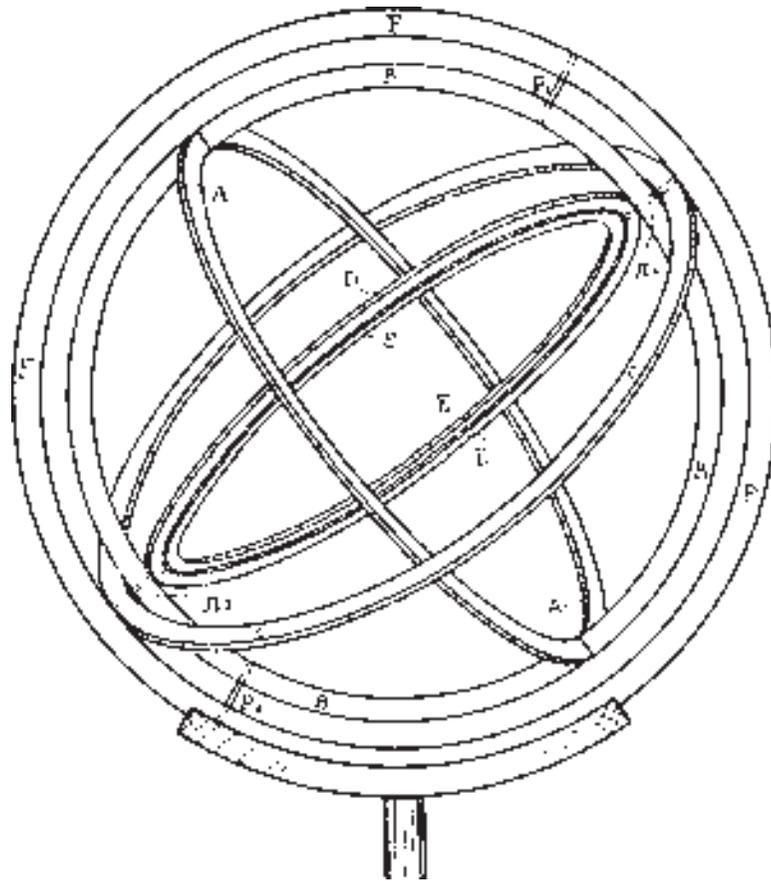


Abb. von H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marâgha*, a.a.O. S. 33-53, bes. S. 35 (Nachdruck, a.a.O. S. 99-119, bes. S. 101); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Urdî nin Risalet ...*, a.a.O. S. 108-124.

bestand aus fünf Ringen. Die Erhöhung der Anzahl der Ringe, wie etwa sechs bei Ptolemäus oder neun bei Theon, hielt er für unnötig. Sein Instrument war als Ekliptikarmille zur Beobachtung im Ekliptiksystem konstruiert.

Der äußerste und gleichzeitig größte Ring F (s. nebenstehende Abb.) vertritt den Meridiankreis. Diesem folgt der große Breitenring B, der durch eine Einteilung in 4 mal  $90^\circ = 360^\circ$  gekennzeichnet ist und mit Hilfe der Stifte 1 und 2 nach unten und nach oben bewegt werden kann. Die Ringe C und D sind miteinander unter  $90^\circ$  verbunden. Ring A

vertritt den Ekliptikkreis, während Ring B, *al-ḥalqa al-ḥāmila* («der tragende Kreis») genannt, dem Kolurring entspricht. Der Ekliptikring wird in zwölf Tierkreiszeichen zu jeweils  $30^\circ$  unterteilt und kann mittels des «tragenden» Ringes um die beiden Achsstifte bewegt werden. D ist der kleinere Breitenring. Auch dieser ist, wie Ring B, an der Ekliptik beginnend in 4 mal  $90^\circ$  geteilt. «Auf dieser Teilung gleiten die Zeiger an den Enden der Alhidade, die im Innern des Ringes D in dessen Ebene drehbar angebracht ist.»

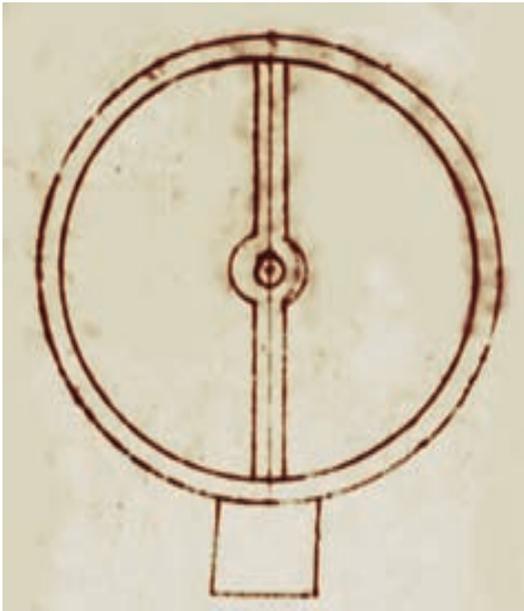


Abb. aus al-ʿUrđī’s Instrumentenbuch,  
Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.

Messing, graviert.

Fuß aus Hartholz.

Durchmesser: 45 cm. Maßstab etwa 1:6.

Verstellbarer Zeiger aus Messing mit Absehe.

(Inventar-Nr. A 4.17)



### III. Solsticialarmille

Dieses Instrument, das von Muʿaiyadaddīn al-ʿUrđī auf Ptolemaios zurückgeführt wird, diente zur Bestimmung der Neigung der Ekliptik (*āla li-maʿrifat mail falak al-burūġ*). «Ein Ring von 2,5 m innerem Durchmesser ist, auf einer Säule befestigt, in der Meridianebene aufgestellt. Zu seiner Versteifung befindet sich in seinem Innern eine vertikal stehende Stange, in deren Mitte drehbar eine Alhidade angebracht ist, deren beide Enden auf einer Teilung gleiten, die auf der einen ebenen Fläche des Ringes eingetragene ist, und an der die Kulminationshöhe der Sonne abgelesen wird. In der ursprünglichen, von Ptolemäus stammenden Form war an Stelle der Alhidade ein mit Absehen versehener Ring im Innern des Meridianringes angebracht.» Mit diesem Instrument konnte man, wie Muʿaiyadaddīn sagt, die Polhöhe durch Beobach-

tung der oberen und unteren Kulminationsposition der Zirkumpolarsterne ermitteln. Diese Art der Polhöhenbestimmung mit einem speziellen Instrument, das in Europa unter dem Namen Jakobsstab bekannt wurde, war das Grundverfahren der Nautik im Indischen Ozean.

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāġha*, a.a.O. S. 53 (Nachdruck, a.a.O. S. 119); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Urdī nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adlı Makalesi*, a.a.O. S. 124-127.



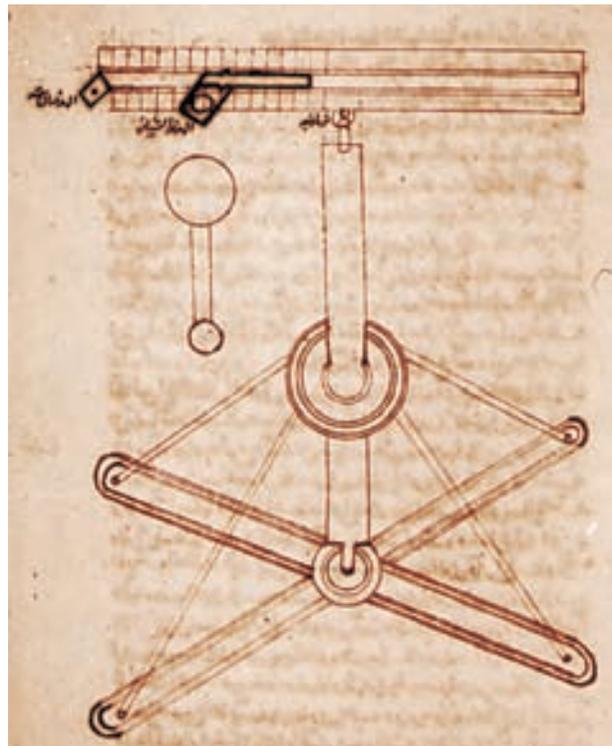
Messing, geätzt,  
mit radial beweglicher Alhidade,  
Durchmesser: 43 cm.  
Säule aus Holz, Sandstein Kaschierung,  
Sockel aus Marmor,  
Gesamthöhe: 165 cm.  
(Inventar-Nr. A 4.28)

## IV. Äquinoktialarmille

Dieses schon von Ptolemaios erwähnte Instrument diente zur Bestimmung des Eintritts der Sonne in die Äquinoktien. Die von Mu'ayyadaddīn al-'Urḏī in der ihm bekannten Entwicklungsform dargestellte Version (*ḥalqat al-istiwā'*) bestand aus einem vertikalen Meridianring mit Skala und einem im rechten Winkel daran befestigten Ring, Äquaterring genannt. Letzterer wird nach der Ebene des Äquators ausgerichtet. Das Instrument wird nach der ermittelten Breite des Beobachtungsortes aufgestellt, die dem Betrag des Abstandes des Äquators vom Zenit des Beobachters entspricht.

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marâgha*, a.a.O. S. 57-61 (Nachdruck, a.a.O. S. 123-127); S. Tekeli, *Al-Urdī'nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adli Makalesi*, a.a.O. S. 127-129.

Abb. aus al-'Urđi's Instru-  
mentenbuch, Hds. İstanbul,  
Ahmet III, 3329.



## V.

### Das Instrument mit der beweglichen Absehe

Das fünfte Instrument, das Mu'ayyadaddīn in seinem Traktat beschreibt, das «Instrument mit den beiden Löchern» (*al-āla dāt at-tuqbatain*), diente zur Bestimmung der scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond und deren Beobachtung. «Dazu sind dem Instrument zwei Scheiben beigegeben, die mit Öffnungen entsprechend den scheinbaren Durchmessern von Sonne bzw. Mond versehen sind. Durch Vorhalten der Scheiben vor die bewegliche Absehe wird der unverfinsterte Teil der Sonnen- bzw. Mondscheibe abgeblendet und dabei die Größe des verfinsterten Teils gemessen»

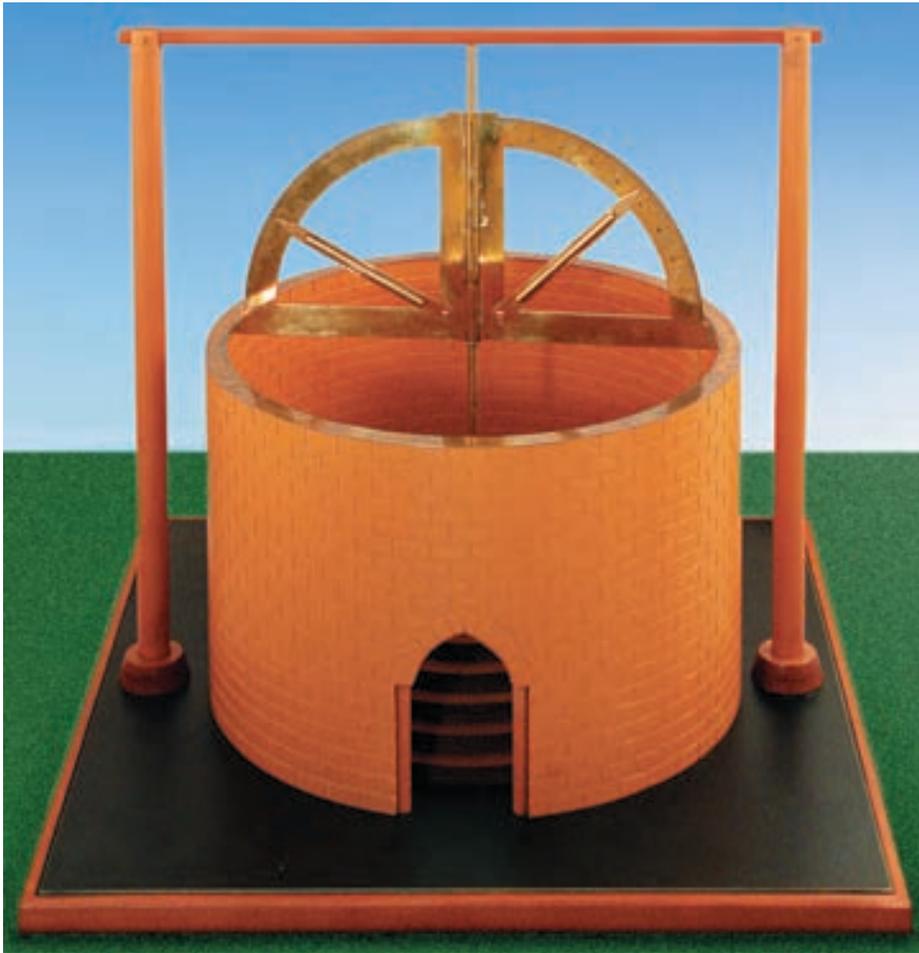
Die Meßvorrichtung des Originals mit ihren beweglichen Absehen hatte eine Länge von ca. 230 cm.

Unser Modell:

Nußbaum,  
Tisch-Durchmesser: 65 cm,  
Beobachtungsschiene 110 cm,  
horizontal drehbar, vertikal um die  
Mittelachse justierbar.  
Millimeter-Skala graviert.  
Visiere aus Kupfer.  
(Inventar-Nr. A. 4.16)



H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*,  
a.a.O. S. 63, (Nachdruck. a.a.O. S. 129); zum arabischen  
Text s. S. Tekeli, *Al-Urdī nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Er-  
sad» Adlı Makalesi*, a.a.O. S. 129-135.



Unser Modell:  
 Maßstab ca. 1:10.  
 Durchmesser 50 cm.  
 Zwei um eine Achse  
 drehbare Quadranten  
 aus Messing.  
 Mit Gradteilung und  
 beweglichen Zeigern  
 mit Absehe.  
 (Inventar-Nr. A. 4.15)

## VI.

### Das Instrument mit den beiden Quadranten

Das «Instrument mit den beiden Quadranten» (*al-āla dāt ar-rub'ain*) gehörte zu den charakteristischen Instrumenten der Sternwarte von Marāğa. Es wurde ausführlich beschrieben von Mu'ayyad-addīn al-'Urđī, der betont, daß es zu denjenigen Instrumenten gehört, die er selbst entwickelt hat. Das Instrument diente der Ermittlung der Höhen und Azimute von Sternen. Sein besonderer Vorteil bestand darin, daß zwei Beobachter gleichzeitig ihre Beobachtungen durchführen konnten. Eine erste Rekonstruktion des Gerätes stammte von Hugo Seemann.

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāğa*, a.a.O. S. 72-81 (Nachdruck, a.a.O. S. 138-147); zum arabischen Text s. S. Tekeli, a.a.O. S. 135-145.

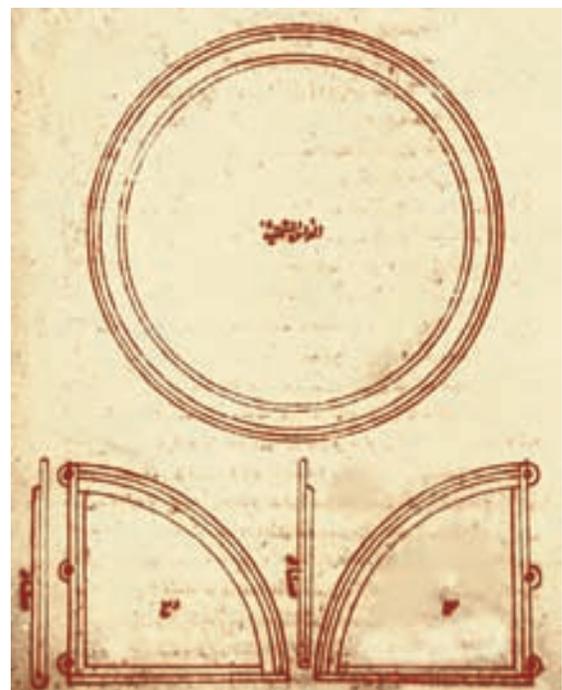


Abb. aus al-'Urđī's Instrumentenbuch, Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.



Unser Modell:  
Holz, kaschiert; Marmorsockel.  
Quadrant aus Messing, geätzt;  
Radius: 40 cm.  
Lineale aus Teakholz vertikal  
beweglich zwischen  
zwei Pfeilern, Höhe: 64 cm.  
Metrische Messingskala  
auf dem Sehnenlineal.  
(Inventar-Nr. A 4.26)

## VII.

### Das Instrument mit den beiden Schenkeln

Das «Instrument mit den beiden Schenkeln» (*al-āla dāt aš-šuʿbatain*) gehört zu den Geräten, die Muʿayyadaddīn al-ʿUrđī selbst entwickelt hat. Es diente zur Ermittlung der Kulminationshöhen und war mit einem Mauerquadranten (s.o. No. I) verbunden. Das nach dem Meridian ausgerichtete Instrument hatte eine Höhe von ca. 3 Metern. Ein vertikales Lineal bewegt sich mit einer ihm verbunde-

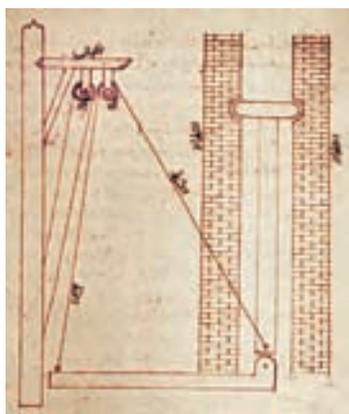


Abb. aus al-ʿUrđī's Instrumentenbuch, Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.

nen Querlatte. Das Lineal trägt eine Absehe, die Querlatte eine Skala mit einer Teilung, die der Ermittlung der Winkelgröße des Gestirnes dient, welches durch die Absehe auf dem Lineal anvisiert wird. In Relation der konstanten Höhe des Instrumentes zu der auf dem Querstück abgelesenen Länge wird mit Hilfe einer speziellen Tabelle die Winkelgröße ermittelt.

Die Winkelgröße der zu messenden Kulminationshöhe ermittelt man mittels des Mauerquadranten. An der Mauer, die diesen trägt, sind außerdem zwei Spulen befestigt, über welche zwei Leinen laufen, die zum Heben und Senken der beiden Lineale dienen.

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*, a.a.O. S. 81-87 (Nachdruck, a.a.O. S. 147-153); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Urdī'nin Risalet*, a.a.O. S. 145-149.

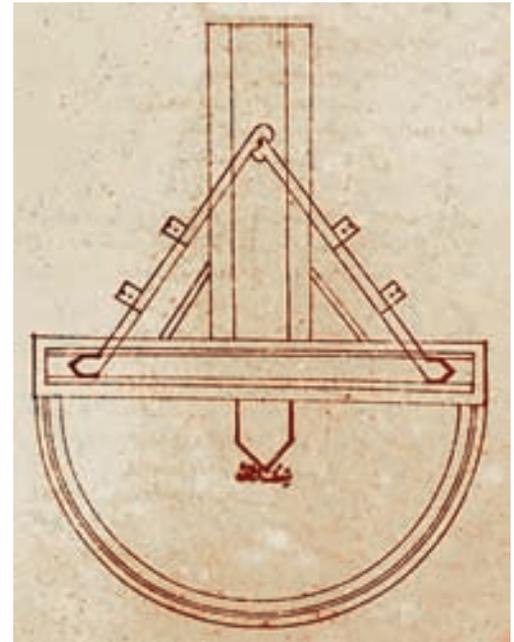


Abb. aus al-'Urđi's Instrumentenbuch, Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.

Unser Modell:  
 Maßstab ca. 1:10.  
 Durchmesser 50 cm.  
 Aufsatz aus gebeiztem Hartholz,  
 drehbar um eine Metallachse mit  
 beidseitig verstellbaren Schenkeln.  
 Messingskala.  
 (Inventar-Nr. A 4.07)

## VIII.

### Instrument zur Bestimmung von Höhen und Azimuten

Unter den für die Sternwarte von Marāğa hergestellten Instrumenten führt Mu'aiyadaddīn al-'Urđi auch ein «Gerät mit Sinus und Azimut» (*al-āla dāt al-ğaib wa-s-samt*) an. Ob er selbst dieses Instrument erfunden hat, wird nicht deutlich gesagt. Es wurde in Europa von Tycho Brahe unter dem Namen *Parallaticum aliud sive regulæ tam altitudines quam azimutha expedientes* hergestellt und beschrieben (s.u.S. 62).

Der Beobachtungsraum besteht aus einer ringförmigen Mauer, auf der eine kreisförmige Skala mit einer Teilung von Grad zu Grad und weiteren Unterteilungen angebracht ist.

«Die eigentliche Meßvorrichtung besteht aus zwei Linealen, den sogenannten Meßlinealen, die wie die Schenkel eines Zirkels scharnierartig miteinander verbunden sind. Der Scheitel dieses Zirkels läßt sich in einer Führung vertikal auf- und abwärts bewegen. Dabei bewegen sich die freien Enden des Zirkels, mit denen je ein Schlitten scharnierartig verbunden ist, symmetrisch zueinander in horizontaler Richtung in einer schwalbenschwanz-

förmigen Führungsnut, die in die obere Fläche eines horizontalen Balkens, des sogenannten Durchmessers, eingeschnitten ist.»

«Die vertikale Führung, in der sich der Scheitel des Zirkels auf- und abwärts bewegt, wird durch zwei vertikale, passend der Länge nach ausgeschnittene Leisten gebildet, die zu beiden Seiten der Mitte des Durchmesserbalkens befestigt sind ... Durchmesser und Querbalken bilden ein horizontal liegendes Kreuz. Das Ganze ruht drehbar auf einer in der Mitte der ringförmigen Mauer aufgestellten vertikalen eisernen Achse, die in eine Grundplatte aus Stein drehbar eingelassen ist und von einem Kasten aus Holz umgeben wird. Auf dem oberen Ende der Achse ist die Mitte des erwähnten Kreuzes, auf dem die Meßvorrichtung ruht, befestigt. Um die eiserne Achse läßt sich das Instrument drehen; dabei gleiten die passend als

Zeiger ausgebildeten Enden des Durchmessers auf der Teilung des horizontalen Ringes, der auf der ringförmigen Mauer liegt.»

«Auf den oberen Flächen der beiden Meßlineale sind je zwei Absehen angebracht, durch die man die Gestirne anvisiert und deren  $\sin \beta$  bestimmt. Letzteres geschieht in folgender Weise: Der Durchmesser ist zu beiden Seiten der Führungsnut und auf beiden Seiten von seinem Mittelpunkt aus mit einer passenden Teilung versehen. Die Strecke, die das Ende eines Meßlineals auf dieser Teilung abschneidet, dividiert durch die Länge eines Meßlineals, gibt den Sinus des Komplements des Höhenwinkels ( $a$ ). Gleichzeitig liest man an der Stelle der Teilung des horizontalen Ringes, bei der das entsprechende Ende des Durchmessers liegt, das Azimut ab.»

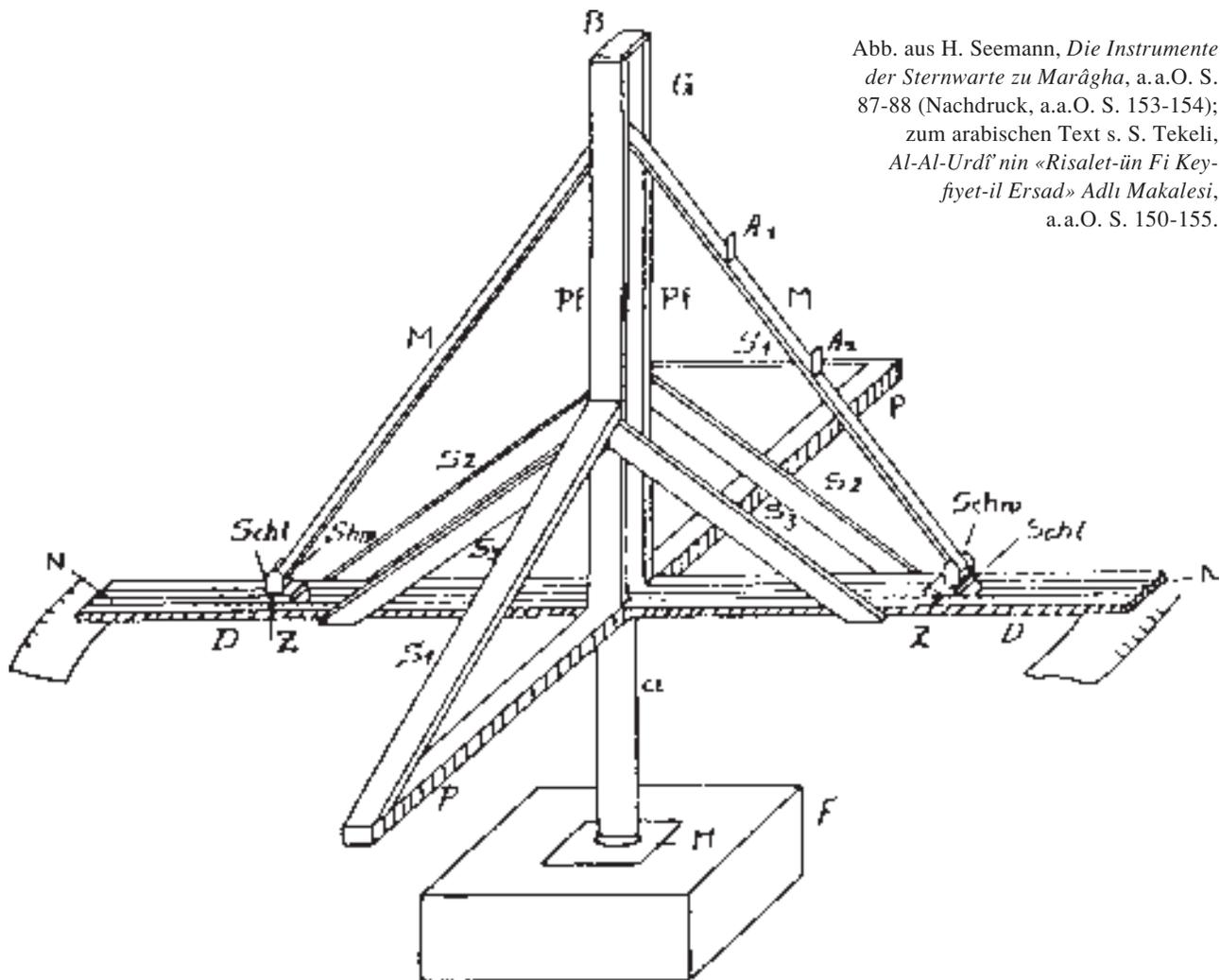


Abb. aus H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*, a.a.O. S. 87-88 (Nachdruck, a.a.O. S. 153-154); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Al-Urdī'nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adlı Makalesi*, a.a.O. S. 150-155.



## IX.

Das Instrument zur Bestimmung des Sinus über eine vertikale Skala

Eine zweite Version des vorangehenden Instrumentes, das Mu'ayyadaddīn al-'Urđī für die Sternwarte von Marāğa gebaut hat, ist das «Instrument für Sinusmessung und mit senkrechter Skala» (*al-āla dāt al-ğuyüb wa-s-sahm*). Bis auf die Meßvorrichtung stimmt es völlig mit dem vorhergehenden überein. Der Zweck der veränderten Meßvor-

Unser Modell: Maßstab ca. 1:10.

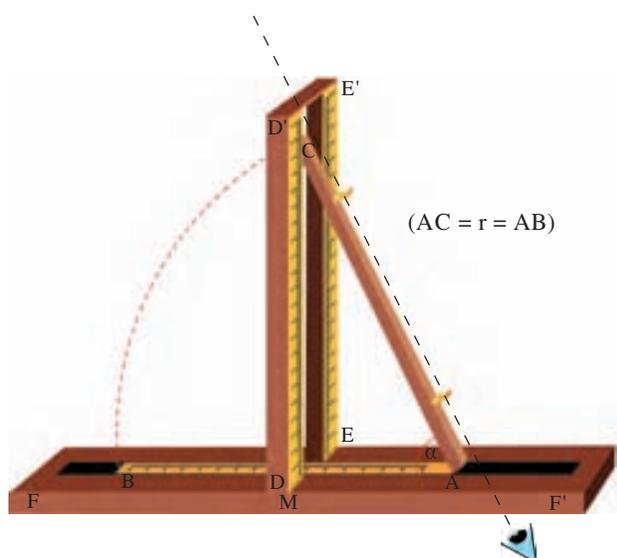
Durchmesser 40 cm. Aufsatz aus gebeiztem Hartholz, drehbar um eine Metallachse mit in Schiene beweglichem Zirkel. Messingskalen.

(Inventar-Nr. A 4.30)

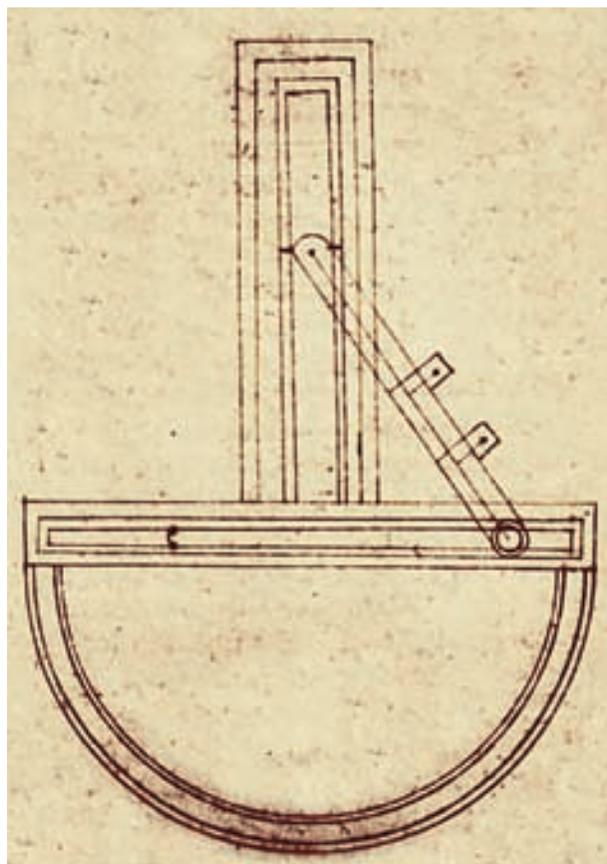
richtung besteht darin, daß hier die Winkelhöhe des anvisierten Gestirns unmittelbar als Sinus ermittelt wird, während das Beobachtungsergebnis bei der früheren Version über das Komplement des Höhenwinkels errechnet werden mußte. Auch dieses Instrument erlaubt durch seine drehbare Lagerung die Ermittlung des Azimuts.

Abb. aus al-'Urđi's  
Instrumentenbuch,  
Hds. İstanbul,  
Ahmet III, 3329.

Schema zur Funktion des Instruments  
nach der Beschreibung von al-'Urđi.



Im Mittelpunkt M des Durchmessers FF' entspringen zwei vertikale Führungsleisten DD' und EE'. Ein Zirkel, dessen Schenkel dem halben Durchmesser entsprechen, wird in eine Schiene auf der Linie FF' und in die Nute zwischen den beiden Führungsleisten so eingeführt, daß die beiden Spitzen B und C mittels eines Scharniers am Scheitel A bewegt werden können. Der Schenkel AC, die Hypotenuse, trägt die beiden Abseher, der Sinus der Höhe wird durch die Relation der ermittelten Strecke an den Führungsleisten, die



ebenfalls eine Skala besitzen, zum Schenkel AC gewonnen. Die Skalen entsprechen je dem halben Durchmesser und sind in 60 Skalenteile und Bruchteile derselben geteilt. Zusätzlich verfügt der zweite Schenkel (AB) noch über seine horizontale Skala zum Messen des Sinus versus der Winkelhöhe des beobachteten Gestirnes:

$$\sin \alpha = MC/AC$$

$$\sin \text{vers } \alpha = AM/AC = 1 - \sin \alpha .$$

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*, a.a.O. S. 92-96 (Nachdruck, a.a.O. S. 158-162); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Urdi'nin «Risalet-ün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adlı Makalesi*, a.a.O. S. 156-158.

## X.

## Das vollkommene Instrument

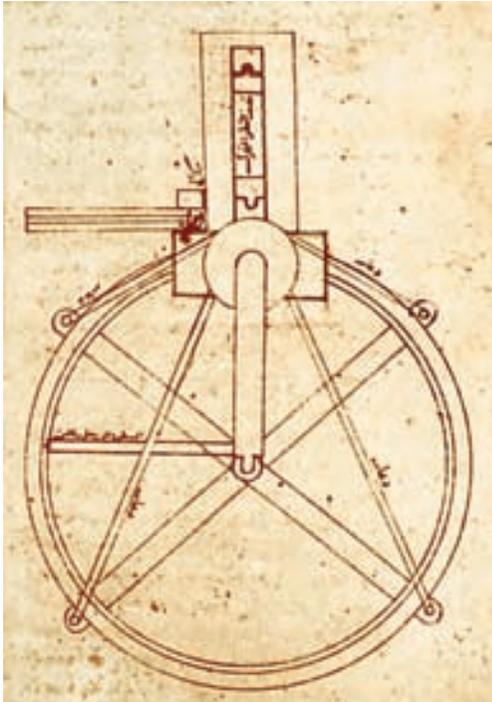


Abb. aus al-'Urđi's Instrumentenbuch, Hds. İstanbul, Ahmet III, 3329.

Das «vollkommene Instrument» (*al-āla al-kāmila*) ist eines der Instrumente, die Mu'ayyadaddīn al-'Urđi als eigene Erfindung bezeichnet. Er sagt, er habe es im Jahre 650/1252 für den Herrscher von Ḥimş (Syrien), al-Malik al-Manşūr<sup>1</sup>, gebaut. «Die eigentliche Meßvorrichtung ruht auf einem Gestell, das demjenigen des unter V. besprochenen Instruments (<mit der beweglichen Absehe>) entspricht, nur ist das als Unterlage dienende Kreuz von einem geteilten Ring umgeben. Durch die durchbohrte Kreisscheibe, die durch Streben gehalten wird, ist ein vertikaler Drehpfeiler geführt, in dessen oberem Ende ein quaderförmiger Aufsatz befestigt ist.»

<sup>1</sup> Wenn der Name al-Malik al-Manşūr stimmt (reg. 637/1239-644/1246), muß bei dem angegebenen Datum ein Fehler vorliegen. Wenn das Datum stimmt, müßte mit dem Herrscher dessen Sohn, al-Malik al-Aşraf Mūsā b. al-Malik al-Manşūr Ibrāhīm b. al-Malik al-Muğāhid Şirkūya (reg. 644/1246-661/1263) gemeint sein.



«Auf diesem Aufsatz ist die eigentliche Meßvorrichtung angebracht. Wie bei dem unter VII. besprochenen Instrument (<mit den beiden Schenkeln>) besteht sie aus einem 2,25 m langen sogenannten Höhenlineal, das zwischen den oberen Enden zweier ebenso langer, senkrecht auf dem Aufsatz befestigter Pfeiler drehbar aufgehängt und mit zwei Absehen versehen ist. Ein zweites Lineal, das sogenannte Sehnenlineal, das 1½ mal

so lang als das Höhenlineal ist, wird am unteren Ende des einen vertikalen Pfeilers drehbar befestigt. Es ist so ausgeschnitten, daß die einander zugekehrten Längsflächen der beiden Lineale einander berühren.»

«Das Sehnenlineal ist wie bei dem unter VII. besprochenen Instrument mit einer entsprechenden Teilung versehen; ebenso wie dort wird beim Anvisieren eines Gestirnes an dieser Teilung die Sehne des Komplementes des Höhenwinkels abgelesen.»

«Das Instrument wird entsprechend den vier Himmelsrichtungen aufgestellt und am Boden befestigt. Es ist wie das unter VII. besprochene Instru-

ment ein parallaktisches Lineal mit der Erweiterung, daß es durch Drehung des vertikalen Drehpfeilers für jedes beliebige Azimut eingestellt werden kann. Dementsprechend ist sein Anwendungsbereich ein größerer; es kann zur Lösung einer Reihe von astronomischen Aufgaben dienen, die von der Bestimmung der Höhe und des Azimuts eines Gestirnes ausgehen.»

H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*, a.a.O. S. 96-104 (Nachdruck, a.a.O. S. 162-170); zum arabischen Text s. S. Tekeli, *Al-Urdī'nin «Risale-iün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adh Makalesi*, a.a.O. S. 159-165.



Unser Modell:  
 Maßstab: Knapp 1:2.  
 Hartholz, lasiert,  
 Gesamthöhe: 220 cm.  
 Sehnenlineal, Länge: 167 cm,  
 mit metrischer Skala aus Messing.  
 Das Höhenlineal mit zwei  
 Absehen aus Messing.  
 Die Lafette, an welcher die  
 beiden Lineale beweglich  
 ansetzen, ist drehbar auf dem  
 Sockel montiert, wo ein  
 Messingzeiger die Position auf  
 einer 360°-Skala, ebenfalls  
 aus Messing, anzeigt.  
 (Inventar-Nr. A. 4.29)

## XI. Himmelsglobus

Es ist ein großes Glück, daß der Himmelsglobus der Sternwarte von Marāga auf uns gekommen ist. Der im Jahre 1279 von Muḥammad, einem Sohn von Mu'ayyadaddīn al-'Urḏī angefertigte prachtvolle Globus gelangte im Jahre 1562 nach Dresden und befindet sich dort seit 250 Jahren im Mathematisch-Physikalischen Salon. Auf seine Bedeutung machte schon Carsten Niebuhr im 18. Jahrhundert aufmerksam. «Der Dresdner Globus besteht in der 144 mm im Durchmesser haltenden Kugel, als auch in seinen Ringen, aus Bronze. In die Kugel eingegraben sind: Ekliptik und Äquator mit Gradeinteilung, zwölf Breitenkreise zur Abgrenzung der Räume der Himmelszeichen, Umrisse und Schattierung der Sternbilder, die Namen der Sternbilder, der Himmelszeichen und von Einzelsternen, die Sternscheibchen in verschiedenen Größen, die Bezeichnungen der Ekliptik- und Äquatorpole und der Name des Verfertigers. An den Polörtern selbst sind kleine runde Löcher eingebohrt zum Einstecken von Achsenstiften. Ausgelegt sind: die Ekliptik mit Gold, Äquator, Sternscheibchen, Namen der Sternbilder und Name des Verfertigers mit Silber, die Namen der Himmelszeichen abwechselnd mit Gold und Silber. Diese Tauschierungen zeigen, wie die Gravierungen eine sehr kunstgeübte Hand. Der Horizontkreis, die obere Hälfte des Meridians und die Höhenquadranten enthalten Gradeinteilung. Die unter dem Horizont befindliche, an den Horizont befestigte Meridianhälfte ist mit kleinen runden, je 5 Grad von einander entfernten Löchern versehen, so daß durch Einstecken des Achsenstiftes für verschiedene Polhöhen die Rotation bewirkt werden kann.»<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Adolph Drechsler, *Der Arabische Himmelsglobus des Mohammed ben Mu'ayyid el-'Ordhi vom Jahre 1279 im Mathematisch-physikalischen Salon zu Dresden*, 2. Aufl. Dresden 1922, 19 S., 8 Tafeln, bes. S. 9 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 50, Frankfurt 1998, S. 261-289, bes. S. 271).



Unser Nachbau hat dieselben Dimensionen wie das Original. Globus: Messing, Silbereinlagen. Gestell aus Messing, während das Original auf einem Holzgestell ruht, welches im 17. Jahrhundert in Europa gebaut wurde. (Inventar-Nr. A 1.03)

Weitere Literatur: Wilhelm Sigismund Beigel, *Nachricht von einer Arabischen Himmelskugel mit Kufischer Schrift, welche im Curfürstl. mathematischen Salon zu Dresden aufbewahrt wird*, in: *Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1808* (Berlin), S. 97-110 (Nachdruck ebd., S. 81-94); Aimable Jourdain, *Mémoire sur les Instrumens employés à l'Observatoire de Méragah*, in: *Magasin encyclopédique* (Paris) 6/1809/43-101 (Nachdruck ebd., S. 95-153); Karl Heinz Schier, *Bericht über den arabischen Himmelsglobus im Königl. Sächs. mathematischen Salon zu Dresden*, in: Schier, *Globus coelestis arabicus ...*, Leipzig 1865, Additamentum S. 65-71 (Nachdruck ebd. S. 154-160); Ernst Kühnel, *Der arabische Globus im Mathematisch-Physikalischen Salon zu Dresden*, in: *Mitteilungen aus den Sächsischen Kunstsammlungen* (Leipzig) 2/1911/16-23 (Nachdruck ebd. S. 252-259).



## DIE INSTRUMENTE DER STERNWARTE VON ISTANBUL (984-88/1576-80)

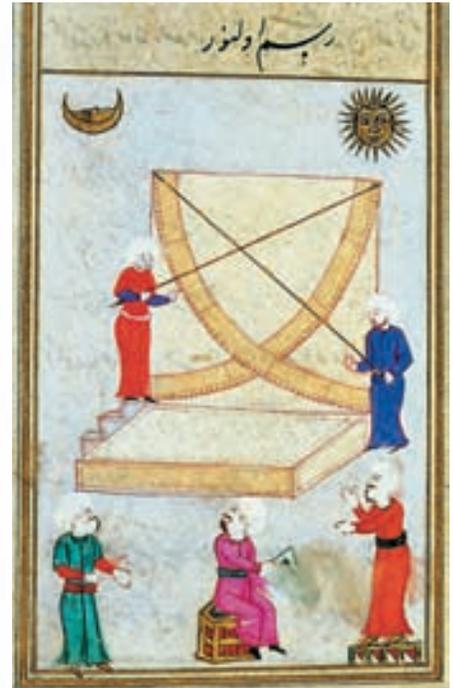
Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 50 cm.  
(Inventar-Nr. A 4.09)

### I. Armillarsphäre

In dem Buch über die Instrumente der İstanbuler Sternwarte steht die Armillarsphäre, das «Gerät mit den Ringen» (*dāt al-ḥalaq*) an erster Stelle. Für die Größe des Horizontringes, der als Träger fungiert, wird ein Durchmesser von mindestens 4 Metern empfohlen. Abgesehen vom Horizontring hat das Instrument sechs Ringe, die in erster Linie zur Ermittlung der Fixsternkoordinaten dienen. Der Größe nach sind es 1. der Meridianring, der unbeweglich in Nordsüdrichtung steht, 2. der bewegliche große Meridianring, 3. der Ekliptikring, 4. der Kolurring (arabisch *ḥāmila*, der «Träger»), 5. der kleine Meridianring, der durch die Pole der Ekliptik führt – die beiden letzten schneiden sich unter rechten Winkeln und sind fest miteinander verbunden –, und 6. der Breitenring, der mit zwei Absehen versehen ist. Der Horizontring, der den ganzen Ringkomplex trägt, ist durch sechs Stangen mit einem als Fundament dienenden Ring gleicher Größe verbunden. Nach Angaben des Instrumentenbuches waren fünf Personen für die Arbeit mit dem Beobachtungsgerät erforderlich.

aus Hds.  
İstanbul  
Saray,  
Hazine 452.





aus Hds. Saray,  
Hazine 452.

## II. Mauerquadrant

Zur Ermittlung der täglichen Kulmination der Sonne und der Höhe der Planeten im Mittagskreis baute man auch im Rahmen der İstanbuler Sternwarte einen Mauerquadranten (*labina*) in Meridi-anrichtung. Seine Abmessungen betragen rund  $7 \times 7$  m.

Unser Modell:  
Maßstab ca. 1:10.  
Holz, kaschiert;  $50 \times 50 \times 80$  cm.  
2 Quadranten und Zeiger  
mit Absehen aus Messing, geätzt.  
(Inventar-Nr. A 4.13)



aus Hds. Saray, Hazine 452.



Unser Modell:

Maßstab ca. 1:10.

Durchmesser 50 cm.

Aufsatz aus Messing mit beidseitig  
gravierter Gradeinteilung, achsial drehbar.

Zeiger mit Absehe, um den Mittelpunkt  
des Halbkreises verstellbar.

(Inventar-Nr. A 4.11)

### III.

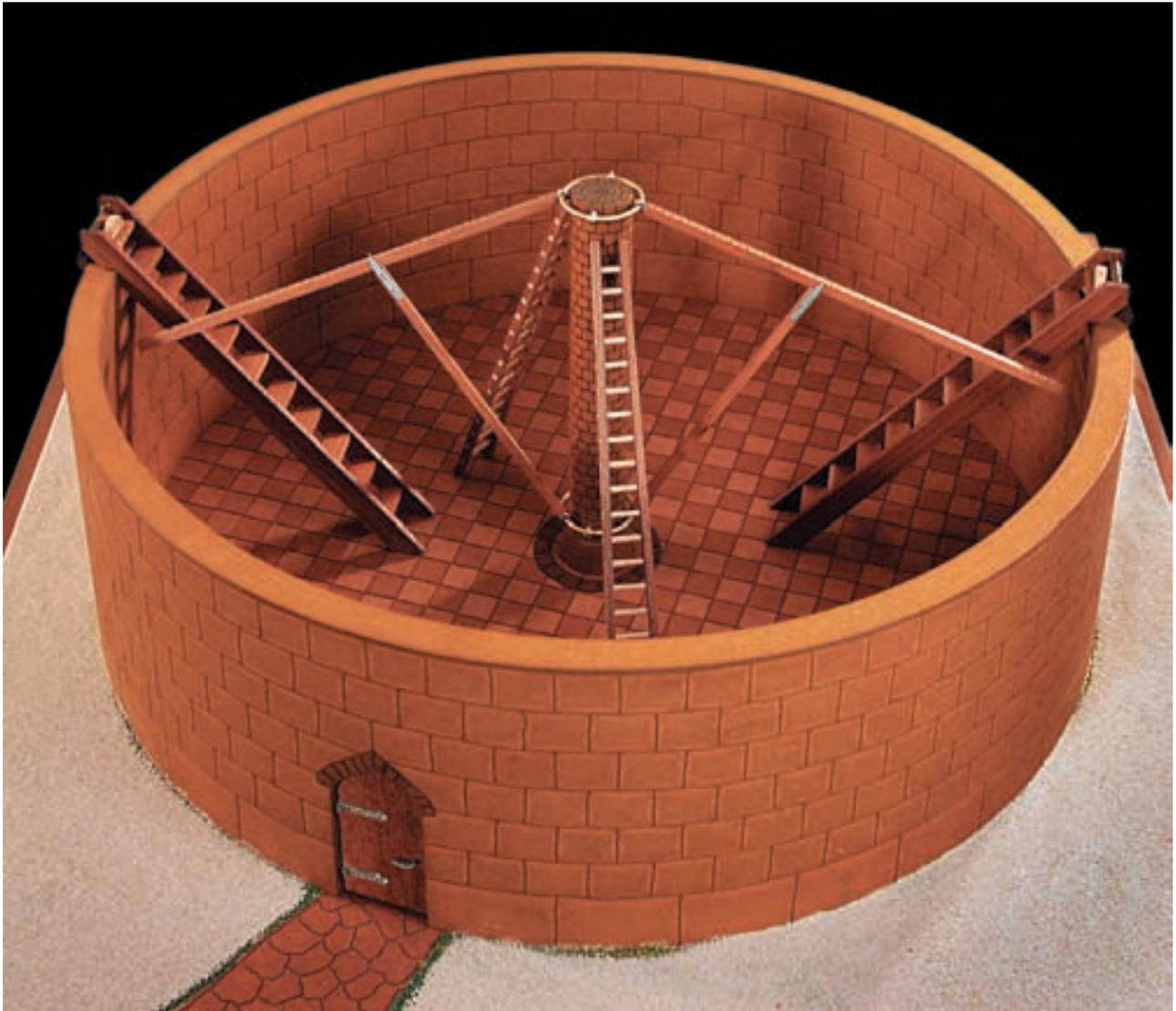
#### Einrichtung zur Bestimmung der Höhe von Gestirnen und deren Azimuten

Diese Einrichtung wird als drittes der Instrumente genannt, die zwischen 1575 und 1580 für die İstanbuler Sternwarte unter Leitung von Taqīyaddīn al-Miṣrī gebaut wurden. Das Instrumentenbuch der Sternwarte gibt an, daß Taqīyaddīn sich an das Instrument eines Damaszener Astronomen angelehnt habe, das bereits für die Sternwarte von Marāğa nachgebaut und von dem bekannten Astronomen Ibn aš-Šāṭir (8./14. Jh.) benutzt worden war. Es besteht kein Zweifel daran, daß mit dem «Damaszener Astronomen» Mu'ayyadaddīn al-'Urḏī (s.o.S. 38 ff.) gemeint ist. Die İstanbuler Astronomen haben den Doppelquadranten ihrer Vorlage durch einen Halbkreis ersetzt. Der

zylinderförmige Bau, der die Meßvorrichtung trug, war etwa 6 Meter hoch. Sein Durchmesser wird nicht angegeben, dürfte aber an Hand der Relation zur Höhe des Baues etwa 5 Meter betragen haben.

Das «Instrument für Azimut und Höhe» (*ālat dāt as-samt wa-l-irtifā'*) diente, wie sein Name sagt, der Ermittlung von Höhen und Azimuten. Dabei wird im Instrumentenbuch vor allem die Beobachtung von «schwierigen Lagen von Merkur und Venus» hervorgehoben.

S. Tekeli, *Ālât-i raşadiye*, a.a.O. S. 80-81, 109-110.



#### IV. Das Instrument mit den beiden Schenkeln

Unser Modell:  
Durchmesser 60 cm.  
Grundplatte: 76 × 76 cm.  
(Inventar-Nr. A. 4.31)

Der im Instrumentenbuch der Istanbuler Sternwarte an vierter Stelle angeführte Beobachtungsapparat wird mit dem parallaktischen Lineal von Ptolemaios in Verbindung gebracht. Es kann aber kein Zweifel bestehen, daß Taqiyaddin und seine Mitarbeiter sich an das weiter entwickelte Modell der Sternwarte von Marāğa, das «Instrument mit den beiden Schenkeln» (*al-āla dāt aš-šu‘batain*) angelehnt haben (s.o. No. VII der Marāğa-Instru-

mente). Doch der Aufgabenbereich wie auch die Dimensionen und die Gestaltung des Baus differierten wesentlich von denen des Gerätes der Sternwarte von Marāğa.

Während das Sehnenlineal von Marāğa mit seiner Konstruktion eine sich in Meridianrichtung bewegendes Meßvorrichtung war und folglich zur Ermittlung der Kulminationshöhen von Sonne und Mond bei deren Eintritt in den Mittagskreis diente,



aus Hds.  
Saray,  
Hazine 452.

ermöglicht der Apparat der Sternwarte von Istanbul die Beobachtung der Positionen der Gestirne bei Tag und Nacht in allen Himmelsrichtungen, abgesehen von der Höhenbestimmung von Sonne und Mond und der Messung ihrer Parallaxen. Außerdem war dieses wie alle anderen Istanbuler Geräte doppelt so groß wie ihre Vorgänger der Sternwarte von Marāğa.

Aus der Beschreibung und der Abbildung im Text wird ersichtlich, daß die beiden Sehnenlineale zusammen mit den beiden Querlinealen und den beiden senkrechten Linealen drehbar so gelagert waren, daß die Beobachtung des Sternenhimmels

über der Horizontebene nach allen Richtungen möglich war. Um die Beobachtung der Gestirne mit niederen Höhen zu gewährleisten, machte man von einer Treppe Gebrauch. Man versteht, daß der Raum mit den umlaufenden Stufen wie ein Amphitheater gestaltet gewesen sein muß. Es wird darauf hingewiesen, daß die Beobachtungen von zwei Personen durchgeführt wurden und daß die Meßergebnisse von einer dritten, unterhalb stehenden Person aufgezeichnet wurden.

S. Tekeli, *Âlât-i raşadiye*, a.a.O. S. 81-82, 111-113.

## V. Hölzerner Quadrant



Unser Modell:  
 Radius 50 cm.  
 Höhe Fuß bis  
 Mittelpunkt: 150 cm.  
 Hartholz gebeizt, Marmorfuß.  
 Messingskala mit graduierter Einteilung.  
 (Inventar-Nr. A 4.03)

Als fünftes Meßinstrument der Istanbuler Sternwarte wird ein hölzerner Quadrant mit einem Durchmesser von etwa 4,5 Metern angeführt. Die Skala war allem Anschein nach in das Holz eingraviert. Das Gerät wurde mittels eines zylindrischen, sich beidseits verjüngenden Aufsatzes, der leider im Text unbeschrieben bleibt, aber in der Abbildung zutage tritt, an einer Säule befestigt. Damit erklärt sich die Drehmöglichkeit des Gerätes in der Vertikalen und der Horizontalen, womit es zur Ermittlung der Höhen auch von solchen Sternen geeignet war, die nicht in Meridianrichtung stehen.

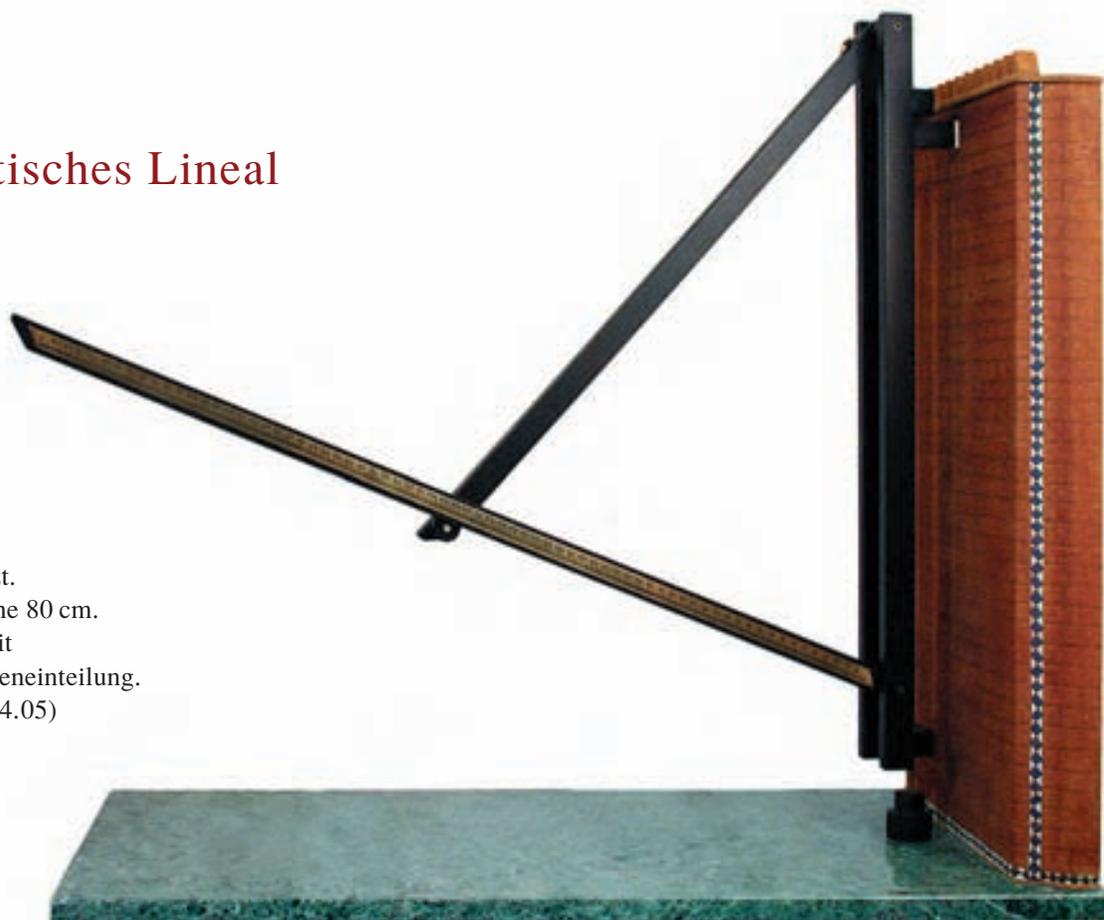
S. Tekeli, *Âlât-i raşadiye*, a.a.O. S. 82-83, 113-114.

Abb. aus  
 Hds. Saray,  
 Hazine 452.



## VI. Parallaktisches Lineal

Unser Modell:  
Hartholz, gebeizt.  
Länge der Absehe 80 cm.  
Messingskala mit  
metrischer Längeneinteilung.  
(Inventar-Nr. A 4.05)



Das sechste der im Instrumentenbuch der Istanbulster Sternwarte angeführten Instrumente ist das bereits von Ptolemaios beschriebene parallaktische Lineal, arabisch «das mit den beiden Löchern» (*dāt at-tuqbatain*). Mu'ayyadaddīn al-'Urḏī erklärte das Lineal nach der Beschreibung von Ptolemaios in dreierlei Hinsicht für «höchst mangelhaft» (s. H. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marâgha*, a.a.O. S. 104-107, bes. S. 106; Nachdruck, a.a.O. S. 170-173, bes. S. 172). Die Istanbulster Astronomen bringen die von Mu'ayyadaddīn al-'Urḏī geäußerten Bedenken nicht zur Sprache. Die Beschreibung ihres Instrumentenbuches ist leider zu kurz. Die Kenntnis vieler Details, die unerwähnt bleiben, wird beim Leser vorausgesetzt. Mit der angegebenen Länge der beiden Lineale, die miteinander verbunden sind, von 12 Meßellen, ca. 6 m, wird eines der drei Bedenken von al-'Urḏī ohne weiteres beseitigt.

Das in der Konstruktion der Istanbulster Sternwarte nach Westen und Osten drehbare Lineal diente nicht nur zur Messung der Mondparallaxe im Meri-



Abb. aus Hds. Saray, Hazine 452.

dian, sondern darüber hinaus mit seinen langen Schenkeln auch zur möglichst genauen Messung der Höhe von Himmelskörpern.

S. Tekeli, *Âlât-i raşadiye*, a.a.O. S. 83, 115.



## VII. Das Instrument mit den Sehnen

Unser Modell:  
Breite: 50 cm. Höhe: 61 cm.  
Hartholz, lasiert.  
Messinglote an Fäden.

aus Hds. Saray, Hazine 452.

Mit dem «Instrument mit den Sehnen» (*al-āla dāt al-autār*), das im Instrumentenbuch der Istanbuler Sternwarte als siebentes angeführt wird, wollte Taqīyaddīn die Äquinoktialarmille der Vorgänger (s. No. IV der Marāğa-Instrumente) ersetzen. Die Beobachtung der Sonne in den Äquinoktien sollte nicht mehr mittels des Äquatorringes stattfinden. Taqīyaddīn ersetzte den Äquatorring und die Horizontebene durch einen auf vier Füße horizontal gestellten rechteckigen Rahmen mit zwei auf dessen südlichem Rand stehenden Säulen gleicher Höhe. Die Säulen wurden miteinander und mit den nördlichen Ecken des Rahmens durch Schnüre verbunden, die als Sehnen dienten. Die Säulen als Höhe eines Dreiecks und die benachbarten Kanten wurden so ausgerichtet, daß der Sinuswinkel dem bereits gemessenen Höhenwinkel des Ortes in den Äquinoktien entsprach.

In der zu kurz gehaltenen Beschreibung werden die Maße nicht angegeben. Berücksichtigt man das Grundprinzip von Taqīyaddīn, durch größtmögliche Meßvorrichtungen mit kleinstmöglichen Einteilungen genauere Ergebnisse als die Vorgän-



ger zu erreichen, und berücksichtigt man die Körpergröße der Personen in der Abbildung der Handschrift, dann kann man vermuten, daß das Instrumentarium eine Länge von ca. 3 m, eine Breite von ca. 2,5 m und eine Höhe von ca. 3,5 m hatte.

S. Tekeli, *Âlât-i raşadiye*, a.a.O. S. 83, 115-116.



aus Hds.  
Saray,  
Hazine 452.

Unser Modell:  
Radius 80 cm.  
Hartholz, gebeizt. Marmorfuß.  
Höhe Fuß bis Mittelpunkt 150 cm.  
Messingskala mit Grad- und  
Minutenteilung.  
(Inventar-Nr. A 4.01)



## VIII.

### Instrument zum Messen von Distanzen zwischen den Gestirnen

Im Instrumentenbuch der Istanbuler Sternwarte wird an achter Stelle eine Meßvorrichtung unter dem Namen *al-āla al-mušabbaha bi-l-manāṭiq* angeführt, deren Erfinder Taqiyaddīn sein dürfte. Sie sollte in erster Linie der Ermittlung des Radius der Venus dienen. Bei näherer Betrachtung zeigt sich, daß das Instrument sowohl nach seiner Funktion als auch in seiner Konstruktion eine Weiterentwicklung des «Instrumentes mit den beiden Schenkeln» (s.o. No. IV) darstellt. Durch seine konstruktionsbedingte Beweglichkeit besitzt es die Fähigkeit, in drei Dimensionen zu messen. Die bogenförmige Skala (anscheinend in  $60^\circ$  geteilt) ist an ihrem oberen Ende und in der Mitte mit den beiden sich in spitzem Winkel öffnenden hölzernen Schenkeln verbunden. Ein weiterer, in der Vertikale beweglicher Schenkel, der mit einem Stift im Scheitelpunkt der tragenden Schenkel befestigt ist und dessen äußeres Ende sich in einer Führung in der Skala nach oben und unten bewegen kann, dient zum Messen vertikaler Distanzen. Weiterhin ist eine horizontale Skala mit einem

Scharnier im Scheitelpunkt der beiden Schenkel befestigt und läßt sich durch ein Gelenk auf dem unteren Schenkel hin und her schieben. Diese Skala dient zum Messen von Distanzen in der Horizontalen. Die an das Instrument gelehnten Holzstäbe sind dazu da, es gegen den Fußboden abzustützen, so daß das Beobachtungsergebnis uneinträchtig abgelesen werden kann.

S. Tekeli, *Ālât-i raşadiye*, a.a.O. S. 83, 116-118; dieselbe, *Nasirüddin, Takiyüddin ve Tycho Brahe'nin rasat aletlerinin mukayesesi*, a.a.O. S. 360-363.

## DIE INSTRUMENTE VON TYCHO BRAHE

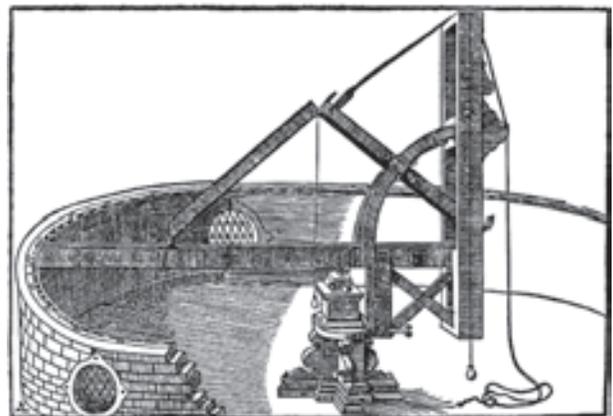


### I.

#### Instrument zum Messen von Höhen und Azimuten

Von Tycho Brahe wird es *Parallaticum aliud, sive regulae tam altitudines quam azimutha expedientes* genannt. Sowohl in der Konstruktion als auch in seinen Aufgaben entspricht es dem Instrument der Sternwarte von Marāğa, das *ālat dāt al-ğaib wa-s-samt* hieß (s.o. No. VIII der Marāğa-Instrumente). Die einzige Änderung, die Tycho Brahe vorgenommen hat, besteht darin, daß der senkrechte Schenkel nur noch mit einer Seite auf der horizontalen Grundbahn schleift, nicht mehr mit zwei Seiten wie beim Instrument von Marāğa. Der Durchmesser der Ringmauer betrug bei Tycho Brahe 5 m, die Summe der Schenkel und die Länge der Grundbahn 3,5 m. Gebaut wurde das Gerät vor 1602.

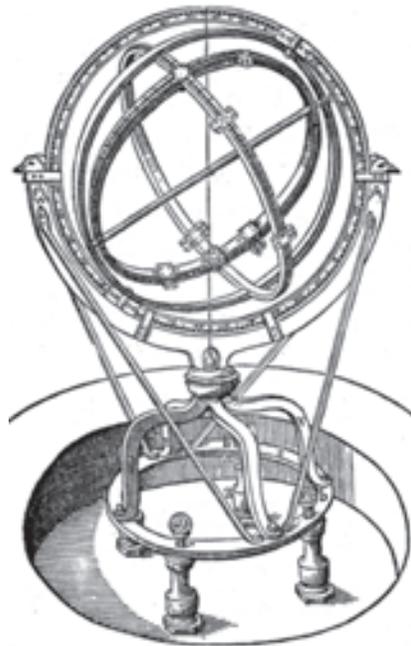
Maßstab 1:10.  
Durchmesser 50 cm. Aufsatz aus Holz achsial drehbar.  
Schenkel wird mit einem Gegengewicht leichtgängig  
umgelenkt. Skala aus Messing mit Gradeinteilung.  
(Inventar-Nr. A 4.08)



*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 49-51; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 26.



Maßstab 1:4.  
 Durchmesser 50 cm.  
 Messing, graviert.  
 Alle Ringe haben eine beidseitig  
 eingravierte Gradeinteilung.  
 (Inventar-Nr. A 4.10)

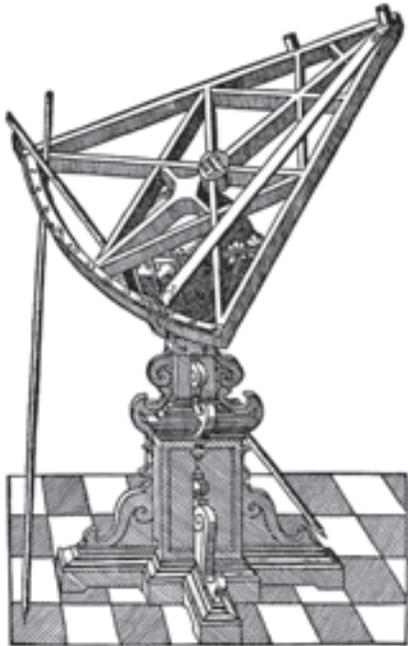


## II.

### Zodiakalarmillarsphäre

Die Armillarsphäre Tycho Brahes, die nach Vermutung von J.A. Repsold schon vor 1570 gebaut worden sein soll, ist im Vergleich mit denjenigen von Ptolemaios und den Sternwarten von Marāğa und Istanbul die einfachste, gleichzeitig die entwickeltste ihrer Art. Der Durchmesser des Meridianringes betrug 1,95 m. Die übrigen drei Ringe, Kolurring, Ekliptikring und Breitenring, waren aus Messing. Der Breiten- und der Ekliptikring trugen je zwei Visiere.

*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 52-55; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 26-27.



### III.

#### Astronomischer Sextant für Abstände

Dieser Sextant, den Tycho Brahe *sextans astronomicus trigonicus pro distantis rimandis* nennt, gehört zu einem Modell, das er im Laufe der Zeit in drei im wesentlichen identischen Versionen gebaut hat, da es sich, wie er sagt, als besonders geeignet für genaue Beobachtung erwiesen hatte. Der Sextant ist frei beweglich an einer relativ großen Kugel befestigt, die in einer Schale ruht. Das ermöglicht dem Beobachter, ihn vertikal, horizontal, in Ost-Westrichtung und umgekehrt zu bewegen und so nicht nur Höhen im Meridian, sondern auch Distanzen der Gestirne voneinander und damit ihre Positionen zu bestimmen, wie es mit dem Instrument der Istanbuler Sternwarte möglich war, das dem gleichen Zweck diente (s.o. No. VIII der Istanbuler Instrumente). Es fällt besonders auf, daß man sich bei beiden Instrumenten zweier



Unser Modell:  
Maßstab ca. 1:2.  
Radius 80 cm.  
Höhe Fuß bis  
Mittelpunkt 150 cm.  
Hartholz, gebeizt.  
Skala aus Messing mit  
Gradeinteilung.  
(Inventar-Nr. A 4.02)

Holzstäbe bediente, mit denen man das Gerät gegen den Fußboden abstützte, um die ermittelte Position unbeeinträchtigt registrieren zu können. Die Schenkellänge des Sextanten betrug etwa 1.7 m. Nach den Größenverhältnissen der Abbildungen im Buch zu urteilen, dürfte das Instrument eine Höhe von 2.5 m gehabt haben.

*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 72-75; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 28.



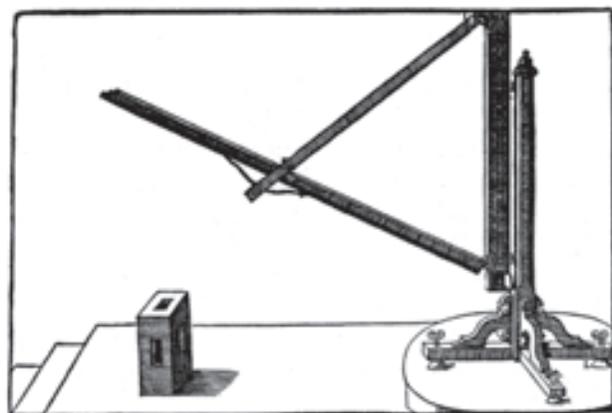
Unser Modell:  
 Maßstab ca. 1:2.  
 Länge des Visierschenkels 1 m.  
 Hartholz, gebeizt.  
 Messingskala mit  
 Längeneinteilung.  
 (Inventar-Nr. A 4.06)

#### IV.

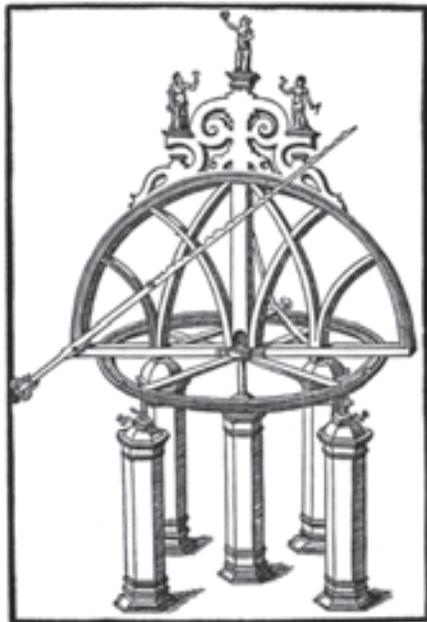
#### Parallaktisches Lineal

Das von Tycho Brahe als *instrumentum parallaticum sive regularum* bezeichnete Instrument ist eine verbesserte Version des ptolemäischen *órganon parallaktikón*. Es wurde aus Holz gebaut. Der Visierschenkel hatte eine Länge von 1,7 m und trug zwei Visiere. Abweichend vom ptolemäischen Modell ist der untere Schenkel so lang, daß man bis zum Horizont messen kann. Dieser Schenkel wird von einer Feder hoch gehalten, solange er nicht benötigt wird. Das Ganze ist an einem Ständer befestigt. Das Instrument wurde zur Distanzmessung nahe dem Zenit verwendet.

*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 44-47; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 25-26.



Es war Mu'ayyadaddīn al-'Urđī, der die Unbrauchbarkeit des ptolemäischen *órganon* erkannte, und Taqiyaddīn al-Miřrī hat es dann durch ein selbst entwickeltes Modell ersetzt (s. No. VI der İstanbuler Instrumente).



Unser Modell:  
 Maßstab ca. 1:10.  
 Durchmesser 50 cm.  
 Aufsatz aus eloxiertem Messing,  
 mit Gradeinteilung auf einer Seite.  
 Lineal unten am Bogen des Halbkreises  
 drehbar angebracht.  
 (Inventar-Nr. A 4.12)



## V.

### Großer Azimutal-Halbkreis

Dieses Instrument, das Tycho Brahe in seinem Buch *semicirculus magnus azimuthalis* nennt, wurde vermutlich um 1587 gebaut. «Die Alidade des Höhenhalbkreises dreht sich nicht um den Mittelpunkt, sondern am Ende des horizontalen Durchmessers, um kleinere Theilungswerthe zu bekommen; wie die Theilung, deren Mittelpunkt im Drehungspunkte der Alidade, also excentrisch liegt, hergestellt worden ist und abgelesen wird, ist leider nicht angegeben ... Der eiserne Azimutalkreis hat 2,5 m im Durchmesser, ein eingelegtes Kreuz hält einen senkrechten festen Mittelzapfen, um den sich der Halbkreis dreht; im

Übrigen ruht und gleitet er auf dem Horizontalkreise.» In dem mittleren, hohlen Teil des Halbkreises ist ein Lot aufgehängt (J.A. Repsold, *Astronomische Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 25). Es fällt auf, daß dieses Gerät von Tycho Brahe der *ālat dāt as-samt* von Taqiyaddin al-Miṣrī (s. No. III der İstanbuler Instrumente) und deren Damaszener Vorgänger (s.o.S. 44) ähnelt, die ebenfalls zur Ermittlung von Höhen und Azimuten gebaut waren. Allerdings liegt bei den Vorgängern der Drehpunkt der Alidade im Mittelpunkt des Kreuzes, nicht excentrisch wie beim Instrument von Tycho Brahe.

aus: Joan Blæu, *Atlas major*,  
Amsterdam etc. 1662, Bd. I.



## VI. Mauerquadrant

Der *quadrans muralis* wird als Tycho Brahes Hauptinstrument betrachtet. Er soll ihn im Jahre 1587 gebaut haben. Das in Meridianrichtung an einer Mauer angebrachte Gerät aus Messing dient der Ermittlung der Kulminationshöhen. Mit seinem 4 m langen Halbmesser und seiner fein eingeteilten Skala ermöglicht es weitgehend genaue Meßergebnisse. Der Quadrant ist mit zwei beweglichen Augensivieren versehen. Beobachtet wird von einem der beiden Visiere durch einen vergoldeten Zylinder, der in einer Maueröffnung befestigt ist.

