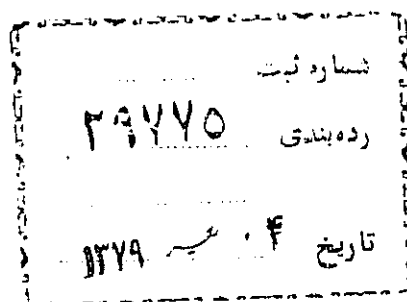
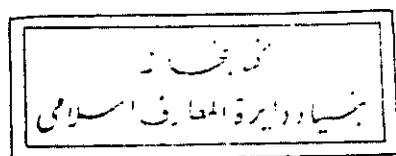


Publications of the Institute
for the History of Arabic-Islamic Science

Islamic Mathematics
and
Astronomy
Volume 88



Publications of the
Institute for the History of
Arabic-Islamic Science

Edited by
Fuat Sezgin

ISLAMIC
MATHEMATICS
AND
ASTRONOMY

Volume
88

Astronomical Instruments
and Observatories
in the Islamic World

Texts and Studies
Collected and Reprinted
IV

1998

Institute for the History of Arabic-Islamic Science
at the Johann Wolfgang Goethe University
Frankfurt am Main

ISLAMIC
MATHÉMATICS
AND
ASTRONOMY

Volume
88

ASTRONOMICAL INSTRUMENTS
AND OBSERVATORIES
IN THE
ISLAMIC WORLD

TEXTS AND STUDIES
IV

Collected and reprinted
by
Fuat Sezgin

in collaboration with
Mazen Amawi, Carl Ehrig-Eggert,
Eckhard Neubauer

1998

Institute for the History of Arabic-Islamic Science
at the Johann Wolfgang Goethe University
Frankfurt am Main

QA23

.I7

1977

v.88

c.3



۳۰۱۱۱۸

50 copies printed

© 1998

Institut für Geschichte der Arabisch-Islamischen Wissenschaften

Beethovenstrasse 32, D-60325 Frankfurt am Main

Federal Republic of Germany

First published in 1991 in the reprint series

(Reihe B - Nachdrucke. Abteilung Instrumentenkunde. Band 4)

under the title "Arabische Instrumente in orientalistischen Studien.

Vierter Band: Astronomische Instrumente. Publikationen 1918-1925".

Printed in Germany by

Strauss Offsetdruck, D-69509 Mörlenbach

INHALTSVERZEICHNIS

Würschmidt, Joseph: <i>Ein türkisch-arabisches Quadrant-Astrolab.</i> Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik (Leipzig) 8. 1918. S. 167-181.	1
Repsold, Joh. A.: <i>Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge. Nachträge zu Band I (1908). II. Alte arabische Instrumente.</i> Astronomische Nachrichten (Kiel) 206. 1918. Col. 125-138.	16
Würschmidt, Joseph: <i>Die Bestimmung der krummen Stunden der Deklination und der Gebetszeiten mittels des Astrolabs.</i> Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften (Leipzig) 18.1919. S.183-190.	23
Frank, Josef: <i>Zur Geschichte des Astrolabs.</i> (Auszug aus Habilitationsschrift). Erlangen: Mencke 1920, 33 S.	31
Frank, Josef: <i>Über zwei astronomische arabische Instrumente.</i> Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin) 41. 1921. S.193-200.....	63
Kaye, G.R.: <i>Astronomical instruments in the Delhi Museum.</i> Calcutta 1921 (Memoirs of the Archaeological Survey of India. 12), 24 S., 6 Pl.....	71
Stevenson, Edward Luther: <i>Terrestrial and celestial globes. Their history and construction, including a consideration of their value as aids in the study of geography and astronomy.</i> Vol. I, chapter III: <i>Globes constructed by the Arabs.</i> New Haven/London/Oxford 1921. S. 26-35, 5 Pl.	102
Frank, Josef: <i>Der Beobachtungs-Astrolab der Araber.</i> Zeitschrift für Instrumentenkunde (Berlin) 42. 1922. S. 201-208.	117

Frank, Josef: <i>Die Verwendung des Astrolabs nach al Chwârizmî.</i> Erlangen: Mencke 1922 (Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Heft III), 32 S.	125
Schoy, Carl: Rezension zu: Frank, Josef: <i>Die Verwendung des Astrolabs nach al Chwârizmî.</i> Erlangen 1922. Orientalistische Literaturzeitung (Berlin) 26. 1923. Sp. 222-224.	160
Nolte, Friedrich: <i>Die Armillarsphäre.</i> Erlangen: Mencke 1922 (Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Heft II), 50 S.	162
Drechsler, Adolph: <i>Der arabische Himmelsglobus des Mohammed ben Muxîd el-'Ordhi vom Jahre 1279 im Mathematisch-physikalischen Salon zu Dresden.</i> 2. Aufl. Dresden 1922, 19 S., 8 Pl.	215
Casanova, Paul: <i>La montre du sultan Noûr ad Dîn (554 de l'Hégire = 1159-1160).</i> Syria. Revue d'Art Oriental et d'Archéologie (Paris) 4.1923.S. 282-299, 3 Pl.	242
Gunther, R.T.: <i>Early science in Oxford.</i> Vol II: <i>Astronomy.</i> Oxford 1923. S. 188-199: <i>Oriental astrolabes.</i> 5 Pl.	263
Mordtmann, J.H.: <i>Das Observatorium des Taqî ed-dîn zu Pera.</i> Der Islam (Berlin/Leipzig) 13. 1923. S. 82-96.	281
Montet, Edouard: <i>La maison aux treize coupes à Fez.</i> Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord (Alger) 28, vol. 24. 1923. S. 182-185.	296
Ricard, Prosper: <i>L'horloge de la Médersa Bou-Anania de Fès.</i> Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord (Alger) 29, vol. 25. 1924. S. 248-254.	300

- Frank, Josef; Meyerhof, Max: *Ein Astrolab aus dem indischen Mogulreiche*.
Heidelberg: Winter 1925 (Heidelberger Akten der von-Portheim-Stiftung. 13 = Arbeiten aus dem Institut für Geschichte der Naturwissenschaft. III), 48 S., 4 Pl. 307
- Drecker, Josef; Schoy, Carl: Rezension zu:
Frank, Josef; Meyerhof, Max: *Ein Astrolab aus dem indischen Mogulreiche*. Heidelberg 1925.
Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften (Berlin) 25. 1926. S. 18-19. 357
- Seemann, Hugo: *Das kugelförmige Astrolab nach den Mitteilungen von Alfons X. von Kastilien und den vorhandenen arabischen Quellen. Unter Mitwirkung von Th. Mittelberger*.
Erlangen: Mencke 1925 (Abhandlungen zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Medizin. Heft VIII), 69 S. 359

Ein türkisch-arabisches Quadrant-Astrolab.

Von J. WÜRSCHMIDT.

Mit 6 Abbildungen.

Zur Lösung der mannigfaltigsten Aufgaben der mathematischen Geographie bedienten sich die arabischen Gelehrten des Mittelalters bekanntlich des Astrolabs, das gestattete, diese Aufgaben ohne Rechnung auf mechanischem Wege zu lösen. Das Astrolab war stets gleichzeitig mit einer Vorrichtung zum Messen der Höhe der Sonne oder des betreffenden Gestirnes verbunden, indem das Instrument vertikal gehalten wurde; eine am Rande angebrachte Teilung gestattete dann die Höhe abzulesen. Auf der Seite, auf der sich diese Teilung und die Alhidade befand, war meist noch eine andere Teilung angebracht, indem der senkrechte und der horizontale Halbmesser des Kreises in je 60 Teile geteilt und Parallele zu den Halbmessern gezogen waren. So gestattete das Instrument die zu den einzelnen Winkeln gehörigen Funktionen sinus und cosinus abzulesen, wobei $\sin 90^\circ = 60$ gesetzt war. Auf der anderen Seite befand sich das eigentliche Astrolab, das aus einem festen und einem beweglichen Teile bestand. Diese beiden Teile entsprachen den beiden Koordinatensystemen, die man seit alters für die Ortsbestimmung am gestirnten Himmel benutzte, dem des Horizontes und dem des Äquators. Auf dem festen Teil befand sich eine Darstellung des Koordinatensystems des Horizontes, also der Höhenkreise und der zu ihnen senkrechten Vertikalkreise, meist in stereographischer Projektion, der bewegliche Teil, die »Spinne«, der um eine durch den Mittelpunkt des festen Teiles gehende Achse drehbar war, stellte die Ekliptik sowie eine Reihe der wichtigsten Sternbilder des nördlichen Himmels dar. Durch passendes Einstellen dieser Spinne wurde dann, nachdem zunächst die Höhenbestimmung vorgenommen worden war, die Beziehung zwischen den beiden Koordinatensystemen hergestellt, und so

konnten die verschiedensten Aufgaben der sphärischen Trigonometrie, angewandt auf das astronomische Dreieck¹⁾, gelöst werden. Beispielsweise bestimmte man die Höhe eines Sternes, stellte dann das Bild dieses Sternes auf der Spinne auf den betreffenden Höhenkreis ein und konnte dann unmittelbar ablesen, welches Tierkreiszeichen in dem betreffenden Augenblick aufgeht, untergeht oder kulminiert. Oder man bestimmte die Höhe der Sonne, suchte auf der Ekliptik das Tierkreiszeichen, in welchem (nach dem Kalender) an dem betreffenden Tage die Sonne steht (d. h. die astronomische Länge der Sonne), und stellte dieses auf den betreffenden Höhenkreis ein; dann konnte man an der Teilung die Zeit, die seit der Kulmination der Sonne verflossen war, oder nach welcher diese eintritt, also die wahre Sonnenzeit, ablesen²⁾).

Eine spezielle Form des Astrolabs, das nicht mehr zu gleichzeitigen Messungen, sondern nur zur mechanischen Ausführung der sphärisch-trigonometrischen Rechnungen verwendet wird, finden wir im Abendlande in den von JOHANNES WERNER (zu Beginn des 16. Jahrhunderts) beschriebenen »Meteoroskopen«. Bei ihnen ist, wie bei den arabischen Astrolabien, die Himmelskugel auf eine Tangentialebene projiziert, an Stelle der »Spinne« tritt jedoch ein einfacher, aber entsprechend geteilter, beweglicher Zeiger³⁾).

Vor kurzem hatte der Verfasser Gelegenheit, in einem Antiquitätengeschäft Stambuls einen kleinen Quadranten mit einer astrolabähnlichen Zeichnung verschiedener Kreise auf der einen Seite, jedoch ohne beweglichen Teil, zu erwerben. Im folgenden

1) Das »astronomische Dreieck« ist durch die drei Punkte: Ort des Gestirnes, Zenith und Pol bestimmt, falls es sich um den Übergang vom Koordinatensystem des Horizontes zu dem des Äquators handelt. Für den Übergang vom System des Äquators zu dem der Ekliptik ist das Dreieck: Ort des Gestirnes, Pol und Ekliptikpol bestimmend.

2) Die vorliegenden Ausführungen gehen auf gemeinsame Studien mit Herrn Geheimrat Prof. Dr. WIEDEMANN in Erlangen zurück; in einer demnächst erscheinenden Arbeit über die verschiedenen Formen der arabischen Astrolabien wird dieser nähere Einzelheiten geben. Zu dem Astrolab und seinen Teilen vgl. E. WIEDEMANN, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. XVIII. Sitzungsber. der phys. med. Gesellsch. Erlangen. Bd. 41, S. 1.

3) Vgl. hierzu JOANNIS VERNERI »de meteoroscopiis libri VI«. Auf Grund der Vorarbeiten von A. A. BJÖRNBO herausgegeben von J. WÜRSCHMIDT. Mit einem Vorwort von E. WIEDEMANN und 97 Figuren im Text.

J. WÜRSCHMIDT, Das Meteoroskop, Zs. f. math. u. naturw. Unterr. 46, 1915.

seien die Beschreibung des Instruments und die Resultate der Untersuchung wiedergegeben, nachdem der Veriasser hierüber auch in dem »mathematisch-physikalischen Klub Konstantinopel« berichtet hat.

Beschreibung des Instruments.

Die auf den beiden Seiten des Quadranten befindlichen Zeichnungen sind aus den beiden Abb. 1 und 2 ersichtlich. Der Quadrant hat eine Seitenlänge von 12,5 cm und eine Dicke von 1,5 cm, er besteht aus braun poliertem Holz; die zu den die Zeichnungen enthaltenden Flächen senkrecht stehenden Flächen sind teils mit roter Farbe gestrichen (a und b), teils gleichfalls poliert (c und d in Abb. 1).

Auf der Astrolabfläche steht (in arabischer Schrift)

bei 1: *zill-i-menkü's* (fälschlich steht *makü's*) = umbra versa

» 2: *zill-i-mebsut* = umbra recta

» 3: *semt-i-kyble* = Richtung nach Mekka

» 4: *dahve* = Vormittag

» 5: *evel* = erster

» 6: *sani* = zweiter

» 7: *asr evel* = Nachmittagsgebet

» 8: *zemani* = Zeit.

An der Teilung des großen Quadranten stehen bei 2) beginnend von 5 zu 5° die arabischen Buchstaben, die den Zahlenwerten 5°, 10°, 15° usf. bis 90° entsprechen, nämlich *he* = 5, *je* = 10, *jeh* = 15, *kjaf* = 20, *lam* = 30, *mim* = 40, *nun* = 50, *sin* = 60, *ain* = 70, *je* = 80 und *sad* = 90. Ebenso ist der durch e) gehende, äußerste Kreis von diesem Punkt aus sowohl nach rechts als nach links mit den Zahlen 5, 10 . . bis 30 entsprechenden Buchstaben¹⁾ versehen. Der von f) nach g) gehende Kreisbogen ist entsprechend mit den Zeichen von 35 bis 90 versehen. An der mittleren Teilung des kleinen Quadranten stehen die den Zahlen 5 bis 25 entsprechenden Buchstaben, ebenso an der äußersten Teilung des kleinen Quadranten, die von h) aus sich nach rechts erstreckt.

Alle in der Abb. 1 gezeichneten Linien sind auf dem Quadranten sehr sorgfältig mit schwarzer Farbe gezeichnet; die punktierten Linien sind außerdem noch in Goldfarbe punktiert. Ebenso sind an allen Gradteilungen und an den beiden mit umbra recta und versa

1) Vgl. M. HORTEN, Kleine türkische Sprachlehre, 1916, S. 1 ff.

bezeichneten Teilungen die um je 5° voneinander abstehenden Punkte durch goldfarbige Punkte hervorgehoben. Zwischen den schwarz gezeichneten Kreisen des Astrolabs waren noch je zwei in roter Farbe gezeichnet, entsprechend den von 3) nach e) und von

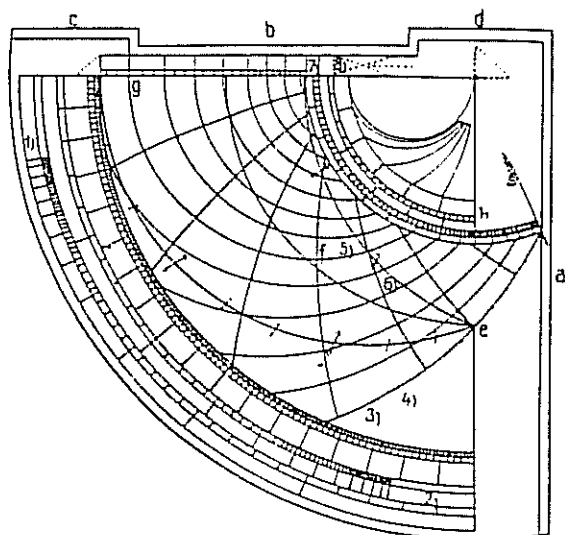


Abb. 1.

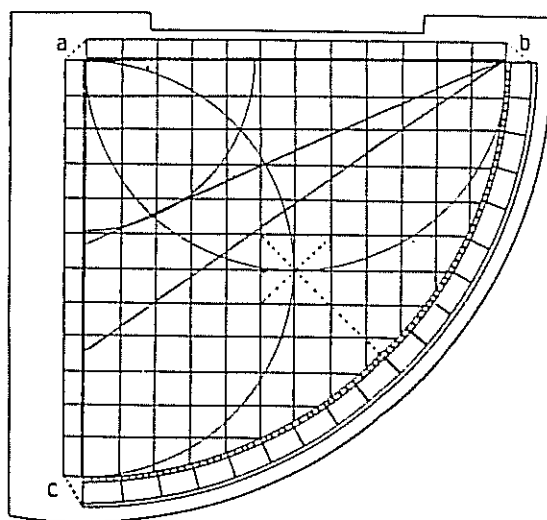


Abb. 2.

g) nach 7) laufenden Teilungen, die aber ganz verwaschen und nur noch schwer erkennbar sind.

Der Quadrant auf der Rückseite (Abb 2) ist gleichfalls, von c) beginnend, in $90''$ geteilt, die entsprechend von 5° zu 5° beschrieben sind, die beiden Halbmesser sind in je 12 Teile geteilt, die die Zahlen 5, 10, 15 . . . bis 60 tragen, von a) beginnend. Außer den schwarzen Linien sind entsprechend der Einteilung der beiden Halbmesser in je 5 Unterabteilungen zwischen je zwei Halbstrichen rote Linien gezogen, die besser erhalten sind als diejenigen auf der Vorderseite des Instrumentes.

Erklärung des Instruments und Konstruktion des Astrolabs.

Die auf der Rückseite des Astrolabes angebrachte Teilung in große und kleine Quadrate gestattet, zu einem gegebenen Winkel unmittelbar die Funktionen $\sin$ und $\cos$, bzw. zu diesen proportionale Größen abzulesen, indem $\sin 90^\circ = 60$ Teilen gesetzt wird. Welchen Zweck die zwei noch gezeichneten Halbkreise, der Viertelskreis und die beiden, im Original nicht ganz geradlinig, sondern ganz schwach konkav gegen den Kreismittelpunkt zu gezeichneten Linien haben, ist zunächst nicht zu ersehen. Möglicherweise hängen sie mit den Sonnenhöhen zu den Gebetszeiten *asr evel* und *asr-i-sani* (1. und 2. Nachmittagsgebet) zusammen (s. w. unten).

Die beiden äußersten Teilungen der Astrolabseite, die als *umbra recta* bzw. *umbra versa* bezeichnet sind, stellen Tangenten- und Kotangententafeln dar, d. h. sie ermöglichen zu jedem an der dritten (gleichmäßigen) Teilung abzulesenden Winkel den zugehörigen Wert von tangens und cotangens abzulesen. Hierbei ist, im Einklange damit, daß dem $\sin 90^\circ$ der Wert = 12 Teile = 60 kleinen Teilen beigelegt wird, $\tan 45^\circ$ ebenfalls gleich 12 Teilen gesetzt.

Das eigentliche Astrolab besteht in einer Projektion der an der Himmelskugel gezeichneten Höhen- und Vertikalkreise vom Südpol aus auf den Äquator oder eine diesem parallele Ebene z. B. die durch den Nordpol an die Kugel gelegte Tangentialebene; außer diesen Kreisen sind noch der Äquator selbst, die beiden Wendekreise, die Ekliptik und ein zu dieser symmetrisch gelegener Kreis projiziert.

1. Konstruktion der Projektionen und Höhenkreise.

In Abb. 3) ist S der Südpol, $SAP A'$ die Himmelskugel, AA' der Äquator, HH' der Horizont und KK' irgendein Höhenkreis. Dann wird in der Projektionsebene, wie leicht einzusehen, der Äquator durch den Kreis $\mathfrak{A} S \mathfrak{A}'$, der Horizont durch den Kreis $\mathfrak{H} S \mathfrak{H}'$ und der Höhenkreis durch den Kreis $\mathfrak{K} S \mathfrak{K}'$ dargestellt.

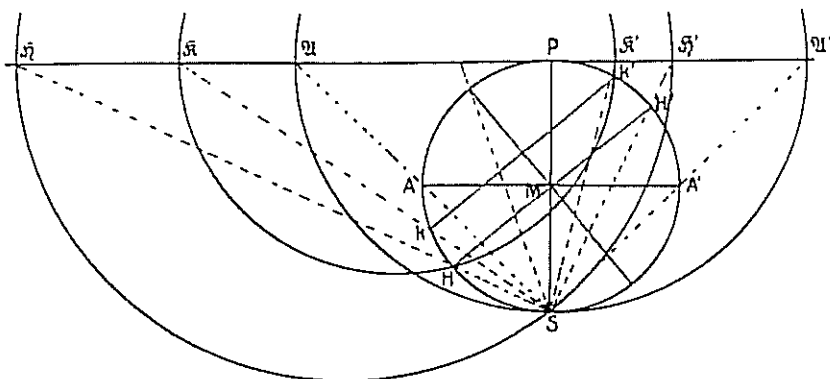


Abb. 3

Es sei die Polhöhe des Beobachtungsortes, d. h. der Winkel $PMH' = \varphi$, die Höhe des Höhenkreises über dem Horizont, d. h. der Bogen $KH = K'H' = h$, dann ergibt sich, wenn der Kugelradius = 1 gesetzt wird

$$\mathfrak{K}P = 2 \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \varphi - h}{2} = 2 \cotg \frac{\varphi + h}{2}$$

$$\mathfrak{K}'P = 2 \operatorname{tg} \frac{\varphi - h}{2}$$

und hieraus der Radius der Projektion des Höhenkreises

$$\varrho_h = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{2 \cos h}{\sin \varphi + \sin h};$$

der Mittelpunkt des Höhenkreises hat die Koordinaten

$$\xi_h = \mathfrak{K}P - \varrho_h = \frac{2 \cos \varphi}{\sin \varphi + \sin h}; \quad \eta_h = 0.$$

Somit ist die Gleichung des Höhenkreises

$$\left(x - \frac{2 \cos \varphi}{\sin \varphi + \sin h}\right)^2 + y^2 = \frac{4 \cos^2 h}{(\sin \varphi + \sin h)^2}.$$

Speziell für den Horizont ergibt sich

$$(x - 2 \cotg \varphi)^2 + y^2 = \frac{4}{\sin^2 \varphi}.$$

2. Teilung der Projektion des Horizontes.

Der Horizont ist in 360° geteilt, und zwar sei von Ost und West nach Süd und Nord von 0° bis 90° gezählt. Einem um den Winkel a von Ost nach Süd zu liegenden Punkt P des Horizontes entspricht in Abb. 4 auf der Nord-Süd-Linie der Punkt P_1 . Diesem

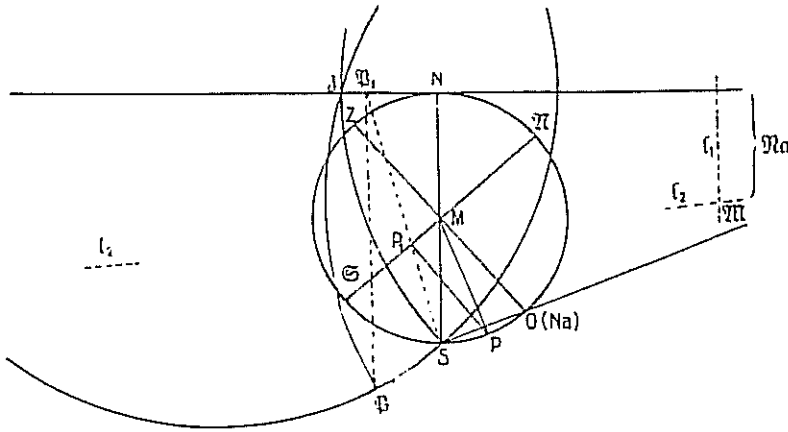


Abb. 4.

entspricht in der Projektionsebene der Punkt P_1 . Also dem Punkt P derjenige P der Projektion des Horizontes, den man erhält, wenn man durch P_1 die Parallele zu SN zieht und diese mit der Projektion des Horizontes schneidet. Dann ist der Bogen PS die Projektion des Bogens a auf dem Horizont.

In Abb. 4 ist $\angle PMO = a$, $\angle SMS = \varphi$, $P_1M = \sin a$. Ferner sei $\angle P_1SM = \psi$, dann ist

$$P_1N = 2 \tg \psi.$$

Im $\triangle P_1MS$ ist

$$\frac{P_1M}{MS} = \frac{\sin a}{1} = \frac{\sin \psi}{\sin (\varphi + \psi)},$$

woraus sich ergibt:

$$\tg \psi = \frac{\sin \varphi \sin a}{1 - \sin a \cos \varphi}.$$

Die Gleichung der Geraden $\mathfrak{P}_1\mathfrak{P}$ ist demnach

$$x = 2 \operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \sin \varphi \sin a}{1 - \sin a \cos \varphi},$$

sie ist mit dem Horizont $(x - 2 \cotg \varphi)^2 + y^2 = \frac{4}{\sin^2 \varphi}$ zu schneiden.

Für die Ordinate des Schnittpunktes erhält man hieraus

$$y = \pm \frac{2 \cos a}{1 - \sin a \cos \varphi}.$$

3. Konstruktion der Projektionen der Vertikalkreise.

Der Vertikalkreis, der um den $\sphericalangle a$ vom Meridian absteht, geht durch Zenith, Nadir und den Punkt P des Horizontes, der gleichfalls von der Nord-Süd-Linie um den Winkel a entfernt ist. Die Projektion des Zenithes Z ist $\mathfrak{Z}$, die des Nadires Na ist der Schnittpunkt $\mathfrak{Na}$ von SNa mit $\mathfrak{ZN}$. Die Projektion des Vertikalkreises muß durch die Punkte $\mathfrak{Z}$, $\mathfrak{Na}$ und $\mathfrak{P}$ gehen; sie ist, wie wieder leicht einzusehen, ein Kreis. Man halbiert also $\mathfrak{ZNa}$; die Halbierungslinie ist l_1 , und schneidet diese mit der Halbierungslinie l_2 von $\mathfrak{PZ}$. Der Schnittpunkt $\mathfrak{M}$ ist der Mittelpunkt des Vertikalkreises. Die Koordinaten von $\mathfrak{Z}$ sind

$$x_1 = 2 \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varphi}{2} = 2 \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi},$$

$$y_1 = 0.$$

Die Koordinaten von $\mathfrak{Na}$ sind

$$x_2 = 2 \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varphi}{2} = -2 \frac{1 + \sin \varphi}{\cos \varphi},$$

$$y_2 = 0.$$

Die Koordinaten von $\mathfrak{P}$ sind

$$x_3 = \frac{2 \sin \varphi \sin a}{1 - \sin a \cos \varphi}$$

$$y_3 = \frac{2 \cos a}{1 - \sin a \cos \varphi}.$$

Hieraus ergeben sich nach ziemlich langwieriger Rechnung als Koordinaten des obigen Kreismittelpunktes $\mathfrak{M}$:

$$\xi_e = -2 \operatorname{tg} \varphi$$

$$\eta_e = \frac{2 \operatorname{tg} a}{\cos \varphi}.$$

Der Radius der Projektion des Vertikalkreises ist

$$\varrho_2 = \frac{2}{\cos \varphi \cos a}.$$

4. Konstruktion der Projektionen der übrigen Kreise.

Die Konstruktion der Projektion des Äquators, des nördlichen und südlichen Wendekreises ergibt sich ohne weiteres (Abb. 5);

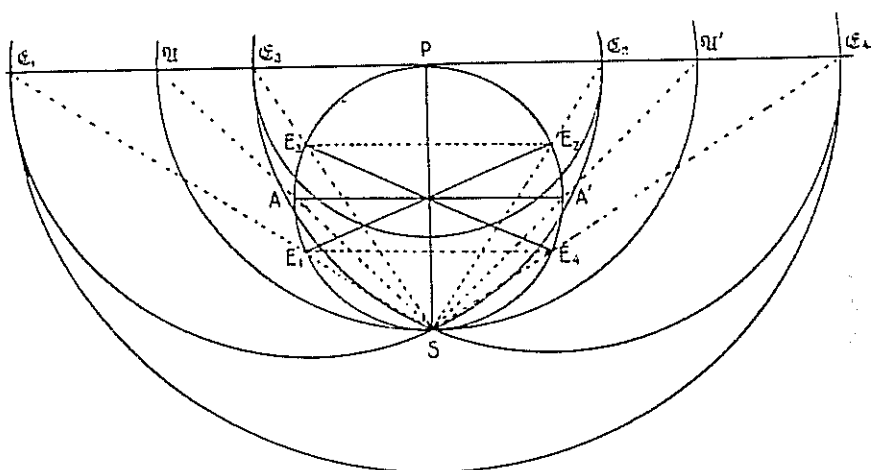


Abb. 5.

sie haben als gemeinsamen Mittelpunkt den Nordpol P ; ihre Radien sind:

$$r_{\text{Äquator}} = 2$$

$$r_1 = r_{\text{nödl. Wendekr.}} = 2 \operatorname{tg} \frac{90^\circ - \varepsilon}{2} = 2 \frac{1 - \sin \varepsilon}{\cos \varepsilon}$$

$$r_2 = r_{\text{südl. Wendekr.}} = 2 \operatorname{tg} \frac{90^\circ + \varepsilon}{2} = 2 \frac{1 + \sin \varepsilon}{\cos \varepsilon}$$

Außerdem sind die Projektionen zweier der Ekliptik entsprechender, d. h. unter $\varepsilon = 23\frac{1}{2}^\circ$ gegen den Äquator geneigter Kreise gezeichnet (E_1E_2 und E_3E_4); wir bezeichnen im folgenden den einen (E_1E_2) als Ekliptik, den anderen (E_3E_4) als »Gegenekliptik«.

Ihr Radius ist

$$\varrho_3 = \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{2}{\cos \varepsilon}$$

Die Koordinaten des Mittelpunktes der Ekliptik sind

$$\begin{aligned}\xi_e &= 2 \operatorname{tg} \varepsilon \\ \eta_e &= 0,\end{aligned}$$

desjenigen der Gegenekliptik

$$\begin{aligned}\xi_{e'} &= -2 \operatorname{tg} \varepsilon \\ \eta_{e'} &= 0.\end{aligned}$$

5. Teilung der Projektion der Ekliptik und der Gegenekliptik.

Die Teilung der Projektion der Ekliptik ergibt sich wie oben die Teilung derjenigen des Horizontes, nur steht an Stelle des Winkels $90^\circ - \varphi$ der Winkel ε . Der Bogenabstand eines Ekliptik-Punktes vom Schnittpunkt der Ekliptik mit dem Äquator, d. h. die »Länge« sei λ .

Somit ergibt sich die Projektion des Punktes der Ekliptik von der Länge λ als Schnittpunkt der Projektion der Ekliptik mit der Geraden

$$x = 2 \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon}.$$

Die Gleichung der Projektion der Ekliptik ist

$$(x - 2 \operatorname{tg} \varepsilon)^2 + y^2 = \left(\frac{2}{\cos \varepsilon} \right)^2.$$

Hieraus findet man als Ordinate dieses Schnittpunktes

$$y'_e = \pm \frac{2 \cos \lambda}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon},$$

d. h. für Werte von λ zwischen 0° und 90° erhält man die Teilung des Bogens $S\mathfrak{E}_1$.

Diejenige des Bogens $S\mathfrak{E}_3$, d. h. der Projektion der Gegenekliptik kann man auf doppelte Weise erhalten. Entweder bestimmt man analog den Schnittpunkt der Geraden

$$x = 2 \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon}{1 + \sin \lambda \sin \varepsilon}$$

mit der Projektion der Gegenekliptik ($S\mathfrak{E}_3$)

$$(x + \operatorname{tg} \varepsilon)^2 + y^2 = \left(\frac{2}{\cos \varepsilon} \right)^2$$

und findet

$$y_{e'} = \pm \frac{2 \cos \lambda}{1 + \sin \lambda \sin \varepsilon},$$

oder man bestimmt die Teilung des symmetrisch zu $S\mathfrak{E}_3$ liegenden Bogens $S\mathfrak{E}_2'$ der Ekliptik. Für diesen Bogen ist $360^\circ \cong \lambda \cong 270^\circ$, also ist zu setzen $\lambda' = 360^\circ - \lambda$ oder $\cos \lambda' = \cos \lambda$, $\sin \lambda' = -\sin \lambda$, dann erhält man ebenso

$$y_e = \pm \frac{2 \cos \lambda'}{1 + \sin \lambda' \sin \varepsilon}.$$

Wie aus Abb. 1 hervorzugehen scheint, liegen entsprechende Teilpunkte der Bogen $S\mathfrak{E}_1$ und $S\mathfrak{E}_3$ auf einer Geraden durch P . Ist diese Annahme richtig, so muß die Beziehung bestehen:

$$\frac{y_e}{x_e} = \frac{y_{e'}}{x_{e'}}.$$

$$\begin{aligned} \text{Da} \quad y_e &= \pm \frac{2 \cos \lambda}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon} & y_{e'} &= \pm \frac{2 \cos \lambda'}{1 + \sin \lambda' \sin \varepsilon} \\ x_e &= 2 \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon} & x_{e'} &= 2 \frac{\sin \lambda' \cos \varepsilon}{1 + \sin \lambda' \sin \varepsilon}, \end{aligned}$$

so ist die Beziehung erfüllt, und man kann die Teilung der Gegenekliptik einfach dadurch erhalten, daß man die entsprechenden Punkte der Ekliptik mit P verbindet und die Schnittpunkte dieser Verbindungslinien mit der Projektion der Gegenekliptik aufsucht.

Gebrauch des Instruments.

Wie aus der beschriebenen Konstruktion hervorgeht (vgl. Abb. 6), in der eine Übersicht über alle Projektionen gegeben sind; die Höhenkreise sind von 10° zu 10° , die Vertikalkreise von 15° zu 15° gezeichnet, während im Original die Höhenkreise von 6° zu 6° gezeichnet sind), sind in dem Astrolab die Projektionen zweier Koordinatensysteme gegeben, desjenigen des Horizontes und desjenigen des Äquators. Von dem zweiten sind allerdings nur 3 Parallelkreise, nämlich nördlicher und südlicher Wendekreis und der Äquator selbst, angegeben, doch ist klar, daß die zugehörigen Vertikalkreise, nämlich die Stundenkreise, durch gerade von P aus radial verlaufende Linien dargestellt sind. Da die Zeichnung des Originals im wesentlichen den Raum zwischen den beiden Wendekreisen umfaßt, so muß es sich um Aufgaben handeln, die nicht irgendeinen Stern, sondern die Sonne betreffen; hierauf weist auch die Tatsache hin, daß die Ekliptik eingezeichnet ist.

Nicht nur zur Bestimmung der Sonnenhöhe, sondern auch zur Festlegung der obigen Stundenlinien war an dem Astrolab sicher

eine mit einem Senkel versehene Schnur in dem Punkte P angebracht. Auf ihr muß eine irgendwie beschaffene Marke, etwa ein beweglicher Knoten, sich befinden haben, der dazu dient, den »Ort« der Sonne, d. h. denjenigen Parallelkreis zum Äquator, in dem sich die Sonne

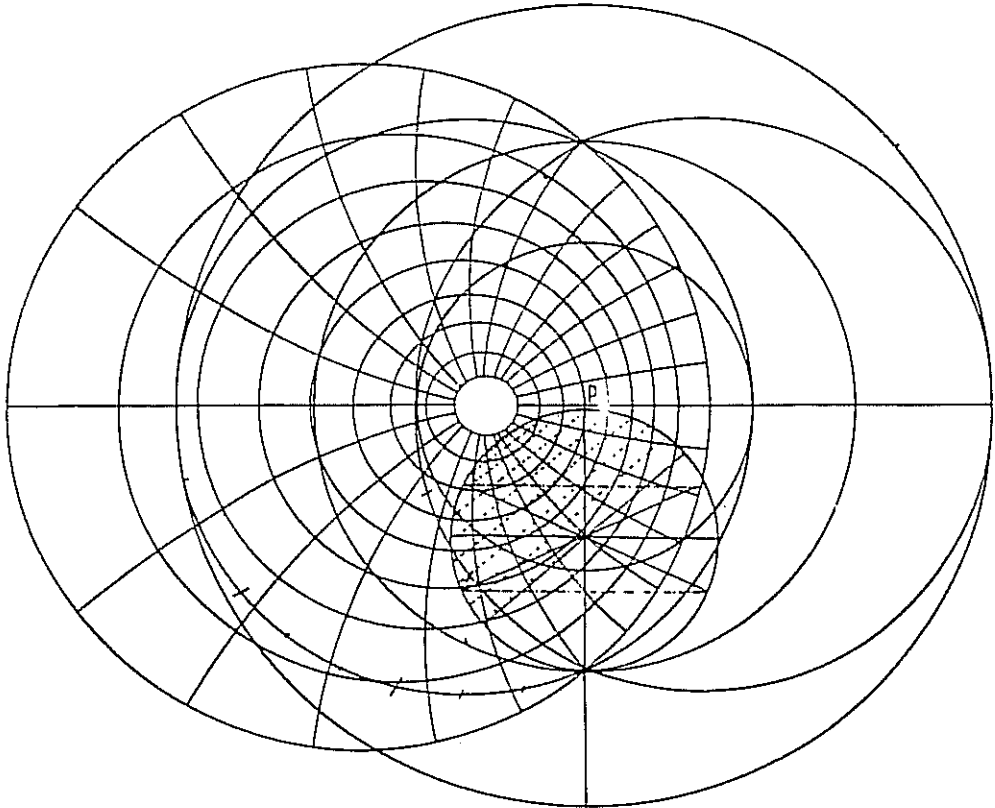


Abb. 6.

an dem Tage der Beobachtung bewegt, zu bestimmen. Zu diesem Zwecke ließ man die Schnur einfach über denjenigen Punkt der Ekliptik gehen, dessen Abstand, auf ihrer Teilung gemessen, gleich der Länge der Sonne an dem betreffenden Tage ist, und stellte den Knoten auf diesen Punkt ein; wurde dann die Schnur bewegt, so beschrieb der Knoten den »Deklinationskreis« der Sonne für den betreffenden Tag.

کتابخانه
بنیاد دائرة المعارف

Der Radius dieses Deklinationskreises ergibt sich einfach, wenn wir in $r_D^2 = x^2 + y^2$ für x und y die Werte

$$x = 2 \frac{\sin \lambda \cos \varepsilon}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon} \quad \text{und} \quad y = \frac{\cos \lambda}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon}$$

einsetzen; wir erhalten

$$r_D = 2 \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \lambda \sin^2 \varepsilon}}{1 - \sin \lambda \sin \varepsilon}$$

Dabei haben wir, abweichend von dem gewöhnlichen Gebrauch, die Werte von λ zwischen 0° und 180° der Stellung der Sonne auf der südlichen Halbkugel, d. h. negativer Deklination, zugeschrieben; doch ist dies für die weiteren Betrachtungen und Rechnungen gleichgültig. Nur wenn man die Deklination δ einführt, wäre für $0 \leq \lambda \leq 180^\circ$ δ negativ zu nehmen.

Damit aber, daß durch die Marke auf der Schnur die Stellung der Sonne an dem betreffenden Tage festgelegt ist, lassen sich viele Aufgaben der mathematischen Geographie sofort graphisch mit dem Astrolab lösen.

Zum Beispiel erhält man die Kulminationshöhe der Sonne für den betreffenden Tag, indem man die Schnur auf die Zahl 90° des großen Quadranten stellt, und bestimmt, auf welchem Höhenkreis die Marke steht. Ebenso kann man die Höhe der Sonne für eine beliebige Zeit vor oder nach Mittag bestimmen; dabei zählt man von 90° so vielmal 15° weg, als Stunden seit Mittag verflossen sind oder noch zum Mittag fehlen. So gibt die Stellung der Schnur auf der Zahl 0° des großen Quadranten die Sonnenhöhe von 6^h morgens oder abends; wie man sieht, steht die Sonne im Winterhalbjahr um diese Zeit schon unter dem Horizont.

Ferner kann man die Dauer des Tages bzw. die Zeit des Sonnenauf- oder -untergangs bestimmen, indem man die Marke auf den Äquator einstellt und die Stellung der Schnur an dem großen Quadranten abliest. Für das Sonnenhalbjahr wird der über 90° hinausgehende Teil des kleinen Quadranten hierzu benutzt, da im Sommer die Tageslänge größer als 12^h ; d. h. der halbe Tagbogen größer als 90° ist.

Die Hauptaufgabe, die man mit dem Astrolab lösen kann, ist aber wohl die der genauen Zeitbestimmung aus der zuvor gemessenen Höhe. Man bestimmt mit dem Quadranten die Höhe, stellt die Marke mit Hilfe der aus dem Kalender bekannten »Länge« der

Sonne ein und bringt sie dann auf den der gemessenen Höhe entsprechenden Höhenkreis. Dann kann man an dem großen Quadranten unmittelbar die Zeit ablesen, d. h. die Zeit, die seit 6^h morgens verflossen ist oder bis 6^h abends noch fehlt.

Um diese Aufgabe analytisch zu lösen, ist der Schnittpunkt des Deklinationskreises

$$x^2 + y^2 = \frac{4(1 - \sin^2 \lambda \sin^2 \epsilon)}{(1 - \sin \lambda \sin \epsilon)^2}$$

mit dem Höhenkreis

$$\left(x - \frac{2 \cos \varphi}{\sin \varphi + \sin h}\right)^2 + y^2 = \frac{4 \cos^2 h}{(\sin \varphi + \sin h)^2}$$

zu suchen, oder, da es nur auf den Winkel ankommt, den ein von diesem Punkt nach dem Mittelpunkt P gezogener Radius mit der Abszissenachse bildet, genügt es, den Ausdruck $\frac{x}{r_D} = \cos \omega$ aufzusuchen. Die ziemlich umfangreiche Rechnung ergibt

$$\cos \omega = \frac{\sin h + \sin \varphi \sin \lambda \sin \epsilon}{\cos \varphi \sqrt{1 - \sin^2 \lambda \sin^2 \epsilon}}$$

oder wenn wir, entsprechend der obigen Bemerkung, in der bekannten Beziehung $\sin \delta = \sin \lambda \sin \epsilon$ dem δ für $0 \leq \lambda \leq 180^\circ$ das negative Zeichen beilegen

$$\cos \omega \cos \varphi \cos \delta = \sin h - \sin \varphi \sin \delta$$

oder

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega.$$

Da aber im astronomischen Dreieck die bekannte Beziehung gilt

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

so ist ω tatsächlich identisch mit dem Stundenwinkel t .

Das vorliegende Instrument ist, wie die Nachmessung der Winkel, insbesondere des über 90° hinausgehenden Bogens des kleinen Quadranten ($= 22\frac{1}{2}^\circ$) ergab, für die geographische Breite von Konstantinopel bestimmt, nimmt man $\varphi = 41^\circ$, so würden sich für diesen Winkel $22^\circ 43'$ (d. h. halber Tagbogen am längsten Tage $= 7^h 30^m 52'$) ergeben. Umgekehrt erhält man für $22\frac{1}{2}^\circ$ eine Breite von $41^\circ 14'$; diese entspricht recht genau dem Stadtteil Stambul.

Die Bedeutung der Teilung der drei Kreise innerhalb des kleinen Quadranten, die sicher mit der Bestimmung der »zeitlichen«

Stunden und der Gebetszeiten zusammenhängt, ist mir bisher nicht gelungen anzuklären.

Nachdem ich die Deutung und Konstruktion des Astrolabs bereits vollendet hätte, wurde ich auf eine in den türkischen Buchhändlerläden Stambuls erhältliche Schrift aufmerksam gemacht, die sich mit ähnlichen Astrolabien befaßt. Sie hat keinen einheitlichen Titel, sondern ihre beiden Hauptteile haben die Überschriften »Übersetzung des Buches GEDOSSİ's über die Mukantarat« und »Übersetzung des Buches GEDOSSİ's über den Dscheib«. Ferner heißt es »Lehrbuch für die Schüler an den Stambuler Medressen (Moscheeschulen), die das Umgehen mit dem Astrolab daraus erlernen. Besagtes Buch ist klassisch für das Studium des Astrolabs«.

Über GEDOSSİ konnte ich nur in Erfahrung bringen, daß dieser Gelehrte seinen Namen nach seinem Geburtsort Gedos, einer Stadt an dem gleichnamigen Fluß in der Nähe von Kutahia in Kleinasien führt. Die Mukantarat sind die Höhenkreise, dscheib ist der arabische Ausdruck für sinus.

Das Heft ist in ziemlich schwer verständlicher alttürkischer Sprache geschrieben, am Rande steht zum Teil der arabische Text. Die einzige Figur gibt die Rückseite des Astrolabs, also unsere Figur 2, aber nicht mit allen Linien, wieder. Über den Inhalt hoffe ich später Näheres mitzuteilen; eine vorläufige Durchsicht bestätigte die Richtigkeit der Annahme, daß sich an der Schnur des Astrolabs eine bewegliche Marke befand; es ist nämlich von einem »Knoten« die Rede. Im übrigen scheint das hier beschriebene Instrument nicht ganz mit dem mir vorliegenden übereinzustimmen.

Für manche Auskünfte bin ich dem Bibliothekar des geogr. Instituts der Universität Stambul SADİ EFENDİ und dem stud. geogr. HÜSNİ EFENDİ zu Dank verpflichtet; beiden sei auch an dieser Stelle bestens gedankt.

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 206.

Nr. 4935.

15.

Joh. A. Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge.

Nachtrage zu Band I (1908).

II. Alte arabische Instrumente.

Den um 150 n. Chr. von Ptolemaeus gesammelten und im Almagest niedergelegten Nachrichten über die astronomischen Instrumente der Griechen seit Hipparch's Zeiten folgen arabische erst um 750. Über die zwischenliegenden 600 Jahre fehlt es an Quellen. — Suter aber (Mathematiker und Astronom der Araber, Leipzig 1900) berichtet über mehr als 500 arabisch-persische Autoren aus dem Zeitraum von 750 bis 1600. Nach den darin vorkommenden Titeln ihrer Schriften zu urtheilen, haben die Araber in erster Linie die Astrolabien der Griechen nachgebildet, in vielen verschiedenen Abarten, die Suter unter 10 Namen zusammenfaßt (S. 239) als: 1) das allgemeine, 2) das mit 2 Asten (oder Ringen), 3) das ersetzende, 4) das lineare, 5) das el-mubattah genannte, 6) das planisphäre, 7) das Sakkäische, 8) das Sarakänische, 9) das sphärische und 10) das Zargäische. Unter 1), 6) und 9) darf man wohl die 3 Formen der griechischen Astrolabien vermuthen, 2) ist sehr wahrscheinlich der Jakobstab oder einer seiner Vorläufer, 4), auch »Stab des Tüsi« genannt, wird als ein mit Hülfe von Schnüren beweglicher Rechenschieber erklärt (Journal asiat. 1895 Juni); die übrigen scheinen nur den Namen ihrer Erzeuger zu führen, die kleine Eigenthümlichkeiten eingeführt haben mögen; nähere Beschreibung fehlen. Im Ganzen muß man aber wohl annehmen, daß die Bezeichnung »Astrolabium« mit der Zeit sehr umfassend angewandt wurde und für sehr verschiedene Apparate galt, wenn sie nur zu Stern-Beobachtungen dienten; etwa wie wir das Wort »Kreis« benutzen in Meridiankreis, Höhenkreis, Prismenkreis u. s. w. — Quadranten erscheinen bei den Arabern erst später, um 1300 (Suter, 268); auch sie kommen unter vielen verschiedenen Bezeichnungen vor, meist wieder nach Eigennamen oder mit an sich wenig bestimmenden Adjectiven, wie: der umfassende, der geflügelte, der vollkommene; man wird aber annehmen dürfen, daß hier die charakteristischere Grundform des Quadranten beibehalten wurde. Als besondere Abarten treten hervor: der Sinus-Quadrant, wo innerhalb des Bogens auch Sinuslinien gezogen sind (Stédillet, 104), und der Muqantard-¹⁾ oder Azimuthal-Quadrant, zu dem die Azimuthal-Bewegung und -Ablese nicht von den Griechen übernommen ist; sie kommt wenigstens im Almagest nicht vor, ist vielmehr als den Arabern eigenthümlich anzusehen und tritt um 870 auf an einem Azimuthe (Suter, 25). Man sieht aber nicht, weshalb Suter daraus einen Azimuthal-Quadranten machen will; denn es ist auch später (1260 in Merāga, Suter,

148) von einem »Azimuthalkreis« die Rede, der als ein frühzeitiger Theodolit aufzufassen sein wird.

Unter den von Suter genannten Instrumenten findet sich auffälligerweise nicht der große Quadrant von $r = ca. 9m$, der in Bagdad um 995 gebraucht sein soll (Baillif 1, 233), obgleich angeführt wird, daß Saraf ed-daula²⁾ dort in seinem Garten 988 eine Sternwarte bauen ließ (Suter, 75). — Dagegen kann Suter einige Nachrichten über die Instrumente der Sternwarte zu Merāga bringen (Suter, 148), die der mongolische Fürst Hölügü von Nasir ed-din el-Tüsi³⁾ und dessen Freund und Mitarbeiter Mu'jid ed-din el'Ordi⁴⁾ hat herrichten lassen, darunter »die Armillarsphäre, die aus 5 Ringen von Kupfer bestand; der erste war der Meridian, der unten im Boden befestigt war, der zweite der Äquator, der dritte die Ekliptik, der vierte der Breitenkreis, der fünfte der Deklinationkreis oder Kolor der Nachtgleichen; ferner sah ich den Azimutalkreis, mit dem man das Azimut der Sterne bestimmt«. — Viel Ausführlicheres giebt aber A. Fourdain⁵⁾ in seinem sehr rar gewordenen (endlich in Göttingen gefundenen) »Memoire sur l'Observatoire de Meragah«, Paris 1810, welches Stédillet in seinem Buch von 1841 nur sehr abgekürzt benutzt hat. Man kann danach sogar die dort hergerichteten Meßwerkzeuge in schematischen Skizzen darstellen, und es lohnt sich, näher darauf einzugehen.

Als Verfasser der seinen Mittheilungen zu Grunde liegenden arabischen Handschrift (Pariser Ms. N. 1157, später 2517⁶⁾) glaubt Fourdain Mu'jid ed-din el'Ordi annehmen zu müssen (Mem., 10), der auch mehrere der Instrumente soll erfunden haben, während die übrigen den Ptolemäischen nachgebildet waren. — Nach Fourdain's Übersetzung wurde die Sternwarte im Jahre 1259 auf einem westlich von Merāga gelegenen Berge so angelegt, daß am Morgen die Sonnenstrahlen durch eine Öffnung in der Kuppel auf eine Mauer des Innenraums fielen. Man konnte danach, wie bei einem Loch-Gnomon, die Bewegung der Sonne verfolgen. — Im Innern des Gebäudes sah man auch Himmelsbilder, Landkarten und Instrumente in großer Zahl. — Als erste Vorarbeit für die Errichtung der Instrumente wurde auf einer horizontalen Platte (Stein oder Holz) ein Stylus errichtet und einige (sogenannt indische) concentrische Kreise gezogen, an denen nach den beobachteten Schattendurchgängen die Meridianlinie festgestellt wurde.