Die bildliche Darstellung der Arbeitsszene Tycho Brahes mit seinem Quadranten und weiteren Instrumenten, von denen nicht alle in den Bereich



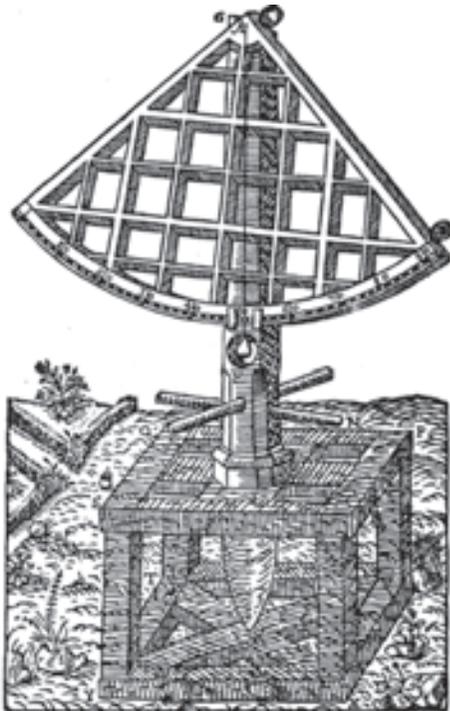
Unser Modell:  
Maßstab ca. 1:10.  
Holz, kaschiert. 50 × 30 × 80 cm.  
Quadrant aus Messing, Gradskala;  
2 Absehen und verstellbares Visier.  
(Inventar-Nr. A 4.14)

der Astronomie gehören, erinnert an die Darstellung der Arbeitsszene der İstanbuler Sternwarte (s.o.S. 54).

*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 28-31; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 24-25.

Es sei angemerkt, daß der Mauerquadrant in der islamischen Welt seit al-Battānī (erste Hälfte 4./10. Jh.) unter dem Namen *labina* bekannt war. In großen Dimensionen gebaut, gehörte er zum Instrumentarium der Sternwarten von Marāğa (dort No. I) und İstanbul (dort No. II).

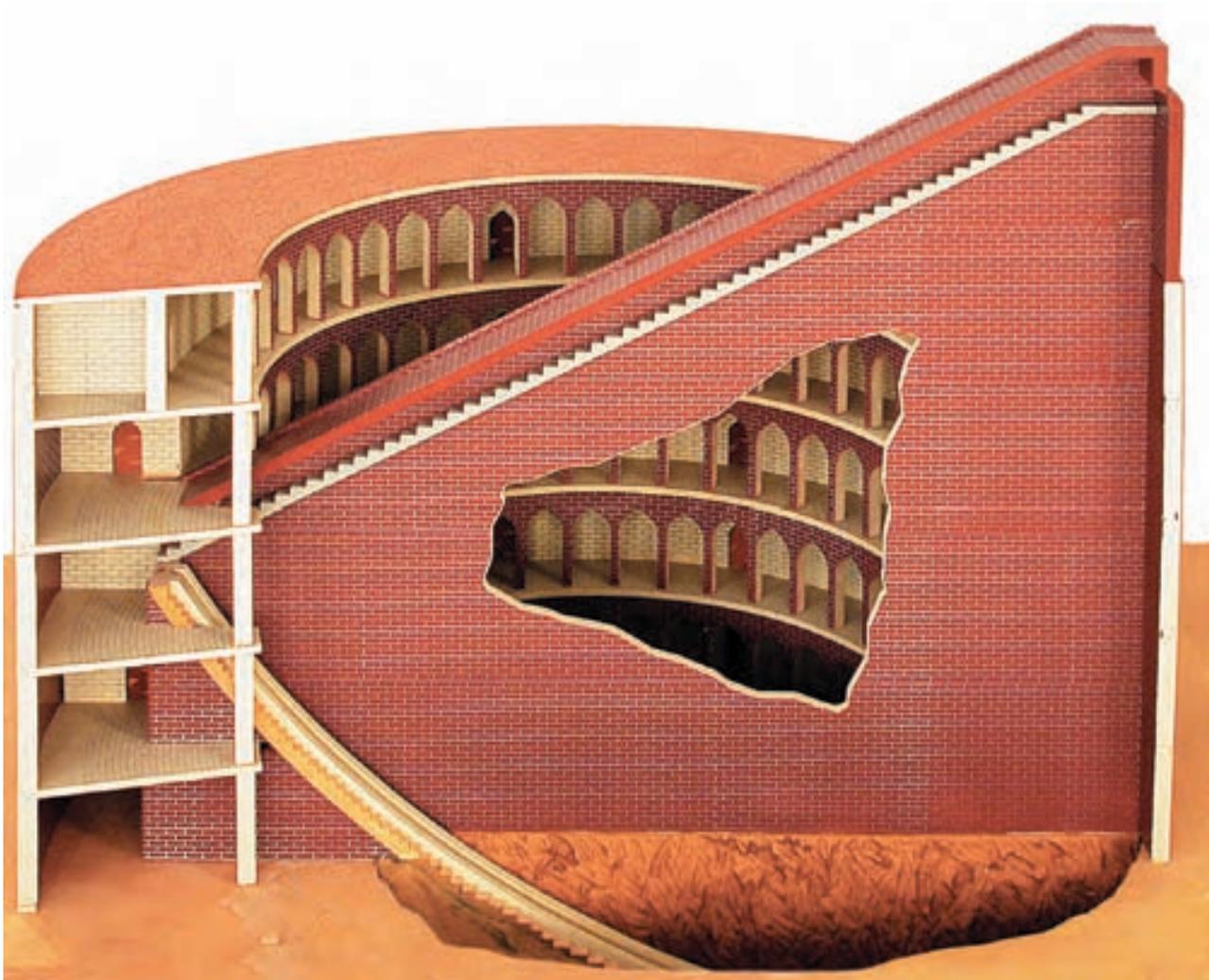
Unser Modell:  
 Maßstab ca. 1:10.  
 Radius 50 cm. Höhe 110 cm.  
 Buche, gebeizt. Messingskala.  
 (Inventar-Nr. A 4.04).



## VII. Großer Holzquadrant

Den *quadrans maximus* hat Tycho Brahe nach eigener Angabe 26 Jahre vor der Abfassung seines Instrumentenbuches (1602), also im Jahre 1576, in Augsburg gebaut. Sein Halbmesser betrug 14 Ellen (etwa 6 Meter). «Der Quadrant war an einem senkrechten Eichenbalken befestigt, der am unteren Ende abgedreht war und in einem schweren Gerüst azimuthal verstellbar werden konnte, ohne Ableseung. Er stand unter freiem Himmel und war nach einigen Jahren unbrauchbar.» Für Beobachtungen wurden zwei Lochvisiere benutzt (*Tycho Brahe's Description of his Instruments*, a.a.O., S. 88-91; J.A. Repsold, *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge*, a.a.O. S. 21-22).

Weitgehende Ähnlichkeit zeigt dieses Instrument Tycho Brahes mit dem großen hölzernen Quadranten von Taqiyaddin al-Miṣrī (No. V der Instrumente der Istanbuler Sternwarte), den dieser ungefähr zur gleichen Zeit gebaut hat. Es ist möglich, daß Tycho Brahe über das Istanbuler Instrument informiert war. Ebenfalls möglich und für mein Verständnis wahrscheinlicher ist, daß ein früheres Modell dieses Instrumentes, wie z.B. das der Sternwarte von Marāḡa (s.o. S. 44), in der islamischen Welt verbreitet war und beiden als Vorbild gedient hat.



## DIE STERNWARTE VON SAMARQAND

Unser Modell:  
Maßstab ca. 1:30.  
Holz, kaschiert; Grundfläche: 80 × 60 cm.  
(Inventar-Nr. A 5.04)

Die Sternwarte wurde von Muḥammad Ṭaraġāy b. Šāhruḥ Uluġ Beg (geb. 796/1394, gest. 853/1449), einem Enkel Timurs, gegründet. Uluġ Beg war selbst Astronom und für sein Unternehmen zweifellos durch die Sternwarte von Marāġa angeregt. Die genaue Zeit des Baues und der Vollendung der Arbeit ist unbekannt. «ʿAbd ar-Razzāq [as-Samarqandī in seinem *Maṭlaʿ-i saʿdain wa-maġmaʿ-i baḥrain*] berichtet über den Bau einer Sternwarte bei der Schilderung der Ereignisse des Jahres 823/1420, und zwar im Zusammenhang mit der in diesem Jahr errichteten Moscheehochschule bzw. Derwischunterkunft, woraus man allerdings

schwerlich wird schließen dürfen, daß die Sternwarte tatsächlich zu gleicher Zeit mit diesen Gebäuden entstanden sei.»<sup>1</sup> Sie wurde eine der bekanntesten Sternwarten des arabisch-islamischen Kulturkreises, doch galten ihre Überreste bis zum ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts als verschollen. «Ein Teil der Sternwarte wurde unter Leitung

<sup>1</sup> Wilhelm Barthold, *Uluġ Beg und seine Zeit*, deutsche Bearbeitung von Walter Hinz, Leipzig 1935 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 54, Frankfurt 1998), S. 163.

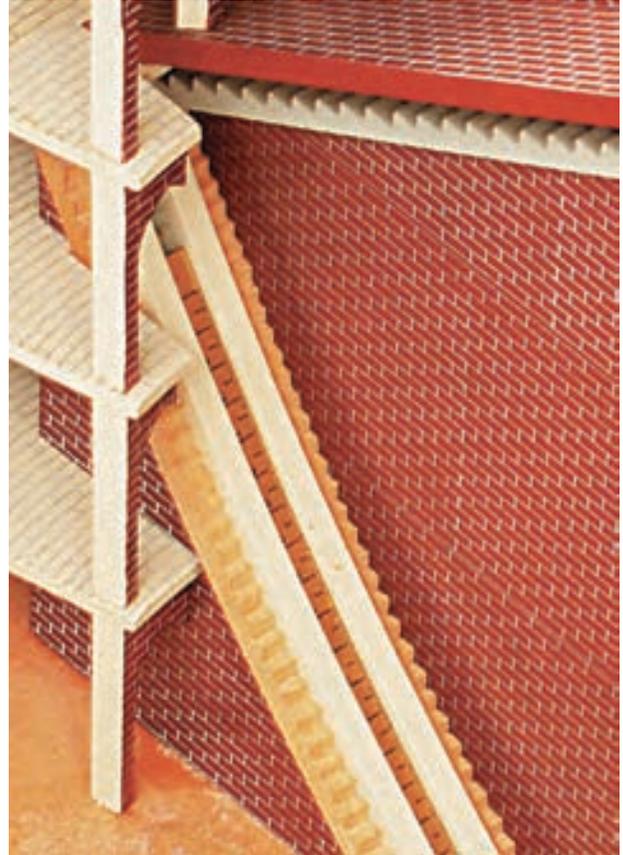


Photo (links): Der nach der Ausgrabung teilweise restaurierte Sextant der Sternwarte von Samarqand.  
(rechts oben: Unser Modell. Detail).

des Gouvernementsbeamten Wjatkin, der überhaupt erst auf Grund von Andeutungen in einer alten Urkunde die Lage der Sternwarte mit Sicherheit festgestellt hatte, freigelegt, und der bekannte Astronom der Taschkenter Sternwarte Ossipoff konnte die ersten, allerdings noch sehr rohen Vermessungen an Ort und Stelle ausführen.»<sup>2</sup>

<sup>2</sup> K. Graff, *Die ersten Ausgrabungen der Ulugh-Bek-Sternwarte in Samarkand*, in: *Sirius. Rundschau der gesamten Sternforschung für Freunde der Himmelskunde und Fachastronomen* (Leipzig) 53/1920/169-173, bes. S. 170 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 55, Frankfurt 1998, S. 363-367, bes. S. 364).

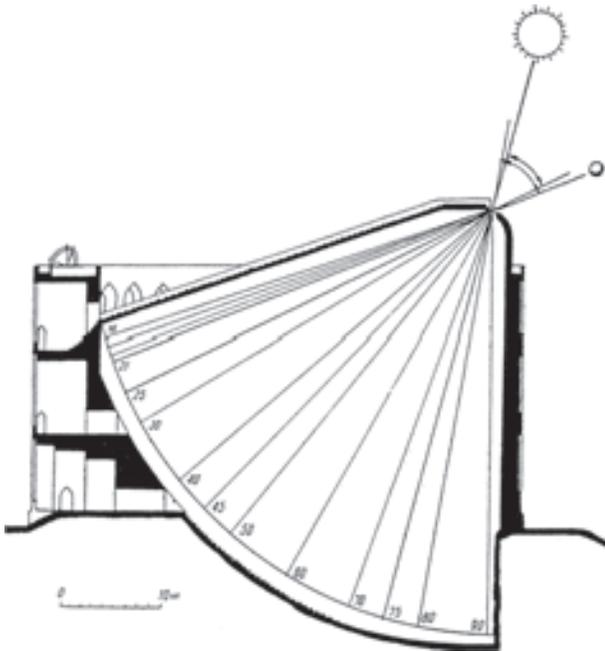
Die Sternwarte lag auf einem flachen Hügel mit einer Höhe von etwa 21 m, einer ost-westlichen Breite von etwa 85 m und einer nord-südlichen Länge von etwa 170 m.<sup>3</sup>



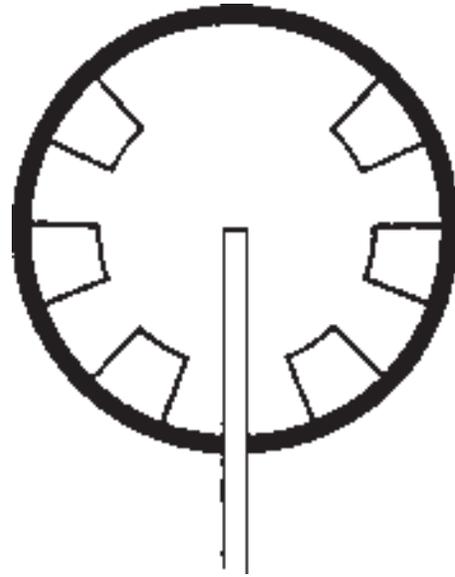
Schnitt durch den Hügel, auf dem die Sternwarte von Ulugh Beg stand.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 274-275.

<sup>4</sup> Nach K. Graff, a.a.O. S. 170 (Nachdruck, a.a.O. S. 364).



Darstellung der Beobachtung mit dem Sextanten der Sternwarte von Samarkand, nach G.A. Pugačenkova.



Grundriß des Turm-Fundamentes der Sternwarte von Samarkand.

Die erhaltenen Spuren führen zu dem Befund, daß wir es mit einem kreisförmigen Fundament im Durchmesser von ca. 46 m zu tun haben. Es wird vermutet, daß die Höhe des zylinderförmigen Gebäudes etwa 30 m über der Erde betrug. Die Berechnung stützt sich auf den Radius der in Meridianrichtung liegenden, nicht zu stark demolierten Skala, die zwischen zwei mit Stufen versehenen Kreisbögen liegt. Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des Fahr̄ritischen Sextanten mit einem Durchmesser von ca. 60 m. Der angenäherte Grundriß der Anlage vermittelt den Eindruck einer groß angelegten Sternwarte. Die im Observatorium von Samarkand verwendeten Instrumen-

te dürften hauptsächlich aus denjenigen bestanden haben, die Ġiyāṭaddīn al-Kāšī, einer der wichtigsten Gelehrten dieser Sternwarte, in seiner Schrift *Risāla dar šarḥ-i ālāt-i raṣad*<sup>5</sup> behandelt hat: «1. das Instrument mit den beiden Schenkeln, 2. das Instrument mit den Ringen, 3. der Äquatorialring, 4. die beiden Ringe, 5. der Sechstelkreis al-Fahr̄rī, 6. das Instrument zur Bestimmung von Azimut und Höhe, 7. das Instrument mit dem Sinus und dem Sinus versus, 8. das Instrument mit dem kleinen Ring bzw. den kleinen Ringen.»<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Ms. Leiden, Universitäts-Bibliothek, Or. 945 (fol. 12-13, 818 H., s. M.J. de Goeje, *Catalogus codicum orientalium Bibliothecæ Academiæ Lugduno-Batavæ*, Bd. 5, Leiden 1873, S. 245); hsg. von W. Barthold in: *Uluġbek i ego vremja*, in: *Mémoires de l'Académie des Sciences de Russie*, 8<sup>e</sup> série, vol. 13, no. 5, Petersburg 1918 (app. I ausgelassen in der deutschen Übersetzung von W. Hinz, *Uluġ Beg und seine Zeit*); E.S. Kennedy, *Al-Kāshī's Treatise on Astronomical Observational Instruments*, in: *Journal of Near Eastern Studies* (Chicago 108) 20/1961/98; s. noch A. Sayılı, *The Observatory in Islam*, a.a.O. S. 283.

S. noch Julius Smolik, *Die Timuridischen Baudenkmäler in Samarkand aus der Zeit Tamerlans*, Wien 1929, Abbildung No. 89; G.A. Pugačenkova, *Architektura komposicia observatorii Uluġbeka*, in: *Obščestvennye nauki v Uzbekistane* (Taschkent) 13/1969/30-42; Lisa Golombek und Donald Wilber, *The Timurid Architecture of Iran and Turan*, Princeton 1988, Bd. 1, S. 265-267, Bd. 2, No. 96.

<sup>6</sup> H.J. Seemann, *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha*, a.a.O. S. 17 (Nachdruck, a.a.O. S. 83).

## STERNWARTEN IM MOGULREICH VON INDIEN



### Allgemeines und die Sternwarte von Jaipur

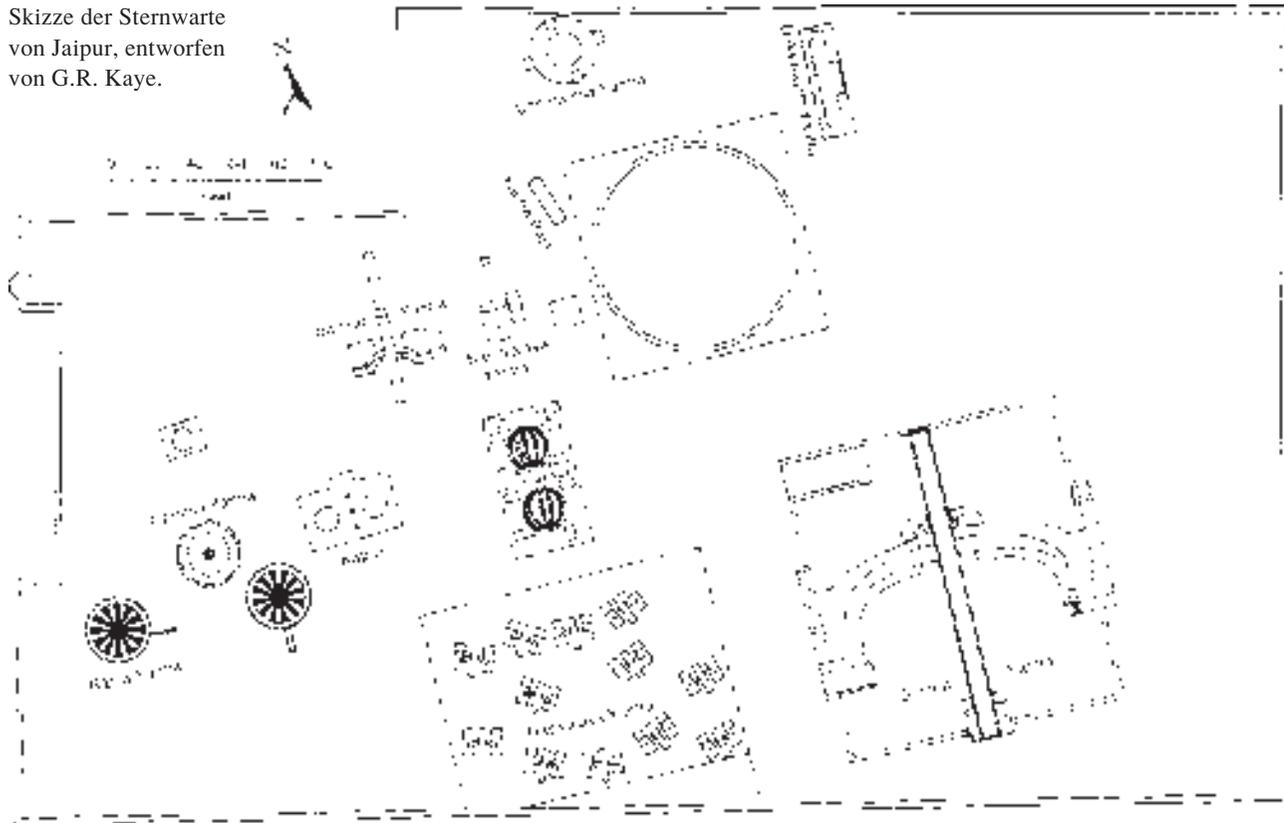
Unser Modell: Maßstab 1:100.  
Größe der Grundplatte 130 × 110 cm.  
Holz und Kunststoffe.  
(Inventar-Nr. A 5.02)

Die im timuridischen Samarkand von Sultan Ulug Beg und seinen Astronomen mit großer Akribie gepflegte Astronomie und mathematische Geographie verlagerte sich als Folge der Gründung des Mogulreiches durch Bābur im Jahre 932/1526 zusammen mit der politischen Macht nach Indien. Die dort bis in die Anfänge des 18. Jahrhunderts hinein entstandenen astronomischen Beobachtungsinstrumente und Ortstabellen sind als Fortsetzung der Arbeit der Samarkander Astronomenschule zu verstehen.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 10, S. 193 ff.

Diese von der Mitte des 16. Jahrhunderts an in Indien fortgeführten Arbeiten erreichten mit den intensiven und spektakulären Aktivitäten des Hindu-gelehrten und Staatsmannes Jai Sing Sawā'ī (1686-1743) ihren Abschluß. Angeregt durch den Ruhm der groß angelegten Sternwarte von Samarkand ließ er in Delhi, Jaipur, Benares, Ujjain (Ujjain) und Madura große Observatorien bauen, ausgestattet mit Instrumenten von gewaltigen Ausmaßen. Sie wurden zwischen 1722 und 1739 gegründet. Das erste entstand in Delhi und erhielt den Namen Jantar Mantar (entstellt aus Yantra-Mantra).

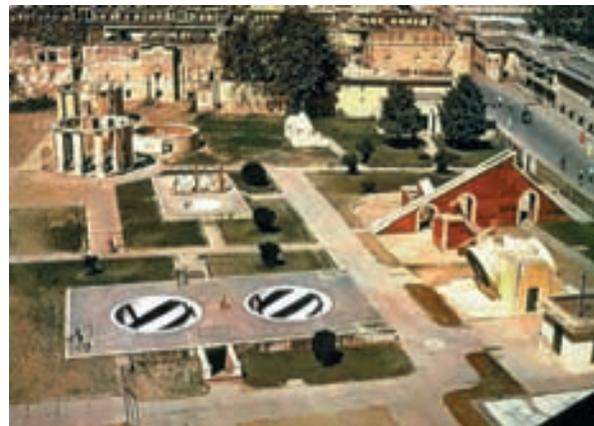
Skizze der Sternwarte von Jaipur, entworfen von G.R. Kaye.



Die vorzüglichen Studien von G.R. Kaye<sup>2</sup> und W. A. Blanpied<sup>3</sup> und unlängst für uns hergestellte Photographien haben es uns ermöglicht, Modelle der beiden Sternwarten in der Werkstatt unseres Institutes herzustellen.

<sup>2</sup> *The Astronomical Observatories of Jai Singh*, Calcutta 1918; ders., *A Guide to the Old Observatories at Delhi; Jaipur; Ujjain; Benares*, Calcutta 1920.

<sup>3</sup> *The Astronomical Program of Raja Sawai Jai Singh II and its Historical Context*, in: *Japanese Studies in the History of Science* (Tokio) 13/1974/87-126.



### Die wichtigsten Instrumente:

*Samrāt Yantra*, das größte aller Instrumente in den indischen Sternwarten, ist annähernd 27,50 m (90 Fuß) hoch und 44,80 m (147 Fuß) lang. Es ist eine äquinoktiale Sonnenuhr und besteht aus einem rechtwinkligen, meridional ausgerichteten Gnomon, verbunden mit zwei Quadranten, deren Radius je 17,50 m (49 Fuß und 10 Zoll) beträgt. Die allgemeine Struktur entspricht dem Instrument der Sternwarte von Delhi, aber mit verbesserter Konstruktion und größerer Skala. Unter den beiden Wänden ist jeweils unterirdisch ein Sextant eingebaut. Es ist jedoch fraglich, ob diese Sextanten überhaupt funktionsfähig waren. Die Sternwarte von Delhi hat an dieser Stelle nur einen Sextanten.



*Rāśivalaya Yantra*, das «Ekliptik-Instrument», besteht aus zwölf Sonnenuhren, von denen jede für ein Tierkreiszeichen bestimmt ist.

*Jai Prakāś* besteht aus zwei konkaven Halbkugeln mit Einschnitten, in deren inneren Flächen Höhen- und Azimutkreise, Rektaszensionen und Deklinationen markiert sind. Über die Kugeln sind kreuzweise Drähte gespannt, deren Schatten zur Bestimmung der Sonnenhöhe dienen. Die Sternwarte von Delhi besitzt zu diesem Zweck nur eine Halbkugel.



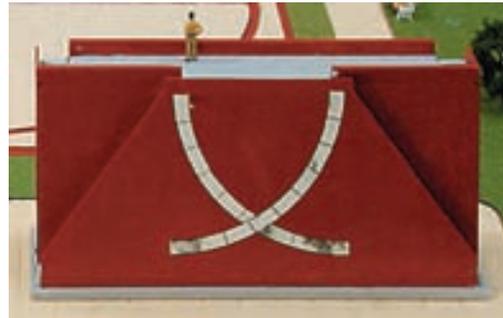
*Kapāla* besteht aus zwei vollständigen Halbkugeln im Durchmesser von 3,45 m (11  $\frac{1}{3}$  Fuß). Der Rand der einen stellt den Horizontkreis dar, der der anderen den solstitischen Kolor. Die innere Fläche des ersteren trägt Meridianlinien, die der anderen Rektaszensionen. Dieses Gerät fehlt in der Sternwarte von Delhi.

*Rām Yantra* entspricht einem zylindrischen Astrolabium mit orthogonaler Projektion. In der Mitte des oben offenen Instrumentes steht ein Pfeiler. Die inneren Flächen tragen Tangentenskalen zur Beobachtung von Höhen und Azimuten. Zwei große Instrumente dieser Art stehen in der Sternwarte von Delhi, vier kleinere in Jaipur. G.R. Kaye war der Meinung, daß drei der vier Instrumente nachträglich gebaut worden sind. Er hat deshalb nur eins in seine Übersichtsskizze aufgenommen.



*Digamśa Yantra* ist ein Instrument zur Ermittlung von Azimuten. Ähnliche Instrumente stehen in den Sternwarten von Ujjain und Benares. In Delhi fehlt es.

*Dakṣiṇovṛitti Yantra*, ein Doppelquadrant an einer Mauer, wie wir ihn von der Istanbuler Sternwarte her (dort No. II) kennen. Der Radius der Jaipurer Quadranten beträgt jeweils rund 6 m (20 Fuß).

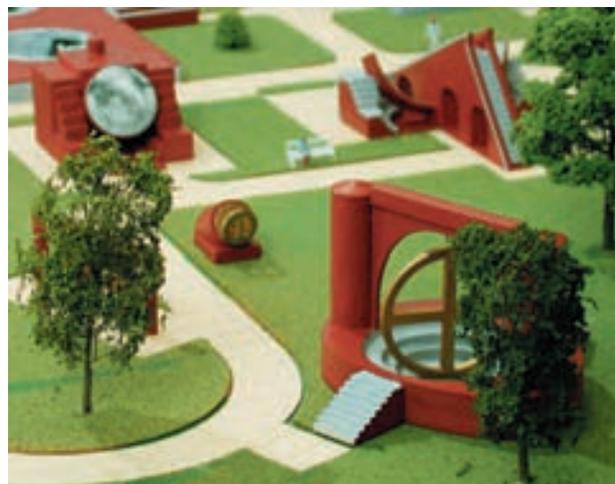


(Rückseite)



links: *Narivalaya Yantra*, eine zylindrische Mauer mit einem Durchmesser von ca. 3 m (10 Fuß), hat die Funktion einer Sonnenuhr.

rechts, unten: *Unnatāmśa Yantra*, ein graduierter Messingring mit einem Durchmesser von ca. 5,35 m (17 1/2 Fuß). Er hängt so, daß er sich um eine vertikale Achse drehen kann. (Oben rechts ein kleineres *Samrāt Yantra*)





Die Sternwarte  
**Jantar Mantar**  
 in Delhi

Unser Modell:  
 Maßstab 1:100.  
 Größe der Grundplatte 130 × 80 cm.  
 Holz und Kunststoffe.  
 (Inventar-Nr. A 5.01)

Sie ist die erste während der Mogulherrschaft in Indien errichtete Sternwarte (1134/1722) und enthält folgende Instrumente:

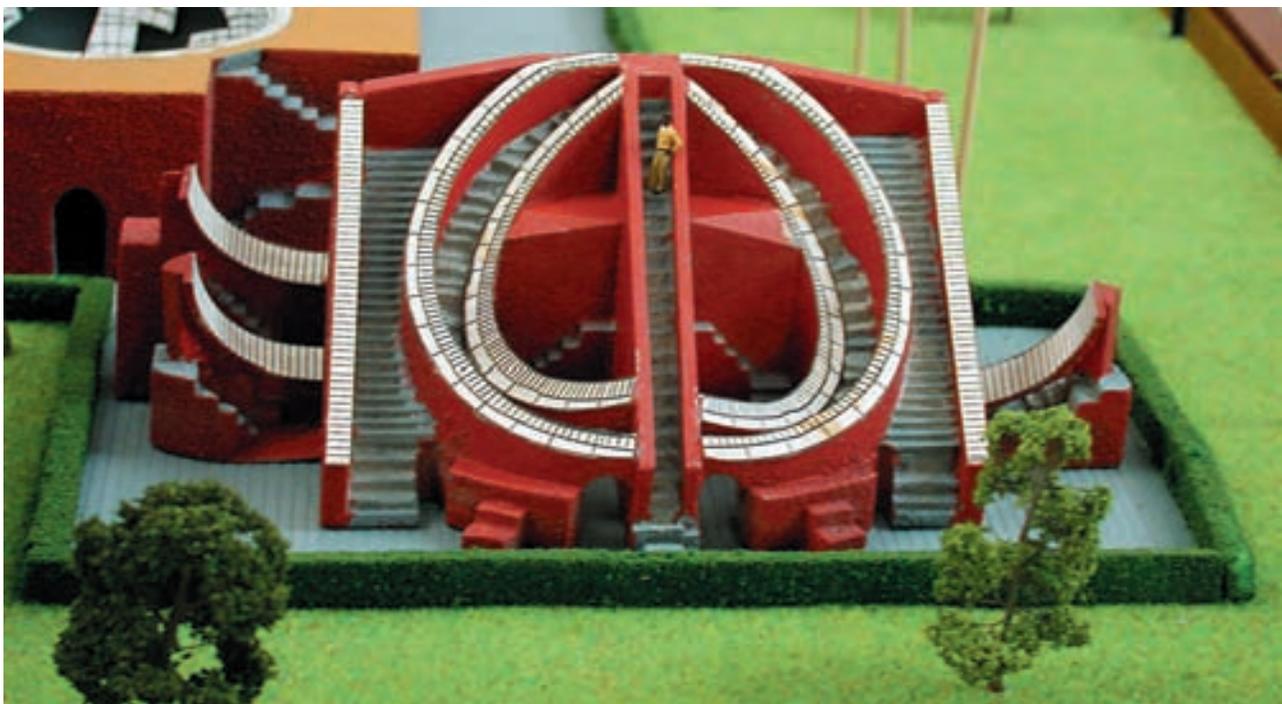


1. *Samrat Yantra*, entspricht dem gleichnamigen Instrument von Jaipur. Grundfläche ca. 38 m (125 Fuß) von Ost nach West, ca. 36,50 m (120 Fuß) von Nord nach Süd. Höhe ca. 20,75 m (68 Fuß), Radius der Quadranten ca. 15 m (49 ½ Fuß).



2. *Jai Prakas*, wie das gleichnamige Instrument in Jaipur.

3. *Rām Yantra*, vgl. mit dem gleichnamigen Instrument von Jaipur. Die Höhe der Wände und des Pfeilers entspricht dem inneren Radius des Gebäudes, gemessen vom Pfeiler zur Wand; sie beträgt ca. 7,50 m (24 Fuß und 6½ Zoll). Der Durchmesser des Pfeilers mißt ca. 1,60 m (5 Fuß und 3½ Zoll).



4. *Miśra Yantra*, im Nordwesten des *Samrāt Yantra* gelegen, heißt «gemischtes Instrument», da es in einem Gebäude vier verschiedene Instrumente vereint. Darunter sind ein Gnomon mit zwei graduierten Halbkreisen auf jeder Seite, ein weiterer graduierter Halbkreis zur Ermittlung der Meridi-

anhöhen (*Dakṣiṇovṛitti Yantra*, s. oben unter Jaipur) und ein breiter graduierter Kreis, der den Breitenkreis des nördlichen Wendekreises vertritt und eine Neigung von 5° zur Horizontebene von Delhi (28°37') aufweist.

# ASTRONOMISCHE INSTRUMENTE

## Über Fehler bei Meßinstrumenten

«Da man bei der Herstellung von Meßinstrumenten nicht die Genauigkeit erreichen kann, die einem vorschwebt, sei es in der Ebenmäßigkeit der Oberflächen oder beim Anbringen von Teilungen oder Löchern an der richtigen Stelle, so müssen bei diesen Dingen oder auch bei der Justierung Fehler entstehen. Fast bei jeder Konstruktion sind Ungenauigkeiten vorhanden, seien es sichtbare, seien es verborgene. Besteht das Instrument aus Holz, so verzieht es sich, besonders, wenn es an einer Stelle steht, die der Sonne und der Feuchtigkeit ausgesetzt ist. Je nach theoretischer Kenntnis, handwerklicher Erfahrung und Sorgfalt sind die Fehler größer oder kleiner. Hinzu kommt die Übung des Beobachters im Einrichten und im Messen, die Genauigkeit des Justiergerätes und anderes mehr. Wer nun glaubt, daß jedermann Messungen auf Befehl ohne vorherige Übung ausführen kann, und daß jedes Meßinstrument richtige Ergebnisse liefert, ist im Irrtum. Wer solche erzielen will, muß zunächst lange Zeit auf das Studium der Instrumente und die Übung im Messen verwenden, bis endlich seine Messung auf dem Wissen um die Genauigkeit seines Instrumentes und auf seiner Erfahrung im Messen beruht.»

Ibn Yūnus<sup>1</sup> (gest. 399/1009);  
Übersetzung nach Eilhard Wiedemann<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *Kitāb az-Zīg al-kabīr al-Hākīmī*, Auszüge hsg. und ins Französische übersetzt von A.-P. Caussin de Perceval in: *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autres bibliothèques* (Paris) 7, 12/1803-04/16-240, hier S. 80/81-82/83 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 24, Frankfurt 1997, S. 54-278, hier S. 118/119-120/121).

<sup>2</sup> *Zur islamischen Astronomie*, a.a.O. S. 122 (Nachdr. in: *Gesammelte Schriften*, Bd. 2, S. 906 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 92, S. 78).

## Astrolabium

Das Astrolab, das verbreitetste und populärste Instrument in der Geschichte der Astronomie, gelangte in den arabisch-islamischen Kulturbereich aus persischen, syrischen und weiteren Wissenschaftszentren im östlichen Mittelmeerraum, in denen vor dem Islam und in frühislamischer Zeit griechische Wissenschaften gepflegt wurden. In seiner einfachsten Form war es den Griechen, vermutlich schon im 2., vielleicht sogar schon im 4. Jh.v.Chr. bekannt. Mit seiner Erfindung werden die Namen Hipparchos (2. Jh.v.Chr.), Apollonios (2. Jh.v.Chr.) oder Eudoxos (4. Jh.v.Chr.) verknüpft. Auf jeden Fall erwähnt es Ptolemaios in seiner Schrift über die Projektion der Kugel­fläche in die Ebene.<sup>1</sup> Eine gewisse Entwicklung scheint das Astrolab auch in der Spätantike durchlaufen zu haben. Der Wissenschaftshistoriker Ibn an-Nadīm (4./10. Jh.) kannte eine Schrift von Theon von Alexandria (4. Jh. n.Chr.) über den Gebrauch des Astrolabs (*Kitāb al-ʿAmal bi-l-aṣṭurlāb*)<sup>2</sup>. Dies scheint mit einem Buch identisch zu sein, das im 2./8. Jh. unter dem Titel *Kitāb fī Dāt aṣ-ṣafāʾih wa-hiya l-aṣṭurlāb* als Werk von Ptolemaios übersetzt und als solches von dem Historiker al-Yaʿqūbī (3./9. Jh.) ausführlich beschrieben wurde.<sup>3</sup>

Das Astrolab selbst muß, wenn nicht schon im 1./7. Jahrhundert, dann in der ersten Hälfte des 2./8. Jahrhunderts im arabisch-islamischen Kulturkreis bekannt gewesen sein. Die uns bekannten arabischen Buchtitel, erhaltenen Fragmente und Bücher vermitteln den Eindruck, daß die im 2./8. und 3./9. Jahrhundert in der islamischen Welt entstandenen Bücher über Astrolabien zur Gestaltung eines sich zügig entwickelnden Schrifttums über angewandte Astronomie führten. Das in diesem Schrifttum erhaltene theoretische Element zeigt, daß wir den Beginn der kreativen Periode des arabisch-islamischen Kulturraumes in der Geschichte des Astrolabiums in der ersten Hälfte des 3./9. Jahrhunderts ansetzen können.

«Das Astrolab ist ein tragbares Instrument, das sich durch eine Art cardanischer Aufhängung genau vertikal einstellt. Sein einer Hauptbestandteil ist eine feste Scheibe, auf die der Horizont mit seinen Parallel- und Vertikalkreisen (Muqanṭara und Azimutalkreise) von einem Punkt aus, meist dem einen Weltpol, projiziert ist. Die Horizontlinie trennt die Scheibe in zwei Teile, in einen oberen mit den Projektionen der Muqanṭara- und Azimutalkreise, der der halben Himmelskugel über der Erde, und in einen unteren Teil, der der halben Himmelskugel unter der Erde entspricht. Auf diesem unteren Teil ist eine Reihe vom Mittelpunkt der Scheibe nach außen laufender Kreisbögen gezogen, die als Stundenlinien bezeichnet werden. Zu beachten ist, daß die Zählung der Stunden entsprechend der Gepflogenheit der Alten vom Aufgang der Sonne an beginnt. Der andere Hauptbestandteil des Instrumentes ist eine bewegliche Scheibe, die aber nicht massiv, sondern durchbrochen gearbeitet ist. Auf ihr sieht man die Projektion der Ekliptik (des Tierkreises), die, entsprechend der Zahl der Tierkreiszeichen, in 12 ihrerseits wieder in 30 Unterteile zerfallende Teile geteilt ist; außerdem sieht man die Projektionen einer Anzahl der größten und bekanntesten Fixsterne.»

«Die bewegliche Scheibe, Spinne oder Netz [*ʿankabūt* oder *ṣabaka*] genannt, ist um eine Achse in ihrem Mittelpunkt auf der festen Scheibe drehbar. Durch Drehen der Spinne kann man den täglichen Umlauf der Gestirne bei einem ruhenden gegebenen Horizont darstellen. Gibt man der Spinne eine besondere Stellung, so kann man für jeden der auf ihr befindlichen Sterne und Tierkreiszeichen, Sonne und im gewissen Sinne die Planeten mit eingeschlossen, die Höhe über dem Horizont, das Azimut unmittelbar auf der unter der Spinne befindlichen Scheibe ablesen und aus der Koinzidenz der Stelle des Tierkreises, in der die Sonne sich gerade befindet, beziehungsweise des dieser diametral gegenüberstehenden Punktes im Tierkreis mit den Stundenlinien die seit Sonnenaufgang bzw. -untergang verflossenen Stunden angeben ... »

«Mit dem Astrolab kann man die Sterne in diesen Hauptstellungen unmittelbar bestimmen. Man braucht nur nachzusehen, welches Gestirn bei der

<sup>1</sup> s. Josef Frank, *Zur Geschichte des Astrolabs*, Erlangen 1920 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 35, Frankfurt 1998, S. 1-33), S. 6.

<sup>2</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 102.

<sup>3</sup> s. ebd. Bd. 5, S. 173, 180.

betreffenden Lage der Spinne auf dem Ost- oder Westteil des Horizonts, auf dem oberen oder unteren Teil der Meridianlinie, die der senkrechte Durchmesser der Scheibe ist, liegt. Um der Spinne die Lage geben zu können, die der augenblicklichen Stellung der Himmelskugel entspricht, muß man eines der oben angeführten astronomischen Daten kennen, sei es z.B. die Höhe eines Sternes oder der Sonne über dem Horizont, sei es die Stunde, die seit Aufgang der Sonne verflissen ist. Man legt durch Drehung der Spinne den Stern auf die der Höhe entsprechende Muqanṭara, oder bei Angabe der Stunde, und zwar der der Nacht, die Stelle der Sonne im Tierkreis, und bei der des Tages den dieser Stelle diametral gegenüberliegenden Punkt auf die betreffende Stundenlinie. Die Spinne zeigt dann die verlangte Lage. Außer diesen wenigen angeführten Problemen kann eine ganze Reihe anderer astronomischer und astrologischer Aufgaben mit dem Astrolab mechanisch, fast ohne Rechnung, gelöst werden.»<sup>4</sup>

Die enorme Entwicklung in fachlicher, technischer, künstlerischer und literarischer Hinsicht, die dieses Hauptinstrument der arabisch-islamischen Astronomie über die Jahrhunderte hin erfahren hat, ist von der neuzeitlichen Forschung intensiver als die meisten anderen Themen der islamischen Wissenschaftsgeschichte behandelt worden.

Das gewöhnliche Astrolabium oder Planisphärium, arabisch *aṣṭurlāb musaṭṭah* oder *aṣṭurlāb saṭḥī*, besitzt eine bis neun Einlegescheiben (*ṣafīḥa*, pl. *ṣafā'ih*), die für die Breitengrade der Orte gelten, deren Horizontkoordinaten eingraviert sind. Die weiteren Teile heißen *'urwa* oder *ḥabs* = Griff; *ḥalqa* oder *'ilāqa* = Ring; *ḥuḡra*, *kuffa* oder *ṭauq* = der erhabene, kreisförmige Rand oder Limbus; *umm* = «Mutter», der Hauptteil des Instrumentes, in dem die Einlegescheiben und die Spinne liegen; *'ankabūt* oder *ṣabaka* = Spinne oder Netz; *waḡh* = die Innenseite der Mutter; *zahr* = «Rücken» der Mutter; *'idāda* = Alhidade, Diopter; *ṣaṭbatān* oder *ṣaṣīyatān* = die beiden Spitzen der Alhidade; *libna*, *daffa* oder *hadaf* = Absehe; *tuqbatān* = die beiden Visierlöcher der Absehe; *mihwar*, *quṭb* = Achse, Stift, der durch ein Loch in der Mitte der Mutter, der Einlegescheiben und der Spinne gesteckt wird

<sup>4</sup> Josef Frank, *Zur Geschichte des Astrolabs*, a.a.O. S. 4-5 (Nachdr., a.a.O. S. 4-5).

und diese zusammenhält; *faras* = «Pferd», ein Riegel, der durch ein Loch an der Spitze der Achse gesteckt wird und Scheiben und Spinne in der «Mutter» fixiert.<sup>5</sup>

Zu den Zeichen der fortgeschrittenen Entwicklung, die das Astrolab in der arabisch-islamischen Periode genommen hat, gehören seine zahlreichen Varianten. Die bis zur Wende des 4./10. zum 5./11. Jahrhundert bekannten Typen beschreibt Abu Raiḥān al-Bīrūnī in seinem Buch *Istī'āb al-wuḡūh al-mumkina*<sup>6</sup>, in dem er sich weitgehend auf ein Buch seines Lehrers Abū Sa'īd Aḥmad b. Muḥammad as-Siḡzī<sup>7</sup> (2. Hälfte 4./10. Jh.) stützt. Aus den bisherigen Untersuchungen der verschiedenen Arten von Astrolabien geht hervor, daß deren Entstehung mit dem Begriff des Mischastrolabs (*mizāḡ al-aṣṭurlāb*) in Verbindung steht. Dabei geht es um die Vereinigung der Eigenschaften des nördlichen und des südlichen Astrolabes in einem einzigen. Schon in der ersten Hälfte des 3./9. Jahrhunderts begnügten sich die Araber nach den Worten von J. Frank<sup>8</sup> «nicht mit der von ihren Vorgängern übernommenen Form, bei der der nördlich vom Wendekreis des Steinbocks gelegene Teil der Himmelskugel auf eine zum Himmelsäquator parallele Ebene oder auf ihn selbst vom Südpol aus projiziert wird. Sie zeichneten auch die stereographische Projektion des südlich vom Wendekreis des Krebses gelegenen Teils der Himmelskugel vom Nordpol auf die gleiche Ebene und nannten ein so entstandenes Astrolab das südliche, das andere das nördliche Astrolab. Wann das südliche entstanden ist, läßt sich nicht mehr nachweisen, jedenfalls aber schon vor Farḡānī, der auch für dieses Astrolab die Theorie gibt.»

al-Bīrūnī<sup>9</sup> beschreibt die Varianten des nördlichen und südlichen Astrolabes in seinem Buch im Kapitel *kaifīyat ḡam' nau'ai l-aṣṭurlāb aṣ-šimālī wa-l-ḡanūbī wa-mizāḡ aṣḡālīhā ba'dihā bi-ba'd*.

<sup>5</sup> Franz Woepcke, *Über ein in der Königlichen Bibliothek zu Berlin befindliches arabisches Astrolabium*, Berlin 1858, S. 1-3 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 86, S. 3-5).

<sup>6</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 268.

<sup>7</sup> Ebd. S. 225-226.

<sup>8</sup> *Zur Geschichte des Astrolabs*, a.a.O. S. 8 (Nachdr. S. 8).

<sup>9</sup> *Istī'āb al-wuḡūh al-mumkina*, Hds. Istanbul, Ahmet III, 3505 (nicht paginiert).

Sie sind «nach den Gegenständen benannt, an die die Gestalt der Spinne insbesondere die des Tierkreises erinnert. Die äußere Form des Astrolabs unterscheidet sich dabei nicht von der des gewöhnlichen Astrolabs»<sup>10</sup>.

Die von al-Bīrūnī beschriebenen Varianten sind: *al-aṣṭurlāb al-muṭabbal* (das trommelförmige Astrolab, rechts im folgenden Bild), *al-aṣṭurlāb al-āsī* (das myrtenförmige Astrolab, links im Bild), hier Abbildungen ihrer Spinnen oder Reten:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Ahmet III, 3505.

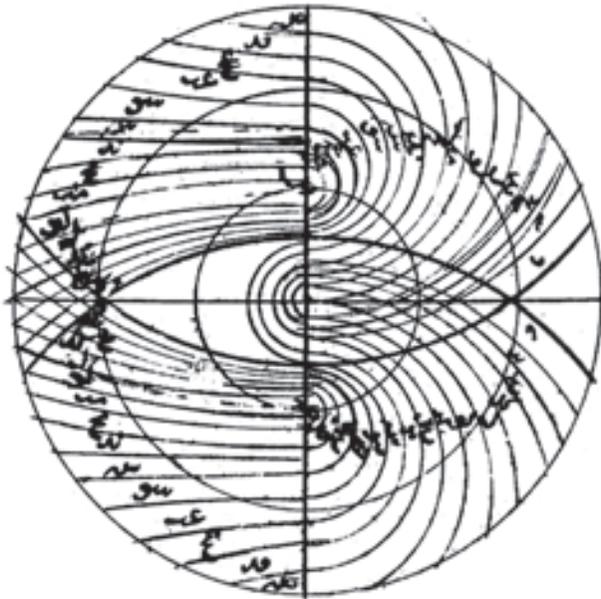
*al-aṣṭurlāb al-musartan*  
(das krebsförmige Astrolab) hat folgende Rete:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Carullah 1451, fol. 23a.

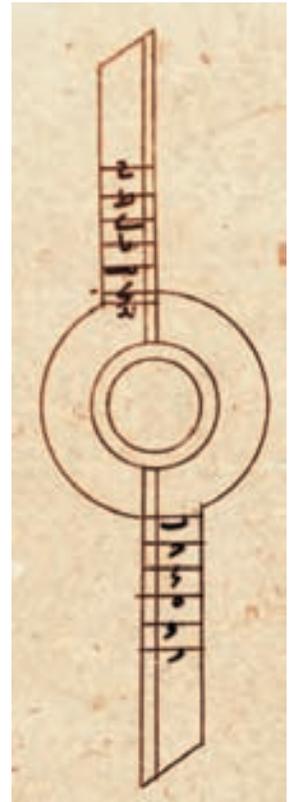
<sup>10</sup> J. Frank, *Zur Geschichte des Astrolabs*, a.a.O. S. 9 (Nachdruck S. 9).

Die Höhenkreise des krebsförmigen Astrolabes:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Ahmet III, 3505.

*al-aṣṭurlāb al-miṣṭarī* (das linealförmige Astrolab) hat folgende Rete:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Carullah 1451.

*al-aṣṭurlāb az-zauraqī* (das schiffsförmige Astrolab) hat folgende Rete:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Carullah 1451, fol. 29b.

*al-aṣṭurlāb aṣ-ṣalībī* (das kreuzförmige Astrolab) hat folgende Rete:



al-Bīrūnī, *Istī'āb*, Ms. Carullah 1451, fol. 30b.

*al-aṣṭurlāb al-laulabī* (das spiralförmige Astrolab) hat folgende Rete:

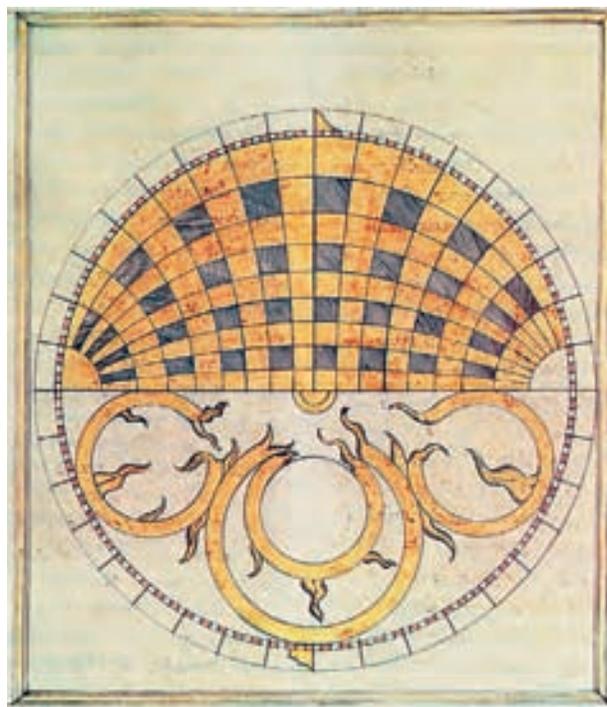


Bīrūnī, *Istī‘āb*, Ms. Oxford, Bodl., Marsh 701, fol. 274b.

Weniger als ein Vierteljahrhundert nach dem Tod von al-Bīrūnī (gest. 440/1048) kam es zur Erscheinung universeller Astrolabien, die nicht mehr mit Einlegescheiben versehen waren, welche nur nach dem Bedarf bestimmter Breitengrade angefertigt waren. Den ersten bekannten Schritt in diese Richtung tat Abu l-Ḥasan ‘Alī b. Ḥalaf. Das Astrolab, das seinen Namen trägt, wurde in späteren Jahrhunderten *šakkāzīya* genannt. Wir kennen die Rete des Instrumentes<sup>11</sup> durch eine Abbildung in den *Libros del saber de astronomía*:

<sup>11</sup> *Astronomical Instruments in Medieval Spain*, Santa Cruz de la Palma 1985, S. 90; *El legado científico Andalús*. Museo Arqueológico Nacional, Madrid 1992, S. 235; Emilia Calvo, *La lámina universal de ‘Alī b. Jaḥaf (s. XI) en la versión Alfonsí y su evolución en instrumentos posteriores*, in: «Ochava espera» y «astrofísica». *Textos y estudios sobre las fuentes árabes de la astronomía de Alfonso X.*, ed. Mercè Comes, Honorino Mielgo y Julio Samsó, Barcelona 1990, S. 221-231.

aus *Libros del saber de astronomía*.



Die obere Hälfte der Rete bildet ein Netz von Muqanṭaraten und Azimutkreisen, die untere Hälfte trägt Sternpositionen. Einzelheiten über das Instrument von ‘Alī b. Ḥalaf erfahren wir aus der kastilischen Übersetzung seines Traktates in den *Libros del saber de astronomía*.<sup>12</sup>

Die Astronomiegeschichte kennt ein weiteres Astrolab mit gleicher Projektion, das ungefähr zur selben Zeit in Andalusien entstand und unter dem Namen des großen Astronomen Ibrāhīm b. Yahyā az-Zarqālī (oder Zarqāllū, 2. Hälfte 5./11. Jh.) bekannt ist. Sein in der arabisch-islamischen Welt als *ṣafiha zarqāliya* und in der neuzeitlichen Forschung als Universalscheibe bekanntes Astrolab wird ebenfalls ausführlich in den *Libros del saber de astronomía* beschrieben. Dort ist az-Zarqālī’s Traktat in kastilischer Übersetzung aus der dem

<sup>12</sup> Ed. Manuel Rico y Sinobas, Bd. 3, Madrid 1864, S. 1-132; Emmanuel Poulle, *Un instrument astronomique dans l’occident latin, la «saphea»*, in: *Studi Medievali* (Spoleto), serie terza 10/1969/491-510.

Herrscher al-Mu‘tamid b. ‘Abbād (reg. 461/1068-484/1091) gewidmeten Originalversion wiedergegeben<sup>13</sup> (s.u.S. 118).

Az-Zarqālī’s Astrolab «besteht nur aus einer einzigen Scheibe, auf die der Himmelsäquator und die Ekliptik mit ihren Parallel- und Vertikalkreisen vom Anfangspunkt des Widders oder der Wage aus auf die Ebene des Solstitialkolurs projiziert sind. Da der Widderpunkt bzw. Wagepunkt zugleich der Ost-, Westpunkt eines jeden Horizonts ist, gilt die Scheibe für alle Breiten. Der Horizont selbst projiziert sich als eine durch das Projektionszentrum gehende gerade Linie, die durch ein um den Mittelpunkt drehbares und mit Teilungen versehenes Lineal dargestellt wird. Mit Hilfe der Gradteilung auf dem Rand der Scheibe kann dem Lineal jede Lage gegeben werden entsprechend der Stellung, die der Horizont auf der Himmelskugel gegenüber dem Äquator einnimmt. Der Rücken ist im allgemeinen der des gewöhnlichen Astrolabs, nur befindet sich auf ihm noch ein kleiner Kreis, durch den der Lauf des Mondes dargestellt werden kann.»<sup>14</sup>

Nicht so sehr von der Schrift und dem Astrolab des ‘Alī b. Ḥalaf, sondern von az-Zarqālī’s Traktat und seinem Instrument ging eine große Nachwirkung auf die weitere Entwicklung des Astrolabs aus. Die Tragweite dieser Nachwirkung auf das astronomische Schrifttum und auf die Kunst des Astrolabienbaus hat Emmanuel Poulle<sup>15</sup> in seiner Untersuchung über *Un instrument astronomique dans l’occident latin, la «saphea»* ausgezeichnet zutage gefördert. Die Nachwirkung dauerte vom Beginn des 13. Jahrhunderts bis ins 16. Jahrhundert hinein, was bedeutet, daß Europa az-Zarqālī’s Universal-

scheibe und seine Schrift darüber bereits mehr als ein halbes Jahrhundert kannte, bevor diese in Alfons X. *Libros del saber de astronomía* Eingang fand. Zu den jüngsten und künstlerisch feinsten Exemplaren dieser Art Astrolabien, die in Europa hergestellt wurden, gehören diejenigen von Walter Arsenius (um 1570), Erasmus Habermel (um 1585) und John Blagrave<sup>16</sup> (um 1585), von denen die beiden ersten in unserem Museum in Modellen vertreten sind (s.u.S. 113f.). In diesem Zusammenhang sei an die wichtige Feststellung von Emmanuel Poulle<sup>17</sup> erinnert, daß das praktische Interesse an diesen Astrolabien in Europa keineswegs darauf gerichtet war, zu astronomischen Beobachtungen oder präzisen Berechnungen beizutragen.

Auch im arabisch-islamischen Kulturkreis hatte die Universalscheibe eine recht große Nachwirkung. Deren Tragweite, sowohl literarisch als auch praktisch, hat Emilia Calvo Labarta in ihrer Untersuchung und Edition der *Risālat aṣ-ṣafīha al-ġāmi‘a* von al-Ḥusain b. Bāṣuh (gest. 716/1316), die eine ausführliche Beschreibung des Instrumentes enthält, veranschaulicht.<sup>18</sup>

Die geschilderte Entwicklung führte zur Entstehung des Astrolabiums von Aḥmad b. Abī Bakr Ibn as-Sarrāġ (gest. um 730/1330), der in Syrien wirkte. Sein Instrument vereinigt in sich die Vorteile eines konventionellen Planisphäriums mit denen der universalen Scheibe und verkörpert darüber hinaus die höchste mathematisch-astronomische Qualität, die das Astrolab je in Ost und West erreicht hat (s.u.S. 119).

Schließlich seien noch zwei weitere Arten des Astrolabs erwähnt, die im arabisch-islamischen Kulturkreis entwickelt wurden. Das eine ist das sphärische Astrolab, das andere das Linearastrolab. Die Entstehung des sphärischen Astrolabs können wir bis zur zweiten Hälfte des 3./9. Jahrhunderts hinauf verfolgen. Es wird angenommen, daß es von Ġābir b. Sinān al-Ḥarrānī<sup>19</sup> erfunden wurde. Ihm folgten

<sup>13</sup> Ed. Manuel Rico y Sinobas, Bd. 3, Madrid 1864, S. 135-237; vgl. José M. Millás Vallicrosa, *Un ejemplar de azafea árabe de Azarquiel*, in: *Al-Andalus* (Madrid und Granada) 9/1944/111-119 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 40, Frankfurt 1998, S. 233-243).

<sup>14</sup> J. Frank, *Zur Geschichte des Astrolabs*, a.a.O. S. 32 (Nachdr. S. 32); s. noch C. A. Nallino, *Aṣṭurlāb*, in: *Enzyklopädie des Islām*, Bd. 1, Leiden 1913, S. 521-522 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 87, Frankfurt 1998, S. 363-365, bes. S. 364-365); D. King, *On the Early History of the Universal Astrolabe in Islamic Astronomy, and the Origin of the Term Shakkāziya in Medieval Scientific Arabic*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 3/1979/244-257.

<sup>15</sup> in: *Studi Medievali* (1969), a.a.O.

<sup>16</sup> s. R. T. Gunther, *The Astrolabes of the World*, Oxford 1932, S. 492 ff.

<sup>17</sup> *Un instrument astronomique*, a.a.O. S. 150.

<sup>18</sup> Abū ‘Alī al-Ḥusayn ibn Bāšo (m. 716/1316), *Risālat al-ṣafīha al-ġāmi‘a li-ġāmi‘ al-‘urūd* (*Tratado sobre la lámina general para todas las latitudes*), ed., trad. y estudio Emilia Calvo Labarta, Madrid 1993, S. 27-32.

<sup>19</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 162.

nach kurzer Zeit mehrere Astronomen wie Ḥabaš al-Ḥāsib (lebte noch um 300/912)<sup>20</sup>, Qusṭā b. Lūqā (gest. um die Wende vom 3./9. Jh. zum 4./10. Jh.)<sup>21</sup> und al-Faḍl b. Ḥātim an-Nairīzī (frühes 4./10. Jh.)<sup>22</sup> sowie spätere Gelehrte wie Abu r-Raiḥān al-Bīrūnī (gest. 440/1048)<sup>23</sup> und Abu l-Ḥasan al-Marrākušī (2. Hälfte 7./13. Jh.). Auch diese Art des Astrolabs erfuhr im arabisch-islamischen Kulturraum eine Jahrhunderte lange Entwicklung. Den außerspanischen Gelehrten in Europa scheint sie dagegen entweder nicht zu Kenntnis gekommen oder von diesen nicht beachtet worden zu sein. Die Konstruktion des sphärischen Astrolabs und der Umgang damit wird im Zusammenhang mit den nachgebauten Modellen behandelt werden (s.u.S. 120-133). Was das Linearastrolab betrifft, das wir auch an Hand eines Modells besprechen werden (s.u.S.134), so stellt es im Prinzip nichts anderes als den Versuch dar, Beobachtungen, die normalerweise mit dem planisphärischen Astrolabium gemacht werden, mit Hilfe eines Rechenlineals zu erreichen. Der Gelehrte, der diesen Versuch unternahm, war Šarafaddīn al-Muzaffar b. Muḥammad aṭ-Ṭūsī (gest. um 610/1213), dem auch in der Geschichte der Mathematik eine bedeutende Stellung zukommt.<sup>24</sup> Abschließend sei hier das vergleichende Urteil über Astrolabien aus dem arabisch-islamischen Kultur-

kreis und solchen aus Europa mitgeteilt, zu dem ein junger, unvoreingenommener Forscher während seiner Arbeit über *Die Astrolabiensammlungen des Deutschen Museums und des Bayerischen Nationalmuseums*<sup>25</sup> gelangt ist: «Die Betrachtung der islamischen Stücke belegt die mich beeindruckenden Fortschritte des islamischen Instrumentenbaus und die technologische Innovationskraft der islamischen Instrumentenbauer. Die islamischen Instrumente erweisen sich stets als Stücke, die höchste astronomische Brauchbarkeit und gleichsam elegante künstlerische Anmut in sich vereinen. Die Untersuchung der islamischen Astrolabien fördert nur wenige Exponate zutage, auf die diese generelle Aussage nicht zutrifft.» «Den europäischen Astrolabien fehlt demgegenüber eine konstant über Jahrhunderte hinwegführende hohe Qualität. Einige europäische Instrumente bezeugen ein hohes Niveau im Astrolabienbau. Andere Stücke, die den astronomisch niveauvollen Exemplaren in handwerklicher Ausführung oft in nichts nachstehen, belegen hingegen ein elementares astronomisches Unverständnis ihrer Schöpfer. Dies spiegelt den in Europa uneinheitlichen Stand in der Überlieferung astronomischen Wissens und die Unvollständigkeit der Übermittlung dieses Wissens aus dem mittelalterlichen islamischen Kulturbereich wider.»



<sup>20</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. S. 173-175.

<sup>21</sup> Ebd. S. 180-182.

<sup>22</sup> Ebd. S. 191-192.

<sup>23</sup> Ebd. S. 261-276.

<sup>24</sup> Ebd. Bd. 5, S. 399.

<sup>25</sup> verfaßt von Burkhard Stautz, München: Deutsches Museum 1999, S. 5.



Das  
**Astrolab**  
von Naṣṭūlus

Naṣṭūlus mit den Namen Muḥammad b. Muḥammad (oder 'Abdallāh) scheint im letzten Viertel des 3./9. und im ersten Viertel des 4./10. Jahrhunderts gelebt zu haben.<sup>1</sup> Er gehörte zu den bekanntesten Astrolabienbauern seiner Zeit und soll auch der Erfinder der sogenannten Finsternisscheibe (*aṣ-ṣafīḥa al-kusūfīya*) gewesen sein. Sein berühmtes Astrolab war im vergangenen Jahrhundert im Besitz von Alain Brieux in Paris.<sup>2</sup> Inzwischen ist ein weiteres Astrolab aus der ersten Hälfte des 4./10. Jahrhunderts bekannt geworden, dessen Mutter von

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 178-179, 288.

<sup>2</sup> Fr. Maddison, A. Brieux, *Baṣṭūlus or Naṣṭūlus? A Note on the Name of an Early Islamic Astrolabist*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 24/1974/157-160; D.A. King, *A Note on the Astrolabist Naṣṭūlus/Baṣṭūlus*, in:

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Mater mit Bügel und Aufhänger  
im Durchmesser von 170 mm.  
Eine Einlegescheibe.  
(Inventar-Nr. A 2.25)



Naṣṭūlus zu stammen scheint. Sein Erbauer wird im Katalog des Museums für Islamische Kunst in Kairo Naṣṭūlus al-Wāsiṭī genannt.

Das hier beschriebene Astrolab befindet sich heute im Besitz des Islamischen Archäologischen Museums in Kuwait.<sup>3</sup> Es wurde im Jahre 315/927 angefertigt, hat einen Durchmesser von 173 mm und eine Stärke von 4 mm. Es besitzt eine einzige Einlegescheibe, deren eine Seite mit 33° für Bagdad und die andere Seite für einen Ort mit der Breite 36° vorgesehen ist. Die Rete zeigt 17 Fixsterne.

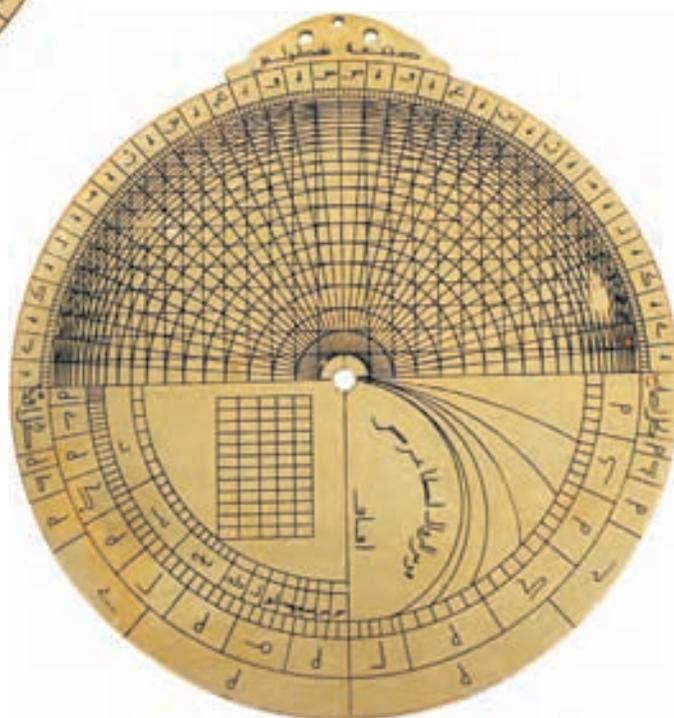
*Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 28/1978/117-120.

<sup>3</sup> D.A. King, *Early Islamic Astronomical Instruments in Kuwaiti Collections*, in: *Kuwait Art and Architecture. A Collection of Essays*, Kuwait 1995, S. 77-96, bes. S. 79-83.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Mater im Durchmesser von 130 mm.  
Ohne Rete, Alidade und Einlegescheiben.  
(Inventar-Nr. A 2.26)

Das zweite  
**Astrolab**  
von Nasṭūlus



Vom gleichen Nasṭūlus (Muḥammad b. Muḥammad oder ‘Abdallāh) ist im Museum für Islamische Kunst in Kairo ein Teil eines weiteren Astrolabs erhalten. Er besteht aus der «Mutter» (*umm*) zusammen mit dem Rand (*huḡra*) und dem «Thron» (*kursī*). Auf der Innenseite des *kursī* ist der Name Nasṭūlus eingraviert. Es überrascht bei diesem Astrolab, daß die Namen von 64 Städten mit ihren Breitengraden auf der Innenfläche der *umm* eingetragen sind. Der Durchmesser beträgt 13 cm.

David A. King, Paul Kunitzsch, *Nasṭūlus the Astrolabist once again*, in: Archives internationales d’histoire des sciences (Paris) 33/1983/342-343; D. King, *Bringing Astronomical Instruments back to Earth – The Geographical Data. On Medieval Astrolabs (to ca. 1100)*, in: *Between Demonstration and Imagination. Essays in the History of Science and Philosophy Presented to John D. North*, Leiden 1999, S. 1-53, bes. S. 10, 29-30.



## Astrolab

von Ḥāmid b. ‘Alī al-Wāsiṭī

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Mater mit Bügel und Aufhängerring  
im Durchmesser von 111 mm.  
Eine Einlegescheibe.  
(Inventar-Nr. A 2.27)

Der Astronom Abu r-Rabī‘ Ḥāmid b. ‘Alī aus al-Wāsiṭ scheint in der ersten Hälfte des 4./10. Jahrhunderts gelebt zu haben. Der bekannte Astronom ‘Alī b. ‘Abdarrahmān Ibn Yūnis<sup>1</sup> (gest. 390/1009) bezeichnete ihn und ‘Alī b. ‘Īsā al-Aṣṭurlābī als die beiden bedeutendsten Astrolabienbauer. In seinem erhaltenen Traktat über den Gebrauch des sphärischen Astrolabiums betont Ḥāmid al-Wāsiṭī die Vorzüge dieser Art Astrolab gegenüber dem planisphärischen.<sup>2</sup>

Von seinen Astrolabien ist im Kairiner Museum für islamische Kunst (Inv. No. 15354) eine Mater erhalten. Eine Rete ist leider untrennbar an der Mater angebracht worden, so daß man die Innenseite der letzteren nicht genau betrachten kann. Die Rete scheint aus dem 8./14 Jahrhundert zu stammen. Die Mater trägt auf drei Vierteln ihrer Rückseite die Namen der Tierkreiszeichen in arabischer Schrift und dazu deren Symbole, die als *ḥudūd al-Miṣrīyīn* bezeichnet werden. Das letzte Viertel zeigt einen Sinusquadranten. Ihr Durchmesser beträgt 11 cm.

<sup>1</sup> s. A.P. Caussin de Perceval, *Le livre de la grande table Hakémite, observée par ... ebn Younis*, in: *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autres bibliothèques* (Paris) 7<sup>e</sup> sér. 12/1803-04/16-240, bes. S. 55 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 24, Frankfurt 1997, S. 54-278, bes. S. 93), vgl. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 207.

<sup>2</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 207.



## Astrolab

Gebaut in Anlehnung an ein Original, das um 340/950 von Aḥmad b. Ḥalaf hergestellt wurde. Laut Inschrift war es für Ġaʿfar b. (ʿAlī) al-Muktafī (geb. 294/906, gest. 377/987), einen Sohn des abbasidischen Kalifen al-Muktafī (gest. 295/908), angefertigt worden.

Dieses Astrolab hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem für Papst Sylvester II. (380/990, s.u.S. 94) angefertigten oder ihm zugeschriebenen Astrolabium.

(Original in der Bibliothèque Nationale, Paris, Ge.A.324)

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhänger  
 im Durchmesser von 130 mm.  
 4 Einlegscheiben für die Breiten  
 21°/24°; 30°/31°; 34°/36°; 37°/39°.  
 Rete mit 17 Sternspitzen.  
 Doppelzeiger mit Absehe auf der Rückseite.  
 (Inventar-Nr. A 2.14)

Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 230, Nr. 99; Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 37.



## Das Astrolab von al-Ḥuḡandī

Das von dem großen Astronomen und Mathematiker Abū Maḥmūd Ḥāmid b. al-Ḥidr al-Ḥuḡandī<sup>1</sup> (2. Hälfte 4./10. Jh.) im Jahre 374/984 gebaute Astrolab dürfte das schönste und interessanteste unter den ältesten erhaltenen Astrolabien sein. Wir kennen daneben das von ihm erfundene «umfassende Instrument» (*al-āla aš-šāmila*, s.u.S. 151) und wir wissen von dem großen Sextanten mit ca. 20 Meter Durchmesser, den er in Raiy (im Süden des heutigen Teheran) gebaut hat um festzustellen, ob die Neigung der Erdachse veränderlich oder konstant ist (s.o.S. 7).

Außer der Mutter und der Rete besitzt das Astrolab fünf Einlegescheiben für die Breiten 21° (Mekka), 27° (al-Qulzum oder Hormoz?), 30° (Kairo), 33° (Baḡdād), 36° (Raiy?) und 39° (Buchara?). Eine weitere Scheibe wurde für die Breite 66°17' eines Ortes mit dem längstmöglichen Tageslicht von 24 Stunden angefertigt. Eine weitere zusätzliche

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 5, S. 307-308; Bd. 6, S. 220-222.

Scheibe war zu astrologischem Zweck (*maṭraḥ aš-šū'ā'*) und für die Breite von Baḡdād (33°) vorgesehen.

Das Astrolab befand sich im Jahre 1929 im Besitz der Familie Moradoff. Nachdem R.T. Gunther<sup>2</sup> es irrtümlich im Jahre 1932 als ein im Jahre 778/1376 von einem Aḥmad b. al-Ḥidr an-Naḡdī hergestelltes Astrolab beschrieben hatte, verschwand es in unbekanntem Besitz. Im Jahre 1956 konnte L.A. Mayer<sup>3</sup> nichts mehr über seinen Verbleib feststellen. Nach einer gewissen Zeit gelangte das Instrument nach Paris und wurde von Marcel Destombes<sup>4</sup> richtig identifiziert. Es befand sich im Besitz von Alain Brieux und ging später in den Besitz von Ġāsim al-Ḥumaizi in Kuwait über. Zur Zeit soll es sich im National Museum von Qaṭar befinden.<sup>5</sup>

<sup>2</sup> *The Astrolabes of the World*, a.a.O. S. 245.