Das erste der älteren, den griechischen nachgebildeten Instrumente ist ein Quadrant an einer im Meridian errichteten Mauer von $6\frac{1}{2}$ hakisitischen oder astronomischen Ellen⁷⁾

¹⁾ Nach gefälliger Mittheilung des Herrn Prof. Dr. R. Tichoud ist »muqantar« Particip des Verbs qantara, = gewölbt, muqantard, das fem. pl. (= almuqantarat, wo al der Artikel), = Gewölbebogen und als terminus technicus = Parallelkreis (des Horizonts).

²⁾ In der Schreibweise der arabischen Namen folgen wir H. Suter.

³⁾ Nasir war Ferner von Geburi; Tüsi 1201–Bagdad 1274.

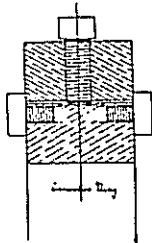
⁴⁾ Amable-Louis-Marie-Michel Brichault Fourdain, Paris 1788–1818.

⁵⁾ Fourdain berechnet eine solche Elle zu 26 Z. = 702 mm.

⁶⁾ $6\frac{3}{4}$ Z., also = 594 mm hatte; er bezeichnet sie freilich nicht als astronomische, vielleicht war es die gewöhnliche Elle, die nach Fourdain = $\frac{1}{3}$ astron. Elle war.

(ca. 14 Fuß) Länge und Höhe (Mém., 19); an der Mauer ist zunächst ein Bogen mit zwei im rechten Winkel zusammenlaufenden Endradialen von hartem Holz (sadjé, ein indisches Product, ähnlich dem Ebenholz) befestigt und darauf ein Kupferstreif für die Theilung in Minuten. Die mit zwei Dioptern versehene Alidade wurde mit Hilfe eines kleinen am unteren Ende angebrachten Flaschenzuges bewegt. — *Fourdain* fügt zum Vergleich eine Beschreibung des Ptolemäischen Quadranten hinzu; der wesentlichste Unterschied ist, daß hier noch die Alidade fehlte und die Theilung nach dem Schatten des im Mittel des Bogens befestigten Stiftes abgelesen wurde an einer auf der Wandfläche des Pfeilers selbst angebrachten Theilung; auch war hier der Pfeiler ein großer Stein oder aus Holz erbaut, während die Araber den landesüblichen Ziegelbau anwandten.

Als zweites von *Ptolemaeus* übernommenes Meßwerkzeug folgt die Armillensphäre (Zur Geschichte ... 1, Fig. 3), jedoch mit einer von *Mujid* eingeführten Verbesserung (Mém., 24), durch die einer der Ringe erspart wurde, indem der innerste durch eine an einem Durchmesser des zweitinnersten Ringes um einen Zapfen drehbare Alidade ersetzt wurde. Wie zweckmäßig diese Neuerung war, erkennt man recht, wenn man hört, daß an einem ähnlichen Instrument Kupferringe von 5 Ellen vorkommen, also von ca. 3,5 m Durchmesser (für die Armillensphäre selbst werden keine Maße genannt), und erfährt, in welcher Weise solche ausgearbeitet wurden¹⁾. Daß man sie nicht auf der Drehbank fertig machen konnte, war für die äußeren Ringe nicht von großer Bedeutung, wenn man ihnen nur genügenden Zwischenraum gab, so daß sie bei Drehung um ihre Zapfen sich nicht berührten. Die beiden innersten sollten aber in einander gleiten, und um das zu erreichen, hatte man, nach *Mujid* (Mém., 26), den innersten (schon mit etwas Spielraum in dem zweitinnersten gehenden) auf der äußeren, convexen Seite ringsum mit einer flachen Rinne versehen müssen, deren Grundfläche sich zwischen den Enden einer Anzahl durch den zweiten Ring gepaßter Schrauben zu führen hatte. Das bedingte, ohne Hilfe einer Drehbank, eine langwierige Bearbeitung mit der Feile, mit vielen Versuchen; aber man erreichte besten Falls nur eine leidlich centrische Drehung; nach seitwärts hätte der innerste Ring sich noch vermittelst auf beiden Flachseiten angebrachter Schrauben führen müssen, deren überstehende Kopfflächen den (als in sich gut parallel bearbeitet anzunehmenden) zweiten



¹⁾ Die erste Bearbeitung der großen gegossenen Ringe (Mém., 28 ff.) geschah nach Anhalt zweier als Lehrformen dienender Kupferstücke, etwa 30 cm lang, 6 cm breit und „von ausreichender Dicke“, von denen der eine der äußeren, der andere der inneren Cylinderfläche des Ringes entsprechend bearbeitet wurde, sowie mit Hilfe langer Taster, mit denen die Durchmesser von 2° zu 2° verglichen wurden, und besonderer kleiner Lehrmaße für den Querschnitt des Ringes. Als Bearbeitungs-Werkzeug wird nur die Feile genannt; sie konnte aber natürlich erst zur Geltung kommen, nachdem Hammer, Meißel und Spannvorrichtungen das Gröbste erledigt hatten. „C'est ainsi que vous parviendrez à rectifier et à égaliser vos cercles“. Wollte man aber den Ring möglichst vollkommen herstellen, so wurde auf einer gut geebneten und zugleich nach Winkel und Loth „avec l'équerre et le fil à plomb“ horizontal ausgerichteten Fläche eine Rinne von Lehm oder Thon (terre dont se servent les potiers) angelegt, in welcher der Ring reichlich Platz fand, und diese mit Wasser gefüllt. Ein Zusatz von Pottasche (de la plante Kali pulvérisée) machte das Kupfer fettfrei, so daß es das Wasser annahm; und die daraus hervorragenden Theile wurden dann mit der Feile fortgenommen. Das muß eine höchst mühsame Arbeit gewesen sein, die nicht einmal zu einem befriedigenden Ende führen konnte. — *Fourdain* sagt übrigens mit einigem Recht: „Ce passage prouve évidemment que les Arabes ne connoissoient pas le tour, ou ne s'en servaient pas encore vers le milieu du dixième siècle de l'hégire“ (Mém., 30), d. i. um 1260. Richtiger würde man aber wohl sagen: sie hatten noch keine für diesen Zweck ausreichende Drehbänke; denn kleinere werden sie ohne Zweifel besessen haben, wenn auch vielleicht noch in der primitiven Form des Drehstuhles; dafür sprechen die noch erhaltenen gut gearbeiteten Plan-Astrolabien.

Ring kaum berühren durften. *Mujid* sagt mit Recht: „Würde sich der innerste Ring fest an dem anderen drehen, so würde der Beobachter ihn nicht bewegen können, besonders wenn er groß ist; dreht er sich aber leicht, so versetzt er sich und bleibt nicht centrisch zur Sphäre“. Es ist aus der Übersetzung nicht zu erkennen, ob *Mujid* diese Art der Ausführung als die von *Ptolemaeus* angewandte ansieht; es erscheint aber als sehr wohl möglich, daß dieser seine 7 bis 8 mal kleineren Ringe auf einer Drehbank hat bearbeiten lassen. Kleine Instrumente haben nach *Mujid* aber keinen Nutzen (Mém., 26, 27). *Mujid* ist auch weder mit den einfachen (vermuthlich an beiden Enden gleich weiten) Dioptern, noch mit den damals offenbar üblichen Rohren zwischen den Dioptern, die falsches Licht abhalten sollten, zufrieden. Er braucht vielmehr ein viel einfacheres Hilfsmittel, bei dem die Diopter angeklemt werden können, wo es am besten scheint (Mém., 27). Leider wird eine nähere Beschreibung nicht gegeben; man darf vermuthen, daß *Mujid*, wie es schon *Hipparch* gethan (I, 3), das dem Auge nahe Diopter klein, das obere größer und verschiebbar gemacht hat, um den durchfallenden Lichtbüschel beliebig beschränken zu können.

Das dritte der älteren Instrumente ist das zur Bestimmung der Schiefe der Ekliptik, ähnlich *Ptolemaeus* Solstitial-Armille (Z. Gesch. 1, Fig. 1), doch mit festem einfachem Ring von 5 cd (vergl. Anm. 5 S. 125) Durchmesser mit einem senkrechten Halbmesser, an dessen Mitte die Alidade sich dreht (Mém., 32), ähnlich wie an seiner Armillensphäre.

Das vierte Instrument weiß *Fourdain* nicht unterzubringen, weil er es bei *Ptolemaeus* unter der von *Mujid* gegebenen Bezeichnung „mit beweglichem Diopter“ nicht findet. Nach der Beschreibung und Gebrauchs-Anweisung (Mém., 33 bis 37) ist es aber ein parallaktisches Lineal (Z. Gesch. 1, Fig. 2) mit einem festen und einem der Länge nach in einer Nuth verschiebbaren Diopter, das einige Eigenthümlichkeiten hat. Besonders ist es in einem niedrigen Gestell azimuthal drehbar und nach einem Kreise ablesbar; dagegen scheint der Sehnarm gefehlt zu haben, denn man wollte keine Zenithabstände messen, sondern Sonnen- und Mond-Durchmesser, auch sollten die Erscheinungen der Verfinsterungen beobachtet werden. Zu dem Zweck wurde das obere, bewegliche Diopter hin- und hergeschoben, bis seine Öffnung, von dem festen Diopter aus gesehen, von der Lichtscheibe gerade ausgefüllt wurde, und dann sein Abstand vom Auge an einer Längentheilung gemessen; Finsternisse beobachtete man mit Hilfe einer Scheibe von geeignetem Durchmesser, die so vor das obere Diopter gehalten wurde, daß nur der leuchtende Theil des Himmelskörpers unverdeckt blieb. Die Länge der Sichel wurde an einer Theilung am Rande der

Scheibe abgelesen.

Mujid beschließt diesen seinen Bericht über die nach älteren Vorbildern ausgeführten Apparate mit der Bemerkung (Mém., 33), über die parallaktischen Lineale, die Ptolemäus erfunden haben wollte, werde er später sprechen. Man darf daraus schließen, daß (wie wir auch annehmen) die soeben behandelte Aufstellung von Mujid nicht zu den gewöhnlichen parallaktischen Linealen gezählt wurde und daß er selbst gewisse Abänderungen daran eingeführt hat, besonders die azimuthale Drehbarkeit, ein Kennzeichen für die meisten der von ihm angegebenen Instrumente, ausgenommen die Armillensphäre, wo die Bewegungen um den Erd- und den Ekliptik-Pol einen gewissen Ersatz für die Drehung im Azimuth geben, aber die von ihm selbst erprobten Schwierigkeiten, welche der Herstellung großer Armillen entgegenstanden, mögen ihm Veranlassung gegeben haben zu dem Versuch, sich von diesen ganz frei zu machen, indem er zu Azimuthal-Instrumenten überging, die leichter herzustellen waren und nicht weniger leisteten. Fourdain nennt geradezu das erste der von Mujid angegebenen Instrumente: *Quarts de cercle movans qui remplacent l'armille* (Mém., 38). Wenn der Sinn dieser Worte dem der arabischen Handschrift entspricht, so würden sie jene Vermuthung voll bestätigen. Auch erscheinen in Suter's Mittheilungen über die Schriften der arabischen astronomischen Autoren erst nach Mujid's Zeit Arbeiten über Muqantar-Quadranten, während sie sich bis dahin fast ausschließlich auf Astrolabien bezogen hatten, die in der kleinen, scheibenartigen Form als Reise-Instrumente auch noch lange Zeit berechtigt blieben. Für die Ausrüstung fester Sternwarten konnten die Armillen-Instrumente aber dauernd nicht genügen und altazimuthale traten an ihre Stelle.

Jenes erste der fünf auf Mujid zurückzuführenden Instrumente ist zugleich das eigenthümlichste und wichtigste unter ihnen [Fig. 1]. Zu Sedillot's Angaben darüber, der es «Instrument des quarts de cercle mobiles» nennt, (Z. Gesch. 1, 311. 9) hören wir von Fourdain weiter bestätigt, daß der große horizontale, mit zwei sich kreuzenden Halbmessern versehene Ring ein gegossener war, und zwar sollte er möglichst groß sein, gleichviel ob aus einem Stück oder aus mehreren bestehend, wenn sie nur fest mit einander verbunden wurden. Man könnte danach auf einen noch größeren, als den oben gefundenen Halbmesser von 3.5 m schließen, denn dort war von einem Zusammenfügen aus mehreren Theilen nicht die Rede. — Nachdem der Ring seine Aufstellung auf einem runden, hohlen Unterbau (*batisse ronde et creuse*), vermuthlich von Mauerwerk, gefunden hatte, wurde zunächst der Mittelpunkt des Ringes ermittelt und nach Art und Weise zweier darum gezogener concentrischer Kreise der innere und der äußere Umkreis bearbeitet (Mém., 39). — Die plane Oberfläche wurde dann horizontal nach einer Art Wasserwaage eingerichtet: nach einer an den Enden geschlossenen und mit Wasser angefüllten Rinne (*la rigole et l'eau*), deren Unterfläche also parallel zur Hochkante bearbeitet sein mußte, so daß bei richtiger Lage der einzurichtenden Fläche das Wasser ringsum gleichmäßig bis zur Hochkante hinan reichte. Oder auch: man richtete etwas oberhalb des Ringes und unabhängig von ihm einen Querbalken mit einem senkrechten, über dem Ringe centrischen Drehzapfen her, an dem ein leichter horizontaler Arm gut drehbar befestigt und dessen Ende nahe über der

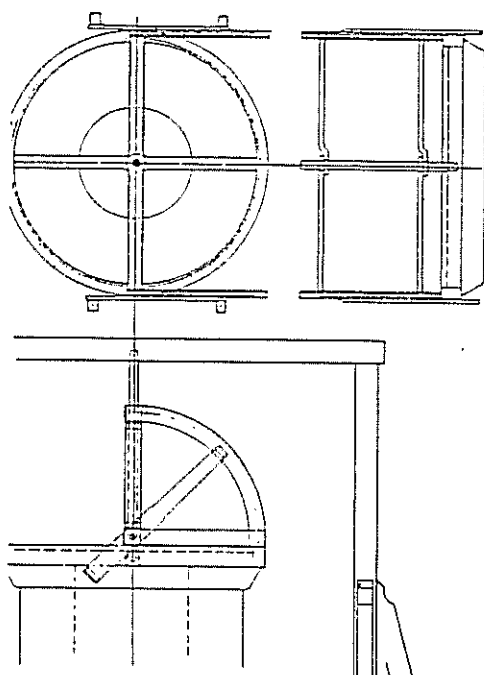


Fig. 1. Azimuthalkreis mit 2 Höhen-Quadranten, Meräga um 1260.

Ring-Oberfläche herumgeführt wurde. Danach erkannte man die vorspringenden Unebenheiten und beseitigte sie mit Hülfe der Feile. Es wird aber nicht angegeben, wie dieser Drehzapfen senkrecht zu richten war, um das Ende des Armes horizontal umlaufend zu machen. Es ist deshalb wohl anzunehmen, daß dazu die oben erwähnte Wasserwaage dienen sollte, daß also beide Hilfsmittel mit einander benutzt wurden, was natürlich vorzuziehen war. Eine wesentliche Erleichterung der Bearbeitung dieses Ringes war es übrigens, daß er nur auf der oberen Fläche gut bearbeitet zu werden brauchte und daß er fest auf seiner Unterlage liegen bleiben konnte, während die Armillen an allen Flächen zu bearbeiten und deshalb wiederholt umzulegen waren. — Die beiden Quadranten über dem Ring bestanden nicht je aus einem einzelnen Stück, sondern waren aus dem Theilungsbogen und zwei sich rechtwinklig schneidenden «Halbmessern» zusammengesetzt, von denen der eine senkrecht auf der Ringfläche stand (Mém., 39). In dieser Lage wurden die Quadranten erhalten durch je zwei mit dem senkrechten Halbmesser mittelst durchgehender Zapfen fest verbundene Flachstäbe (*qui entrent les uns dans les autres*), deren durchbohrte Enden sich an der gemeinschaftlichen senkrechten Drehungsachse der beiden Quadranten gut führten. Und diese Achse wird an ihrem unteren Ende in der Mitte des Ringes gehalten, oben aber an einem Querbalken auf zwei senkrechten,

im Fußboden aufgerichteten Pfosten von solchem Abstände, daß sie bei den Beobachtungen nicht hinderlich sind. — Die Quadranten können so beliebig gegen einander verdreht und gleichzeitig von zwei Personen auf zwei verschiedene Sterne eingestellt werden, oder »n'en faire qu'un«, wie einer sein, d. h. zu einander parallel stehen, so daß der eine wirkt wie der andere. — An den auf der Ringfläche gleitenden Enden der senkrechten Quadranten-Arme befinden sich Indices für die in 360 Grade und Untertheile bezifferte Azimuth-Theilung, die von zwei Nullpunkten, in Ost und West, aus zählt. — Die Alidaden der Quadranten-Theilungen drehen sich um Mittelpunkten und tragen je zwei Diopter (»pinules«). — Es ist anzunehmen, daß auch diese Theile alle, wie der große Ring, aus Kupfer bestanden, da das Gegentheil nicht gemeldet wird und so große Quadranten aus Holz wenig haltbar gewesen sein würden.

Gegenüber den im Gebrauch sehr mühsamen Armillen-Astrolabien war dieser neue Apparat ohne Zweifel sehr bequem. Er ist als ein Azimuthal-Höhen-Quadrant zu bezeichnen (oder nach *Tychö* als ein (doppelter) Azimuthal-Quadrant), und zwar sehr wahrscheinlich als erster seiner Art, die um 1560 in einfacher Form unter dem Landgrafen *Wilhelm IV.* von Hessen auch im Abendlande Eingang fand. Sie ist dann unter mancherlei Umgestaltungen vielfach in Gebrauch und in großem Ansehen geblieben bis zu Anfang des 19. Jahrhunderts.

Auch das zweite, jenem verwandte und von *Sedillot* als »Instrument des sinus et des azimuts«, von *Fourdain* als »Instrument dit à Sinus et à Azimut« bezeichnete Meßwerkzeug [Fig. 3] wird von ihm etwas eingehender beschrieben (Mem., 43).

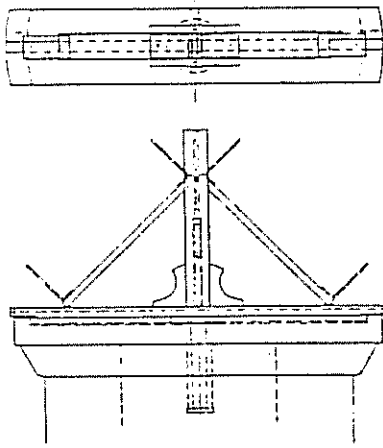


Fig. 3. Azimuthalkreis mit Sinus-Lineal der Sternwarte zu Meriga um 1260.

Da Unterbau und Ring wie bei dem vorigen sein sollen, so ist der Ring als aus Kupfer bestehend anzunehmen; eine innerhalb desselben um einen senkrechten Mittel-Zapfen drehbare, als »Durchmesser« bezeichnete schmale Tischplatte wird

aber als aus Holz gearbeitet angegeben, und danach werden auch die übrigen, damit in Verbindung stehenden Theile aus hartem Holz bestanden haben. Der Durchmesser trägt einen Index (oder 2) für die Azimuth-Theilung des Ringes und ist aus der oberen Fläche der Länge nach von einer breiten Rinne durchzogen, in welcher zwei gleiche, über der Ringmitte durch ein Gelenk verbundene, »Halbmesser« benannte Lineale sich mit ihrem äußeren Ende gleitend führen, wenn man sie an dem Gelenk hebt. Seitlich werden die angehobenen Enden der Halbmesser gesichert zwischen zwei gut versteiften Ständern mit senkrechten Nuthen, in welchen das Gelenk mit seinen vorspringenden Zapfen gleitet und so gezwungen wird, sich nur senkrecht über der Mitte auf und nieder zu bewegen. — Die Halbmesser, als Visirlineale, tragen (sur le dos) je zwei Diopter, an den unteren Enden auch Indices für Theilungen am Rande der Rinne des Durchmessers, die den Sinus des »Complements der Höhe« angeben. — Dieser Apparat wäre ein Azimuthalkreis mit Sinus-Linealen zu nennen. Es ist ersichtlich, daß er, selbst mit hohen Dioptern, nur für Höhen bis wenig über 45° zu benutzen wäre. — In der Grundlage erinnert er an *Geber's* Versuch von ca. 1100 in seiner einfachen Form (Z. Gesch. 1, 11).

Über das Instrument, von dem *Sedillot* nichts Weiteres zu sagen hat, als daß es den Sinus und den Sinus versus angibt, bringt *Fourdain* ebenfalls einiges Nähere; er nennt es »Instrument dit à Sinus et à Flèche« (Mem., 44) [Fig. 4].

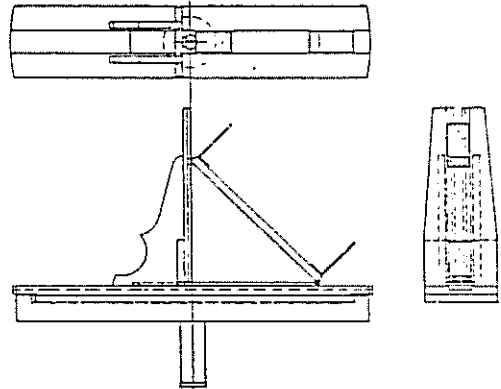


Fig. 4. Azimuthalkreis mit Sinus- und Sinus versus-Lineal der Sternwarte zu Meriga um 1260.

In Bezug auf den Ring, den Durchmesser und die freilich etwas anders gestalteten Ständer darauf, ist es dem vorigen ähnlich; von den beiden Halbmessern gleitet aber der eine, immer horizontal liegend, in der Rinne, während der mit ihm durch ein Gelenk verbundene andere sich mit quer an seinem freien Ende befestigten Zapfen in den Falzen der Ständer führt und bei Benutzung der daran befestigten Diopter in beliebige Neigung gebracht werden kann. Die senkrechten Vorderflächen der Ständer haben jede eine Theilung von gleicher Länge wie die Halbmesser (von Mitte des Gelenks ab gemessen), an welchen die Endkanten des geneigten Halb-

messers den Sinus der Höhe angeben. Der horizontale Halbmesser ist in gleicher Weise geteilt und zeigt an der Vorderkante der Ständer den Cosinus oder den Sinus versus (den die Araber vorzogen), je nachdem vom Gelenk-Ende ab oder vom freien Ende ab gelesen wird. — Das war also ein Azimuthalkreis mit Sinus- und Sinus versus-Lineal. — Die beiden letzten Spielarten des Azimuthal-Instruments stehen hinter dem ersten, mit den Quadranten, durch die beschränkte und indirecte Höhenmessung wesentlich zurück.

Zu dem «Instrument aux deux piliers» (nach *Sédillot*) giebt *Fourdain* (Mém., 41) nichts Neues, als daß der Balken (das Lineal) mit den Dioptern aus dem sehr harten und dem Sichverziehen wenig unterworfenen «sadjé» (Eben- oder Teck-) Holz besteht, daß die Diopter an der Nordseite sitzen und daß die Einstellung auf die Sonne nach der Beschattung des unteren Diopters durch das obere beurtheilt wird; auf Stern-Beobachtungen wurde nicht gerechnet, denn der Sehnen-Arm würde die Diopter verdecken. Es würde sich nicht der Mühe lohnen, hieron eine besondere Skizze herzustellen.

Betreffs des fünften (und letzten) der von *Mujid* angegebenen Meßwerkzeuge in Meräga, von *Sédillot* kurz mit den Worten «une modification de l'instrument des deux piliers, qui devenait azimutal au lieu d'être fixe dans le méridien» abgefertigt, von *Fourdain* dagegen nach *Mujid* «le Parfait» genannt, zeigen dessen eingehendere Mittheilungen (Mém., 45), wie sehr *Sédillot's* allzu knappe Andeutung (vgl. Z. Gesch. 1, 9) mißverstanden werden konnte. Denn es ist ein aufrechtes parallaktisches Lineal, wie das vorige, aber etwas kleiner und mit der erheblichen Neuerung, daß es im Ganzen azimuthal drehbar gemacht wurde (Fig. 5). Zu dem Zweck wurden die beiden Pfeiler durch Holz-Balken ersetzt, die an beiden Enden fest verbunden waren. Sie bildeten so einen starken Rahmen, in dem sich die beiden Lineale bewegten und der unten zu einer starken, in einem festen Gestell mit Azimuthalkreis drehbaren Achse aushief. Die Diopter (mit Loch) sitzen hier seitwärts am Lineal, um das Einstellen auf Sterne zu gestatten. — Der Sehnen-Arm sollte nach *Fourdain* um einen Zapfen drehbar sein, der unten an der Außenseite (à la surface extérieure) eines der senkrechten Balken angebracht war, und durch einen Ansatz am unteren Ende sollte er mit dem Diopter-Lineal in eine Ebene gebracht werden (au moyen d'une entaille faite à l'extrémité par laquelle passe le cylindre, la surface des deux règles se trouve dans le même plan, S. 46); weshalb dieser Umweg, wird nicht gesagt; es scheint ein Irrthum vorzuliegen, der um so wahrscheinlicher ist, als *Fourdain* die von *Mujid* gegebene Beschreibung unklar findet und die Schwierigkeiten, die sie ihm bot, nicht ganz glaubt gehoben zu haben. Die Zeichnung läßt den Sehnen-Arm zwischen den beiden senkrechten Balken gehen.