<sup>3</sup> *Islamic Astrolabists*, a.a.O. S. 45 (Nachdr., a.a.O. S. 179).

<sup>4</sup> *Un astrolabe carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 15/1962/3-45, bes. S. 16 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 96, 1998, S. 401-447, bes. S. 418), s. noch D.A. King, *Early Islamic Astronomical Instruments in Kuwaiti Collections*, a.a.O. S. 83-89.

<sup>5</sup> Photographien des Astrolabs verdanke ich Herrn Kollegen David King.



## Astrolab

In Anlehnung an eine katalanische Vorlage aus dem 10. Jahrhundert n. Chr.

Es handelt sich um das älteste lateinische Astrolabium, das als Nachbau eines arabischen Vorbildes entstanden ist. Bemerkenswert ist, daß die lateinische Beschriftung eine Transkription ursprünglich arabischer Buchstaben Zahlen darstellt. Auf den Einlegescheiben sind es die Zahlen der Breitengrade, in der Mater ist es die zwölf-Stunden-Teilung.

Marcel Destombes, *Un astrolabe carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, in: Archives internationales d'histoire des sciences (Paris) 15/1962/3-45 (Nachdruck in: Islamic Mathematics and Astronomy, Bd. 96, Frankfurt 1998, S. 401-447); David King, *Medieval Astronomical Instruments: A Catalogue in Preparation*, in: Bulletin of the Scientific

Unser Modell:

Messing, graviert.

Mater mit Bügel und Aufhängering,

Durchmesser: 152 mm (mit Gravur 36. Breitengrad).

2 Einlegescheiben für die Breiten

39°/41°30'; 45°/47°30'.

Rete mit 20 Sternspitzen.

Doppelzeiger mit Absehe auf der Rückseite.

Kalendarien und Schattenquadrant.

Lateinische Beschriftung.

(Inventar-Nr. A 2.18)

(Original im Institut du Monde Arabe, Paris)

Instrument Society (Pershore, England) 31/1991/3-7; Paul Kunitzsch und Elly Dekker, *The Stars on the Rete of the so-called «Carolingian Astrolabe»*, in: *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, Barcelona 1996, Bd. 2, S. 655-672.

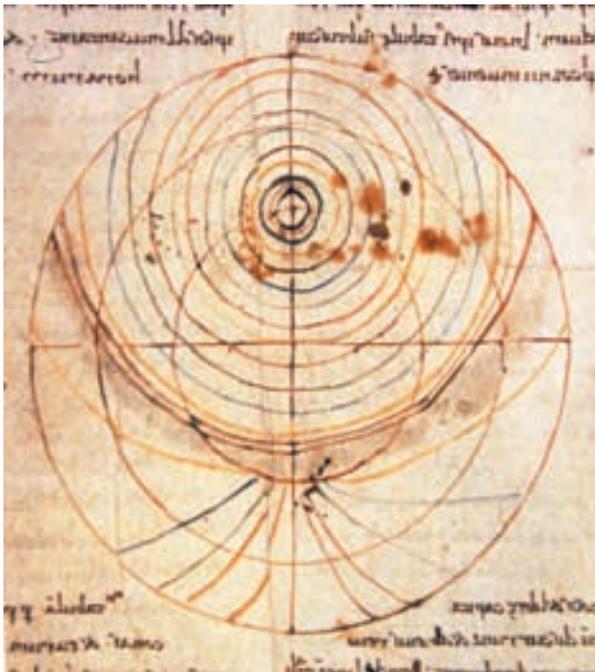


## Astrolab

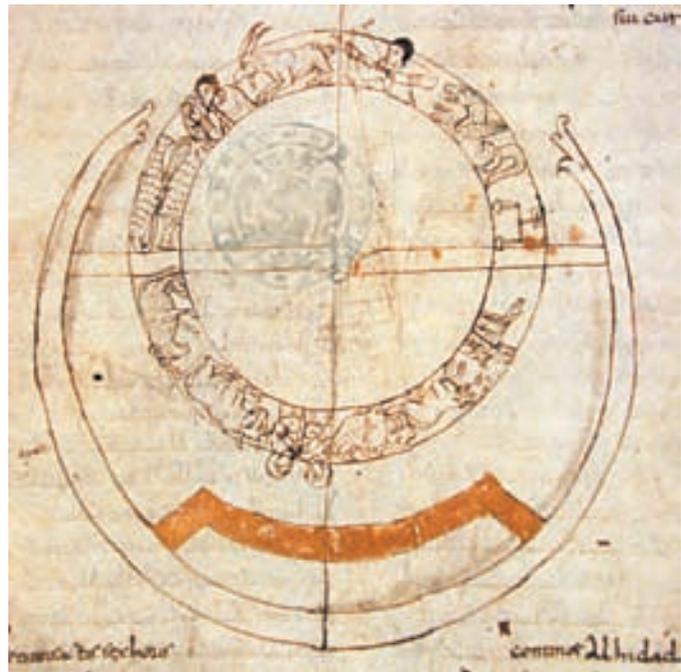
Unser Modell wurde nach den Abbildungen im Traktat *Sententiæ astrolabii* des Lupitus von Barcelona (Handschrift in der Bongarsiana Burgerbibliothek Bern, Cod. 196) gebaut. Dieser entstand als teilweise Adaptation und teilweise freie Bearbeitung der arabischen Vorlage, dem Büchlein von Muḥammad b. Mūsā al-Ḥwārizmī (wirkte unter dem Kalifen al-Ma'mūn, reg. 198/813-218/833) über das Astrolab. Die auf der Rete erscheinenden 27 Sternnamen sind bis auf zwei arabisch in lateinischer Schrift, ebenso die Namen der Linien un-

gleicher Stunden. Es ist interessant, daß die 360-Gradskala auf dem Limbus dreifach ausgeführt wird: In arabischen Buchstabenzahlen, deren lateinischer Transkription und in lateinischen Zahlen. Der Kalenderkreis (365 Tage) auf der Rückseite ist hingegen nur in arabischen Buchstabenzahlen (wenn auch nicht einwandfrei) ausgeführt. In der Handschrift sind zwei Einlegescheiben (je Vorder- und Rückseite, für die Klimata 3, 4, 5 und 6) beschrieben.

Unser Modell:  
 Messing, geätzt.  
 Durchmesser: 135 mm, Stärke: 5 mm  
 (Inventar-Nr. A 2.29)  
 Gebaut von M. Brunold (Abtwil, Schweiz)



Fol. 1a

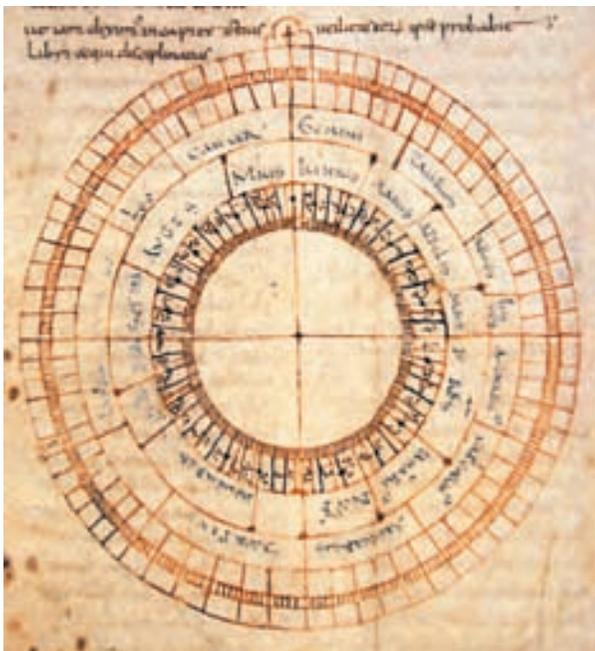


2b

Illustrationen aus dem Cod. 196,  
Burgerbibliothek Bern.  
(Fleury? Ottonisch, um 390/1000)



7a



3b



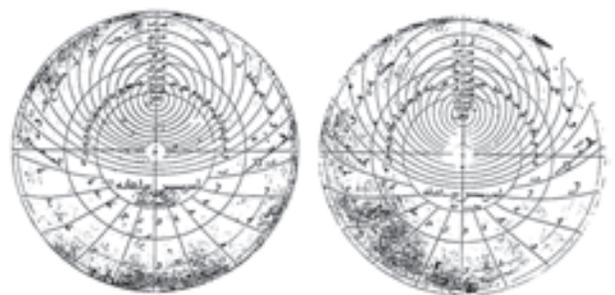
## Astrolab

In Anlehnung an ein Original, das angeblich 380/990 in Frankreich hergestellt wurde und Papst Sylvester II. zugeschrieben wird.

Das Original verrät den Charakter eines arabischen Astrolabiums aus dem 4./10. Jahrhundert. Die Urheberschaft von Papst Sylvester ist lediglich eine spätere Vermutung. Alle Zahlen und die Namen der Fixsterne auf der Spinne, am Rand der Mater und auf den Einlegescheiben sind in arabischer Schrift geschrieben. Nur die beiden Breitengrade  $30^\circ$  und  $42^\circ$  wurden zusätzlich mit europäischen Ziffern versehen; die Namen der Tierkreiszeichen, die Monatsnamen und die Gradzahlen auf der Rückseite sind lateinisch bzw. in europäischen (arabischen) Ziffern gehalten.

(Original im Museo di Storia della Scienza in Florenz)

Messing, graviert.  
Mater mit Bügel und Aufhängerring, äußerer Durchmesser 130 mm. Rete mit 25 Sternspitzen.  
2 Einlegescheiben für die Breiten  $30^\circ/42^\circ$  und  $36^\circ/38^\circ$ .  
Rückseitig Kalendarien und Schattenquadrant.  
Doppelzeiger mit Absehe.  
(Inventar-Nr. A 2.11)



Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 230, Nr. 101.



## Astrolab

In Anlehnung an ein Exemplar, das 420/1029 in Toledo von Muḥammad b. aṣ-Šaffār hergestellt wurde.

Die Einlegscheiben wurden für folgende Städte angefertigt: Ghana (Ġāna), Sana'a (Ṣan'ā'), Mekka, Medina, al-Qulzum, Kairo, Kairuan (al-Qairawān), Samarra (Surra-man-ra'ā), Samarqand, Cordova, Toledo, Saragossa und Konstantinopel, sowie für die Insel Sarandib (Sri Lanka) und die nördliche Grenze des bewohnten Teils der Erde.

Fr. Woepcke, *Über ein in der Königlichen Bibliothek zu Berlin befindliches arabisches Astrolabium*, Berlin 1858 (Nachdruck in: *Arabic Mathematics and Astronomy*, Bd. 86, Frankfurt 1998, S. 1-36); Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 251-252, Nr. 116.

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhängerring  
 im Durchmesser von 135 m.  
 9 Einlegscheiben für die Breiten ca.  
 $6^{\circ}/10;30^{\circ}$ ;  $14;30^{\circ}/17;30^{\circ}$ ;  $21;40^{\circ}/25^{\circ}$ ;  $28^{\circ}/30^{\circ}$ ;  $32^{\circ}/$   
 $34;20^{\circ}$ ;  $36;30^{\circ}/38;30^{\circ}$ ;  $40^{\circ}/42^{\circ}$ ;  $45^{\circ}/66^{\circ}$  und eine  
 Projektion für die Breite  $72^{\circ}$ .  
 Rete mit 29 Sternspitzen.  
 Doppelzeiger mit Absehe auf der Rückseite,  
 Kalenderkreis, Schattenquadrant.  
 (Inventar-Nr. A 2.12)

(Original in der Staatsbibliothek zu Berlin)



## Astrolab

In Anlehnung an ein Exemplar, das 472/1079 in Saragossa (Spanien) von Aḥmad b. Muḥammad an-Naqqāš hergestellt wurde.

(Original im Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg, WI 353)

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhängerring  
 im Durchmesser von 124 mm.  
 5 Einlegescheiben für die Breiten  
 $21^{\circ}/25^{\circ}$ ;  $34^{\circ}/37^{\circ}$ ;  $35^{\circ}/38^{\circ}$ ;  $36^{\circ}/39^{\circ}$ ;  $38^{\circ}/41^{\circ}$ .  
 Rete mit 23 Sternspitzen.  
 Doppelzeiger mit Absehe.  
 Kalenderkreis, Schattenquadrant  
 und arabische Inschrift auf der Rückseite.  
 (Inventar-Nr. A 2.13)

Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 37; *Schätze der Astronomie. Arabische und deutsche Instrumente aus dem Germanischen Nationalmuseum*. Nürnberg 1983, S. 29-31.



## Astrolab

In Anlehnung an ein Original, das 478/1086 in Valencia (Spanien) von Ibrāhīm b. Saʿīd as-Sahli hergestellt wurde.

Die für zwölf verschiedene Breiten angefertigten sechs Einlegescheiben tragen unter den arabischen Gradzahlen nachträglich eingravierte römische Ziffern. Die Mater trägt eine 13. Gravur (72°).

(Original aus Bronze in der naturwissenschaftlich-technischen Sammlung in Kassel)

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhänger  
 im Durchmesser von 176 mm.  
 8 Einlegescheiben für die Breiten  
 13°/19°; 25°/32°; 30°/38°; 32°/35°;  
 37°/39°; 30°/40°; 38°/41°; 66°/42.  
 Rete mit 28 Sternspitzen.  
 Doppelzeiger mit Absehe, Länge 166 mm.  
 Arabische Inschrift auf der Rückseite:  
 «Konstruktion des Ibrāhīm,  
 Sohnes des Saʿīd, in Valencia».  
 (Inventar-Nr. A 2.05)

Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 263, Nr. 121;  
 Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 51-52; Ludolf von Mackensen,  
*Die naturwissenschaftlich-technische Sammlung in Kassel*,  
 Kassel 1991, S. 60-61.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 73 mm.  
(Inventar-Nr. A 2.30)

## Astrolab

Das Astrolab wurde im Jahre 613/1216 in Sevilla von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī hergestellt (s.u.S. 100). Die besondere Bedeutung des von uns nachgebauten Astrolabs liegt darin, daß eine der fünf Einlegescheiben für  $48^{\circ}22'$ , d.h. für den Breitenkreis von Paris, eingerichtet ist und daß zudem die Spinne und der erhabene Rand der «Mutter» (limbus, *ḥuğra*) für den Gebrauch eines Europäers

mit lateinischen Bezeichnungen der bevorzugten arabischen Fixsternnamen und, an Stelle von Buchstabenziffern, mit arabischen Zahlen versehen wurde. Zu diesem Zweck wurden die Spinne und der Rand des Astrolabs erst spät, vielleicht nach dem 16. Jahrhundert, abgeschliffen und neu beschriftet. Die Vermutung für ein relativ spätes Datum der Neubeschriftung beruht darauf, daß der

äußerste Kreis mit einer Unterteilung in 24 Teile ( $2 \times 12$ ) die Kenntnis des Stundenwinkels in Europa voraussetzt. Auch die lateinische, für  $48^\circ 22'$  eingerichtete Scheibe scheint später hinzugefügt worden zu sein. Auf den übrigen vier Scheiben wurden nachträglich als Lesehilfe in arabischen Ziffern (in europäischer Schreibweise) Breitengrade eingetragen, die jedoch fehlerhaft sind. Auf der folgenden Tabelle sind sie den korrekten Zahlen des Originals gegenübergestellt:

Breite im Original		Br. in europäischen Ziffern	
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
$21^\circ 40'$	$25^\circ$	$20^\circ$	$24^\circ$
$33^\circ 30'$	$37^\circ 30'$	$34^\circ$	$36^\circ$
$38^\circ 30'$	$34^\circ 30'$	$37^\circ$	$33^\circ$
$35^\circ 30'$	$31^\circ 30'$	$36^\circ$	$38^\circ$
		$48^\circ 22'$	



Innenseite der Mater unseres Modells.

Später gelangte das Astrolabium von Europa nach Istanbul. Dort wurde es von dem osmanischen Staatsmann (şadr-ı a'zam) Ğāzī Aḥmed Muḥtār Paşa (1839-1919) in seinen *Riyāḍ al-Muḥtār, mir'āt al-miqyās wa-l-adwār ma'a mağmū'at al-aškāl* (Kairo 1303, S. 222-228) in allen Einzelheiten beschrieben und in fünf Zeichnungen abgebil-

det. Das Astrolab war von Sultan Selīm III. (reg. 1203/1789-1222/1807) der damaligen mühendishāne, der Ingenieurhochschule und Vorläuferin der heutigen Technischen Universität in Istanbul, zusammen mit weiteren Instrumenten und Büchern zum Geschenk gemacht worden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> s. Kâzım Çeçen, *Astrolab*, in: *Lâle* (Istanbul) 2/1984/7-11.



## Astrolab

Dieses Astrolab wurde im Jahre 626/1228 ebenfalls von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī aus Sevilla, einem der produktivsten und interessantesten Astrolabienbauer, hergestellt. Von ihm sind zur Zeit insgesamt vierzehn Instrumente erhalten<sup>1</sup>.

Die Tierkreiszeichen, die Monatsnamen und die Tangentenkanten sind ca. 100-200 Jahre später mit lateinischen Bezeichnungen nachgraviert worden. Die bedeutendste Eigenschaft des Astrolabs liegt indes, wie bei dem Vorangegangenen, in der Gravur des Bodens der Rückseite der Mater, die sowohl einen islamischen als einen christlichen Kalender nebst einer Konkordanz enthält, wie H. Sauvairé und J. de Rey-Pailhade ausführlich behandelt haben.<sup>2</sup>

Original im Museum für Islamische Kunst, Kairo.

<sup>1</sup> D. King, *A Catalogue of Medieval Astronomical Instruments* (Internet) No. 6/2.

<sup>2</sup> *Sur une «mère» d'astrolabe arabe du XIII<sup>e</sup> siècle (609 de l'Hégire) portant un calendrier perpétuel avec correspondance musulmane et chrétienne. Traduction et interprétation*, in: *Journal asiatique* (Paris), sér. 9, 1, 1893, S. 5-76, 185-231 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 87). Für weitere Literatur s. Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 269f; Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 64-66.

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 165 mm.  
5 Einlegescheiben für die Breiten:  
30°30', 32°30', 33°30', 34°30', 35°30',  
36°30', 37°30', 38°30', 39°30', 40°.  
(Inventar-Nr. A 2.31)



Photo des Originals, Innenseite der *umm*.

## Astrolab

### im Marinemuseum zu İstanbul

Dieses ist das größte erhaltene Astrolab aus der Zeit vor dem Jahre 1000/1600. Es befindet sich im Marinemuseum (Deniz Müzesi) in İstanbul und trägt die Inventar-No. 264. Es mißt 56 cm im Durchmesser und ist 1.1 cm stark. Das Astrolab wurde im Jahre 619/1222 in Damaskus für den Aiyubidensultan al-Mu‘azzam ‘Īsā b. Abī Bakr b. Aiyūb konstruiert. Sein Erbauer hieß ‘Abdarrahmān b. Sinān al-Ba‘labakkī an-Nağğār. Die mathematisch-astronomischen Werte wurden von ‘Abdarrahmān b. Abī Bakr at-Tibrizī beigesteuert. Die silbernen Einlegearbeiten stammen von as-Sirāğ ad-Dimašqī. Das Instrument hat zwei Einlegescheiben, eine für die Breiten 30° und 35° und eine für die Breiten 40° und 41°. Für die Schiefe der Ekliptik liegt ein Wert von 23°51' zugrunde. Die Rete trägt relativ wenige Sternpositionen, insgesamt sind es zwanzig.

Als wichtige Eigenschaft des Astrolabs bezeichnete David King<sup>1</sup>, daß die Rete innerhalb der südlichen Ekliptik einen kurzen Äquatorsteg trägt gegenüber

einem viel längeren unterhalb der nördlichen Ekliptik. Dieses Element erscheine hier zum ersten Mal auf der Rete eines arabischen Astrolabes und erinnere an gewisse mittelalterliche französische Instrumente. Es stelle sich also die Frage, «ob das zugrundeliegende Rete-Muster nicht vielleicht von einem Instrument kopiert wurde, das während der Kreuzzüge ins Aiyubidische Reich gebracht worden war.» Ich hoffe, daß D. King diese Beziehung heute nicht mehr so wie damals erklären würde, sondern eher anzunehmen geneigt wäre, daß dieses Muster umgekehrt durch arabische Astrolabien aus Syrien und die Vermittlung von Kreuzfahrern nach Frankreich gelangt war. Aufschlußreich ist hierzu die Feststellung von Burkhard Stautz<sup>2</sup>, daß die Form der Sternzeiger wie auch der untere Äquatorsteg und der Knauf zum Drehen der Rete neben dem Zeiger für den Stern  $\alpha$  CMa an Formen frühislamischer Astrolabien erinnerten.

<sup>1</sup> *The Monumental Syrian Astrolabe in the Maritime Museum, İstanbul*, in: Erdem (Ankara) 9 (= Aydın Sayılı özel sayısı II)/1996/729-735, bes. S. 731. Im Zusammenhang mit dem Erscheinen ähnlicher Reten an französischen Astrolabien verweist King auf Emmanuel Poulle, *Un constructeur d'instruments astronomiques au 15<sup>e</sup> siècle: Jean Fusoris*, Paris 1963, bes. S. 19-26 und Tafeln I und III.

<sup>2</sup> *Die Astrolabiensammlungen des Deutschen Museums und des Bayerischen Nationalmuseums*, a.a.O. S. 43. Einige Zeit, nachdem ich diese Zeilen geschrieben habe, hatte ich Gelegenheit, Herrn King danach zu fragen, ob er immer noch derselben Meinung sei. Er sagte, er habe seine Meinung kurz nach der Niederschrift seines erwähnten Aufsatzes revidiert und dies in seinem Buch *The Ciphers of the Monks* (Stuttgart 2001, S. 395) zum Ausdruck gebracht. Dort (Anm. 10) bedauert er seine frühere Vermutung und kommt zu einer neuen: «Possibly it was inspired by a Syrian astrolabe seen by a French Crusader.» Obgleich sich unsere Positionen dadurch annähern, halte ich es für wahrscheinlicher, daß ein Astrolab von einem französischen Kreuzfahrer mitgebracht und in Frankreich imitiert wurde.



Unser Modell:  
Messing, geätzt;  
Ø = 560 cm.  
(Inventar-Nr. A 2.24)



## Astrolab

In Anlehnung an ein Exemplar, das 650<sup>1</sup>/1252 in Ägypten von 'Abdalkarim al-Miṣri für den Aiyubiden al-Ašraf Muzaḡfaraddin Mūsā hergestellt wurde.

Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 233-254, No. 103;  
L.A. Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 29-30 und Plate XII.

Messing, graviert.

Mater mit Bügel und Aufhänger im Durchmesser von 280 mm.

3 Einlegscheiben für die Breiten 30°/44°; 34°/40°; 36°/66;30°.

Rete mit 25 beschrifteten Sternspitzen.

Doppelzeiger mit Absehe auf der Rückseite.

Kalendarien, Quadranten.

(Inventar-Nr. A 2.15)

(Original im Museum of the History of Science, Oxford)

<sup>1</sup> nicht 630 H.



## Astrolab

In Anlehnung an ein Original, das 698/1299 in Hama (Ḥamāh, Syrien) von as-Sahl al-Aṣṭurlābī an-Nīsābūrī hergestellt wurde.

Nach der Inschrift wurde das Astrolab für den Aiyubiden al-Malik al-Muẓaffar Maḥmūd Taqīy-addīn hergestellt. Der deutsche Astronom Regiomontanus erwarb es vor 1460 während seines Aufenthaltes in Italien, wahrscheinlich in Padua, brachte es nach Nürnberg und versah es mit zwei nachträglichen Einlegescheiben für die Breitengrade  $42^\circ$  (unvollendet),  $45^\circ$ ,  $48^\circ$  und  $51^\circ$ . Allem Anschein nach hat Regiomontanus die im Original für Orte südlich von  $30^\circ$  vorgesehenen zwei Scheiben herausgenommen, um für die zusätzlichen Einlegescheiben der drei europäischen Städte Platz zu schaffen.  
(Original im Germanischen Nationalmuseum, Nürnberg, WI 20)

Messing, graviert.  
Mater mit Bügel und Aufhänger  
im Durchmesser von 161 mm.  
4 Einlegescheiben ( $30^\circ/33^\circ$  und  $36^\circ/39^\circ$   
arabischen Ursprungs;  $45^\circ/48^\circ$  und  $51^\circ$   
für europäische Breiten mit lateinischen  
Zusätzen;  $42^\circ$  anscheinend für Rom  
vorgesehen, nicht vollendet).  
Rete aus Silber (Spinne mit Figuren).  
Rückseitig mit Alhidade, Absehe und  
rechtwinklig anliegendem Zeiger.  
(Inventar-Nr. A 2.17)

Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 280, No. 137;  
Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 82-83; *Schätze der Astronomie*, a.a.O., S. 33-35. *Focus Behaim Globus* (Ausstellungskatalog Germanisches Nationalmuseum), Nürnberg 1992, S. 570-574.



## Astrolab

In Anlehnung an ein Original, das 690/1291 von al-Malik al-Ašraf im Jemen hergestellt wurde. al-Ašraf ‘Umar b. Yūsuf (reg. 694/1295-696/1297), Herrscher aus der Rasūliden-Dynastie im Jemen, verfasste selbst Schriften über das Astrolab und fertigte (eigenhändig) Instrumente an. In die Rückseite der Mater sind drei Gruppen von Symbolen eingetragen. Der äußere Ring zeigt die Tierkreiszeichen. Sie werden zusätzlich auch in arabischer Schrift wiedergegeben. Der zweite Ring trägt die Symbole der astrologischen *arbāb al-wuḡūh* und bezieht sich auf die 36 Dekane des Tierkreises. Die Zeichen des dritten Ringes stellen die Triplizitäten (*mutallaṭāt*) der Planeten dar.

(Original im Metropolitan Museum of Art, New York)

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhängerring,  
 äußerer Durchmesser 155 mm.  
 4 Einlegscheiben für die Breiten 13°/15°; 13°37’/  
 14°30’; 21° und 7. Klimagrad/24° und 6. Klimagrad.  
 Rete mit 20 Sternspitzen, Durchmesser 130 mm,  
 22 Sternpositionen.  
 Auf der Rückseite Alhidade  
 mit Absehe, Länge 140 mm.  
 Arabische Inschrift auf der Rückseite.  
 (Inventar-Nr. A 2.07)

Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 243, No. 109; Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 83-84; David King, *The Medieval Yemeni Astrolabe in the Metropolitan Museum of Art in New York City*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften*, (Frankfurt) 2/1985/99-122.



## Astrolab

In Anlehnung an eine arabische Vorlage, die vermutlich aus dem 7./13. Jahrhundert stammt.  
(Original im British Museum in London)

Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 238, Nr. 105.

Messing, graviert.  
Mater mit Bügel und Aufhänger, Durchmesser 150 mm.  
3 Einlegscheiben für die Breiten  $21^\circ/24^\circ$ ;  $27^\circ/33^\circ$ ;  $30^\circ/31^\circ$ .  
Rete mit 29 Sternspitzen, Durchmesser 120 mm.  
Rückseite trägt Doppelzeiger mit Absehe, Länge 140 mm.  
(Inventar-Nr. A 2.06)



## Astrolab

Nachbau eines der fünf erhaltenen Astrolabien, die gegen Ende des 9./15. Jh. von Šamsaddīn Muḥammad Šaffār gebaut wurden.

Die Vorlage unseres Modells befindet sich im Museum für Islamische Kunst, Kairo<sup>1</sup>; es ist datiert 884/1477. Die anderen vier Instrumente von Muḥammad Šaffār befinden sich in Cambridge, Oxford (2 Ex.) und Brüssel<sup>2</sup>.

Unser Modell:

Messing, geätzt.

Mater mit Bügel und Aufhängerring,  
äußerer Durchmesser 120 mm.

2 Einlegscheiben für die Breiten 33°/36° und 72°  
(Inventar-Nr. A 3.33)

<sup>1</sup> s. G. Wiet, *Epigraphie arabe de l'exposition d'art persan du Caire*, in: *Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte* (Kairo) 26/1935/S.19.

<sup>2</sup> s. Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 75-76;

## Astrolab

In Anlehnung an eine für Schah 'Abbās II. von Persien im Jahre 1057/1647 von Muḥammad Muqīm al-Yazdī angefertigten Vorlage. (Original in der Evans Collection, Museum of the History of Science, Oxford)

Messing, graviert.  
 Mater mit Bügel und Aufhängering,  
 Durchmesser 30 cm  
 (zweites Exemplar im  
 Durchmesser von 45 cm).  
 In der Mater sind Koordinaten von  
 46 Städten zwischen Bagdād und  
 Balḥ (Balkh) eingraviert, deren  
 Längengrade von einem Null-  
 meridian aus gezählt werden, der  
 28° 30' westlich von Toledo  
 bzw. 17° 30' westlich der  
 Kanarischen Inseln verläuft.  
 4 Einlegscheiben  
 (Original hat 5) für die Breiten  
 23°/43°; 29°/30°; 33°/37°; 36°/37°.  
 Rete mit 46 Sternspitzen, welche die  
 Namen der Sterne in persischer  
 Sprache tragen, womit das Astrolab  
 umfangreiche Zeitbestimmungen  
 ermöglicht.  
 Doppelzeiger mit Absehe  
 auf der Rückseite.  
 Sinusquadrant, Zodiakalquadrant  
 und zwei Schattenquadranten.  
 (Inventar-Nr. A 2.16)



Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 132-135, No. 18; Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 208.

Ein  
osmanisches  
**Astrolab**

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser 183 mm.  
4 Einlegescheiben.  
Alidade mit Absehe.  
(Inventar-Nr. A 2.32)



Das Gerät wurde im Jahre 1091/1680 für einen Sultān b. Aʿzam b. Bāyazīd, wohl einen Nachkommen des osmanischen Sultans Bāyazīd II. (gest. 918/1512), gebaut. Es besitzt vier Einlegescheiben für  $21^\circ$  (Mekka),  $30^\circ$  (Kairo),  $34^\circ$  (Damaskus),  $36^\circ$  (Aleppo),  $41^\circ$  (Istanbul) und  $42^\circ$  (Edirne). Die Innenseite der Mutter ist leer. Die Rückseite trägt einen Sinus- und einen Tangensquadranten. Das Original befindet sich im Museum für Islamische Kunst in Kairo.





## Astrolab

Im Besitz des Institutes, hergestellt in Iran (Esfahān?) im Jahre 1118/1706.

Die vier Einlegescheiben sind für die Breiten  $21^{\circ}10'$ ,  $21^{\circ}10'$  (ein zweites Mal),  $22^{\circ}40'$  und  $39^{\circ}15'$  vorgesehen.

Auf der Innenseite der Mater sind die Breitengrade von 36 persischen Städten eingraviert. Die meisten dieser Zahlen sind falsch. So ist unser Modell ein interessantes Beispiel für die Periode der Dekadenz

im Gebrauch des Astrolabiums im arabisch-islamischen Kulturraum, als man nicht mehr in der Lage war, es als astronomisches Beobachtungsinstrument zu gebrauchen.

Messing, graviert.  
Durchmesser 90 mm.  
4 Einlegescheiben.  
Rete mit 21 Sternnamen.  
Doppelzeiger mit Absehe.  
Rückseite trägt Kalender mit Sternzeichen und Schattenquadranten.  
(Inventar-Nr. A 2.20)



## Astrolab

In Anlehnung an ein spanisch-gotisches Instrument aus dem 14. Jahrhundert n.Chr.

«Das europäische Instrument steht offensichtlich dem arabischen Kulturbereich sehr nahe. So sind die Sternnamen mit wenigen Ausnahmen arabischer Herkunft. Selbst die lateinische Bezeichnung Cadens = «stürzender» (Adler) nimmt Bezug auf ein arabisches Sternbild.» (M. Brunold).  
Original in der Society of Antiquaries, London.

Messing, graviert.

Gotische Ziffern.

Mater mit Bügel und Aufhänger, äußerer

Durchmesser 120 mm.

2 Einlegscheiben für die Breiten  $36^{\circ}/40^{\circ}$  und  $44^{\circ}/48^{\circ}$ .

Die Rete mit Arabesken und Vierblatt-Ornament zeigt 17 Sternpositionen.

Lineal im Radius von 60 mm.

Auf der Rückseite Ekliptik- und Kalenderkreis, mit Schattenquadrant und einem Schema zur Bestimmung des Wochentags am Jahresanfang.

Doppelzeiger mit Absehen.

Nachgebaut von M. Brunold (Abtwil, Schweiz).

(Inventar-Nr. A 2.08)



## Astrolab

Im Stil eines europäischen Astrolabiums von ca. 1500 gebaut von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz).

Vgl. Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 324-325, Nr. 173.

Messing, graviert.

Mater mit Bügel und Aufhängering,  
Durchmesser 100 mm

mit Horizontalkoordinaten für den 48. Breitengrad.  
Ohne Einlegscheiben.

Rete mit 14 Sternpositionen und einer Stundenteilung,  
die auf dem schmalen Rand des Instruments keinen  
Platz fand.

Lineal im Radius von 50 mm, Rückseite mit Ekliptik-  
und Kalenderkreis, Schattenquadrant, Diagramm der  
ungleichen Stunden und Doppelzeiger mit Absehen.  
(Inventar-Nr. A 2.09)



## Astrolab

Gebaut in Anlehnung an eine um 1570 in der Werkstatt von Gualterus Arsenius angefertigte Vorlage. Diese befand sich in der Sammlung Gréppin und wurde 1980 in Paris im Rahmen der Sammlung Linton versteigert.

Messing, graviert.

Mater mit Bügel und Aufhänger, äußerer Durchmesser 156 mm.

3 Einlegscheiben für die Breiten  $39^{\circ}/42^{\circ}$ ,  $45^{\circ}/48^{\circ}$  und  $51^{\circ}/54^{\circ}$ .

Rete mit 37 Sternpositionen, verschlungenen Bändern und «Engelsform» im Zentrum. Doppelzeiger mit Absehe. Rückseite mit az-Zarqāli-Projektion mit  $2,5^{\circ}$ -Netz und 25 Sternpositionen. Über diese dreht sich ein Horizontalbalken mit Dämmerungskante, Zenit- und Knickzeiger.  $4 \times 90^{\circ}$ -Teilung auf dem Rand.

Lateinische Beschriftung.

(Inventar-Nr. A 2.10)



Ausführliche Beschreibung in einer Broschüre von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz), dem Konstrukteur unseres Modells.



## Astrolab

Angefertigt in Anlehnung an ein um 1600 n.Chr. von Erasmus Habermel hergestelltes Gerät.



Auf der Rückseite ist die «Scheibe von az-Zarqālī» wiedergegeben.  
Die Vorlage befindet sich heute in Oxford im Museum of the History of Science.

Messing, graviert.  
12-eckige Mater mit Bügel und Aufhängering, Durchmesser 210 mm.  
3 Einlegscheiben für die Breiten  $39^{\circ}/42^{\circ}$ ,  $45^{\circ}/48^{\circ}$  und  $51^{\circ}/54^{\circ}$ .  
Rete mit 30 Sternpositionen.  
Doppelzeiger mit Absehe, Länge 210 mm.  
Auf der Rückseite Horizontalbalken mit Zenit- und Knickzeiger.  
(Inventar-Nr. A 2.04)

Von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz) hergestellt.

Gunther, *The Astrolabes of the World*, S. 453-456, Nr. 278.



Messing, graviert.  
Mater mit Bügel und Aufhänger,  
Durchmesser 118 mm.  
Rete mit 19 Sternspitzen.  
4 Einlegescheiben für die Breiten  
18°, 28°, 30°, 36°, 37° und 39°.  
Doppelzeiger mit Absehe im Durchmesser  
von 110 mm auf der Rückseite.  
Arabische und lateinische Beschriftung.  
(Inventar-Nr. A 2.19)

## Astrolab

Zu didaktischem Zweck  
angefertigt von Martin Brunold  
(Abtwil, Schweiz).



## DIE UNIVERSALSCHLEIBE

Dieses in Europa unter dem Namen *saphæa* (*aş-şafiha az-zarqālīya*) bekannte Instrument «besteht nur aus einer einzigen Scheibe, auf die der Himmelsäquator und die Ekliptik mit ihren Parallel- und Vertikalkreisen vom Anfangspunkt des Wid- ders oder der Wage aus auf die Ebene des Solstiti- alkolurs projiziert sind. Da der Widderpunkt bzw. Wagepunkt zugleich der Ost-Westpunkt eines je- den Horizonts ist, gilt die Scheibe für alle Breiten. Der Horizont selbst projiziert sich als eine durch das Projektionszentrum gehende gerade Linie, die durch ein um den Mittelpunkt drehbares und mit Teilungen versehenes Lineal dargestellt wird. Mit Hilfe der Gradteilung auf dem Rand der Scheibe

kann dem Lineal jede Lage gegeben werden ent- sprechend der Stellung, die der Horizont auf der Himmelskugel gegenüber dem Äquator einnimmt. Der Rücken ist im allgemeinen der des gewöhnli- chen Astrolabs, nur befindet sich auf ihm noch ein kleiner Kreis, durch den der Lauf des Mondes dar- gestellt werden kann».

Josef Frank, *Zur Geschichte des Astrolabs*, Auszug aus der Ha- bilitationsschrift, Erlangen 1920, S. 32 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 35, S. 1-33, bes. S. 32).

José Millás Vallicrosa, *Un ejemplar de azafea árabi de Azarquiel*, in *Al-Andalus* 9/1944/111-119 (Nachdruck in: *Islamic Mathe- matics and Astronomy* Bd. 40, S. 233-245).



## Universalscheibe

In Anlehnung an ein Original, das im Jahre 650/ 1252 in Murcia (Spanien) von Muḥammad b. Mu- ḥammad b. Huḍail hergestellt wurde.

(Original im Observatorio Fabra, Barcelona)

Messing, geätzt.  
Durchmesser 185 mm.  
Länge der Alhidade 185 mm.  
Lineal mit Gradeinteilung, Länge 165 mm.  
Stärke 3 mm.  
Arabische Zahlwertbuchstaben.  
(Inventar-Nr. A 2.03)



Unser Modell:  
 Messing, geätzt.  
 Durchmesser 185 mm.  
 Länge der Alhidade 185 mm.  
 Lineal mit Gradeinteilung,  
 Länge 165 mm.  
 Arabische Zahlwertbuchstaben.  
 (Inventar-Nr. A 2.34)

## Universalscheibe

(*şafîha*)

von Muḥammad

b. Futūḥ al-Ḥamā'irī

Es ist eine von mehreren, *şafîha zarqālīya* oder *şakkāzīya* genannten Universalscheiben von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī. Er baute sie im Jahre 613/1216 in Sevilla. Sie hat einen Durchmesser von ca. 216 mm. 33 Fixsternnamen sind darauf verzeichnet.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde das Instrument von Almerico da Schio in Valdagno bei Vicenza (Veneto) erworben. Heute ist es im Besitz der Sternwarte (Osservatorio Astronomico) in Rom (No. 694 II).

s. A. da Schio, *Sur deux astrolabes arabes*, in: Atti del IV Congresso Internazionale degli Orientalisti tenuto in Firenze ... 1878, Bd. 1, Florenz 1878, S. 367-369 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 86, Frankfurt 1998, S. 177-179); ders., *Di due astrolabi in caratteri cufici occidentali trovati in Valdagno (Veneto)*, Venedig 1880 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 86, S. 194-272); Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 270-273; Mayer, *Islamic Astrolabists and Their Works*, Genf 1956, S. 65 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 96, Frankfurt 1998, S. 199).



Messing, graviert.  
Durchmesser 185 mm. Stärke 3 mm.  
Kalendarien und Sinuslinien. Römische Ziffern.  
(Inventar-Nr. A 2.02)

## Universalscheibe

Rekonstruktion nach Abbildung und Beschreibung in den *Libros del saber de astronomía*, einer Sammlung von Schriften, die im 7./13. Jh. im Auftrag König Alfonsos X. von Kastilien durch mehrere Gelehrte in Andalusien kompiliert wurde.

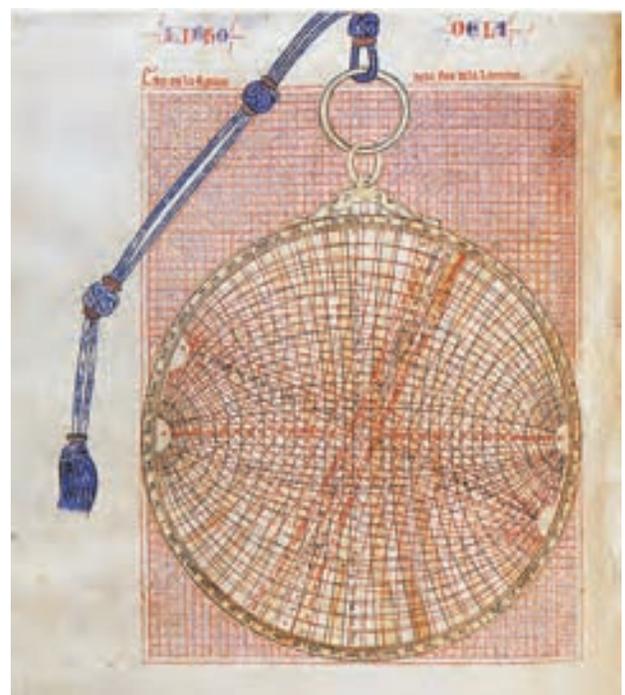


Abbildung der Universalscheibe von az-Zarqālī aus den *Libros del saber de astronomía*.



Messing, geätzt. Mater mit Bügel und Aufhängering, Durchmesser 150 mm. Rete (trigonometrisches 5-Grad-Netz mit 18 Sternspitzen) im Durchmesser von 134 mm. 3 Einlegscheiben enthalten doppelt gefaltete Almukantaraten ( $6^{\circ}/12^{\circ}$ ;  $18^{\circ}/24^{\circ}$ ;  $24^{\circ}/30^{\circ}$ ;  $36^{\circ}/42^{\circ}$ ;  $48^{\circ}/54^{\circ}$ ;  $60^{\circ}/66^{\circ}$ ). Zeiger mit einem Radius von 67 mm. Die Rückseite trägt einen Doppelzeiger mit Absehe. Hergestellt von M. Brunold (Abtwil, Schweiz). (Inventar-Nr. A 2.01)



## Universalastrolab

In Anlehnung an das Astrolab von Aḥmad ibn as-Sarrāḡ (gest. 729/1329), das die Möglichkeiten der Universalscheibe az-Zarqālī's und eines gewöhnlichen Astrolabiums in sich vereint. Das Instrument gilt als Höhepunkt in der Entwicklung der Astrolabien. (Original im Benaki-Museum in Athen)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Von Ibn as-Sarrāḡ sind drei weitere Astrolabien, ohne Kombination mit einer Universalscheibe erhalten: 1. Haiderabad, Salar Jung Museum (623 /1226); 2. Rampur (626/1228); 3. London, Greenwich, National Maritime Museum (628/1230). *The Planispheric Astrolabe*, London 1976, S. 44-45; Sreeramala R. Sarma, *Astronomical Instruments in the Rampur Raza Library*, Rampur 2003, S. 25-33.

Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 285-286, No. 140; Mayer, *Islamic Astrolabists* S. 34-35; David King, *On the Early History of the Universal Astrolabe in Islamic Astronomy and the Origin of the Term «Shakkāziya» in Medieval Scientific Arabic*, in: D.A. King, *Islamic Astronomical Instruments*, Variorum Reprints, London 1987, No. VII.

## Das sphärische Astrolab

### (Kugelaströlab)

Nach dem heutigen Stand unserer Kenntnis der Astronomiegeschichte scheint das sphärische Astrolabium erst in der arabisch-islamischen Periode entstanden zu sein. Die Astronomen des arabisch-islamischen Bereiches übernahmen Geräte wie die Armillarsphäre, den Himmelsglobus oder das einfache ebene Astrolabium direkt oder indirekt von den Griechen und sorgten für eine stetige Entwicklung und Verbesserung dieses Instrumentariums. Das kugelförmige Astrolab hingegen scheint zu den Erfindungen des neuen arabisch-islamischen Kulturkreises zu gehören. Nicht selten wird allerdings in arabischen Quellen das kugelförmige Astrolab mit der Armillarsphäre verwechselt und daher Ptolemaios als sein Erfinder genannt wie im *Fihrist*<sup>1</sup> des Ibn an-Nadīm (gest. 380/990). Ein Hinweis von al-Bīrūnī erlaubt die Annahme, daß Ġābir b. Sinān al-Ĥarrānī<sup>2</sup> (2. Hälfte 3./9. Jh.) der Erfinder des kugelförmigen Astrolabs war. In seinem *Kitāb Istī‘āb al-wuġūh al-mumkina fī ṣan‘at al-aṣṭurlāb*<sup>3</sup> sagt al-Bīrūnī: «Ich habe ein Astrolab gesehen, das Ġābir ben Sinān al Ĥarrānī verfertigt hatte. Man kann bei ihm die Spinne entbehren. Er hatte nämlich den Horizont und die Höhenparallelen auf der Kugel gezogen und in letzterer der Breite entsprechende Löcher auf den beiden diametral gegenüberliegenden Quadranten gebohrt. Dann befestigte er 3 Ringe, die die gleiche Größe wie die größten Kreise auf der Kugel hatten: der eine, der Äquator, wurde auf dem anderen Äquator auf der Kugel befestigt, der andere war der Tierkreis, der gegen den Äquator um denselben Betrag geneigt ist wie der Tierkreis gegen den Äquator; der dritte war

der Kreis, der durch die auf der Kugel befindlichen 4 Pole ging; d.h. derjenige, der durch die Pole der beiden ersten Kreise geht. In jenen dritten Kreis bohrte er 2 Löcher an den Polen des Äquators und steckte in sie und in die Löcher für die in Betracht kommende Breite auf der Kugel eine Achse, die er durch einen Vorreiber befestigte.»<sup>4</sup>

Dieses in der zeitgenössischen Erforschung der arabisch-islamischen Astronomiegeschichte selten behandelte Instrument machte Louis-Amélie Sédillot im Jahre 1846 als erster durch die französische Übersetzung des betreffenden Teils des *Ġāmi‘ al-mabādi’ wa-l-ġāyāt* von Abu l-Ĥasan al-Marrākuṣī (2. Hälfte 7./13. Jh.) bekannt.<sup>5</sup> In der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts gab C.A. Nallino eine kurze Beschreibung des Instrumentes im Rahmen seines Artikels *Aṣṭurlāb* in der *Enzyklopädie des Islām*.<sup>6</sup> Eine ausführliche, ausgezeichnete Behandlung des Themas leisteten Hugo Seemann und Theodor Mittelberger mit ihrer Arbeit *Das kugelförmige Astrolab nach den Mitteilungen von Alfons X. von Kastilien und den vorhandenen arabischen Quellen* (1925). Ohne ihre Beschreibungen und Skizzen wäre es nicht möglich gewesen, unsere Modelle zu bauen. Es handelt sich dabei um die Instrumente von:

1. Abu l-‘Abbās al-Faḍl b. Ĥātim an-Nairīzī (gest. zu Beginn des 4./10. Jahrhunderts).
2. Abu r-Raiḥān Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī (gest. 440/1048).
3. al-Ĥasan b. ‘Alī al-Marrākuṣī (7./13. Jh.).
4. Das in den *Libros del saber de astronomía*, einem Werk, das im Auftrag von Alfonso X. von Kastilien (geb. 1221, gest. 1284 n.Chr.) von zahlreichen Gelehrten gemeinsam verfaßt wurde, dargestellte Instrument.

<sup>1</sup> Ed. G. Flügel, Leipzig 1872, S. 267; s. Hugo Seemann unter Mitwirkung von Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab nach den Mitteilungen von Alfons X. von Kastilien und den vorhandenen arabischen Quellen*, Erlangen 1925 (Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Heft VIII), S. 3 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, Frankfurt 1998, S. 359-431, bes. S. 365).

<sup>2</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 162.

<sup>3</sup> Hds. İstanbul, Süleymaniye Kütüphanesi, Sammlung Carullah 1451, fol. 38a.

<sup>4</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, a.a.O. S. 43-44 (Nachdr., a.a.O. S. 405-406).

<sup>5</sup> *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, Paris 1844, S. 142 ff. (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 42, S. 45-312, bes. S. 188 ff.).

<sup>6</sup> Bd. 1, Leiden und Leipzig 1913, deutsche Ausgabe S. 522.

Neben der ausführlichen Beschreibung der vier Kugelastrolabien mit Skizzen ihrer «Spinnen» (*‘an-kabūt*) werden wir in dieser Studie auch über die entsprechenden Instrumente des oben genannten Ġābir b. Sinān al-Ḥarrānī und von Quṣṭā b. Lūqā<sup>7</sup> (3./9. Jh) unterrichtet.<sup>8</sup>

Einiges über das «Prinzip» und die «allgemeine Beschreibung» des Instrumentes entnehmen wir der Studie der beiden Forscher Seemann und Mittelberger<sup>9</sup>:

«Die anschaulichste Vorrichtung, mittels derer man die tägliche Bewegung des Himmelsgewölbes gegenüber dem irdischen Horizontkoordinatensystem der Höhenparallelen und Azimutalkreise darstellen und zahlenmäßig festlegen kann, besteht darin, daß man über einer feststehenden Kugel, auf der das Horizontkoordinatensystem und eventuell noch andere Liniensysteme eingetragen sind, eine die Himmelskugel darstellende, passend ausgeschnittene halbe Hohlkugel sich drehen läßt, auf der eine Anzahl der bekannteren Sterne sowie der Tierkreis eingetragen sind.»

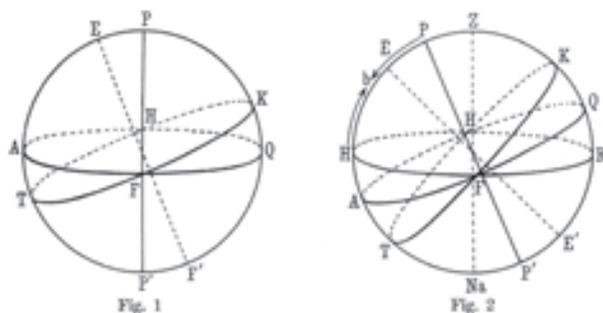


Abb. aus H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab* S. 2 (Nachdr. S. 364).

«... Auf einer feststehenden Kugel ist der Horizont als Großkreis eingezeichnet; seine Pole sind Zenit Z und Nadir Na. Er teilt die Kugel in zwei Hälften. Auf der einen oberen Halbkugel ist das System der zum Horizont parallelen Höhenparallelkreise und der zum Horizont senkrechten Azimutalkreise

(oder Vertikalkreise) sowie der Meridiankreis eingetragen ...»

«Von der beweglichen Himmelskugel ist aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit der Vorrichtung in der Regel nur eine Hälfte als dünne, halbe Hohlkugel (halbkugelige Schale) ausgeführt, welche die Spinne genannt wird.»

«Um eine Vorrichtung zu erhalten, mit der man die nötigen Veranschaulichungen und Messungen vornehmen kann, werden Spinne und Kugel folgendermaßen vereinigt. (Dies ist schematisch in Fig. 2 für die geographische Breite  $b$  veranschaulicht.). Die Spinne wird mit ihrer inneren, konkaven Fläche über die Kugel gestülpt, sie bedeckt deren Oberfläche zur Hälfte. Ein Stab, der die Weltachse  $P P'$  darstellt, wird durch den zu diesem Zweck durchbohrten Pol des Äquators  $P$  oder  $P'$  auf der Spinne und durch zwei am Meridiankreis der Kugel diametral angebrachte Löcher  $G$  und  $G'$  (entsprechend der gegebenen geographischen Breite) gesteckt, so daß entweder  $G$  und  $P$  oder  $G$  und  $P'$  zur Deckung kommen. Man kann eine ganze Reihe derartiger Löcherpaare auf der Kugel anbringen und dadurch die Vorrichtung für verschiedene geographische Breiten verwendbar machen.»<sup>10</sup>

Die Vor- und Nachteile im Gebrauch des sphärischen gegenüber dem ebenen Astrolabium faßt al-Bīrūnī<sup>11</sup> wie folgt zusammen: «Ich behaupte, daß, wenn dieses (d.i. das sphärische) auch leicht herzustellen ist und man bei ihm das, was wir vorangeschickt haben, nicht braucht, so hat doch das ebene Astrolab offenbar Vorteile; so die Leichtigkeit, mit der man es auf Reisen mitnehmen kann. Ferner kann man es häufig da unterbringen, wo dies beim kugelförmigen nicht möglich ist, z.B. in den Ärmeln, dem Busen im Kleid, dem Innern der Stiefel, den Anhängseln der Gürtel u.s.w. Zugleich hält es kräftige Stöße tadellos aus, was beim kugelförmigen selbst bei dem geringsten Schlag, Stoß oder Fall nicht zutrifft. Dagegen ist die Darstellung dessen, was sich auf der Sphäre befindet und die Gestalt der auf ihr sich vollziehenden Bewegungen beim kugelförmigen Astrolab leichter zu übersehen.»

<sup>7</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 180-182.

<sup>8</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, a.a.O. S. 40, 46-49 (Nachdr., a.a.O. S. 402, 408-411).

<sup>9</sup> *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 2 (Nachdr., a.a.O. S. 364).

<sup>10</sup> Ebd. S. 2-3 (Nachdr. S. 364-365).

<sup>11</sup> Aus seinem *Istī'āb al-wuġūh al-mumkina* übersetzt von H. Seemann und Th. Mittelberger, a.a.O. S. 41 (Nachdr., a.a.O. S. 403).

Von unseren nach den Skizzen und Erläuterungen Seemanns und unter Heranziehung von Originalen nachgebauten vier sphärischen Astrolabien besitzt dasjenige von Nairizī keine Alhidade. al-Birūnī beschreibt zwei Varianten, eine mit und eine ohne Alhidade, al-Marrākušī gibt keinen Hinweis auf die Existenz einer Alhidade und die *Libros del saber de astronomía* enthalten die Beschreibung einer Alhidade, die – von einem fehlenden Element abgesehen – der zweiten Version al-Birūnī's ähnelt. Das Anvisieren der Sterne erfolgte bei den von al-Nairizī und al-Marrākušī beschriebenen Instrumenten und bei al-Birūnī's zweiter Version, indem man die Himmelskörper durch zwei einander gegenüberliegende, durch die beiden Pole der Kugel führende Löcher beobachtete, die den Weltnord- und -südpol darstellen. Die Höhe der Sonne wurde nach den gleichen drei Quellen durch Verwendung eines Gnomons gemessen, das in den Nord- oder Südpunkt des Horizontes gesteckt wurde. Es konnte durch Drehung der Kugel in seiner Führung verschoben werden.

al-Birūnī's Variante mit Alhidade, die auch in unserem Nachbau erscheint, ist insofern zweckmäßiger, als der in 180° geteilte Kreisbogen durch einen senkrecht auf ihm befestigten weiteren Kreisbogen verstärkt wird. Dadurch ist gewährleistet, daß die konkave Fläche der Alhidade mit der konvexen Seite der Spinne in Berührung bleibt und die Beob-

achtung nicht beeinträchtigt wird, was bei der in den *Libros del saber de astronomía* beschriebenen Alhidade nicht erwartet werden kann.

Diese Art der Alhidade besitzt einen gewissen Vorteil den anderen gegenüber. Nachteilig ist sie allerdings wegen ihrer Absehen, die aus Metallstreifen bestehen, welche an den Enden der Alhidade befestigt sind und parallel zueinander über den Radius der Spinne hinaus nach oben stehen. Vor allem wegen dieser unbequemen Alhidade wird das sphärische Astrolab den Astronomen nachteilig vorgekommen sein, die gerne ein handliches Gerät, wie von al-Birūnī geschildert, auf Reisen mit sich führen wollten.

Das aus dem Jahre 885/1480 erhaltene originale Instrument zeugt nicht nur durch seine vorzügliche Alhidade davon, daß das kugelförmige Astrolab im arabisch-islamischen Kulturkreis noch nach dem 7./13. Jahrhundert eine weitere Entwicklung durchgemacht hat.

Nach unserer heutigen Kenntnis scheint dieser Instrumententyp bei europäischen Astronomen keine Aufmerksamkeit gefunden zu haben. Jedenfalls ist uns bisher – vom islamischen Andalusien abgesehen – kein in Europa angefertigtes Exemplar bekannt und auch keine lateinische oder hebräische Übersetzung einer arabischen Abhandlung über das Kugelastrolab. Auch von den *Libros del saber de astronomía* scheint kein weiterer Einfluß ausgegangen zu sein.





1.

Das

sphärische Astrolab

von an-Nairizī

(frühes 4./10. Jh.)

Unser Modell:  
 Messing, geätzt,  
 Durchmesser: 17 cm.  
 (Inventar-Nr. A. 1.08)

Der diese Art des Astrolabs behandelnde Traktat, *Kitāb fi l-ʿAmal bi-l-aṣṭurlāb al-kurawī* von an-Nairizī, ist in einer einzigen Handschrift erhalten.<sup>12</sup> H. Seemann<sup>13</sup> hält diese Schrift für «die beste und ausführlichste» unter den noch bekannten arabischen Texten zu diesem Thema.

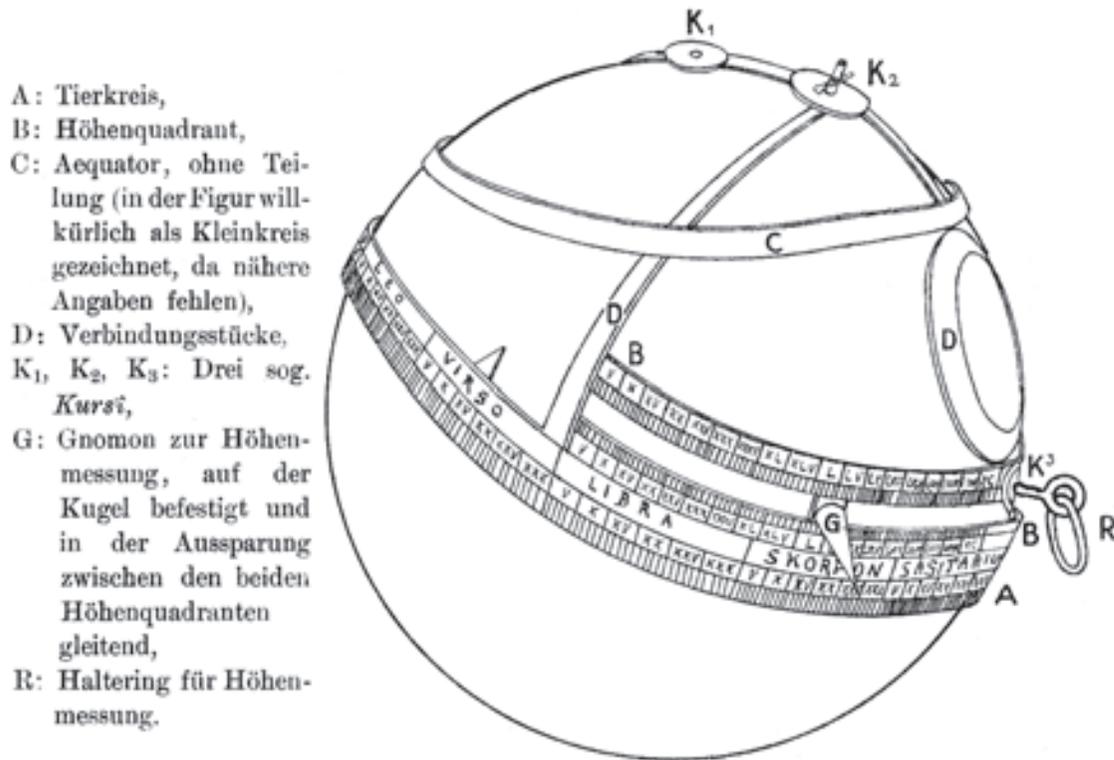
Mit der auf die Kugel gesetzten, drehbaren Spinne wird nur der nördliche Sternenhimmel berücksichtigt. «Am Ekliptikpol der Spinne wird der «größte *Kursī*» angebracht. Es handelt sich wohl dabei um eine durchbohrte Kreisscheibe, die um den Ekliptikpol der Spinne befestigt ist ähnlich wie bei Alfonso von Kastilien (s.u.S. 129). Ein weiterer, der sogenannte «kleine *Kursī*», ist an der Stelle des Pols des Äquators der Spinne angebracht und ist wohl

ebenso wie der große *Kursī* am Ekliptikpol eine durchbohrte Kreisscheibe. Auf ihn kommt ein sogenannter «Aufhänger» (arab. *ʿIlāqa*), der im Prinzip wohl nichts anderes ist als das verbreiterte Ende der Weltachse, die ... «Nagel» genannt wird; vielleicht ist mit Aufhänger auch die Weltachse selbst gemeint ...»

«Zur Höhenmessung ist am Randkreis der Spinne eine Vorrichtung angebracht, im Text *mağrā* genannt (wir bezeichnen sie als Höhenquadrant). Es ist ein Quadrantenstreifen mit einer als Führung dienenden Aussparung in der Mitte. Die Streifen zu beiden Seiten der Führung sind in 90° geteilt. Am Teilpunkt 90°, am einen Ende des Quadranten, befindet sich der sogenannte «*Kursī* der Höhe», ein

<sup>12</sup> Spanien, Escorial 961/6 (fol. 45a-68b, 863 H.), s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 6, S. 192.

<sup>13</sup> *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 32 (Nachdr., a.a.O. S. 394).



- A: Tierkreis,  
 B: Höhenquadrant,  
 C: Aequator, ohne Teilung (in der Figur willkürlich als Kleinkreis gezeichnet, da nähere Angaben fehlen),  
 D: Verbindungsstücke,  
 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub>: Drei sog. *Kursî*,  
 G: Gnomon zur Höhenmessung, auf der Kugel befestigt und in der Ausparung zwischen den beiden Höhenquadranten gleitend,  
 R: Haltering für Höhenmessung.

Abb. aus H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab* S. 68.

Ansatzstück, an dem wohl ein Haltering angebracht ist, an dem das Astrolab bei Höhenmessungen gehalten wurde ebenso wie bei Alfons. Von einer Alhidade ist nichts erwähnt. – Über die Art der Höhenmessung geben die Aufgaben 1 und 31 [aus dem Traktat des Nairizî] Aufschluß, die wir des Zusammenhangs halber hier besprechen wollen. Die Spinne wird im Ekliptikpol auf den Polen des Horizonts auf der Kugel befestigt, so daß der Randkreis der Spinne, an dem der Höhenquadrant angebracht ist, sich mit dem Horizontkreis der Kugel deckt ... Zur Bestimmung der Sonnenhöhe wird ein Gnomon in den Nord- oder Südpunkt des Horizonts gesteckt, welcher in der Führung verschoben werden kann und zwar durch Drehung der Kugel. Das Astrolab wird dann nach der Sonne gerichtet,

wobei es an dem *Kursî* der Höhe freihängend gehalten wird und das Gnomon so lange verschoben, bis es keinen Schatten wirft und das Sonnenlicht in die Vertiefung des Gnomons fällt. Zur Bestimmung der Sternhöhe visiert man durch die diametral gegenüberliegenden Löcher am Nord- und Südpunkt des Horizonts den Stern an, wobei das eine der beiden Löcher sich in der Führung bewegt ebenso wie das Gnomon bei der Beobachtung der Sonnenhöhe.»<sup>14</sup>

Unser Modell wurde nach der Skizze und den Erläuterungen von H. Seemann<sup>15</sup> gebaut.

<sup>14</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 35-36 (Nachdr., a.a.O. S. 397-398).

<sup>15</sup> Ebd. S. 68 (Nachdr., a.a.O. S. 430).



## 2.

Das

## sphärische Astrolab

von al-Birūnī

(gest. 440/1048)

Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 17 cm.  
(Inventar-Nr. A. 1.09)

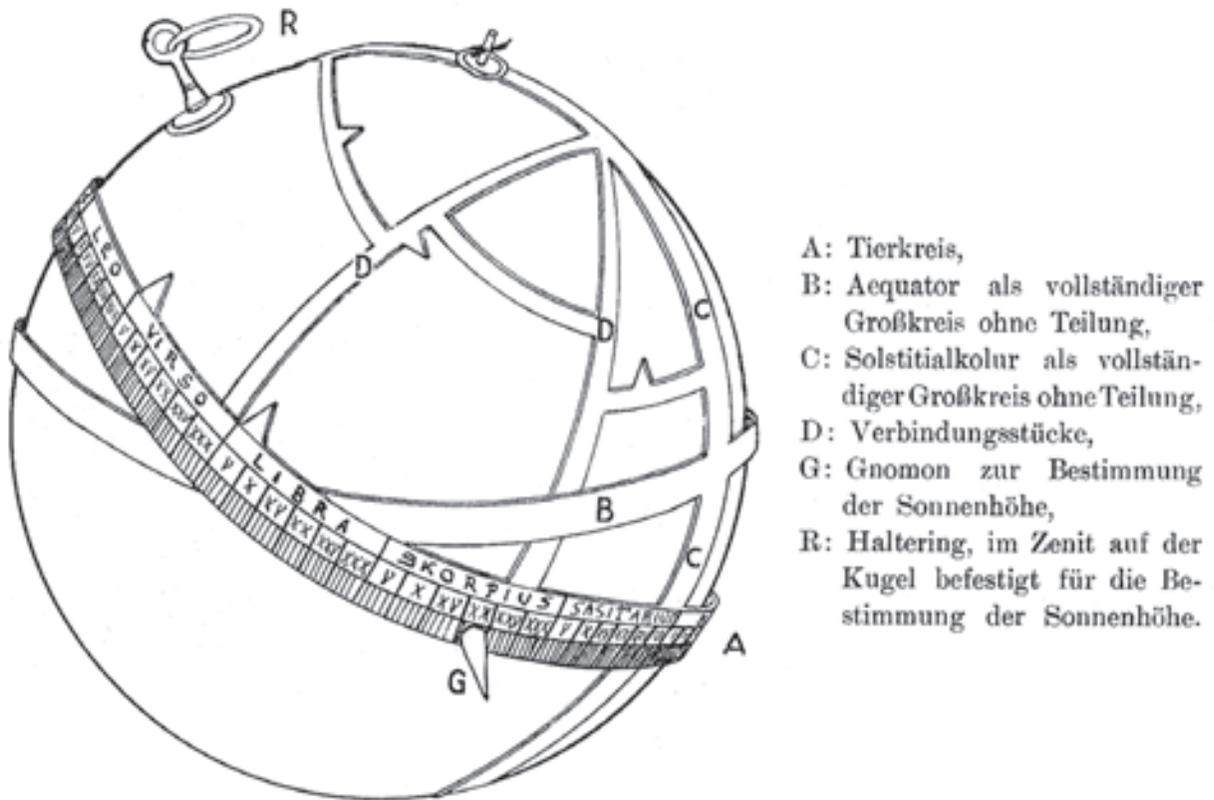
al-Birūnī gibt in seinem Traktat «Umfassende Behandlung der möglichen Methoden bei der Herstellung des Astrolabes» (*Istī'āb al-wuḡūh al-mumkina fī ṣan'at al-aṣṭurlāb*) eine Beschreibung des Kugelastralabes, die nach der Leidener Handschrift<sup>16</sup> ins Deutsche übersetzt wurde<sup>17</sup>. Wir übernehmen hier seine Angaben über die südliche Hemisphäre und die Vorrichtung zur Höhenmessung: «Das südliche Kugelastralab unterscheidet sich von ihm [dem nördlichen] durch die Spinne, nämlich darin, daß der halbe Äquator, der auf der Halbkugel der Spinne liegt, vom Anfang des Widders bis zum Anfang

der Wage genommen wird, und daß wir auf dem südlichen Kugelastralab die Sterne südlicher Breite (d.h. negativer Breite) anbringen. Die Achse stecken wir durch den Pol des All der Spinne und die Löcher, die sich unter dem Horizont befinden. Dann ist das Verfahren bei beiden Astrolabien das gleiche. Von den Verfertigern von Astrolabien gibt es solche, die sich damit begnügen.»

«Wir teilen außerdem noch eine Vorrichtung zur Höhenmessung mit. Derjenige, welcher die Höhe messen will, muß das Astrolab an dem Zenit aufhängen, so daß die Höhenparallelen parallel sind zum Horizont der Welt. Dann stellen wir auf den Sonnengrad ein kleines Gnomon auf, das senkrecht

<sup>16</sup> Bibliothek der Rijksuniversiteit, Or. 591 (S. 47-175, 614 H.), s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schriftums* Bd. 6, S. 268.

<sup>17</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O.40-44 (Nachdr., a.a.O. S. 402-406); wir haben außerdem die Istanbuler Handschrift Carullah 1451, fol. 36b ff. herangezogen.



- A: Tierkreis,  
 B: Aequator als vollständiger  
 Großkreis ohne Teilung,  
 C: Solstitialkolor als vollständiger  
 Großkreis ohne Teilung,  
 D: Verbindungsstücke,  
 G: Gnomon zur Bestimmung  
 der Sonnenhöhe,  
 R: Haltering, im Zenit auf der  
 Kugel befestigt für die Be-  
 stimmung der Sonnenhöhe.

Abb. aus H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab* S. 69.

auf der Kugel und der Spinne steht, und drehen ihn, d.h. den Sonnengrad mit dem Gnomon, was durch Drehung der Spinne geschieht, bis das Gnomon sich selbst beschattet, und seinen Schatten nicht auf eine andere Stelle der Kugel, sondern nur auf sich selbst wirft. Dann fällt der Aszendent mit dem östlichen Horizont zusammen. Diese Anordnung bringt man passender auf der Kugel an als auf dem kugelförmigen Astrolab.»<sup>18</sup>

Anschließend schildert al-Birūnī den Gebrauch des Kugelaströlabes zur Höhenmessung der Sonne oder eines Sternes mittels der oben erwähnten Alhidade (s.S. 122): «Unter den Künstlern [d.h. den Astrolabienmachern] gibt es solche, die einen Kreisbogen

herstellen, dessen Innenfläche die konvexe Seite der Spinne berührt; an seinen beiden Enden auf seiner konvexen Seite befestigen sie einen Halbkreis, der in 180 gleiche Teile geteilt ist, und bringen nun jenen Bogen auf der Achse des Astrolabs an, so daß seine Innenfläche die Außenfläche der Spinne berührt. Auf dem Ende der Achse befestigt man eine Alhidade, deren Zeiger den Umfang des Halbkreises berührt, welcher der Kreis ist, mit dem man die Höhe nimmt.»<sup>19</sup>

Unser Modell wurde nach der Skizze und den Erläuterungen von H. Seemann<sup>20</sup> und unter Verwendung des arabischen Originaltextes gebaut.

<sup>18</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, a. a. O. S. 43 (Nachdr. S. 405).

<sup>19</sup> Ebd.

<sup>20</sup> Ebd. S. 69 (Nachdr., a. a. O. S. 431).



## 3.

Das

## sphärische Astrolab

von al-Marrākušī

(2. Hälfte 7./13. Jh.)

Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 17 cm.  
(Inventar-Nr. A. 1.10)

al-Marrākušī beschreibt das Instrument in seinem Buch *Ġāmi‘ al-mabādi’ wa-l-ġāyāt fī ‘ilm al-mī-qāt*<sup>21</sup>, eine französische Übersetzung dieser Passage findet sich bei L. A. Sédillot<sup>22</sup> und Erläuterungen dazu bei H. Seemann<sup>23</sup>. Dort lesen wir: «Zur Benutzung des Astrolabs in verschiedenen Breiten werden in der bekannten Weise Löcher in die Kugel gebohrt. Nach al Marrākuschi empfiehlt es sich, entsprechend jeder der auf der Kugel gezogenen Höhenparallelen Löcher an deren Schnittpunkten mit dem Meridianquadranten vom Zenit bis zum Nordpunkt des Horizonts und den diesen jeweils diametral gegenüberliegenden Punkten der Kugel

zu bohren. Dann stimmt die Zahl der den Breiten entsprechenden Löcherpaare mit der Anzahl der auf der Kugel eingetragenen Höhenparallelen überein.»

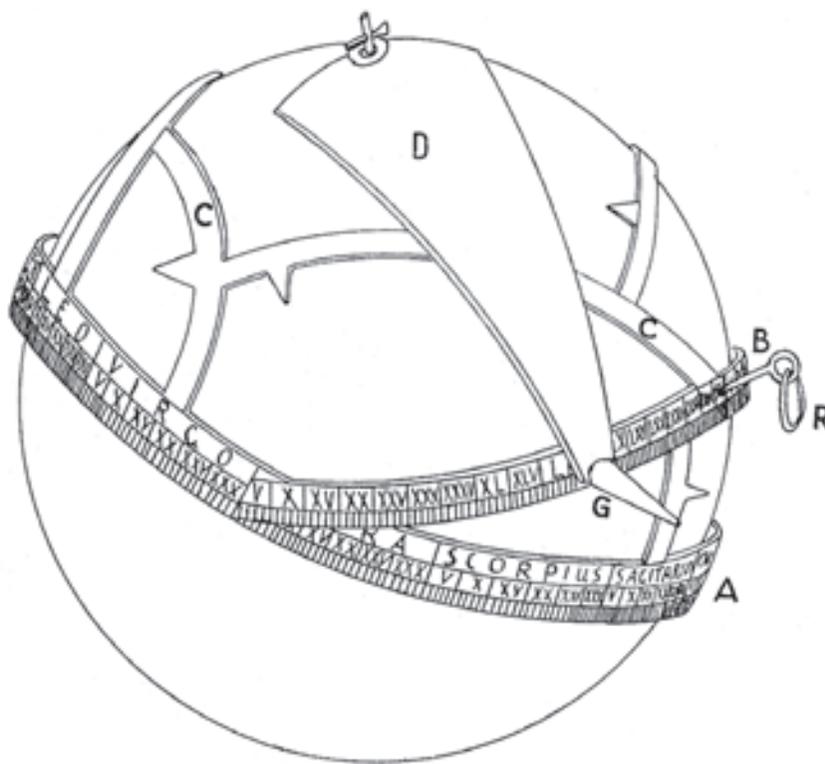
«Die einschränkende Bemerkung von al Bīrūnī betreffs des Fortfalls der Stundenlinien für den Fall, daß das Astrolab für den Gebrauch in verschiedenen Breiten hergerichtet ist, findet sich bei al Marrākuschi ebensowenig wie bei Alfons ...»

«Die Höhenmeßvorrichtung ist wieder anders gear- tet wie in den bisher besprochenen Fällen. Die eigentliche Meßvorrichtung besitzt die Form einer sehr schmalen, gleichschenkeligen sphärischen Dreiecksfläche; ihre konkave Fläche berührt die konvexe Oberfläche der Spinne. Sie heißt arabisch *Ṣafīḥa* (Scheibe). Die Halbierungslinie von der Spitze zur Mitte der Basis soll gleich einem Großkreisquadranten der Spinne sein. In die beiden End-

<sup>21</sup> Faksimile-Ed. Frankfurt, Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1984, Bd. 2, S. 8-14.

<sup>22</sup> *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, a. a. O. S. 142 ff. (Nachdr., a. a. O. S. 188 ff.).

<sup>23</sup> *Das kugelförmige Astrolab*, a. a. O. S. 44-46 (Nachdr., a. a. O. S. 406-408).



- A: Tierkreis,  
 B: Aequator als halber  
 Großkreis mit Teilung,  
 C: Verbindungsstücke,  
 D: Gleichschenkliges  
 sphärisches Dreieck mit  
 der Grundlinie am  
 Aequatorpol befestigt,  
 so daß sich die Spitze  
 über den Aequator ver-  
 schieben läßt,  
 G: Gnomon für Höhen-  
 messung,  
 R: Haltering für Höhen-  
 messung.

Abb. aus H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab* S. 69.

punkte dieser Halbierungslinie, nämlich die Spitze A und die Mitte der Basis B werden Löcher von der Größe der auf der Kugel für die Breiten vorhandenen Löcher gebohrt. Die *Şafîha* wird in dem Loch bei der Basismitte auf dem Äquatorpol der Spinne drehbar befestigt. Auf das Loch bei der Spitze der *Şafîha* wird ein kleines, zylindrisches Gnomon gesteckt, das stets nach dem Mittelpunkt der Kugel gerichtet ist. Die Spitze der *Şafîha* mit dem Gnomon gleitet dann über der in 180 Grad geteilten Äquatorhälfte auf der Spinne. Um das Astrolab bei Höhenmessungen mit Hilfe der besprochenen Vorrichtung geeignet aufzuhängen, wird an dem Teilpunkt 90 der Teilung des Äquators auf der Spinne eine Aufhängevorrichtung angebracht. Darüber, wie man mit dieser Vorrichtung Höhenmessungen ausführt, erwähnt al Marrâkuschî nichts. Er verfährt aber jedenfalls dabei im Prinzip genau so wie Alfons [s. nächste Seite]. Statt jedoch die Sonne mittels der Alhidade anzuvisieren, dreht man hier die *Şafîha* und das Astrolab, wobei man letzteres an der Aufhängevorrichtung frei aufhängt,

bis das Gnomon sich selbst beschattet, was eintritt, wenn die Achse des Gnomons nach der Sonne gerichtet ist. Die gefundene Höhe liest man an der Teilung des Äquators an der Stelle ab, an der die Spitze der *Şafîha* mit dem Gnomon liegt. Über die Methode zur Bestimmung von Sternhöhen, die mit dem Gnomon nicht auszuführen ist, ist leider nichts erwähnt, obwohl al Marrâkuschî auch von der Bestimmung von Sternhöhen spricht. – Zum Schluß bemerkt al Marrâkuschî, daß man in derselben Weise wie den Äquator auch die Ekliptik als <den Kreis benutzen könne, an dem die Höhe genommen wird>, wie es auch bei Alfons der Fall ist. Man muß dann die *Şafîha* am Ekliptikpol befestigen und die Aufhängevorrichtung an der Ekliptik geeignet anbringen.»<sup>24</sup>

Unser Modell wurde nach der Skizze von H. Seemann<sup>25</sup> und seinen Erläuterungen zur Beschreibung al-Marrâkuschî's gebaut.

<sup>24</sup> H. Seemann, Th. Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 45-46 (Nachdr., a.a.O. S. 407-408).

<sup>25</sup> Ebd. S. 69 (Nachdr., a.a.O. S. 431).

## 4.

Das

## sphärische Astrolab

nach den

*Libros del saber  
de astronomía*

(7./13. Jh.)



Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 17 cm.  
(Inventar-Nr. A. 1.11)

Der vierte Traktat des Alfonsinischen Sammelwerkes, der den astronomischen Instrumenten gewidmet ist, enthält in 2 Büchern und zahlreichen Unterkapiteln eine ausführliche Beschreibung des sphärischen Astrolabiums.<sup>26</sup> Der Traktat soll, wie weitere Teile des Kompendiums, im Auftrag von König Alfons X. (gest. 1284) von einem Rabiçag (Isak Ibn Sid) in altkastilischer Sprache verfaßt worden sein. Abgesehen davon, daß man nicht weiß, ob diese Person Muslim, Christ oder Jude war, ist auch die Frage, ob das Werk aus arabischen Originalen übersetzt oder, auf arabischen Schriften basierend, in gewisser Selbständigkeit auf Kastilisch geschrieben wurde, noch nicht einwand-

frei geklärt. Moritz Steinschneider scheint mir mit seiner im Jahre 1848 ausgesprochenen Erklärung den Sachverhalt am besten getroffen zu haben. Nach seiner Vorstellung wurden zunächst arabische Vorlagen von Juden übersetzt, und auf der Grundlage dieser Übersetzungen haben dann christliche Gelehrte sachgemäße Redaktionen und Umarbeitungen geschaffen.<sup>27</sup> Dieser Traktat, den H. Seemann untersucht und ausführlich beschrie-

<sup>26</sup> *Libros del saber de astronomía* del Rey D. Alfonso X de Castilla, copilados, anotados y comentados por D. Manuel Rico y Sinobas, Bd. 2, Madrid 1863, S. 113-222.

<sup>27</sup> M. Steinschneider, *Alfons' X. «astronomischer Kongreß zu Toledo» und Isak Ibn Sid der Chasan*, in: *Magazin für die Literatur des Auslandes* (Berlin) 33/1848/226-227, 230-231 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 98, Frankfurt 1998, S. 1-4); Alfred Wegener, *Die astronomischen Werke Alfons X.*, in: *Bibliotheca mathematica* (Leipzig) 3. F., 6/1905/129-185, bes. S. 135 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 98, S. 57-113, bes. S. 63).

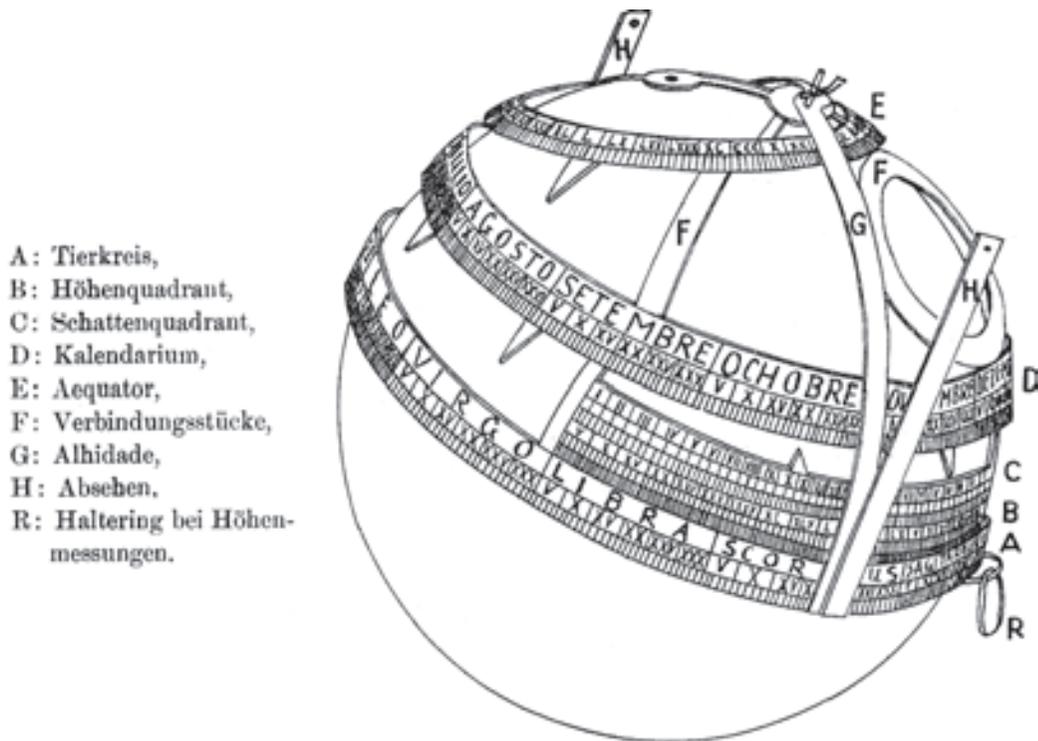


Abb. aus H. Seemann,  
 Th. Mittelberger,  
*Das kugelförmige  
 Astrolab* S. 68.

ben hat,<sup>28</sup> ermöglicht es uns, eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie weit dessen Inhalt mit dem der erhaltenen arabischen Abhandlungen über das Instrument übereinstimmt. In vieler Hinsicht zeigt er in der Tat eine enge Verwandtschaft mit dem rund vierhundert Jahre zuvor geschriebenen Text von an-Nairizī. Allerdings ist der kastilische Traktat im Vergleich zu seinen bisher bekannten Vorgängern wesentlich ausführlicher und besser in der Darstellung. Meines Erachtens würden wir jedoch fehlgehen, wollten wir diesen Befund als Resultat einer von den kastilischen Redaktoren erreichten eigenen Entwicklung verstehen. Ich neige eher dazu, die kastilische Fassung auf eine jüngere arabische Version zurückzuführen, die ihrerseits bereits elaborierter war. Wir sollten dabei auch in Betracht ziehen, daß eines der erhaltenen historische Exemplare des Kugelastrolabs (s.u.S. 131) aus

dem Jahre 1480 stammt und sich im Vergleich zu allen früheren literarischen Beschreibungen, soweit sie uns bekannt sind, als entwickelter erweist. Das Zeugnis von Alfonso X. aus dem Vorwort zum ersten Buch über das sphärische Astrolab, «daß er, da er kein Buch gefunden habe, das über die Herstellung des Kugelastrolabs handelte, den bekannten Isaak Ibn Sid beauftragt habe, ein solches zu verfassen,»<sup>29</sup> ist mehr als zweifelhaft. Es ist schwer vorstellbar, daß nur auf Grund eines eventuell nach Spanien gelangten Exemplares des Instrumententyps eine derartige Beschreibung möglich gewesen sein soll – abgesehen davon, daß der gesamte Text seine Abhängigkeit von arabischen Quellen verrät. Unser Modell wurde nach der Skizze von H. Seemann<sup>30</sup> und nach der Beschreibung in den *Libros del saber de astronomía* gebaut.

<sup>28</sup> *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 7 ff. (Nachdr., a.a.O. S. 369 ff.).

<sup>29</sup> s. Seemann, *Das kugelförmige Astrolab*, a.a.O. S. 7 (Nachdr., a.a.O. S. 369).

<sup>30</sup> Ebd. S. 68 (Nachdr., a.a.O. S. 430).



## Sphärisches Astrolab

arabisch-islamischer Herkunft  
(gebaut 885/1480)

Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 17 cm.  
(Inventar-Nr. A. 1.12)

Dieses sphärische Astrolabium fand seinen Weg aus dem arabisch-islamischen Kulturkreis nach Europa und wurde im Jahre 1962 vom Museum of the History of Science in Oxford bei einer Versteigerung in London erworben.<sup>31</sup> Es war im Jahre 885/1480 von einem Meister namens Mūsā gebaut worden.

Die Kugel besteht aus Messing und hat einen Durchmesser von 83 mm. Sie ist von einer Rete (*'ankabūt, šabaka*) umschlossen, an der am Welt-nordpol ein Tragehalter befestigt ist. Allen anderen uns bekannten Darstellungen gegenüber besitzt dieses Exemplar zwei Neuerungen, deren erste von

besonderer Bedeutung ist. Es werden nämlich Höhenmessungen sowohl der Sonne als auch der Sterne mit Hilfe eines Schlittens durchgeführt, der sich in der Führung eines an der Spinne befestigten schienenförmigen Quadranten meridional hoch und hinunter bewegen läßt. Auf den Schlitten wurde eine Absehe gesteckt, die es dem Astronomen ermöglichte, den gewünschten Himmelskörper über die untere Kante des Loches im Haltering anzuvizieren. Nach den mir zur Verfügung stehenden Bildern des Oxforder Exemplares scheint dort diese Absehe zu fehlen. Sie hatte vermutlich die Form eines dünnen Stabes mit flachem Kopf, in dem sich ein sehr kleines Loch befand. Zur Beobachtung steckte man die Absehe auf den Schlitten und ließ sie im übrigen vermutlich an einer Schnur am Schlitten hängen. Ich stelle mir ihre Form so vor, daß eine zweite Absehe mit hinreichend kleinem Loch in die Öffnung der Polachse gesteckt worden

<sup>31</sup> Francis Maddison, *A 15<sup>th</sup> Century Islamic Spherical Astrolabe*, in: *Physis* (Florenz) 4/1962/101-109; s. noch *Astronomical Instruments in Medieval Spain*, Santa Cruz de la Palma 1985, S. 71.



links:  
Photographien  
des Originals  
(aus Physis,  
4/1962/101-109).  
unten:  
Unser Modell (mit  
ergänzter Alhidade).

sein könnte, da der Spalt am Aufhänger zu ge-  
nauen Peilung zu weit ist.

Die zweite Neuerung besteht in einem Verbin-  
dungsmechanismus zwischen der Spinne und der  
Kugel. Die Spinne kann nämlich zum Zwecke der  
Beobachtung in vertikaler und horizontaler Rich-  
tung verschoben werden, ohne ihre Berührung mit  
der konvexen Oberfläche der Kugel zu verlieren.  
Dies wird durch drei Messingbögen gewährleistet  
(die ihrerseits aus einer Halbkugel gleichen Durch-  
messers wie die Spinne gewonnen werden), die  
vom unteren Rand der Spinne ausgehend den unte-  
ren Teil der Kugel umschließen.

Die vier von Maddison mitgeteilten Fotos (s.o.)  
vermitteln eine vollständige Vorstellung von dem  
sphärischen Astrolab in Oxford.





Ein  
**sphärisches Astrolab**  
 aus dem Jahre 1070/1660

Unser Modell:  
 Messing, geätzt.  
 Durchmesser: 8 cm.  
 In verschiedenen Positionen  
 drehbar einzusetzen.  
 Gestell, Höhe: 11,5 cm.  
 (Inventar-Nr. A 1.13)

Das zweite nach unserer Kenntnis erhaltene sphärische Astrolabium befindet sich im Besitz des Museums für islamische Kunst in Kairo. Es stammt aus dem Jahre 1070/1660 und ist für einen Ḍiyā'addīn Muḥammad b. al-'Imād gebaut worden. Bei diesem Typ des sphärischen Astrolabs wurden die erforderlichen Angaben der Rete auf den Glo-

bus selbst übertragen. Der Meridianring trägt mehrere diagonal angebrachte Löcher, die mit Hilfe der Achse die Einstellung des Globus auf entsprechende Breitenkreise ermöglichen. Der Globus kann auch unabhängig von seinem Gestell benutzt werden. Er hat einen Durchmesser von 8 cm.

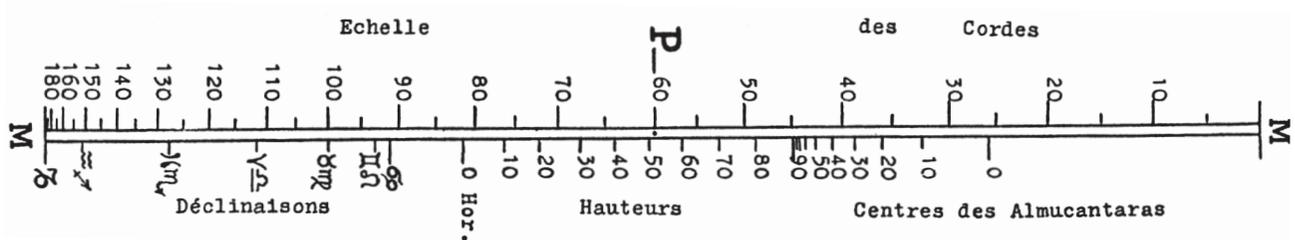
## Linearastrorlab

*asturlāb ḥattī*

Das lineare Astrolab, auch «Stab des aṭ-Ṭūsī» (*ʿaṣā aṭ-Ṭūsī*) genannt, ist eine Erfindung von Šarafad-dīn al-Muẓaffar b. Muḥammad b. al-Muẓaffar aṭ-Ṭūsī (gest. nach 606/1209)<sup>1</sup>, der in der Geschichte der Mathematik als Wegbereiter für die Lösung numerischer Gleichungen beliebigen Grades gilt<sup>2</sup>. Eine Beschreibung des Instrumentes ist im *Ġāmiʿ al-mabādīʿ wa-l-ġāyāt* des Abu l-Ḥasan al-Marrākuṣī<sup>3</sup> erhalten. Darauf wies als erster Louis-Amélie Sédillot<sup>4</sup> im Jahre 1844 hin. Er glaubte jedoch, mit dem Erfinder aṭ-Ṭūsī sei Našīraddīn aṭ-Ṭūsī gemeint.<sup>5</sup> Im Jahre 1895 hat Baron Carra de Vaux den betreffenden Text untersucht und mit einer französischen Übersetzung veröffentlicht.<sup>6</sup> Etwa ein halbes Jahrhundert nach Carra de Vaux beschäftigte sich Henri Michel<sup>7</sup> mit dem gleichen Thema. Er vermittelt uns eine klare Vorstellung davon, wie dieses lange Zeit unbekannt gebliebene Instrument zu bedienen war, und seiner Vorarbeit verdanken wir es, daß wir es rekonstruieren konnten. Das lineare Astrolab besteht aus einem Stab, auf den die Projektion eines planisphärischen Astrolabs übertragen wird. Michel skizziert das Instrument folgendermaßen:



Unser Modell:  
Holz, Papier,  
Fäden mit Messinggewichten.  
Länge: 46 cm.  
(Inventar-Nr.: A 1.14)



<sup>1</sup> s. C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur*, Bd. 1, S. 472, Suppl.-Bd. 1, S. 858-859.

<sup>2</sup> s. Roshdi Rashed, *Résolution des équations numériques et algèbre: Šaraf-al-Dīn al-Ṭūsī, Viète*, in: *Archive for History of Exact Sciences* (Berlin etc.) 12/1974/244-290; ders., *Šaraf al-Dīn al-Ṭūsī: Oeuvres mathématiques. Algèbre et géométrie au XII<sup>e</sup> siècle*, 2 Bde., Paris 1986; F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 5, S. 399.

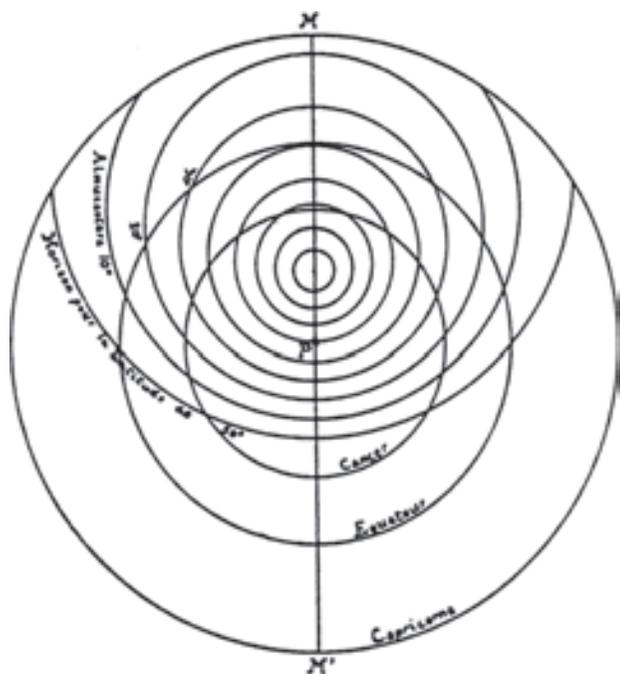
<sup>3</sup> s. Faksimile-Ed. Frankfurt 1984, Bd. 2, S. 99-109.

<sup>4</sup> *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, a.a.O. S. 27, 36, 191 (Nachdr., a.a.O. S. 73, 82, 237).

<sup>5</sup> s. B. Carra de Vaux, *L'astrolabe linéaire ou bâton d'et-Tousi*, in: *Journal Asiatique* (Paris), série 9, 5/1895/464-516, bes. S. 465 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 87, S. 181-233, bes. S. 182).

<sup>6</sup> Ebd.

<sup>7</sup> *L'astrolabe linéaire d'al-Ṭūsī*, in: *Ciel et Terre* (Brüssel) 59/1943/101-107 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 94, S. 331-337).



Seiner Beschreibung entnehmen wir die folgenden Einzelheiten: Die Strecke MM' stellt den Schnitt des Meridiankreises mit der Horizontebene auf der Einlegescheibe eines gewöhnlichen Astrolabs dar. Die Abstände der Kurven von 0° bis 180° aus dem Kreis mit dem Radius MP werden auf den Stab übertragen. Als Beispiel wurde die Breite von Brüssel (50° 50') gewählt.

Zwischen dem Ausgangspunkt M und dem Pol P sehen wir rechts der Skala die Positionen der einander folgenden Mittelpunkte der Muqan'araten (Parallelkreise) von 0° (Horizontalebene) bis 90° (Zenith). Anschließend sehen wir die Schnittpunkte des Meridians mit den Höhenkreisen von 90° bis zur Horizontebene. Es folgen, versehen mit den Zeichen des Tierkreises, die Schnittpunkte des Meridians mit den Deklinationskreisen beim Eintritt des zu beobachtenden Sternes in jedes der Zeichen. Links der Skala befindet sich eine Graduierung, die zwischen dem Ausgangspunkt M bei 0° und dem Endpunkt M' bei 180° Bogenlängen von je 5° für den Kreis mit dem Radius MP angibt.

Je nach dem erwünschten Grad an Präzision und der Größe des Stabes kann man die Skalen weiter unterteilen. Man könnte auch, zum Gebrauch des Instrumentes bei Nacht, den Kreisen der Sonnen-

deklinations einige Deklinationskreise für die hauptsächlichsten Fixsterne hinzufügen. Die Skalen werden auf einen passenden Stab übertragen und drei Fäden daran befestigt.

Die Verwendung des Instrumentes erklärt Michel<sup>8</sup> am Beispiel der Ermittlung der Sonnenhöhe:

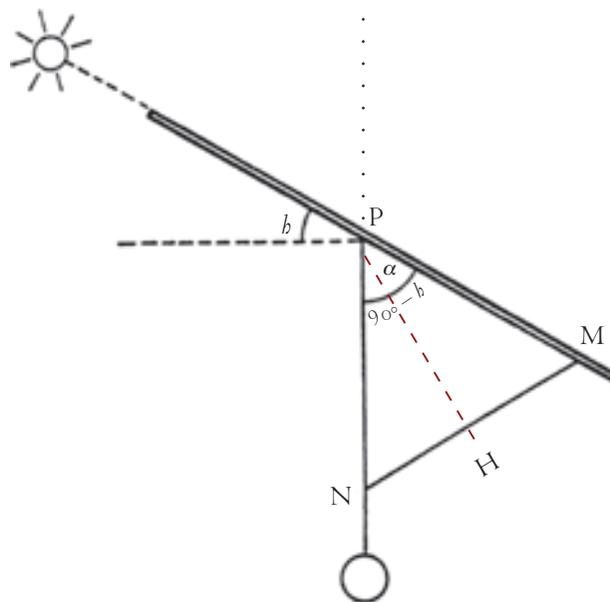


Abb. nach H. Michel, verändert.

Am Pol P befestigt man einen Faden mit einem Bleigewicht. Den Punkt N im Abstand PN = PM markiert man durch einen Knoten im Faden. Einen zweiten Faden befestigt man am Ausgangspunkt M. Nun visiert man mit dem Stab die Sonne an. In dieser Position spannt man den zweiten Faden von M gegen N und markiert auf ihm den Schnittpunkt mit N. Die Länge MN bestimmt man an Hand der Skala, die Hälfte des Ergebnisses dividiert man durch die bekannte Länge PN = PM und erhält den Winkel  $\alpha = \frac{90 - h}{2}$ ; daraus ergibt sich  $h = 90 - 2\alpha$ . Der Vorgang des Anvisierens ließe sich mittels eines durch den Stab gebohrten Loches oder zweier auf den Stab gesteckter Absehen, oder mit Hilfe einer Kerbe auf der Oberseite der beiden Knäufe an seinen Enden bewerkstelligen.

<sup>8</sup> *L'astrolabe linéaire d'al-Tûsi*, a.a.O. S. 106 (Nachdr. S.

## QUADRANTEN



Messing, graviert.  
 Radius 150 mm.  
 Frontseite mit Absehe.  
 (Inventar-Nr. A 3.03)

## Sinusquadrant

In Anlehnung an ein in St. Petersburg erhaltenes Original des Sinusquadranten (*ar-rub' al-muğai-yab*), der 734/1334 von Muḥammad b. Aḥmad al-Mizzī angefertigt wurde.

B. Dorn, *Drei in der Kaiserlichen Öffentlichen Bibliothek zu St. Petersburg befindliche astronomische Instrumente mit arabischen Inschriften*, Petersburg 1865 (= *Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St. Pétersbourg*, VIIe série, tome IX, no. 1), S. 16-26, 151-152 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 85, Frankfurt 1998, S. 362-372, 497-498).





## Sinusquadrant

Messing, graviert.  
 Radius 135 mm.  
 (Inventar-Nr. A 3.04)

In Anlehnung an ein Original, das sich bis kurz vor 1859 in Damaskus befand, als es von dem Arabisten Alois Sprenger für den Londoner Bibliothekar William Morley erworben wurde. Der Quadrant war 735/1335 von einem 'Alī b. aš-Šihāb gebaut und von einem Graveur mit Namen Muḥammad b. al-Ġuzūlī graviert worden.

W. Morley, *Description of an Arabic Quadrant*, in: *Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland* 17/ 1860/322-330 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 85, Frankfurt 1998, S. 322-336), vgl. P. Schmalzl, *Zur Geschichte des Quadranten bei den Arabern*, München 1929, S. 37f. (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 90, S. 189-331, bes. S. 225f.).





Ein maġribinischer  
«Sechziger»-Sinusquadrant

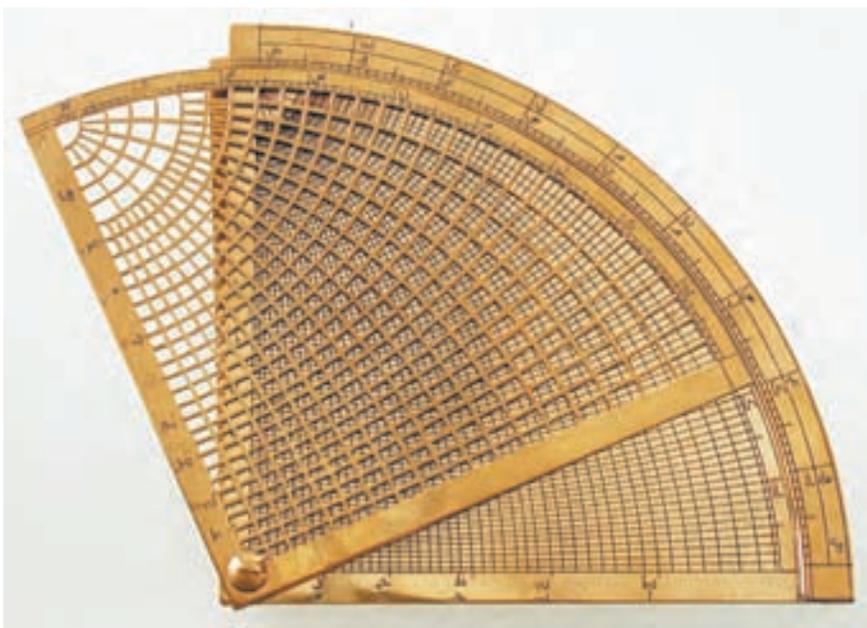
Messing, graviert,  
Radius: 125 mm.  
(Inventar-Nr. A 3.09)

Der Quadrant im Besitz des Institutes stammt aus dem Maġrib und dürfte im 10./16. oder 11./17. Jahrhundert hergestellt worden sein. Seine Rückseite ist leer. Er ist in 60 gleiche Teile geteilt, daher sein Name, und er trägt eine 90<sup>er</sup>-Teilung des Höhenbogens.

Außer den beiden Systemen der *mabsūt*- und der *mankūs*-Linien gibt es darauf zwei halbkreisförmige Bögen (einer über der Sinuslinie und einer über der Cosinuslinie) um Sehnenstrecken in Sinuswerte zu verwandeln, und eine Kurve zur Bestimmung der Zeit des Nachmittagsgebetes (*‘aṣr*). Eine der beiden Absehen fehlt.



**Šakkāzīya**  
mit Doppelquadrant

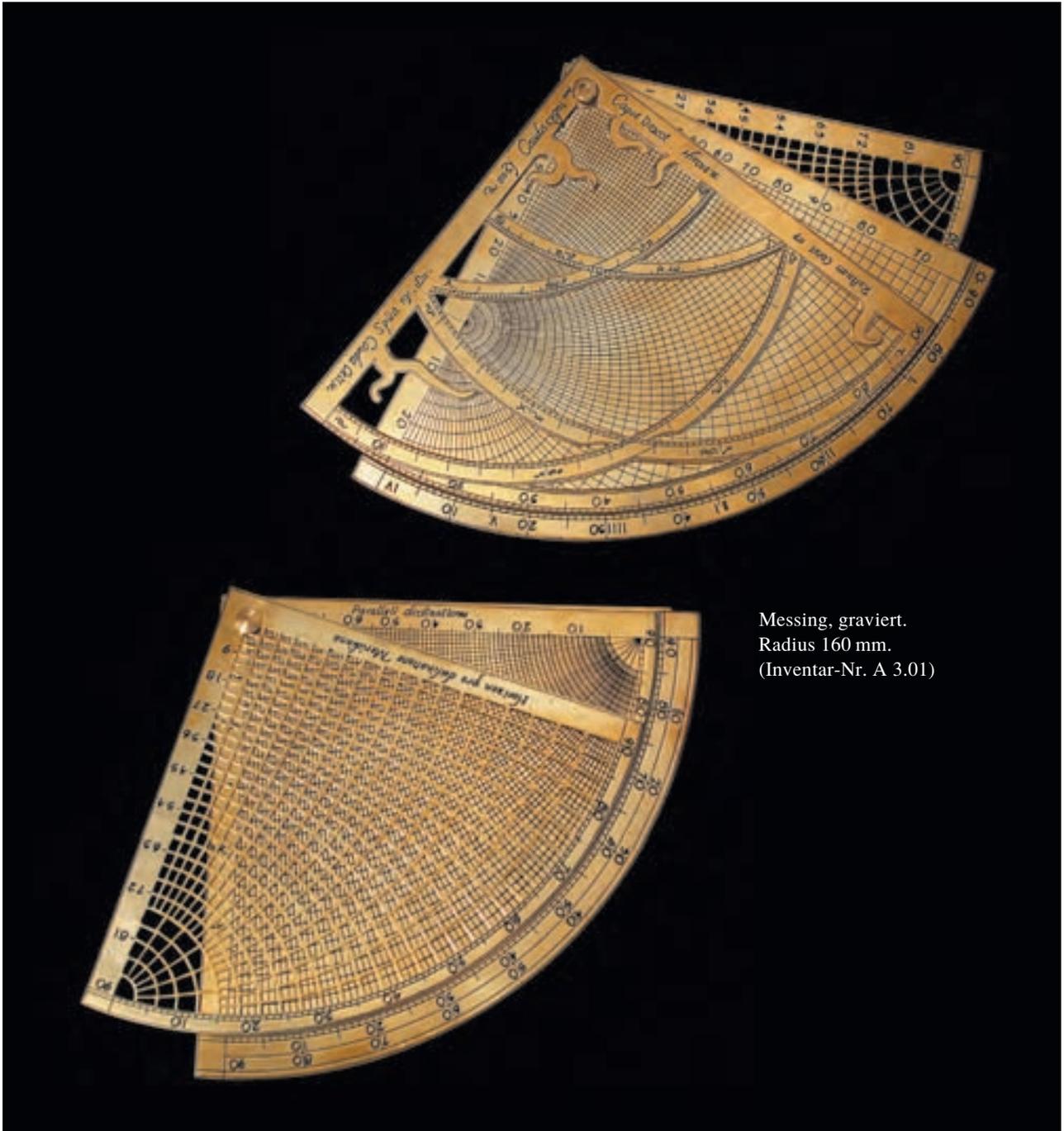


Messing, geätzt,  
Radius: 167 mm.  
(Inventar-Nr. A 307)

Die Šakkāzīya mit Doppelquadrant (*rub' aš-šakkāzīya*) wurde von Ğamāladdīn 'Abdallāh b. Ḥalīl al-Māridīnī (gest. 809/1406) auf der Grundlage der Universalscheibe von az-Zarqālī (s.o.S. 116) entwickelt. Sie wurde erfunden, um Berechnungen der sphärischen Astronomie mit Hilfe eines Instrumentes anstellen zu können. Das Instrument selbst ist nicht erhalten, lediglich ein Traktat des Māridīnī mit einer Beschreibung und Hinweisen zum Gebrauch. Bei unserem Nachbau haben wir uns außer dieser Beschreibung, die nicht ausführlich

genug ist und Kenntnisse voraussetzt, die uns heute fehlen, einer erhaltenen europäischen Nachahmung (s. folgende S.) bedient. Die Spinne hat die Form eines Viertelkreises mit Anzeigen für sieben Fixsterne. Darunter liegen eine massive und eine netzförmige Scheibe, die mit der Zarqālī-Projektion versehen sind.

s. David King, *An Analog Computer for Solving Problems of Spherical Astronomy: The Šakkāzīya Quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī*, in: Archives internationales d'histoire des sciences (Wiesbaden) 24/1974/219-241.



Messing, graviert.  
 Radius 160 mm.  
 (Inventar-Nr. A 3.01)

## Doppelquadrant

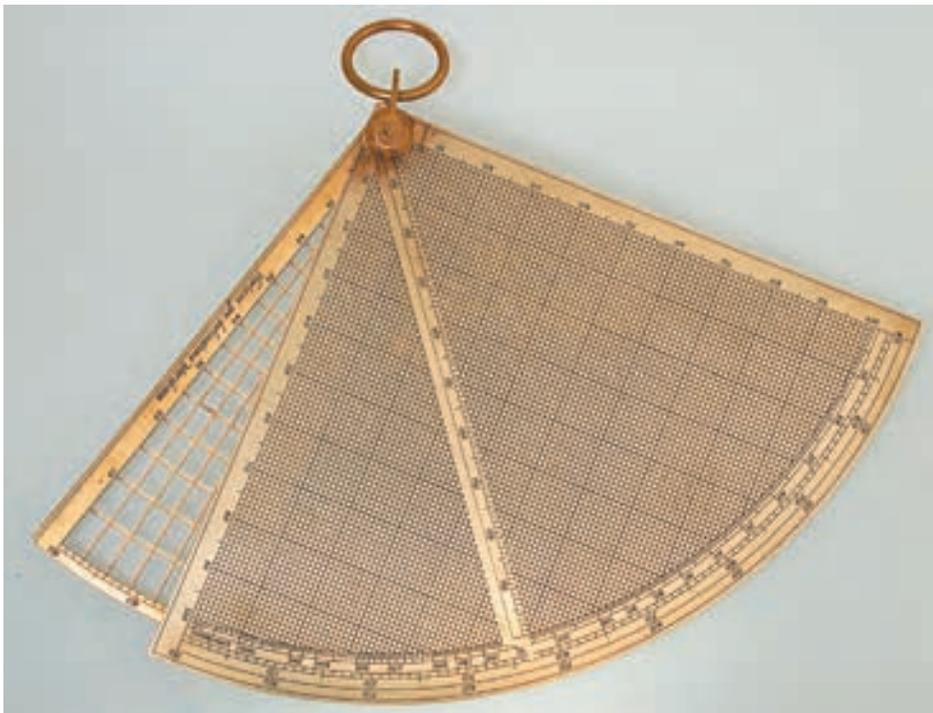
In Anlehnung an ein erhaltenes europäisches Original, das anscheinend im 9./15. Jahrhundert als Imitation des Instrumentes von al-Māridīnī (s. vorige Seite) oder einer anderen arabischen Vorlage entstanden ist.

Die weiteren Eigenschaften des Gerätes entsprechen denen des vorhergehenden Šakkāzīya-Quadranten mit dem Unterschied, daß hier die Beschriftung lateinisch ist. Der Šakkāzīya-Quadrant ist auch als Meteoroskop bekannt.

(Original im Adler Planetarium, Chicago)



## Meteoroskop von Peter Apian



Messing, graviert.  
 Radius 150 mm.  
 Auf der Rückseite befindet  
 sich ein mit großer  
 Genauigkeit gefertigter  
 Sinus-quadrant, darüber  
 ein bewegliches Lineal.  
 Nachbau Martin Brunold  
 (Abtwil, Schweiz).  
 (Inventar-Nr. A 3.02)

Nachgebaut nach der Beschreibung von Peter Apian (1501-1552) in seinem *Astronomicum Caesareum*. Es scheint heute nachgewiesen zu sein, daß Apian das Instrument seines Vorgängers Johannes Werner plagiiert hat, dessen arabische Vorlage auf die Universalscheibe von az-Zarqāli zurückging.

J.D. North, *Werner, Apian, Blagrove and the Meteoroscope*, in: *The British Journal for the History of Science* (London) 3/1966-67/57-65.



Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 18 cm.  
(Inventar-Nr. A 3.10)

## Dastūrquadrant

der Dastūrquadrant (arab. *dā'irat ad-dastūr* oder *ad-dustūr*) wurde nach einem im Museum für Islamische Kunst in Kairo befindlichen Original mit einem Durchmesser von 182 mm gebaut. Auf der Rückseite trägt er die Projektion der Horizontebene eines Ortes, dessen Breite bei  $30^{\circ}$ - $33^{\circ}$  liegen könnte. Anstelle von Parallel- und Vertikalkreisen erscheinen die Grundringe und die mit Kreissehnen versehenen Positionen der berücksichtigten Fixsterne. Das Instrument wurde von 'Alī b. Ibrāhīm al-Muṭa'īm im Jahre 734/1334 gebaut. Die beim Original fehlenden beiden Alhidaden wurden von uns hinzugefügt.





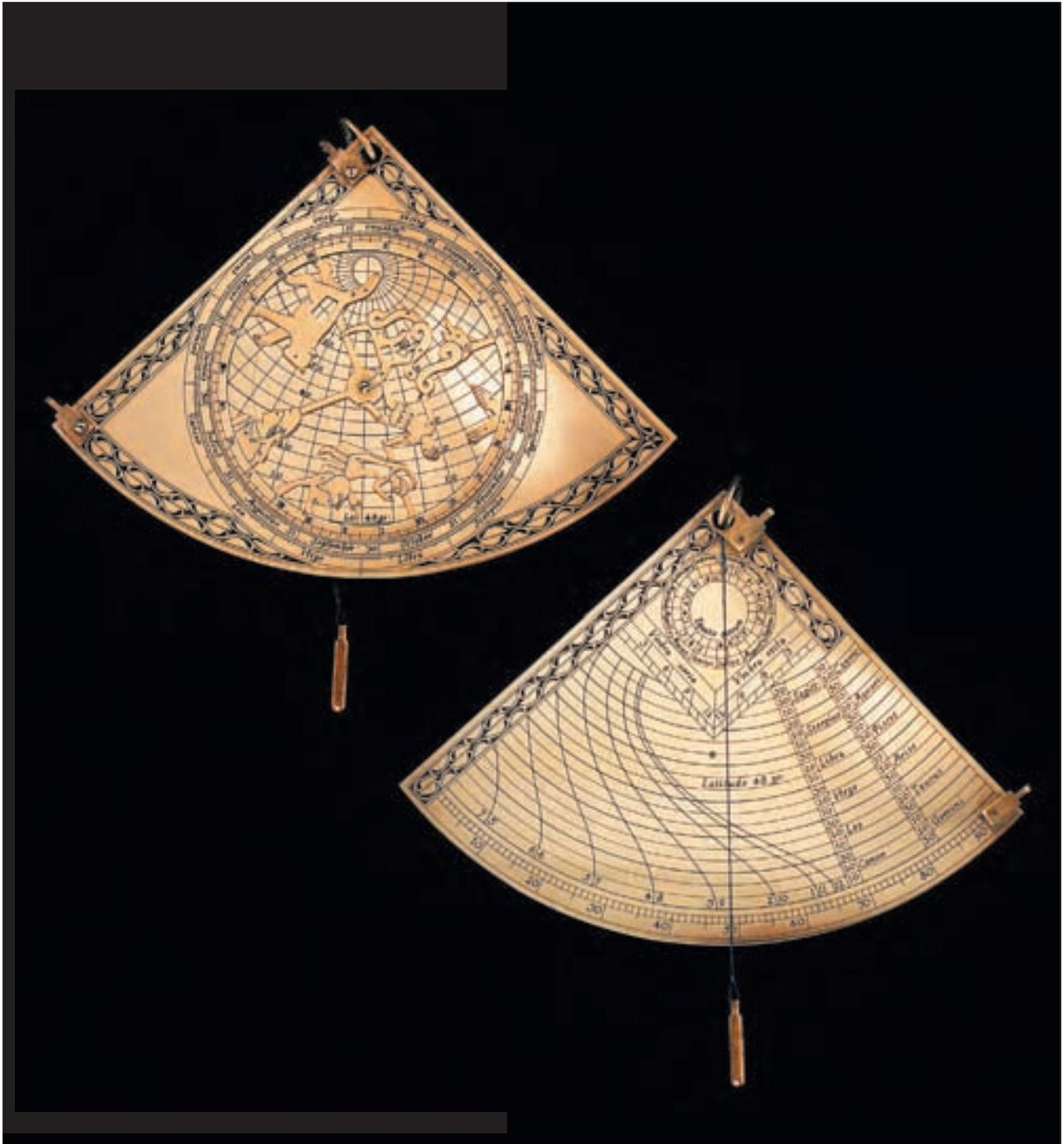
## Quadrantenscheibe

Unser Modell:  
Messing, graviert,  
Durchmesser: 25 cm.  
(Inventar-Nr. A 3.11)

Es ist eine mir bisher unbekannte Form von Quadrantenkombination, die allem Anschein nach aus dem Mağrib stammt. Das Instrument befindet sich im Besitz des Institutmuseums. Seine kreisförmige Scheibe aus Messing hat einen Durchmesser von 250 mm und eine Stärke von 0,8 mm. Auf der nördlichen Peripherie der Rückseite sind zwei Quadranten mit je einer Neunziger-Teilung eingraviert. Höhenmessungen können mit einer Alhidade ausgeführt werden.

Auf der Vorderseite befindet sich ein Sechziger-Sinusquadrant mit *mabsūt*- und *mankūs*-Linien und zwei halbkreisförmige Linien, eine über der Sinus- und eine über der Cosinuslinie, um Sehnenstrecken in Sinuswerte zu verwandeln.

In Anbetracht der Gesamtkonstellation frage ich mich, ob wir es hier vielleicht mit einem unvollendeten Instrument zu tun haben.

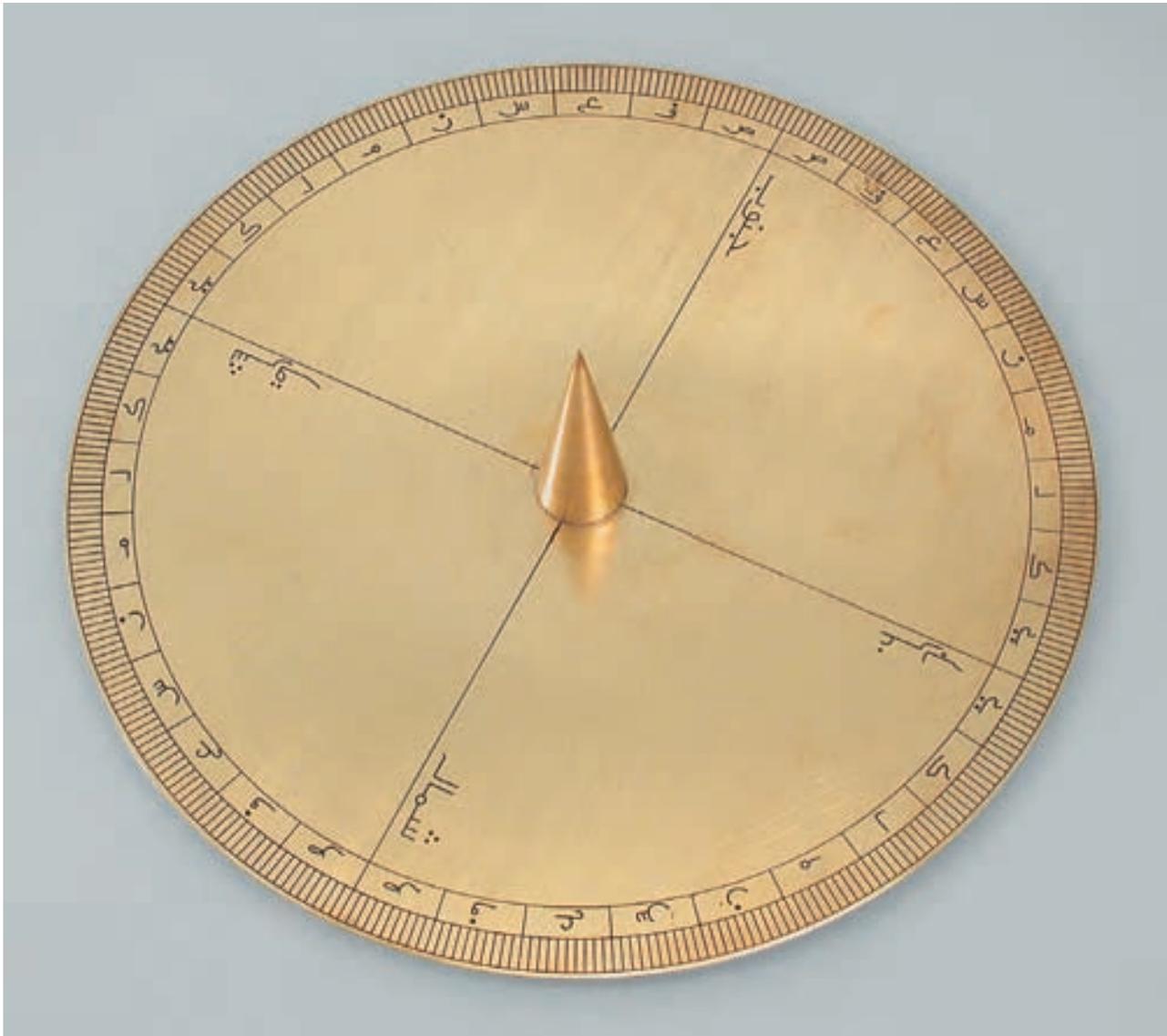


## Quadrant

Nachbau eines europäischen Quadranten aus dem 18. Jahrhundert.

Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Radius: 120 mm.  
(Inventar-Nr. A 3.05)

## WEITERE BEOBACHTUNGS- UND MESSINSTRUMENTE



### Indischer Kreis (*ad-Dā'ira al-hindīya*)

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser 250 mm.  
Höhe Gnomon: 63 mm.  
(Inventar-Nr. A 4.25)

In der Mitte des Kreises ist ein Gnomon befestigt. Die Meridianrichtung wird durch die gerade Linie angezeigt, die durch die Mitte der Linie zwischen der Eintrittsstelle des Schattens in den Kreis und seiner Austrittsstelle und durch den Mittelpunkt des Kreises führt. Das Instrument war bei den Griechen und in anderen Kulturkreisen bekannt.

L.A. Sédillot, *Mémoire* S. 98ff.; E. Wiedemann, *Über den indischen Kreis*, in: *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften* (Leipzig, Hamburg) 11/1912/ 252-255 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 34, Frankfurt 1998, S. 56-59).

## Instrument

### zur Bestimmung des Meridians

In der ersten Hälfte des 5./11. Jahrhunderts bildete sich zum ersten Mal bei den beiden Astronomen Abu r-Raiḥān Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī und al-Ḥasan b. al-Ḥasan Ibn al-Haiṭam eine klare Vorstellung davon, daß das herkömmliche graphische Verfahren zur Ermittlung der Meridianrichtung mit Hilfe des Schattens und an Hand des «indischen Kreises» fehlerhaft war. Während ersterer einige neue Verfahren ersann, kam Ibn al-Haiṭam zu der Methode, die Meridianrichtung durch korrespondierende Höhen von Fixsternen zu bestimmen.

Aus Äußerungen in seinem Traktat über sein Verfahren und über das hierzu entwickelte «Instrument zur Bestimmung der Mittagslinie» (*āla li-stiḥrāğ ḥaṭṭ niṣf an-nahār*) wird ersichtlich, daß das Problem Ibn al-Haiṭam lange Zeit beschäftigt hat und daß er tatsächlich der Erfinder dieses Instrumentes ist. Zwar war die Verwendung von Winkelabständen eines Fixsternes vor und nach seiner Kulmination bei der Ermittlung der Polhöhe bereits vor Ibn al-Haiṭam bekannt, doch scheint er der erste gewesen zu sein, der das Operieren mit korrespondierenden Höhen von Fixsternen zu einem klar definierten, experimentell gefestigten astronomischen Verfahren entwickelt hat. Im Abendland erscheint das Verfahren zum ersten Mal bei Regiomontan

in der zweiten Hälfte des 15.

Jahrhunderts

(s. R. Wolf,

*Handbuch der Astronomie* I, 390-391).

Beim Verfahren mit unserem Apparat wird durch Beobachtung

der Fixsterne

nach der

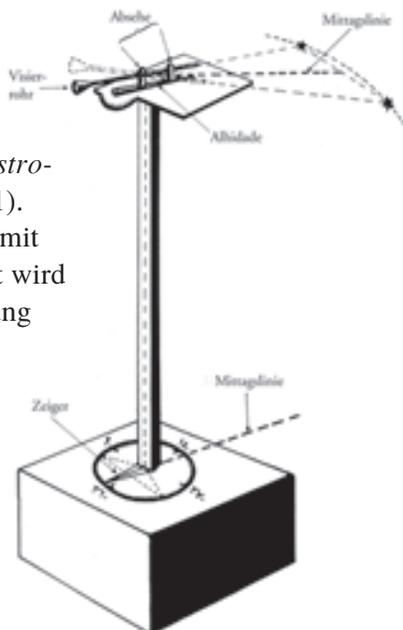
Abenddämme-

rung bis zur

Kulmination

und von der

Kulmination



Messing, vergoldet,  
Hartholz.  
Höhe: 1 m.  
(Inventar-Nr. A 4.21)

bis kurz vor der Morgendämmerung die Halbsumme der beiden Horizontalwinkel ermittelt. Entscheidend ist dabei, daß das untere Visier durch Drehen der Verbindungssäule konvergierende Winkelabstände erzeugt, so daß die Halbsumme der zurückgelegten Winkel auf dem unteren horizontalen Halbkreis die Meridianrichtung bestimmt.

F. Sezgin, *Ṭarīqat Ibn al-Haiṭam fī maʿrifat ḥaṭṭ niṣf an-nahār*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 3/1986/arab. Teil 7-43.

## Das «Instrument mit dem Dreieck»

Der Astronom und Physiker ‘Abdarrahmān al-Ḥāzini (1. Hälfte 6./12. Jh.) beschreibt in seinem Traktat *Ittihād al-ālāt an-nafīsa*...<sup>1</sup> unter weiteren astronomischen Instrumenten das von uns nachgebaute «Instrument mit dem Dreieck» (*al-āla dāt al-muṭal-laṭ*), welches zur Lösung der beiden folgenden Aufgaben dient:

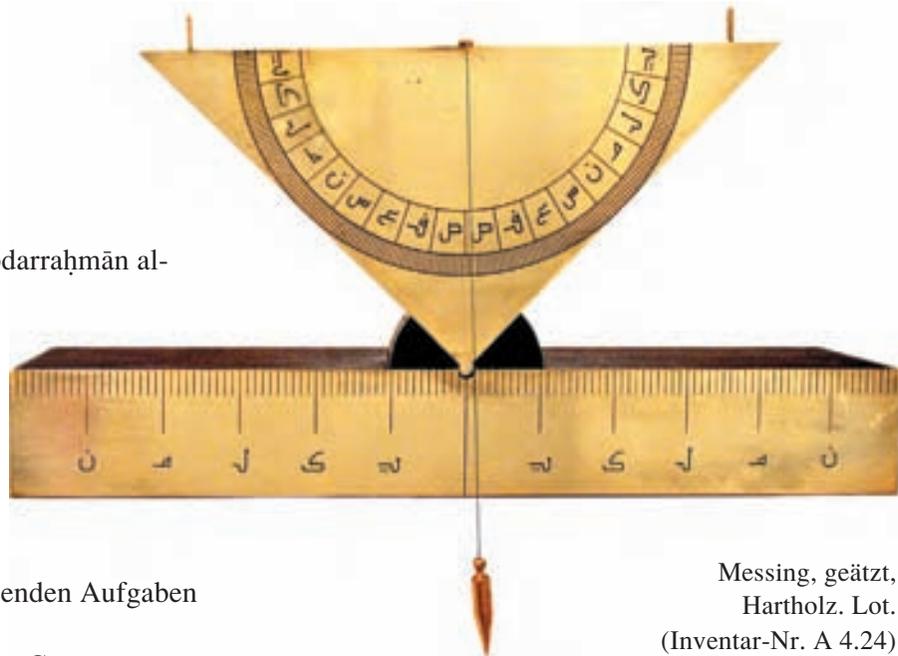
1. Zur Bestimmung der Höhe von Gestirnen, wie ein gewöhnlicher Quadrant.
2. Zur Bestimmung des Gesichtswinkels, in dem ein Gegenstand uns erscheint.

al-Ḥāzini berichtet, daß al-Bīrūnī dieses Instrument in seinem *Tahdīd nihāyāt al-amākin* kurz erwähnt habe.<sup>2</sup> Alle Instrumente, die al-Ḥāzini anführt, behandelt er in drei Kapiteln: 1. Herstellung des Instrumentes, 2. dessen Gebrauch, und 3. Beweisführung für die Richtigkeit des Gesagten. Auf Grund des ersten und teilweise des zweiten Kapitels, die in einer anonymen Kompilation über astronomische Instrumente in einer Berliner Handschrift (Spr. 1877, Ahlwardt 5857, 124a f.) erhalten sind, hat Josef Frank im Jahre 1921 das Instrument bekannt gemacht<sup>3</sup>. Über seine Eigenschaften sagt Frank, der die Beschreibung des Verfassers teilweise übersetzt:

<sup>1</sup> Die von mir benutzte Handschrift befindet sich in der Istanbul Universitätsbibliothek, A.Y. 314 (54b-82b, 9. Jh.H., s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 92). Der Text wurde mit der vollständigen Handschrift faksimiliert als *Mağmū‘at rasā’il ‘arabiya fī ‘ilm al-falak wa-r-riyā-ḍiyāt*, Frankfurt: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 2002, S. 114-166.

<sup>2</sup> al-Ḥāzini meint wahrscheinlich die Ausführung auf S. 221 der uns vorliegenden Edition (Kairo 1962), die tatsächlich sehr kurz ist und nur die zweite Aufgabe zur Sprache bringt.

<sup>3</sup> *Über zwei astronomische arabische Instrumente*, in: *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (Berlin), Bd. 41, S. 193-200, bes. 199-200, (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 88, Frankfurt 1998, S. 69-70).



Messing, geätzt,  
Hartholz. Lot.  
(Inventar-Nr. A 4.24)

«In einem rechtwinkligen Dreieck aus Holz oder anderem Material ist um den Halbierungspunkt der Hypotenuse ein Halbkreis gezogen, der die Katheten berührt und in 180 Grade geteilt ist. Auf der Hypotenuse sind an ihren Enden zwei senkrechte Klötze angebracht, die zum Avisieren dienen. Das Dreieck ist mittels eines Gelenkes, das im Scheitelpunkt des rechten Winkels befestigt ist, mit einer Basis, einer rechtwinkligen Platte, verbunden. Die Vorderseite dieser Basis ist geteilt; jeder Teil ist gleich dem sechzigsten Teil der Höhe des Dreiecks. Das Instrument ist im Grund genommen ein Doppelquadrant und dient vornehmlich zum Messen von Winkelgrößen. Doch leistet es in gewisser Hinsicht mehr als dieser. Bei ihm kann man unmittelbar nur den Winkel messen, den ein Sehstrahl mit der Horizontalen bildet, während man mit dem Dreiecksinstrument einen vertikalen Winkel darstellen kann, wenn auch die Horizontale im Winkelraum liegt. An der Teilung der Basis kann man mit Hilfe des im Kreismittelpunkt angebrachten Lotes den Sinus eines jeden Winkels messen.»

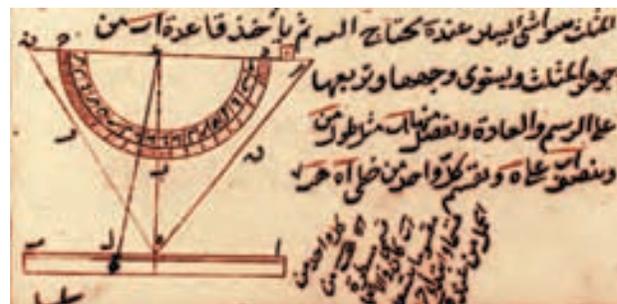


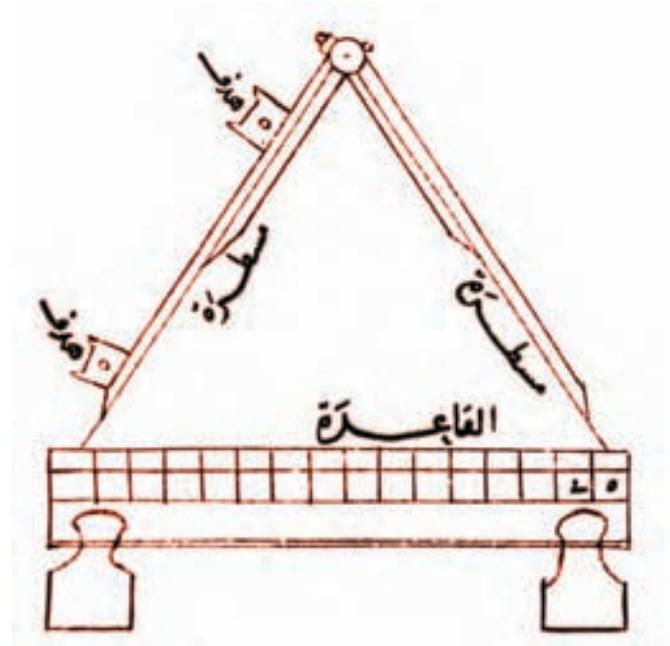
Abb. aus Hds. İstanbul, Univ.-Bibl. A.Y. 314.

## Drei Höhenmesser

Der Universalgelehrte Abū Naṣr as-Samau'al b. Yaḥyā al-Mağribī<sup>1</sup> (gest. um 570/1175) beschreibt in seinem, bisher in zwei Handschriften bekannten *Kaṣf 'awār al-munağğimīn wa-ğalaṭihim fī akṭar al-a'māl wa-l-aḥkām* drei von seinen Vorgängern verwendete Instrumente zur Höhenmessung und bemüht sich darum, auf ihre möglichen Schwächen aufmerksam zu machen.

### 1.

Bei einem der Geräte operiert man mit einem Winkelmesser, der aus zwei gleichlangen Schenkeln besteht, deren einer am Anfang eines horizontal liegenden Lineals befestigt wird, während der andere in einer beweglichen Schiene auf dem das Instrument tragenden Tisch am Lineal entlanggleitet. Die durch die beiden Absehen am ersten Schenkel avisierte Höhe wird an Hand des Verhältnisses der Hälfte der bei der Beobachtung entstandenen Distanz zwischen den Spitzen der beiden Schenkel zur Schenkellänge ermittelt. Das Verhältnis liefert den Cosinus des Höhenwinkels.

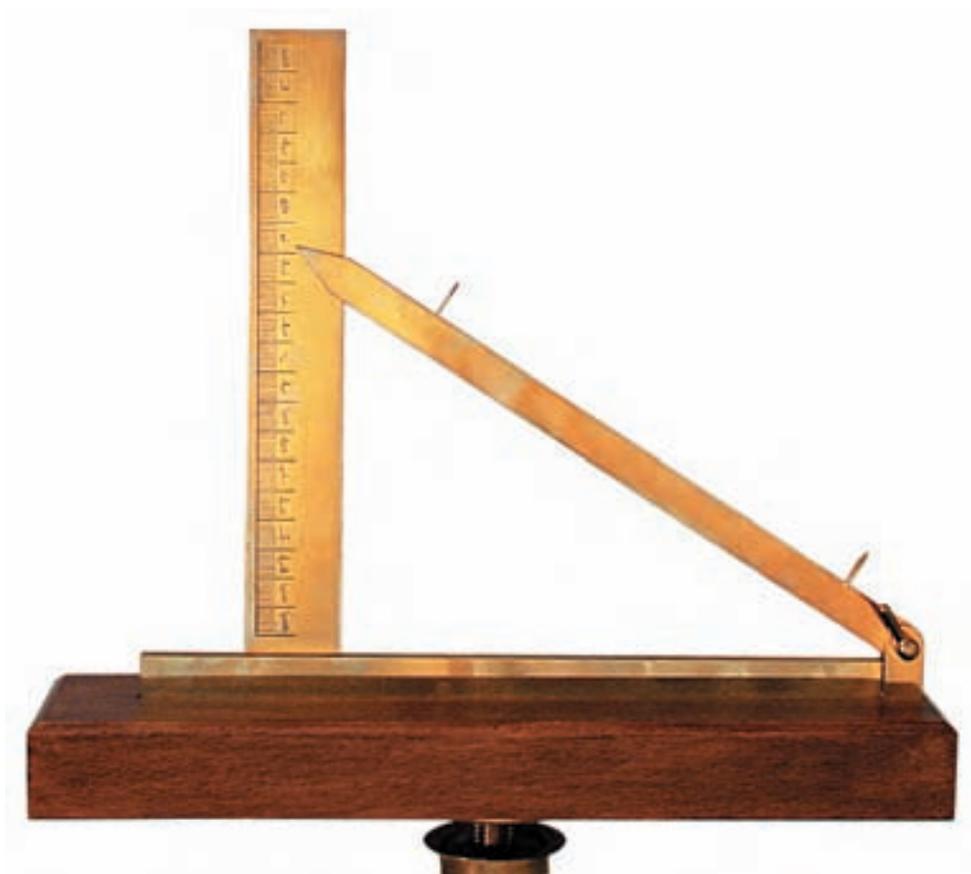


aus Hds. Oxford, Hunt. 539.



Tisch aus Hartholz,  
Länge: 66 cm.  
Seitlich angebrachte Skala,  
gravierte arabische Buchstaben  
mit Zahlenwert.  
(Inventar-Nr. A 4.33)

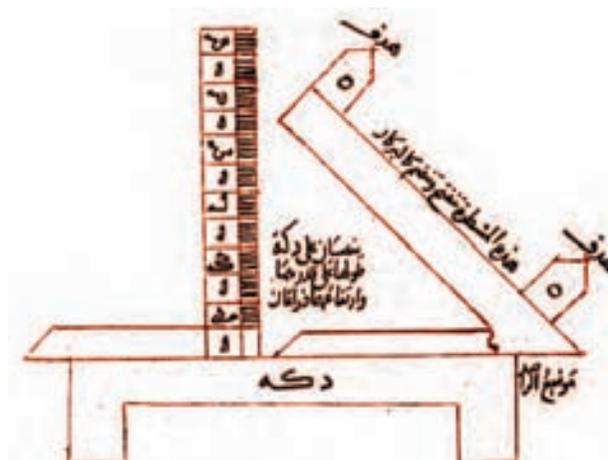
<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 65).



Tisch aus Hartholz,  
Länge: 46 cm.  
Beweglicher Messingzeiger mit  
Visierung und Hebel zum Feststellen.  
(Inventar-Nr. A 4.34)

2.

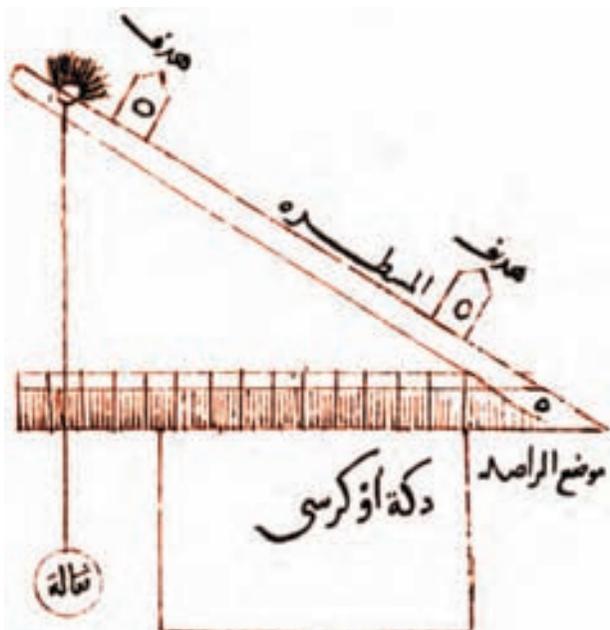
Beim zweiten Höhenmesser operiert man mit zwei Schenkeln, von denen der eine mit einer Spitze und zwei Absehen ausgestattet und am Scheitelpunkt in der Höhe verstellbar ist. Der zweite Schenkel ist mit einer Schiene versehen, in der im Winkel von  $90^\circ$  ein bewegliches Lineal steht. An dem Lineal wird mit der Spitze des ersten Schenkels an Hand der Visierung der Höhenwinkel bestimmt. Das Verhältnis der Strecke zwischen dem Berührungspunkt des Schenkels am Lineal und dessen unterer Spitze zur bekannten Länge des Schenkels ergibt den Sinus der visierten Höhe.



aus Hds. Oxford, Hunt. 539.



Tisch aus Hartholz,  
Länge: 63,5 cm.  
Seitlich angebrachte Skala  
mit gravierten arabischen  
Zahlenwert-Buchstaben.  
(Inventar-Nr. A 4.35)



3.

Beim dritten Höhenmesser sind zwei Schenkel gleicher Länge wie die Schenkel eines Zirkels durch ein Gelenk miteinander verbunden. Einer der Schenkel liegt fest in der Horizontalen und trägt eine Skala zum Ablesen, während der andere mit einer Visierung versehen und in der Höhe verstellbar ist und an seiner Spitze ein Lot trägt. Das Verhältnis der Strecke vom Beginn des horizontalen Lineals bis zu dem Punkt, der durch das Lot markiert wird, zur Länge des beweglichen Schenkels ergibt den Wert der visierten Höhe im Cosinus.

aus Hds. Oxford, Hunt. 539.

Das  
umfassende  
Instrument  
(*al-āla aš-šāmila*)

Unser Modell:  
Messing, geätzt  
Ø = 42 cm,  
Radius (innen) = 17 cm  
(Inventar-Nr. A 1.06)



Der Erfinder dieses Instrumentes war der berühmte Mathematiker und Astronom Ḥāmid b. al-Ḥiḍr al-Ḥuḡandī<sup>1</sup> (2. Hälfte 4./10. Jh.). Vor der Entdeckung der Handschriften des Traktates<sup>2</sup>, in dem al-Ḥuḡandī das Instrument beschrieben hat, kannte man Zitate daraus bei al-Marrākūšī<sup>3</sup> (2. Hälfte 7./13. Jh.). Im Jahre 1921 hat Josef Frank<sup>4</sup> das Instrument nach Auszügen aus dem Traktat al-Ḥuḡandī's in einer Berliner Handschrift<sup>5</sup> nahezu wirklichkeitstreu beschreiben können:

«Das Instrument besteht im wesentlichen aus einer hohlen Halbkugel und einer Scheibe von der Größe eines ihrer Großkreise. Der in Grade geteilte Randkreis der Halbkugel stellt den Horizont dar. Auf ihrer inneren Fläche sind die Parallel- und Vertikal- kreise zum Horizont gezeichnet. Die Halbkugel ist demnach als der unter dem Horizont befindliche Teil der Himmelssphäre mit dem Horizontkoordinatensystem aufzufassen. Die Scheibe ist in 360 Grade geteilt und dreht sich um den Mittelpunkt

der Halbkugel wie die Ekliptikebene; dadurch wird die Umdrehung des Tierkreises dargestellt. Um die Scheibe für jede geographische Breite einstellen zu können, kann die mit ihr verbundene Achse in einem Schlitz der Halbkugel verstellt werden. Zu Messungen am Himmelsäquator ist mit der Scheibe ein Halbkreis in der entsprechenden Lage verbunden, der die eine Hälfte des Himmelsäquators vorstellt. Eine um den Mittelpunkt der Scheibe drehbare Alhidade gestattet die verschiedensten Winkel-messungen, sei es in der Ebene der Ekliptik für Längenbestimmungen, sei es in der Ebene des Himmelsäquators um Rektaszensionen zu finden usw. Dazu bringt man die Achse in die entsprechende Lage. Wird die Scheibe vertikal zum Horizont gestellt, so kann man Höhenmessungen ausführen. Doch erschwert im allgemeinen bei diesen Messungen das im Innern der Kugel befindliche Absehen das Anvisieren eines Sternes. Dieser Übelstand läßt sich vermeiden, wenn man die Scheibe von der Achse löst und senkrecht aufhängt. Wohl nur dazu dient ein Loch am Rand der Scheibe beim 90. Grad der Teilung. Bei der Höhenmessung ist die Verwendung der Scheibe die gleiche wie die der Rückseite des Astrolabs.

An dem Horizontkoordinatensystem kann man Höhe und Azimut des der Sonne gegenüberliegenden Punktes der Ekliptik ablesen, woraus man diese Koordinaten für die Sonne selbst erhält. Mit ihrer Hilfe kann man den Tierkreis auf der Scheibe in seiner augenblicklichen Lage auf der Himmels-sphäre darstellen. Der Äquatorkreis ermöglicht die Zeitbestimmung ...»

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums* Bd. 5, S. 307-308; Bd. 6, S. 220-222.

<sup>2</sup> Ebd. Bd. 6, S. 221.

<sup>3</sup> *Ġāmi' al-mabādi' wa-l-ġāyāt*, Faksimile-Ed. Frankfurt 1984, S. 14-19; L.-A. Sédillot, *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, a.a.O. S. 148-149 (Nachdr., a.a.O. S. 194-195).

<sup>4</sup> *Über zwei astronomische arabische Instrumente*, in: *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (Berlin) 41/1921/193-200 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, S. 63-70).

<sup>5</sup> *Muḥtaṣar fī ṣan'at ba'ḍ al-ālāt ar-raṣādiya wa-l-'amal bihā*, Ms. Ahlwardt 5857 (Sprenger 1877).



Achse der Scheibe, oben abgeschrägt und unten mit Zapfen, welcher in der Schiene läuft; aus der Hds. Bursa, Haraçcioğlu 1217 fol. 12 a.