Der wesentliche in der Einführung der azimuthalen Drehung liegende Fortschritt wird auffälligerweise von *Fourdain* gar nicht erkannt, er spricht vielmehr von diesem Instrument als einem «qui ne me paraît pas mériter l'épithète dont il est qualifié par l'auteur». *Mujid* ist aber, indem er die Möglichkeit gab, Gestirne außerhalb eines festen Verticals zu beobachten und sie doch auf ein festes und bequemes Coordinatensystem zu beziehen, zu einem Reformator der astro-

nomischen Beobachungskunst geworden, wenngleich seine Neuerungen in der Astronomie der Araber, die ihren Höhepunkt schon überschritten hatte, wenig zur Geltung gekommen sein mögen, auch nicht unmittelbar auf die erwachende Astronomie des Abendlandes übergangen und dieser bald nicht mehr genügten. — Die Beobachtungen sollen in Meräga 1261 begonnen haben.

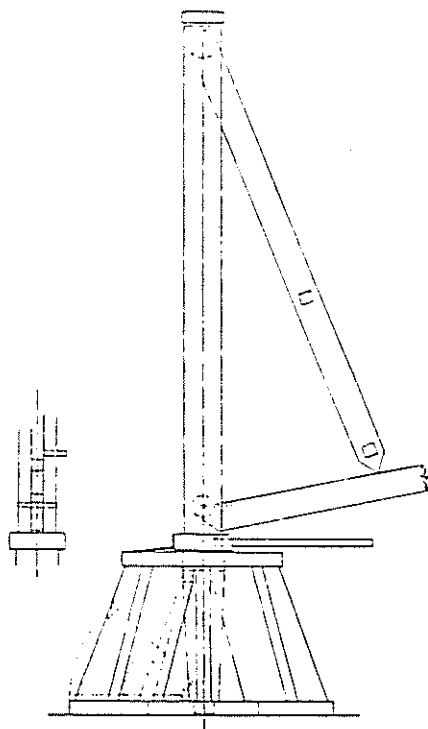


Fig. 5. Parallaktisches Lineal mit Azimuthal-Bewegung zu Meräga um 1260. ca. $\frac{1}{11}$ nat. Gr.

Fourdain's Mittheilungen geben Zeugniß von dem Bestreben der Araber und der Vertreter ihrer auf andere Völkern übergegangenen Cultur, die Größenverhältnisse ihrer astronomischen Apparate möglichst weit zu treiben, um den Ort der Gestirne desto sicherer auffassen zu können. Sie steigern damit auch das Interesse an dem großen Sextanten (vgl. Z. Gesch. 1, 9) des um das Jahr 1000 gestorbenen *Abū Maḥmūd el-Chogendi*, über den des *Abū'l-Ḥasan Alī*¹⁾, von *Sédillot* übersetzte (*Sédillot*, Mém. sur les Instr. astron. des Arabes, 1841, 202) Beschreibung vorliegt (Pariser Ms. Nr. 1148, später, nach *Suter*, 2508). Man hat seiner außerordentlichen Abmessungen wegen bezweifelt, ob dies Bauwerk wirklich ausgeführt wurde. Wenn aber die Araber sich mit

¹⁾ Nach *Suter* sind die vollständigen Namen: *Hämūd ben el-Chidr abū Maḥmūd el-Chogendi* und *El-Ḥasan ben Alī ben Omar el-Marrākūšī*.

den von *Fourdan* geschilderten unzureichenden Werkzeugen an die Herstellung des großen genauen Kupfer-rings wagten, so werden sie vor einem Bauwerk nicht zurückgeschreckt sein, das mit einfachen, wenigleich umfangreichen und nach sorgfältig erwogenem Plan zu verwendenden Hilfsmitteln durchzuführen war: selbst als Project bliebe es bemerkenswerth. In der Skizze [Fig. 6] ist versucht worden, diese großartige Anlage ungefähr zu veranschaulichen. Zur weiteren Erklärung sei dem (Z. Gesch. I, 9 u. 10) Gesagten noch folgendes hinzugefügt:

Die beiden parallel zum Meridian aufgeführten Grundmauern, auf denen das Gewölbe mit der Gnomon-Öffnung zu errichten war, werden nach Norden hin in allmählich, dem getheilten Bogen entsprechend, abnehmender Tiefe fortgesetzt worden sein, um das Erdreich nach beiden Seiten zu halten. Vielleicht kann man aber auch vorgezogen haben, die Erdmassen zu flachen Abhängen nach Ost und West abzuheben; denn für Entwässerung mußte immer gesorgt werden, wenn man nicht in einer regenlosen Gegend baute, wie es die unter freiem Himmel liegende Theilung auf dem mit einem geglätteten Streifen (Leinen, Leder oder dergl.) bezogenen Holzbogen (on le revet d'une bande lissée pour la division, *Sedillot*, 204) zu verlangen scheint. — Gegen Süden hin wird man die Grundmauern unterhalb des Gewölbes durch eine starke Querwand verbunden haben, um das Erdreich dorthin zu stützen, und zwar so, daß das von der Öffnung herabhängende Loth noch frei hing. Der Festigkeit des ganzen Bauwerks wegen empfahl es sich, diese Wand bis unter das Gewölbe hinaufzuführen. — Zu beiden Seiten des im Erdreich festgelegten Holzbogens mit der Theilung mußten Treppen hergerichtet werden, von denen aus man mit Hilfe des von der Hand zu bewegendes Beobachtungsringes mit dem Drahtkreuz die Sonnen-Beobachtungen anstellen konnte. — Die Gnomon-Öffnung wird man zweckmäßig nicht unmittelbar in dem Mauerwerk angebracht haben, sondern in einer größeren, an dem eingemauerten Bolzen befestigten Platte. — Das Holzrohr ist in fein punktierten Linien, senkrecht hängend, angedeutet. Daß es nur zur Herstellung des Theilungsbogens gedient hat, ist um so weniger zu bezweifeln, als der Abstand des Sonnenbildes von dem Lothpunkt (point ou tombe le fil à plomb) gemessen werden sollte; das Rohr würde aber die Beobachtung des Lothes wenigstens sehr erschwert haben und wird deshalb nach Vollendung des Theilungsbogens beseitigt worden sein.

III. Über Schatten-Quadrate.

Die Rückseite der arabischen Astrolabien pflegt durch zwei Durchmesser, einen der Lothrichtung des am Gelenkring hangenden Instruments parallelen und einen wagerechten, in vier Quadranten zerlegt zu sein, die am Rande in eine 360°-Theilung auslaufen, für die Alidade mit den Dioptern. Inner-

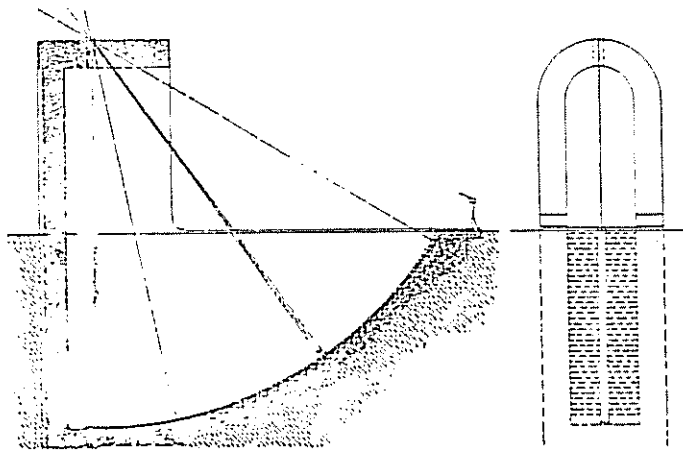


Fig. 6. Sextant des *Abi Mahmūd el-Chagendi*, um 1000. ca. $\frac{1}{100}$ nat. Gr.

halb der Theilung liegen mehrere concentrische, einen immerwährenden Kalender enthaltende Kreise; die dann innen noch freibleibende Kreisfläche aber wird in den beiden oberen Quadranten meist für eine Inschrift des Verfertigers des Instruments, mit Ort und Zeit der Entstehung, benutzt, während in die beiden unteren Quadranten zwei sogenannte Schatten-Quadrate gezeichnet sind (*Staffler*, *Elucidatio* ... *Astrolabii*, *Luettiae* 1553, 49^b).

Diese Quadrate, die also je mit zwei Seiten in die Durchmesser fallen, sind an den übrigen Seiten je in 12 gleiche, von 0 bis 12 bezifferte Theile zerlegt, die durch Linien zum Mittelpunkt als Schnittpunkte von Tangenten und Cotangenten erscheinen. — Zu diesen Quadranten gehört ein dünner cylindrischer Stift (stilus), der rechtwinkelig zur Rückseite aus dem Mittelpunkt hervorsticht und als Gnomon dienen kann, wenn das Astrolabium, horizontal liegend, mit seinem senkrechten Durchmesser in die als bekannt vorausgesetzte Meridianrichtung des Ortes eingerichtet worden ist. Es ist dann eine Art Sonnenuhr, wenigleich die Theilung der Quadrate den Stunden nicht entspricht; besonders wurde es so benutzt, wenn man sich vorbereitete, die Sonnenhöhe im Meridian zu messen (*Staffler*, 73^b). Man wartete ab, daß der Schatten des Stiftes die Meridianlinie im Instrument deckte, um dann sogleich zur Höhenmessung zu schreiten, indem man nun das Astrolabium mit dem Gelenkring an einen Finger hängte, seine Rückseite in Richtung der Sonnenstrahlen brachte und die Alidade so drehte, daß die Strahlen durch das erste Diopter in das andere schienen (*Staffler*, 68). Das Alidaden-Lineal zeigte dann an der 360°-Theilung die Sonnenhöhe an. Es wurde dabei angenommen, daß das Instrument möglichst frei hing, so daß die Rückseite sich ohne Weiteres senkrecht stellte, und es erforderte natürlich eine große Geschicklichkeit, dabei auch die Alidade einzustellen.

Hauptsächlich wurden indeß die Schattenquadrate für

terrestrische Höhenmessungen benutzt, und sie werden deshalb oft auch als »scalae altimetrae« bezeichnet. Der Stif in der Mitte war dabei unnöthig. Das Astrolabium wurde in hängender Lage verwandt, wie bei Sonnenbeobachtungen, mit dem Unterschied indeß, daß man die Diopter-Öffnungen mit dem Auge auf den Punkt, dessen Höhe zu messen war, einstellte und daß nicht die 360°-Theilung abgelesen wurde, sondern die Tangenten-Theilung des Quadrates mit Benutzung der inneren Seitenkante des Diopterlineals. Man erhielt so mit der Tangente unmittelbar das Verhältniß zwischen der gesuchten Höhe und dem bekannten horizontalen Abstände des Punktes von dem Beobachtungsort. Das war einfacher als die Benutzung der Kreistheilung und wird für die Zwecke des Geometers genügt haben, während für astronomische Messungen die Kreistheilung zweckmäßiger war.

Bezeichnet werden die Seiten der Quadrate in der Übersetzung aus dem Arabischen als horizontale und verticale (*Sedillot*, *Memoire*, 1841, 170, *Sarrus*, *Mém.*, Straßburg 1853, liv. 2, 8), später als *latus umbrae rectae* und *latus umbrae versae* (*Stöffler*, 40^a, 155^b); an dieser gaben die Theilungen Höhen an, an jener Zenith-Abstände. — Die nach dem Gesagten wenig zutreffend erscheinende Bezeichnung »Schattenquadrat« läßt vermuthen, daß ursprünglich, um die Kreistheilung, auf die man sich nicht verstand, zu ersparen, auch die Sonnenhöhen, mit Benutzung des Stiftes, an den Schatten-Quadraten beobachtet wurden und daß man nach alter Gewohnheit unter »umbra« nicht nur die im Sonnenlicht hinter dem Stift erscheinende Schattenlinie, sondern allgemein die zu messende Richtung verstand. Und in der That sagt *Stöffler* (S. 155^b):

»Linea induciue Alhidadae dicitur umbra vel visualis linea«.

Die Griechen scheinen an ihren Meßwerkzeugen das Schatten-Quadrat nicht angewandt zu haben. Es wird danach eine Erfindung der Araber sein, und es findet sich schon bei den ältesten ihrer uns bekannt gewordenen Astrolabien, d. i. zu Anfang des 10. Jahrhunderts (*Sedillot*, 150, 172). — Später wurden dann auch besondere Quadrate mit Tangenten-Theilungen in größerem Maaßstabe ausgeführt, mit einem Loth an der senkrechten Seite zur Sicherung der richtigen Aufstellung. Zu diesen zählt *Purbach's* (*Quadratum geometricum* (oder *Gnomonometricum*) von 1450, von 0.85 m Seite (*Regiomontanus*, *Scripta* 1534, 61). Dieses war für Stern-Beobachtungen (zu denen es dienen sollte) weniger zweckmäßig, als es eine Kreistheilung gewesen wäre; aber eine solche sollte wahrscheinlich der Schwierigkeit ihrer Ausführung wegen umgangen werden. — Dagegen hat *Apian* um 1530 an seinen kleinen Quadranten (Z. Gesch. 1, Fig. 11) das Tangenten-Quadrat durch zwei concentrisch neben die Kreistheilung gelegte Bögen ersetzt, die von 0 an beiden Enden bis 100 bei 45° der Kreistheilung beziffert sind und in den Werthen nach Maaß der Tangenten abnehmen. Noch *Tycho* hat zwei seiner größten Quadranten, beide von 1587, mit umschließenden nach Tangenten getheilten Quadranten versehen (Z. Gesch. 1, Fig. 26, 37). Der Landgraf *Wilhelm IV.* von Hessen aber hatte schon 1560 seinen Quadranten (Z. Gesch. 1, Fig. 14) aus constructiven Gründen wohl mit einem Quadrat umgeben, es aber ohne Theilung gelassen, weil sie neben der Kreistheilung unnöthig war. — Nach *Tycho* scheinen Tangenten-Theilungen nicht mehr vorgekommen zu sein.

Die Bestimmung der krummen Stunden der Deklination und der Gebetszeiten mittels des Astrolabs.

Von J. WÜRSCHMIDT, Erlangen (früher Konstantinopel).

Mit 4 Figuren im Text.

Im vergangenen Jahre habe ich ein türkisch-arabisches Quadrant-astrolab beschrieben, das in erster Linie dazu diente, aus der gemessenen Sonnenhöhe die Zeit zu bestimmen, mit dem aber auch eine Reihe von anderen Größen, wie die Dauer des Tages, die Zeit des Sonnenaufganges oder Unterganges in einfacher Weise bestimmt werden können. Während der große Quadrant des Instrumentes neben der Teilung in 90° noch zwei andere Teilungen aufwies, die gestatten, die trigonometrischen Tangenten und Kotangenten zu den an der ersten Teilung abgelesenen Winkeln zu bestimmen, befinden sich an dem kleinen Quadranten 3 Teilungen, deren Bedeutung mir damals noch unklar blieb, wenn auch die der äußersten und innersten Teilung beigeschriebenen arabischen Worte *zemanie* und *asr ewwel*, d. h. „zeitliche“ und „erstes Asr“ (Nachmittagsgebet), darauf hindeuteten, daß es sich um die Bestimmung der zeitlichen Stunden bzw. der Zeit des Gebetes handele. Ebenso blieb mir die Bedeutung der sechs innerhalb des kleinen Quadranten gezogenen, durch den Mittelpunkt des Quadranten gehenden Kreise noch unaufgeklärt.

Eine Darstellung des Zweckes der erwähnten Teilungen und Kreise fand ich in einem großen, sich mit Sonnenuhren und Astrolabien der verschiedensten Formen befassenden Werke von GAZI ACHMED MUCHTAR Pascha „*Ryiaz almuchtär*“, gedruckt in Kairo im Jahre 1303, d. i. 1887. Hier findet sich in Fig. 81 und 82 ein mit dem von mir beschriebenen nahezu identischer Quadrant abgebildet, der insbesondere die gleichen

Teilungen der kleinen Quadranten, außerdem aber noch eine für die Bestimmung des zweiten Asr, sowie die 6 Kreise innerhalb des kleinen Quadranten aufweist.

Dieselben 6 Kreise finden sich auch auf dem einen Quadranten eines Astrolabs, das Herr Geheimrat WIEDEMANN-Erlangen von Herrn Geheimrat VON LUSCHAN-Berlin erhalten hat, und über das er demnächst berichten wird.

Endlich machte mich Herr Dr. FRANK-Erlangen darauf aufmerksam, daß Quadranten, die mit den genannten Kreisen versehen sind, in einem von GREGOR REISCH verfaßten Werk „Margarita philosophica“ (Basel o. J., ca. 1503) abgebildet sind, und daß sich daselbst auch eine Beschreibung des Gebrauches findet (im Anhang zum 7. Buch: *Tractatus de compositione instrumentorum astronomicorum*).

Die Gebrauchsanweisung des lateinischen Textes von REISCH und des türkischen von ACHMEN MÜCHTAR decken sich im wesentlichen, eine nähere Begründung fehlt sowohl hier als dort.

Für die Bestimmung des Asr findet sich gleichfalls in dem türkischen Werke eine Anweisung, die Bedeutung der mittleren Teilung des kleinen Quadranten ergab sich dann von selbst.

1. Die Bestimmung der zeitlichen Stunden.

Ich gebe zunächst die obigen Gebrauchsanweisungen dem Sinne nach wieder.

Man bestimmt mittels des Astrolabs die Kulminationshöhe der Sonne an dem betreffenden Tage. Dann stellt man den Faden, an dem das Lot befestigt ist, auf diesen Höhenwinkel an dem großen Quadranten ein und stellt die an dem Faden angebrachte bewegliche Marke (den „Knoten“ bzw. die „Perle“) auf den Schnittpunkt des Fadens mit dem innersten der 6 Kreise in dem kleinen Quadranten ein. Bewegt man dann den Faden, bis die Marke auf dem zweiten der 6 Kreise steht, so kann man an dem großen Quadranten die Sonnenhöhe ablesen, wenn eine zeitliche Stunde verflossen ist; steht die Marke auf dem 3. Kreis, so entspricht dies der 2. Stunde usw. Umgekehrt kann man aus der momentanen Höhe die Zeit, in zeitlichen Stunden gemessen bestimmen. Dabei müssen natürlich Bruchteile der Stunden geschätzt werden, da die sechs den vollen zeitlichen Stunden entsprechenden Kreise keine Unterabteilungen aufweisen.

Die Richtigkeit dieser Anweisung ergibt sich aus folgenden Ausführungen. zuvor aber seien einige allgemeine Bemerkungen vorausgeschickt.

Die Methode der Araber zur Zeitbestimmung geht offenbar darauf hinaus, die Zeit als Funktion zweier Veränderlichen, der Kulminationshöhe der Sonne und ihrer momentanen Höhe darzustellen. Messen wir die Zeit in der uns geläufigen Weise als Stundenwinkel der Sonne t ,

so ist t eine Funktion von 3 Veränderlichen, denn es gilt die Beziehung

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t.$$

t ist also von der augenblicklichen Höhe h , der geographischen Breite φ und der Deklination δ der Sonne abhängig. Führen wir an Stelle der Variablen φ und δ als neue Variable die Kulminationshöhe H und den halben Tagbogen t_0 , d. h. die Zeit zwischen Aufgang (oder Untergang) und Kulmination, durch die Gleichungen

$$\begin{aligned} \sin H &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \\ \text{und } 0 &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t_0 \end{aligned}$$

ein, so ergibt sich für t die Beziehung

$$\cos t = \cos t_0 + \frac{\sin h}{\sin H} (1 - \cos t_0).$$

Der Stundenwinkel hängt also außer von der augenblicklichen und der Kulminationshöhe noch von der halben Tagesdauer ab. Nur wenn man die Zeit in der Weise mißt, daß man die Dauer des halben Tages gleich 6 Stunden = 90° setzt, d. h. als jeweilige Einheit der Zeitmessung verwendet, wird die Zeit nur von den beiden ersten Variablen allein abhängen, da dann die dritte Variable t_0 implizite in der neuen Zeitvariablen t' enthalten ist.

Diese Art der Zeitmessung ist aber gerade die, die von den Arabern vielfach neben der uns geläufigen benutzt wurde; die so gemessenen Stunden bezeichnete man als ungleichförmige oder krumme oder zeitliche Stunden. Für den Fall der Tag- und Nachtgleiche ist der halbe Tagbogen gleich 6 Stunden, d. h. eine krumme Stunde gleich einer gewöhnlichen Stunde, somit ist dann

$$\cos t = \frac{\sin h}{\sin H} = \cos t'.$$

Es liegt nahe, zu vermuten, daß diese Beziehung $\cos t' = \frac{\sin h}{\sin H}$ auch sonst gilt; daß dies tatsächlich der Fall ist, ergibt sich aus folgendem:

Projiziert man den Tagbogen AKU auf eine durch K gehende, zum Horizont $NASU$ senkrechte Ebene, so ist seine Projektion der Halbkreis $A'KU$, dessen Radius $A'M = KM = U'M = \sin H$ ist, wie aus Fig. 1 und 2 hervorgeht. Der Sonnenhöhe h entspreche die Stellung in S , die Projektion von S sei S' , dann ist $S'F = \sin h$. Nach der Definition der krummen Stunden verhält sich die in krummen Stunden gemessene Zeit t' zu 90° wie die in gewöhnlichen Stunden gemessene Zeit t zum halben Tagbogen t_0 . Da $KU = t_0$, $KS = t$ und $KU' = 90^\circ = 6$ Stunden und $KU:KS = KU':KS'$, so ist KS' gleich der in zeitlichen Stunden gemessenen Zeit t' . Aus Fig. 2 folgt dann, da $\widehat{KS} = \widehat{KM S'}$

$$\cos t' = \frac{S'F}{S'M} = \frac{S'F}{KM} = \frac{\cos h}{\cos H}.$$

Man kann also die Zeit in krummen Stunden in sehr einfacher Weise aus der augenblicklichen Höhe h und der Kulminationshöhe H bestimmen.

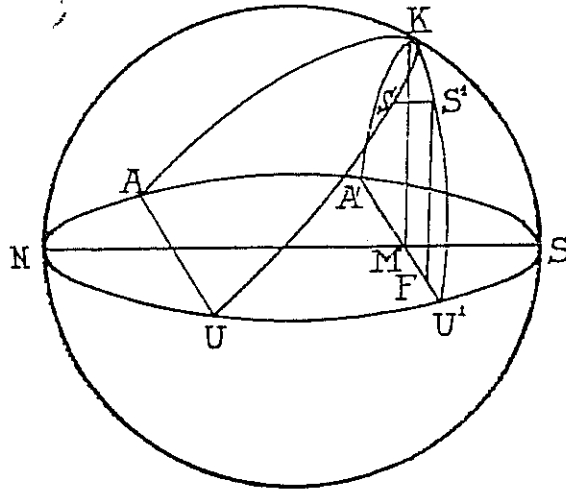


Fig. 1.

Die innere Teilung des kleinen Quadranten ist in 6 gleiche Teile geteilt, die den 6 Stunden entsprechen. Durch diese Teilpunkte und den Mittelpunkt des Quadranten sind Kreise gelegt, deren Mittelpunkte sämtlich auf dem einen Durchmesser des Quadranten liegen. Betrachtet man diesen Durchmesser als positive X-Achse, den zu ihm senkrechten

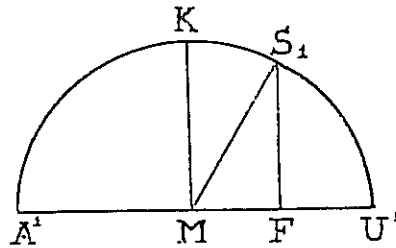


Fig. 2.

Durchmesser als positive Y-Achse und bezeichnet man den Stundenwinkel (in krummen Stunden gemessen) mit t' , und nimmt man ferner den Radius des kleinen Quadranten gleich 1, so ist die Gleichung eines dieser Stundenkreise

$$\left(x - \frac{1}{2 \cos t}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{1}{2 \cos t}\right)^2 \quad \text{oder} \quad x^2 + y^2 - \frac{x}{\cos t} = 0.$$

Speziell der innerste Kreis hat die Gleichung

$$(x - \frac{1}{2})^2 + y^2 = (\frac{1}{2})^2 \quad \text{oder} \quad x^2 + y^2 - x = 0,$$

die anderen erhält man, wenn man t der Reihe nach gleich 15° , 30° usw. setzt. Der Anleitung zufolge bringt man den innersten Kreis mit dem Faden zum Schnitt, der mit der Y-Achse den Winkel H bildet. Dem entsprechend schneiden wir den innersten Kreis $x^2 + y^2 - x = 0$ mit der Geraden $y = x \operatorname{ctg} H$ und erhalten für die Koordinaten des Schnittpunktes

$$\xi = \sin^2 H \\ \eta = \sin H \cos H.$$

Wird nun der Faden bewegt, so beschreibt die Marke einen Kreis, dessen Radius $\varrho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} = \sin H$ ist. Schneidet man diesen Kreis $x^2 + y^2 = \sin^2 H$ mit einem der Stundenkreise $x^2 + y^2 - \frac{x}{\cos t} = 0$, so hat der Schnittpunkt die Koordinaten

$$x_t = \cos t \sin^2 H \\ y_t = \sin H \cdot \sqrt{1 - \cos^2 t \sin^2 H}.$$

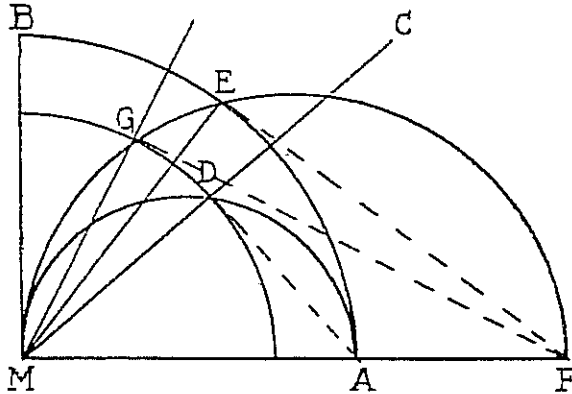


Fig. 3.