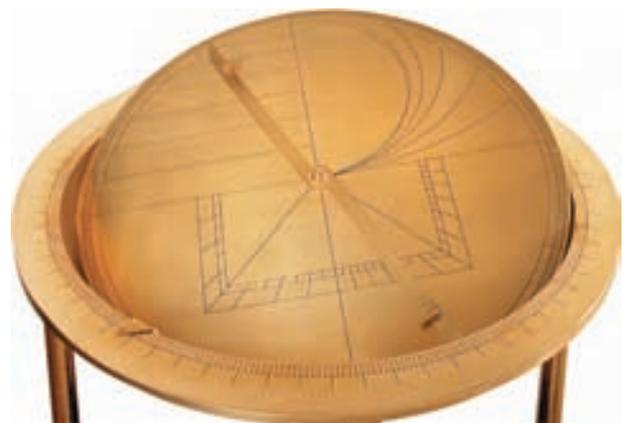
«Die schâmila kann man also als eine Verbindung des Quadranten bzw. der Rückseite des Astrolabs mit der Himmelskugel auffassen. Sie leistet schon wegen der eben genannten Darstellungen das gleiche wie der Quadrant, hat aber ihm gegenüber den Vorteil, daß sie die räumliche Anschauung stärker unterstützt. Während man mit ihr unmittelbar nur Bestimmungen, die mit der Sonne in Beziehung stehen, ausführen kann, kann man auch solche in Verbindung mit Fixsternen beim Astrolab und der Himmelskugel durchführen; denn die Orte dieser oder wenigstens der wichtigsten von ihnen finden sich auf diesen Instrumenten verzeichnet. Mit der Himmelskugel läßt sich ferner die

Bewegung der ganzen Himmels-sphäre wiedergeben, bei der schâmila nur die vom Tierkreis und Äquator. Allerdings ist bei der schâmila das anschauliche Moment nicht zu übersehen. Während wir uns nämlich bei der Himmelskugel außerhalb der Himmels-sphäre gestellt denken müssen, sehen wir bei der schâmila die Verhältnisse wie in der Wirklichkeit. Vom Mittelpunkt der Kugel aus beobachten wir, wie z.B. der Tierkreis an den Muqantaras und Azimutalkreisen, die wir auf der Innenfläche der Himmelskugel sehen, sich vorbeibewegt ... ».<sup>6</sup>

Bei der Herstellung unseres Modells haben wir uns auf die Arbeit von J. Frank gestützt und al-Ĥuġandî's vollständige Beschreibung aus der Handschrift Bursa, Haraçcioğlu Nr. 1217, die Frank noch nicht bekannt war, mit herangezogen. Zusätzlich haben wir eine in 90 Grade geteilte Skala gebaut, die aus einem Viertelkreisbogen besteht, dessen Radius dem Innenradius der Halbkugel entspricht. Sie ist derart an der Achse angebracht, daß sie sich mit deren Drehung bewegt und dabei an der Innenseite der Halbkugel anliegt. Sie ist in den Photographien rechts oben zu sehen.



Die Skala ermöglicht es, die Messungen im Innern der Kugel nach einzelnen Graden abzulesen. Eine entsprechende Unterteilung der Himmelsmeridiane und Parallelkreise an der Innenfläche der Kugel wäre auch heute noch technisch sehr aufwendig.



<sup>6</sup> J. Frank, *Über zwei astronomische arabische Instrumente*, a. a. O. S. 194-195 (Nachdr., a. a. O. S. 64-65).



Fol. 9a.



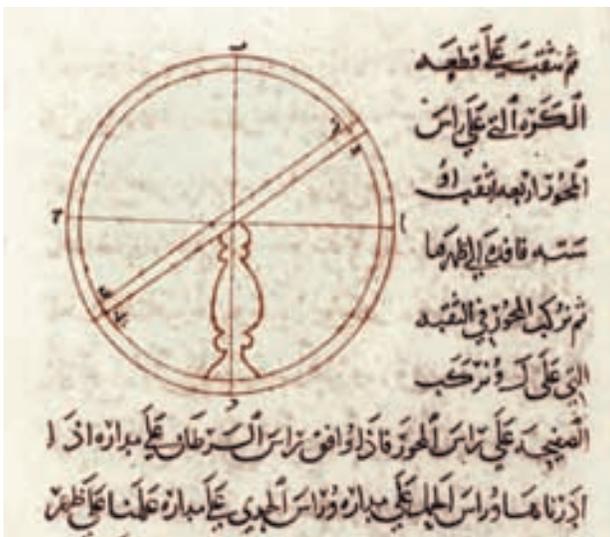
Fol. 10b.



Fol. 9b.



Fol. 11b.



Fol. 13a.

Konstruktionszeichnungen aus der Hds. Bursa, Haraçcioğlu Nr. 1217.

## Das Torquetum

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser 30 cm.  
Höhe 75 cm.

Das Gerät ist um drei Achsen verstellbar.  
Der Breitengrad läßt sich justieren.  
(Inventar-Nr. A 4.20)



Das *torquetum* wurde im 6./12. Jh. von dem andalusischen Astronomen Ġābir b. Aflaḥ entwickelt und erfreute sich seit dem 15. Jahrhundert in Europa, besonders bei deutschen Fachleuten, großer Verbreitung. Das Instrument wird im *Iṣlāḥ al-Mağisṭī* des Ġābir b. Aflaḥ<sup>1</sup> beschrieben. Es stellt die Himmelsebenen Horizont, Äquator und Ekliptik drehbar übereinander dar und dient zur Lösung folgender Aufgaben:

1. Ermittlung der Größe des Meridianbogens zwischen den beiden Wendekreisen (*miqdār al-qaus allatī bain al-munqalabain*).
2. Ermittlung der Mondhöhe (*nihāyat mail al-qamar min falak al-burūğ*).
3. Ermittlung des Zeitpunktes der beiden Äquinoktien (*waqt kull wāḥid min al-i'tidālain*).
4. Ermittlung der Sternpositionen (*mauḍi' kaukab min al-kawākib min falak al-burūğ fi ṭ-tūl wa-l-'arḍ*).

Das Instrument war in Europa schon im 13. Jahrhundert bekannt.

Unser Modell mit arabischer Schrift und arabischen Zahlen wurde in Anlehnung an Exemplare nachgebaut, die in Europa erhalten sind.

L. Thorndike, *Franco de Polonia and the Turquet*, in: *Isis* (Cambridge, MA) 36/1945/6-7;

E. Zinner, *Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts*, München 1956, S. 177-183;

E. Poulle, *Bernard de Verdun et le Turquet*, in: *Isis* 55/1964/200-208.

Richard P. Lorch, *The Astronomical Instruments of Jābir ibn Aflaḥ and the Torquetum*, in: *Centaurus* (Munksgaard, Copenhagen) 20/1976-77/11-34.

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 93.



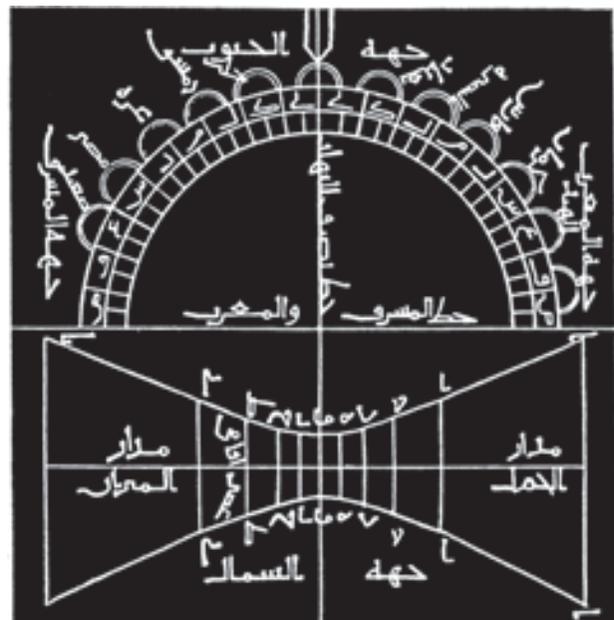
Die  
Torquetum-  
Familie

1.  
*ṣandūq al-yawāqīt  
al-ḡāmi‘ li-a‘māl  
al-mawāqīt*

(«Kästchen der Rubine  
für alle Arten der  
Zeitmessung»)

Außenansicht (Astrolabium) unseres Modells.

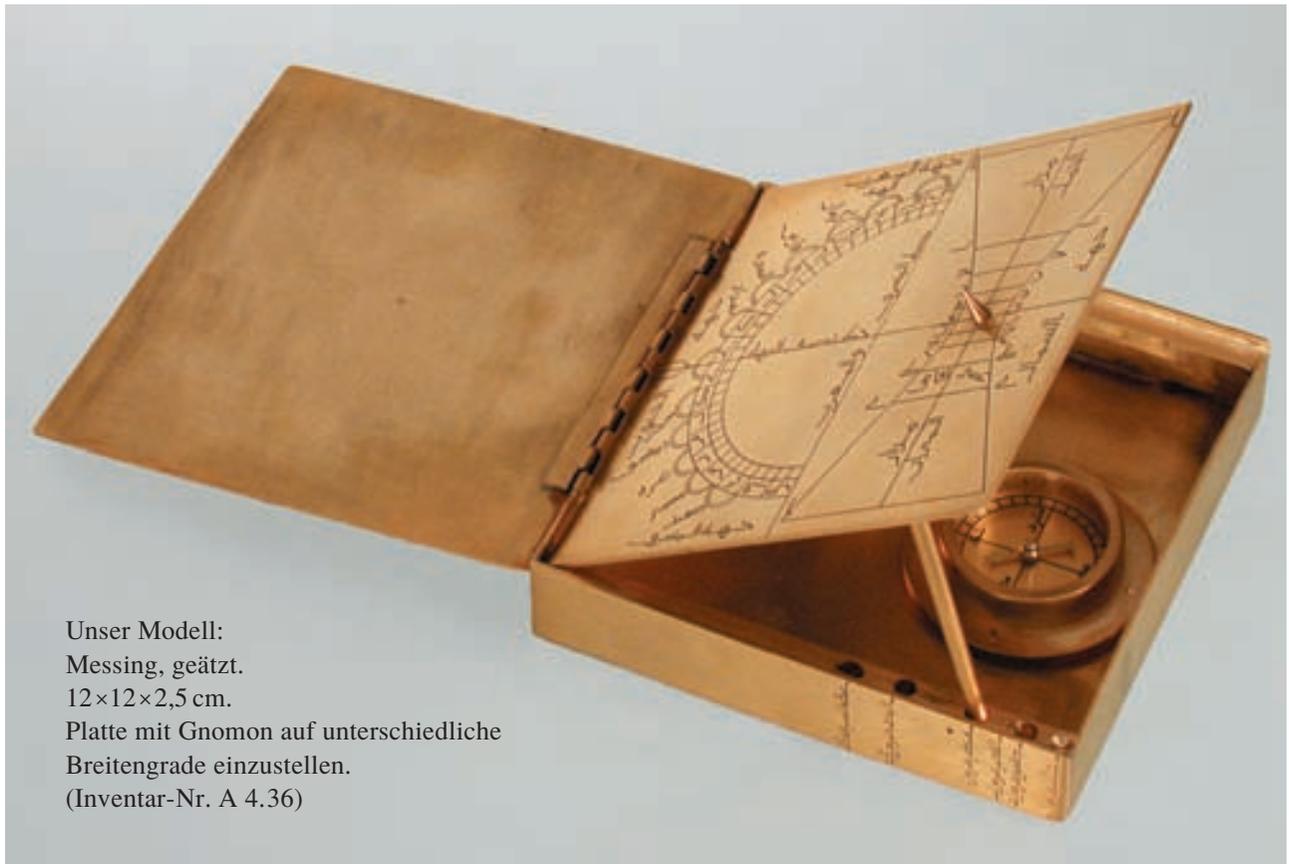
Das «Rubinkästchen» wurde von dem berühmten Astronomen ‘Alī b. Ibrāhīm Ibn aš-Šāṭir (gest. um 777/1375) im Jahre 767/1366 für einen der mam-lükischen Gouverneure in Damaskus gebaut. Es beinhaltet zwei Sonnenuhren, eine polare und eine äquatoriale. Die letztere dient zur Ermittlung des Stundenwinkels nach dem Stand der Sonne oder eines Sterns außerhalb der Äquatorzone. Heute befindet sich das Instrument in der Auqāf-Bibliothek von Aleppo. Es wurde zuerst in den Jahren 1939-40 von Siegmund Reich und Gaston Wiet bekannt gemacht.<sup>1</sup> Dies ermöglichte den Verfassern der *History of Technology*<sup>2</sup> von 1957 eine kurze Beschreibung. Im Jahre 1976 wurde es dann in der



Abreibung (?) der verlorenen inneren Platte,  
nach S. Reich und G. Wiet.

<sup>1</sup> *Un astrolabe syrien du XIV<sup>e</sup> siècle*, in: Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale (Kairo) 38/1939/195-202 (Nachdr. in: Islamic Mathematics and Astronomy Bd. 95, S. 4-11).

<sup>2</sup> Charles Singer, E.J. Holmyard, A.R. Hall, Trevor J. Williams (Eds.), *A History of Technology*, Bd. 3, Oxford 1957, S. 600 und Fig. 353.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
12×12×2,5 cm.  
Platte mit Gnomon auf unterschiedliche  
Breitengrade einzustellen.  
(Inventar-Nr. A 4.36)

Ausstellung *Science and Technology* in London gezeigt. Anschließend wurde es von Louis Janin und David A. King untersucht und beschrieben. In dieser Studie<sup>3</sup> wird das Instrument nicht nur historisch bewertet, sondern es wird auch ein anonymes, unvollständiges Traktat mit herausgegeben und ins Englische übersetzt, von dem die Autoren vermuten, er sei von Ibn aš-Šāṭir zur Erklärung dieses Instrumentes geschrieben worden. Die beiden Forscher stellen jedoch fest, daß der anonyme Traktat die erhoffte Hilfe bei der Beseitigung der Schwierigkeiten, die sich an das Verständnis des Instrumentes knüpfen, vor allem seiner Unvollständigkeit wegen nicht leisten könne; – er schaffe ebensoviele Probleme wie er löse.<sup>4</sup> Ich frage mich, ob der Grund dafür nicht in der Identität des Autors liegen könnte. Vielleicht war es nicht Ibn aš-Šāṭir selbst,

sondern ein anderer Gelehrter, der das Instrument mit gewissen Abweichungen beschrieben hat. Die genannten Schwierigkeiten gehen hauptsächlich darauf zurück, daß manches Zubehör des Instrumentes fehlt. Es ist zu bedauern, daß die beiden Absehen der Alidade fehlen, deren eine bei der Londoner Ausstellung noch vorhanden war. Doch wichtiger ist zweifellos der Verlust der verschiebbaren Platte mit dem Diagramm der Sonnenuhr, das wir heute nur nach der Abreibung von Reich und Wiet beurteilen können (s. Abb. S. 155). In unserem Modell setzen wir auf den Schnittpunkt der Koordinaten ein Gnomon, dessen Länge dem Abstand zwischen dem Mittelpunkt und der Achtstundenlinie entspricht. Auf dem Deckel fügen wir zwei Absehen hinzu, für deren Länge und Höhe wir uns auf eine Abbildung von der Londoner Ausstellung<sup>5</sup> stützen. An einer der Innenseiten des Kästchens bohren wir sechs Vertiefungen, an denen die Namen und Breitengrade von sechs Städten eingraviert sind, wobei wir davon ausgehen, daß

<sup>3</sup> *Ibn al-Shāṭir's Ṣandūq al-Yawāqīt: An Astronomical «Compendium»*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 1/1977/187-256 (Nachdr. in: D.A. King, *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum 1987, Text No. XII).

<sup>4</sup> Ebd. S. 188, 189.

<sup>5</sup> s. Ḥusain Naṣr, *al-'Ulūm fī l-Islām. Dirāsa muṣawwara* (aus dem Englischen übersetzt), Tunis 1978, S. 89.

ein kleiner Pfosten als Stütze zum Einstellen des erwünschten Breitengrades vorhanden war; die Einstellung erfolgte wahrscheinlich, indem zwischen der beweglichen Platte und den an geeigneten Stellen angebrachten Vertiefungen in der Seitenwand des Kästchens der Pfosten gesteckt wurde, welcher also eine dem jeweiligen Breitengrad gemäße Neigung der Platte bewirkte. Bei späteren, weiter entwickelten Nachfolgern des Gerätes diente ein linealartiger Quadrant (s.u.S. 158) der Gradjustierung. Die meridionale Ausrichtung des tragbaren Kästchens erfolgte nach dem beschreibenden Text durch einen Kompaß (*ibra*). Dieser war wohl in geeigneter Größe auf dem Boden des Gerätes installiert.

Die Bedienung erfolgte vermutlich folgendermaßen: Nach dem Öffnen des oberen Deckels um 180° und der meridionalen Ausrichtung des Kästchens hebt man die südliche Kante der unteren ver-

schiebbaren und abhebbaren Platte auf den Breitengrad des Beobachtungsortes an.

Danach beobachtet man die Zunahme oder Abnahme der Schattenlänge. Die Schnittpunkte des Schattens mit der nördlichen oder südlichen Zeitkurve markieren den Verlauf der örtlichen Stunden. Um den äußeren Halbkreis sind geographische Orte verzeichnet. Sie stehen für die Zonen, deren Qibla-richtung je nach Einstellung des Kästchens ermittelt werden kann. Genannt sind die Provinzen oder Orte Şa'īd (Oberägypten), Mişr (Kairo), Ġazza, Dimaşq (Damaskus), Ḥalab (Aleppo), Baġdād, al-Başra, Fāris (die Persis), Kirmān und al-Hind (Zentralindien). Bei geschlossenem Kästchen erfüllt der Deckel Aufgaben eines Astrolabiums.

Die besondere astronomiegeschichtliche Bedeutung des Instrumentes liegt darin, daß es sich im Entwicklungsgang hin zu dem Instrument, das in Europa als Torquetum bekannt wurde (s.o.S. 154), als ein neuer Schritt erweist. In den folgenden Jahrhunderten rief dieser Typ unter dem Namen *dā'irat mu'addil an-nahār* zahlreiche Nachfolger mit gewissen Eigenentwicklungen hervor. Dies gilt auch für deren europäische Gefolgschaft. Die zur Zeit bekannten Nachfolger des «Rubinkästchens» im arabisch-islamischen Kulturbereich sind folgende: *Dā'irat al-mu'addil*, beschrieben von seinem Erbauer 'Izzaddīn 'Abdal'azīz b. Muḥammad al-Wafā'ī (gest. 874/1469)<sup>6</sup>. Die arabische Beschreibung wurde mit türkischer und englischer Übersetzung im Jahre 1960 von Sevim Tekeli herausgegeben.<sup>7</sup> Muḥammad b. Abi l-Faḥ aṣ-Şūfī (lebte noch 943/1536), der schon unter dem Titel *al-'Amal bi-şandūq al-yawāqīt*<sup>8</sup> das «Rubinkästchen» beschrieben hatte, hinterließ auch die Beschreibung eines Gerätes, das große Ähnlichkeit mit demjenigen von 'Izzaddīn al-Wafā'ī zeigt. Er nannte seinen Traktat *al-Mufaṣṣal fī l-'amal bi-niṣf dā'irat al-mu'addil*.<sup>9</sup>



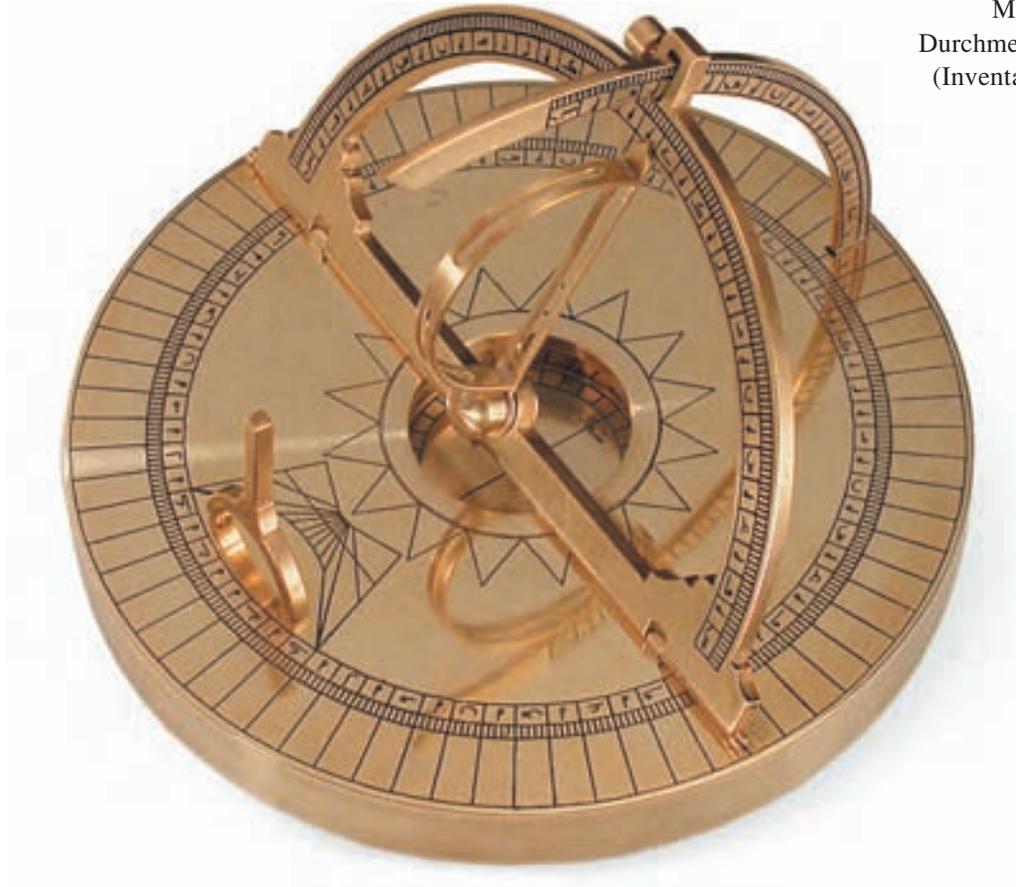
<sup>6</sup> s. C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur*, Suppl.-Bd. 2, S. 160.

<sup>7</sup> Izzüddin b. Muhammed al-Vefai' nin «Ekvator halkası» adlı makalesi ve torquetum (engl. Titel «Equatorial Armilla» of 'Iz al-Din b. Muḥammad al-Wafai and Torquetum), in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi (Ankara) 18/1960/227-259.

<sup>8</sup> Herausgegeben von David King, *Ibn al-Shāṭir's Şandūq al-Yawāqīt*, a.a.O. S. 248-250.

<sup>9</sup> s. Sevim Tekeli, *Izzüddin b. Muhammed al-Vefai' nin «Ekvator halkası»*, a.a.O. S. 227-228.

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser ca. 12 cm.  
(Inventar-Nr. A 4.37)



## 2.

Die Beschreibung eines weiter entwickelten Typs dieses Instrumentes haben William Brice, Colin Imber und Richard Lorch<sup>10</sup> in der Schrift *Mir'āt-i kā'ināt min ālāt-i irtifā'* des bekannten osmanischen Navigators Sīdī 'Alī Re'īs<sup>11</sup> (gest. 970/1562) entdeckt. Sie skizzieren das von Sīdī 'Alī beschriebene Gerät folgendermaßen:

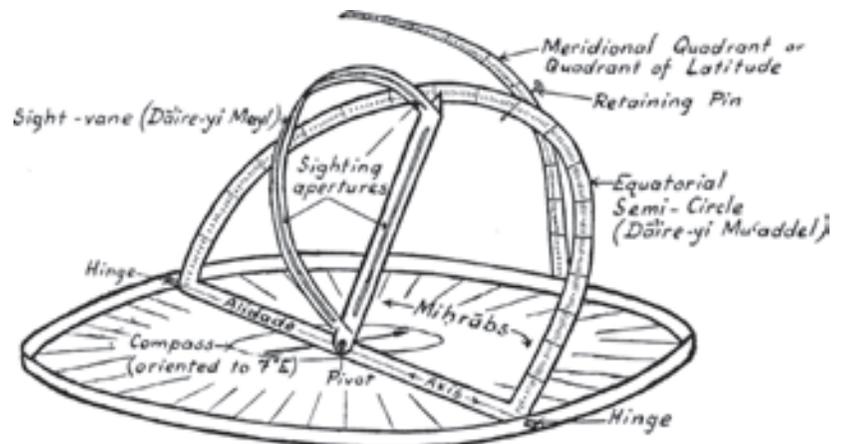


Abb. aus Brice/Imber/Lorch,  
*The Dā'ire-yi Mu'addel of Seydī 'Alī Re'īs* S. 5.

<sup>10</sup> *The Dā'ire-yi Mu'addel of Seydī 'Alī Re'īs*, veröffentlicht als Seminar on Early Islamic Science. Monograph No. 1 (Juli 1976).

<sup>11</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 11, S. 159-168, 265-268.

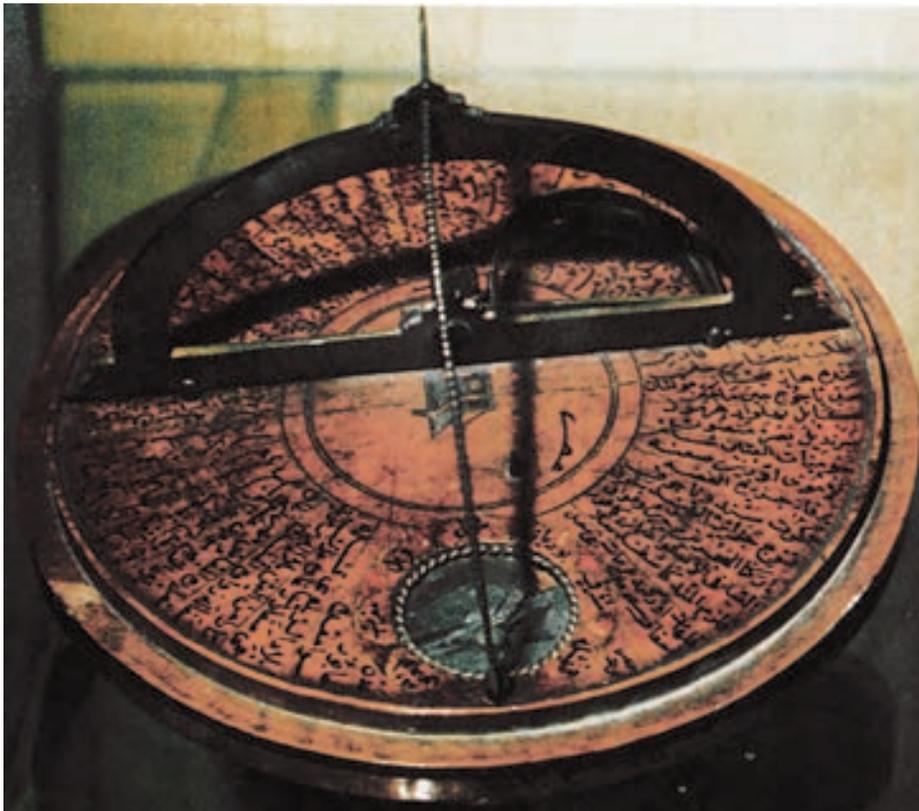
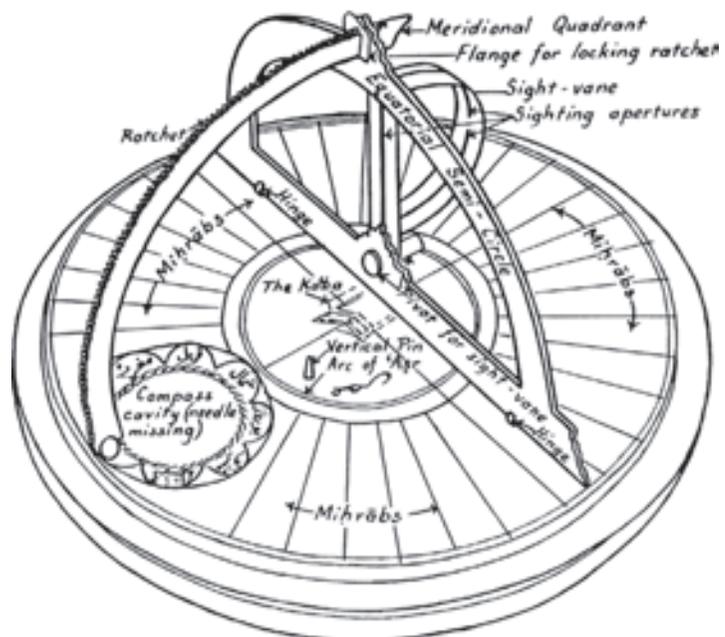


Abb. *dā'irat al-mu'addil* aus Damaskus, Nationalmuseum, No. 11741<sup>13</sup>.

Dabei ist höchst beachtlich, daß Sidī 'Alī beim Gebrauch des eingebauten Kompasses auf die Notwendigkeit hinweist, die magnetische Abweichung des durch İstanbul führenden Meridiankreises von 7° zu berücksichtigen.

Ein Instrument, das dem von Sidī 'Alī beschriebenen weitgehend ähnelt befindet sich im Nationalmuseum in Damaskus (No. 11741). Es trägt am Semizirkularkreis das Datum 1050 (= 1640 n.Chr.), während es nach einer Inschrift am Äquatorialkreis aus dem Jahre 1104 (= 1693 n.Chr.) stammt. Demnach wurde es wohl aus zwei Teilen zusammengesetzt, die aus unterschiedlichen Zeiten stammten.<sup>12</sup>

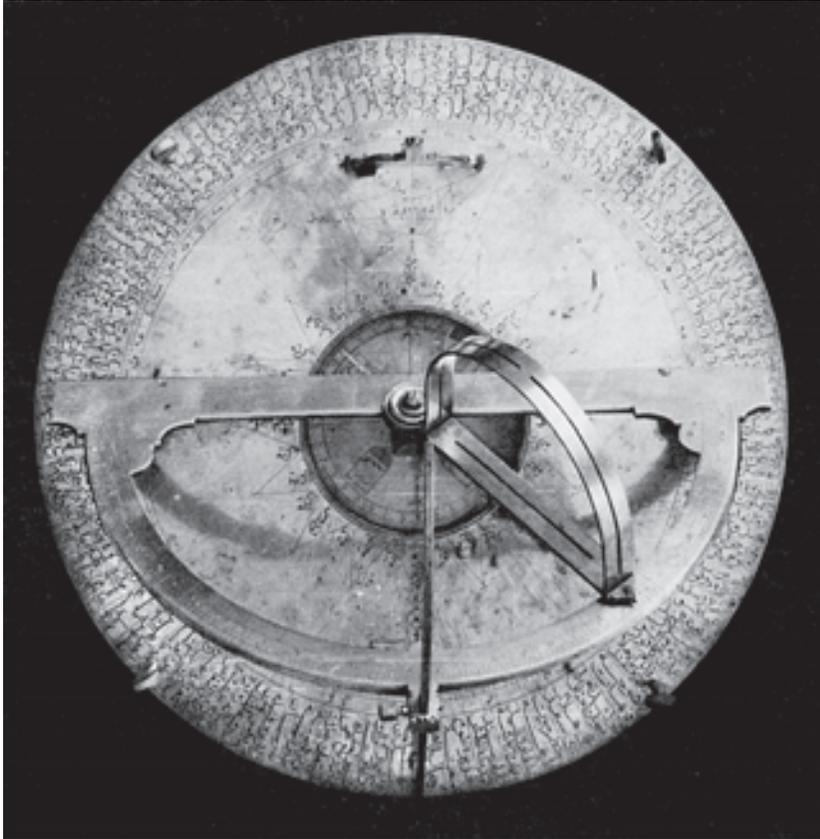


Skizze des Instrumentes aus Damaskus, Nationalmuseum, No. 11741<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> W. Brice, C. Imber, R. Lorch, *The Dā'ire-yi Mu'addel of Seydī 'Alī Re'īs*, a.a.O. S. 6.

<sup>13</sup> Aus Ḥusain Naṣr, *al-'Ulūm fī l-Islām. Dirāsa muṣawwara*, a.a.O. S. 45.

<sup>14</sup> Aus W. Brice, C. Imber, R. Lorch, *The Dā'ire-yi Mu'addel of Seydī 'Alī Re'īs*, a.a.O. S. 7.



Aus dem weiteren Entwicklungsgang des Instrumentes seien hier noch weitere zwei Beispiele angeführt:

Das Exemplar der Sternwarte von Kandilli in İstanbul.<sup>15</sup>

Abb.  
*dā'irat al-mu'addil*  
aus Kandilli<sup>16</sup>.

Eine weitere Form der äquatorialen Uhr (*mu'addil an-nahār*) wurde vom gleichen Instrumentenbauer wie das Gerät in Kandilli im Jahre 1061/1651<sup>17</sup> für Sultan Mehmed IV. gebaut. Das Exemplar, das sich vor einigen Jahren im Besitz von Christie's in London befand, ist mit zwei zusätzlichen Sonnenuhren versehen, dafür fehlt hier das Schlitzvisier.

Abb.  
*mu'addil an-nahār*  
von 1061/1651<sup>18</sup>



<sup>15</sup> s. Muammer Dizer, *The Dā'irat al-Mu'addal in the Kandilli Observatory, and Some Remarks on the Earliest Recorded Islamic Values of the Magnetic Declination*, in: *Journal for the History of Arabic Science (Aleppo)* 1/1977/257-262; David A. King, *An Islamic Astronomical Instrument*, in: *Journal for the History of Astronomy (Cambridge)* 10/1979/51-53 (Nachdr. in: ders., *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum Reprints 1987, No. XIII).

<sup>16</sup> Aus David A. King, *An Islamic Astronomical Instrument*, a.a.O. S. 52.

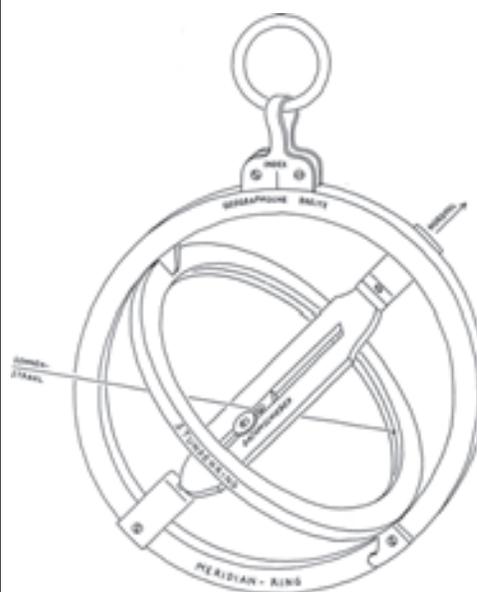
<sup>17</sup> Auf dem Instrument ist das Datum versehentlich falsch graviert. Dort steht die Jahreszahl 1161 statt 1061. Das oben genannte Instrument in Kandilli stammt von 1066/1656, der Erbauer beider Instrumente nannte sich 'Alī al-Muwaqqit Abu l-Faṭḥ, s. M. Dizer, *The Dā'irat al-Mu'addal in the Kandilli Observatory*, a.a.O. S. 258 und Abb. 2.

<sup>18</sup> Aus D. A. King, *World-Maps for Finding the Direction and Distance to Mecca*, Leiden 1999, S. 302.



## Äquatorial- Ringsonnenuhr

Unser Modell:  
Messing.  
Durchmesser: 100 mm.  
Gewicht: ca. 0,25 kg.  
(Inv.-Nr. B 2.10)



Zeichnung von M. Brunold.

Das Instrument funktioniert nach dem Prinzip, daß man die Breite der Äquatorialebene auf die Horizontalebene des Ortes der Beobachtung einstellt. Damit steht diese europäische Sonnenuhr in der Tradition der *dā'irat mu'addil an-nahār* genannten Geräte aus dem arabisch-islamischen Bereich. Dieser Typ scheint im 17. und 18. Jahrhundert in Europa verbreitet gewesen zu sein. Im Amsterdamer Ausstellungskatalog *Time*<sup>19</sup> von 1990 sind zwei Exemplare davon vertreten. Das eine ist in nicht näher genanntem Privatbesitz, das andere befindet sich im Universitätsmuseum von Utrecht (No. A 34). Unser Modell wurde von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz) gebaut.

<sup>19</sup> *Time*. Catalogue edited by A. J. Turner, Texts by H. F. Bienfait, E. Dekker, W. Dijkhuis, V. Icke, and A. J. Turner, Den Haag 1990, S. 129, No. 256 und Abb. S. 139.

Zur Bedienung des Instrumentes gibt er folgende Anleitung:

- 1) Index am verschiebbaren Aufhängerring auf die geographische Breite richten.
- 2) Datumschieber einstellen.
- 3) Stundenring herausklappen bis zum Anschlag. Er steht nun rechtwinklig zum Meridianring. Dieser Stundenring entspricht dem Himmelsäquator.
- 4) Sonnenuhr am Tragering frei hängen lassen. Die Drehachse des Datumschiebers stellt die Erdachse dar ... Das Instrument muß um die Hochachse etwas hin und her gedreht werden, bis das Sonnenlicht durch das Loch im Datumschieber auf die Mitte der Innenseite des Stundenrings fällt. Dort kann die wahre Ortszeit abgelesen werden. Der Datumschieber ist schwenkbar und muß senkrecht ins Sonnenlicht gestellt werden.



Größe: 10 × 10 cm.  
Messing, graviert.  
Neigung einstellbar,  
Visierung und  
Kalenderkreis  
achsial drehbar.  
(Inventar-Nr. B 2.11)

## Eine Tischsonnenuhr

Ein Anschauungsmodell, von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz) nach Originalen aus dem 17. Jahrhundert gebaut. Er erläutert in seiner Gebrauchsanweisung: «Die kleine Tischsonnenuhr beruht auf dem Prinzip des Torquetums ... Die drei wichtigsten Himmels-Ebenen *Horizont*, *Äquator* und *Eklipitik* (Sonnenbahn) sind drehbar übereinander aufgebaut und gestatten die Darstellung der Himmelsbewegungen, die am jeweiligen Beobachtungsort auflaufen. Die Grundplatte mit den vier Füßen entspricht der *Horizont-Ebene*. Sie wird zunächst ungefähr nach den Himmelsrichtungen auf eine horizontale Fläche gestellt, wobei das Scharnier Richtung Norden weist ... Über der Grundplatte folgt die aufklappbare Platte, welche die Ebene des *Himmels-Äquators* repräsentiert. Die Kippung dieser Fläche hängt von der geographischen Breite des Beobachtungsortes ab ... Die



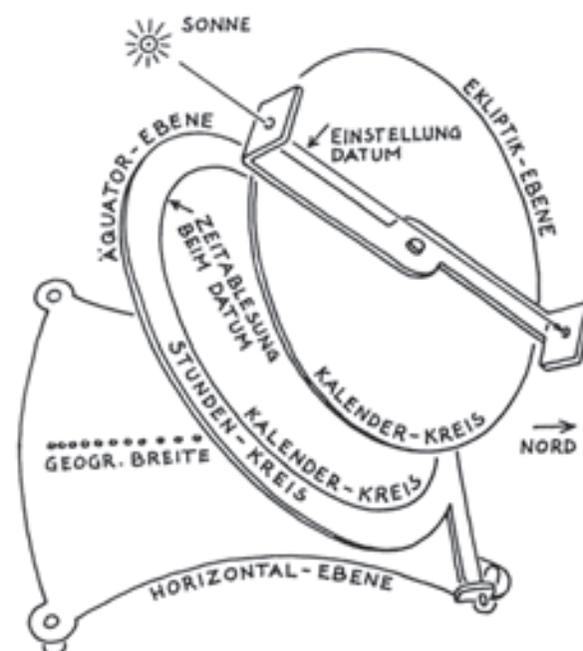
Äquatorebene trägt den Stundenkreis, über welchem sich eine Datumscheibe dreht. Wenn das Instrument auf die Sonne ausgerichtet ist, kann hier beim geltenden Datum die wahre Ortszeit abgelesen werden.»



Unser Modell.  
Messing, geätzt.  
Größe: 10 × 10 cm.  
Gewicht: ca. 250 gr.  
Neigung einstellbar.  
Visierung und Kalenderkreis.  
(Inventar-Nr. B 2.14)

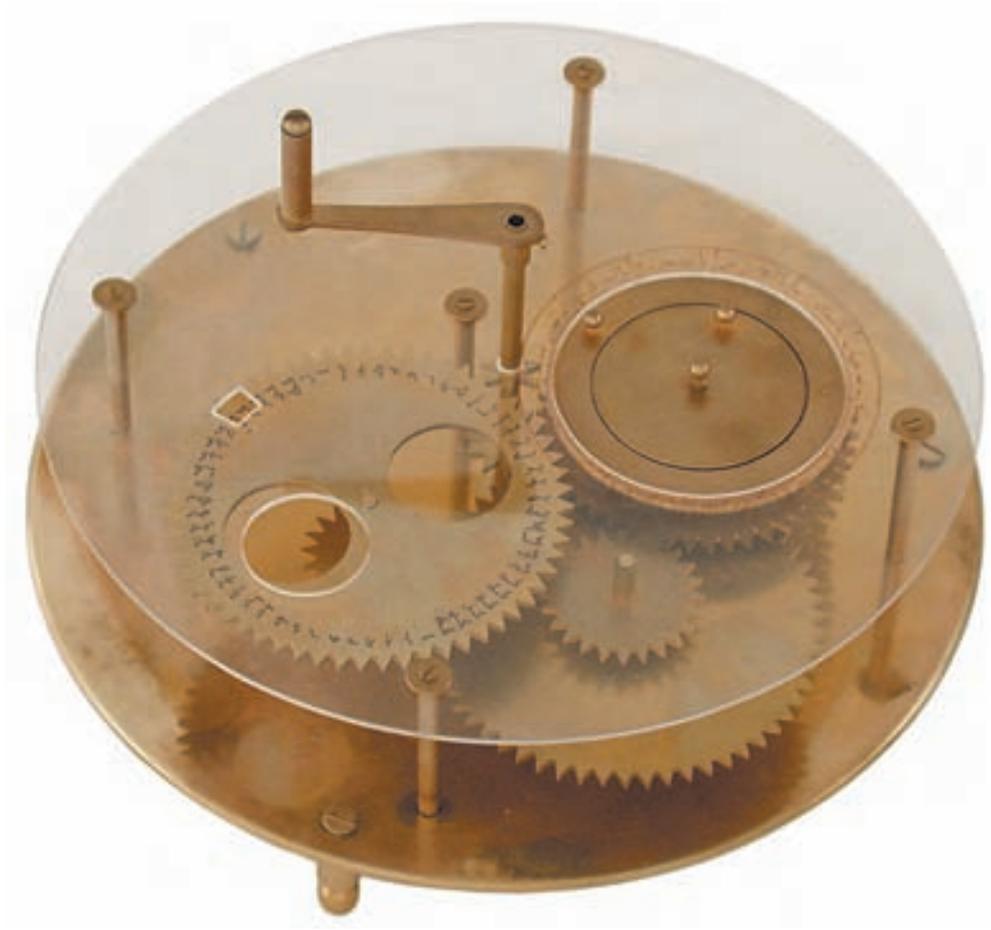
Eine weitere  
**Tischsonnenuhr**

Eine Uhr nach dem gleichen System wie die vorhergehende. Auch sie wurde von Martin Brunold (Abtwil, Schweiz) gebaut.



Zeichnung von M. Brunold.

Mechanisch-astronomischer  
**Kalender**  
 von al-Bīrūnī



Unser Modell:  
 Durchmesser: 22 cm.  
 Messing, teilweise graviert.  
 Frontplatte aus Glas.  
 (Inventar-Nr. B 3.05)

Der Universalgelehrte Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī (gest. 440/1048) beschreibt in seinem *Istī'āb*,<sup>1</sup> einem Buch zur Herstellung von Astrolabien, unter dem Namen *ḥuqq al-qamar* («Mondbüchse») einen mechanisch-astronomischen Kalender. Er will damit «die Zunahme und Abnahme des Mondes, den abgelaufenen Teil des Monats und die ungefähre Lage der beiden Leuchten (nämlich Sonne und Mond) festlegen». Eilhard Wiedemann<sup>2</sup> gebührt das Verdienst, als erster die Bedeutung des Instrumentes erkannt und es durch eine ausführliche Beschreibung bekannt gemacht zu haben.

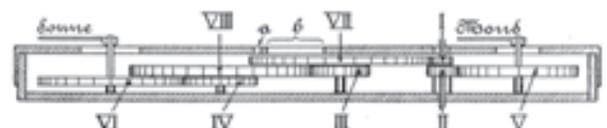
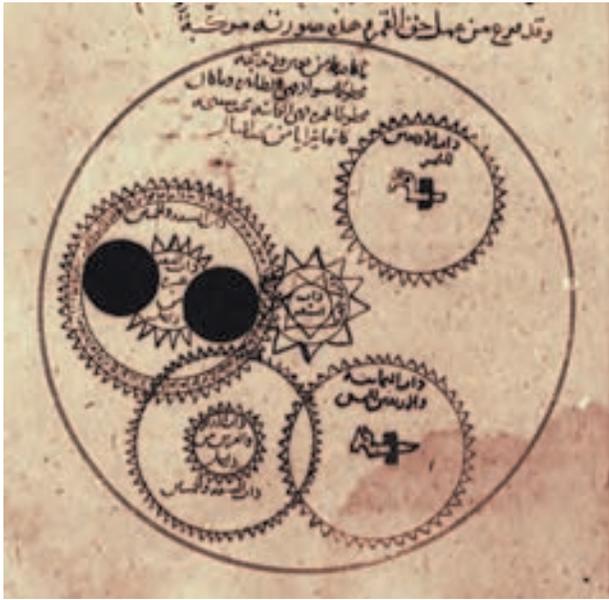


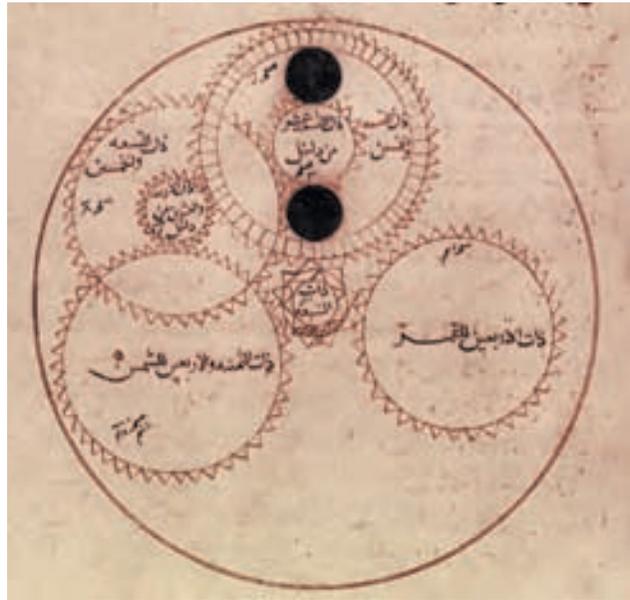
Abb. aus E. Wiedemann, op. cit.

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 268.

<sup>2</sup> *Ein Instrument, das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt, nach al Bīrūnī*, in: *Der Islam* (Strassburg) 4/1913/5-13 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften*, Bd. 2, S. 718-726); Donald R. Hill, *Al-Bīrūnī's Mechanical Calendar*, in: *Annals of Science* (London) 42/1985/139-163.



Birūnī, *Istī‘āb*, Ms. Ahmet III, 3505.



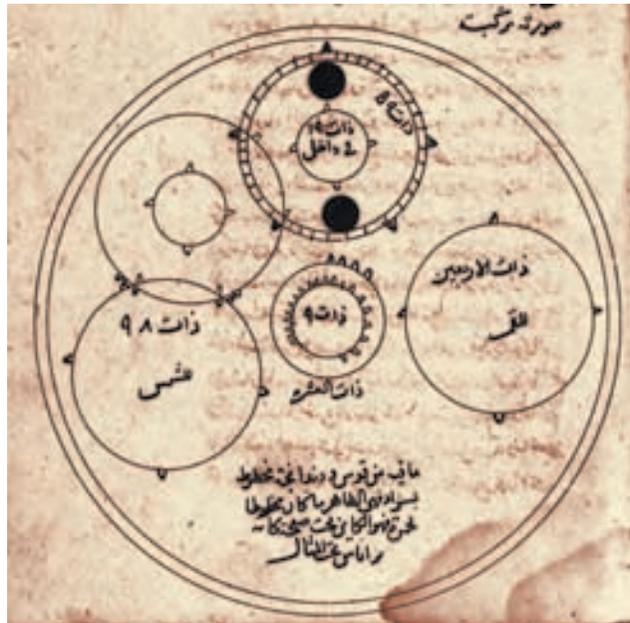
Birūnī, *Istī‘āb*, Ms. Leiden Or. 123 B.

al-Birūnī bewerkstelligt die Aufgabe durch das Zusammenspiel von acht Zahnrädern, die im Verhältnis

$$7 : 10 : 19 : 24 : 40 : 48 : 59 : 59$$

übersetzen.

Unser Nachbau stellt eine ungefähre Wiedergabe des von al-Birūnī beschriebenen Instrumentes dar, dessen perfekte Form anhand einer aus dem Jahr 618/1221 erhaltenen Version von Muḥammad b. Abī Bakr al-İṣfahānī (s. unten) verständlich wird. al-Birūnī gibt sich nicht als Erfinder des Instrumentes aus. Er beansprucht lediglich ein eigenes Verdienst bei der Verbesserung der Relation der Zahnräder zueinander. Unter seinen Vorgängern erwähnt er Nasṭūlus oder Baṣṭūlus<sup>3</sup> (Muḥammad b. Muḥammad al-Aṣṭurlābī) und al-Ḥusain b. Muḥammad Ibn al-Ādamī<sup>4</sup>.



Birūnī, *Istī‘āb*, Ms. Carullah 1451

<sup>3</sup> Lebte in der zweiten Hälfte des 3./9. Jahrhunderts, s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 178-179, 288.

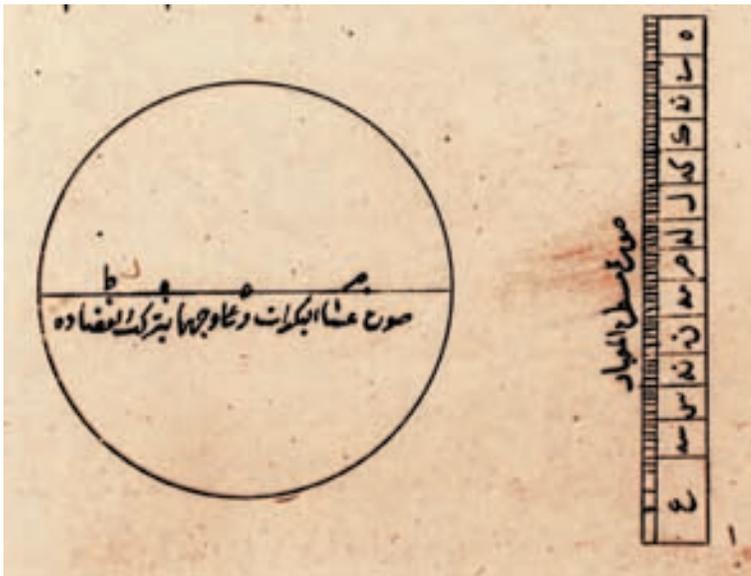
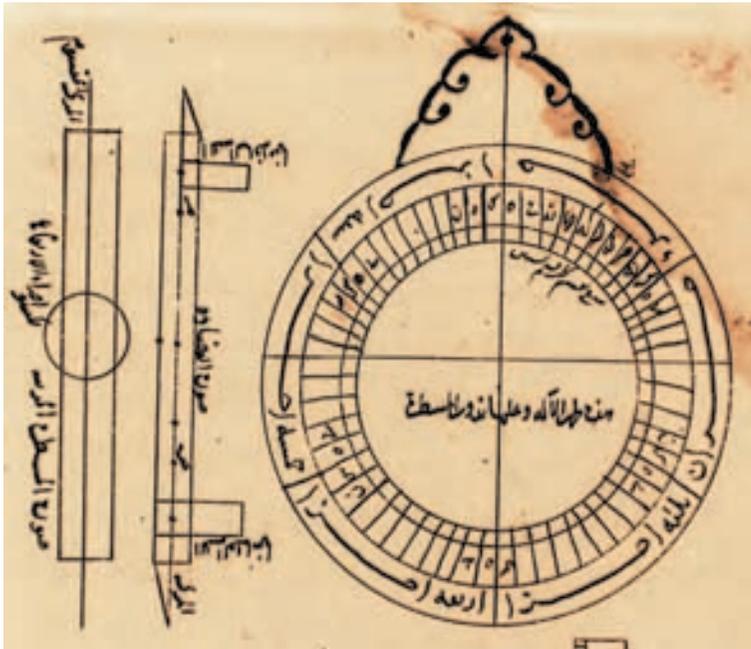
<sup>4</sup> Starb vermutlich um die Wende vom 3./9. zum 4./10. Jahrhundert, s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6, S. 179-180.

## Instrument

zur Ermittlung von  
Sternhöhen nach Minuten

Unser Modell:  
Messing, geätzt, Zahnräder  
und -kranz aus Stahl,  
Durchmesser: 170 mm.  
Getriebe mit 5 Zahnrädern  
und 2 Balancezahnradern Übersetzung 1:60.  
(Inventar-Nr. 2.21)





Abbildungen aus Ms. Ist., Univ.-Bibl. A.Y. 314.

Zainaddīn ‘Umar b. Sahlān as-Sāwī, der in der ersten Hälfte des 5./11. Jahrhunderts in Nīšābūr als Richter fungierte<sup>1</sup>, hat uns einen bisher unbekanntem Traktat über ein Instrument hinterlassen, mit dem man Sternhöhen auf Minuten genau ermitteln kann. Die Schrift trägt den Titel *Ṣifat āla yūṣal bihā ilā ma‘rifat irtifā‘ al-kawākib bi-daqā’iq*. Sie ist in einer einzigen, kürzlich durch einen Faksimiledruck des Institutes für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften in Frankfurt zugänglich gemachten Istanbuler Handschrift<sup>2</sup> erhalten.

Ein durch die Alhidade und die Gradskala des Astrolabiums auf der Vorderseite des Gerätes nach Graden ermitteltes Meßergebnis überträgt der Erfinder mittels eingebauter Zahnräder auf die Rückseite des Gerätes, wo man anhand eines weiteren Zeigers die Minuten ablesen kann.

Das Übersetzungsgetriebe hat fünf Zahnräder und zwei Balancezahnäder (*mu‘addila*), deren Durchmesser genau angegeben werden.<sup>3</sup> Das äußerste Zahnrad bewegt sich im Innenrand des Astrolabes an einem Zahnkranz und legt in jedem Quadranten 90° zurück. Die Alhidade bewegt sich um die Achse des zentralen Zahnrades. Wird sie im Rahmen der Gradteilung nach oben oder unten bewegt, so dreht sich der Zeiger auf der Rückseite mit und zeigt dort die Unterteilung nach Minuten.

<sup>1</sup> Zahiraddin ‘Alī b. Zaid b. Abi l-Qāsim al-Baihaqī, *Tatimmat Ṣiwān al-ḥikma*, Lahore 1354/1935, S. 127-129; C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur*, Suppl.-Bd. 1, Leiden 1937, S. 830-831.

<sup>2</sup> Istanbul, Universitätsbibliothek, A.Y. 314, Faksimile-Ed. *Manuscript of Arabic Mathematical and Astronomical Treatises*, Frankfurt 2001, S. 196-212.

<sup>3</sup> Faksimile-Ed. S. 202-203.

## Mechanisch-astronomischer Kalender von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī

al-Birūnī's mechanisch-astronomischer Kalender lebt mit einer gewissen Weiterentwicklung in einer aus dem Jahre 618/1221 stammenden Version eines Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī fort. Das Original<sup>1</sup> dieses Modells befindet sich im Museum of the History of Science in Oxford (No. 1221-22, CCL 5). Unser Institut besitzt zwei Nachbildungen, die in Anlehnung an das Original entstanden sind und von denen die erste diesem nähersteht.

Die Spinne trägt 39 Fixsternpositionen. Die einzige Einlegescheibe ist für die Breiten 30° und 34° vorgesehen. Der nicht sichtbare Zahnmechanismus funktioniert mit acht Zahnrädern. Von den Ringen des Kreises in der unteren Hälfte der Rückseite ist der äußerste für die Tierkreiszeichen bestimmt, der zweite für die 30 Tage des Mondmonats, der dritte ist in 360° geteilt, der bewegliche vierte Ring zeigt die Position der Sonne

und der fünfte die Position des Mondes. Die schwarz-weiß geteilte Scheibe oben auf der Rückseite läßt das tägliche Zu- bzw. Abnehmen des Mondes erkennen. In dem kleinen Fenster daneben erscheint das Datum.

Es ist bemerkenswert, daß Derek J. de Solla Price<sup>2</sup> in seiner Studie über den Ursprung von Uhrwerken vom Jahre 1959 darauf hingewiesen hat, daß zwischen den mechanisch-astronomischen Instrumenten des arabisch-islamischen Kulturkreises und den seit Richard von Wallingford<sup>3</sup> (1. Hälfte 14. Jh.) in der lateinischen Welt erscheinenden mechanisch-astronomischen Vorrichtungen eine Verbindung zu bestehen scheint. Er stützte sich dabei vor allem auf die große Ähnlichkeit zwischen den französisch-gotischen Zahnradastrolabi- en (s.u.S. 170) und demjenigen von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī.

<sup>1</sup> R.T. Gunther, *The Astrolabes of the World*, Oxford 1932, S. 118; J. Vernet und J. Samsó (Eds.), *El Legado Científico Andalusí*, Madrid 1992, S. 209.

<sup>2</sup> *On the Origin of Clockwork, Perpetual Motion Devices, and the Compass*, in: Contributions from the Museum of History and Technology, Washington 1959, S. 82-112, bes. S. 96, No. 6.

<sup>3</sup> Über ihn s. *Richard of Wallingford. An Edition of his Writings with Introduction, English Translation and Commentary* by J.D. North, 3 Bde., Oxford 1976.

Erstes Modell,

gebaut von  
Eduard Farré (Barcelona)

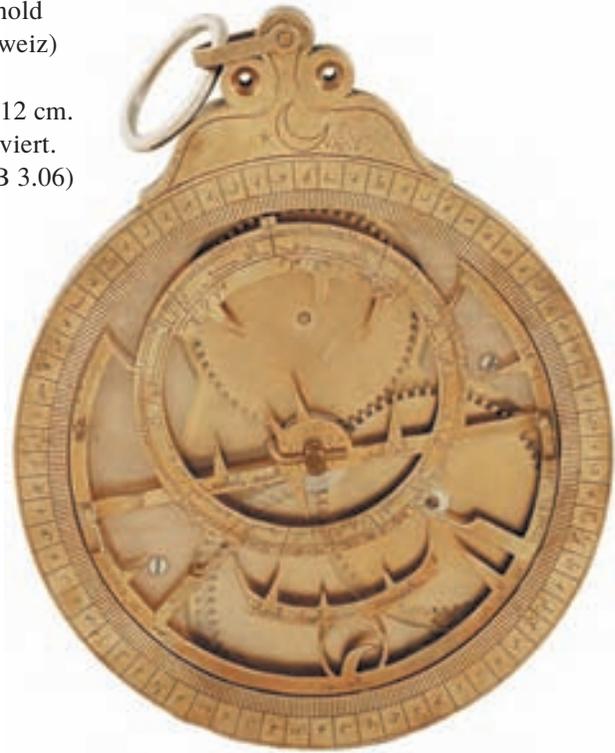
Durchmesser: 18,5 cm.  
Messing, graviert.  
(Inventar-Nr. B 3.07)



Zweites Modell,

gebaut von  
Martin Brunold  
(Abtwil, Schweiz)

Durchmesser: 12 cm.  
Messing, graviert.  
(Inventar-Nr. B 3.06)



Französisch-  
gotischer  
mechanischer  
Kalender



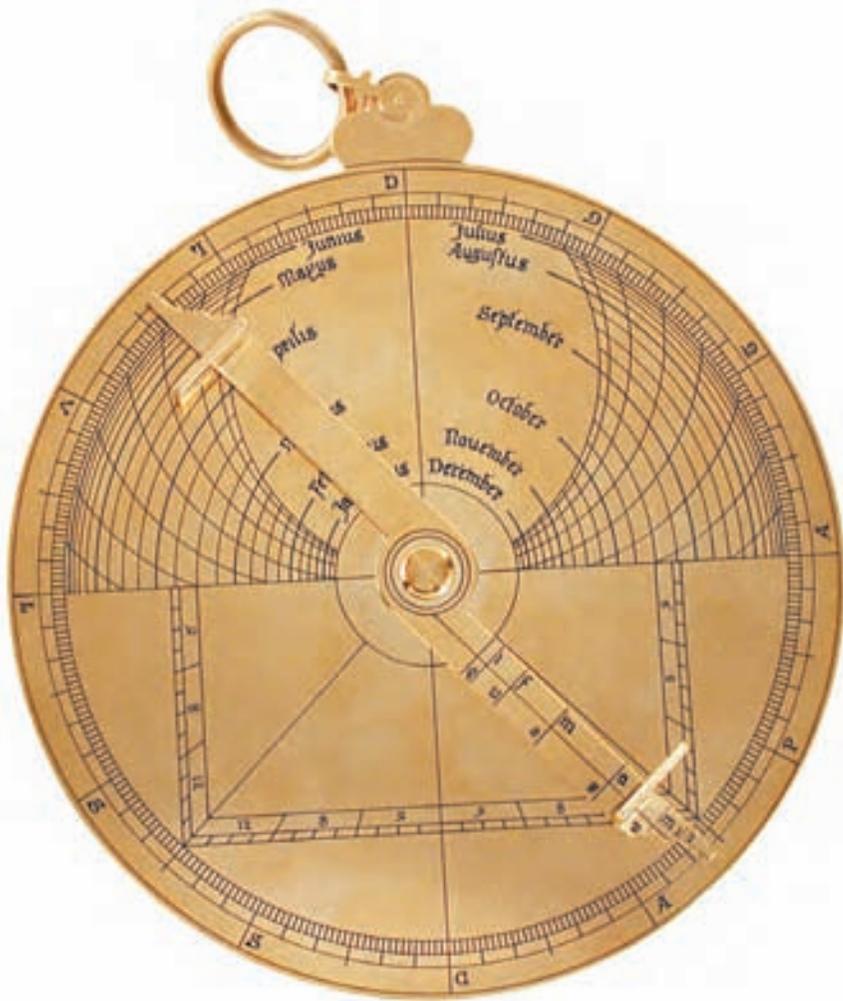
Unser Modell:  
Messing, geätzt,  
Durchmesser: 133 mm.  
(Inventar-Nr. B 3.15)

Der Kalender entstand mit großer Wahrscheinlichkeit in der Tradition, die wir zur Zeit an Hand einer Beschreibung von al-Birūnī (s.o.S. 164) und des mechanisch-astronomischen Kalenders von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī kennen. Auf die große Ähnlichkeit zwischen dem Zahnradmechanismus des französisch-gotischen Kalenders und desjenigen von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī haben bereits Silvio A. Bedini und Francis R. Maddison<sup>1</sup> aufmerksam gemacht.



Zahnradmechanismus des Instrumentes von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī

<sup>1</sup> *Mechanical Universe. The Astrarium of Giovanni de' Dondi*, in: Transactions of the American Philosophical Society (Philadelphia), N.S., vol. 56 (1966), part 5, p. 10.



Bei dem französisch-gotischen Instrument fällt vor allem auf, daß die zweistelligen Zahlen der Monatstage linksläufig geschrieben sind, was den Eindruck erweckt, der Imitator habe sich bemüht, mit seinen Ziffern arabische Zahlbuchstaben wiederzugeben, ohne allerdings zu wissen, daß diese im Gegensatz zur arabischen Schreibschrift rechtsläufig geschrieben werden.

Weitere Literatur: Gunther, *The Astrolabes of the World* S. 347; Derek J. de Solla Price, *On the Origin of Clockwork*, a.a.O. S. 104-105; zur Rückseite s. D. A. King, *The Ciphers of the Monks. A Forgotten Number-Notation of the Middle Ages*, Stuttgart 2001, S. 402.

Zahnradmechanismus des  
französisch-gotischen  
Kalenders in seinem gegen-  
wärtigen Erhaltungszustand



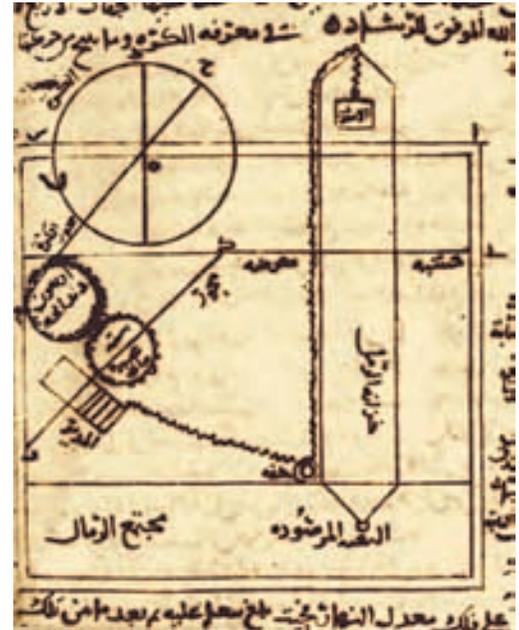


Abb. aus Ms. Damaskus, Zāhiriya 4871.

Unser Funktionsmodell:  
 Globus aus Messing,  
 Durchmesser: 25 cm.  
 Höhe Glasrohr: 80 cm.  
 Messinggestell: 45 × 65 × 85 cm.  
 (Inventar-Nr. B 3.02)

Das  
**Instrument**  
 mit der sich gleichmäßig  
 um sich selbst  
 drehenden Sphäre

Der Astronom und Instrumentenbauer Muḥammad b. Aḥmad al-Ḥāzīmī (machte um 453/1061 Beobachtungen in Iṣfahān) beschreibt dieses Gerät in einem Traktat über die «Herstellung eines Globus, der sich in gleichmäßiger Bewegung um sich

selbst dreht, gemäß der Bewegung der Himmels-sphäre» (*Maqāla fi ttiḥāḍ kuratin tadūru bi-ḍātihā bi-ḥaraka mutasāwiya li-ḥarakat al-falak*).<sup>1</sup>

Ein Himmelsglobus mit Sternbildern, Ekliptik und Himmelsäquator wird wie folgt zu gleichmäßiger Rotation gebracht: Aus einem Glasrohr rieselt Sand durch eine berechnete Düse und läßt ein auf dem Sand ruhendes Gewicht absinken. Ein an dem Gewicht befestigtes Seil bewirkt über eine Übersetzung, daß sich der Globus bei vollständigem Ausrieseln in 24 Stunden (im Modell beschleunigt) einmal um seine Achse dreht. An einer Skala, die auf dem Gestell den Äquator umgibt, läßt sich die Zeit mit einer Genauigkeit von vier Minuten ablesen.

<sup>1</sup> Der Traktat ist in zwei Handschriften erhalten, s. R. Lorch, *Al-Khāzīmī's «Sphere that Rotates by Itself»*, in: *Journal for the History of Arabic Science (Aleppo)* 4/1980/287-329; F.

Sezgin (Ed.), *Manuscript of Arabic Mathematical and Astronomical Treatises* (Faksimile von Ms. İstanbul, Universitätsbibliothek, A.Y. 314), Frankfurt 2001, S. V-VI.

## Äquatorien

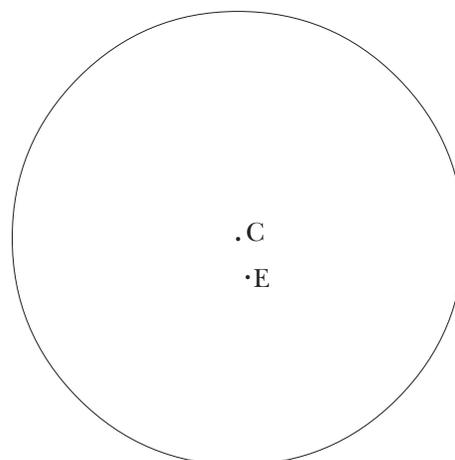
Das Äquatorium (von lat. *æquatio*, Gleichung) ist ein astronomisches Instrument, das in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts n. Chr. im außerspanischen Europa in Erscheinung zu treten begann. Nach seinen zahlreichen erhaltenen Beschreibungen zu urteilen genöß es eine weite Verbreitung und blieb bis zum 17. Jahrhundert in mannigfacher Form in Umlauf. Es erstaunt jedoch, daß bis zur zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts kaum ein Astronomiehistoriker sein Augenmerk auf dieses Instrument gerichtet hat. Das Interesse am Äquatorium und seiner Geschichte erwachte erst im Zusammenhang mit einer Reihe von Aufsätzen, die E.S. Kennedy<sup>1</sup> seit 1947 über eine von ihm entdeckte Schrift von Ğiyāṭaddīn Ğamšīd b. Maḥmūd al-Kāšī (gest. um 838/1435) verfaßt hat, in der dieser die beiden Instrumente *ṭabaq al-ma-nāṭiq* («Ekliptik-Scheibe») und *lauḥ al-ittiṣālāt* («Konjunktions-Platte») beschrieben hat, von denen das erstere die höchste Entwicklung jenes Instrumentes darstellt, das man in Europa überwiegend Äquatorium genannt hat. Kennedy gebührt auch das Verdienst, als erster das europäische Äquatorium mit dem Instrument von al-Kāšī<sup>2</sup>, also mit einem arabisch-islamischen Vorbild, in Verbindung gebracht zu haben. Die dadurch ausgelöste Wirkung führte dazu, daß sich unsere Kenntnis über das Instrument, seinen Ursprung, seine Entwicklung und deren Tragweite in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wesentlich erweitert hat.

<sup>1</sup> E.S. Kennedy, *Al-Kāshī's «plate of conjunctions»*, in: *Isis* 38/1947-48/56-59; ders., *A fifteenth-century planetary computer: al-Kāshī's «ṭabaq al-manāṭeq»*. I. *Motion of the sun and moon in longitude*, in: *Isis* 41/1950/180-183 und II. *Longitudes, distances, and equations of the planets*, in: *Isis* 43/1952/42-50; ders., *A fifteenth century lunar eclipse computer*, in: *Scripta Mathematica* (New York) 17/1951/91-97; ders., *An Islamic computer for planetary latitudes*, in: *Journal of the American Oriental Society* (Ann Arbor) 71/1951/13-21 (Nachdruck aller Aufsätze in *Studies in the Islamic exact sciences* by E.S. Kennedy, colleagues and former students, Beirut 1983, S. 448-480).

<sup>2</sup> E.S. Kennedy, *A fifteenth-century planetary computer*, a.a.O. S. 50 (Nachdr. S. 480).

Schon wenig später erschien der wichtige Beitrag *The equatorie of the planetis* von Derek J. Price<sup>3</sup> mit einer Faksimile-Edition der Schrift über das Äquatorium (verf. um 1392, Geoffrey Chaucer zugeschrieben), einer der bedeutendsten Behandlungen des Themas im Abendland, nebst neuenglischer Übersetzung und Kommentar. Price gab darüber hinaus eine dankenswerte Darstellung der Geschichte des Instrumentes.

Das Äquatorium dient im wesentlichen zur geometrischen Ermittlung der Längengrade der Planeten, der Sonne und des Mondes auf der Ekliptik nach der ptolemaischen geozentrischen Darstellung. Die Astronomen bemerkten schon früh, daß, von der Erde als angenommenem Mittelpunkt des Universums aus beobachtet, die Winkelgeschwindigkeiten der Planeten nicht konstant sind. Dies führte zur Annahme exzentrischer kreisförmiger Bahnen der Planeten um die Erde mit zusätzlichen epizyklischen Drehungen derselben auf den exzentrischen, tragenden Kreisbahnen. Der Vater dieser Vorstellung war vermutlich Apollonios von Pergæ.

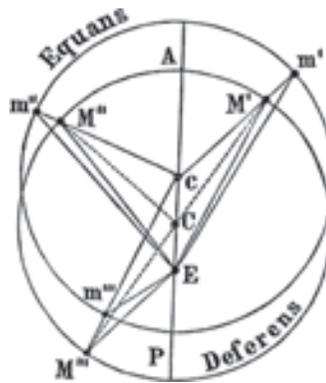


E = Mittelpunkt der Erde

C = Mittelpunkt des exzentrischen Kreises oder Deferenten.

<sup>3</sup> *The equatorie of the planetis*. Edited from Peterhouse Ms. 75.I by Derek J. Price with a linguistic analysis by R.M. Wilson, Cambridge 1955.

Ptolemaios gelangte seinerseits dahin, «den bisherigen excentrischen Kreis zwar als Equans beizubehalten und sich einen Punkt in demselben gleichförmig bewegen zu lassen, – dagegen als Deferens, oder Träger des Epicykles, einen zweiten, jenem gleichen Kreis einzuführen, dessen Centrum die Mitte zwischen Erde und Centrum des Equans einnahm und von welchem aus er je die für eine gewisse Zeit im Equans erhaltene Lage  $m$  nach  $M$  auf den Deferens übertrug.»<sup>4</sup> Das ptolemaische Modell – an dem arabische Astronomen seit dem 4./10. Jahrhundert bemängelten, daß das Prinzip der Gleichförmigkeit der Winkelgeschwindigkeiten gestört sei, und versuchten, es durch andere Modelle zu ersetzen – ist durch drei Grundsätze gekennzeichnet:



1. Der Mittelpunkt des Epizykels bewegt sich auf dem Deferenten von Westen nach Osten.
2. Seine Winkelgeschwindigkeit ist bezogen auf den Äquanten konstant, also schwankend auf dem Deferenten.
3. Der Planet kreist mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit in umgekehrter Richtung um den Mittelpunkt des Epizykels.<sup>5</sup>

Das Äquatorium stellt die Kreisbahnen mittels beweglicher Teile, meist aus Messing ausgeschnittenen Scheiben, dar. Dann wird der aus den tabellierten Grundwerten geometrisch (nicht rechnerisch) ermittelte aktuelle Ort eines Planeten auf seinem Epizykel auf die Ekliptik projiziert (mit einem Lineal bzw. Alidade oder Fäden). Bei al-Kāšī

entfällt dieser Teil, indem mit einem ingenieusen Parallelenapparat die Werte der ebenfalls auf der Referenzscheibe gravierten Epizykel projiziert werden. Eine wesentliche Tendenz der Entwicklung ist also die Rationalisierung des ursprünglich recht unhandlichen Instruments.