Die durch diesen Punkt und den Mittelpunkt des Quadranten gezogene Gerade, d. h. der auf diesen Punkt eingestellte Faden bildet mit der Y-Achse einen Winkel, der bestimmt ist durch

$$\operatorname{ctg} \psi = \frac{y_t}{x_t} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 t \sin^2 H}}{\cos t \sin H} \quad \text{oder} \quad \sin \psi = \cos t \sin H,$$

d. h. der Winkel ψ , den man am großen Quadranten ablesen kann, ist nichts anderes als der augenblickliche Höhenwinkel h , für den wir oben die gleiche Beziehung $\sin h = \cos t \sin H$ abgeleitet haben.

Elementargeometrisch läßt sich die Richtigkeit des Satzes in folgender Weise nachweisen, und das dürfte wohl der Weg sein, den die arabischen Gelehrten beschritten haben.

Es sei (Fig. 3) AMB der kleine Quadrant. Über MA als Durchmesser sei der Halbkreis gezogen, ferner durch M die Gerade MC , die mit MB den Winkel H bildet. Sie schneidet den Halbkreis im Punkte D . und da im rechtwinkligen Dreieck $MDA \angle MAD = H$ ist, so ist $MD = \sin H$, wenn $MA = 1$ ist. Es sei nun $EA = t'$, und der Stundenkreis MEF , dessen Mittelpunkt auf MF liegen muß, gezogen. Dann ist ME einerseits $= 1$ (da $= MA$), anderseits $= MF \cdot \cos t$.

Also ist $1 = MF \cos t$.

Der Stundenkreis schneidet den Kreis mit dem Radius $MD = \sin H$ in G . MG ist einerseits $= \sin H$, anderseits $= MF \sin h$, wenn man den Winkel BMG mit h bezeichnet.

Also ist $\sin H = MF \sin h$.

Die Elimination von MF ergibt:

$$\cos t = \frac{\sin h}{\sin H}, \text{ wie oben.}$$

2. Bestimmung der Deklination der Sonne aus ihrer Länge.

Die mittlere der auf dem kleinen Quadranten angebrachten Theilungen ist eine ungleichförmige und läuft, indem die Teile immer größer werden, von 0 bis über 23. Es lag deshalb nahe, an einen Zusammenhang mit der Ekliptikschiefe ($23\frac{1}{2}$) zu denken. In der That gestattet die Theilung, zu den am großen Quadranten gemessenen astronomischen Längen der Sonne die zugehörigen Werte der Deklination abzulesen. In der folgenden Tabelle habe ich die aus $\sin \delta = \sin \epsilon \sin \lambda$ berechneten Werte der Deklination und die an dem Quadranten abgelesenen zusammengestellt, um einen Begriff von der Meßgenauigkeit zu geben.

Länge	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Dekl. (ber.)	3°55'	7°50'	11°27'	14°51'	17°39'	20°06'	22°00'	23°07'	23°30'
Dekl. (abgel.)	4°	7 $\frac{1}{4}$ °	11 $\frac{1}{2}$ °	14 $\frac{3}{4}$ °	17 $\frac{1}{2}$ °	20°	22°	23°	23 $\frac{1}{2}$ °

5. Bestimmung des ersten und zweiten Asr.

Zur Bestimmung des ersten Asr gibt ACHMED MÜCHTAR Pascha folgende Anleitung.

Man bestimmt die Kulminationshöhe der Sonne an dem betreffenden Tage, stellt den Faden an dem in Grade getheilten großen Quadranten auf diesen Höhenwinkel ein und liest an der konzentrisch zu der Gradtheilung angebrachten Kotangententeilung den zugehörigen Wert ab. Dann addiert man zu dieser Zahl 12, stellt den Faden auf die erhaltene Zahl auf der Kotangententeilung und sucht den ihr ent-

sprechenden Wert auf der Gradteilung. Dieser ist die Sonnenhöhe zur Zeit des ersten Asr.

Die Zeit des ersten Asr wird gewöhnlich, wie ich einer Mitteilung von Herrn Geheimrat WIEDEMANN entnehme, von den arabischen Gelehrten so definiert, daß es der Zeitpunkt ist, in welchem der Schatten eines Stabes gleich ist dem Schatten zur Zeit der Kulmination vermehrt um die Länge des Stabes. Ist also (Fig. 4) die Kulminationshöhe H , die Höhe zur Zeit des ersten Asr h_1 und die Länge des schattenwerfenden Stabes L , so ist die Schattenlänge um Mittag $AB = L \cotg H$, zur Zeit des ersten Asr $AC = L \cotg H + L = L \cotg h_1$, also ist

$$\cotg h_1 = \cotg H + 1.$$

Da bei unserem Quadranten $\tan 45 = 12$ Teilen gesetzt ist, lesen wir an der Tangenten- und Kotangententafel nicht diese selbst, sondern 12 mal so große Werte ab, wir müssen also, um nach obiger Gleichung mit dem Quadranten die Höhe h_1 zu bestimmen, zu $\cotg H$ nicht 1, sondern 12 addieren und dann den zugehörigen Winkel h_1 suchen.

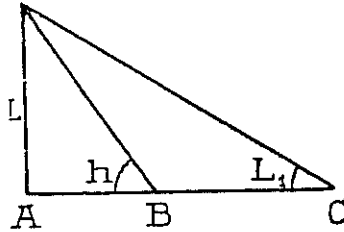


Fig. 4.

Um aber diese Aufgabe noch zu erleichtern, führt ACHMED MUCHTAR Pascha fort, ist an dem kleinen Quadranten eine Teilung angebracht, an der man die zu den einzelnen Kulminationshöhen H gehörigen Asrhöhen h_1 direkt ablesen kann. Dies ist die äußerste Teilung des kleinen Quadranten, die gleichfalls ungleichförmig geteilt ist und von $0-45^\circ$ geht.

Wir geben wieder in einer Tabelle die berechneten und die abgelesenen Werte für die Sonnenhöhen zur Zeit des ersten Asr.

H	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
h_1 ber.	$8^\circ 30'$	15°	$20^\circ 10'$	$24^\circ 30'$	$28^\circ 30'$	$32^\circ 30'$	$36^\circ 10'$	$40^\circ 20'$	45°
h_1 abgel.	$8\frac{1}{2}^\circ$	15°	20°	$24\frac{1}{2}^\circ$	$28\frac{1}{2}^\circ$	$32\frac{1}{2}^\circ$	$36\frac{1}{4}^\circ$	$40\frac{1}{4}^\circ$	45°

Zur Bestimmung des zweiten Asr hat man nach ACHMED MUCHTAR Pascha zur Kontangente von H an Stelle von 12 24 zu addieren, somit ist das zweite Asr durch die Gleichung $\cotg h_2 = \cotg H + 2$ definiert. Für das zweite Asr findet sich auf dem mir vorliegenden Quadrantastrolab keine eigene Teilung an dem kleinen Quadranten, wohl aber bei dem von ACHMED MUCHTAR Pascha beschriebenen.

Dagegen dienen die auf der Rückseite des von mir beschriebenen Quadrantastrolabs schräg durch den Quadranten laufenden beiden Linien

zur Bestimmung des ersten und zweiten Asr. Dies geht auch aus der Abbildung bei ACHMED MUCHTAR Pascha hervor, in der an diesen Linien „asr ewvel“ bzw. „asr sani“ steht. Um das erste bzw. zweite Asr zu bestimmen, stellt man den Faden auf die betreffende Kulminationshöhe der Sonne ein, indem man den Winkel von b aus zählt (vgl. Abbildung 2 meiner vorjährigen Mitteilung). Der Faden schneidet dann die beiden Linien je in einem Punkt, dessen Abstand von a b gleich der gesuchten Asrhöhe h_1 bzw. h_2 in Graden ist. Die berechneten und die beobachteten Werte stimmen auch hier im allgemeinen recht gut überein, nur für die größeren Werte des ersten Asr zeigt sich eine merkliche Differenz, indem als Wert für h_1 für die Sonnenhöhe 90° statt $45 \pm 2\frac{1}{2}$ genommen wird, das gleiche findet sich übrigens auch bei ACHMED MUCHTAR Pascha. Für das zweite Asr stimmt der Wert für die Kulminationshöhe 90° mit dem berechneten ($26^\circ 30'$) genau überein.

Zur Geschichte des Astrolabs

Habilitationsschrift

(Auszug)¹⁾

zur Erlangung der Venia docendi der hohen philosophischen
Fakultät der b. Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Dr. phil. Josef Frank

Erlangen, 23. März 1920

¹⁾ Die vollständige Arbeit „Das Astrolab, seine Entwicklungsgeschichte, seine Konstruktion, seine Abarten und seine Verwendung“ erscheint später

Universitäts-Buchdruckerei von Junge & Sohn, Erlangen
1920

Zur Geschichte des Astrolabs.

Von Josef Frank.

Im folgenden sind neben einem kurzen Abriss der Entwicklungsgeschichte des Astrolabs einige seiner wichtigsten Abarten, die bisher fast nur dem Namen nach bekannt waren, beschrieben, ihre Konstruktion und ihre hauptsächlichsten Verwendungen besprochen. Dabei ist die Kenntnis des gewöhnlichen Astrolabs, des nördlichen und des südlichen, vorausgesetzt. In einer demnächst erscheinenden vollständigen Arbeit über das Astrolab von dem Verfasser sollen die Beschreibung, Konstruktion, Anwendung u. s. w. dieser und verschiedener anderer Arten, die in die vorliegende Arbeit nicht aufgenommen werden konnten, mitgeteilt werden.

Die folgenden Ausführungen sind meist dem Werke von Abū'l Raihān Muḥammed b. Ahmed al Birūnī (973—1048) „Eingehende Behandlung (Istifāb) aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“ entnommen. Von dieser Schrift sind verschiedene Handschriften in arabischer Sprache vorhanden. Vergl. E. Wiedemann, Weltall 20, S. 25. 1919. Hauptsächlich benutzte ich die Handschrift 1066 des Leydener Katalogs, die in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellt wurde. Ich konnte die Übersetzungen von Herrn Geheimrat Dr. E. Wiedemann benutzen, dem auch an dieser Stelle dafür bestens gedankt sei. Es sei noch erwähnt, daß Birūnī absichtlich unterlassen hat, irgendwelche mathematischen Beweise für aufgestellte Behauptungen und Konstruktionsmethoden in diesem Buche zu geben.

Die Figuren der Spinnen sind wegen ihres historischen Interesses eine naturgetreue Wiedergabe der Abbildungen in der Handschrift. Sie wurden nach dem Verfahren, auf das F. Hauser in Sitzungsber. Phys. med. Soz. in Erlangen 46, 170. 1914 hinweist, hergestellt. Es sei bemerkt, daß in der Handschrift und auch hier die Unterteilungen der Tierkreiszeichen nicht richtig sind, da die Teile ebensowenig wie die Zeichen selbst gleich groß sein können. In der Handschrift sind auf den Spinnen die Namen und nicht die Symbole der Tierkreiszeichen eingeschrieben.

Die Figuren der Scheiben wurden neu konstruiert.

Die nachfolgenden Abkürzungen sind für die regelmäßig angeführten Quellschriften gebraucht:

Suter = Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke (Abhdl. z. Gesch. d. math. Wiss., X. Heft, 45. 1900).

Suter-Fihrist = Das Mathematiker-Verzeichnis im Fihrist d. Ibn Abi Ja'qūb al-Nadīm (Zeitschr. f. Mathem. u. Physik, 37, Suppl. 1892).

18*

Das Astrolab ist neben der Armillarsphäre und dem Quadranten das verbreitetste astronomische Instrument im Altertum und vor allem im Mittelalter.

Um das Verständnis der weiteren Ausführungen zu erleichtern, sei zunächst dies Instrument in seiner Form und in seiner Anwendung kurz skizziert. 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 (Muqantara 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 Muqantara- 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 Kreishögen 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 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.

Von besonderer Wichtigkeit war für die Alten die Kenntnis des Sternes oder Sternbildes, das in einem gewissen Zeitpunkt gerade auf- oder untergeht, ober- oder unterhalb des Horizontes kulminiert, da diese 4 ausgezeichneten Punkte am Himmel in der Astrologie, die im Altertum und auch noch im Mittelalter von vielen hervorragenden Gelehrten gepflegt wurde, die Grundlagen bildeten, um sich rechnerisch ein Urteil (Judicium) für den Eintritt zukünftiger Ereignisse zu verschaffen.

Mit dem Astrolab kann man die Sterne in diesen Hauptstellungen unmittelbar bestimmen. Man braucht nur nachzusehen, welches Gestirn bei der 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 verfloßen ist. Man legt durch Drehung der Spinne den Stern auf die der Höhe entsprechende Muqantara, 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 mit dem Astrolab mechanisch, fast ohne Rechnung, gelöst werden. Ġābir b. Ḥajjān al Šūfī zählt in einer uns nicht mehr erhaltenen Schrift 1000 solcher auf. Wie bei den in anderen bekannten Schriften angegebenen Aufgaben ist wohl auch hier eine große Anzahl derselben im Grund genommen nicht voneinander verschieden, andererseits dürften viele andere mit dem Astrolab wenig oder überhaupt gar nicht zusammenhängen. Auf Einzelheiten sei hier nicht eingegangen.

Entwicklungsgeschichte des Astrolabs.

Das Astrolab ist wahrscheinlich griechischen Ursprungs. In seiner einfachsten Form geht es nach Vitruv auf Apollonius, ja vielleicht sogar auf Eudoxus, die im 2. beziehungsweise im 4. Jahrhundert v. Chr. lebten, zurück. Nach einer Beschreibung eines mit dem Astrolab nahe verwandten Zeitmessers von Vitruv zu schließen, dürfte die bewegliche Scheibe nur die Projektion des Tierkreises enthalten haben, während auf der festen Scheibe nur der Horizont und die Stundenlinien gezeichnet waren. Hipparch, der etwas später wie Apollonius ist, erweiterte die Spinne, indem er in sie außer dem Tierkreis noch 16 Fixsterne aufnahm. Damals diente das Astrolab lediglich zur Zeitbestimmung und zwar vornehmlich bei Nacht, da bei Tag der Gnomon zur Verfügung stand. In dieser Form fand es wohl Ptolemaeus, der im 2. Jahrhundert n. Chr. lebte, vor; wenigstens erwähnt er in seiner Schrift „*Ἀπλώσις τῆς ἐπιφανείας σφαίρας ἐν ἐπιπέδῳ*“, „Die Ausbreitung (Projektion) der Kugelfläche in der Ebene“, in der er die Theorie der Konstruktion der einzelnen Linien in der Zeichnungsebene gibt, nur die eben genannten Linien. Im Laufe der nächsten Jahrhunderte wurden auf der festen Scheibe auch die Projektionen der Muqantara gezeichnet, die Scheibe mit einem in 360° geteilten Ring umgeben, die Spinne mit einem Zeiger im Anfang des Steinbocks versehen, der über der Teilung spielte, und das Astrolab mit einem drehbaren Visierlineal mit 2 Dioptern ausgerüstet, das über eine Kreisteilung auf dem Rücken des Astrolabs sich bewegte. In dieser Form muß das Astrolab der in der 2. Hälfte des 4. Jahrhunderts n. Chr. lebende Alexandriner Theon gekannt haben. In seiner Schrift „*Εἰς τὸν μικρὸν ἀστρολάβον ὑπόμνημα*“, die nach Klamroth identisch ist mit der von Ja'qûbî angeführten und fälschlicherweise Ptolemaeus zugeschriebenen Schrift „über das Scheibenwerk d. h. Astrolabium“ und von dem wir durch Ja'qûbî wenigstens den Inhalt kennen, ist von den Muqantara's, dem geteilten Ring und dem Diopterlineal die Rede. Eine etwas genauere Beschreibung des Astrolabs in dieser Form verdanken wir dem Alexandriner Johannes Philoponus, der im 6. Jahrhundert lebte. Auch im 7. Jahrhundert stand nach der Schrift des Syrsers Severus Sabukt das Astrolab, das von den Griechen den Weg

nach Kleinasien gefunden hat, auf der gleichen Entwicklungsstufe.

Um dieselbe Zeit wurde von den syrisch sprechenden Haranern Astrólabien in größerer Zahl hergestellt, und durch sie kamen sie zu den arabisch sprechenden Völkern. Dabei spielten als Vermittler der griechischen Kultur die syrischen Ärzte eine ganz hervorragende Rolle, die an den Hof des Chalifen zu Bagdad mit Vorliebe berufen wurden. Hier fand das Astrolab eine mannigfaltige Anwendung und wurde nach der konstruktiven und technischen Seite immer weiter vervollkommenet. Die Haraner bzw. die Araber waren es, die auf der festen Scheibe die Projektionen der zum Horizont vertikalen Kreise, der Azimutalkreise, zeichneten, und unter der Horizontlinie die Linien für die Zeiten der täglichen Gebete der Muslime eintrugen. Sie schufen eigene Scheiben für astrologische Zwecke, wie die Scheiben der Horizonte, der Positionskreise, der Teilung des Himmels in die sogenannten 12 Häuser. Für besondere Bedürfnisse brachten sie auf der Rückseite des Astrolabs Systeme von Linien an, durch die man z. B. den Sinus eines Winkels, die Tangente bzw. die Kotangente und daraus die Sonnenhöhe bestimmen oder auch den astrologischen Zusammenhang zwischen Tierkreiszeichen und Planeten ansehen kann. Auf Einzelheiten sei hier nicht eingegangen. Wer die Azimutalkreise und die Gebetslinien auf der Scheibe eingeführt hat, läßt sich an der Hand der vorhandenen Schriften nicht feststellen, jedenfalls waren sie Ende des 8. und Anfang des 9. Jahrhunderts bereits bekannt, wie aus den diesbezüglichen Schriften der damaligen Gelehrten wie *Müschilláh*, *Chwárizmí*, *Alí b. 'Isá* hervorgeht.

Welcher Wertschätzung sich das Astrolab erfreute, zeigt sich unter anderem auch darin, daß man den Verfertigern dieser Instrumente den Ehrentitel *al Ašturlabí*, der Astrolabverfertiger, zuerkannte, und schon seit der ersten wissenschaftlichen Betätigung der Araber zahlreiche Gelehrte sich mit ihm beschäftigten. Von ihnen verdient besonders *Farjání* hervorgehoben zu werden, der seit *Ptolemaeus* zum erstenmal auf die Theorie der Konstruktion der einzelnen Linien einging und sie in gründlicherer Weise als dieser, ausgehend von einem allgemeineren Standpunkt, behandelte. In seiner unsarabisch erhaltenen Schrift „Über die Herstellung des Astrolabs“ betont er, daß bis zu seiner

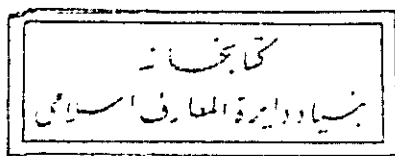
Zeit keiner der Gelehrten das Prinzip der Konstruktion an den Linien auf dem Astrolab dargelegt und ihre Richtigkeit bewiesen habe. Man habe sich bisher begnügt, Vorbilder mechanisch nachzuahmen und an der Richtigkeit der Konstruktion des Astrolabs nicht zu zweifeln, da die mit ihm erhaltenen Lösungen von Aufgaben mit den errechneten oder den mit der Armillarsphäre gewonnenen übereinstimmen. Aus der Schrift geht hervor, daß *Farjāni* die Schrift des Ptolemaeus nicht gekannt hat, wohl aber kannte er seine Schrift „Analemmen“ und „Syntax“ (Almagest). Für das Interesse, das die Araber dem Studium des Astrolabs entgegenbrachten, spricht ferner, daß sie sich nicht mit der von ihren Vorgängern übernommenen Form begnügten, 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 *Farjāni*, der auch für dieses Astrolab die Theorie gibt. Die Spinne des südlichen Astrolabs unterscheidet sich von der des nördlichen dadurch, daß die Punkte der Projektionen der Fixsterne, die hier innerhalb des Himmelsäquators liegen, dort außerhalb zu liegen kommen und umgekehrt. Dementsprechend liegen beim südlichen Astrolab die nördlichen Tierkreiszeichen außerhalb des Äquatorkreises, die südlichen innerhalb und an der Stelle der Ekliptik, an der beim nördlichen Astrolab der Anfang des Steinbocks liegt, ist hier der Anfang des Krebses, an dem sich hier der Zeiger befindet. Während auf der nördlichen Scheibe die Muqantara sich alle als Kreise projizieren, projiziert sich auf der südlichen die durch den Projektionspol gehende Muqantara als eine gerade Linie, zu der die Projektionskreise der anderen Muqantara's so liegen, daß ihre konvexe Seite der Geraden zugekehrt ist. Die Linien der Stunden und der Gebetszeiten sind auf beiden Formen gleich gelegen. Auch unterscheidet sich die Art und Weise der Verwendung der beiden Astrolabien voneinander nicht.

Abarten des Astrolabs.

Die Araber konstruierten ferner sogenannte „Mischastrolabien“. Die Beschreibung und Abbildungen dieser und aller anderen im folgenden angeführten Abarten der Astrolabien findet sich in dem bisher nur handschriftlich vorhandenen Werk *Birūnīs* (973—1048) „Eingehende Behandlung aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“, in dem *Birūnī* wohl alle bis zu seiner Zeit bekannten Astrolabformen zusammengefaßt hat. Er gibt meist nur eine Beschreibung der einzelnen Formen und geht nur selten auf die Konstruktionsmethode ein. In dem Vorwort hebt er hervor, daß er keine Beweise geben will¹⁾. Die Mischastrolabien wurden 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.

Die zwei Grundformen sind das trommelförmige (*al muṭab-bal*) oder quittenförmige (*al safargalī*) und das myrobolanenförmige (*al ihlilīgī*) oder myrtenförmige (*al āsī*) Astrolab. Bei beiden Astrolabien ist die Spinne zur einen Hälfte der des nördlichen, zur anderen der des südlichen Astrolabs entnommen, wobei als Halbierungslinie der durch den Anfang des Widders und der Wage gehende Durchmesser der Scheibe, auf der die Spinne gezeichnet ist, angenommen wird. Beim trommelförmigen Astrolab (Fig. 1) ist die dem nördlichen Astrolab entnommene Hälfte die, auf der die südlichen Tierkreiszeichen gezeichnet sind mit den auf ihr befindlichen Fixsternen, während die des südlichen Astrolabs die nördlichen Tierkreiszeichen und die in diesem Teil eingetragenen Sterne enthält. Die beiden Ekliptikbögen stoßen in den Anfangspunkten des Widders und der Wage zusammen. Der Tierkreis dieser besonderen Spinnenform enthält in der Tat die 12 Zeichen in laufender Reihenfolge. Dabei

¹⁾ Einen Auszug aus diesem Werk hat Ḥasan b. 'Alī b. 'Omar al Marrākuṣī, der im 13. Jahrhundert lebte, in seiner „Abhandlung über die astronomischen Instrumente der Araber und ihren Gebrauch zu den verschiedensten Beobachtungen“ gemacht, der z. T. von L. A. M. Sédillot in *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes* (Mém. prés. p. div. sav. des inscriptions et belles-lettres T. I, 1844, p. 181—183) übersetzt ist. Wegen der Einzelheiten sei auf meine vollständige Arbeit hingewiesen.



ist der Durchmesser der Spinne der gleiche wie beim einfachen Astrolab; der Abstand des Anfangs von Krebs und Steinbock ist beim südlichen und nördlichen Astrolab gleich groß und zwar gleich dem Radius der Scheibe, aus der die Spinne gefertigt ist. Beim myrtenblattförmigen (Fig. 2) setzt sich die Spinne zusammen aus der Hälfte des nördlichen Astrolabs, auf der die nördlichen Tierkreiszeichen liegen, und der des südlichen, auf der die südlichen sich befinden. Die Ekliptik dieser Spinne setzt sich also aus den beiden kleineren Bögen des Tierkreises auf den beiden Spinnen zusammen, die sich wieder in dem Anfang von Widder und Waage treffen. Diese Form des Tierkreises

Fig. 1.

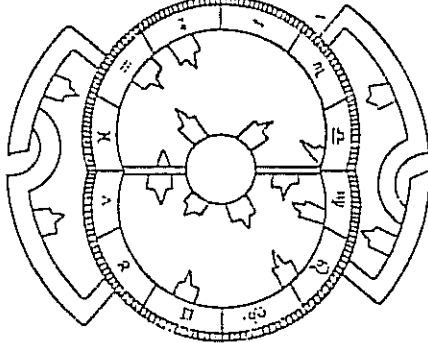
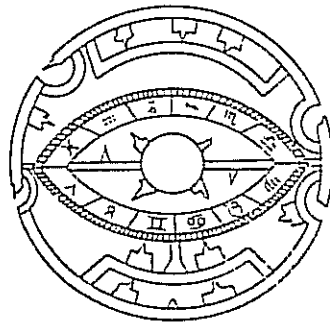


Fig. 2.



ähnelt der Gestalt des Myrtenblattes, während die des Tierkreises der ersteren Mischform an eine Quirte erinnert. Während beim myrtenblattförmigen sich die Unterteile der einzelnen Tierkreiszeichen stark zusammendrängen, liegen sie bei der anderen Mischform weiter voneinander getrennt, was entschieden als Vorzug zu bezeichnen ist. Bei der myrtenblattförmigen Spinne erwähnt *Bīrūnī*, daß besonders geschickte Künstler in der Verfertigung den Verbindungsstücken und Bögen, durch die der Tierkreis einerseits von dem inneren Ring getragen wird, andererseits mit den „Splintern“, das sind die Projektionsorte der Fixsterne, und dem äußeren Randkreis verbunden ist, die Form von Gliedmaßen eines Tieres geben, wie die von Beinen, Flügeln, Schwänzen u. s. w., während der Tierkreis den Rumpf davon vorstellt.

Die Scheibe für diese beiden Astrolabformen muß so konstruiert sein, daß sie sowohl für die nördliche wie für die süd-

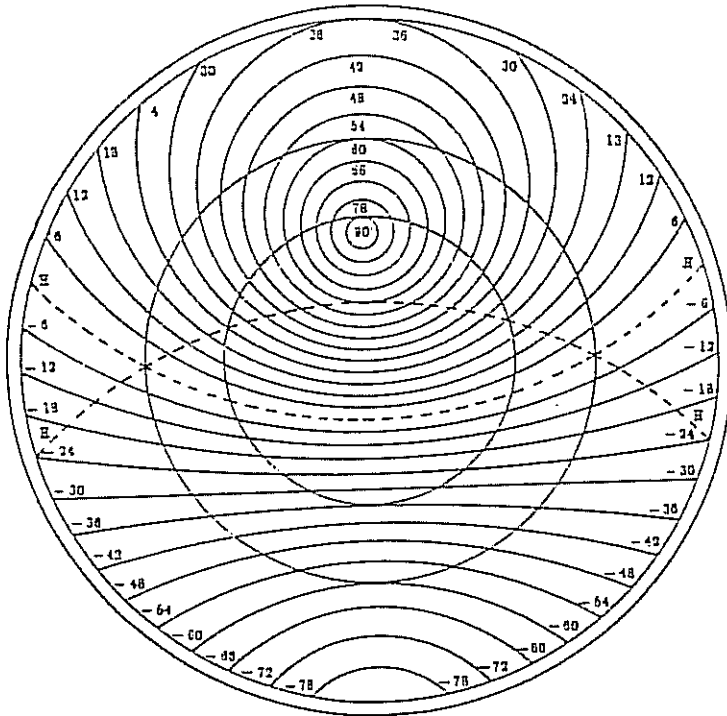
liche Spinne verwendbar ist. *Bīrūnī* zeichnet auf ihr nur die Muqantara's, wohl um zu vermeiden, daß durch die Linien der Azimute und der Stunden das Bild der Scheibe unübersichtlich und dadurch ihre Benutzung allzusehr erschwert wird. An anderem Orte, vergl. die vollständige Veröffentlichung, wird gezeigt, daß auch ohne Azimutalkreise die Mehrzahl der Aufgaben gelöst werden kann, und daß auch ohne die Stundenlinien die Stunde mit dem geteilten Randkreis der Mutter gefunden wird. Zeichnet man auf der Scheibe des nördlichen Astrolabs außer den Muqantara's über dem Horizont, die die Araber die Muqantara's der Erhebung nennen, auch die unter dem Horizont, die Muqantara's der Depression heißen, so können letztere als die der Erhebung und erstere als die der Depression für das südliche Astrolab aufgefaßt werden. Denn wenn der Südpol Projektionspol ist, so haben die Muqantara's der Depression zu ihm die gleiche Lage wie die der Erhebung zum Nordpol, wenn dieser Projektionspol ist. Somit kann eine so konstruierte Scheibe für beide Mischastralabien verwendet werden. *Bīrūnī* zeichnet auf ihr (Fig. 3) noch eine zweite Horizontlinie mit dem gleichen Radius und Abstand seines Mittelpunktes von dem der Scheibe, womit er den eigentlichen Horizontkreis gezeichnet hat, doch liegen die Mittelpunkte der beiden Horizontlinien symmetrisch zum Zentrum der Scheibe. Die beiden Horizontlinien schneiden sich auf dem Äquator.

Über die Verwendung dieser beiden Astrolabien gibt *Bīrūnī* nichts an. Doch sei hier auf die Art der Lösung der zu Anfang angeführten Probleme eingegangen.

Einfach ist es, der Spinne die Lage zu geben, die der augenblicklichen Stellung der Himmelskugel entspricht. Man mißt die Höhe der Sonne über dem Horizont mittels des Visierlineals und eines in Grade geteilten Kreises auf der Rückfläche und legt die Stelle der Ekliptik, in der sie gerade steht (Grad der Sonne), auf die betreffende Muqantara der Erhebung. Dabei ist zu beachten, ob die Sonne sich in einem Tierkreiszeichen der nördlichen oder südlichen Spinne befindet. Im ersteren Fall legt man den Grad auf die Muqantara der Erhebung, im zweiten auf die der Depression, die für die südliche Scheibe die der Erhebung ist. Bequem ist es, die Scheibe so unter die Spinne zu legen, daß die Muqantara, die die der Erhebung sein soll, immer nach oben zu liegen kommt. In der gleichen Weise verfährt man, wenn die Höhe eines Sternes gegeben ist. Will man das Tierkreiszeichen und seinen Grad finden, der gerade auf- oder untergeht, so sieht man nach, welcher Grad der Ekliptik auf dem Ost- oder Westhorizont liegt. Dabei ist

zu beachten, daß, wenn die Muqantara's der Erhebung der nördlichen Scheibe nach oben liegen, für den Herbst- und Winterquadranten der Ekliptik die Horizontlinie zu wählen ist, die sich in das System der Kreise auf der Scheibe einfügt, für den Frühjahr- und Sommerquadranten die Horizontlinie, die das System der Kreise schneidet, also bei der angenommenen Lage der Scheibe ihre konvexe Seite nach oben kehrt. Liegt die Scheibe umge-

Fig. 3.



kehrt, die Muqantara's der Depression nach oben, so kehrt sich auch die Wahl der Horizontlinien für die nördlich und südlich vom Äquator gelegenen Tierkreiszeichen um. Ebenso ist bei den anderen Fixsternen zu beachten, auf welcher Ekliptikhälfte sie liegen. Die ober- und unterhalb der Erde kulminierenden Sterne sind die auf dem oberen oder unteren Teil der Meridianlinie bei richtiger Auflage der Scheibe befindlichen Sterne. Da die Stundenlinien fehlen, lassen sich die seit Sonnenauf- bzw. -untergang verflossenen Stunden nicht unmittelbar ablesen. Man muß sie berechnen aus dem Äquatorbogen, um den sich die Himmelskugel d. h. beim Astrolab die Spinne seit Sonnenauf- oder -untergang gedreht hat, und den man auf dem geteilten Rand ablesen kann. Dazu muß auch diese Spinne mit einem Zeiger versehen sein, der im Anfang des Steinbocks, des Krebses oder an irgendeiner

anderen Stelle des Randes der Spinne sitzen kann. *Birûni* hat ihn in seiner Abbildung nicht aufgenommen.

Umständlicher ist die Bestimmung der Höhe eines Sternes über dem Horizont oder eines Grades der Ekliptik bei einer gegebenen Stellung der Spinne, wenn er auf eine Muquantara der Erhebung zu liegen kommt, die für ihn eine Muquantara der Depression ist. Dies wird immer der Fall sein, wenn die eine Hälfte der Spinne zum Teil unter ihrem Horizont sich befindet und der betreffende Grad oder Stern der anderen Hälfte der Spinne angehört. Zur Ermittlung der gewünschten Größe stellt man in der bekannten Weise die Spinne ein und hält ihre Lage fest, indem man die Stellung ihres Zeigers an dem geteilten Rand abliest oder auch den Punkt der Ekliptik, der auf dem Meridian liegt. Dann dreht man die Scheibe um 180°, dadurch kommen die Muquantara's der Erhebung für die andere Hälfte der Spinne unter sie zu liegen, wenn sie wieder so aufgelegt wird, daß der Zeiger auf die abgelesene Stelle oder der Punkt der Ekliptik auf den Meridian fällt. Die Horizonthöhe des Sternes kann aus seiner Lage zu den zu ihm gehörigen Muquantara's unmittelbar entnommen werden.

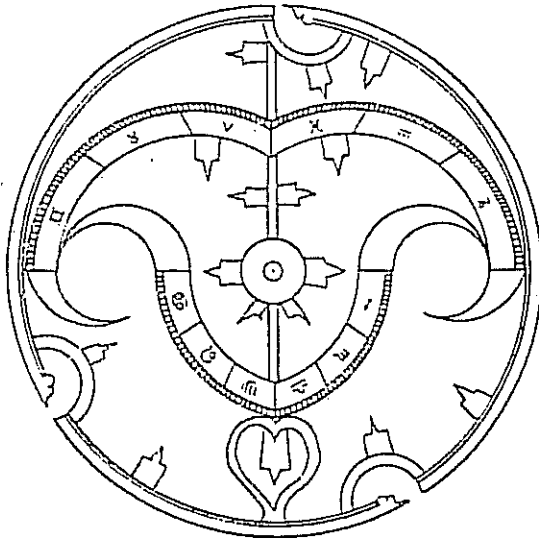
Aus diesen beiden Hauptformen leiten sich eine Reihe anderer Mischastrolabien ab. Die Gestalt der Spinne d. h. des Tierkreises auf ihr entsteht dadurch, daß die einzelnen Zeichen in einem gewissen Wechsel dem des trumel- und dem des myrtenförmigen Astrolabs entnommen werden. Das einfachste von diesen ist das krebsartige (*musarjan*) Astrolab, das von *Nasîrî*¹⁾ herrühren soll. Die Spinne des einfachen Astrolabs wird durch die beiden Durchmesser der Scheibe, die durch den Anfang des Krebses und Steinbocks und den des Widlers und der Wage gehen, in 4 Quadranten zerlegt, in die je einer der 4 Ekliptikquadranten fällt. Im Wechsel wird der eine Quadrant der nördlichen, der andere der südlichen Spinne entnommen, einschließlich der in diese Quadranten fallenden Projektionsorte der Sterne. Beim krebsartigen Astrolab gehören der Frühlings- und Herbstquadrant der südlichen Spinne, der Sommer- und Winterquadrant der nördlichen an²⁾. Auch bei dieser Form der Spinne folgen sich die einzelnen Tierkreiszeichen in der natürlichen Reihenfolge. Da der Anfang vom Steinbock und Krebs und das Ende von Zwillinge und Schütze auf demselben Durch-

¹⁾ Vergl. E. Wiedemann, Der Islam 4. 13. 1913.

²⁾ In der in der Handschrift gegebenen Abbildung gehören die zwei erstgenannten Quadranten der südlichen, die anderen der nördlichen Spinne an, ebenso in der von *Sédillot* gegebenen. Im Text von *Birûni* sind südlich und nördlich vertauscht, ich halte mich an die aus beiden Figuren sich ergebende Darstellung.

messer der Scheibe liegen, schließt sich an das Ende des Schützen der Anfang des Wassermanns, an das Ende der Zwillinge der Anfang des Krebses unmittelbar an, wenn sie auch nicht aneinanderstoßen. Die starre Verbindung der einzelnen Teile des Tierkreises untereinander und mit den „Splittern“ ist aus der Fig. 4 ersichtlich. An den Stellen, an denen der Tierkreis mit dem äußeren Begrenzungskreis zu einem Stück wird, hat die Ekliptik keine scharfe äußere Kante. Infolgedessen kann das Zusammenfallen eines Punktes der Ekliptik an diesen Stellen mit

Fig. 4.

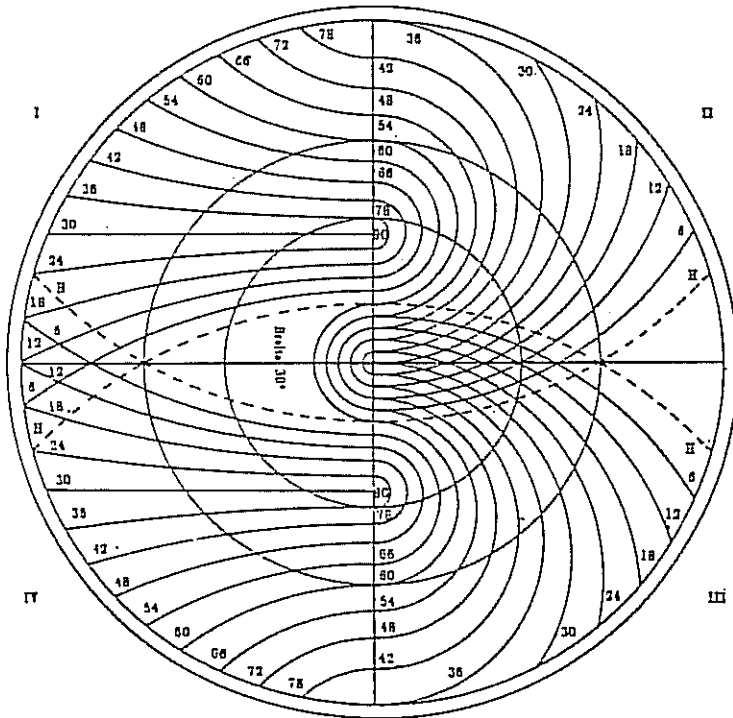


den Linien der darunter befindlichen Scheiben nicht genau festgestellt werden. Doch haftet dieser Übelstand der vorliegenden Spinne im geringeren Maße als den meisten anderen Formen an.

Die Scheibe für dieses Astrolab ist ziemlich schwer zu konstruieren. Auch auf ihr sind bei *Birûnî* wie in den vorigen Fällen nur die Muqantara's gezeichnet. Entsprechend der Viertelung der Spinne zerfällt auch die Scheibe in 4 Teile, deren eine Trennungslinie der Meridian ist. Denken wir uns die Spinne so auf die Scheibe (Fig. 5) gelegt, daß der Anfang des Widders auf den oberen Meridian zu liegen kommt, also in der abgebildeten Lage, befindet sich dann der Frühjahrsquadrant über dem Horizont. Da er der südlichen Spinne angehört.

müssen unter ihm die Muquantara's der Erhebung für das südliche Astrolab liegen. Die Horizontlinie — es ist in der Figur die punktierte Linie — kehrt ihre konvexe Seite nach oben. Der Horizont und die ihm nächsten Muquantara's greifen am Rand der Scheibe von dem I. in den IV. Quadranten über. Der an den Frühjahrsquadranten anstoßende Winterquadrant befin-

Fig. 5.



det sich in dem angenommenen Fall ebenfalls über dem Horizont. Da er der Spinne des nördlichen Astrolabs angehört, muß er auf die Muquantara's der Erhebung der nördlichen Scheibe liegen. Der zugehörige Horizont ist die andere punktierte Kreislinie, die ihre konkave Seite nach oben wendet. Der Horizont und die sich ihm unmittelbar anschließenden Muquantara's greifen in der Mitte vom II. in den III. Quadranten über. Da der Frühjahrsquadrant der Annahme nach oberhalb des Horizonts sein soll, muß der ihm diametral gegenüberliegende Herbst-

quadrant unter dem Horizont stehen. Und weil er der Spinne des südlichen Astrolabs angehört, muß er auf den Muqantara's der Depression der südlichen Scheibe liegen. Die Horizontlinie kehrt ihre Konvexe Seite nach oben, ist also die Fortsetzung des Horizontes des Frühjahrsquadranten. Da die Muqantara's der Depression der südlichen Scheibe zugleich die Muqantara's der Erhebung der nördlichen sind, greifen erstere von dem III. Quadranten in den II. über, und schneiden sich die Muqantara's der Depression und der Erhebung, die um den gleichen Betrag vom Horizont abstehen, auf dem horizontalen Durchmesser. Beide sind in der Projektion Kreise, deren Radien gleich sind, deren Mittelpunkte M_1, M_2 zu dem der Scheibe M symmetrisch liegen. Da M_1, M_2 auf dem vertikalen Durchmesser liegen, sind die Dreiecke M_1MA_1 und M_2MA_2 gleich (A_1 und A_2 als Schnittpunkt der beiden Kreise mit der Horizontalen gedacht), also fällt A_1 und A_2 zusammen. Es ist ohne weiteres klar, daß der Raum, der von den beiden Horizontlinien zwischen Äquator und Wendekreis des Krebses bzw. Steinbocks gebildet wird, von Muqantara-Linien frei bleiben muß. Für den Sommerquadranten folgt aus entsprechenden Betrachtungen, daß er auf Muqantara's der Depression für die nördliche Scheibe liegen muß. Der Horizont wendet die konkave Seite nach unten. Die ihm nächsten Muqantara's greifen vom IV. Quadranten über in den I. Die Muqantara's vom I. und IV. Quadranten mit dem gleichen Abstand von ihrem Horizont müssen sich auch auf dem horizontalen Durchmesser schneiden. Der von den beiden Horizonten eingeschlossene Raum innerhalb des Äquators ist auf der linken Seite der Meridianlinie naturgemäß frei von Muqantara-Linien. In diesem freien Raum ist meist die Breite angegeben, für die die Scheiben konstruiert sind. In der Figur der Handschrift sind noch kleine Halbkreise gezogen, die lediglich eine Verbindung der Enden der Muqantara's der Erhebung innerhalb der beiden Horizonte sind. Aus der Figur ist ersichtlich, daß sich gewisse Muqantara's der nördlichen mit solchen der südlichen Scheibe auf der Meridianlinie schneiden, d. h. der Schnittpunkt einer jeden mit dem Meridian ist vom Mittelpunkt der Scheibe gleich weit entfernt. In der vollständigen Arbeit zeige ich, daß, wenn der Abstand des zwischen Rand der Scheibe und dem Projektionspunkt des Zenits ge-

liegenden Schnittpunkts der Muquantara der Erhebung mit dem Meridian, die um h° auf der Himmelskugel vom Horizont absteht, gleich ist der Entfernung des zwischen Mittelpunkt der Scheibe und dem Projektionspunkt des Nadirs gelegenen Schnittpunkts der Muquantara der Depression, die um h' vom Horizont absteht, zwischen h und h' die Beziehung besteht:

$$h' = 180^\circ - 2\varphi - h.$$

Ist aber der Abstand des zwischen Projektionspunkt des Zenits und Mittelpunkt der Scheibe gelegenen Schnittpunkts der Muquantara der Erhebung gleich dem des zwischen Mittelpunkt und der Projektion des Nadirs gelegenen Schnittpunkts der Muquantara der Depression, so ist

$$h' = h - 2\varphi.$$

Da wie schon erwähnt, die Muquantara's der Depression für das nördliche Astrolab als die der Erhebung für das südliche aufgefaßt werden können, so müssen sich auf der vorliegenden Scheibe die Muquantara's der Erhebung des nördlichen mit dem Abstand von dem Horizont h und die der Erhebung des südlichen Astrolabs mit dem Abstand h' gleich dem aus der 1. bezw. der 2. obigen Formel sich ergebenden Werte, auf der Meridianlinie schneiden. Was für die Muquantara's der Erhebung gilt, gilt in gleicher Weise für die der Depression, so daß zur Ost-Westlinie die Linien auf der Scheibe symmetrisch liegen. (Die Figur in der Handschrift ist ungenau konstruiert.)

Die Verwendung dieses Astrolabs ist im großen und ganzen die gleiche wie die des vorhergehenden. Man muß den Stern oder das Tierkreiszeichen auf den Quadranten der nördlichen oder den der südlichen Scheibe legen, je nachdem das Gestirn der nördlichen oder südlichen Spinne angehört. Dabei ist zu beachten, daß die Muquantara's der einen und der anderen Scheibe nur zur Hälfte gezeichnet sind. Mißt man z. B. die Horizonthöhe der Sonne, wenn sie im Frühlingsquadranten nach Mittag steht, und will man dementsprechend die Spinne einstellen, so käme die der Sonne entsprechende Stelle der Ekliptik im II. Quadranten auf die Muquantara's der Erhebung des nördlichen Astrolabs zu liegen, während der Frühlingsquadrant dem südlichen entnommen ist. Man muß die Scheibe um 180° drehen, der dem II. diametral gegenüberliegende IV. Quadrant rückt an dessen Stelle. Die auf dem IV. gezeichneten Muquantara's der Depression für das nördliche Astrolab sind in der neuen Lage solche der Erhebung für das südliche. Der Sonnengrad fällt dann auf die entsprechenden Muquantara's. Ähnlich ist zu verfahren wenn die Sonne bezw. ihr Grad der nördlichen Spinne angehört und er bei der Einstellung auf Muquantara's der südlichen Scheibe zu liegen kommt.

Es gibt auch eine Reihe anderer Mischastrolabien, bei denen die einzelnen Zeichen des Tierkreises im Wechsel bald dem trommelförmigen, bald dem myrtenblattförmigen Astrolab entnommen sind. Dadurch erhält der Tierkreis auf der Spinne besondere Formen, die durch Einzeichnung von Verbindungsstücken noch stärker zum Ausdruck gebracht werden. Nach diesen Formen werden die Astrolabien benannt. Es sind dies das fischförmige, das *Abū Saʿīd Aḥmed b. Muḥ. Ibn ʿAbd al Ḡalīl al Siġzī* (951–1024; Suter Nr. 185) konstruiert hat, das narzissengefäß- (al nargisānī), muschel- (al ṣadāfī), krug- (al bāṭī), stier- (al ṭūrī), büffel- (al ġāmūsī) und schildkrötenförmige (al salḥaṭī) Astrolab. *Bīrūnī* gibt von ihnen außer der Abbildung, die er dem Werke des *Abū Saʿīd al Siġzī* „die Normen der Mischformen des nördlichen Astrolabs mit dem südlichen“¹⁾ entnommen hat, eine ganz kurze Beschreibung. Auf diese Astrolabformen soll hier nicht näher eingegangen werden. Von besonderem Scharfsinn zeigt das von *Abū Saʿīd al Siġzī* konstruierte anemonenförmige (al schaqāʿiqī) Astrolab, das aus dem krebsförmigen hervorgegangen ist. Während bei diesem der Tierkreis unterbrochen ist, ist er bei dem anemonenförmigen ein zusammenhängendes Stück. *Siġzī* hat dies erreicht, indem er sein Astrolab aus zwei (krebsförmigen) zusammensetzte, die zueinander in einem bestimmten Größenverhältnis stehen. Wegen der Einzelheiten, der Konstruktion, der dazugehörigen Scheibe, verweise ich auf meine vollständige Arbeit.

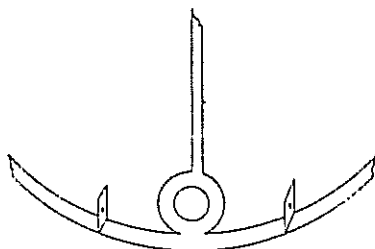
Von den Mischastrolabien kommt wohl nur dem trommelförmigen eine gewisse praktische Bedeutung zu. Die anderen Formen verdanken wohl ihre Entstehung der Neigung der Gelehrten und Künstler, die gewonnenen Erkenntnisse in mannigfaltigster Weise zu verwerten, und der Freude an den schönen dabei entstehenden Formen.

Ein ganz besonderes Interesse bietet das kahnförmige (al zauraqī) Astrolab des *Abū Saʿīd al Siġzī*, weil bei seiner Konstruktion der damals allgemein angenommene geozentrische

¹⁾ Vielleicht ist diese Schrift identisch mit der „Über das Astrolabium“, die *Ḥāǧǧī Chālfa* (III, 366) dem *ʿAbū Saʿīd al Siġzī* zuschreibt. Beide Schriften sind nicht erhalten.

Standpunkt bewußt verlassen ist, indem der Horizont beweglich gemacht ist¹⁾. Es besteht aus einem festen und einem beweglichen Teil. Ersterer ist die Scheibe des nördlichen Astrolabs ohne die Azimutallinien. Auf ihr finden sich ferner die Projektionen des Tierkreises und der Fixsterne, wie sie die Spinne des nördlichen Astrolabs zeigt. Um den Tierkreis besonders deutlich zu machen, ist er farbig gezeichnet, oder sind die Muqantara's beim Eintritt in ihn bezw. Austritt aus ihm unterbrochen. Der bewegliche Teil ist ein aus einer Metallplatte ausgeschnittener

Fig. 6.



Bogen von der Form der Fig. 6, der um einen Punkt, durch den die Achse des Astrolabs geht, drehbar ist. Die eine Kante des Bogens, die konvexe, ist die Projektion des Horizonts des Ortes, für den die Scheibe konstruiert ist, die andere die des Horizonts eines anderen Ortes²⁾. Mit dem Bogen ist ein Lineal, dessen Ende zeigerartig zugespitzt ist, starr verbunden und zwar so, daß seine eine Kante, wenn die eine Seite des Bogens mit der auf der Scheibe gezeichneten Horizontlinie zusammenfällt, auf die Meridianlinie zu liegen kommt. Den beweglichen Teil des Astrolabs nenne ich mit *Birûnî* den „körperlichen Horizont“. Er ist schließlich noch als Alhidade eingerichtet. Zu dieser Konstruktion errichtet *Birûnî* in den Punkten, in denen der Horizont ein und denselben Parallelkreis zum Äquator schneidet, 2 Absehen senkrecht zur Fläche des körper-

¹⁾ Vergl. hierzu E. Wiedemann, Mitteil. z. Gesch. d. Med. u. Naturwissenschaften Nr. 46, Bd. XI, Nr. 2. 1912.