Das Merkur-Modell mit seinem beweglichen Deferentenzentrum wird bemerkenswerter Weise schon in den frühen andalusischen Instrumenten von az-Zarqālī und Abū ṣ-Ṣalt mit einem resultierenden, ellipsenähnlichen Deferenten dargestellt.

Die uns bisher bekannten oder erhaltenen Äquatorien und ihre Beschreibungen besitzen erstaunlich variable Formen und zeigen, daß das Instrument sowohl im arabisch-islamischen Kulturbereich als auch im Abendland eine gewisse Entwicklung durchlaufen hat. Vor allem fällt auf, daß es im Abendland eine ungleich größere Beliebtheit gefunden hat als in seinem Ursprungsgebiet.

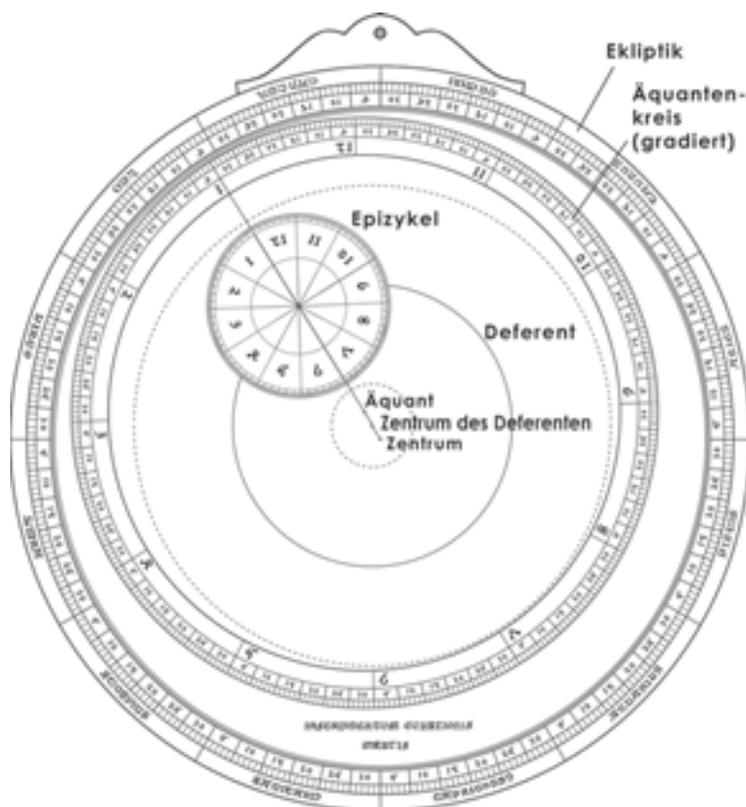


Abb.: Marsmodell nach Ptolemaios, wie es im Äquatorium des Campanus (s.u.) realisiert ist.

<sup>4</sup> Rudolf Wolf, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur*, Zürich 1890-91, Nachdr. Hildesheim 1973, Bd. 1, S. 530.

<sup>5</sup> vgl. *Campanus of Novara and medieval planetary theory. Theorica planetarum*, ed. with an introduction, English translation and commentary by Francis S. Benjamin and G.J. Toomer, London 1971, S. 39f.

D.J. Price, der sich als erster um eine Darstellung der historischen Entwicklung des Äquatoriums bemüht hat, konnte dessen Ursprung bis zum andalusischen Astronomen Abu l-Qāsim Aṣḡaḡ b. Muḡammad Ibn as-Samḡ<sup>6</sup> (gest. 426/1035) zurückverfolgen.<sup>7</sup> Nach dem Stand unserer Kenntnis scheint der große Mathematiker und Astronom Abū Ġaʿfar Muḡammad b. al-Ḥusain al-Ḥāzin (wirkte um 350/960)<sup>8</sup> der Erfinder des Instrumentes zu sein, das er seinerseits *ziġ aṣ-ṣafāʿih* (Tafel in Form von Scheiben) nannte. Erhaltene Teile eines solchen Instrumentes und eine in den letzten Jahren entdeckte Handschrift des umfangreichen astronomischen Werkes von Abū Ġaʿfar al-Ḥāzin, das ebenfalls *K. Ziġ aṣ-ṣafāʿih* heißt, erlauben die Vermutung, daß dieser tatsächlich der Erfinder des Instrumentes war (s.u.S. 177).

Nach den erhaltenen Spuren zu urteilen hat das Instrument oder seine Beschreibung recht früh schon Andalusien erreicht. Alfred Wegener gebührt das Verdienst, zu Beginn des 20. Jahrhunderts eine kastilische Übersetzung des Traktates des oben erwähnten Ibn as-Samḡ und einer Schrift von Ibrāḡim b. Yaḡyā az-Zarqālī (spätes 5./11. Jh.) in den alfonsinischen *Libros del saber de astronomía*<sup>9</sup> (um 1277) entdeckt und untersucht zu haben.<sup>10</sup>

Eine weitere in Andalusien entstandene Beschreibung des Instrumentes hat E.S. Kennedy nach dem arabischen Original von Abu ṣ-Ṣalt Umaiya b. ʿAbdalʿazīz b. Abi ṣ-Ṣalt (gest. 529/1135) im Jahre 1970 bekannt gemacht (s.u.S. 185).

Seinen bedeutendsten Beitrag zur Klärung der Geschichte des Äquatoriums leistete Kennedy durch die Entdeckung des Buches des oben erwähnten

Ġiyāṭaddīn Ġamṣīd b. Masʿūd al-Kāṣī und durch die Edition und Untersuchung der Schrift. Al-Kāṣī nennt das Instrument *ṭabaq al-manāṭiq*, während es bei den erwähnten andalusischen Gelehrten einfach *ṣafiḡa* («Scheibe») heißt. Das von al-Kāṣī beschriebene Instrument zur Bestimmung der Längengrade der Planeten in der Ekliptik erweist sich als die höchste Entwicklung der Gattung überhaupt. Man konnte mit ihm zusätzlich auch die Breiten der Planeten ermitteln. Außerdem beschreibt al-Kāṣī in seinem Buch ein zweites Instrument, das er *lauḡ al-ittiṣālāt* nennt. Mit ihm ließen sich die Konjunktionen der Planeten ermitteln (s.u.S. 196).

Die älteste bekannte europäische Beschreibung des Äquatoriums entstand nicht in Spanien oder anderen frühen Zentren der Rezeption und Assimilation der arabisch-islamischen Wissenschaften wie Frankreich oder England, sondern in Italien. Sie findet sich in der *Theorica planetarum* von Giovanni Campano de Novara (2. Hälfte 13. Jh.). Auch wenn die Behandlung des Stoffes in der *Theorica* aus chronologischen Gründen nicht mit den uns bekannten arabisch-islamischen Beschreibungen oder ihren kastilischen Versionen in eine direkte Verbindung gebracht werden kann, so dürfen wir uns doch von der in der Einleitung ausgesprochenen Versicherung der Originalität des Autors nicht täuschen lassen. Falls ein solches Instrument nicht selbst aus der islamischen Welt, durch die Vermittlung von Kreuzfahrern oder auch über Spanien, zu seiner Kenntnis gelangt ist, so können wir mit Sicherheit annehmen, daß die lateinische Übersetzung mindestens eines speziellen Traktates über das Instrument oder eine anderweitige einschlägige Quelle Campanus von Novara zur Verfügung gestanden hat.<sup>11</sup> Die Beschreibung in der *Theorica* von Campanus, die zwischen 1261 und 1264 entstand und Papst Urban IV. gewidmet ist, fand in der *Abbreviatio instrumenti Campani, sive aequatorium* des bekannten Johannes de Lineriis (Jean de Linières oder Lignières, verf. 1320) den nächsten bedeutenden Nachfolger.<sup>12</sup>

<sup>6</sup> s. F. Sezgin, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, a.a.O. Bd. 5, S. 356; Bd. 6, S. 249.

<sup>7</sup> Zwar weist Price (a.a.O. S. 120) auf eine Vorrichtung zur Ermittlung des Mittelpunktes der Sonne hin, die Proclus Diadochus (um 450 n.Chr.) in seiner *ὑποτύποις τῶν ἀστρονομικῶν ὑποθέσεων* beschrieben hat, doch gibt er zu bedenken, daß dieses Gerät nicht mit dem Äquatorium gleichgesetzt werden kann.

<sup>8</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 5, S. 298-299, 305-307; Bd. 6, S. 189-190.

<sup>9</sup> Bd. 3, hsg. von Manuel Rico y Sinobas, Madrid 1864 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 111), S. 241-284.

<sup>10</sup> A. Wegener, *Die astronomischen Werke Alfons X*, in: *Bibliotheca Mathematica* (Leipzig), 3. F. 6/1905/129-185, bes. 152-161 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 98, S. 57-113, bes. S. 80-89).

<sup>11</sup> G.J. Toomer, der mit Francis S. Benjamin die *Theorica planetarum* publiziert, übersetzt und untersucht hat (Madison 1971), sagt dazu: «I believe that he owes the idea to some hitherto undiscovered Arabic-Latin source» (*Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 3, New York 1971, S. 27, s.v. Campanus).

<sup>12</sup> s. G. Sarton, *Introduction to the history of science*, Bd. 3, S. 649-652; Emmanuel Poulle in: *Dictionary of Scientific Biography*, Bd. 7, New York 1973, S. 122-128.

Die mit Campanus von Novara beginnende Beschäftigung des Westens mit dem Äquatorium hat abendländische Gelehrte bis ins 16. Jahrhundert hinein immer wieder angeregt. Über die literarischen und instrumentenbaulichen Resultate dieses Interesses informiert eingehend Emmanuel Poulle in seinem Werk *Équatoires et horlogerie planétaire du XIII<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle* (2 Bde., Genf und Paris 1980). Zu kurz kommt darin lediglich die Frage nach dem arabischen Ursprung jener Aktivitäten. Der Arabist G. J. Toomer, der zwar den Ursprung des europäischen Instrumentes auf den arabisch-islamischen Kulturbereich zurückführt, erweckt seinerseits bei mir den Eindruck, als sähe er diesen Prozeß auf die einmalige Vermittlung durch Campanus von Novara beschränkt und betrachte die anschließende Entwicklung als eine inner-europäische Sache ohne weitere Mitwirkung aus dem Ursprungsgebiet, wenn er sagt: «The history of that instrument after Campanus is a good illustration of the technical ingenuity of the astronomy of the late Middle Ages and early Renaissance».<sup>13</sup> Dagegen bin ich davon überzeugt, daß das Instrument und Schriften mit seiner Beschreibung mehrfach aus dem arabisch-islamischen Kulturkreis nach Europa gelangt sind und die dortige Entwicklung weiter beeinflußt haben. Wenn wir beispielsweise sehen, daß Campanus von Novara für die Berechnung der Längengrade der Planeten je eine, also insgesamt sieben Scheiben verwendet wie Ibn as-Samḥ, und daß sein nächster Nachfolger Jean de

Lignières mit einer einzigen Scheibe arbeitet, so wie Abu ṣ-Ṣalt und az-Zarqālī auf arabischer Seite, drängt sich doch die Vermutung auf, daß dem Jüngeren neben der *Theorica* von Campanus weitere Quellen oder Vorbilder aus der islamischen Welt zugänglich gewesen sein müssen.

So bildet das Äquatorium ein konkretes Beispiel für den Prozeß des Fortlebens arabisch-islamischer Wissenschaften in Europa, an Hand dessen wir nachvollziehen können, wie ein Instrument, nachdem es einmal bekannt geworden ist, Jahrhunderte lang Techniker beschäftigt und Astronomen angeregt hat. Beim Äquatorium, das an sich nicht von besonderer Bedeutung ist, da man die mit ihm durchgeführten Bestimmungen (zumindest in der islamischen Welt) rechnerisch genauer durchführen konnte, hat man in Europa zwar das Niveau nicht erreicht, das wir von dem Modell al-Kāšīs her kennen, doch zeugen die erhaltenen Instrumente und Abbildungen von einer rasch sich entwickelnden Technik, die auf dem Wege war, ihre Vorgängerin in der islamischen Welt zu überholen, schneller jedenfalls, als dies auf theoretischem Gebiet geschehen ist. Hierfür ist charakteristisch, daß die Kenntnis der im arabisch-islamischen Kulturkreis seit dem 3./9. Jahrhundert bekannten Tatsache des Vorrückens des Apogäums in Europa erst in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts durch eine der Schriften über das Äquatorium, und zwar diejenige des Johannes Schöner, in Erscheinung trat.



<sup>13</sup> in: Dictionary of Scientific Biography, Bd. 3, S. 27.



## Äquatorium von Abū Ğaʿfar al-Ḥāzin

Daß der berühmte Mathematiker Abū Ğaʿfar Muḥammad b. al-Ḥusain al-Ḥāzin (wirkte in der ersten Hälfte des 4./10. Jh., s.o.S. 175) der Erfinder des in Europa zwischen dem 13. und 16. Jh. so verbreiteten Äquatoriums ist, steht heute außer Zweifel. Er nannte sein Instrument *zīġ aṣ-ṣafāʾih* und beschrieb es in seinem gleichnamigen Buch. Das einzige erhaltene Exemplar eines solchen Instruments befand sich um 1920 in der Sammlung von Paul Klostermann in München. Photos des verschollen geglaubten Instruments aus dem Nachlass von D.J. Price (Yale) wurden von Francis Maddison und Anthony Turner in ihrem *Catalogue of an Exhibition*<sup>1</sup> als «A *zīġ* on the plate of an astrolabe A.H. 513-514 (A.D. 1119/20-21)» registriert. Bei der Untersuchung der

<sup>1</sup> «*Science and Technology in Islam*», held at the Science Museum, London. April-August 1974 in association with the Festival of Islam. Von diesem im Jahr 1976 vorbereiteten, aber noch nicht publizierten Katalog steht mir ein hektographiertes Exemplar zur Verfügung, dort S. 184f.

Photographien stellten sie ferner fest, daß das Exemplar von dem namhaften Astrolabienbauer Hibatallāh b. al-Ḥusain al-Baġdādī signiert ist, welcher sich auf Abū Ğaʿfar al-Ḥāzin bezieht, das Instrument aber überarbeitet hat.

David King kam bei seiner Untersuchung<sup>2</sup> der zugänglich gewordenen drei Photos zu dem Ergebnis, daß es sich um ein frühes Äquatorium handle, schrieb die entsprechende Einrichtung aber Hibatallāh al-Baġdādī zu. Irgendwann muß das Instrument nach Berlin gelangt sein, wo es sich jetzt im Besitz des Museums für Indische Kunst befindet<sup>3</sup>. Erhalten sind die Mater mit einer auf der Vorderseite gravierten Astrolabscheibe für die Breite von Raiy; eine Rete, welche aber ein späterer Ersatz sein dürfte; eine Scheibe, die in eine Vertiefung der Materrückseite eingesetzt

<sup>2</sup> D.A. King, *New Light on the Zīġ al-Ṣafāʾih of Abū Jaʿfar al-Khāzin*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 23/1980/105-117.

<sup>3</sup> Diese Kenntnis verdanke ich Herrn Kollegen David King.

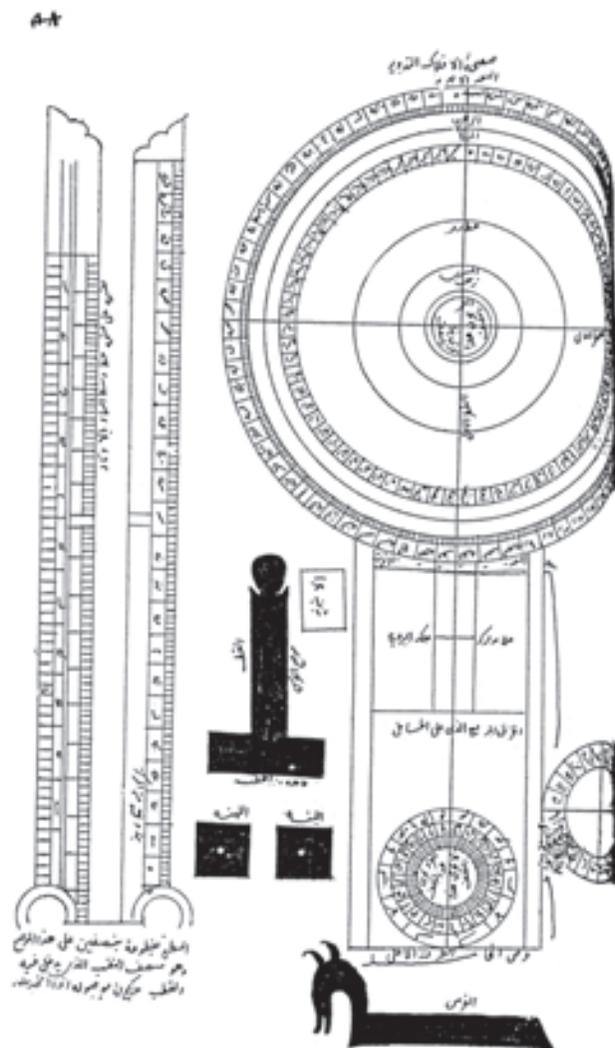
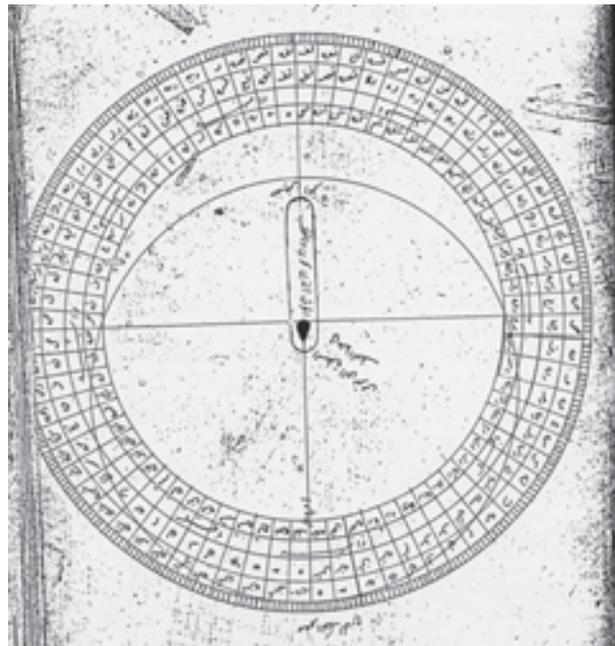
Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 260 mm.  
(Inventar-Nr. A 6.01)

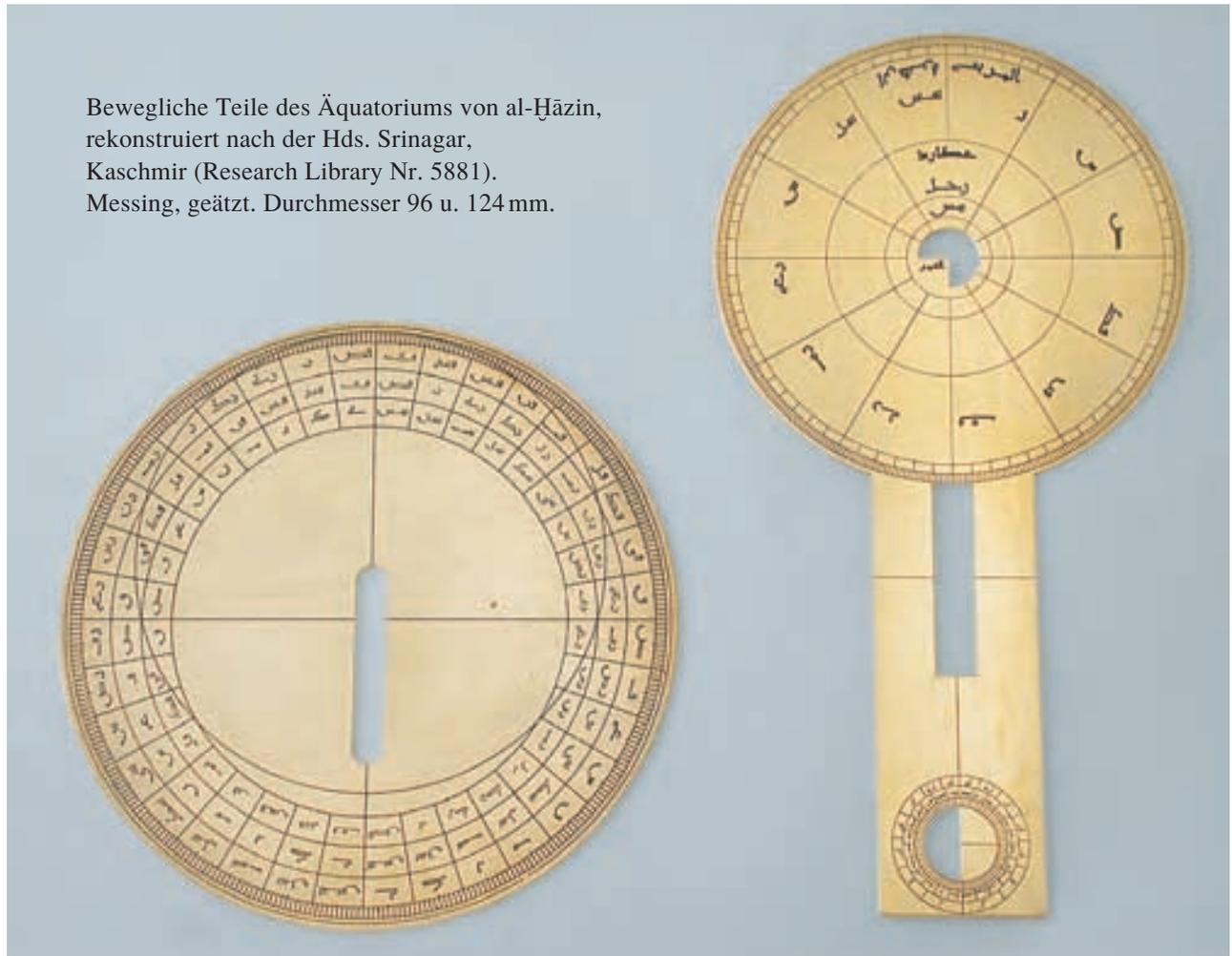


Unser Modell, oben:  
Die *umm* mit sichtbarer *ziğ*-Gravur  
(Planetenlängen) am Boden.  
Unten: Die *umm* mit Einlegescheibe,  
*ziğ*-Gravur (Planetenbreiten).

wird, sowie eine Alidade. Die Rückseite der Mater ist mit einer *zīğ*-Tabelle graviert. Eine Seite der Einlegescheibe ist ein vierfacher Quadrant (zu trigonometrischen Berechnungen zusammen mit der Alidade verwendet), die andere Seite ist die eigentliche *zīğ*-Scheibe mit einer Tabelle der mittleren Breiten (sic!) der Wandelsterne (d.i. Sonne, Mond und fünf Planeten). Die Vorderseite des Instruments bietet also ein konventionelles Astrolab, die Rückseite kann als Äquatorium genutzt werden, wobei leider die erforderlichen zusätzlichen Teile (Deferentenscheibe, Epizykel) fehlen. Ein schmaler Ring um die Scheibe, welcher auf der *zīğ*-Seite erhaben ist, scheint zur Aufnahme dieser Teile, speziell beim Transport, gedacht gewesen zu sein, indem er, wenn man die Scheibe mit der Quadrantenseite nach außen einlegt, eine geeignete Höhlung bildet. In der *zīğ*-Scheibe befinden sich zahlreiche punktförmige Vertiefungen als konzentrischer Ring und je zwei auf den Auges (Apsidienlinien) der Wandelsterne; diese erlaubten offenbar ein Einrasten jener Teile. Hibatallāh al-Bağdādī erklärt in einer Inschrift, er habe diesen Apparat gegenüber al-Ḥāzin's Text modifiziert, eine Rekonstruktion ist derzeit aber nicht möglich. Es ist dagegen ein großes Glück nicht nur für die Geschichte der arabischen Astronomie, daß ein Exemplar des Buches *Zīğ aṣ-ṣafā'iḥ* von al-Ḥāzin vor kurzem in der Research Library, Srinagar, Kaschmir (Nr. 5881) aufgefunden wurde. Leider ist auch dieser Text lückenhaft, und es sind nur eine Seite der Beschreibung sowie einige Abbildungen des eigentlichen Äquatoriums erhalten. Danach ist aber klar, daß es sich um ein voll ausgereiftes, sogar besonders hoch entwickeltes Äquatorium handelt.

Aus dem Textfragment und den zwei erhaltenen Abbildungen (s. Abb. rechts) kann man vorderhand folgende Schlüsse ziehen: Eine dreifach graduierte Scheibe definiert den gemeinsamen Äquanten/Deferenten der Planeten. Die rechtsläufige Skala dient der Bestimmung der Länge des Merkur, die linksläufige der der übrigen Planeten. Ein exzentrischer Kreis repräsentiert den rotierenden Deferenten des Mondes. Ein ausgestochenes Fenster für den Pflock, welches vom Zentrum in Richtung Perigäum sich erstreckt, erlaubt, die Exzentrizität dem jeweiligen Planeten anzupassen (was im Vergleich mit den zahlreichen gra-





duierten Kreisen der meisten späteren Äquatorien sehr sinnreich erscheint); auf welche Weise die Projektion auf den Deferenten vorgesehen ist, bleibt bislang unklar (evtl. mit Hilfe eines Parallelineals). Auf diese Scheibe wird, ebenfalls in einem länglichen ausgestochenen Fenster auf dem Pflock beweglich, die gemeinsame Scheibe der Epizykel gelegt. Diese verfügt ebenfalls über eine rechts- und eine linksläufige Graduierung, auf welcher das mittlere Argument abgelesen wird, nachdem das Zentrum der Epizykel (ebenfalls ausgestochen) auf dem gemessenen Winkel der ersten Scheibe ausgerichtet wurde.

Mittels der Alidade kann dann vom Mittelpunkt des Instrumentes über den Ort des Planeten auf dem Epizykel seine wahre Länge auf dem Limbus abgelesen werden.

Wir haben uns bemüht, die erhaltenen Teile des von Hibatallāh al-Baġdādī weiterentwickelten Instruments nachzubauen und haben ferner auf der

Basis der oben umrissenen Schlüsse aus al-Ḥāzin's Text den Exzenterkreis und das Epizykelinstrument zu rekonstruieren versucht, wenn auch für al-Baġdādī's späteres Modell eine veränderte Apparatur vorgesehen war.

Noch zu beantworten wäre die Frage, weshalb ausgerechnet Abū Ġā'far al-Ḥāzin, der nach deutlichen Angaben von al-Birūnī die ptolemäischen Modelle von Exzentrizität und Epizykeln verwarf und durch die Annahme von Variationen der jeweiligen Planetenbahn zur Ekliptikebene ersetzte<sup>4</sup>, ein Instrument erfunden hat, welches die ptolemäische Konzeption getreu widerspiegelt. Ich habe darauf zur Zeit nur eine Antwort, daß nämlich das Buch *Ziġ aṣ-ṣafā'iḥ* aus einer früheren Phase von Abū Ġā'far al-Ḥāzin's Entwicklung stammen dürfte, in welcher er an der Richtigkeit der ptolemäischen Darstellung noch nicht zweifelte.

<sup>4</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 189.



Der Mathematiker und Astronom Abu l-Qāsim Aṣḥāg b. Muḥammad b. as-Samḥ al-Ġarnāṭī (gest. 426/1035)<sup>1</sup> liefert uns die älteste bekannte andalusische Beschreibung des von Abū Ġaʿfar al-Ḥāzin erfundenen Instruments, welche leider nur in der kastilischen Übersetzung überliefert ist, und zwar als das erste der beiden Bücher von den «Scheiben der Sieben Planeten» in den im Auftrage Alfons X. (gest. 1284) kompilierten *Libros del saber de astronomía*.<sup>2</sup>

Die Darstellung des Instruments in der kastilischen Übersetzung ist nicht einwandfrei, vor allem die in allen Planetenmodellen (außer Merkur) perpetuierte Vertauschung von Deferentenzentrum und Equant ist irritierend und würde das Instrument in der Praxis entwerten. Wir gehen daher davon aus, daß es sich um eine spätere Korruption (vermutlich der Übersetzung) handelt und haben die Konstruktion dem ptolemäischen Modell entsprechend korrigiert.

<sup>1</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 5, S. 356, Bd. 6, S. 249.

<sup>2</sup> M. Rico y Sinobas (ed.), *Libro I de las láminas de los vii. planetas*, in: *Libros del saber...* Bd. 3, S. 245-271.



Ibn as-Samḥ bestimmt für jeden Planeten eine eigene Scheibe mit gemeinsamer Mater (auf deren Rückseite das Sonnenmodell graviert ist), sowie eine gemeinsame Epizykelscheibe, welche mit den unterschiedlichen Radien graviert ist. Jedes Instrument besteht aus einem graduierten Deferenten sowie einem um diesen konzentrischen Ring, an welchen der Rand der Epizykelscheibe angelegt wird. Beide Skalen sind in graphisch ungleiche Grade, welche von den jeweiligen Äquanten projiziert wurden, geteilt. Das Mond- und das Merkur-

modell sind mit drehbaren Scheiben ausgestattet, um den beweglichen Deferenten Rechnung zu tragen.<sup>3</sup> Wenn diese Konstruktion im Vergleich zu al-Ḥāzin ein Rückschritt zu sein scheint, so mag dies daran liegen, daß Ibn as-Samḥ nicht dessen Originaltext vorlag und die andalusische Bewegung vermutlich von einem sekundären Text bzw. Instrument aus dem Osten der islamischen Welt angeregt wurde.

Wir haben uns bemüht, in unserem Modell den arabischen Originalzustand des Instrumentes von Ibn as-Samḥ zu rekonstruieren.

<sup>3</sup> A. Wegener, *Die astronomischen Werke Alfons X.* in: *Bibliotheca Mathematica* (Leipzig) 3. F. 6/1905/129-185, bes. 152-155 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 98, S. 57-113, bes. 80-83; J.L. Mancha: *Sobre la version Alfonsi del ecuadorio de Ibn al-Samḥ*, in: M. Comes, R. Puig & J. Samsó (Ed.), *De astronomia Alfonsi Regis*, Barcelona 1987, S. 117-123; J. Samsó, *Notas sobre el ecuadorio de Ibn*

*al-Samḥ*, in: *Nuevos estudios sobre astronomía española en el siglo de Alfonso X*, Ed.: J. Vernét, Barcelona 1983; M. Comes, *Ecuadorios andalusíes*, Barcelona 1991; dies., *Los ecuadorios andalusíes*, in: *El legado científico Andalusí*, Madrid: Museo Arqueológico Nacional, Madrid 1992, S. 75-87.



### *as-Şafīha az-zīġīya*

(Äquatorium) von az-Zarqālī

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 275 mm.  
(Inventar-Nr. A 6.02)



Der große toledanische Astronom und Mathematiker Abū Ishāq Ibrāhīm b. Yaḥyā az-Zarqālī (kast. Azarquiel, wirkte in der 2. Hälfte des 5./11. Jhs., s.o.S. 175) hat außer seinem Traktat über die nach ihm benannte Universalscheibe (*as-şafīha az-Zarqālīya*) wahrscheinlich über das Instrument, welches später in Europa als Äquatorium bekannt wurde (von ihm *as-şafīha az-zīġīya* genannt), zwei Abhandlungen verfasst, von denen eine von der Anwendung des Instruments und die andere von dessen Konstruktion handelte. Nur die erstere ist zur Zeit im Original bekannt<sup>1</sup> und wurde von José Millás Vallicrosa teilweise ediert und vollständig ins Spanische übersetzt.<sup>2</sup>

Dieser Text unterscheidet sich allerdings stark von der kastilischen Übersetzung der *Libros del saber de astronomía*<sup>3</sup>. Es ist noch zu untersuchen, ob die außer der von Millás Vallicrosa benutzten Handschrift der British Library noch bekannten zwei Handschriften in Leiden<sup>4</sup>, deren Umfang wesentlich größer zu sein scheint, möglicherweise mit der Vorlage der kastilischen Übersetzung identisch sind.

Das von az-Zarqālī beschriebene Instrument zeigt eine beträchtlich höhere Entwicklungsstufe als das des Ibn as-Samḥ, von welchem gleichwohl einige Eigentümlichkeiten übernommen scheinen.

<sup>1</sup> Hds. British Library, Add. 1473, edit. M. Comes, *Ecuatorios andalusíes*, Barcelona 1991, S. 203-221.

<sup>2</sup> in seinen *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid-Granada 1943-50, S. 458-483.

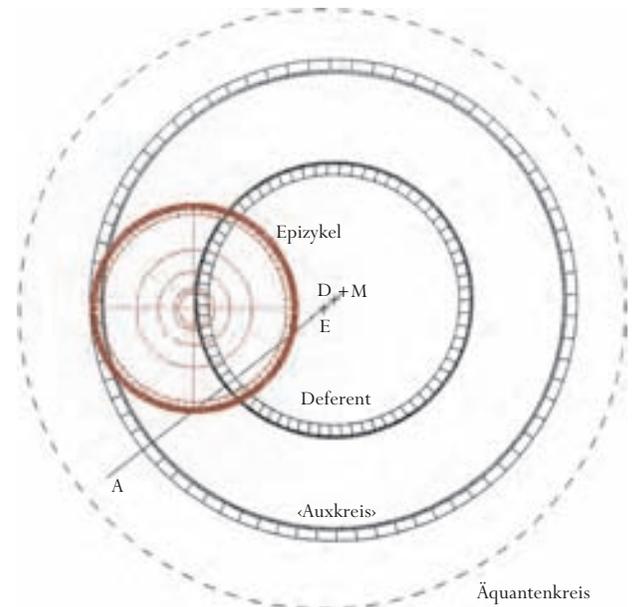
<sup>3</sup> M. Rico y Sinobas (ed.), a.a.O. Bd. 3, S. 272-284.

<sup>4</sup> Or. 993/1 (ff. 1-20), Or. 1876/3 (63<sup>a</sup>-82<sup>a</sup>) s. *Handlist of Arabic Manuscripts in the library of the University of Leiden and other collections in the Netherlands*, compiled by P. Voorhoeve, Leiden 1957, S. 12.



Abb.: Rückseite des Instruments nach der kastilischen Bearbeitung in den *Libros del saber de astronomía*, Hds. cod. 156 Universidad Complutense.

Az-Zarqālī kommt mit zwei Seiten einer Scheibe und einer separaten Epizykelscheibe zur Bestimmung der wahren Längen der fünf Planeten, der Sonne und des Mondes aus. Zu diesem Ende sind die Deferenten nebst «Auxkreisen» ineinander graviert, wobei die Radien nach innen abnehmen (die Epizykelradien werden entsprechend umgerechnet) und dementsprechend allerdings auch die erzielbare Messgenauigkeit. Die Gradierung wird wie bei Ibn as-Samḥ von einem später entfernten Äquantenkreis auf die beiden Kreise übertragen, so daß graphisch unterschiedliche Grade auf dem Deferenten gleichmäßige Winkelgeschwindigkeit um den Äquanten repräsentieren. Die Auxkreise bilden die jeweils äußere Grenze der Sphäre eines Planeten und dienen zur Einstellung des mittleren



Äquatorium von az-Zarqālī, Schema der Gravur für Saturn, A: Aux des zu berechnenden Planeten, E: Äquant, D: Deferentenzentrum, M: Mittelpunkt der Ekliptik. Nach M. Comes, *Ecuadorios andalusíes*, a.a.O. S. 98, Fig 26.

Aux (*auḡ*, Apogäum) des Epizykels. Die Methode, alle sieben Deferenten und ihre Auxkreise einzeln zu graduieren, statt wie bei späteren Modellen alle Winkelmessungen mittels Parallelenverschiebung am gemeinsamen Limbus auszuführen, führt allerdings zu einem recht unübersichtlichen Instrument. Der Deferent des Merkur ist erstmals als resultierende, ellipsenähnliche Figur aus der Bewegung des Deferentenzentrums auf dessen zusätzlicher Kreisbahn ausgeführt.

Vgl. M. Comes, *Ecuadorios andalusíes*, a.a.O. S. 79-138; E. Poulle, *Équatoires et horlogerie planétaire du XIII<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*, a.a.O. S. 194-200 und passim. D.J. Price, *The Equatorie of the Planetis*, Cambridge 1955, S. 123f.

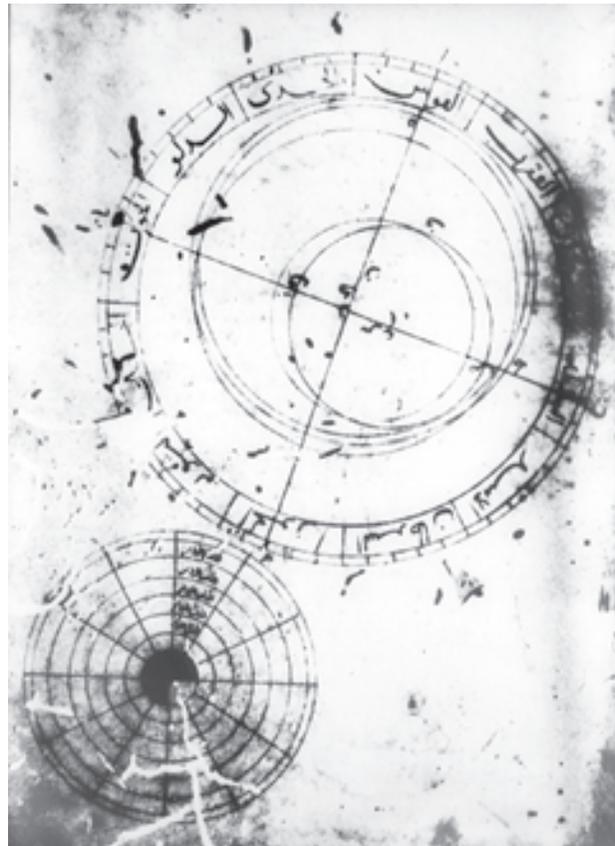


*aş-Şafīha*  
(Äquatorium)  
von Abu ş-Şalt  
al-Andalusī

Unser Modell (Vorderseite mit Limbus, Deferenten, Auxkreisen und Epizykel, hier zur Messung des Mars eingerichtet):  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 275 mm.  
Mit einer Epizykelscheibe.  
Zwei Fäden.  
(Inventar-Nr. A 6.03)

Abb. aus der leider stark beschädigten Hds. Beirut. Der Ausschnitt im Zentrum des Epizykels ist deutlich zu erkennen.

Der vielseitige andalusische Gelehrte Abu ş-Şalt Umaiya b. ‘Abdal‘azīz b. Abi ş-Şalt aus Denia (460-529/1068-1135)<sup>1</sup> verfaßte, stark abhängig von az-Zarqālī, seine Beschreibung einer <umfassenden Scheibe> (*şafīha ġāmi‘a*), welche der Ermittlung der wahren Länge der Planeten auf der Ekliptik dienen sollte. Die einzige bekannte Handschrift<sup>2</sup> hat E. S. Kennedy als erster einer gründlichen Studie unterzogen<sup>3</sup> und mit eigenen Skizzen des Instruments versehen. Eine weitere Untersuchung mit Edition des arabischen Textes und spanischer Übersetzung verdanken wir Mercè Comes<sup>4</sup>.

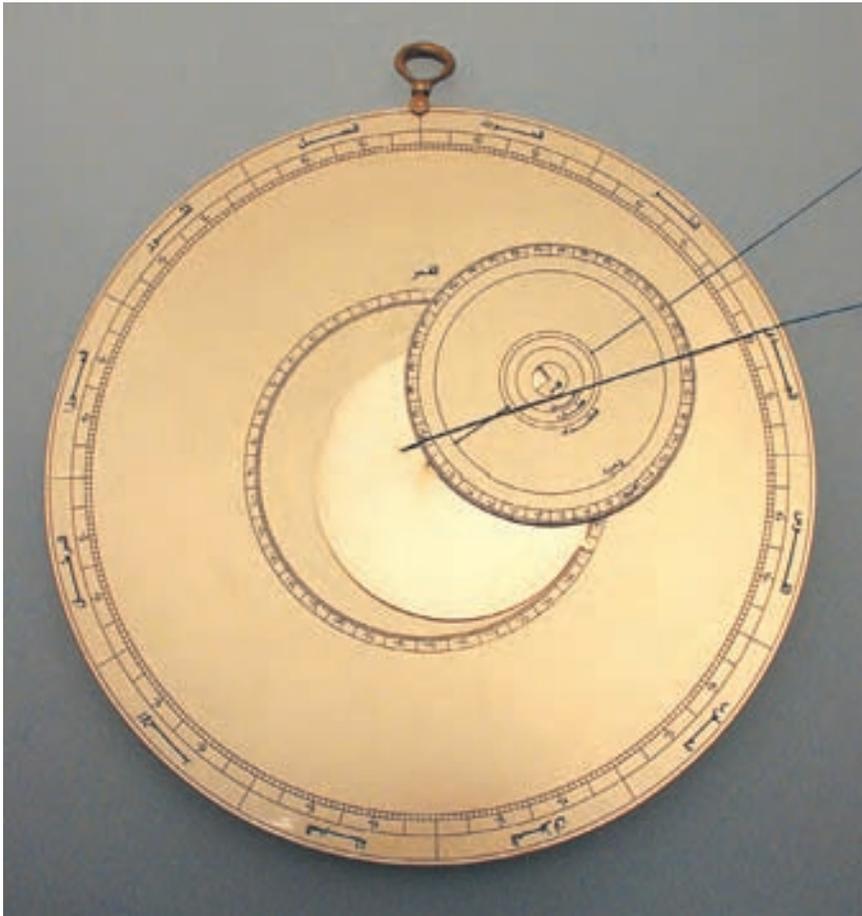


<sup>1</sup> s. C. Brockelmann, *Geschichte der arabischen Litteratur* Suppl.-Bd. 1, S. 869.

<sup>2</sup> Hds. Beirut, Bibliothèque Orientale de l’Université St. Joseph, No. 223/17, S. 131-137; s. L. Cheikho in: *Mélanges de la Faculté Orientale* (Beirut) 7/1914-21/288.

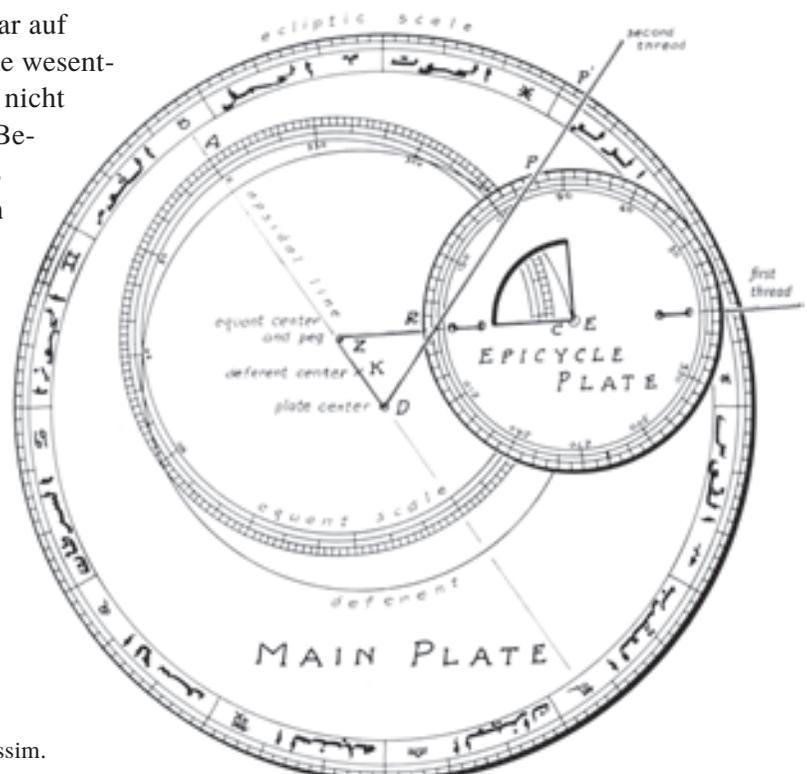
<sup>3</sup> E.S. Kennedy, *The Equatorium of Abū al-Şalt*, in: *Physis* 12/1970/73-81.

<sup>4</sup> M. Comes, a.a.O. S. 139-157, 237-251.



Unser Modell (Rückseite mit Mondinstrument): Mit Epizykelscheibe und einer beweglich vernieteten Scheibe zur Darstellung der Bewegung des Monddeferenten.

Abu ṣ-Ṣalt's Äquatorium basiert offenbar auf demjenigen az-Zarqālī's, bietet aber eine wesentliche Neuerung: die Deferenten müssen nicht mehr graduiert werden, da die mittlere Bewegung des Planeten am Äquantenkreis gemessen und von dort auf das Zentrum des Epizykels, welches mittels des um einen kleinen Pflock im Äquantenzentrum gelegten ersten Fadens auf dem Deferenten angelegt ist, verlängert wird. Die Zeichnung (rechts) von E. S. Kennedy zeigt die Messung eines der äußeren Planeten. Der zweite Faden dient dazu, den wahren Ort des Planeten auf dem Epizykel (P) auf die Ekliptik (mit dem Mittelpunkt Erde) zu projizieren.



Siehe auch: E. Poulle, a.a.O. S. 194-200 und passim.  
D.J. Price, a.a.O. S. 123f.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Mater mit drei Scheiben,  
jeweils beidseitig als  
Planetenmodell mit  
drehbaren Scheiben.  
Durchmesser: 420 mm.  
Stärke der Mater 20 mm.  
(Inventar-Nr. A 6.11)

## Äquatorium des Campanus von Novara

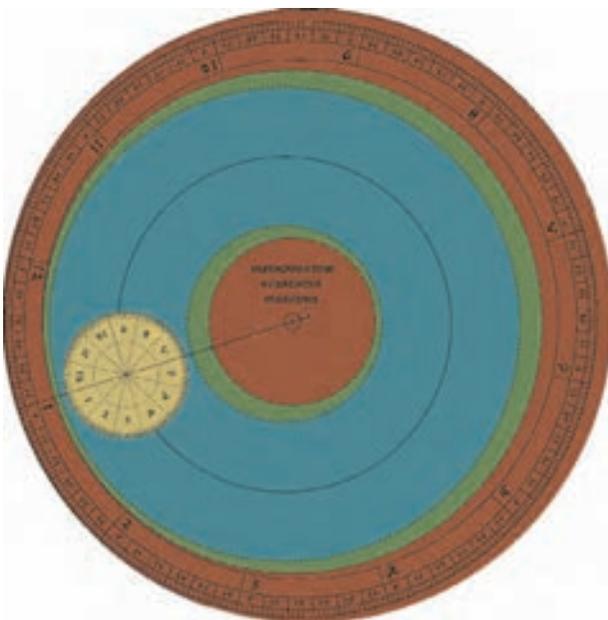
Campanus von Novara (wirkte in der 2. Hälfte 13. Jh., s.o. S. 175) ist der Verfasser der frühesten und in zahlreichen Kopien verbreiteten Abhandlung über die Planetenbewegungen und ein zu ihrer Berechnung zu verwendendes Instrument im außerspanischen Europa, *Theorica planetarum*<sup>1</sup> (um 1260). Er galt zu seiner Zeit als bedeutender Mathematiker und Astronom, wengleich seine Schriften sehr mühselig, umständlich und ziemlich realitätsfern sind. Es dürfte sich im Wesentlichen

um eine Compilation arabischer Quellen handeln, allerdings von zu seiner Zeit bereits überholter Entwicklungsstufe; namentlich der uns durch Ibn as-Samḥ bekannte Konstruktionstyp kommt als Vorbild in Frage, wengleich Campanus' Instrument mit seinen drehbar ineinander gelagerten Scheiben noch wesentlich unpraktischer ist als jene. Die Entwicklung, welche sich mit einiger Verspätung in den kastilischen *Libros del saber de astronomía* (um 1277, s.o.S. 181) niederschlug, war Campanus noch unbekannt. Das Instrument besteht – wie dasjenige des Ibn as-Samḥ – aus je einer Scheibe für jeden Planeten, welche, wie in einem Astrolabium, in eine gemeinsame Mater gelegt werden (das Sonnenmodell ist auch hier auf

<sup>1</sup> s. Ed., engl. Übers. und Kommentar: F. S. Benjamin und G. J. Toomer, *Campanus of Novara and Medieval planetary Theory/Theorica planetarum*. Madison, Milwaukee und London 1971.



Links: Unser Modell mit in der Mater liegender Mond/Merkur-Scheibe, darüber die Saturn/Jupiter- und die Mars/Venus-Scheibe. Abb. unten: Erläuterung der Handhabung des Instruments an Hand des Merkurmodells: In die starr auf einer Trägerschicht befestigte rote Scheibe wird die grüne drehbar eingelassen, in welcher ihrerseits die blaue (Deferent) und gelbe Scheibe (Epizykel) beweglich eingelassen werden. Indem die grüne, blaue und gelbe Scheibe gemeinsam gedreht werden, stellt man die gegenwärtige Position des Deferentenzentrums auf seiner Umlaufbahn (der kleine Kreis in der Mitte) ein (die jeweiligen Werte entnimmt man einer Tabelle), anschließend dreht man die blaue Scheibe mit der gelben, sodaß der Aux dem an der Skala auf dem äußeren roten Ring (dem Äquanten) abgelesenen mittleren Wert entspricht. Dann wird das mittlere Argument durch Drehung des Epizykels eingestellt und die gewonnene wahre Länge des Merkur auf seinem Epizykel mittels eines gespannten Fadens auf den gemeinsamen Limbus der Mater (hier nicht sichtbar) übertragen, welcher der Ekliptik entspricht.



die Rückseite der Mater graviert). Die Epizykelscheiben sind drehbar in größere Scheiben eingelassen (welche die Bewegung auf dem Deferenten darstellen), welche ihrerseits exzentrisch in je eine weitere Scheibe eingelassen sind, welche wiederum entweder drehbar (Merkur und Mond) oder starr auf einer Grundplatte befestigt wird. Die Messungen werden mittels an den Scheiben befestigten Fäden durchgeführt.

Unser Nachbau hat gezeigt, daß die praktische Ausführung des Instruments, wie es Campanus beschrieb, die Grenzen des in Europa damals Möglichen überschreiten dürfte; jedenfalls ist der Aufwand, sechs Instrumente mit je mehreren ineinander drehbaren Scheiben, welche durch unterschneitene Ränder einander festhalten, enorm, sonderlich als schon die kleinste Abweichung zur Blockade des ganzen Apparats führt. Möglich wäre immerhin, daß Campanus an ein Instrument von riesenhaften Ausmaßen dachte.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 40 cm.  
Mit einer Epizykelscheibe,  
zwei Seidenfäden.  
(Inventar-Nr. A 6.04)

*equatorie*

Rekonstruiert nach einem mittellenglischen Traktat über Herstellung und Handhabung eines Äquatoriums in der Hds. Cambridge, Peterhouse 75.I – dem ältesten über den Gegenstand in englischer Sprache – offenbar aus dem Jahre 1392 und gewöhnlich dem Dichter Geoffrey Chaucer (ca. 1343-1400) zugeschrieben<sup>1</sup>. Dessen instruktives Kinderbuch über das Astrolab (*Bred & mylk for children*, ca. 1391) basiert, wie seit den siebziger Jahren des 20. Jh. angenommen wird, auf der lateinischen Übersetzung der Schrift des frühabassi-

dischen Gelehrten Māšā'allāh. Es gilt inzwischen als sicher, daß Chaucer diesen Text aus einer lateinischen Kompilation des späten 13. Jh. kannte<sup>2</sup>. Diese enthält ferner im zweiten Teil einen Text als dessen Autor der andalusische Astronom Aḥmad b. 'Abdallāh Ibn aṣ-Ṣaffār (gest. 426/1035)<sup>3</sup> identifiziert werden konnte<sup>4</sup>. Ein künftiger Vergleich des sowohl im arabischen Original wie in

<sup>1</sup> s. D. J. de Solla Price, in: Dictionary of Scientific Biography, Bd. 3, S. 217; J. D. North, *Chaucers Universe*, Oxford 1988, S. 42-45.

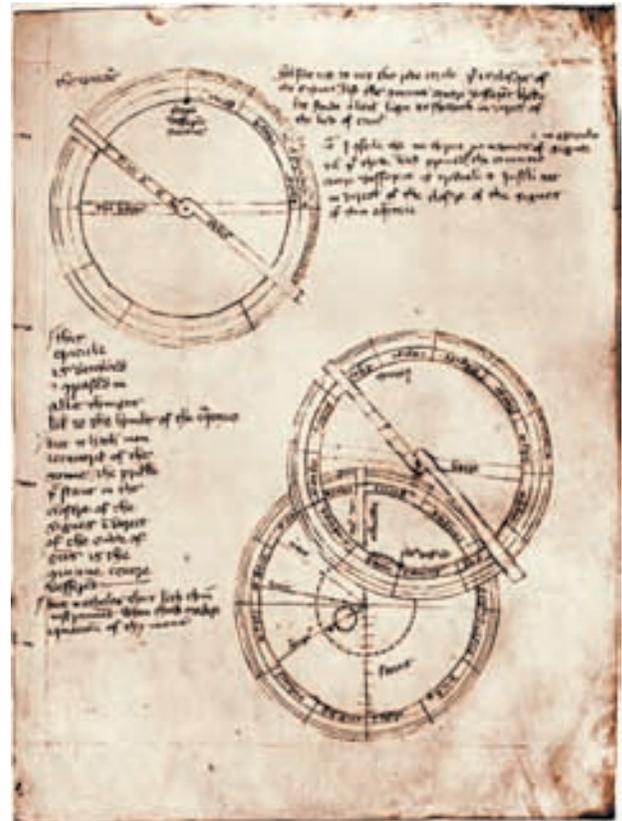
<sup>2</sup> s. P. Kunitzsch, *On the Authenticity of the Treatise on the Composition and use of the Astrolabe as Ascribed to Messahalla*, in: Archives Internationales d'Histoire des Sciences (Wiesbaden) 31/1981/42-62.

<sup>3</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 250.

<sup>4</sup> P. Kunitzsch, a.a.O. S. 46.



Abb. aus der Hds. Cambridge, Peterhouse 75.I:  
Oben: Die Grundplatte mit Limbus, Auges, Mond- und Merkurkreis mit Bohrungen sowie Sonnendefere.  
Rechts: Oben, Epizykelring mit *labe* (Doppelzeiger); unten, die Anbringung des Epizykelring an einem der Deferentenpunkte durch das (*com*)*mun*e *ce*<sup>n</sup>*tr*<sup>um</sup> *deff*<sup>er</sup>*ent*.



zweifacher lateinischer Übersetzung erhaltenen Traktates des Ibn aṣ-Ṣaffār mit der Astrolabschrift von Chaucer könnte neues Licht auf die Arbeitsweise des letzteren werfen. Es sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß die Rückseite des Astrolabs, wie es in Chaucers Text abgebildet ist<sup>5</sup>, eine Schattenskala (mit *umbra recta* und *umbra versa*) zeigt, welche eine gelungene Kopie derjenigen auf der Rückseite des erhaltenen Astrolabs von Muḥammad b. aṣ-Ṣaffār (420/1029, s.o.S. 181) sein könnte. Die Autorschaftsfrage der Schrift über das Äquatorium ist noch komplizierterer Art. Der Text ist nur in einer Sammelhandschrift erhalten, in einer Kladde, welche man Chaucer zugeschrieben hat (der Text beginnt ohne Titel). Die Auges (Apogäen) sind darin für das Jahr 1392 bestimmt. Die Eröffnungsformel: «In the name of god pitos & m<sup>er</sup>ciable» wurde schon von D.J. Price als

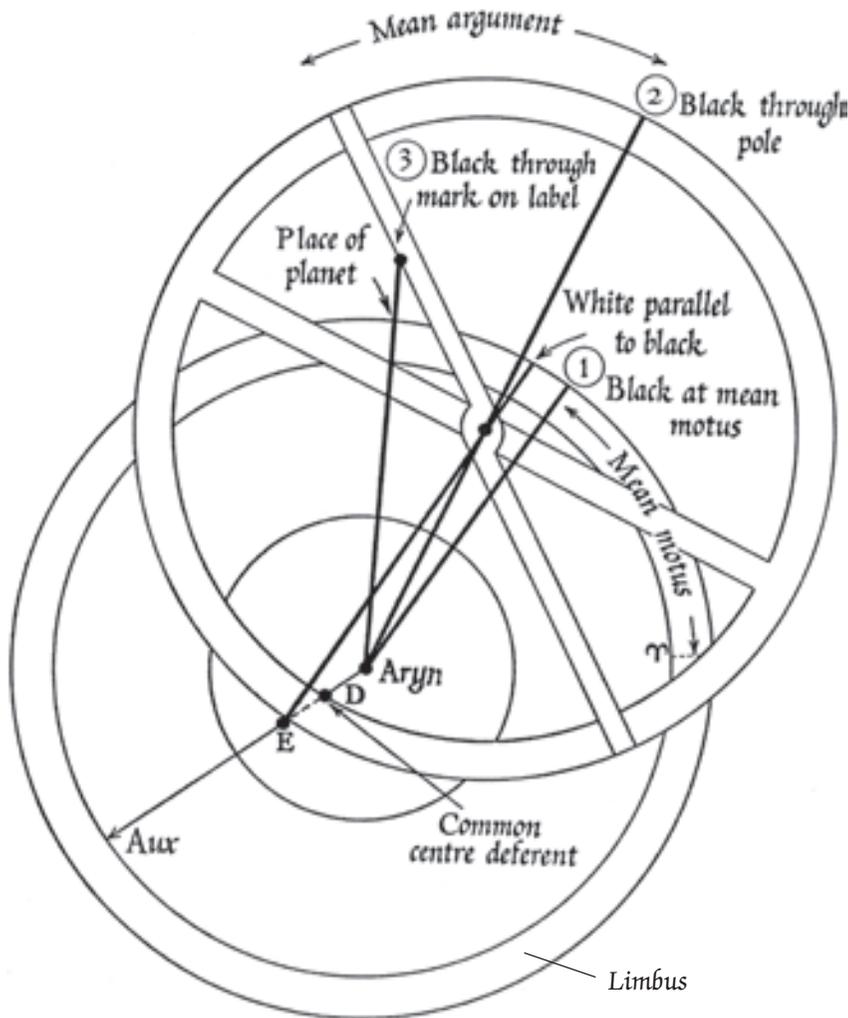
<sup>5</sup> Hs. Cambridge, Rawlinson D913, s. J.D. North, *Chaucers Universe*, a.a.O., S. 48.

<sup>6</sup> D.J. Price, *The Equatorie of the Planetis*, Cambridge 1955, S. 62.

*basmala* (<*bismillāhi r-raḥmāni r-raḥīm*>) erkannt.<sup>6</sup> Im Zuge seiner sehr gründlichen Untersuchung kam er zu dem Ergebnis «that the text of the *Equatorie* leans heavily on some text of ultimately Arabic origin, and is almost certainly a free adaptation of a Latin version».<sup>7</sup> Leider ist die arabische Quelle dieses von anderen bekannten Äquatorien, namentlich der andalusischen Schule und Campanus, recht unabhängigen Modells bisher nicht aufgefunden worden. Einige Aspekte erinnern an das *ṭabaq al-manāṭiq* von al-Kāṣī (s.u.S. 192). Der mittelenglische Text läßt an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig, so daß der Nachbau des Instruments ohne nennenswerte Schwierigkeiten möglich ist.

Die Konstruktion ist einfach und sinnvoll und zeigt darin eine gewisse Verwandtschaft mit al-Ḥāzin und al-Kāṣī: Statt der mühselig zu konstruierenden Einzelplatten bei Ibn as-Samḥ oder Campanus bzw. der verwirrenden Menge ineinandergeschachtelter Kreise az-Zarqālī's werden hier die

<sup>7</sup> ebd. S. 164.



Schema des Instruments nach Price:  
*Aryn* = Zentrum der Ekliptik.  
*D* = Deferentenzentrum des Planeten;  
 dort wird die Epizykelscheibe eingesetzt.  
*E* = Äquant.  
 Der schwarze Faden ① wird vom Mittelpunkt der Ekliptikscheibe (*Aryn*) über den aus der Tabelle bekannten, am Limbus abgelesenen aktuellen Wert der mittleren Bewegung gespannt. Der weiße Faden wird vom Äquanten aus parallel zum Faden ① gespannt, der Epizykelring wird um *E* gedreht, bis sein Zentrum unter dem weißen Faden liegt. Dadurch erhält man den korrigierten Ort des Planeten auf dem Deferenten. Die Epizykelscheibe besitzt einen eigenen Limbus, auf diesem wird das ebenfalls aus der Tabelle abgelesene mittlere Argument eingestellt (und zwar von dem durch das Zentrum des Epizykelrings gespannten Faden ② zählend, dieser repräsentiert den Aux des Epizykels), indem der Zeiger entsprechend gedreht wird. Dann sucht man auf diesem die Markierung des Epizykelradius des fragten Planeten und spannt den schwarzen Faden ③ durch diese Markierung auf den Limbus der Ekliptikplatte und erhält so die wahre Länge des Planeten.

Radien aller Deferenten außer Sonne und Mond gleich dem Radius der Scheibe gesetzt und die Radien der Epizykel entsprechend skaliert. Letztere sind gemeinsam auf einer drehbaren Alidade («in man<sup>er</sup> of a lable on an astrelabie») der beweglichen Epizykelscheibe markiert. Mit zwei Fäden werden die Werte übertragen, so daß am gemeinsamen Limbus die wahre Länge abgelesen werden kann. Merkur wird nicht mit einem elliptischen Deferenten berechnet, sondern (im Rückgriff auf das ptolemäische Modell) mit einem zusätzlichen Kreis, auf dessen Umfang sich das Deferentenzentrum um den Äquanten dreht. Dies ist ein beträchtlicher Nachteil, da auf dem verhältnismäßig kleinen Kreis möglichst viele Löcher gebohrt werden

müssen, um am je aktuellen Ort des Deferentenzentrums die Epizykelscheibe zu befestigen. Die Aufforderung, das Instrument möglichst groß, mindestens aber 6 Fuß durchmessend zu bauen, erinnert an die seit al-Ḥuğandī (s.o.S. 25) in der islamischen Welt belegte Praxis, auf diese Weise die Messgenauigkeit zu erhöhen. Der Verfasser (Bearbeiter?) gesteht indes an einer späteren Stelle, daß sein eigenes Exemplar so klein sei, daß es nur Platz für 24 Löcher (statt der geforderten 360) im Merkurkreis biete.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> D.J. Price, a.a.O. S. 56.

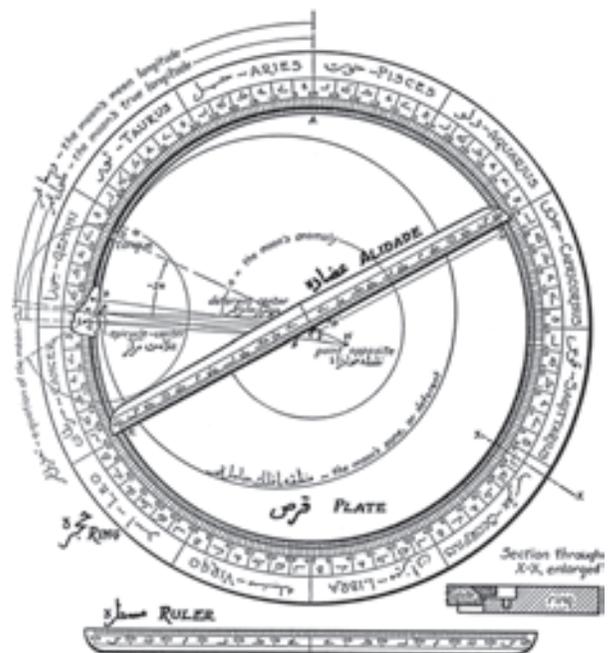
Vgl. noch: J.D. North, *Chaucers Universe*, Oxford 1988, S. 156-181.

*Ṭabaq  
al-manāṭiq*  
(Äquatorium)  
von al-Kāšī



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 280 mm.  
Mit einer drehbaren Scheibe  
und Parallelenapparat.  
Hergestellt von M. Brunold  
(Abtwil, Schweiz).  
(Inventar-Nr. A 6.05)

Der große Mathematiker und Astronom Ġiyāt-addīn Ġamšīd b. Mas‘ūd al-Kāšī (gest. 832/1429) beschreibt in seinem arabisch geschriebenen Buch *Nuzhat al-ḥadā’iq* (819/1416)<sup>1</sup> ein Instrument namens *ṭabaq al-manāṭiq* zur Bestimmung der wahren Orte (Längen und Breiten!) der Planeten in der Ekliptik, daneben ein weiteres Instrument namens *lauḥ al-ittiṣālāt*, welches zur Berechnung der Konjunktionen von Planeten dient, sowie drei weitere Instrumente zur Vorausberechnung von Mond-

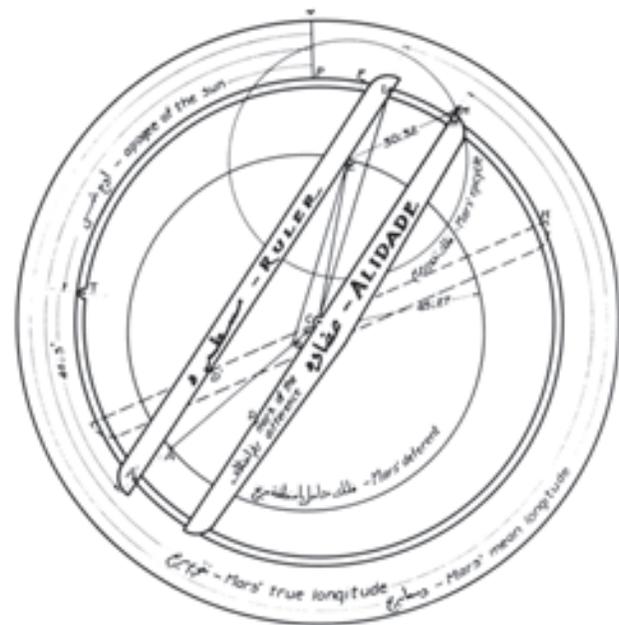


<sup>1</sup> Hds. London, India Office No. 210 (s. C. Brockelmann, a.a.O. Suppl.-Bd. 2, S. 295); lithographische Ed. der 829/1426 revidierten Fassung: Tehrān 1889 (dort im Anhang: al-Kāšī's *Miftāḥ al-ḥisāb*, S. 250-313); anonyme persische Bearbeitung, İstanbul um 900/1500, Princeton, Garrett Coll. Ms. 75 [44B]; Faks. in: E. S. Kennedy, *The Planetary Equatorium of Jamshīd Ghiyāth al-Dīn al-Kāshī*, Princeton, New Jersey 1960.

Äquatorium von al-Kāšī, Grundkonstruktion. Nach E. S. Kennedy, *The Planetary Equatorium*, a.a.O. S. 53, Fig 1.



finsternissen, zur Ermittlung von Parallaxen und zur Ermittlung der Breiten von Planeten. Der sich erhebende Frage, ob zwischen diesen Beschreibungen al-Kāshī's und den drei Instrumenten von Sebastian Münster zur Konjunktion von Mond und Sonne und deren Eklipsen<sup>2</sup> eine Verbindung besteht, ist noch nicht nachgegangen worden. Dank der Studien von E.S. Kennedy seit 1947, seiner kommentierten Faksimileausgabe und englischen Übersetzung der persischen Version, sind wir über beide Instrumente gut informiert<sup>3</sup>.



<sup>2</sup> Zu diesen und dem entsprechenden Instrument von S. Münster, s. E. Poulle, *Equatories*, a.a.O. S. 85, 299; M. Knapp, *Zu Sebastian Münsters «astronomischen Instrumenten»*, Dissertation, Basel 1920.

<sup>3</sup> Al-Kāshī's *«Plate of Conjunctions»*, in: *Isis* 38/1947-48/56-59; ders., *A Fifteenth-Century Planetary Computer: al-Kāshī's «Ṭabaq al-Manāteq» I. Motion of the Sun and Moon*

Äquatorium von al-Kāshī, Schema der Bestimmung der wahren Länge des Mars. Nach E. S. Kennedy, a.a.O., S. 194, Fig. 9.

Das *ṭabaq al-manāṭiq* kann als Höhepunkt der Entwicklung der Äquatorien angesehen werden; nicht nur erreicht die Rationalisierung und Übersichtlichkeit seiner Funktionen ein hohes Maß, es vereinigt zugleich auf einer Scheibe ohne zusätzliche lose Teile alle Operationen, die zur Bestimmung von Länge und Breite der Planeten, der Sonne und des Mondes zu einer gegebenen Zeit sowie der Berechnung von Sonnen- und Mondfinsternissen nötig sind. Al-Kāshī's Instrument ist bisher das einzige aus der islamischen Welt bekannt gewordene, welches diese zusätzlichen Funktionen bietet. Der auf der Rückseite bleibende Raum kann genutzt werden, um eine Tabelle der für die Berechnungen erforderlichen Parameter (*zīg*) einzugravieren. Zur Einstellung der Auges (Apogäen), einschließlich des sich rasch bewegenden des Mondes, ist die gesammte Scheibe in der Mater drehbar gelagert.

Wesentlich für die Funktionen des Instruments ist ein Parallel-Lineal, welches aus einer Alidade und einem beweglich mit dieser verbundenen Lineal besteht. Dieses wird parallel zur am Zentrum der Scheibe (= Ort des Beobachters) anliegenden Alidade durch die punktförmige Markierung des Äquanten gelegt. Wo das Lineal den Deferentenkreis schneidet, ist das aktuelle Zentrum des Epizykels. Dessen Radius ist im Zentrum der Scheibe markiert; dort wird vom Schnittpunkt der Alidade (d. i. dem mittleren Ort) das Argument abgezählt und das Parallel-Lineal verschoben, bis es den Radius des Epizykels an dieser Stelle schneidet. Von dort trägt man auf der Skala des Parallel-Lineals den Radius des Deferenten ab und findet so den wahren Ort des Planeten auf dem Epizykel (man hat dieses also mittels eines Parallelogramms auf den Deferenten projiziert). Mit der Alidade wird dieser Punkt auf den Limbus übertragen, und man erhält so den wahren Ort des Planeten auf der Ekliptik.



Abb. des rotierenden Monddeferenten in der persischen Übersetzung, Hds. Princeton, f. 11 a.

Al-Kāshī konstruiert den Merkurdeferenten wie az-Zarqālī als resultierende, ovale Kurve; allerdings kommt er dabei mit zwei sehr günstig gewählten Zirkelschlägen aus. In einem Anhang beschreibt er auch die Möglichkeit, die Mondbahn entsprechend zu zeichnen.

Im Zusammenhang der Ermittlung der Mondbreiten kam D. J. Price<sup>4</sup> auf die Spur einer gewissen Verbindung zwischen al-Kāshī's *ṭabaq al-manāṭiq* und dem G. Chaucer zugeschriebenen Äquatorium (um 1392, s.o.S. 189). Eine weitere Ähnlichkeit der Konstruktion von al-Kāshī mit der des Planitorbiums von G. Marchionis (um 1310) fand E. Poullé<sup>5</sup>. Ich kann mir diese Ähnlichkeiten nur so erklären, daß al-Kāshī auf eine nicht dokumentierte Entwicklungsstufe des Instruments in der islamischen Welt aufgebaut hat, welche vor 710/1310 auch Europa erreicht hatte. Um entspre-

in *Longitude*, in: *Isis* 41/1950/180-183; ders. *An Islamic Computer for Planetary Latitudes*, in: *Journal of the American Oriental Society* (Ann Arbor) 71/1951/13-21; ders., *A Fifteenth-Century Planetary Computer: al-Kāshī's Ṭabaq al-Manāṭiq II. Longitudes, Distances and Equations of Planets*, in: *Isis* 43/1952/42-50; ders., *The Planetary Equatorium of Jamshīd Ghiyāth al-Dīn al-Kāshī*, a.a.O.

<sup>4</sup> s. seine Rezension von *The Planetary Equatorium of Jamshīd ... al-Kāshī* by E. S. Kennedy, in: *Isis* 54/1963/153f.

<sup>5</sup> *Équatoires et horlogerie*, a.a.O. S. 192.

chenden Einwänden vorzugreifen, möchte ich hinzufügen, daß die Erhaltung derartiger Manuskripte und gar Instrumente leider die Ausnahme bildet und daher aus ihrer Abwesenheit keine Schlüsse gezogen werden können.

Die Markierungen zur Berechnung der Breiten der Planeten befinden sich in unserem Modell auf der Rückseite und wurden der geringeren Größe desselben halber vereinfacht.

## Planeten-Tabelle (Ziğ)

auf der Rückseite unseres Modells:

Spalten, von rechts nach links:

Jahre, Monate, Tage (1),

*medius motus* Sonne (2), *aux* Sonne (3),

*medius motus* Mond (4), *argumentum* Mond (5),

Knoten Mond (6),

*medius motus* Saturn (7), Jupiter (8), Mars (9),

*argumentum* Venus (10), Merkur (11).

(Die Stellen der hexagesimalen Zahlen entsprechen: (Tierkreis)-Zeichen (0-11 s), Grade (0 - 29°), Minuten (0 - 59').