²⁾ Die bei *Birûnî* gegebene Zeichnung ist ungenau, da die beiden Kanten des Bogens fast parallel verlaufen. Sie müssen sich in den Anfangspunkten von Widder und Wage schneiden.

lichen Horizonts. Die Flächen der Absehen müssen parallel mit der Kante des Lineals sein. Eigentlich müßten bei genauer Konstruktion der Alhidade die Absehen in den Schnittpunkten des Horizonts mit dem Äquatorkreis errichtet oder in einem anderen Punkt so orientiert sein, daß die Löcher der Absehen auf einem Durchmesser durch den Drehungspunkt liegen. Doch kann davon abgesehen werden, wenn damit Gestirne anvisiert werden, wobei es sich ja nur um parallele Strahlen handelt. Der auf dem in Grad geteilten Rand der Mutter gleitende Zeiger gestattet die Winkelgrößen abzulesen. Der wesentliche Vorzug dieses Astrolabs gegenüber dem gewöhnlichen besteht in der einfacheren Form des beweglichen Teils; dagegen ist der Gebrauch wesentlich komplizierter. Über ihn gibt *Birûnî* nichts an, doch sei hier seine Verwendung zur Lösung der einfachsten Aufgaben mit der Sonne allein d. h. mit dem Sonnengrad kurz angegeben. Für die Fixsterne sind die Betrachtungen ganz ähnliche.

Am leichtesten ist die Bestimmung des Tag- und Nachtbogens. Man legt den körperlichen Osthorizont auf den Sonnengrad in dem auf der Scheibe gezeichneten Tierkreis, merkt seine Lage auf dem Horizont, es ist seine Aufgangsstelle, an und liest die Stellung des Zeigers auf dem geteilten Rand ab. Dann dreht man den körperlichen Horizont, bis sein westlicher Teil auf den Sonnengrad fällt, liest wieder die Stellung des Zeigers ab. Die Differenz der Ablesungen ist der Tagbogen in Graden ausgedrückt; dividiert man diese durch 15° , so erhält man die Dauer des Tages in Äquinoktialstunden, und dividiert man durch 12, die Größe einer krummen Stunde an diesem Tag. Um die seit Sonnenaufgang verfloßenen krummen Stunden an den auf der Scheibe gezeichneten Stundenlinien unmittelbar ablesen zu können, merkt man sich auf dem Westteil des körperlichen Horizonts den Punkt an, der mit dem dem Sonnengrad diametral gegenüberliegenden Grad des Tierkreises zusammenfällt, wenn die Aufgangsstelle auf dem Sonnengrad liegt. Dieser Punkt ist die Untergangsstelle des dem Sonnengrad gegenüberliegenden. Wie mit diesem und dem Sonnengrad beim gewöhnlichen Astrolab verfährt man hier mit der Auf- und der Untergangsstelle zur Ermittlung der krummen Stunden bei Tag und Nacht.

Um die Lage des Horizonts in einem bestimmten Zeitmoment zu erhalten, muß die Sonnenhöhe bekannt sein. Diese kann man mit dem körperlichen Horizont unmittelbar messen, indem man durch die Absehen die Sonne anvisiert und die Stellung des Zeigers abliest. Da die Teilung des Randes im Uhrzeigersinn angebracht ist, wendet man die Absehe auf dem Osthorizont dem Gestirne zu und kann dann am Zeiger ohne weiteres den Winkel ablesen. Damit die Sonne diese Höhe h erreicht, muß sich der Sonnengrad vom geozentrischen Standpunkt aus von seinem Aufgangsort um einen Winkel entfernt haben, der dem Äquatorbogen a entspricht, und vom heliozentrischen

Standpunkt aus sich der Horizont um den gleichen Bogen α vom Sonnengrad in entgegengesetzter Richtung, von West nach Ost, entfernt haben. Darauf beruht die Handhabung des kahnförmigen Astrolabs. Um den Bogen α zu erhalten, legt man die Aufgangsstelle des Sonnengrades auf die der Höhe entsprechende Muqantara. Der Zeiger gibt dann α in Graden an, wenn man den körperlichen Horizont im Uhrzeigersinn gedreht hat. Aus α kann man in gewöhnlicher Weise die seit Sonnenaufgang verfloßenen gleichen und ungleichen Stunden berechnen. Um den gleichen Winkel α muß man von der Nullage aus den körperlichen Horizont entgegen dem Uhrzeigersinn drehen, um seine wahre Lage zu erhalten. Das Tierkreiszeichen und sein Grad, das bei dieser Stellung des körperlichen Horizonts auf seinem Ostteil liegt, ist das „aufgehende“, das auf dem Westteil, das „untergehende“, das mit der Kante des Zeigers zusammenfällt, das „der Mitte des Himmels“ und das ihm diametral gegenüberliegende, das „des Pflocks der Erde“.

Um zu ermitteln, wie hoch ein Tierkreiszeichen steht, das dem Sonnengrad vorausgeht oder nachläuft, d. h. nördlich oder südlich von ihm steht, stellt man ähnlich wie oben den Winkel α' fest, um den sich das Weltssystem vom Aufgang des Sonnengrades bis zum Aufgang des betreffenden Tierkreiszeichens dreht. Vom heliozentrischen Standpunkt aus heißt das, der Horizont hat sich vom Sonnengrad um α' , gemessen auf dem Äquator, entfernt, der Sonnengrad steht h' über dem Horizont, wenn das andere südlicher gelegene Tierkreiszeichen gerade aufgeht, oder wenn der Sonnengrad aufgeht, steht es h' unter dem Horizont. Liegt das Zeichen nördlich vom Sonnengrad, so kehren sich die Verhältnisse um. Um α' mit dem Astrolab zu finden, legt man den körperlichen Horizont auf den Sonnengrad und dann auf das betreffende Tierkreiszeichen, merkt das Zeichen am Horizont an und liest beidemal die Stellung des Zeigers ab. Die erhaltene Differenz gibt den Winkel α' . Dreht man den körperlichen Horizont aus der Normallage im Uhrzeigersinn um α' , so gestattet der am Horizont markierte Punkt die Höhe des nördlich gelegenen Zeichens unmittelbar abzulesen, wenn der Sonnengrad gerade aufgeht; dreht man um α weiter, so erhebt sich der Sonnengrad nach obigem zur Höhe h , der markierte Punkt gestattet an den Muqantara's seine Horisonthöhe unmittelbar abzulesen. Liegt das Zeichen südlich vom Sonnengrad, so ist der Gesamtdrehungswinkel vom Aufgang ab $\alpha - \alpha'$. Aus obigem ersieht man, daß zur Lösung schon der einfacheren Probleme zwei und mehr Operationen nötig sind, während bei dem gewöhnlichen Astrolab meist eine genügt.

Es gibt ähnliche Astrolabien, deren beweglicher Teil 8 und mehr Horizonte enthält. Da diese nur in der einen Hälfte, der östlichen, konstruiert sein können, ist ihre Verwendungsmöglichkeit etwas beschränkter als bei dem obigen Instrument.

Eine ganz besonders einfache Form hat der bewegliche Teil bei dem „linealförmigen“ (al mistari) Astrolab. Er ist ein um seinen Mittelpunkt drehbares Lineal von der Form und Größe der gewöhnlichen Alhidade des Astrolabs. Auf der durch

den Drehpunkt gehenden Kante sind die Radien der Projektionen der Parallelkreise zum Äquator vom Drehpunkt aus abgetragen. Auf Einzelheiten wie auch auf die Anwendung dieses Instrumentes kann hier nicht eingegangen werden, ebensowenig auf das „krenzförmige“ (al ṣalibī) und das „spiralförmige“ (al laulabī) Astrolab. bei denen der bewegliche Teil die Form eines Kreuzes bzw. einer Spirale hat. Wie das linealförmige geben auch diese die Radien der Projektionen der Parallelkreise.

Zu den ebenen Astrolabien gehört auch das „melonenförmige“ (al mubattāch) Astrolab. Es dürfte neben dem nördlichen das älteste Astrolab sein; denn im Fihrist (Suter, Fihrist S. 27) ist von *Fazārī*, der Mitte des 8. Jahrhunderts lebte und der erste Muhammedaner war, der Astrolabien verfertigte, berichtet, daß er auch ein mubattāch-Astrolab konstruierte. Nach dem Prinzip, auf dem die Konstruktion dieses Astrolabs beruht, haben die Araber Sternkarten hergestellt, deren Konstruktion *Bīrūnī* in seiner Chronologie der alten Völker¹⁾ beschreibt.

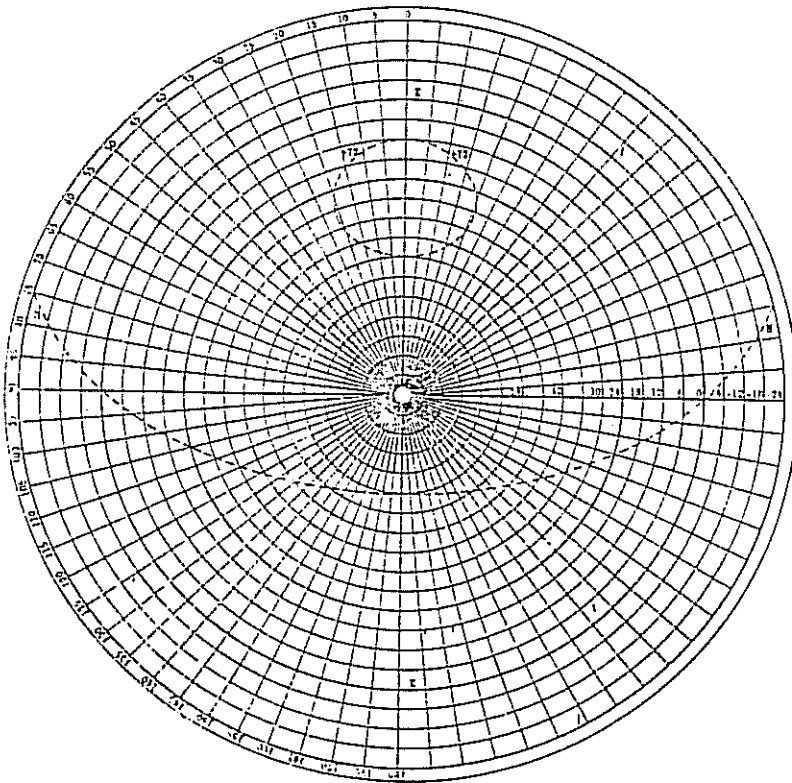
Wegen seines allgemeinen Interesses sei das abgeflachte Astrolab etwas ausführlicher beschrieben. Es besteht wie das gewöhnliche aus einer festen Scheibe, auf der der Horizont mit seinen Parallel- und Vertikalkreisen, die Stundenlinien u. s. w. gezeichnet sind, und einer beweglichen, der Spinne, mit dem Tierkreis und den Projektionsorten der bekanntesten Fixsterne. Die Linien sind aber nicht die polarstereographische Projektion von Kreisen auf der Himmelskugel, sie können als Kurvenzüge in einem Koordinatensystem mit 2 Variablen aufgefaßt werden. Die eine davon sind die Stundenwinkel, die andere zum Mittelpunkt der Scheibe konzentrische äquidistante Kreise; es ist also ein Polarkoordinatensystem²⁾. Die letzteren Koordinaten

¹⁾ C. E. Sachau, *Chronology of ancient nations etc.*, London 1879, S. 358—364.

²⁾ Dieses System wurde in früheren Zeiten bei der Kartographie vielfach verwendet. Man nennt es die polaräquidistante Projektion. Nach Fiorini (M. Fiorini, *Bolletino d. Soc. geogr. italiana*, Rom 1891, p. 287—295) hat sie der Kosmograph Giovanni Vespucci (geb. 1451, gest. 1512) unabhängig von anderen erfunden. Sie wurde von Mercator in seiner großen Weltkarte von 1569 angewendet und seitdem wiederholt von Verschiedenen benutzt. S. auch: *De compositione astrolabii geographici seu speculi orbis* in Gr. Reisch, *Margarita philosophica*, Basel 1583. p. 1330—1338. Eine mathematische Betrachtung dieses Systems findet sich u. a. auch in N. Herz. *Lehrbuch der Landkartenprojektion*, S. 96. 1895.

erhält man, indem man um den Mittelpunkt der Scheibe des Astrolabs (Fig. 7) einen Kreis K beschreibt, dessen Radius ungefähr $\frac{4}{5}$ von dem der Scheibe selbst ist, und der in 90 gleiche Teile geteilt wird. Der Radius wird über K hinaus bis an den Rand der Scheibe verlängert. Auf seinem außerhalb K befindlichen Teil

Fig. 7.



werden ungefähr 25 von den 90 Teilen abgetragen. Durch jeden Teilpunkt wird ein zum Mittelpunkt der Scheibe konzentrischer Kreis gezogen. Während K als Äquator angenommen wird, ist jedem der 90 inneren Kreise ein Parallelkreis zum Äquator zugewiesen, der auf der Himmelskugel zwischen ihm und dem Nordpol — beim nördlichen melonenförmigen Astrolab — liegt und von ihm um ebensoviele Grade absteht, als der Radius des Kreises in der Zeichnungsebene Teile mißt. Die außerhalb von

K liegenden Kreise entsprechen den zum Äquator parallelen, die südlich von ihm liegen und voneinander um je einen Grad absteigen. Der Kreis, der durch den vom Äquator nach innen gezählten 24. Teilpunkt hindurch geht, entspricht dann dem Wendekreis des Krebses und der durch den 24. nach außen gezählten dem Wendekreis des Steinbocks.

Da auf der Himmelskugel jeder Punkt bestimmt ist, wenn der Parallelkreis zum Äquator, auf dem er liegt, und der Stundenwinkel, den der durch den Punkt hindurchgehende Deklinationskreis mit dem Meridian bildet, bekannt ist, so ist auch in der Zeichnungsebene die Lage des Punktes festgelegt; denn dem Parallelkreis entspricht ein ganz bestimmter konzentrischer Kreis, und dem Deklinationskreis eine durch den Mittelpunkt gehende Gerade, die mit der Meridianlinie, einem Durchmesser der Scheibe, einen Winkel einschließt, der gleich dem Stundenwinkel ist. Um diese Winkel leicht messen zu können, wird der Äquatorkreis K in Grade geteilt. Natürlich kann auch der äußerste Kreis so geteilt werden, oder noch bequemer ist es, die Scheibe auf den Dastür der Kreise zu legen, einer Scheibe, die der Mutter des gewöhnlichen Astrolabs gleicht.

Die einzelnen Linien werden in der Weise gefunden, daß sie auf der Himmelskugel mit den verschiedenen Parallelkreisen geschnitten, und durch die Schnittpunkte die Deklinationskreise gelegt werden. Der einem Schnittpunkt entsprechende Punkt in der Zeichnungsebene ist leicht zu finden, er liegt einerseits auf dem dem Parallelkreis entsprechenden konzentrischen Kreis, andererseits auf dem Durchmesser, der mit der Meridiangeraden den gleichen Winkel bildet wie der Deklinationskreis mit dem Meridiankreis auf der Himmelskugel. *Bīrūnī* begnügt sich bei der Zeichnung des Horizontes mit den Schnitten der durch die Anfänge der 12 Tierkreiszeichen gelegten Parallelkreise. Der Schnittpunkt ist in diesem Fall der Aufgangspunkt der einzelnen Zeichen, und der Stundenwinkel der halbe Tagbogen. Diese Größe kann man nach *Bīrūnī* mit dem ebenen oder kugelförmigen Astrolab finden oder rechnerisch durch die Aszensionen der *sphaera obliqua*. Z. B. für die Fische zieht man ihre Aszension von der des ihnen diametral gegenüberliegenden Zeichens ab, die Hälfte davon ist die gesuchte Größe. Um dies zu beweisen will ich den Bogen des Äquators, der in dem betreffenden Klima aufgeht.

während der zwischen Anfang des Steinbocks und Anfang der Fische gelegene Ekliptikbogen sich über den Horizont erhebt. $= a$ setzen. Während der Anfang der Fische seinen Tagbogen durchläuft, kommt der dem Anfang der Fische gegenüberliegende Anfang der Jungfrau auf den Osthorizont zu liegen, der Äquator hat sich dabei um a' gedreht. Der Bogen auf dem Äquator, der zwischen dem Punkt liegt, der gleichzeitig mit dem Anfang des Steinbocks, und dem, der gleichzeitig mit dem der Jungfrau aufgeht, ist $a + a' = a'' =$ der ascensio obliqua für die Jungfrau. a und a'' können aus einer Tabelle entnommen werden. $a' = a'' - a$ und $T =$ halber Tagbogen der Fische $= (a'' - a) : 2$.

Ganz ähnlich ist die Rechnung, wenn als Anfangspunkt der Zählung nicht wie meist bei den Griechen und Arabern der Steinbock, sondern der Widder gewählt wird. Will man auch Parallelkreise zur Konstruktion verwenden, deren Abstand d vom Äquator größer als die Ekliptikschiefe ist, so verfährt man, wie beim Eintragen eines Sternes, dessen Deklination $= d$ ist. Dies wird später gezeigt. Der gefundene halbe Tagbogen wird vom Meridian aus nach beiden Seiten abgetragen. Man erhält somit immer 2 Punkte. Die so gefundenen Punkte werden durch Kurvenzüge verbunden, doch so, daß die entstandene Kurve, wie *Biruni* sagt, keine Unebenheiten zeigt, d. h. nicht gebrochen erscheint.

Zur Zeichnung der Muquantara's muß man zunächst die Abstände ihrer Schnittpunkte mit den Parallelkreisen vom Meridian kennen. Dieses Problem kann zurückgeführt werden auf die Auffindung des Stundenwinkels eines Sternes, von dem die Deklination d und die augenblickliche Höhe h bekannt ist. Für die Zeichnung einer Muquantara mit dem Abstand h variiert d von 0 bis $h + (90^\circ - \varphi)$, und für alle Muquantara's h von 0° bis 90° . Der Stundenwinkel läßt sich mit dem ebenen oder dem kugelförmigen Astrolab leicht bestimmen. Auf die rechnerische Methode weist *Biruni* hin, gibt sie aber nicht an. Mit Hilfe der sphärischen Trigonometrie läßt sich der Stundenwinkel t leicht bestimmen.

$$\text{Es ist: } \cos t = \frac{\sin h - \sin \varphi \sin d}{\cos \varphi \cos d},$$

wenn φ die Breite des Ortes ist, für den die Scheibe konstruiert wird.

Da der cos-Satz uns bei den Arabern z. Z. *Birini's* in der allgemeinen Form nicht begegnet (Braunmühl, Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie. 1900, S. 53, 69), muß *Birini* einen andern Weg zur Berechnung von t gekannt haben. Vielleicht hatte er die Methode des vor ihm lebenden *Battāni* im Auge. Dieser gibt (Nallino: *al Battāni sive Al-batenii opus astronomicum* u. s. w. T. I, p. 30, 190; hier auch der Beweis) die Formel:

$$\sin \text{vers } t = \sin \text{vers } P - \frac{\sin h \sin \text{vers } P}{\sin \text{altitud. merid.}}$$

P ist der halbe Tagbogen, altitud. merid. die Kulminationshöhe H . P und H lassen sich aus φ und d nach folgenden Formeln von *Battāni* berechnen:

$$-\cos P = \frac{\sin \varphi \sin d}{\cos \varphi \cos d}$$

(p. 23, 180, wenn statt ε das allgemeine d genommen wird) und $H = (90^\circ - \varphi \pm d)$ (p. 30, 189).

Um auf unsere Form zu kommen, setzt man:

$$\sin \text{vers } P = 1 - \cos P = 1 + \frac{\sin \varphi \sin d}{\cos \varphi \cos d} \text{ und}$$

$$\sin H = \sin (90^\circ - (\varphi - d)).$$

Entwickelt man $\sin (90^\circ - (\varphi - d))$ in die uns bekannte Form $= \cos \varphi \cos d + \sin \varphi \sin d$ und setzt die Werte oben ein, so ergibt sich:

$$\sin \text{vers } t = \frac{\cos (\varphi - d) - \sin h}{\cos \varphi \cos d}$$

und setzt man $\sin \text{vers } t = 1 - \cos t$, so ergibt sich unser cos-Satz für t .

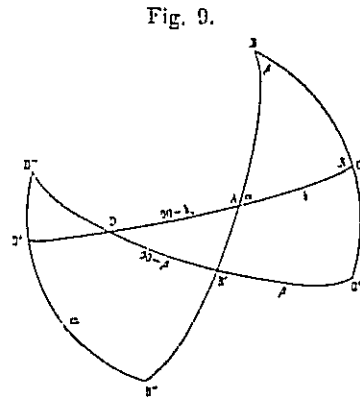
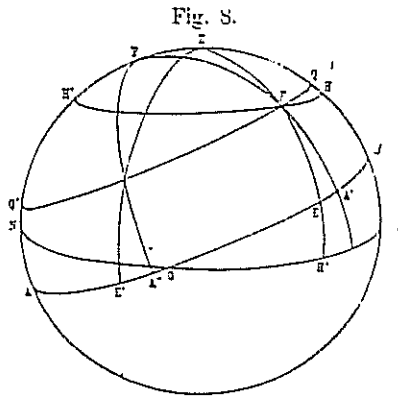
Da nun die Lage der Schnittpunkte, die einerseits auf dem Parallelkreis im Abstand d liegen, andererseits vom Meridian um t° abstehen, auch in der Zeichnungsebene bekannt ist, werden die Muqantara's in gleicher Weise wie der Horizont konstruiert.

Auch für die Azimutalkreise ist die Konstruktionsmethode die gleiche, nur ist die Berechnung des Abstandes des durch den Schnittpunkt gehenden Deklinationskreises von dem Meridian ziemlich kompliziert, wenn man sich nicht auf die



mechanische Ermittlung durch die Astrolabien beschränkt. Für die rechnerische Methode gibt *Biruni* Formeln an, die an sich schwer verständlich sind. Im folgenden will ich sie ableiten, um ihre Richtigkeit zu zeigen. In der Figur 8 sei NOS der Horizont mit dem Zenith Z und $A O J$ der Äquator mit dem Pol P , $Z F E H'$ ein Azimutalkreis, der von dem Parallelkreis zum Äquator $Q'Q$ mit dem Abstände d im Punkte F geschnitten werde.

Um zu ersten Formel *Biruni's* zu gelangen, muß man den Winkel ermitteln, den der Azimutalkreis mit dem Äquator bildet, es ist der $\angle Z E J$ in dem rechtwinkligen Dreieck $Z E J$, von dem bekannt sind die Kathete $Z J = \varphi$ und $\angle E Z J = \alpha =$ Abstand des Azimutalkreises von dem Meridian.



Es handelt sich also um die allgemeine Aufgabe, in einem rechtwinkligen Dreieck $A B C$ (Fig. 9), von dem eine Kathete b und $\angle a$ gegeben ist, $\angle \beta$ zu bestimmen. Dazu ergänzt man Seite BC und AB zu 90° , verbindet die Endpunkte $B' C'$ durch einen größten Kugelkreis, Bogen $B' C'$ und AC werden bis zu ihrem Schnittpunkt D verlängert, der der Pol vom Bogen $B' C'$ ist. Es ist dann: $B' C' = \beta$, $DB' = 90^\circ - \beta$, $DA = 90^\circ - b$. Wir gehen jetzt zu Dreieck $A D B'$ mit den Seiten $90^\circ - b$, $90^\circ - \beta$ über, ergänzen AD und AB' zu 90° und verbinden die Endpunkte D', B'' durch einen größten Kreis. $B'' D' = \alpha$, D'' ist der Pol von BB'' .

Nach dem Satz von Menelaus (*regula sex quantitatum*), in der von den Arabern bereits benutzten Form, ergibt sich:

$$\frac{\sin \text{arc AD}}{\sin \text{arc AD}'} = \frac{\sin \text{arc D'' B''}}{\sin \text{arc D'' B'}} \cdot \frac{\sin \text{arc D B'}}{\sin \text{arc D' B''}} \text{ oder}$$

$$\frac{\sin (90^\circ - b)}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin 90^\circ}{\sin 90^\circ} \cdot \frac{\sin (90^\circ - \beta)}{\sin \alpha};$$

da $b = \varphi$ ergibt sich:

$$\sin (90^\circ - \beta) = \frac{\sin \alpha \sin (90^\circ - \varphi)}{\sin 90^\circ},$$

das ist die erste Formel¹⁾ von *Biruni*; β nennt er die „gemerkte Größe“. Um zu seiner zweiten zu kommen, ist aus dem Dreieck Z E J (Fig. 8) mit Hilfe von α und β die Seite E J = z , der zwischen Azimutalkreis und Meridian gelegene Äquatorbogen zu berechnen. Das Kompl. dieses Bogens nennt *Biruni* die mittlere Aszension (= m).

Nach der eben für das rechtwinklige Dreieck abgeleiteten Formel ist:

$$\frac{\sin (90^\circ - z)}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin (90^\circ - \alpha)}{\sin \beta};$$

$$\sin (90^\circ - z) = \frac{\sin (90^\circ - \alpha) \cdot \sin 90^\circ}{\sin \beta} = \frac{\sin \alpha' \sin 90^\circ}{\sin \beta},$$

wenn α' der Abstand des Azimutalkreises von der Ost-West-Linie ist. $\sin m = \frac{\sin \alpha' \cdot \sin 90^\circ}{\sin \beta}$ ist die zweite Formel *Biruni*'s.