*Medius motus* = Bewegung des Epizykel-Zentrums auf dem Deferenten-Kreis (gleichförmig vom Äquantenpunkt aus gesehen).

*Argumentum* = gleichförmige Bewegung des Planeten auf dem Epizykel-Kreis, gemessen ab der Verbindungslinie von der Erde (Instrumenten-Zentrum zum *medius-motus*-Punkt auf dem Deferenten (= *centrum medium*).

Zeilen, obere Hälfte:

Zeilen 1,2: Kolonnen-Überschriften.

Zeilen 3-12: Radix-Werte zu Beginn der Jahre *Yazdegird* 851-960. 1 Jahr *Yazdegird* = 365.0 Tage.

Der 1. Tag des Jahres 851 *Yazdegird* ist der 16. November 1481 n. Chr.

Zeilen 13-22: Zehnerjahre *completo* (vollendet), 10,20,30...100.

Zeilen, untere Hälfte:

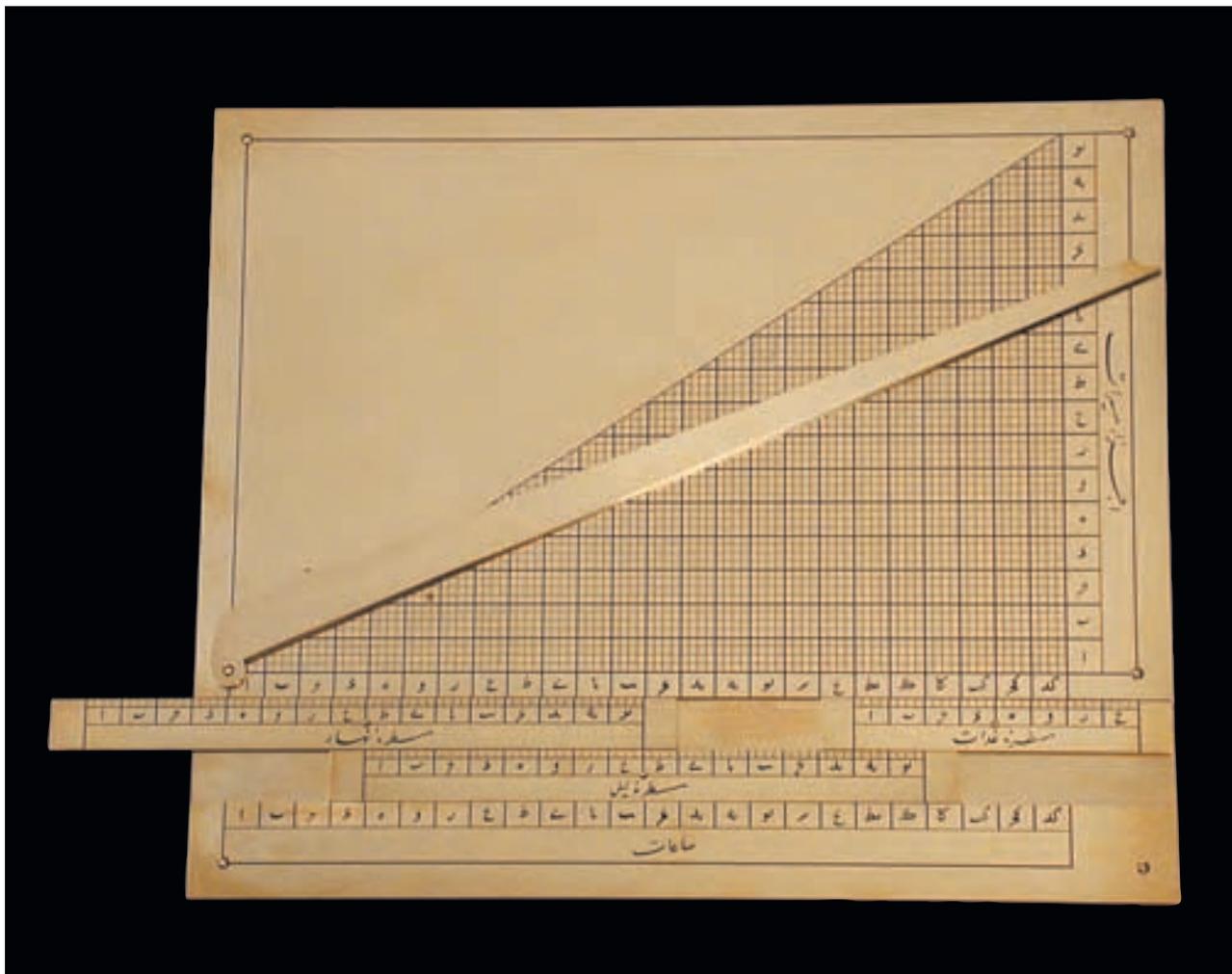
Zeilen 1 -12: 12 Monate zu 30 Tagen, *completo*.

Zeile 13: <5 Tage> = Rest des Jahres.

Die Werte geben 1 Jahr (*Yazdegird*) *completo*.

Zeilen 14-22: Tage *completo*, 1, 2,3,4, 5,6,8,10,20 Tage. Die Werte für 30 Tage finden sich in der 1. Monatszeile (Z 1).





## Konjunktionenrechner von al-Kāshī

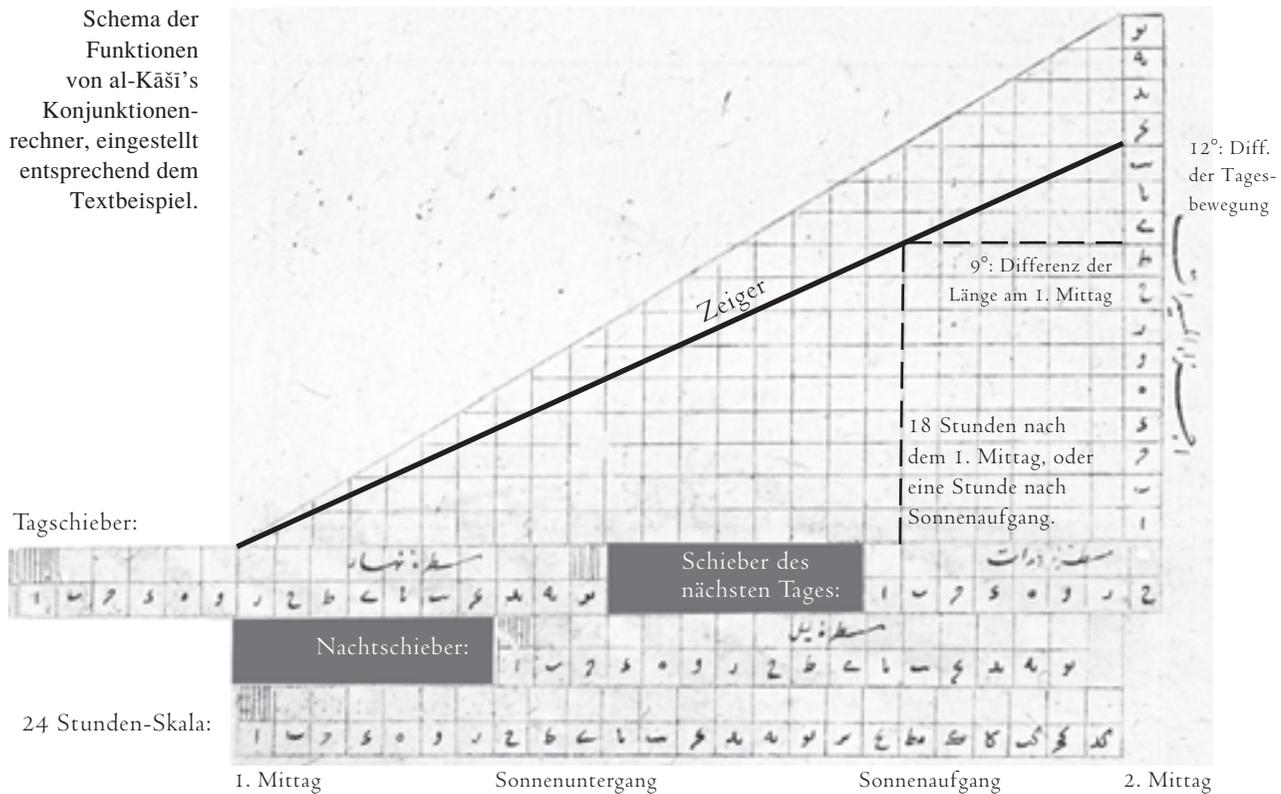
In seinem Buch *Nuzhat al-ḥadā'iq* (819/1416)<sup>1</sup> beschreibt Ġiyāṭaddīn al-Kāshī (gest. 832/1429) neben dem oben beschriebenen Äquatorium *ṭabaq al-manāṭiq* ein weiteres Instrument namens *lauḥ al-ittiṣālāt*, welches zur Berechnung der Konjunktionen von Planeten dient. E.S. Kennedy machte im Jahr 1947 als erster auf diesen Rechenapparat aufmerksam.<sup>2</sup> Ausgehend von den bekannten Längen zweier beliebiger Planeten, der Sonne oder des Mondes auf der Ekliptik zur Mittagsstunde, soll die genaue Stunde einer antizipierten Konjunktion ermittelt werden.

Unser Modell:  
Messing, geätzt. Kantenlänge: 187×223 mm.  
Mit drei Schiebern und einem Zeiger.  
Hergestellt von M. Brunold (Abtwil, Schweiz).  
(Inventar-Nr. A 6.13)

Das von al-Kāshī zu diesem Zweck ersonnene Instrument besteht aus zwei funktionellen Einheiten: 1.) einer gravierten Platte mit dem beweglichen Zeiger, womit der Eintritt der Konjunktion in Stunden nach dem Mittag des Vortages ermittelt wird, 2.) drei horizontalen Schiebern, mit welchen die Konjunktionsstunde in Beziehung zu Sonnenauf- und -untergang gesetzt wird.

<sup>1</sup> s. E.S. Kennedy, *The Planetary Equatorium of Jamshīd Ghīyāth al-Dīn al-Kāshī*, a.a.O. S. 68 ff., 240 ff.

<sup>2</sup> *Al-Kāshī's 'Plate of Conjunctions'*, in: *Isis* 38/1947/56-59.



Ein Beispiel für die Verwendung des Apparats:  
 «Bekannt seien die Ekliptiklängen der beiden Planeten an zwei aufeinanderfolgenden Mittagen, wobei sich die Planeten-Reihenfolge umkehrt: Es findet in diesen 24 Stunden eine Konjunktion statt. Aus den Ekliptiklängen können die (als gleichförmig angenommenen) Planeten-Bewegungen (pro 24 Stunden) abgeleitet werden. Zuerst wird mit dem Zeiger auf der rechten Skala die Differenz der Tagesbewegung der beiden Planeten eingestellt. Beispiel: Mond  $13^\circ$ , Mars  $1^\circ$ . Differenz  $12^\circ$ . Ebenfalls auf der rechten Skala wird die Längendifferenz der beiden Gestirne am ersten Mittag gesucht und horizontal nach links zum Zeiger übertragen. Beispiel: Mond (in einem beliebigen Tierkreiszeichen)  $5^\circ$ , Mars  $14^\circ$ , Differenz  $9^\circ$ . Von diesem Schnittpunkt mit dem Zeiger geht man senkrecht zur 24-Stundenskala (horizontal am untern Rand des Dreiecks) hinunter und findet die gesuchte Zeit der Konjunktion, in Stunden ab dem ersten Mittag, in unserm Beispiel 18 Stunden.»

«Mit den drei Schiebern (...) kann die Zeit der Konjunktion in Bezug zu Sonnenaufgang bzw. Untergang gesetzt werden: Die Zeit zwischen Sonnenaufgang und -untergang sei an diesem Tag beispielsweise 14 Stunden. Entsprechend sei die Nachtlänge 10 Stunden. Der obere Schieber links (Schieber des ersten Tages) wird mit der 7. Stunde auf den 1. Mittag eingestellt, der Nachtschieber (unten Mitte) bei der 14. Stunde des linken Schiebers angesetzt. Bei der 10. Stunde dieses Nachtschiebers folgt der Schieber des nächsten Tages (oben rechts). Auf diesem Schieber des nächsten Tages lesen wir (in unserem Beispiel) die Zeit der Konjunktion bei der ersten Stunde ab: Eine Stunde nach Sonnenaufgang.»<sup>3</sup>

Unser Modell ist gegenüber dem Original verkleinert, al-Kāšī empfiehlt ca. 75 cm Seitenlänge.

<sup>3</sup> M. Brunold, Gebrauchsanleitung zu seinem Modell.

Organum uranicum  
(Äquatorium)  
von Johannes Schöner

Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Durchmesser: 32 cm.  
Nachbau von M. Brunold  
(Abtwil, Schweiz).  
(Inventar-Nr. A 6.06)



Die Schrift über das Äquatorium des deutschen Astronomen und Theologen Johannes Schöner (1477-1547) hatte das Glück, seit 1521 als erstes Buch über den Gegenstand durch die Drucktechnik große Verbreitung zu finden. Schöner griff nach der Ansicht von E. Poule in seiner Darstellung auf die Werke des Campanus von Novara (s.o. S. 187) und Johannes von Gmunden zurück<sup>1</sup>. Die Originalität von Schöners Darstellung liege, außer in der Verschiebung des Exzenterphäno-

mens in die Darstellung der Epizykel, in der Annahme der Möglichkeit der Variation der Auges<sup>2</sup>. Es ist bemerkenswert, daß dieser Vorgang, der im arabisch-islamischen Kulturkreis schon im 3./9. Jh. entdeckt und im 5./11. Jh. mit erstaunlicher Genauigkeit berechnet werden konnte (s.o.S. 6, 7), trotz seiner Präsenz in der lateinischen Übersetzung der toledanischen Tafeln von az-Zarqālī erst seitens Schöners im außerspanischen Europa Beachtung fand.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> E. Poule, *Équatoires et horlogerie planétaire du XIII<sup>e</sup> au XVI<sup>e</sup> siècle*, a.a.O. S. 83.

<sup>2</sup> Ebd. S. 85-86.

<sup>3</sup> s. F. Sezgin, a.a.O. Bd. 6, S. 43f.



Die Vorderseite unseres Modells wurde nach dem Papiermodell in Schöners *Opera mathematica*, Nürnberg 1551, dem erhaltenen Instrumentenfragment in Brüssel (Musées d'art et d'histoire) und der Beschreibung nebst Skizzen von E. Pouille angefertigt.

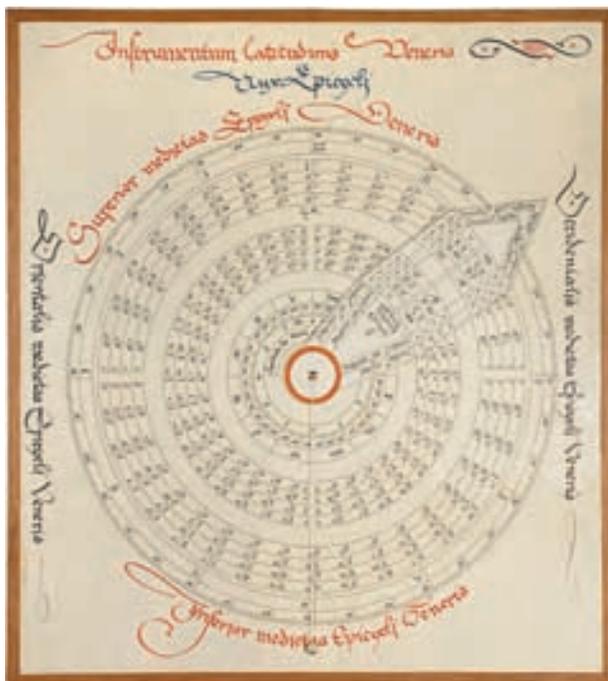
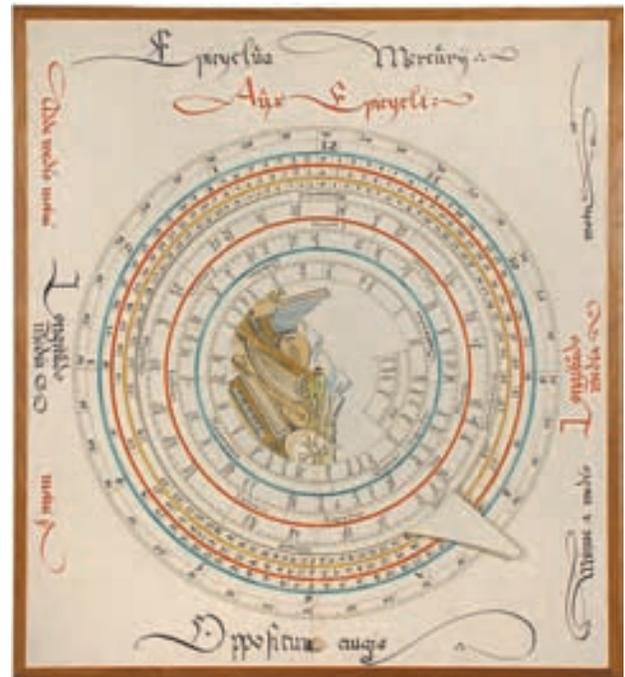
M. Brunold, von dem wir das Modell erworben haben, umreißt im Begleittext seine Funktionen wie folgt:

«Der Deferenten-Radius ist konstruktionsbedingt konzentrisch gegeben. Die Exzentrizität wird durch «Manipulation» der Epizykelradien «rekonstruiert»: Es finden sich auf der Epizykel-Scheibe des Instruments die sechs Planeten (Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn) nicht als einfache Punkte, sondern jeweils als Gruppe von 12 Punkten. Diese 12 Punkte spiegeln die (scheinbar) variable Länge des Epizykel-Radius und die Winkel-Korrektur *equatio centri* wieder, beides Folgen der Exzentrizität des Deferenten. Je nach Lage des Epizykel-Zentrums im Verhältnis zur Absidenlinie (Apogäum = *aux*) auf dem exzentrischen Deferenten ist einer der 12 Punkte oder eine Zwischenposition als Planetenort auf dem Epizykel zu wäh-

len. Dieses sogenannte *centrum (verum)* entnimmt man der unter dem drehbaren Epizykel-Träger liegenden Skalen-Scheibe: Zuerst stellt man mit dem Index des Epizykel-Trägers die mittlere Bewegung des Planeten auf dem Deferenten (*medius motus*) im aussenliegenden Tierkreis ein und liest unter dem radialen «Planetentsteg» das *centrum* ab und zugleich auch die erwähnte Korrektur *equatio*. Mit dem *centrum* ist der in diesem Moment gültige Planetenpunkt auf der Epizykelscheibe gefunden. Diese Epizykelscheibe ist nun auf den *argumentum*-Wert des Planeten (Lage auf dem Epizykelkreis) einzustellen, zusätzlich noch der Hauptindex des Epizykelträgers um den Wert *equatio* zu korrigieren, und endlich am Rand mit dem Zeiger der wahre Ort des Planeten auf der Ekliptik abzulesen. Die «variable» Länge des Epizykel-Radius bleibt übrigens in Schöners Papier-Äquatorium (*Opera mathematica*, 1551) ganz unberücksichtigt. Der erhaltene Messing-Epizykelträger in Bruxelles ist in diesem

Punkt unklar, verschiedene weitere Skalen geben zusätzliche Informationen: Beispielsweise sind die Rückläufigkeits-Bereiche der Planeten in der Mitte des drehbaren Epizykelträgers angegeben, ebenso die astrologischen Aspekte.»

Auf der Rückseite befindet sich ein mechanischer Planetenrechner, welcher mittels einer Zahnrad-Mechanik die mittleren Bewegungen der Wandelsterne gemäß den Werten der von Schöner noch verwendeten alfonsinischen Tabellen darstellt, indem der Sonnenort in der Ekliptik entsprechend dem Datum eingestellt, und dann die Werte bei allen übrigen Drehskalen abgelesen werden. Diese Einrichtung hat M. Brunold nach eigenen Entwürfen hinzugefügt «als Hilfsmittel zum Gebrauch des Äquatoriums». Er stützt sich darauf, daß Planetengetriebe, speziell in Planetenuhren, schon lange vor Schöner, z.B. von Lorenzo della Volpaia (1484), gebaut wurden. Da die mittleren Bewegungen gleichförmig sind (die Anomalien werden auf der Vorderseite, dem eigentlichen Äquatorium, eingerechnet), können ihre unterschiedlichen Raten problemlos mit einem gewöhnlichen Zahnradgetriebe übertragen werden.



## Äquatorium von S. Münster

Der deutsche Astronom und Kosmograph Sebastian Münster (1489-1552)<sup>1</sup> hat den zweiten Teil seines *Organum uranicum* vollständig dem Äquatorium

Unser Modell (vier Tafeln):  
 Farbige Tusche auf Karton in Holzrahmen.  
 Durchmesser je: 52×57 cm.  
 Mit drehbaren Teilen und Fäden.  
 Hergestellt von G. Oestmann  
 & F. Lühring (Bremen).  
 (Inventar-Nr. A 6.07-6.10)

<sup>1</sup> s. K.H. Burmeister, *Sebastian Münster: Versuch eines biographischen Gesamtbildes*, Basel 1963; G. Kish, in: *Dictionary of Scientific Biography* Bd. 9, 1974, S. 580 f.

gewidmet. Das Buch ist in mehreren Handschriften, welche auf unterschiedliche Versionen zurückgehen, sowie in einem Druck aus dem Jahre 1536<sup>2</sup> erhalten. Der Äquatoriumsteil besteht aus den Beschreibungen von 26 Instrumenten, welche als Organa bezeichnet werden: Zehn zur Bestimmung der Längen der inneren und äußeren Planeten, drei für die des Mondes, zwei zur Ermittlung von Konjunktionen von Sonne und Mond, sieben zur Ermittlung der Breiten der Wandelsterne und vier für die Berechnung von Eklipsen.<sup>3</sup>

Unsere ausgewählten vier Organa wurden von Oestmann und Lühring auf Grund der Edition des *Organum uranicum*, Basel 1536 angefertigt. Es sind dies:

Organum I, Venusepizykel:

«Dargestellt wird die Bewegung der Venus auf ihrem Epizykel. Mit Hilfe des Instrumentes läßt sich ermitteln, welche Beträge der mittleren Bewegung zugerechnet (linke Hälfte) oder abgezogen werden müssen (rechte Hälfte). *Aux Epicycli* und *Oppositum augis* bezeichnen den erdnächsten und erdfernsten Punkt der Venusbahn.»

Organum II: Die mittlere Bewegung des Merkur.  
«Veranschaulichung der mittleren Bewegung des

Merkur. Ganz außen befindet sich eine Jahresskala mit der Unterteilung in die zwölf Monate, gefolgt von den Sonntagsbuchstaben und Heiligentagen. Im mittleren Bereich sind die den jeweiligen Monaten zugeordneten Tierkreiszeichen mit einer in 360° geteilten Ekliptik abgebildet. Der innerste Kreis gibt die Minutenbeträge an, die der mittleren Bewegung des Planeten abgerechnet (linke Hälfte) bzw. zugerechnet werden müssen (rechte Hälfte). *Aux Epicycli* und *Oppositum augis* bezeichnen den erdnächsten und erdfernsten Punkt der Merkurbahn. Um den Ort des Merkur in der Ekliptik zu bestimmen, spannt man den exzentrisch montierten Faden, legt diesen über das jeweilige Datum und kann direkt den Grad des Zeichens und den Korrekturbetrag ablesen.»

Organum III (Merkur-Epizykel).

Organum IV: Die Breiten der Venus.

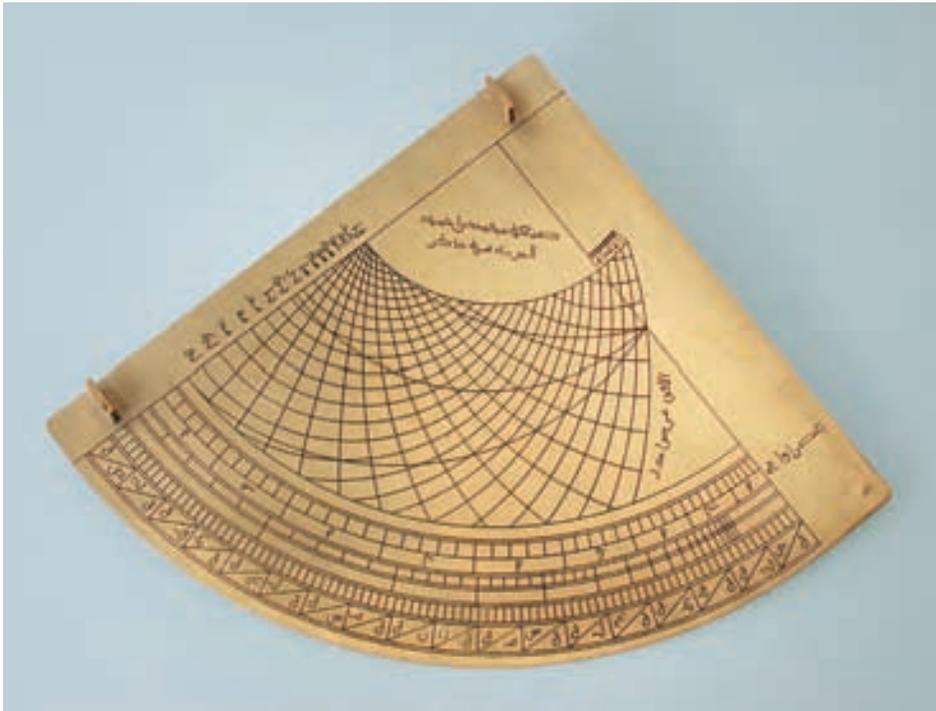
«Nur die Sonne bewegt sich in der Ebene der Ekliptik, nicht aber der Mond und die anderen Planeten, welche südlich oder nördlich der Ekliptik stehen können. Ptolemäus nahm an, daß die Ebene des Deferenten nicht mit der Ekliptikebene zusammenfällt. Das Instrument erfaßt die Breitenbewegung der Venus.»<sup>4</sup>



<sup>2</sup> Mikrofiche-Ausgabe München, Saur-Verlag 1993.

<sup>3</sup> vgl. E. Poule, *Équatoires...* a.a.O. S. 299 ff.

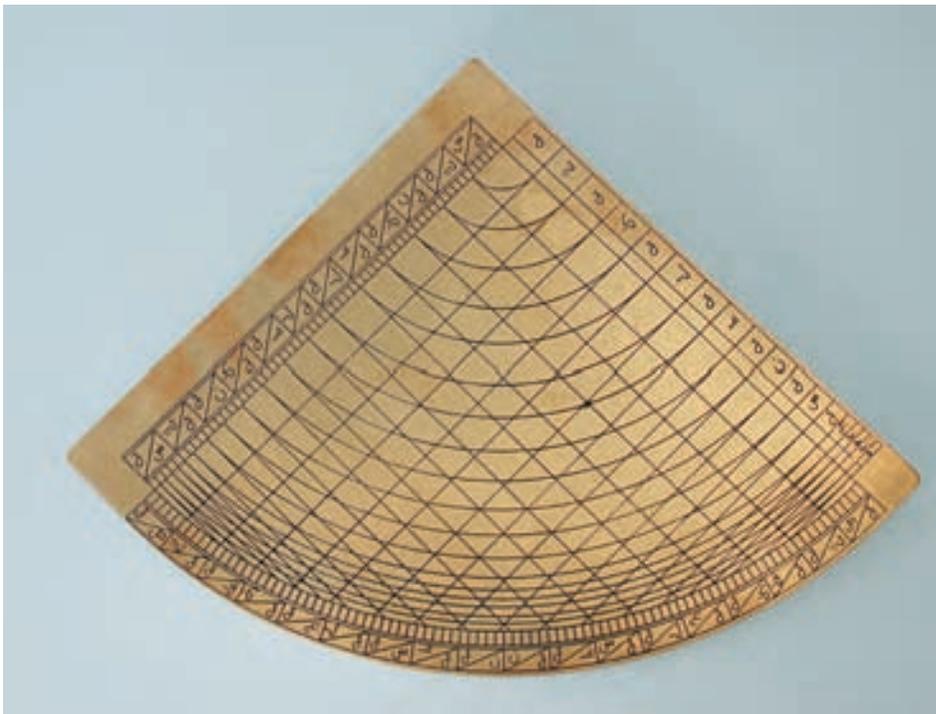
<sup>4</sup> Aus der Beschreibung von G. Oestmann & F. Lühring.



## NACHTRAG:

ein weiterer  
**Quadrant**

welcher die Signatur von Muḥammad b. Aḥmad al-Mizzī, 726/1326 trägt. Das Original befindet sich im Museum für Islamische Kunst, Kairo.



Unser Modell:  
Messing, geätzt.  
Radius 135 mm.  
Frontseite mit Absehe.  
(Inventar-Nr. A 3.03)

Literaturverzeichnis  
und Indices



## Literaturverzeichnis

- Astronomical Instruments in Medieval Spain: their Influence in Europe*, [catálogo de la exposición] Santa Cruz de la Palma, junio - julio 1985, ed. Santiago Saavedra, Madrid 1985.
- Barthold, Wilhelm, *Uluğ Beg und seine Zeit*, deutsche Bearbeitung von Walter Hinz, Leipzig 1935 (Nachdruck *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 54).
- Bedini, Silvio A. und Francis R. Maddison, *Mechanical Universe. The Astrarium of Giovanni de' Dondi*, Philadelphia 1966 (Transactions of the American Philosophical Society, N.S. 56,5).
- Beer, Arthur, *Astronomical Dating of Works of Art*, in: *Vistas in Astronomy* (Oxford) 9/1967/177-223.
- Beer, Arthur, *The Astronomical Significance of the Zodiac of Qusayr 'Amra*, in: K.A.C. Creswell, *Early Muslim Architecture*, Bd. 1, Oxford 1932, S. 289-303.
- Beigel, Wilhelm Sigismund, *Nachricht von einer Arabischen Himmelskugel mit Kufischer Schrift, welche im Curfürstl. mathematischen Salon zu Dresden aufbewahrt wird*, in: *Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1808* (Berlin), S. 97-110 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 50, S. 81-94).
- al-Bīrūnī, K. *Tahdīd nihāyāt al-amākin*, ed. Pavel G. Bulgakov und Imām Ibrāhīm Aḥmad, Kairo 1962 (Nachdruck *Islamic Geography* Bd. 25).
- Blanpied, William A., *The Astronomical Program of Raja Sawai Jai Singh II and its Historical Context*, in: *Japanese Studies in the History of Science* (Tokio) 13/1974/87-126.
- Brice, William Charles, Colin Imber und Richard Lorch, *The Dā'ire-yi Mu'addel of Seydī 'Alī Re'īs*, Manchester 1976 (Victoria University [Manchester] Seminar on Early Islamic Science, Monograph No. 1).
- Brockelmann, Carl, *Geschichte der arabischen Litteratur*, Bd. 1, Weimar 1898; Bd. 2, Berlin 1902; Supplementbände 1-3, Leiden 1937-1942.
- Calvo, Emilia, *La lámina universal de 'Alī b. Jalaf (s. XI) en la versión Alfonsí y su evolución en instrumentos posteriores*, in: «Ochava espera» y «astrofísica». Textos y estudios sobre las fuentes árabes de la astronomía de Alfonso X., ed. Mercè Comes u.a., Barcelona 1990. S. 221-231.
- Campanus of Novara and medieval planetary theory. Theorica planetarum*, ed. with an introduction, English translation and commentary by Francis S. Benjamin and Gerald J. Toomer, London u.a. 1971.
- Carra de Vaux, Bernard, *L'astrolabe linéaire ou bâton d'et-Tousi*, in: *Journal Asiatique* (Paris), série 9, 5/1895/464-516 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 87, S. 181-233).
- Comes, Mercè, *Ecuadorios andalusíes: Ibn al-Samḥ, al-Zarqālluh y Abu-l-Ṣalt*, Barcelona 1991.
- Comes, Mercè, *Los ecuadorios andalusíes*, in: *El legado científico Andalusí*, Madrid: Museo Arqueológico Nacional 1992, S. 75-87.
- Destombes, Marcel, *Un astrolabe carolingien et l'origine de nos chiffres arabes*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 15/1962/3-45 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 96, S. 401-447).
- Dizer, Muammer, *The Dā'irat al-Mu'addal in the Kandilli Observatory, and Some Remarks on the Earliest Recorded Islamic Values of the Magnetic Declination*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 1/1977/257-262.
- Dorn, Bernhard, *Drei in der Kaiserlichen Öffentlichen Bibliothek zu St. Petersburg befindliche astronomische Instrumente mit arabischen Inschriften*, Petersburg 1865 (Mémoires de l'Académie impériale des sciences de St.-Pétersbourg, 7e série, tome IX,1), (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 85, S. 345-498).
- Drechsel, Adolph, *Der Arabische Himmelsglobus des Mohammed ben Muyīd el-'Ordhi vom Jahre 1279 im Mathematisch-physikalischen Salon zu Dresden*, 2. Aufl. Dresden 1922, 19 S., 8 Tafeln (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 50, S. 261-289).
- Duhem, Pierre, *Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. Nouveau tirage, Bde. 3-5. Paris 1954-1958.
- Frank, Josef, *Über zwei astronomische arabische Instrumente*, in: *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (Berlin) 41/1921/193-200 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, S. 63-70).
- Frank, Josef, *Zur Geschichte des Astrolabs*, Erlangen 1920 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 35, S. 1-33 und Bd. 88, S. 31-62).

- Gauthier, Léon, *Une réforme du système astronomique de Ptolémée, tentée par les philosophes arabes du XIIe siècle*, in: *Journal Asiatique* (Paris), 10e série, 14/1909/483-510 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 63, S. 205-232).
- Goldstein, Bernard R., *Al-Bīrūnī: On the Principles of Astronomy*, 2 Bde., New Haven, London 1971.
- Golombek, Lisa und Donald Wilber, *The Timurid Architecture of Iran and Turan*, 2 Bde., Princeton 1988.
- Graff, Kasimir, *Die ersten Ausgrabungen der Ulugh-Bek-Sternwarte in Samarkand*, in: *Sirius* (Leipzig) 53/1920/169-173 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 55, S. 363-367).
- Gunther, Robert T., *The Astrolabes of the World*, 2 Vols. in 1 Bd., Oxford 1932 (teilw. Nachdruck von Vol. I: *Oriental astrolabes* in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 94, S. 1-261).
- Hauber, Anton, *Zur Verbreitung des Astronomen Šūfī*, in: *Der Islam* (Straßburg, Hamburg) 8/1918/48-54 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 26, S. 326-332).
- al-Ḥāzinī, Muḥammad b. Aḥmad, *Ittiḥād al-ālāt an-naḥīya allatī tustahrağ biha l-masāfāt ‘ala l-istiḳāma wa-l-irtifā‘ wa-l-inḥiṭāt bi-l-qiyāsāt aṣ-ṣaḥīḥa wa-l-barāhīn al-handasīya*, in: *Manuscript of Arabic Mathematical and Astronomical Treatises*, S. 114-166.
- Henninger, Joseph, *Über Sternkunde und Sternkult in Nord- und Zentralarabien*, in: *Zeitschrift für Ethnologie* (Braunschweig) 79/1954/82-117.
- Hill, Donald R., *Al-Bīrūnī’s Mechanical Calendar*, in: *Annals of Science* (London) 42/1985/139-163.
- Hommel, Fritz, *Über den Ursprung und das Alter der arabischen Sternnamen und insbesondere der Mondstationen*, in: *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft* (Leipzig) 45/1891/592-619 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 72, S. 8-35).
- Houtum-Schindler, Albert, *Reisen im nordwestlichen Persien 1880-82*, in: *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde* (Berlin) 18/1833/320-344, Tafeln.
- [al-Ḥusain b. Bāṣuh] *Abū ‘Alī al-Ḥusayn ibn Bāṣo (m. 716/1316), Risālat al-ṣaḥīḥa al-yāmī‘a li-yamī‘ al-‘urūd (Tratado sobre la lámina general para todas las latitudes)*, ed., trad. y estudio Emilia Calvo Labarta, Madrid 1993.
- Ibn an-Nadīm, *Kitāb al-Fihrist*, ed. Gustav Flügel, Leipzig 1872.
- Ibn al-Qiftī, *Ta’rīḥ al-ḥukamā’*, auf Grund der Vorarbeiten A. Müllers ed. Julius Lippert, Leipzig 1903.
- [Ibn Rustah: *Kitāb al-A‘lāq an-naḥīya*; Ausz.] *Kitāb al-A‘lāq an-Naḥīya VII auctore Ibn Rosteh et Kitāb al-Boldān auctore al-Jakūbī*, ed. M[ichael] J[an] de Goeje. Leiden 1892 (Nachdruck *Islamic Geography* Bd. 40).
- [Ibn Yūnus] Armand-Pierre Caussin de Perceval, *Le livre de la grande table Hakémite, observée par ... ebn Younis*, in: *Notices et extraits des manuscrits de la Bibliothèque nationale et autres bibliothèques* (Paris) 7e sér. 12/1803-04/16-240 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 24, S. 54-278).
- Islamic Geography*, Bd. 1-278, Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1992-1998.
- Islamic Mathematics and Astronomy*, Bd. 1-112, Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1997-2002.
- The Islamic World in Foreign Travel Accounts*, Bd. 1-79, Frankfurt am Main: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1994-1997.
- Jourdain, Aimable, *Mémoire sur les Instrumens employés à l’Observatoire de Méragah*, in: *Magasin encyclopédique* (Paris) 6/1809/43-101 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 50, S. 95-153).
- Kaye, George Rusby, *The Astronomical Observatories of Jai Singh*, Calcutta 1918.
- Kaye, George Rusby, *A Guide to the Old Observatories at Delhi, Jaipur, Ujjain, Benares*, Calcutta 1920.
- Kennedy, Edward S., *The equatorium of Abū al-Ṣalt*, in: *Physis* (Florenz) 12/1970/73-81.
- Kennedy, Edward S., *A fifteenth century lunar eclipse computer*, in: *Scripta Mathematica* (New York) 17/1951/91-97 (Nachdr. in: E. S. Kennedy, *Studies in the Islamic exact sciences*, Beirut 1983).
- Kennedy, Edward S., *A fifteenth-century planetary computer: al-Kāshī’s «ṭabaq al-manāteq»*. I. *Motion of the sun and moon in longitude*, II. *Longitudes, distances, and equations of the planets*, in: *Isis* (Cambridge, Mass.) 41/1950/180-183; 43/1952/42-50 (Nachdr. in: E. S. Kennedy, *Studies in the Islamic exact sciences*, Beirut 1983).
- Kennedy, Edward S., *An Islamic computer for planetary latitudes*, in: *Journal of the American Oriental Society* (Ann Arbor) 71/1951/13-21 (Nachdr. in: E. S. Kennedy, *Studies in the Islamic exact sciences*, Beirut 1983).
- Kennedy, Edward S., *Al-Kāshī’s «plate of conjunctions»*, in: *Isis* (Cambridge, Mass.) 38/1947-48/56-59 (Nachdr. in: E. S. Kennedy, *Studies in the Islamic exact sciences*, Beirut 1983).
- Kennedy, Edward S., *Al-Kāshī’s Treatise on Astronomical Observational Instruments*, in: *Journal of Near Eastern Studies* (Chicago) 20/1961/98-108.

- Kennedy, Edward S., *The planetary equatorium of Jamshīd Ghīyāth al-Dīn al-Kāshī*, Princeton, N.J. 1960.
- Kennedy, Edward S. und Nazim Faris, *The Solar Eclipse Technique of Yahyā b. Abī Manṣūr*, in: *Journal of the History of Astronomy* (London) 1/1970/20-37.
- King, David A., *An Analog Computer for Solving Problems of Spherical Astronomy: The Shakkāziya Quadrant of Jamāl al-Dīn al-Māridīnī*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 24/1974/219-241.
- King, David A., *Early Islamic Astronomical Instruments in Kuwaiti Collections*, in: *Kuwait Art and Architecture. A Collection of Essays*, Kuwait 1995, S. 77-96.
- King, David A., *Ibn al-Shāṭir's Ṣandūq al-Yawāqūt: An Astronomical «Compendium»*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 1/1977/187-256 (Nachdruck in: D. A. King, *Islamic Astronomical Instruments*, No. XII).
- King, David A., *Islamic Astronomical Instruments*, London: Variorum Reprints 1987 (Collected studies series. 253).
- King, David A., *The Medieval Yemeni Astrolabe in the Metropolitan Museum of Art in New York City*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 2/1985/99-122.
- King, David A., *The Monumental Syrian Astrolabe in the Maritime Museum, Istanbul*, in: *Erdem* (Ankara) 9/1996/729-735 (Aydın Sayılı özel sayısı II).
- King, David A. und Paul Kunitzsch, *Nasṭūlus the Astrolabist once again*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 33/1983/342-343.
- King, David A., *New Light on the Zīj al-Ṣafā'iḥ of Abū Ja'far al-Khāzinī*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 23/1980/105-117.
- King, David A., *A Note on the Astrolabist Nasṭūlus/Basṭūlus*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Paris) 28/1978/117-120.
- King, David A., *On the Early History of the Universal Astrolabe in Islamic Astronomy, and the Origin of the Term «Shakkāziya» in Medieval Scientific Arabic*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 3/1979/244-257 (Nachdruck in: D. A. King, *Islamic Astronomical Instruments*, No. VII).
- Kohl, Karl, *Über den Aufbau der Welt nach Ibn al-Haiṭam*, in: *Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät* (Erlangen) 54-55/1922-23(1925)/140-179 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 58, S. 94-133).
- Kühnel, Ernst, *Der arabische Globus im Mathematisch-Physikalischen Salon zu Dresden*, in: *Mitteilungen aus den Sächsischen Kunstsammlungen* (Leipzig) 2/1911/16-23 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 50, S. 252-259).
- Kunitzsch, Paul, *The Arabic Nomenclature on Coronelli's 110 cm Celestial Globes*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 9/1994/91-98.
- Kunitzsch, Paul, *Coronelli's Great Celestial Globe Made for Louis XIV: the Nomenclature*, in: *Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften* (Frankfurt) 14/2001/39-55.
- Kunitzsch, Paul, *Neuzeitliche europäische Himmelsgloben mit arabischen Inschriften*, in: *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Philologisch-historische Klasse* (München) 1997, Heft 4.
- Kunitzsch, Paul, *On the authenticity of the treatise on the composition and use of the astrolabe ascribed to Messahalla*, in: *Archives internationales d'histoire des sciences* (Wiesbaden) 31/1981/42-62.
- Kunitzsch, Paul und Elly Dekker, *The Stars on the Rete of the so-called «Carolingian Astrolabe»*, in: *From Baghdad to Barcelona. Studies in the Islamic Exact Sciences in Honour of Prof. Juan Vernet*, ed. Josep Casulleras und Julio Samsó, Barcelona 1996, Bd. 2, S. 655-672.
- Kunitzsch, Paul, *Ṣūfī Latinus*, in: *Zeitschrift der Deutschen Morgenländischen Gesellschaft* (Wiesbaden) 115/1965/65-74.
- Kunitzsch, Paul, *Untersuchungen zur Sternnomenklatur der Araber*, Wiesbaden 1961.
- El legado científico Andalúsí* [catálogo de la exposición, Avril 1992], ed. Juan Vernet und Julio Samsó, Madrid: Museo Arqueológico Nacional 1992.
- Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X. de Castilla*, compilados, anotados y comentados por Manuel Rico y Sinobas, Bde. 1-5,1, Madrid 1863-1867 (Nachdr. in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 109-112).
- Lorch, Richard, *The Astronomical Instruments of Jābir ibn Aflaḥ and the Torquetum*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 20/1976-77/11-34.
- Lorch, Richard, *Al-Khāzinī's «Sphere that Rotates by Itself»*, in: *Journal for the History of Arabic Science* (Aleppo) 4/1980/287-329.
- Maddison, Francis R., *A 15<sup>th</sup> Century Islamic Spherical Astrolabe*, in: *Physis* (Florenz) 4/1962/101-109.
- Mancha, José Luis, *Sobre la versión alfonsí del ecuatorio de Ibn al-Samḥ*, in: Mercè Comes u.a. (eds.), *De Astronomia Alfonsi Regis. Actas de Simposio sobre astronomía alfonsí celebrado en Berkeley* (Agosto 1985) y otros trabajos sobre el mismo tema, Barcelona 1987, S. 117-123.
- Manuscript of Arabic Mathematical and Astronomical Treatises*, ed. Fuat Sezgin, Frankfurt a.M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 2001 (Series C - 66).
- al-Maqrīzī, *Kitāb al-Mawā'iz wa-l-i'tibār bi-dīkr al-ḥiṭaṭ wa-l-ātār*, Kairo (Būlāq) 1270/1854.

- [al-Marrākūšī, *Ġāmi' al-mabādi' wa-l-ġāyāt fī 'ilm al-miqāt*] al-Ḥasan ibn 'Alī ('Alī ibn al-Ḥasan?) al-Marrākūshī (7th/13th cent.), *Jāmi' al-mabādi' wa ūl-ghāyāt fī 'ilm al-miqāt / Comprehensive Collection of Principles and Objectives in the Science of Timekeeping*, Faksimile-Edition Fuat Sezgin, 2 Bde., Frankfurt a.M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1984 (Series C - 1, 1-2).
- Mayer, Leo A., *Islamic Astrolabists and Their Works*, Genf 1956 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 96, S. 141-285).
- Michel, Henri, *L'astrolabe linéaire d'al-Tūsi*, in: *Ciel et Terre* (Brüssel) 59/1943/101-107 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 94, S. 331-337).
- Milanesi, Marica, *Coronelli's Large Celestial Printed Globes: a Complicated History*, in: *Der Globusfreund* (Wien) 47-48/1999-2000/143-160 (deutsche Übersetzung R. Schmidt, ebd. S. 161-169).
- Millás Vallicrosa, José M., *Un ejemplar de azafea árabe de Azarquiel*, in: *Al-Andalus* (Madrid, Granada) 9/1944/111-119 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 40, S. 233-243).
- Millás Vallicrosa, José M., *Estudios sobre Azarquiel*, Madrid, Granada 1943-1950.
- Mogenet, Joseph, *L'influence de l'astronomie arabe à Byzance du IXe au XIVe siècle*, in: *Colloques d'histoire des sciences I* (1972) und *II* (1973). Université de Louvain, Recueil de travaux d'histoire et de philologie, série 6, 9/1976/45-55.
- Mordtmann, Johannes Heinrich, *Das Observatorium des Taqī ed-dīn zu Pera*, in: *Der Islam* (Berlin, Leipzig) 13/1923/82-96 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, S. 281-295).
- Musil, Alois, *Ḳuṣejr 'Amra*. Mit einem Vorwort von David Heinrich Müller, 2 Bde., Wien 1907.
- Nallino, Carlo Alfonso, *'Ilm al-falak, ta'rīḥuhū 'ind al-'arab fī l-qurūn al-wustā*, Rom 1911 (Nachdruck *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 100).
- Naṣr, Ḥusain, *al-'Ulūm fī l-Islām. Dirāsa muṣawwara* (aus dem Englischen übersetzt), Tunis 1978.
- North, John D., *Chaucer's Universe*, Oxford 1988.
- North, John D., *Werner, Apian, Blagrove and the Meteoroscope*, in: *The British Journal for the History of Science* (London) 3/1966-67/57-65.
- Pouille, Emmanuel, *Bernard de Verdun et le Turquet*, in: *Isis* (Baltimore, MA.) 55/1964/200-208.
- Pouille, Emmanuel, *Un constructeur d'instruments astronomiques au 15e siècle : Jean Fusoris*, Paris 1963.
- Pouille, Emmanuel, *Équatoires et horlogerie planétaire du XIIIe au XVIe siècle. Les instruments de la théorie des planètes selon Ptolémée*, Genf und Paris 1980.
- Pouille, Emmanuel, *Un instrument astronomique dans l'occident latin, la «saphea»*, in: *Studi Medievali* (Spoleto), serie terza 10/1969/491-510.
- Price, Derek J. (ed.), *The equatorie of the planetis*. Edited from Peterhouse Ms. 75.I with a linguistic analysis by R. M. Wilson, Cambridge 1955.
- [Ptolemaios, *Almagest*] *Des Claudius Ptolemäus Handbuch der Astronomie. Aus dem Griechischen übersetzt und mit erklärenden Anmerkungen versehen von Karl Manitius*, 2 Bde., Leipzig 1912-13 (Neuausgabe mit Berichtigungen von Otto Neugebauer, Leipzig 1963).
- Pugačenkova, Galina A., *Architektura komposicija observatorii Ulugbeka*, in: *Obščestvennye nauki v Uzbekistane* (Taschkent) 13/1969/30-42.
- Rashed, Roshdi, *Résolution des équations numériques et algèbre: Šaraf-al-Dīn al-Tūsī, Viète*, in: *Archive for History of Exact Sciences* (Berlin, Heidelberg) 12/1974/244-290.
- Rashed, Roshdi, *Sharaf al-Dīn al-Tūsī: Oeuvres mathématiques. Algèbre et géométrie au XIIIe siècle*, 2 Bde., Paris 1986.
- Reich, Siegmund und Gaston Wiet, *Un astrolabe syrien du XIVe siècle*, in: *Bulletin de l'Institut Français d'Archéologie Orientale* (Kairo) 38/1939/195-202 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 95, S. 4-11).
- Repsold, Johann A., *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach 1450-1830*, Leipzig 1908. [2.] *Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge. Nachträge zu Band I (1908). II. Alte arabische Instrumente*, in: *Astronomische Nachrichten* (Kiel) 206/1918/cols. 125-138 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, S. 16-22).
- [Richard von Wallingford] *Richard of Wallingford. An Edition of his Writings with Introduction, English Translation and Commentary* by John D. North, 3 Bde., Oxford 1976.
- Roeder, Hans, *Tycho Brahe's Description of his Instruments and Scientific Work as given in Astronomiae instauratae mechanica (Wandesburgi 1598)*. Translated and edited by H. Roeder, Elis and Bengt Strömgren, Kopenhagen 1946.
- Rosen, Edward, *Copernicus and Al-Bitruji*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 7/1961/152-156.
- Rosińska, Grażyna, *Naṣir al-Dīn al-Ṭūsī and Ibn al-Shāṭir in Cracow?* in: *Isis* (Washington) 65/1974/239-243.
- Samsó, Julio, *Notas sobre el ecuatorio de Ibn al-Samḥ*, in: Juan Vernet (ed.), *Nuevos estudios sobre astronomía española en el siglo de Alfonso X*, Barcelona 1983, S. 105-118.
- Sarma, Sreeramala R., *Astronomical Instruments in the Rampur Raza Library*, Rampur 2003.

- Sauvaire, Henri und Joseph Charles François de Rey-Pailhade, *Sur une «mère» d'astrolabe arabe du XIII siècle (609 de l'Hégire) portant un calendrier perpétuel avec correspondance musulmane et chrétienne. Traduction et interprétation*, in: Journal Asiatique (Paris), sér. 9, 1/1893/5-76, 185-231 (Nachdr. in *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 87, S. 1-119).
- Saxl, Fritz, *The Zodiac of Quşayr 'Amra*, in: K.A.C. Creswell, *Early Muslim Architecture*, Bd. 1, Oxford 1932, S. 289-303.
- Sayılı, Aydın, *The Introductory Section of Ḥabash's Astronomical Tables Known as the «Damascene» Zij* (English translation), in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 13, 4/1955/139-151.
- Sayılı, Aydın, *The Observatory in Islam and its Place in the General History of the Observatory*. Ankara 1960 (Nachdruck *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 97).
- Schmalzl, Peter, *Zur Geschichte des Quadranten bei den Arabern*, München 1929 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 90, S. 189-331).
- Schmidt, Fritz, *Geschichte der geodätischen Instrumente und Verfahren im Altertum und Mittelalter*, Erlangen 1929 (Nachdruck *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 89).
- Schöner, Johannes, *Opera mathematica*, Nürnberg 1551, Nachdr. [als Microfiche-Ausgabe] München 1993.
- Schweigger, Salomon, *Ein neue Reysbeschreibung auß Teutschland Nach Constantinopel und Jerusalem*, Nürnberg 1608 (Nachdruck *The Islamic World in Foreign Travel Accounts*, Bd. 28).
- Sédillot, Louis-Amélie, *Histoire générale des Arabes. Leur empire, leur civilisation, leurs écoles philosophiques, scientifiques et littéraires*, Paris 1877 (Nachdr. Paris 1984).
- Sédillot, Louis-Amélie, *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, Paris 1844 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 42, S. 45-312).
- Sédillot, Louis-Amélie und Jean-Jacques Sédillot, *Traité des instruments astronomiques des Arabes composé au treizième siècle par Abu l-Ḥasan 'Alī al-Marrākushī (VII/XIII s.) intitulé Jāmi' al-mabādī' wa-l-ghāyāt*. Partiellement traduit par J.-J. Sédillot et publié par L.-A. Sédillot, 2 Bde., Paris 1834-35 (Nachdruck *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 41).
- Seemann, Hugo J., *Die Instrumente der Sternwarte zu Marāgha nach den Mitteilungen von al-'Urdī*, in: Sitzungsberichte der Physikalisch-medizinischen Sozietät (Erlangen) 60/1928/15-126 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 51, S. 81-192).
- Seemann, Hugo unter Mitwirkung von Theodor Mittelberger, *Das kugelförmige Astrolab nach den Mitteilungen von Alfons X. von Kastilien und den vorhandenen arabischen Quellen*, Erlangen 1925 (Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Heft VIII) (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 88, S. 359-431).
- Sezgin, Fuat, *Geschichte des arabischen Schrifttums*, Bd. 6: *Astronomie bis ca. 430 H.*, Leiden 1978.
- Sezgin, Fuat, *Ṭarīqat Ibn al-Haitam fī ma'rifat ḥaṭṭ nisf an-nahār*, in: Zeitschrift für Geschichte der arabisch-islamischen Wissenschaften (Frankfurt) 3/1986/7-43 (arabischer Teil).
- Singer, Charles u.a. (eds.), *A History of Technology*, Bd. 2: *The Mediterranean civilizations and the middle ages, c. 700 B.C. to c. A.D. 1500*, Oxford 1956; Bd. 3: *From the Renaissance to the industrial revolution c. 1500 - c. 1750*, Oxford 1957.
- Smolik, Julius, *Die Timuridischen Baudenkmäler in Samarkand aus der Zeit Tamerlans*, Wien 1929.
- de Solla Price, Derek J., *On the Origin of Clockwork, Perpetual Motion Devices, and the Compass*, in: Contributions from the Museum of History and Technology (Washington) 1-11/1959/82-112.
- Stautz, Burkhard, *Die Astrolabiensammlungen des Deutschen Museums und des Bayerischen Nationalmuseums*, München: Deutsches Museum 1999.
- Strohm, Hans, *Aristoteles. Meteorologie. Über die Welt*, Berlin 1970.
- [aṣ-Ṣūfī, 'Abdarraḥmān] 'Abd al-Raḥmān al-Ṣūfī (d. 376/986), *Kitāb Ṣuwar al-kawākib / The Book of Constellations*, Faksimilie-Edition, ed. Fuat Sezgin, Frankfurt a.M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1986 (Series C - 29).
- Tekeli, Sevim, *Ālāt ar-raṣādīya li-zīg aṣ-ṣahinšāhīya*, hsg. mit türk. und engl. Übers. in: Araştırma. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Araştırmaları Enstitüsü Dergisi (Ankara) 1/1963/71-122.
- Tekeli, Sevim, *Izzüddin b. Muhammed al-Vefai' nin «Ekvator halkası» adlı makalesi ve torquetum / «Equatorial Armilla» of 'Iz al-Din b. Muḥammad al-Wafai and Torquetum*, in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi (Ankara) 18/1960/227-259.
- Tekeli, Sevim, *Nasirüddin, Takiyüddin ve Tycho Brahe' nin rasat aletlerinin mukayesi*, in: Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 16/1958/301-393.
- Tekeli, Sevim, *al-Urdī' nin «Risaletün Fi Keyfiyet-il Ersad» Adlı Makalesi*, in: Araştırma. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Araştırmaları Enstitüsü Dergisi (Ankara) 8/1970/1-169.

- Time*. Catalogue [Ausstellung Amsterdam], edited by Anthony J. Turner, Texts by H. F. Bienfait, E. Dekker, W. Dijkhuis, V. Icke, and A. J. Turner, Den Haag 1990.
- Toomer, Gerald J., *The Solar Theory of az-Zarqāl: A History of Errors*, in: *Centaurus* (Kopenhagen) 14/1969/306-366.
- ‘Umar b. Sahlān as-Sāwī, *Ṣifat āla ṣağīrat al-qadr ‘aẓīmat an-naḥ wa-l-ma‘ūna yu’ḥaḍ bihā irtifā‘ al-kawākib bi-d-daqā’iq ...*, in: *Manuscript of Arabic Mathematical and Astronomical Treatises*, S. 196-212.
- Vardjavand, Parviz, *La découverte archéologique du complexe scientifique de l’observatoire de Marāqé*, in: *International Symposium on the Observatories in Islam 19-23 September, 1977*, ed. Muammer Dizer, Istanbul 1980, S. 143-163.
- Vardjavand, Parviz, *Rapport préliminaire sur les fouilles de l’observatoire de Marāqé*, in: *Le monde iranien et l’islam. Sociétés et cultures*, Bd. 3, Paris 1975, S. 119-124, 5 Tafeln.
- Wegener, Alfred, *Die astronomischen Werke Alfons X.*, in: *Bibliotheca Mathematica* (Leipzig) 3.F., 6/1905/129-185 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 98, S. 57-113).
- Wiedemann, Eilhard, *Aufsätze zur arabischen Wissenschaftsgeschichte*, ed. Wolfdietrich Fischer, Bd. 1-2, Hildesheim 1970.
- Wiedemann, Eilhard unter Mitwirkung von Theodor W. Juynboll, *Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument*, in: *Acta Orientalia* (Leiden) 5/1926/81-167 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1117-1203 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 92, S. 137-223).
- Wiedemann, Eilhard, *Gesammelte Schriften zur arabisch-islamischen Wissenschaftsgeschichte*, ed. Dorothea Girke und Dieter Bischoff, 3 Bde., Frankfurt a.M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1984 (Series B - 1,1-3).
- Wiedemann, Eilhard, *Ein Instrument, das die Bewegung von Sonne und Mond darstellt, nach al Bīrūnī*, in: *Der Islam* (Strassburg) 4/1913/5-13 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften*, Bd. 2, S. 718-726).
- Wiedemann, Eilhard, *Über den Sextant des al-Chogendī*, in: *Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* (Leipzig) 2/1910/149-151 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 92, S. 55-57).
- Wiedemann, Eilhard, *Über ein von Ibn Sīnā (Avicenna) hergestelltes Beobachtungsinstrument*, in: *Zeitschrift für Instrumentenkunde* (Braunschweig) 45/1925/269-275 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 1110-1116 und in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 92, S. 129-135).
- Wiedemann, Eilhard, *Zu den Anschauungen der Araber über die Bewegung der Erde*, in: *Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften* (Leipzig) 8/1909/1-3 (Nachdruck in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 1, S. 287-289).
- Wiedemann, Eilhard, *Zur islamischen Astronomie*, in: *Sirius* (Leipzig) 52/1919/122-127 (Nachdr. in: E. Wiedemann, *Gesammelte Schriften* Bd. 2, S. 905-911 und *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 92, S. 77-83).
- Wiet, Gaston, *Epigraphie arabe de l’exposition d’art persan du Caire*, in: *Mémoires présentés à l’Institut d’Egypte* (Kairo) 26/1935/19 S., 10 Tafeln.
- Woepcke, Franz, *Über ein in der Königlichen Bibliothek zu Berlin befindliches arabisches Astrolabium*, Berlin 1858 (Nachdruck in: *Islamic Mathematics and Astronomy* Bd. 86, S. 1-36).
- Wolf, Rudolf, *Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur*, Band 1, Zürich 1890 (Nachdruck Hildesheim 1973).
- Yaḥyā ibn Abī Manṣūr (d. ca. 215/800), *az-Zij al-Ma’mūnī al-mumtaḥan / The Verified Astronomical Tables for the Caliph al-Ma’mūn*, Faksimile-Edition, Frankfurt a.M.: Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften 1986 (Series C - 28).
- Zinner, Ernst, *Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11. bis 18. Jahrhunderts*, München 1956.
- Zinner, Ernst, *Die Geschichte der Sternkunde von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart*, Berlin 1931.



# Index

## I. Personennamen

### A – ‘A

- ‘Abbās II. s. Schah ‘Abbās  
al-‘Abbās b. Sa‘īd al-Ġauharī 20  
‘Abdal‘azīz b. Muḥammad al-Wafā‘ī ‘Izzaddīn 157, 157 n.  
‘Abdalkarīm al-Miṣrī 103  
‘Abdallāh b. Ḥalīl al-Māridīnī Ġamāladdīn 139, 139 n., 140  
‘Abdarraḥmān b. Abī Bakr at-Tibrīzī 101  
‘Abdarraḥmān al-Ḥazīnī 101, 147, 147 n.  
‘Abdarraḥmān b. Sinān al-Ba‘labakkī an-Naġġār 101  
‘Abdarraḥmān b. ‘Umar b. Muḥammad aṣ-Ṣūfī, lat. Azophi  
Arabus 7, 8, 8 n., 17, 18  
‘Abdarrazzāq as-Samarqandī 69  
‘Abdalwāḥid b. Muḥammad al-Ġūzaġānī Abū ‘Ubaid 21  
Abū ‘Abdallāh al-Baṭā’ihī s. al-Ma’mūn al-Baṭā’ihī  
Abū ‘Abdallāh al-Ḥimyarī s. Muḥammad b. ‘Abdalmun‘im  
Abū ‘Abdallāh al-Ḥwārizmī s. Muḥammad b. Mūsā  
Abū ‘Alī Ibn Sinā s. al-Ḥusain b. ‘Abdallāh  
Abū Ġa‘far al-Ḥazīn s. Muḥammad b. al-Ḥusain  
Abu l-Ḥasan al-Marrākuṣī s. al-Ḥasan b. ‘Alī  
Abu l-Muẓaffar al-Isfizārī 21  
Abū Naṣr Ibn ‘Irāq s. Maṣṣūr b. ‘Alī  
Abū Naṣr al-Maġribī s. as-Samau‘al b. Yaḥyā  
Abu r-Raiḥān al-Bīrūnī s. Muḥammad b. Aḥmad  
Abū Sahl al-Kūhī s. Waiġan b. Rustam  
Abū Sa‘īd Ibn Qaraqā 22  
Abu ṣ-Ṣalt al-Andalusī s. Umaiya b. ‘Abdal‘azīz b. Abi  
ṣ-Ṣalt  
Abū ‘Ubaid al-Ġūzaġānī s. ‘Abdalwāḥid b. Muḥammad  
Adalbert von Brudzevo 15  
Adelard von Bath 11  
‘Aḍudaddaula, Buyidenherrscher 17  
al-Afḍal Abu l-Qāsim Šahinšāh b. Amīr al-ġuyūš Badr  
21, 22  
Aḥmad b. ‘Abdallāh Ibn aṣ-Ṣaffār 189  
Aḥmad b. Abī Bakr Ibn as-Sarrāġ 119, 119 n.  
Aḥmad b. Abī Ya‘qūb Ishāq b. Ġa‘far al-Ya‘qūbī al-  
Kātib al-‘Abbāsī 79  
Aḥmad b. ‘Alī b. ‘Abdalqādir al-Maqrīzī Taqīyaddīn 21,  
22 n.  
Aḥmad b. Ḥalaf 89  
Aḥmad b. Muḥammad b. Kaṭīr al-Farġānī Abu l-‘Abbās,  
lat. Alfraganus 11, 13, 14  
Aḥmad b. Muḥammad an-Naqqāš 96  
Aḥmad b. Muḥammad as-Siġzī Abū Sa‘īd 9, 16, 80  
Aḥmad b. Mūsā b. Šākir s. Banū Mūsā  
Aḥmad b. as-Sarrāġ s. Aḥmad b. Abī Bakr Ibn as-Sarrāġ  
Aḥmad b. ‘Umar Ibn Rustah 9  
Alā‘addaula b. Kākūyā 21, 26  
Albert von Sachsen 13  
Albertus Magnus 13  
Alfons X. (der Weise) von Kastilien 7, 118, 120, 120 n.,  
123, 124, 128, 129, 129 n., 130, 175, 175 n., 181, 182 n.,  
199  
Alhacen oder Alhazen s. al-Ḥasan b. al-Ḥasan Ibn al-  
Ḥaiṭam  
‘Alī b. ‘Abdarraḥmān b. Aḥmad Ibn Yūnus aṣ-Ṣadafī Abu  
l-Ḥasan 78, 88, 88 n.  
‘Alī b. Ḥalaf b. ‘Abdalmalik al-Qurṭubī Abu l-Ḥasan 83,  
83 n., 84  
‘Alī b. Ibrāhīm b. Muḥammad Ibn aṣ-Ṣāṭir 10, 15, 15 n.,  
55, 155, 156  
‘Alī b. Ibrāhīm al-Muṭa‘‘im 142  
‘Alī b. ‘Īsā al-Aṣṭurlābī 88  
‘Alī b. Muḥammad Ibn al-Aṭīr ‘Izzaddīn 21, 21 n.  
‘Alī al-Muwaqqit Abu l-Faṭḥ 160 n.  
‘Alī b. aṣ-Ṣihāb 137  
‘Alī b. Yūsuf b. Ibrāhīm Ibn al-Qifṭī Abu l-Ḥasan 17, 20  
n., 21 n.  
‘Alī b. Zaid b. Abi l-Qāsim al-Baiḥaqī Zāhīraddīn Abu l-  
Ḥasan 21 n., 167 n.  
Alpetragius s. al-Bīṭrūġī  
al-‘Amīr bi-aḥkāmillāh Abū ‘Alī al-Manṣūr, Fatimiden-  
herrscher 21  
Anglicus s. Wilhelm Anglicus  
Apian, Peter 141, 141 n.  
Apollonios von Pergæ 79, 173  
Aratus Cilix 8  
Argelander, Friedrich Wilhelm August 7, 17  
Aristarch 8  
Aristoteles 4, 4 n., 8  
Ārjabḥaṭa 9  
Arsenius, Gualterus (Walter) 84, 113  
Aṣbaġ b. Muḥammad Ibn as-Samḥ al-Ġarnāṭī Abu l-Qāsim  
175, 176, 181, 182, 183, 184, 187  
al-Ašraf s. al-Malik al-Ašraf  
Aṭīraddīn al-Abḥarī 33  
Avempace s. Ibn Bāġġa  
Averroes s. Muḥammad b. Aḥmad b. Muḥammad  
Avicenna s. al-Ḥusain b. ‘Abdallāh Ibn Sinā  
Azarquiel (az-Zarqālī) s. Ibrāhīm b. Yaḥyā  
Azophi Arabus s. ‘Abdarraḥmān b. ‘Umar aṣ-Ṣūfī

## B

Bābur, Mogulherrscher 72  
 Bacon s. Roger Bacon  
 al-Baihaqī s. ‘Alī b. Zaid b. Abi l-Qāsim  
 al-Barmakī s. Yahyā b. Ḥālīd  
 Barthold, Wilhelm 69, 71 n.  
 Baṣṭūlus s. Muḥammad b. Muḥammad al-Aṣṭurlābī  
 al-Battānī s. Muḥammad b. Ğābir b. Sinān  
 Bāyazīd II., osmanischer Sultan 109  
 Bedini, Silvio A. 170  
 Beer, Arthur 3, 3 n.  
 Beigel, Wilhelm Sigismund 52 n.  
 Belli, Sylvius 6  
 Ben Gerson s. Levi ben Gerson  
 Benjamin, Francis S. 174 n., 175 n., 187 n.  
 Bernardus de Viriduno 13, 154 n.  
 Bienfait, H. F. 161 n.  
 al-Bīrūnī s. Muḥammad b. Aḥmad  
 al-Bītrūġī Nūraddīn Abū Ishāq, lat. Alpetragius 10, 12,  
 13, 13 n., 14  
 Blagrave, John 84, 141 n.  
 Blanpied, William A. 73  
 Brahe, Tycho 15, 33, 35, 36, 36 n., 37, 37 n., 46, 61 n., 62,  
 62 n., 63, 63 n., 64, 64 n., 65, 65 n., 66, 67, 67 n., 68  
 Brahmagupta 5  
 Bredon, Simon 12  
 Brice, William 158, 159 n.  
 Brioux, Alain 86, 86 n.  
 Brockelmann, Carl 134 n., 157 n., 167 n., 185 n.  
 Brunold, Martin 92, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 141,  
 161, 162, 163, 169, 196, 197 n., 199  
 Burmeister, K. H. 200 n.

## C – Ç

Calvo (Labarta), Emilia 83 n., 84, 84 n.  
 Campanus von Novara 13, 174, 174 n., 175, 175 n., 176,  
 187, 187 n., 188, 190, 198  
 Carra de Vaux, Bernard 134, 134 n.  
 Caussin de Perceval, Armand-Pierre 78 n., 88, 88 n.  
 Çeçen, Kâzım 99  
 Chaucer, Geoffrey 173, 189, 189 n., 190, 190 n., 191 n.,  
 194  
 Cheikho, Louis 185 n.  
 Comes, Mercè 83 n., 182 n., 183, 184, 184 n., 185, 185 n.  
 Coronelli, Vincenzo 18, 18 n.  
 Corneille, Jean-Baptiste 18  
 Creswell, Keppel Archibald Cameron 3 n.  
 Crusius, M. 35

## D – D

Dekker, Elly 91 n., 161 n.  
 Destombes, Marcel 90, 91 n.  
 Dijkhuis, W. 161 n.  
 Ḍiyā’addīn Muḥammad b. al-‘Imād s. Muḥammad b. al-  
 ‘Imād  
 Dizer, Muammer 29 n., 160 n.  
 Dorn, Bernhard 136 n.  
 Drechsler, Adolph 52 n.  
 Dürer, Albrecht 8, 8 n.  
 Duhem, Pierre (Maurice-Marie) 12, 12 n., 13, 13 n.

## E

Eudoxos 19, 79  
 Euklid 35

## F

al-Faḍl b. Ḥātim an-Nairizī Abu l-‘Abbās 85, 120, 122,  
 123, 124, 130  
 Faḥraddaula, Buyidenherrscher 7, 21, 25  
 Faḥraddīn al-Ḥilāṭī 33  
 al-Fargānī s. Aḥmad b. Muḥammad b. Kaṭīr  
 Faris, Nazim 5 n.  
 Farré(-Olivé), Eduard 169  
 al-Fazārī s. Ibrāhīm b. Ḥabīb  
 Flügel, Gustav 120 n.  
 Frank, Josef 79 n., 80 n., 81 n., 84 n., 116 n., 147, 147 n.,  
 151, 152, 152 n.  
 Friedrich II., dänischer König 36

## G – Ğ – Ġ

Ğābir b. Aflaḥ 12, 13, 154, 154 n.  
 Ğābir b. Sinān al-Ḥarrānī 120, 121  
 Ğa’far b. (‘Alī) al-Muktafī 89  
 Ğa’far b. Muḥammad b. Ğarīr (Zeitgenosse von as-Siġzī) 9  
 Ğamšīd b. Mas‘ūd al-Kāšī Ğiyātaddīn 36, 71, 71 n., 173,  
 173 n., 174, 175, 176, 190, 192, 192 n., 193, 193 n.,  
 194, 194 n., 196, 196 n., 197  
 Gauthier, Léon 10 n.  
 Ğāzī Aḥmed Muḥṭār Paşa 99  
 Gerbert von Aurillac = Papst Sylvester II. 11, 89, 94  
 Gerhard(us) von Cremona 12, 15  
 Gerlach, Stephan 35  
 Giuntini, Francesco 6  
 Ğiyātaddīn al-Kāšī s. Ğamšīd b. Mas‘ūd  
 de Goeje, Michael Jan 9, 71 n.  
 Goldstein, Bernard R. 13  
 Golombek, Lisa 71 n.

Graff, Kasimir 70 n.  
 Gréppin (Sammler) 113  
 Grosseteste s. Robert Grosseteste  
 Günther, Siegmund 6 n.  
 Guillaume d'Auvergne, Bischof von Paris 12  
 Gunther, Robert T. 84 n., 89 n., 90, 94 n., 95 n., 97 n., 100 n., 103 n., 104 n., 105 n., 106 n., 108 n., 111 n., 112 n., 114 n., 117 n., 119 n., 168 n., 171 n.

## H – Ĥ – Ħ

Ĥabaš al-Ĥāsib 20, 20 n., 85  
 Habermel, Erasmus 84, 114  
 Ĥälid b. 'Abdalmalik al-Marwarrūdī 20  
 Ĥälid b. Yazid 4  
 Hall, A. R. 155 n.  
 Ĥāmid b. 'Alī al-Wāsiṭī Abu r-Rabī' 88  
 Ĥāmid b. al-Ĥiḍr al-Ĥuḡandī Abū Maḥmūd 7, 21, 25, 25 n., 36, 70, 151, 152  
 Ĥāmid b. al-Ĥiḍr al-Naḡdī 90  
 al-Ĥasan b. 'Alī al-Marrākušī Abu l-Ĥasan 85, 120, 122, 127, 128, 134, 151  
 al-Ĥasan b. al-Ĥasan Ibn al-Haiṭam Abū 'Alī, lat. Alhacen oder Alhazen 8, 9, 10, 10 n., 13, 14, 146  
 Hauber, Anton 8 n.  
 al-Ĥāzimi s. Muḥammad b. Aḥmad  
 al-Ĥāzini s. 'Abdarrahmān al-Ĥāzini  
 Henninger, Joseph 3 n.  
 Hibatallāh b. al-Ĥusain al-Baḡdādī 177, 179, 180  
 Hill, Donald Routledge 164 n.  
 Hinz, Walter 69 n.  
 Hipparch 6, 7, 13, 19, 79  
 Hišām b. 'Abdalmalik, Umayyadenkalif 4  
 Holmyard, Eric John 155 n.  
 Hommel, Fritz 3, 3 n.  
 Houtum-Schindler, Albert 28  
 Hülāgü 28  
 al-Ĥuḡandī s. Ĥāmid b. al-Ĥiḍr  
 al-Ĥumaizī, Ġāsīm 90  
 al-Ĥusain b. 'Abdallāh Ibn Sinā Abū 'Alī, lat. Avicenna 21, 21 n., 22, 26, 26 n., 27, 27 n.  
 Ĥusain, ein Sohn von 'Abdarrahmān aš-Šūfī 17, 26, 26 n., 27, 27 n.  
 al-Ĥusain b. Bāšuh Abū 'Alī 84, 84 n.  
 al-Ĥusain b. Muḥammad Ibn al-Ādamī 165  
 al-Ĥwārizmī s. Muḥammad b. Mūsā Abū Ġa'far

## I – Ī

Ibn al-Ādamī s. al-Ĥusain b. Muḥammad  
 Ibn al-Aṭīr s. 'Alī b. Muḥammad  
 Ibn Bāḡḡa s. Muḥammad b. Yaḥyā  
 Ibn al-Haiṭam s. al-Ĥasan b. al-Ĥasan

Ibn an-Nadīm s. Muḥammad b. Abī Ya'qūb b. Ishāq  
 Ibn Qaraqa s. Abū Sa'īd Ibn Qaraqa  
 Ibn al-Qiftī s. 'Alī b. Yūsuf b. Ibrāhīm  
 Ibn Qurra s. Ṭābit b. Qurra  
 Ibn Rušd s. Muḥammad b. Aḥmad b. Muḥammad  
 Ibn Rustah s. Aḥmad b. 'Umar  
 Ibn aš-Šaffār s. Aḥmad b. 'Abdallāh  
 Ibn as-Samḥ s. Ašbaḡ b. Muḥammad Ibn as-Samḥ  
 Ibn as-Sarrāḡ s. Aḥmad b. Abī Bakr  
 Ibn aš-Šāṭir s. 'Alī b. Ibrāhīm b. Muḥammad  
 Ibn Sinā s. al-Ĥusain b. 'Abdallāh  
 Ibn Ṭufail s. Muḥammad b. 'Abdalmalik b. Muḥammad  
 Ibn Yūnus s. 'Alī b. 'Abdarrahmān b. Aḥmad  
 Ibrāhīm b. Sa'īd as-Sahli 97  
 Ibrāhīm b. Sinān b. Ṭābit b. Qurra Abū Ishāq 7  
 Ibrāhīm b. Yaḥyā az-Zarqālī (oder Zarqällū) an-Naqqāš  
 Abū Ishāq, lat. Archazeli, kast. Azarquiel 7, 12, 14 n., 83, 84, 113, 114, 139, 141, 174, 175, 176, 183, 184, 186, 190, 194, 198  
 Icke, Vincent 161 n.  
 al-Idrisī s. Muḥammad b. Muḥammad b. 'Abdallāh  
 Imber, Colin 158, 159 n.  
 Isa(a)k Ibn Sid Rabiḡag 129, 129 n., 130  
 'Izzaddīn al-Wafā'ī s. 'Abdal'azīz b. Muḥammad

## J

Jai Sing Sawā'ī 72, 73  
 Janin, Louis 156  
 Johannes von Gmunden 198  
 Johannes Hispaniensis (Hispalensis) 11  
 Johannes de Liniis (Jean de Linières oder Lignières) 175, 176  
 Jourdain, Aimable 52 n.  
 Juynboll, Theodor Willem 26 n.

## K

Kaye, George Rusby 73, 75  
 Kennedy, Edward S. 5 n., 71 n., 173, 173 n., 175, 185, 185 n., 186, 192, 192 n., 193, 193 n., 194 n., 196, 196 n.  
 Kepler, Johannes 12  
 al-Kindī s. Ya'qūb b. Ishāq b. aš-Šabbāḥ  
 King, David Anthony 84 n., 86 n., 87 n., 90 n., 91 n., 100 n., 101, 101 n., 105 n., 119 n., 139 n., 156, 156 n., 157 n., 160 n., 171 n., 177, 177 n.  
 Kish, G. 200 n.  
 Klostermann, Paul 177  
 Knapp, M. 193 n.  
 Kohl, Karl 10  
 Kopernikus, Nikolaus 9, 12, 12 n., 14, 15  
 Kühnel, Ernst 52 n.  
 Kunitzsch, Paul 3 n., 8 n., 18 n., 87 n., 91 n., 189 n.

## L

von Langenstein, Heinrich 9  
 Levi ben Gerson 13  
 de Linières oder Lignières, Jean s. Johannes de Lineriis  
 Linton (Sammler) 113  
 Lippert, Julius 17  
 Lorch, Richard P. 154 n., 158, 159 n., 172 n.  
 Lorenzo della Volpaia s. Volpaia  
 Ludwig XIV. 18, 18 n.  
 Lühring, F. 200, 201, 201 n.  
 Lupitus von Barcelona 11, 92

## M

von Mackensen, Ludolf 97 n.  
 Maddison, Francis 86 n., 131, 132, 170, 177  
 Magnus s. Albertus Magnus  
 Maḥmūd b. Mas'ūd aš-Širāzī Quṭbaddīn 10, 15  
 Maimūn b. an-Nağīb al-Wāsiṭī 21  
 al-Malik al-Ašraf Mūsā b. al-Malik al-Manšūr Ibrāhīm b. al-Malik al-Muğāhid Širkūya 50 n.  
 al-Malik al-Ašraf Muḏaffaraddīn Mūsā, Aiyubidenherrscher 103  
 al-Malik al-Ašraf 'Umar b. Yūsuf, Rasulidensultan 105  
 al-Malik al-Manšūr, Herrscher von Ḥimṣ 50 n.  
 al-Malik al-Muḏaffar Maḥmūd Taqīyaddīn, Aiyubidenherrscher 104  
 Malikšāh b. Alparslan, Seldschukenherrscher 21  
 al-Ma'mūn, Abbasidenkalif 5, 6, 19, 20, 92  
 al-Ma'mūn al-Baṭā'iḥī Abū 'Abdallāh 21, 22  
 Mancha, José Luis 182 n.  
 Manilius Romanus, M. 8  
 al-Manšūr, Abbasidenkalif 5  
 Maṣṣūr b. 'Alī Ibn 'Irāq Abū Naṣr 9  
 al-Maqrīzī s. Aḥmad b. 'Alī b. 'Abdalqādir  
 Marchionis, G. 194  
 al-Māridīnī s. 'Abdallāh b. Ḥalīl  
 al-Marrākušī s. al-Ḥasan b. 'Alī  
 Māšā'allāh 189, 189 n.  
 Maurolico, Francesco 6  
 Mayer, Leo Ary 89 n., 90, 96 n., 100 n., 103 n., 104 n., 107 n., 108 n., 117 n., 119 n.  
 Mehmed IV., osmanischer Sultan 160  
 Michel, Henri 134, 135  
 Mielgo, Honorino 83 n.  
 Milanesi, M. 18 n.  
 Millás Vallicrosa, José M. 84 n., 116 n., 183  
 Mittelberger, Theodor 120, 120 n., 121, 121 n., 124, 124 n., 125 n., 126 n., 128, 128 n., 130  
 al-Mizzī s. Muḥammad b. Aḥmad  
 Mōngke 28  
 Mogenet, Joseph 14, 14 n.

Moradoff (Sammler) 90  
 Mordtmann, Johannes Heinrich 35 n.  
 Morley, William 137, 137 n.  
 Mu'aiyadaddīn al-'Urḏī 28 n., 33, 33 n., 38, 38 n., 39, 40 n., 41, 41 n., 42, 42 n., 43, 43 n., 44, 45, 45 n., 46, 47 n., 48, 49 n., 50, 51 n., 52, 52 n., 55, 59, 65  
 al-Mu'aẓẓam 'Isā b. Abī Bakr b. Aiyūb, Aiyubidensultan 101  
 Müller, David Heinrich 3 n.  
 Münster, Sebastian 193, 200-201  
 Muḥammad b. 'Abdalmalik b. Muḥammad Ibn Ṭufail 10  
 Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī 165, 168, 170  
 Muḥammad b. Abi l-Faṭḥ aš-Šūfī 157  
 Muḥammad b. Abī Ya'qūb b. Iṣḥāq an-Nadīm al-Warrāq al-Bağdādī Abu l-Farağ 20 n., 79, 120  
 Muḥammad b. Aḥmad al-Bīrūnī Abu r-Raiḥān 4, 6, 7, 9, 9 n., 16, 20, 25 n., 80, 81, 82, 83, 85, 120, 122, 125, 126, 127, 146, 164, 164 n., 165, 170, 180  
 Muḥammad b. Aḥmad al-Ḥāzimī 172, 172 n.  
 Muḥammad b. Aḥmad al-Mizzī 136, 202  
 Muḥammad b. Aḥmad b. Muḥammad Ibn Ruṣd al-Qurṭubī Abu l-Walīd, lat. Averroes 10, 12, 13  
 Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī 98, 100, 117  
 Muḥammad b. Ġābir b. Sinān al-Battānī Abū 'Abdallāh 6, 7, 11, 12, 13, 14, 36, 67  
 Muḥammad b. al-Ġuzūlī 137  
 Muḥammad b. al-Ḥusain al-Ḥāzin Abū Ġa'far 7, 9, 175, 177, 177 n., 179, 180, 181, 182, 190  
 Muḥammad b. al-'Imād Ḍiyā'addīn 133  
 Muḥammad b. Ma'rūf al-Miṣrī ar-Raṣṣād Taqīyaddīn 34, 35, 35 n., 37, 37 n., 55, 56, 60, 61, 61 n., 65, 66, 68  
 Muḥammad, ein Sohn des Mu'aiyadaddīn al-'Urḏī 33, 52  
 Muḥammad b. Muḥammad b. Huḏail 116  
 Muḥammad b. Muḥammad (oder 'Abdallāh) al-Aṣṭurlābī Naṣṭūlus oder Baṣṭūlus 86, 86 n., 87, 87 n., 165  
 Muḥammad b. Muḥammad aṭ-Ṭūsī Naṣīraddīn Abū Ġa'far 6, 10, 15, 15 n., 28, 33, 61 n., 134  
 Muḥammad Muqīm al-Yazdī 108  
 Muḥammad b. Mūsā al-Ḥwārizmī Abū Ġa'far 5, 11, 20, 92  
 Muḥammad b. aš-Šaffār 95, 190  
 Muḥammad Šaffār Šamsaddīn 107  
 Muḥammad b. Yaḥyā Ibn Bāğğā, lat. Avempace 10  
 Muḥyiddīn b. Abi š-Šukr al-Mağribī s. Yaḥyā b. Muḥammad b. Abi š-Šukr  
 al-Muktafi, Abbasidenkalif 89  
 Murād III., osmanischer Sultan 34  
 Mūsā, Astrolabienbauer (lebte um 885/1480) 131  
 Musil, Alois 3, 3 n.  
 al-Mu'tamid b. 'Abbād, Herrscher in Andalusien 83  
 al-Muḏaffar b. Muḥammad b. al-Muḏaffar aṭ-Ṭūsī Šarafaddīn 85, 134, 134 n.

## N

Nağmaddīn Dabīrān 33  
 an-Nairīzī s. al-Faḍl b. Ḥātim  
 Nallino, Carlo Alfonso 3 n., 6, 8, 10, 84 n., 120  
 Našīraddīn aṭ-Ṭūsī s. Muḥammad b. Muḥammad  
 Našr, Ḥusain 157 n., 159 n.  
 Nasṭūlus s. Muḥammad b. Muḥammad al-Aṣṭurlābī  
 Niebuhr, Carsten 52  
 Nicolaus Damascenus 12  
 North, John D. 87 n., 168 n., 189 n., 190 n., 191 n.  
 Nūraddīn al-Bīṭrūḡī s. al-Bīṭrūḡī

## O

Oestmann, Günther 200, 201, 201 n.  
 Ossipoff (Astronom) 70

## P

Papst Sylvester II. s. Gerbert von Aurillac  
 Papst Urban IV. 175  
 Petri, Winfried 10  
 Peurbach, Georg 15  
 Pingree, David 14  
 Plato von Tivoli 11  
 Plutarch 8  
 Poulle, Emmanuel 83 n., 84, 101 n., 154 n., 175 n., 176,  
 184 n., 186 n., 193 n., 194, 198, 198 n., 199, 201 n.  
 Price, Derek J. de Solla 168, 171 n., 173, 173 n., 175, 175 n.,  
 177, 184 n., 186 n., 189 n., 190, 190 n., 191 n., 194 n.  
 Proklos 35, 175 n.  
 Ptolemaios, Klaudios (Claudius Ptolemäus) 4, 5, 6, 7, 8,  
 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 19, 25, 35, 40, 41, 42, 56,  
 59, 79, 120, 174, 180, 201  
 Ptolemeus Aegyptius 8; s. auch Ptolemaios  
 Pugačenkova, Galina A. 71, 71 n.  
 Puig, Roser 182 n.

## Q

Qusṭā b. Lūqā 85, 121  
 Quṭbaddīn aš-Šīrāzī s. Maḥmūd b. Mas‘ūd

## R

Rabiḡag s. Isa(a)k Ibn Sid  
 Rashed, Roshdi 134 n.  
 Regiomontanus, Johannes 12, 104, 146  
 Reich, Siegmund 155, 156  
 Repsold, Johann A. 25 n., 36, 36 n., 62 n., 63, 63 n., 64 n.,  
 65 n., 66, 67 n., 68  
 de Rey-Pailhade, Joseph 100

Richard von Wallingford 12, 168, 168 n.  
 Rico y Sinobas, Manuel 83 n., 84 n., 129 n., 175 n., 181 n.,  
 183 n.  
 Robert Grosseteste 12, 13  
 Roeder, Hans 36 n.  
 Roger Bacon 13  
 Rosen, Edward 14 n.  
 Rosińska, Grażyna 15  
 Ruknaddīn b. Šarafaddīn al-Āmulī 33 n.

## S – Š – Š

as-Sahl al-Aṣṭurlābī an-Nīsābūrī 104  
 as-Samau‘al b. Yaḥyā al-Maḡribī Abū Našr 148  
 Šamsaddīn Muḥammad Šaffār s. Muḥammad Šaffār  
 Samsó, Julio 83 n., 168 n., 182 n.  
 Sandivogius von Czechel 15  
 Šarafaddaula Abu l-Fawāris Šīrdīl, Buyidenherrscher 20  
 Šarafaddīn aṭ-Ṭūsī s. al-Muzaḡffar  
 Sarma, Sreeramala R. 119 n.  
 Sarton, George 175 n.  
 Sauvaire, Henri 100  
 as-Sāwī s. ‘Umar b. Sahlān  
 Saxl, Fritz 3, 3 n.  
 Sayılı, Aydın 19, 19 n., 20 n., 21 n., 22, 28 n., 33 n., 70 n.,  
 71 n., 101 n.  
 Schah ‘Abbās II. 108  
 Schier, Karl Heinz 52 n.  
 da Schio, Almerico 117, 117 n.  
 Schmalzl, Peter 137 n.  
 Schmidt, Fritz 26 n.  
 Schmidt, R. 18 n.  
 Schöner, Johannes 176, 198-199  
 Schweigger, Salomon 35  
 Scotus, Michael 12  
 Sédillot, Louis-Amélie 20, 120, 127, 145 n., 151 n.  
 Seemann, Hugo J. 28 n., 38 n., 40 n., 41 n., 42 n., 43 n., 44 n.,  
 45 n., 47 n., 49 n., 51 n., 59, 71 n., 120, 120 n., 121, 121 n.,  
 122, 124, 124 n., 125 n., 126, 126 n., 127, 128, 128 n.,  
 129, 130, 130 n.  
 Selīm III., osmanischer Sultan 99  
 Sezgin, Fuat 3 n. ff. passim  
 Sidi ‘Alī Re‘īs 158, 159, 159 n.  
 as-Siḡzī s. Aḡmad b. Muḥammad  
 Sind b. ‘Alī 5, 20  
 Singer, Charles 155 n.  
 as-Sirāḡ ad-Dimašqī 101  
 Smolik, Julius 71 n.  
 Sprenger, Alois 137  
 Stautz, Burkhard 85, 101  
 Steinschneider, Moritz 129, 129 n.  
 Strömgren, Bengt u. Elis 36 n.  
 Strohm, Hans 4 n.  
 aš-Šūfī s. ‘Abdarrahmān b. ‘Umar b. Muḥammad  
 Sulṭān b. A‘zam b. Bāyazīd 109

## T – ٢ – ٢

Tābit b. Qurra b. Zahrūn al-Ḥarrānī Abu l-Ḥasan 6, 7, 12, 13, 14  
 Tällgren, Oiva J. 8 n.  
 Taqīyaddīn s. Muḥammad b. Ma'rūf  
 Taqīyaddīn al-Maqrīzī s. Aḥmad b. 'Alī b. 'Abdalqādir  
 Taqīyaddīn al-Miṣrī s. Muḥammad b. Ma'rūf  
 Tekeli, Sevim 34, 37 n., 38 n., 40 n., 41 n., 42 n., 43 n., 44 n., 45 n., 47 n., 49 n., 51 n., 53 n., 54 n., 55 n., 57 n., 58 n., 59 n., 60 n., 61 n., 157  
 Theon von Alexandrien 40, 79  
 Thorndike, Lynn 154 n.  
 Timūr Lang 69  
 Toomer, Gerald J. 14 n., 174 n., 175 n., 176, 187 n.  
 Turner, Anthony J. 161 n., 177  
 aṭ-Ṭūsī s. Muḥammad b. Muḥammad aṭ-Ṭūsī  
 aṭ-Ṭūsī s. al-Muẓaffar b. Muḥammad b. al-Muẓaffar  
 Tycho Brahe s. Brahe

## U – 'U

Uluġ Beg Muḥammad ٢araġāy b. Šāhruḡ 7, 69, 69 n., 70 n., 71 n., 72  
 Umaiya b. 'Abdal'azīz b. Abi ṣ-Šalt Abu ṣ-Šalt 174, 175, 176, 185, 186  
 'Umar al-Ḥaiyām s. 'Umar b. Ibrāhīm  
 'Umar b. Ibrāhīm al-Ḥaiyām 21  
 'Umar b. Sahlān as-Sāwī Zainaddīn 167  
 Urban IV. s. Papst  
 al-'Urḏī s. Mu'aiyadaddīn al-'Urḏī  
 Usener, Hermann Carl 14

## V

Vardjavand, Parviz 29, 29 n.  
 Vernet, Juan 91, 168 n.  
 della Volpaia, Lorenzo 199  
 Voorhoeve, P. 183 n.  
 Voss, W. 8 n.

## W

Waiġan b. Rustam al-Kūhī Abū Sahl 20  
 al-Wāsiṭī s. Ḥāmid b. 'Alī  
 Wegener, Alfred 129 n., 175 n., 182 n.  
 von der Weistriz, Philander 36  
 Werner, Johannes 141, 141 n.  
 Wiedemann, Eilhard 8 n., 9 n., 21 n., 22 n., 25 n., 26 n., 27, 27 n., 78, 145 n., 164, 164 n.  
 Wiet, Gaston 107 n., 155, 156  
 Wilber, Donald 71 n.  
 Wilhelm Anglicus 12  
 Williams, Trevor J. 155 n.  
 Wilson, R. M. 173 n.  
 Wjatin 70  
 Woepcke, Franz 80 n., 95 n.  
 Wolf, Rudolf 6, 6 n., 146, 174 n.

## Y

Yaḥyā b. Abī Maṣṣūr 5, 20  
 Yaḥyā b. Ḥālid al-Barmakī 5  
 Yaḥyā b. Muḥammad b. Abi š-Šukr al-Maġribī Muḥyiddīn 33  
 Ya'qūb b. Ishāq b. aṣ-Šabbāḥ al-Kindī Abū Yūsuf 13  
 al-Ya'qūbī s. Aḥmad b. Abī Ya'qūb Ishāq b. Ġa'far

## Z

az-Zarqālī s. Ibrāhīm b. Yaḥyā  
 Zinner, Ernst 19, 154 n.



## II. Sachbegriffe und Ortsnamen

### A – ‘A

- Adler Planetarium, Chicago 140  
 Æquans 10  
 Äquatorial-Armillarsphäre von Tycho Brahe 36  
 Äquatorial-Ringsonnenuhr 161  
 Äquatoriale Uhr (*mu‘addil an-nahār*) von 1061/1651 für Sultan Mehmed IV. 160  
 Äquatorium, Äquatorien 173-201  
 Äquatorium (*ziğ aṣ-ṣafā‘ih*) von Abū Ğa‘far al-Ḥāzin 175, 177-180  
 Äquatorium des Campanus von Novara 174, 187-188  
 Äquatorium von Ibn as-Samḥ 181-182  
 Äquatorium von S. Münster 200-201  
 Äquatorium (Organum Uranicum) von Johannes Schöner 198-199  
 Äquatorium s. auch Equatorie, *aṣ-ṣafīḥa*, *aṣ-ṣafīḥa az-zīğīya*, *ṭabaq al-manātiq*  
 Äquatorring in Alexandria 19  
 Äquatorsteg 101  
 Äquinoktialarmille in der Sternwarte von Marāğa 29, 42, 60  
 Äquinoktiale Sonnenuhr (Sternwarte von Jaipur) 74  
 Äther 4  
 Aiyubidisches Reich 101  
 Akkadische Sternnamen 3  
*ālat dāt al-autār* (Instrument mit den Sehnen) von Taqīyaddīn 35, 60  
*al-āla dāt al-ğaib wa-s-samt* (Instrument zur Bestimmung von Höhen und Azimuten bzw. «Gerät mit Sinus und Azimut») in der Sternwarte von Marāğa 46-47, 62  
*al-āla dāt al-ğuyüb wa-s-sahm* (Instrument zur Bestimmung des Sinus über eine vertikale Skala bzw. «Gerät mit Sinus und Sinus versus») in der Sternwarte von Marāğa 48-49  
*al-āla dāt al-muṭallaṭ* (Instrument mit dem Dreieck), beschrieben von ‘Abdarraḥmān al-Ḥāzinī 147  
*al-āla dāt ar-rub‘ain* (Instrument mit den beiden Quadranten) von Mu‘aiyadaddīn al-‘Urḍī (Sternwarte von Marāğa) 33, 44, 68  
*ālat dāt as-samt wa-l-irtifā‘* (Instrument zur Bestimmung der Höhe von Gestirnen und deren Azimuten bzw. «Instrument für Azimut und Höhe») in der Sternwarte von İstanbul 55, 66  
*al-āla dāt aṣ-ṣu‘batain* (Instrument mit den beiden Schenkeln) von Mu‘aiyadaddīn al-‘Urḍī 33, 45  
*al-āla dāt aṣ-ṣu‘batain* (Instrument mit den beiden Schenkeln) in der Sternwarte von İstanbul 56-57, 61  
*al-āla dāt at-tuqbatain* (Instrument mit der beweglichen Absehe bzw. Instrument mit den beiden Löchern) in der Sternwarte von Marāğa 43  
*āla li-stihrāğ ḥaṭṭ niṣf an-nahār* (Instrument zur Bestimmung des Meridians) von Ibn al-Haiṭam 146  
*al-āla al-kāmila* («Vollkommenes Instrument») von Mu‘aiyadaddīn al-‘Urḍī 33, 50-51, 56  
*āla li-ma‘rifat mail falak al-burūğ* (Solstitialarmille) in der Sternwarte von Marāğa 29, 41  
*āla muṣabbaha bi-l-manātiq* (Instrument zum Messen von Distanzen zwischen Gestirnen) von Taqīyaddīn 35, 36, 61, 64  
*āla raṣādiya* (Beobachtungsinstrument) von Ibn Sinā 26-27  
*al-āla aṣ-ṣāmila* («Umfassendes Instrument») von al-Ḥuğandī 90, 151-153  
*āla yūṣal bihā ilā ma‘rifat irtifā‘ al-kawākib bi-daqa‘iq* (Instrument zur Ermittlung von Sternhöhen nach Minuten) von Zainaddīn ‘Umar b. Sahlān as-Sāwī 166-167  
*ālāt ar-raṣad* Beobachtungsinstrumente 20, 145-172  
 Aleppo (Ḥalab) 14, 109, 155, 157  
 Alexandria 14, 19  
 Alhidade s. *‘idāda*  
 ‘Ammān 3  
 Angewandte Astronomie 5  
 ‘*ankabūt* («Spinne» am Astrolab) 79, 80, 121, 131  
 Antiarabismus (14. Jh.) 14  
 Antiochia 14  
 Apogäum der Sonne (*auğ aṣ-ṣams*) 6, 7  
 Apogäum, erste Kenntnis seiner Variation bei Schöner 199  
 Aproximationsmethode, verwendet von Yaḥyā b. Abī Mansūr bei der Bestimmung von Finsternissen 5  
*arbāb al-wuğūh* (Dekane, astrologisch) 105  
*armillae aequatoriae maximae* (Tycho Brahe) 36  
 Armillarsphäre (*dāt al-ḥalaq*) 120  
 Armillarsphäre von Ptolemaios 63  
 Armillarsphäre in der Sternwarte von İstanbul 53, 63  
 Armillarsphäre in der Sternwarte von Kairo 22  
 Armillarsphäre in der Sternwarte von Marāğa 29, 39-40, 63  
 Armillarsphäre s. auch Zodiakalarmillarsphäre  
 Aryn 191  
 ‘*aṣā at-Tūsī* («Stab des at-Tūsī»), Linearastrolab 134  
 Astrolab (*aṣṭurlāb*), Astrolabien 79-135  
 Astrolab von 1057/1647, angefertigt für Schah ‘Abbās II. 108  
 Astrolab von ‘Abdalkarīm al-Miṣrī 103  
 Astrolab von Aḥmad b. Ḥalaf 89  
 Astrolab von Aḥmad b. Muḥammad an-Naqāš 96  
 Astrolab, arabisch (7./13. Jh., Original im British Museum) 106  
 Astrolab aus G. Arsenius’ Werkstatt (um 1570) 113  
 Astrolab zu didaktischen Zwecken 115  
 Astrolab, europäisch (ca. 1500) 112  
 Astrolab von E. Habermel (um 1600) 114  
 Astrolab von Ḥāmid b. ‘Alī al-Wāsiṭī 88  
 Astrolab von al-Ḥuğandī 90  
 Astrolab von Ibrāhīm b. Sa‘id as-Sahli 97  
 Astrolab, iranisch (Esfahān? 1118/1706) 110  
 Astrolab, kahn- bzw. schiffsförmig (*al-aṣṭurlāb az-zauraqī*) 9, 16, 82

- Astrolab, katalanisch (10. Jh. n.Chr.) 91  
 Astrolab von Lupitus von Barcelona 92-93  
 Astrolab von al-Malik al-Ašraf, dem Rasulidensultan 105  
 Astrolab im Marinemuseum zu İstanbul (vor 1000/1600) 101-102  
 Astrolab von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī (aus dem Jahre 1216) 98-99  
 Astrolab von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā'irī (aus dem Jahre 1228) 100  
 Astrolab von Muḥammad Muqīm al-Yazdī 108  
 Astrolab von Muḥammad b. aṣ-Ṣaffār 95  
 Astrolab von Naṣṭūlus (aus dem Jahre 927) 86  
 Astrolab (zweites) von Naṣṭūlus 87  
 Astrolab, osmanisch (aus dem Jahre 1680) 109  
 Astrolab, zugeschrieben Papst Sylvester II. (Gerbert von Aurillac) 89, 94  
 Astrolab von Šamsaddīn Muḥammad Ṣaffār 107  
 Astrolab, spanisch-gotisch (14. Jh. n.Chr.) 111  
 Astrolab s. auch *aṣṭurlāb*, Linearastrolab, mechanisch (-astronomischer) Kalender, Planetarium, Planisphärium, sphärisches Astrolab, Universalastrolab, Universal-scheibe  
 Astrolabschriften, arabische 11  
 Astrologie ('*ilm aḥkām an-nuḡūm* oder *šinā'at aḥkām an-nuḡūm*) 3  
 Astronomie ('*ilm al-hai'a*' oder '*ilm al-falak*') 3-201  
 Astronomische Instrumente 87-201  
 Astronomische Tafeln s. *zīğ*-Bücher  
 Astronomischer Sextant s. Sextant  
*al-aṣṭurlāb al-āsī* (das myrtenförmige Astrolab) 81  
*al-aṣṭurlāb al-ḥaṭṭī* (Linearastrolab) von Šarafaddīn aṭ-Ṭūsi 84, 85, 134  
*al-aṣṭurlāb al-laulabī* (das spiralförmige Astrolab) 83  
*al-aṣṭurlāb al-miṣṭarī* (das linearförmige Astrolab) 82  
*al-aṣṭurlāb al-musarṭan* (das krebsförmige Astrolab) 81  
*aṣṭurlāb musaṭṭaḥ* (gewöhnliches Astrolab) 80  
*al-aṣṭurlāb al-muṭabbal* (das trommelförmige Astrolab) 81  
*al-aṣṭurlāb aṣ-ṣalībī* (das kreuzförmige Astrolab) 82  
*aṣṭurlāb saṭḥī* (gewöhnliches Astrolab) 80  
*al-aṣṭurlāb az-zauraqī* (kahn- bzw. schiffsförmiges Astrolab) 9, 16, 82  
*aṣṭurlāb* s. auch Astrolab  
 Athen 119  
 Aufbau der Welt (System von al-Biṭrūḡī) 12, 13  
*auḡ aš-šams* s. Apogäum der Sonne  
 Auqāf-Bibliothek, Aleppo 155  
 Averroismus 12  
 Azimutal-Halbkreis (*semicirculus magnus azimuthalis*) von Tycho Brahe 66  
 Azimutal-Quadrant von Tycho Brahe 36  
 Azimutbeschreibung von Ibn Sinā 22  
 Azimute 49, 62, 66, 75  
 Azimute von Sternen 44  
 Azimutermittlung nach Minuten 22
- B**
- Babylonier 19  
 Bagdad, Baghdad (Baḡdād) 6, 19, 20, 21, 22, 24, 28, 33, 86, 90, 108, 157  
 Baḡdād s. auch Sternwarte von Baḡdād  
 Balkh (Balḥ) 108  
 Barcelona 116, 169  
 Basra (al-Baṣra) 157  
 Benaki-Museum, Athen 119  
 Benares 72, 75  
 Beobachtungsinstrument (*āla raṣadiya*) von Ibn Sinā 26-27  
 Beobachtungsinstrumente (*ālāt ar-raṣad*) 20, 145-172  
 Berlin 95, 177  
 Bern 93  
 Bibliothèque Nationale, Paris 18, 89  
 Breitenbestimmung 38  
 British Museum, London 106  
 Brüssel 107, 199  
 Buchara (Buḥāra) 90  
 Bürgerbibliothek, Bern 93  
 Bursa 152  
 Bust (in Südafghanistan) 4  
 Byzantinische Vermittlung arabischer Wissenschaften 14  
 Byzanz 11
- C**
- Cadens = «stürzender» (Adler) 111  
 Caldarium im Umayyadenpalast von Quṣair 'Amra 3, 4  
 Cambridge 107  
 Camera obscura 13  
 Chaldäische Sternkunst 3  
 Chartres 11  
 Chicago 140  
 Christie's in London 160  
 Córdoba, Cordova 95  
 Cosinus 48, 49
- D – D̄**
- daffa* (Absehe am Astrolab) 80  
 Dair al-Murrān (Kloster) 20  
*dā'irat ad-dastūr* (Dastūrquadrant) 142  
*ad-dā'ira al-hindiya* (Indischer Kreis) 145, 146  
*dā'irat al-mu'addil* von 'Izzaddīn al-Wafā'ī 157  
*dā'irat al-mu'addil* im Nationalmuseum von Damaskus 159  
*dā'irat al-mu'addil* (Torquetum) von Sidi 'Alī Re'īs 158  
*dā'irat al-mu'addil* aus der Sternwarte von Kandilli (İstanbul) 160  
*dā'irat mu'addil an-nahār* 157, 161  
*Dakṣiṇovṛitti Yantra* (Doppelquadrant an einer Mauer) in den Sternwarten von Jaipur und Delhi 75, 77

Damaskus (Dimašq) 14, 19, 20, 24, 33, 101, 109, 137, 155, 157  
 Dastürquadrant (*dā'irat ad-dastūr*) 142  
*dāt al-ḥalaq* (Armillarsphäre) 120; s. auch Armillarsphäre  
*dāt at-tuqbatain* s. Parallaktisches Lineal  
 Delhi 24, 72-76 passim  
 Denia 185  
 Deniz Müzesi, İstanbul s. Marinemuseum  
*Digamša Yantra* (Instrument zur Ermittlung von Azimuten) 75  
 Dimašq s. Damaskus  
 Diokletianische Ära 4  
 Doppelquadrant, europäisch (15. Jh.) 140  
 Dresden 23, 33, 52

## E

Edirne 109  
 Einfluß von az-Zarqālī auf europäische Astronomen 12  
 Ekliptik, Schiefe der Ekliptik 7, 21, 25, 36, 38, 41, 101  
 Ekliptikarmille 40  
 Ekliptik-Instrument s. *Rāšīvalaya Yantra*  
 Elliptische Planetenbahnen bei sehr geringer Differenz zwischen der Länge der beiden Achsen 9  
 Epizykel 9, 10, 12, 13, 15, 174, 180  
 Epizykel, verworfen von Abū Ğa'far al-Ḥāzin 9  
 Equatorie (Äquatorium), Chaucer zugeschrieben 189-191  
 Erdglobus nach der Weltkarte der Ma'mūngeographen 16  
 Erdglobus in der Sternwarte von İstanbul 35  
 Erdradius 6  
 Erdrotation 8, 9, 16  
 Erdumfang 5  
 Erzurum 14  
 Eşfahān s. Isfahan  
 Europa 11  
 Evans Collection, Museum of the History of Science, Oxford 108  
 Exzentrische Sphären 13  
 Exzentrizität 7, 9, 10, 11, 13, 180

## F

Fahritischer Sextant (*as-suds al-Fahrī*) 25, 36, 71  
*faras* (Riegel des Astrolabs) 80  
 Fāris (die Persis) 157  
 Finsternisbestimmung 5  
 Finsternisscheibe (*aṣ-ṣafīḥa al-kusūfiya*) von Naṣṭūlus 86  
 Fixsternastronomie 7, 8, 17  
 Fixsterne 4, 7, 8  
 Fixsternkatalog 7  
 Fixsternsphäre 5  
 Florenz 94  
 Französisch-gotischer mechanischer Kalender 168, 170

## G – Ğ – Ġ

Ġāmi' al-Fila («Elefantenmoschee» in Kairo) 22  
 Geozentrisches System 14  
 Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg 96, 104  
 Ghana (Ġāna) 95  
 Ghaza (Ġazza) 157  
 Gnomon in der Sternwarte von Damaskus (Qāsiyūn) 20

## H – Ḥ

*ḥabs* (Griff am Astrolab) 80  
*ḥadaf* (Absehe am Astrolab) 80  
 Ḥalab s. Aleppo  
*ḥalqa* (Ring am Astrolab) 80  
*al-ḥalqa al-ḥāmila* («der tragende Kreis») an der Armillarsphäre 40  
*ḥalqat al-istiwā'* (Äquinoktialarmille) 42  
 Hama (Ḥamāh in Syrien)  
 Hamaḍān 21, 26  
*ḥāmila* (Kolurring) 53  
 «Handtafeln» des Ptolemaios 5  
*ḥarakat al-iqbāl wa-l-idbār* («Vor- und Rückwärtsbewegung») des Fixsternhimmels 7  
*ḥaraka laulabīya* («spiralförmige Bewegung») der Planeten 10  
 Heliozentrisches System 8, 14, 15  
 Helligkeitsskalen der Fixsterne 17  
 Himmelsatlas 17  
 Himmelsglobus von 'Abdarrahmān aṣ-Ṣūfi 17  
 Himmelsglobus von Coronelli 18  
 Himmelsglobus, Teil eines Modells von Muḥammad b. Aḥmad al-Ḥāzimī 172  
 Himmelsglobus in der Sternwarte von İstanbul 35  
 Himmelsglobus aus der Sternwarte von Marāġa 23, 33, 52  
 Himmelskarte im Caldarium von Quṣair 'Amra 3-4  
 Himmelskarte von A. Dürer (1515) 8  
 Himmelskoordinaten 3  
 Ḥimṣ (Syrien) 50  
 al-Hind (Zentralindien) 157  
 Höhenmesser nach Abū Naṣr al-Maġribī 148-150  
 Holzquadrant, großer s. Quadrant  
 Homozentrische Sphären 12, 13  
 Hormoz 90  
 Horoskop 4, 34  
*ḥudūd al-Miṣrīyīn* (Tierkreiszeichen) 88  
*ḥuġra* (limbus, erhabener Rand am Astrolab) 80, 98  
*ḥuqq al-qamar* s. Mechanisch-astronomischer Kalender  
 Hven (Insel, heute schwedisch Ven) 15, 28, 33, 36

## I – Ī

*‘iḍāda* (Alhidade des Astrolabs) 80  
*‘ilāqa* (Ring am Astrolab) 80, 123  
*‘ilm aḥkām an-nuḡūm* (Astrologie) 3; s. auch Astrologie  
*‘ilm al-falak* 3; s. auch Astronomie  
*‘ilm al-hai’a* 3; s. auch Astronomie  
 Indien 72-77  
 Indienbuch von al-Bīrūnī 9  
 Indische Astronomie 5  
 Indischer Kreis (*ad-dā’ira al-hindīya*) 145, 146  
 Indischer Ozean 41  
 Institut du Monde Arabe, Paris 91  
 Instrument mit den beiden Quadranten (*al-āla dāt ar-rub‘ain*) von Mu’ayyadaddīn al-‘Urḍī (Sternwarte von Marāḡa) 33, 44, 68  
 Instrument mit den beiden Schenkeln (*al-āla dāt aš-šū‘-batain*) von Mu’ayyadaddīn al-‘Urḍī 33, 45  
 Instrument mit den beiden Schenkeln (*al-āla dāt aš-šū‘-batain*) in der Sternwarte von İstanbul 56-57, 61  
 Instrument zur Bestimmung der Höhe von Gestirnen und deren Azimuten bzw. «Instrument für Azimut und Höhe» (*ālat dāt as-samt wa-l-irtifā‘*) in der Sternwarte von Istanbul 55, 66  
 Instrument zur Bestimmung von Höhen und Azimuten bzw. «Gerät mit Sinus und Azimut» (*al-āla dāt al-ḡaib wa-s-samt*) in der Sternwarte von Marāḡa 46-47, 62  
 Instrument zur Bestimmung des Meridians (*āla li-stiḥrāḡ ḥaṭṭ niṣf an-nahār*) von Ibn al-Haiṭam 146  
 Instrument zur Bestimmung des Sinus über eine vertikale Skala bzw. «Gerät mit Sinus und Sinus versus» (*al-āla dāt al-ḡuyūb wa-s-sahm*) von Mu’ayyadaddīn al-‘Urḍī 48-49  
 Instrument mit der beweglichen Absehe bzw. Instrument mit den beiden Löchern (*al-āla dāt at-tuqbatain*) von Mu’ayyadaddīn al-‘Urḍī 43  
 Instrument mit dem Dreieck (*al-āla dāt al-muṭallat*) von ‘Abdarrahmān al-Ḥāzinī 147  
 Instrument zur Ermittlung von Sternhöhen nach Minuten (*āla yūṣal bihā ilā ma‘rifat irtifā‘ al-kawākib bi-daqā’iq*) von Zainaddīn ‘Umar b. Sahlān as-Sāwī 166-167  
 Instrument mit der sich gleichmäßig um sich selbst drehenden Sphäre (*kura tadūru bi-dātihā bi-ḥaraka mutasāwiya li-ḥarakat al-falak*) von Muḥammad b. Aḥmad al-Ḥāzimī 172  
 Instrument zum Messen von Distanzen zwischen Gestirnen (*āla mušabbaha bi-l-manāṭiq*) in der İstanbuler Sternwarte 35, 36, 61, 64  
 Instrument zum Messen von Höhen und Azimuten von Tycho Brahe 62  
 Instrument mit den Sehnen (*ālat dāt al-autār*) der İstanbuler Sternwarte 35, 60  
 Instrument s. auch Beobachtungsinstrument, Indischer Kreis, Torquetum, «Umfassendes Instrument», «Vollkommenes Instrument»

Instrumente des Tycho Brahe bzw. der Sternwarte von Hven 15, 36-37, 62-68  
 Instrumente der Sternwarte von Delhi (Jantar Mantar) 76-77  
 Instrumente der Sternwarte von İstanbul 15, 34-35, 36, 37, 53-61  
 Instrumente der Sternwarte von Jaipur 74-75  
 Instrumente der Sternwarte von Kairo 22  
 Instrumente der Sternwarte von Marāḡa 15, 28-33, 36, 37, 38-52, 57  
 Instrumente der Sternwarten im Mogulreich von Indien 74-77  
 Irrsterne (Planeten) 5  
 Isfahan, Eṣfahān (Iṣfahān) 21, 24, 110  
*iṣlāḥ ālāt ar-raṣad* (Verbesserung der astronomischen Instrumente im Auftrag des Kalifen al-Ma’mūn) 20  
 Islamisches Archäologisches Museum, Kuwait 86  
 İstanbul bzw. Konstantinopel 14, 15, 23, 24, 28, 34, 35, 53, 95, 99, 101, 109, 159  
 Italien 11

## J

*Jai Prakāś* in Delhi 76  
*Jai Prakāś* in Jaipur 74  
 Jaipur 24, 72, 75, 76  
 Jakobsstab 13, 26, 41  
 Jantar Mantar (Yantra-Mantra) s. Sternwarte von Delhi  
 Jerusalem 14

## K

Kahnförmiges Astrolab (*al-aṣṭurlāb az-zauraqī*) 9, 16  
 Kairo (al-Qāhira) 17, 21, 22, 24, 86, 87, 88, 90, 95, 100, 107, 109, 142, 157, 202  
 Kairuan (al-Qairawān) 95  
 Kalender s. Mechanisch(-astronomischer) Kalender  
 Kanarische Inseln 108  
 Kandilli (İstanbul) 160  
*Kapāla* (in der Sternwarte von Jaipur) 74  
 Kassel 36, 97  
 Katar s. Qaṭar  
 Kerman (Kirmān in Persien) 157  
 Kinematische Modelle der Planeten 10  
 Klostermann-Sammlung in München 177  
 Kolurring (*ḥāmila*) 53  
 Kompaß (*ibra*) im «Rubinkästchen» des Ibn aš-Šāṭir 157  
 Konjunktionenrechner von al-Kāšī, 196; s. *lauḥ al-itṭiṣālāt*  
 Konstantinopel s. İstanbul  
 Konzentrisches Weltbild 13  
 Koptischer Kalender 4  
 Korrespondierende Höhen, Methode 140  
 Krakau 15  
 Kreuzfahrer, Kreuzzüge 11, 101, 175  
 Kritik von Ḡābir b. Aflaḥ an Ptolemaios 12

*kuffa* (Rand am Astrolab) 80  
 Kugelaströlab s. sphärisches Astrolab  
 Kugelförmigkeit der Erde 8  
 Kugelschalen, gläserne, körperliche Sphären der Planeten (Ptolemaios) 9, 13  
 Kulminationshöhe 45, 56  
*kura tadūru bi-dātihā bi-ḥaraka mutasāwiya li-ḥarakat al-falak* (Instrument mit der sich gleichmäßig um sich selbst drehenden Sphäre) von Muḥammad b. Aḥmad al-Ḥāzimī 172  
*kursī* (am sphärischen Astrolab) 123, 124  
 Kuwait 86, 90

## L

*labina* s. Mauerquadrant  
*lauḥ al-ittiṣālāt* («Konjunktionsplatte», Konjunktionenrechner) von al-Kāšī 173, 175, 192, 196-197  
 Leerer Raum existiert nicht (Ibn al-Haiṭam) 10  
*libna* (Absehe am Astrolab) 80  
 Linearastrolab (*aṣṭurlāb ḥattī*) von Šarafaddīn aṭ-Ṭūsī 84, 85, 134  
 Linton-Sammlung 113  
 London 106, 111, 131, 156, 160  
 Louvain 14

## M

*mabsūt-* und *mankūs-*Linien am Quadrant 138, 143  
 Madura 72  
*maḡrā* (eine Art Höhenquadrant am Kugelaströlab) 123  
 Maragha (Marāḡa) 14, 15, 23, 24, 28, 32  
 Marinemuseum (Deniz Müzesi), İstanbul 101  
 Marseille 12  
 Marsmodell 174  
 al-Masḡid al-Ġuyūšī (Kairo) 22  
 Mathematisch-physikalischer Salon in Dresden 52  
 Mathura (Muttra) 24  
*maṭraḥ aš-šū‘ā‘* 90  
 Mauerquadrant (*labina*) in der islamischen Welt 67  
 Mauerquadrant (*quadrans muralis*) von Tycho Brahe 36, 67  
 Mauerquadrant in der Sternwarte von İstanbul 54, 75  
 Mauerquadrant in der Sternwarte von Marāḡa 29, 38, 45  
 Mechanisch-astronomischer Kalender (*ḥuqq al-qamar*, «Mondbüchse») von al-Bīrūnī 164-165  
 Mechanisch-astronomischer Kalender von Muḥammad b. Abī Bakr al-Iṣfahānī 168-169  
 Mechanischer Kalender (Zahnradastrolab), französisch-gotisch 168, 170  
 Medina 95  
 Mekka 90, 95, 109  
 Meridianbogen zwischen den Wendekreisen 154  
 Meridiangrad 5, 6

Meridianhöhen 77  
 Merkur bei Taqīyaddīn 55  
 Merkurlänge 179  
 Merkurmodell von Abu ṣ-Ṣalt 174  
 Merkurmodell von Campanus von Novara 174  
 Merkurmodell von Ibn aš-Šāṭir 10, 15  
 Merkurmodell von Kopernikus 15  
 Merkurmodell von az-Zarqālī 174, 182  
 Meßinstrumente 145-172  
 Meßinstrumente bei Ibn Yūnus 78  
 Meteoroskop 140; s. auch *šakkāziya*  
 Meteoroskop von Peter Apian 141  
 Metropolitan Museum of Art, New York 105  
*mihwar* (Achse des Astrolabs) 80  
 Mischastrolab (*mizāḡ al-aṣṭurlāb*) 80  
 Miṣr (Kairo) 157  
*Miśra Yantra* («gemischtes Instrument») in der Sternwarte von Delhi 77  
*mizāḡ al-aṣṭurlāb* (Mischastrolab) 80  
 Mogulreich 72  
 Mondbüchse (*ḥuqq al-qamar*) s. Mechanisch-astronomischer Kalender  
 Mondfinsternis 192, 194  
 Mondmodell 182  
 Mondmodell von Ibn aš-Šāṭir und Kopernikus 15  
 Mondsichel, erste Sichtbarkeit 7  
*mu‘addil an-nahār* (äquatoriale Uhr) von 1061/1651 für Sultan Mehmed IV. 160  
*mu‘addila* (Balancezahnäder am Astrolab) 167  
 Mühendisḡāne, İstanbul 99  
 München 177  
*muqaṭṭara* 79, 152  
 Murcia 116  
 Musées d’art et d’histoire, Brüssel 199  
 Museo di Storia della Scienza, Florenz 94  
 Museum of the History of Science, Oxford 103, 108, 114, 131, 168  
 Museum für Indische Kunst, Berlin 177  
 Museum für Islamische Kunst, Kairo 86, 87, 88, 107, 109, 142, 202  
*mutallaṭāt* (hier im Sinne der astrologischen Triplizitäten) 105

## N

*Narivalaya Yantra* (zylindrische Mauer als Sonnenuhr) in Jaipur 75  
 Nationalmuseum Damaskus 159  
 Nationalmuseum Qaṭar 90  
 Naturwissenschaftlich-technische Sammlung Kassel 97  
 Nautik im Indischen Ozean 41  
 Nischapur (Nišāpūr) 21, 24  
 Nürnberg 96, 104  
 Nullmeridian 33, 108

## O

Observatorio Fabra, Barcelona 116  
*órganon parallaktikón* (Ptolemaios) 65  
 Organum Uranicum (Äquatorium) von Johannes Schöner  
 198-199  
 Osservatorio Astronomico, Rom 117  
 Oxford 14, 17, 103, 107, 108, 114, 131, 132, 168  
 Oxforder Schule 13

## P

Padua 104  
 Palermo 14  
 Palmyra s. Tadmur  
*Parallaticum aliud sive regulæ tam altitudines quam azimutha expedientes* (Tycho Brahe) 46, 62  
 Parallaxisches Lineal (*instrumentum parallaticum sive regularum*) von Tycho Brahe 65  
 Parallaxisches Lineal bzw. das (Instrument) mit den beiden Löchern (*dāt at-tuqbatain*) in der Sternwarte von Istanbul 56-57, 59  
 Parallaxisches Lineal von Ptolemaios 56, 65  
 Parallelenpostulat 13  
 Paris 11, 13, 14, 18, 86, 89, 90, 91, 98, 113  
 Perigäum 179  
 Petersburg s. St. Petersburg  
 Planetarium von as-Siğzi 16  
 Planetenbahnen, Planetenbewegungen 9, 15, 173-174, 180  
 Planetenmodell von Kopernikus 14  
 Planetenmodell von Ptolemaios 174, 181  
 Planetenmodelle des 7./13. und 8./14. Jhs. 10, 15  
 Planetensphären 19  
 Planetentabelle (*ziğ*) auf dem Äquatorium von al-Kāšī 195  
 Planetentheorien 10, 15  
 Planetenuhren 199  
 Planisphärium, planisphärisches Astrolab 80, 84, 85, 88  
 Planitorbium von G. Marchionis 194  
 Poesie, altarabische und frühislamische 3  
 Polhöhenbestimmung 5, 41  
 Präzession 6, 7, 13

## Q

al-Qairawān s. Kairuan  
 Qāsiyūn (Berg bei Damaskus) 6, 19, 20  
 Qaṭar 90  
*quadrans maximus* (großer Holzquadrant) von Tycho Brahe 68  
*quadrans muralis* (Mauerquadrant) von Tycho Brahe 36, 67  
 Quadrant, europäisch (18. Jh.) 144  
 Quadrant, großer Holzquadrant (*quadrans maximus*) von Tycho Brahe 68

Quadrant, hölzerner Quadrant in der Sternwarte von Istanbul 35, 58, 68  
 Quadrant von al-Mizzī 136, 202  
 Quadrant s. auch Dastūrquadrant, Doppelquadrant, *šakkā-zīya*, Sechziger-Sinusquadrant, Sinusquadrant  
 Quadranten 136-144  
 Quadrantenscheibe vermutlich aus dem Mağrib 143  
 al-Qulzum (alte ägyptische Hafenstadt, heute Suez) 90, 95  
 Quṣair ‘Amra 3, 4  
*quṭb* («Achse» des Astrolabs) 80

## R

Raiy (Raghae, heute im Süden Teherans) 21, 24, 25, 90, 177  
 Raiy s. auch Sternwarte von Raiy  
*Rām Yantra* (zylindrisches Astrolabium) in Delhi 77  
*Rām Yantra* (zylindrisches Astrolabium) in Jaipur 75  
 Raqqa 6  
*raṣad* («Beobachtung») 22  
 Raṣad dāğī («Sternwartenberg») 29  
*ar-raṣad al-ğadīd* (Taḳīyaddīn) 34  
*ar-raṣad al-Ma’mūnī al-mumtaḥan* 22  
*ar-raṣad al-Ma’mūnī al-muṣaḥḥaḥ* 22  
*Rāšīvalaya Yantra* (Ekliptik-Instrument) 74  
 Rasūliden-Dynastie 105  
 Reims 11  
 Rom 35, 117  
*rub*‘ s. Mauerquadrant  
*ar-rub*‘ *al-muğaiyab* (Sinusquadrant) von Muḥammad b. Aḥmad al-Mizzī 136  
*rub*‘ *aš-šakkāzīya* (Doppelquadrant) von Ğamāladdīn al-Māridīnī 139, 140  
 Rubinkästchen für alle Arten der Zeitmessung (*ṣandūq al-yawāqūt al-ğāmi’ li-a’māl al-mawāqīt*) von Ibn aš-Šāṭir 155-157

## S – Š – Ş

*šabaka* («Netz» am Astrolab) 79, 80, 131  
*şafiha*, pl. *şafā’ih* (Einlegescheibe/n am Astrolab) 80, 127, 128  
*şafiha* (Äquatorium) 175  
*şafiha* (Äquatorium) von Abu ş-Şalt al-Andalusī 185-186  
*şafiha*, *şafiha zarqāliya* lat. saphæa (Universalscheibe) 83-84, 116-119  
*aş-şafiha al-kusūfiya* (Finsternisscheibe) von Naşṭūlus 86  
*aş-şafiha az-zarqāliya* (Universalscheibe von az-Zarqālī) 83, 84, 114, 139, 141, 183  
*aş-şafiha az-zīğīya* (Äquatorium) von az-Zarqālī 183-184  
 Şa’id (Oberägypten) 157  
*šakkāzīya* (Astrolab, Universalscheibe) 83, 117  
 Samarqand (Samarkand) 7, 23, 24, 69, 72, 95  
 Samarqander Astronomenschule 72

- Samarra (Surra-man-ra'ā) 95  
 aš-Šammāsiya (Stadtteil von Bagdad) 19, 20  
*Samrāt Yantra* (äquinoktiale Sonnenuhr) in Delhi 74, 76, 77  
*Samrāt Yantra* (äquinoktiale Sonnenuhr) in Jaipur 75  
*samt* (Azimut) 62, 66  
 Sana'a (Šan'a') 95  
*šandūq al-yawāqīt al-ġāmi' li-a'māl al-mawāqīt* (Rubinkästchen für alle Arten der Zeitmessung) von Ibn aš-Šāṭir 155-157  
 saphæa 116  
 saphæa s. auch Universalscheibe  
 Saragossa 95, 96  
 Sarandīb s. Sri Lanka  
 Sasaniden 5  
 Sasanidische Schule 5  
*šatbatān* (die beiden Spitzen der Alhidade am Astrolab) 80  
*šazīyatān* (die beiden Spitzen der Alhidade am Astrolab) 80  
 Schattenquadrant auf der Rückseite des für Schah 'Abbās angefertigten Astrolabs 108  
 Schattenskala auf der Rückseite des Astrolabs von Chaucer 190  
 Scheibe von az-Zarqālī s. *aš-šafīḥa az-zarqālīya*  
 Schiefe der Ekliptik 7, 25, 36  
 Sechziger-Sinusquadrant aus dem Maġrib (16. oder 17. Jh.) 138  
 Sehnenlineal von Marāġa s. «Vollkommenes Instrument» *semicirculus magnus azimuthalis* (Tycho Brahe) 66  
 Sevilla 98, 117  
 Sextant (*sextans astronomicus trigonicus pro distantii rimandis*) von Tycho Brahe 36, 64  
 Sextant des Ġiyāṭaddīn Ġamšīd al-Kāšī 36  
 Sextant in der Sternwarte von Delhi 74  
 Sextant in der Sternwarte von Jaipur 73, 74  
 Sextant in der Sternwarte von Marāġa 25, 29, 32  
 Sextant in der Sternwarte von Raiy (al-Ḥuġandī) 21, 29, 90  
 Sextant in der Sternwarte von Samarqand 29, 70-71  
 Sextant s. auch Fahritischer Sextant  
*šinā'at aḥkām an-nuġūm* (Astrologie) 3; s. auch Astrologie  
 Sinġār 6  
 Sinus versus 49  
 Sinusquadrant (auf Astrolabien) 88, 108, 109  
 Sinusquadrant von 'Alī b. aš-Šihāb 137  
 Sinusquadrant (*ar-rub' al-muġaiyab*) von Muḥammad b. Aḥmad al-Mizzī 136  
 Sizilien 11  
 Society of Antiquaries, London 111  
 Solide Sphären 13  
 Solstitialarmille (*āla li-ma'rifat mail falak al-burūġ*) in der Sternwarte von Marāġa 29, 41  
 Sonnendurchmesser, Veränderlichkeit 7  
 Sonnenfinsternis(se) 4, 7, 194  
 Sonnenmodell 182, 187  
 Sonnenstandermittlung 6, 21, 25, 38  
 Sonnenuhr im «Rubinkästchen» des Ibn aš-Šāṭir 155  
 Sonnenuhr s. auch Tischsonnenuhren  
 Spanien 11, 23  
 Sphärentheorie bei Ptolemaios 9  
 Sphärischer Sinussatz 13  
 Sphärisches Astrolab (Kugelastrolab), Kugelastrolabien 84, 120-133  
 Sphärisches Astrolab, arabisch-islamisch (885/1480) 130, 131-132  
 Sphärisches Astrolab, arabisch-islamisch (1070/1660) 133  
 Sphärisches Astrolab von al-Birūnī 120, 125-126  
 Sphärisches Astrolab nach den *Libros del saber de astronomía* (13. Jh.) 120  
 Sphärisches Astrolab von al-Marrākušī 120, 127-128  
 Sphärisches Astrolab von an-Nairīzī 120, 123-124  
 Spiralförmige Bewegung (*ḥaraka laulabīya*) der Planeten nach Ibn Rušd und al-Biṭrūġī 10  
 Sri Lanka (Sarandīb) 95  
 Srinagar (Kaschmir) 179  
 St. Petersburg 136  
 Staatsbibliothek zu Berlin 95  
 Stab des aṭ-Ṭūsī s. *ašā aṭ-Ṭūsī*  
 Sternatlas 18  
 Sternhöhenermittlung 39, 44, 66, 154, 166-167  
 Sternwarte von Baġdād 6, 7, 19, 20, 21  
 Sternwarte von Benares 72, 75  
 Sternwarte von Damaskus (auf dem Berg Qāsiyūn) 6, 7, 19, 20  
 Sternwarte von Delhi (Jantar Mantar, Yantra-Mantra) 72, 74, 75, 76-77  
 Sternwarte in Hamaḍān unter 'Alā'addaula 21, 26  
 Sternwarte bei Heliopolis 19  
 Sternwarte auf Hven (Tycho Brahe) 15, 33, 36-37  
 Sternwarte von İstanbul (Taḳīyaddīn) 15, 23, 34-35, 36, 53-61, 64, 67, 68, 75  
 Sternwarte von Jaipur 72-74, 75, 76  
 Sternwarte von Kairo 21-22, 34  
 Sternwarte von Kandilli (İstanbul) 160  
 Sternwarte von Kassel 36  
 Sternwarte auf Knidos 19  
 Sternwarte von Madura 72  
 Sternwarte von Marāġa 15, 23, 28-33, 34, 36, 38-52, 56, 57, 62, 67, 68, 69  
 Sternwarte von Raiy (al-Ḥuġandī) 21, 25-27, 90  
 Sternwarte von Rom 117  
 Sternwarte von Samarkand (Uluġ Beg) 7, 23, 69-71, 72  
 Sternwarte von Ujain (Ujjain) 72, 75  
 Sternwarte von Varanasi 72  
 Sternwarten (allgemein) 19-24  
 Sternwarten im Mogulreich 72-77  
*as-suds al-Faḥrī* (Fahritischer Sextant) 25, 36, 71  
 Sumerische Sternnamen 3  
 Syrien 84, 101

## T – Ț – Ț

- tabaq al-manātiq* (Äquatorium) von al-Kāšī 173, 175, 192-195  
 Tabrīz 14, 24, 28  
 Tadmur (Palmyra) 6  
 Taksim-Platz (in İstanbul) 34  
 Tangensquadrant 109  
 Tannūr (Ort bei Kairo) 22  
*tauq* (Rand am Astrolab) 80  
 Technische Universität, İstanbul 99  
 Tierkreis, Tierkreiszeichen 3, 4, 74  
 Tischsonnenuhren als Anschauungsmodelle 162-163  
 Toledo 11, 33, 95, 108  
 Torquetum, Torquetum-Familie 155-160, 162  
 Torquetum von Ġābir b. Aflaḥ 154  
 Toulouse 11  
 Tours 11  
 Trapezunt (Trabzon) 14  
 Trepidation 7, 12  
 Trigonometrie 5, 8  
 Trigonometrische Ausführungen bei Ġābir b. Aflaḥ 12  
*tuqbatān* (die beiden Visierlöcher der Absehe am Astrolab) 80

## U – ‘U

- Ujain, Ujjain 24, 72, 75  
 «Umfassendes Instrument» (*al-āla aš-šāmila*) von al-Ḥu-ḡandī 90, 151-153  
*umm* («Mutter», mater des Astrolabs) 80  
 Uniforme Bewegung der Planeten (Ibn al-Haiṭam) 10  
 Universalastrolab von Aḥmad b. as-Sarrāḡ 119  
 Universalscheibe (*ṣafīḥa, ṣafīḥa zarqāliya* lat. *saphæa*) 83-84, 116-119  
 Universalscheibe nach den *Libros del saber de astronomía* (13. Jh.) 83-84, 118, 120, 129-130  
 Universalscheibe von Muḥammad b. Futūḥ al-Ḥamā’irī 117  
 Universalscheibe von Muḥammad b. Muḥammad b. Huḍail 116  
 Universalscheibe von az-Zarqālī (*aṣ-ṣafīḥa az-zarqāliya*) 83, 84, 114, 139, 141, 183  
 Universitätsmuseum von Utrecht 161  
*Unnatāmśa Yantra* (graduierter Messingring) in Jaipur 75  
 Uranienburg (auf der Insel Hven) 36  
 Urmiasee 28  
*‘urwa* (Griff am Astrolab) 80  
 Utrecht 161

## V

- Valdagno bei Vicenza (Veneto) 117  
 Valencia 97  
 Varanesi 24, 72  
 Variationen der jeweiligen Planetenbahn zur Ekliptikebene (Abū Ġa‘far al-Ḥāzin) 9  
 Venus bei Taqīyaddīn 55, 61  
 Vermittlung arabischer Wissenschaften durch Byzantiner 14  
 «Vollkommenes Instrument» (*al-āla al-kāmila*) von Mu-‘aiyaddīn al-‘Urḏī 33, 50-51, 56

## W

- waḡh* (Innenseite der Mutter/mater des Astrolabs) 80  
 Weltbild andalusischer Philosophen (6./12. Jh.) 10  
 Wendekreise 4

## Y

- Yantra-Mantra s. Sternwarte von Delhi  
 Yazd 24  
*ymaginatio modernorum* (Bezeichnung der Darstellung der festen Sphären bei Ibn al-Haiṭam durch Bernardus de Virduno) 13

## Z – Z̄

- Zahnradastrolab s. Mechanischer Kalender  
 Zahnradmechanik am Äquatorium von Johannes Schöner 199  
*zahr* («Rücken» der Mutter/mater des Astrolabs) 80  
*zīḡ*-Bücher (astronomische Tafeln) 4, 5, 12, 33  
*zīḡ aṣ-ṣafā’ih* (Äquatorium) von Abū Ġa‘far al-Ḥāzin 175, 177-180  
 Zirkumpolarsterne 5, 41  
 Zodiakalarmillarsphäre von Tycho Brahe 63  
 Zodiakalquadrant auf der Rückseite des für Schah ‘Abbās angefertigten Astrolabs 108



## III. Büchertitel

## A – ‘A

- Abbreviatio instrumenti Campani, sive aequatorium* (Johannes de Lineriis) 175  
*K. al-‘Alā’i* (Ibn Sīnā) 21  
*K. al-‘Ālam* s. περι κόσμου  
*K. al-A‘lāq an-naḥīsa* (Ibn Rustah) 9  
*Ālāt raṣādīya li-zīğ aš-šāhinšāhīya* (Taḳīyaddīn) 34, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61  
*Almagest* (Ptolemaios) 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14  
*K. al-‘Amal bi-l-ašturlāb* (Theon) 79  
*K. al-‘Amal bi-l-ašturlāb al-kurawī* (an-Nairīzī) 123, 124  
*K. ‘Amal ar-raṣad* (anon.) 21  
*K. ‘Amal bi-ṣ-ṣahīfa az-zīğīya* (az-Zarqālī) 183  
*al-‘Amal bi-ṣandūq al-yawāqīt* (Muḥammad b. Abi l-Faḥ aṣ-Ṣūfi) 157  
*Astrologia* (William Anglicus) 12  
*Astronomicum Cæsareum* (Peter Apian) 141  
*Astronomiae instauratae mechanica* (Tycho Brahe) 36, 62, 63, 64, 65, 67, 68  
*Astronomische Tafeln* s. Zīğ

## B

- Bred & mylk for childeren* (Chaucer) 189

## C

- Compendium sphaerae* (Robert Grosseteste) 12

## D

- R. Dā’irat al-mu‘addil* (‘Izzaddīn ‘Abdal‘azīz b. Muḥammad al-Wafā’ī) 157  
*K. fī Dāt aṣ-ṣafā’ih wa-hiya l-ašturlāb* (Ptolemaios) 79  
*De caelo* (Aristoteles) 12  
*De mensura astrolabii* (10. Jh.) 11  
*De universo* (Guillaume d’Auvergne) 12  
*De utilitatibus astrolabii* (10. Jh.) 11  
*De utilitatibus astrolabii* (Gerbert) 11  
*Demonstrationes Campani super theoricis* (Campanus von Novara) 13

## E

- The equatorie of the planetis* (Chaucer zugeschrieben) 173

## F

- al-Fihrist* (Ibn an-Nadīm) 120

## G – Ğ

- Ġāmi‘ al-mabādi’ wa-l-ğāyāt* (al-Marrākuṣī) 120, 127, 134, 151  
*Geometria* (10. Jh.) 12

## H – Ĥ

- K. fī l-Hai’a* (al-Biṭrūğī) 12  
*K. Hai’at al-‘ālam* (Ibn al-Haiṭam) 9, 10  
*Handbuch der Astronomie (Zīğ)* von al-Battānī 11  
*Handbuch der Astronomie* (al-Farğānī) 11  
*Ĥikāyat al-āla al-musammāt as-suds al-Faḥrī* (al-Bīrūnī) 25  
*Hypotheseis* (Ptolemaios) 9

## I

- Iṣlāḥ al-Mağīṣī* (Ğābir b. Aflaḥ) 154  
*Istī‘āb al-wuğūh al-mumkina fī ṣan‘at al-ašturlāb* (al-Bīrūnī) 80, 81, 82, 83, 120, 121, 125, 164, 165  
*Ittiḥād al-ālāt an-naḥīsa* (al-Ĥāzīnī) 147  
*Maqāla fī ttiḥād kuratin tadūru bi-ḍātihā bi-ḥaraka muta-sāwiya li-ḥarakat al-falak* (al-Ĥāzīmī) 172

## K

- R. fī Kaifiyat al-arṣād wa-mā yuḥtāğū ilā ‘ilmihī* (al-‘Urḍī) 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51  
*καρπός* (*Kitāb at-Tamara*) (Ps.-Ptolemaios) 4  
*Kaṣf ‘awār al-munağğimīn wa-ğalaṭihim fī aḳtar al-a‘māl wa-l-aḥkām* (as-Samau’al b. Yaḥyā al-Mağribī) 148

## L

- Liber de astrologia* (Lupitus von Barcelona) 11  
*Libros del saber de astronomía* (im Auftrag von Alfons X.) 7, 83, 84, 118, 122, 129, 130, 175, 181, 183, 184, 187

## M

- Maṭla‘-i sa‘dain wa-mağma‘-i baḥrain* (‘Abdarrazzāq as-Samarqandī) 69  
*K. al-Mawā‘iz wa-l-i‘tibār bi-ḍikr al-ḥiṭaṭ wa-l-ātār* (al-Maqrīzī) 21, 22  
*Metaphysik* (Aristoteles) 12  
*Miftāḥ al-ḥisāb* (al-Kāṣī) 192 n.  
*Mir’at-i kā’ināt min ālāt-i irtifā‘* (Sidi ‘Alī Re’is) 158, 159

*al-Mufaṣṣal fi l-ʿamal bi-niṣf dāʿirat al-muʿaddil* (ʿIzzad-  
dīn al-Wafāʿi) 157

*Muḥtaṣar fī ṣanʿat baʿḍ al-ālāt ar-raṣādiya wa-l-ʿamal  
bihā* (al-Ḥuḡandī) 151, 152, 153

## N

*Eine neue Reysbeschreibung aus Teutschland nach Con-  
stantinopel und Jerusalem* (Salomon Schweigger) 35

*Nuzhat al-ḥadāʾiq* (al-Kāṣi) 173, 192, 196

## O

*Opera mathematica* (Schöner) 198, 199

*Opuscula* (Robert Grosseteste) 12

*Organum uranicum* (Sebastian Münster) 200, 201

## P

περὶ κόσμου (*Kitāb al-ʿĀlam*) (Ps.-Aristoteles) 4, 8

*Placita philosophorum* (Plutarch) 8

πρόχειροι κανόνες (Ptolemaios) 5

## Q

*al-Qānūn al-Masʿūdī* (al-Bīrūnī) 20

*Quæstiones*, die Michael Scotus unter der Autorschaft von  
Nicolaus Damascenus in Umlauf gebracht hat 12

## R

*Riyād al-Muḥtār, mirʿāt al-miqyās wa-l-adwār maʿa maḡ-  
mūʿat al-aṣkāl* (Ġāzī Aḥmed Muḥtār Paša) 99

## S – Š – Ş

*R. aṣ-Şafīḥa al-ġāmiʿa* (al-Ḥusain b. Bāṣuh) 84

*R. dar Šarḥ-i ālāt-i raṣad* (Ġiyāṭaddīn al-Kāṣi) 71

*Scripta Marsiliensis super Canones Archazelis* (William  
Anglicus) 12

*Sententiæ astrolabii* (Lupitus von Barcelona) 92

*Siddhanta* (Brahmagupta) 5

*R. fī Şifat āla yūṣal bihā ilā maʿrifat irtifāʿ al-kawākib bi-  
daqāʾiq* (Zainaddīn ʿUmar b. Sahlān as-Sāwī) 167

*Şifat ʿamal şafīḥa ġāmiʿa taqūmu bihā ġāmiʿ al-kawākib  
as-sitta* (Abu ş-Şalt Umaiya) 185

*Subtilissimæ quæstiones in Libros de coelo et mundo* (Al-  
bert von Sachsen) 13

*K. fī Sukūn al-arḍ au ḥarakatihā* (al-Bīrūnī) 9

*K. Şuwar al-kawākib aṭ-ṭābita* (ʿAbdarrahmān aṣ-Şūfi) 7

## T – Ṭ

*Tafsīr kitāb as-Samāʿ wa-l-ʿālam* (Ibn Rušd) 12

*Tafsīr mā baʿḍ aṭ-ṭabīʿa* (Ibn Rušd) 12

*Tahdīd nihāyāt al-amākin* (al-Bīrūnī) 4, 20, 147

*K. aṭ-Tamara* s. καρπός

*Tanksūqnāma-i Īlhānī dar funūn-i ʿulūm-i ḥitāʾī* (Rašid-  
addīn Faḍlallāh) 33

*Taʾrīḥ al-ḥukamāʾ* (Ibn al-Qifṭī) 17 n., 20 n., 21 n.

*Tatimmat Şiwān al-ḥikma* (al-Baihaqī) 21 n., 167 n.

*aṭ-Taṭrīq ila stiʿmāl funūn al-aṣṭurlābāt* (al-Bīrūnī) 9

*Theorica planetarum* (Campanus von Novara) 174, 175,  
187

*Theorica planetarum* (Gerhard von Cremona) 15

*Theoricæ novæ planetarum* (Georg von Peurbach) 15

*Toledanische Tafeln* (az-Zarqālī) 12

*Tractatus de inchoatione formarum* (Robert Grosseteste)  
12

*Türkisches Tagebuch* (Stephan Gerlach) 35

*Turcogræcia* (Martin Crusius) 35

## W

*Writings* (Richard of Wallingford) 168

## Y

*ὑποτύπωσις τῶν ἀστρονομικῶν ὑποθέσεων* (Proclus Dia-  
dochus) 175 n.

## Z

*Zīġ* (um 100/719) 4

*Zīġ*, «Handbuch der Astronomie» (al-Battānī) 11

*Zīġ*, «Handbuch der Astronomie» (al-Farġānī) 11

*Zīġ* (Ḥabaš) 20

*Zīġ* (al-Ḥwārizmī) 11

*Zīġ-i Īlhānī* (Naşiraddīn aṭ-Ṭūsī) 33

*K. az-Zīġ al-kabīr al-Ḥākīmī* (Ibn Yūnus) 78, 88 n.

*az-Zīġ al-Maʾmūnī al-mumtaḥan* (Yaḥyā b. Abī Manşūr)  
5

*Zīġ-i ġāmiʿ-i Saʿīdī* (al-Āmulī) 33 n.

*Zīġ aṣ-şafāʾih* (Abū Ġaʿfar al-Ḥāzin) 175, 177, 179, 180