Um zu seiner dritten Formel zu gelangen, ist aus dem rechtwinkligen Dreieck F E A' die Seite E A', der zwischen Azimutal- und Deklinationskreis gelegene Äquatorbogen (= c) zu berechnen. c nennt *Biruni* „Ausgleich“. Von dem rechtwinkligen Dreieck (Fig. 9) sind gegeben die Kathete b und der gegenüberliegende Winkel β , gesucht die andere Kathete. Nach dem Satz des Menelaus ist:

$$\frac{\sin \text{arc BC}}{\sin \text{arc BC}'} = \frac{\sin \text{arc AC}}{\sin \text{arc AD}} \cdot \frac{\sin \text{arc B' D}}{\sin \text{arc B' C'}},$$

oder die abgekürzten Werte eingesetzt:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{\sin b}{\sin (90^\circ - b)} \cdot \frac{\sin (90^\circ - \beta)}{\sin \beta};$$

es sei α = Ausgleich c , b = Dekl. d , so ergibt sich:

¹⁾ Es sei bemerkt, daß *Biruni* nicht Formeln gibt, sondern ihren Inhalt in Sätze kleidet.

$$\sin c = \frac{\sin d \cdot \sin 90^\circ}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin (90^\circ - \beta)}{\sin (90^\circ - d)},$$

die dritte Formel von *Birūnī*.

Liegt der Breitenkreis nördlich vom Äquator und der Azimutalkreis zwischen Ost- und Südpunkt des Horizonts, so läßt sich mit Hilfe stereometrischer Konstruktionen (siehe die vollständige Arbeit) zeigen, daß der durch den Schnittpunkt F vom Parallelkreis und Azimutalkreis gelegte Deklinationskreis mit dem Meridian einen kleineren Winkel bildet als der Azimutalkreis. Man muß also, um den Stundenwinkel des Deklinationskreises = Bogen auf dem Äquator A'J zu erhalten, von dem Komplement der mittleren Aszension = E J den Ausgleich E A' = c abziehen, wie auch *Birūnī* angibt.

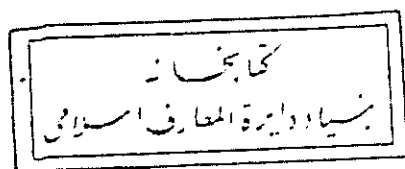
Liegt der Parallelkreis nördlich vom Äquator und der Azimutalkreis zwischen Ost- und Nordpunkt des Horizontes, so muß man, um wieder den Stundenwinkel zu erhalten, von der mittleren Aszension = Bog. E' O den Ausgleich c = E' A'' abziehen und den Rest O A'' von 90° = Bog. A A'' = 90° — (m — c), was sich wieder mit den Angaben von *Birūnī* deckt.

Ähnlich sind die Betrachtungen für die anderen noch möglichen Lagen des Parallel- und Azimutalkreises.

Führt man diese Betrachtungen für beliebig viele Punkte durch und trägt die Stundenwinkel von der Meridianlinie auf den entsprechenden konzentrischen Kreisen ab, so erhält man in der Zeichnungsebene beliebig viele Punkte zur Konstruktion der Azimutalkreise.

Die Zeichnung der gleichen und ungleichen Stunden ist dieselbe wie beim gewöhnlichen Astrolab.

Zur Konstruktion der Spinne werden in der vorigen Weise die konzentrischen Kreise auf einer Scheibe gezogen. Zur Zeichnung und Teilung der Ekliptik in die Tierkreiszeichen und die Grade, schneidet man sie mit den entsprechenden Parallelen zum Äquator und legt durch die Schnittpunkte Deklinationskreise. Die Stundenwinkel dieser Kreise sind aber die Aszensionen in der sphaera recta, vom Steinbock aus gezählt. Man trägt also von der Meridianlinie, auf die der Anfang des Steinbocks gelegt ist, die Rektaszensionen auf dem Äquator ab und verbindet die Endpunkte mit dem Mittelpunkt durch Gerade, die die Deklinationskreise darstellen. Wo diese den zu-



gehörigen konzentrischen Kreis schneiden, ist ein Punkt der Ekliptik und zwar ein bestimmter Teilungspunkt. Wie beim gewöhnlichen Astrolab ist die Konstruktion nur für einen Quadranten durchzuführen. Die anderen liegen dazu symmetrisch oder diagonal gegenüber.

Zur Konstruktion eines Fixsternes nimmt *Birūnī* den einfachen Fall an, daß sein Abstand vom Äquator (Deklination) und auf der Ekliptik der Grad seines Durchgangs durch den Meridian bekannt ist. Da dieser Grad und der Stern auf einem Deklinationskreis liegen, gestaltet sich die Auffindung seiner Lage in der Zeichnungsebene sehr einfach. Man legt durch den Punkt der Ekliptik, der dem Grad des Sternes entspricht, und den Mittelpunkt der Scheibe eine Gerade. Wo diese den konzentrischen Kreis trifft, der dem um die Größe der Deklination vom Äquator abstehenden Parallelkreis entspricht, ist die Lage des Punktes. Wählt man andere Koordinaten für den Stern, z. B. astronomische Länge und Breite, so wird die Auffindung seiner Lage viel schwieriger, da Längen- und Breitenkreise erst konstruiert werden müßten. Die Alten kannten übrigens schon die Umrechnung von dem Ekliptik- in das Äquator-Koordinatensystem.

Beim Astrolab al mubattāch kannte man auch ein südliches, das in ganz analoger Weise wie das nördliche konstruiert wird, und die aus dem nördlichen und südlichen gemischten Astrolabien.

Der Gebrauch des melonenförmigen Astrolabs ist der gleiche wie der des gewöhnlichen Astrolabs.

Bei allen bisher besprochenen Astrolabien mit Ausnahme des mubattāch entstehen die Linien auf der Scheibe und der Spinne durch Projektion der einzelnen Kreise auf der Himmelskugel von einem Pol, dem Nord- oder Südpol, aus. *Abū Ḥāmid al Šāḡānī* († 990, Suter Nr. 143) behandelt in seinem auch nicht dem Titel nach bekannten Werke „Die vollkommene Projektion“ die Fälle, daß der Projektionspol innerhalb oder außerhalb der Himmelskugel auf der Weltachse liegt. *Birūnī* hat das Wesentlichste davon in sein Buch *Istifāh* übernommen. Wieder wird zwischen einem nördlichen und einem südlichen Astrolab unterschieden, je nachdem der Projektionspol auf dem Teil der Achse

liegt, der vom Mittelpunkt aus durch den Südpol und darüber hinausgeht, oder auf dem durch den Nordpol gehenden und darüber hinaus verlängerten Teil. Es werden die Fälle diskutiert, die sich aus den verschiedenen Lagen des Projektionspols und des Horizonts ergeben. Die Projektionen der verschiedenen Himmelskreise, wie Horizont, Muqantara's, Azimutalkreise können Gerade, Kreise, Ellipsen, Hyperbeln, Parabeln sein. Die Konstruktion der letzteren drei beruhen auf den von Apollonius in seinem 1. Buch der Kegelschnitte¹⁾ niedergelegten Sätzen über die Entstehung von Ellipsen, Hyperbeln und Parabeln als Schnitt eines Kegels mit einer Ebene und auf den sich daraus ergebenden Beziehungen. Es wird auch die Zeichnung der Spinne mit dem Tierkreis und den Örtern der Fixsterne nach dieser allgemeinen Projektionsmethode besprochen. Ob nach dieser Methode wirklich Astrolabien konstruiert wurden, läßt sich nach den vorhandenen Angaben nicht entscheiden.

Birûnî behandelt den speziellen Fall, daß der Projektionspol im Unendlichen liegt. Er nennt diese Projektionsart, die wir heute orthographische Projektion nennen, zylindrische Projektion. In der einfachsten Anwendung findet sie sich schon in den *Analemen* des Ptolemaeus, und *Farghânî* (um 830) erwähnt sie in seinem *kitâb al kâmil* (Buch des Vollkommenen), in dem er sich gegen die nach dieser Methode konstruierten Astrolabien wendet. *Birûnî* bespricht die Konstruktion des Horizonts, der Muqantara's, Azimutalkreise, Ekliptik und Orte der Fixsterne u. s. w. nach dieser Methode. Die Projektionen sind Gerade, Kreise und Ellipsen. Obwohl *Birûnî* ein so konstruiertes Astrolab, das „vollkommene“ (*al kâmil*) nennt, so ist es doch nicht wahrscheinlich, daß er auch wirklich ein solches konstruiert hat. Sonst wäre es auffällig, daß in der Handschrift, in der von allen genannten Astrolabien (bis auf eines) Abbildungen gegeben sind, gerade dieses, das er sich selbst zuschreibt, nicht abgebildet ist. Offenbar handelt es sich nur um theoretische Betrachtungen.

Da von keinem dieser Astrolabien die Rückfläche besprochen

¹⁾ H. Balsam, Des Apollonius von Perga 7 Bücher über die Kegelschnitte. Berlin 1861, S. 18—23.

wird, ist anzunehmen, daß sie sich nicht von der des gewöhnlichen unterscheidet.

Die Beschreibung der ebenen Astrolabien kann nicht abgeschlossen werden, ohne das Astrolab des *Zarqālī* (er lebte ungefähr 1029–1087, Suter Nr. 255) zu erwähnen, das zwar jünger ist als die oben angeführten Instrumente, aber in Europa unter dem Namen *Saphaea* (al *ṣafiha* al *zarqālīya*, Scheibe des *Zarqālīs*) große Bedeutung gewonnen hat. Es 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. Auf die Verwendung des Instrumentes kann hier nicht eingegangen werden¹⁾.

Eine einfachere Form der Scheibe des *Zarqālīs* ist das Meteoroskop des Johannes Werner (1468–1528)²⁾. Auf der *saphaea* (Werner hat diesen Namen beibehalten) sind nur die Projektionen des Äquators, seiner Vertikal- und Parallelkreise in der gleichen Projektionsart, wie sie *Zarqālī* benutzt, gezeichnet. Die Teilung des Lineals ist hier wie dort die gleiche. In Werners Schrift sind 91 Aufgaben gelöst. Auf welchem Wege Werner zu seinen Nachbildungen gekommen ist, werde ich an einem anderen Ort untersuchen.

Im gewissen Sinne gehört zu den ebenen Astrolabien das Linearastrolab oder der Stab des *Tūsī*, der um die Wende

¹⁾ Vergl. A. Wittstein, Zeitschr. f. Math. u. Phys. Hist.-lit. Abhlg. 39, S. 1. 1894.

²⁾ J. Würschmidt, Joh. Vernerii De triangulis sphaericis libri IV. De meteoroscopiis libri VI. Leipzig 1913.

des 13. Jahrhunderts lebte (Suter Nr. 333). Es ist ein Lineal, auf dem die Schnitte der Meridianebene mit der Zeichnungsebene des gewöhnlichen Astrolabs vermerkt sind. Mit dem Lineal sind Fäden zum Messen bestimmter Winkel verbunden¹⁾.

Bīrūnī bespricht in seinem Buch noch zwei körperliche Astrolabien, das kugelförmige und das Beobachtungsastrolab (al rasdi). Das erstere ist eine Vollkugel, auf der all die Linien, die auf der Scheibe des ebenen Astrolabs sich finden, eingetragen sind, und eine durchbrochen gearbeitete Halbkugel, die die Spinne des ebenen Astrolabs vertritt. Die Halbkugel dreht sich um den als Nordpol angenommenen Punkt der Vollkugel. Dieses Astrolab ist zeichnerisch am einfachsten herzustellen. Das Beobachtungsastrolab kann als eine Kombination der Armillarsphäre mit dem ebenen Astrolab aufgefaßt werden. Das Instrument besteht aus einem System von Ringen, in die ein ebenes Astrolab mit Scheibe, Spinne und Visierlineal eingebaut ist. Die Linien auf der Scheibe sind natürlich nicht die des ebenen Astrolabs, und auch die Spinne entspricht nicht ganz der des einfachen Instruments. Es würde zu weit führen, auf die Einzelheiten hier einzugehen, sie finden sich in der vollständigen Arbeit.

¹⁾ Vergl. H. Suter, Bibl. math. 10, 17. 1896.

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

Prof. Dr. D. h. c. H. Krüger, Vorsitzender, Prof. Dr. R. Straubel.

Schriftleitung: Prof. Dr. F. Göpel in Charlottenburg-Berlin.

XLII Jahrgang.

Juli 1921.

Siebentes Heft.

Über zwei astronomische arabische Instrumente.

Von

Josef Frank in Erlangen.

1. Das umfassende Instrument al ūa al schāmīla.

Auf dies interessante Instrument hat bereits L. Am. Sédillot¹⁾ auf Grund der Angaben von Marākuschī hingewiesen. Indes ist seine Beschreibung nicht vollständig und so wenig klar, daß man von der Konstruktion des Instrumentes keine Vorstellung erhält. Es dürfte daher eine eingehende Beschreibung nicht ohne Interesse sein, ebenso eine kurze Angabe über die Verwendung des Instrumentes. Die Beschreibung ist dem 5. Kapitel der anonymen arabischen Handschrift²⁾: „Kurze Darstellung über die Herstellung einiger Beobachtungsinstrumente und deren Verwendung“ entnommen.

Über die Geschichte dieses Instrumentes finden wir folgende interessante Angabe bei Ibn al Qiftī (S. 339) in der Biographie von Hibat Allāh b. al Husain al Badī' Abū' Qāsim al Asturlābī aus Bagdad († 1139, H. Suter Nr. 278): „Hierher gehört, was er an den allgemeinen Instrumenten (schāmīla) ausführte, so daß sie, die vorher Fehler aufwiesen, vollkommen wurden. Chugēndī († um 1000), ihr Erfinder, hatte sie für eine einzige Breite hergestellt und den wahren Beweis aufgestellt, daß sie nicht für eine Anzahl von Breiten gelten können. Als Hibat Allāh dies Instrument kennen lernte, sich eifrig damit beschäftigte, seinen ganzen Scharfsinn darauf richtete und eine Anzahl von ihnen herstellte, die er zu den Vornehmen seiner Zeit brachte, fand er einen Weg, durch den es möglich war, sie für eine Reihe von Breiten herzustellen. Eine Prüfung auf Grund der Geometrie ergab, daß diese fehlerlose Ergebnisse lieferte, und daß ihm das Licht (der Erkenntnis) für diesen Gegenstand sichtbar wurde, das anderen vorher verborgen war. Er paßte dieses Instrument allen Breiten an. Dabei gelangte er zu Ergebnissen, wie sie in dieser Kunst festgesetzt und bestimmt sind. Hierüber schrieb er eine Abhandlung (risāla), die hilft (mu' ajjida) durch die disjunktiven (qaṭ' 'ija) Beweise, ferner über andere Dinge, mit denen er sich unter Verwendung von Lineal und Zirkel befaßte, und noch anderes. Dies kam aus den Schatzkammern der Edelsten in die Hände der Menschen.“

Schon Chugēndī schrieb eine Abhandlung „Über die Konstruktion und den Gebrauch des umfassenden Instrumentes“. (Siehe H. Suter, Die Mathematiker und Astronomen der Araber Abhdl. z. Gesch. d. math. Wiss. X. Heft 45. 1900. Nr. 173.)

¹⁾ L. Am. Sédillot, *Mém. prés. p. div. sav. des inscriptions et belles-lettres*, t. I. 1849/50, 1844.

²⁾ Die Berliner Handschrift (Sprenger 1877, Ahlwardt 5857) enthält zum größten Teil Auszüge aus Marākuschī's Werk. Die Überschrift des 5. Kapitels lautet: Über die Herstellung der schāmīla (Ahlwardt liest statt „schāmīla“ das Wort „baschāta“). Die Handschrift ist sehr schlecht geschrieben. An einigen Stellen habe ich Ergänzungen vorgenommen, die sonstigen Angaben ähnlicher Instrumente entsprechen. Herrn Prof. Dr. Weil, Berlin, sei auch an dieser Stelle für die Überlassung der Handschrift bestens gedankt, ebenso Herrn Geheimrat Dr. Wiedemann, Erlangen, der mir seine Übersetzung in liebenswürdigster Weise überließ.

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 Vertikalkreise 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 Winkelmessungen, 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 s. a. u. 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 Himmelssphäre darstellen. Der Äquatorkreis ermöglicht die Zeitbestimmung. Bei manchen Instrumenten ist auf der Scheibe in einem Quadranten eine besondere Form der zeitlichen Stundenlinien gezeichnet. Wie R. Wolf¹⁾ will ich diesen Quadranten „Sonnenquadrant“ nennen. Da ferner die Scheibe verschiedentlich das Schattenquadrat und den Sinusquadranten enthält, kann man damit die Schattenlänge für bestimmte Sonnenhöhen, den Sinus und natürlich auch die Kotangente für die verschiedenen Winkel ermitteln²⁾.

Die schāmila kann man also als eine Verbindung des Quadranten bzw. der Rückseite des Astrolabs mit der Himmelssphäre 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 Himmelssphäre durchführen; denn die Orte dieser oder wenigstens der wichtigsten von ihnen finden sich auf diesen Instrumenten verzeichnet. Mit der Himmelssphäre läßt sich ferner die Bewegung der ganzen Himmelssphäre wiedergeben, bei der schāmila nur die vom Tierkreis und Äquator. Allerdings ist bei der schāmila das anschauliche Moment nicht zu übersehen. Während wir uns nämlich bei der Himmelssphäre außerhalb der Himmelssphäre gestellt denken müssen, sehen wir bei der schāmila die Verhältnisse wie in der Wirklichkeit. Vom

¹⁾ R. Wolf, Handbuch der Astronomie, I. S. 433. 1890; vgl. auch J. Wüschmidt, *Mit. z. Gesch. d. Mat. u. Naturw.* 18. S. 193. 1919.

²⁾ Vgl. E. Wiedemann, Beiträge XVIII. 1909.

Mittelpunkt der Kugel aus beobachten wir, wie z. B. der Tierkreis an den Muquantaras und Azimutalkreisen, die wir auf der Innenseite der Himmelkugel sehen, sich vorbeibewegt. Trotz allem aber können wir dem arabischen Schriftsteller nicht beipflichten, der die Anschauung ausspricht, daß sie das Astrolab und die Himmelskugel ganz vertreten kann. Daher heiße es das Umfassende (al schāmīla).

Im folgenden sei das Instrument in seinen Einzelheiten beschrieben.

Die Halbkugel. Auf den Kreisrand einer hohlen Halbkugel von gleichmäßiger Krümmung und mäßiger Stärke ist ein Ring von quadratischem Querschnitt so aufgelötet, daß die eine Ringfläche mit dem Rand der Kugel abschneidet.

Der Rand der Halbkugel ist in 360 Grade geteilt. Die Teilstriche sind auch auf der Ringfläche gezeichnet, auf der die zugehörigen Zahlen und zwar die Fünfer geschrieben sind. Der inneren Rand der Halbkugel bildet den Horizontkreis; er wird in 4 Quadranten unterteilt. Die vier Himmelsrichtungen sind an den Endpunkten dieser 4 Quadranten bezeichnet. Zur Zeichnung der Azimutalkreise wird die oben genannte Scheibe verwendet. Ihr Durchmesser ist gleich dem inneren der Halbkugel. Die Scheibe wird so in die Kugel gelegt, daß ihre

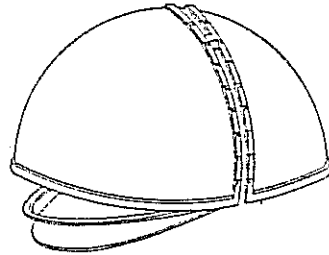


Fig. 1.

eine Seite durch zwei diametral gegenüberliegende Teilpunkte des Horizontkreises geht. Zieht man entlang der Scheibe eine Linie, so ist diese der durch die beiden Teilpunkte gehende Azimutalkreis. In dieser Weise sind sämtliche Azimutalkreise konstruiert. Ihr gemeinsamer Schnittpunkt ist der Zenit des Horizonts. Zur Zeichnung der Muquantaras wird einer der Azimutalkreise zwischen Zenit und Horizont in 90 Grade geteilt. (Diese Teilung könnte man bequem ausführen, wenn man den Umfang der Scheibe in Grade teilen und diese Teile auf den Azimutalkreis übertragen würde.) Die durch die einzelnen Grade auf dem geteilten Azimutalkreise gehenden Kreise mit dem gemeinsamen Mittelpunkt im Zenit sind die Muquantaras. In die Kugel wird ein Schlitz entlang des durch den Südpunkt gehenden Azimutalkreises gemacht. Der Spalt geht vom Zenit bis zum Rand der Kugel und ist so breit, als der Bogen von 3 Graden auf dem Horizontkreise lang ist. Längs eines jeden Randes dieses Spaltes wird ein Viertel eines Ringes von den Dimensionen des Horizontringes so auf die Kugel aufgelötet, daß die einander zugekehrten Flächen dieser Ringstücke die Spaltränder bilden. Die konvexe Fläche dieser Ringstücke wird in 90 Grade geteilt, die vom Rand der Kugel, dem Horizontkreise, aus gezählt werden. Die Teilstriche werden auch auf die einander abgekehrten Flächen der Ringstücke durchgezogen. Die beiden Ringstücke sind in der Mitte eines jeden dieser Teilstriche von der Seite her parallel zur Ebene des Horizontkreises durchbohrt.

Scheibe. Auf der Scheibe wird in einem kleinen Abstand vom Rand ein dazu paralleler Kreis gezogen. Er wird in 360 Grade geteilt. Diese werden, da der Kreis den Tierkreis darstellt, zu je 30 geordnet und gezählt. Bei manchen Instrumenten wird die Scheibe durch zwei zueinander senkrechte Durchmesser, einen vertikalen und einen horizontalen, der wohl wie bei der ganz ähnlichen Zeichnung auf der Rückseite des Astrolabs durch den Widderanfang geht, in vier Quadranten geteilt. In dem einen Quadranten, meist dem linken oberen, werden die Sinus-

und Kosinuslinien gezogen; der Bogen dieses Quadranten wird zur Messung von Sonnenhöhen bestimmt. Deshalb heißt dieser Quadrant „Höhenquadrant“. In dem diesen gegenüberliegenden wird das Quadrat der beiden Schatten gezeichnet. (Vgl. E. Wiedemann, Beiträge XVII.). In dem zwischen diesen beiden gelegenen Quadranten werden die 6 Stundenlinien des „Sonnenquadranten“ gezogen. (In dem 4. Quadranten ist vielleicht wie bei vielen Astrolabien ein zweites Schattenquadrat gezeichnet, dessen Seiten in Füße, während die des ersteren in Finger unterteilt sind.) Auf dem vertikalen Durchmesser ist nahe am Rand der Scheibe ein Loch geböhrt zum Aufhängen der Scheibe bei Höhenmessungen. Man muß annehmen, daß dieses sich zwischen Rand und „Tierkreis“ befindet, da es bei jeder anderen Lage die Bewegung der Alhidada beim Nehmen der Höhe hindern könnte.

Alhidada. Zum Instrument gehört wie zum Astrolab eine Alhidada mit zwei Abschen. Sie wird auf eine durch den Mittelpunkt der Scheibe gehende Achse aufgesetzt und dreht sich auf ihr.

Achse. Da die Scheibe den Tierkreis trägt, muß sie in jede Lage der Ekliptik gebracht werden können, andererseits muß ihr Mittelpunkt mit dem der Halbkugel zusammenfallen. Dies wird erreicht, indem die Scheibe mit einer Säule von besonderer Form, der Achse, verbunden ist, deren Mittellinie in Richtung der Weltachse fällt, und die sich um diese in einem Lager dreht. Dieses ist eine Durchbohrung in einem Klotz, einem Ringstück, dessen konkave Seite wie die Kugel, und dessen konvexe Seite wie die konvexen Seiten der Verstärkungsstücke auf den Spalträndern gekrümmt sind. Dieser Klotz ist so breit, daß er in den Spalt genau hineinpaßt, und so dick, daß seine konkave Seite mit der inneren Fläche der Halbkugel zusammenfällt. Die Durchbohrung ist senkrecht zu den gekrümmten Flächen. Der Klotz ist ferner noch mit zwei Durchbohrungen versehen, die senkrecht zu seinen Parallelflächen verlaufen. Er wird in den Spalt so eingesetzt, daß die letzteren Durchbohrungen auf die gleich weiten in den Verstärkungsstücken passen, durch die Stifte von außen hineingeschoben werden; dadurch wird der Klotz im Spalt festgehalten. Da die Achse für die verschiedenen Breiten in die jeweilige Richtung der Weltachse gebracht werden soll, muß die Mittellinie des Achsenlagers durch den betreffenden Grad der Breite, wenigstens durch den ganzzahligen, hindurchgehen. Man muß deshalb annehmen, daß die Löcher für die Stifte um den gegenseitigen Abstand je dreier Löcher auf den Verstärkungsstücken voneinander entfernt sind. Ist also a die Zahl der Grade der Breite, so muß die eine Durchbohrung mit der im $(a+1)$ -ten und die andere mit der im $(a-1)$ -ten Grad auf den Verstärkungsstücken übereinstimmen. An der Achse selbst können wir drei Hauptteile unterscheiden. Der zylinderförmige Teil js (Fig. 2) ist so bemessen, daß er in das Loch im Klotz hineinpaßt und in ihm leicht gedreht werden kann. js ist mit einem viereckigen Schlitz versehen, der bei j beginnt und etwas länger als der Klotz dick ist. Ist die Achse in den Klotz eingesetzt, so wird in den darüber

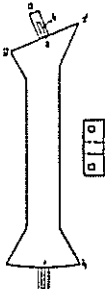


Fig. 2.

hinausragenden Schlitz ein Stift gesteckt, der die Achse hält. Die kreisförmig begrenzte Fläche hjt hat dieselbe Krümmung wie die Halbkugel. Sie ist also eine Kugelhaube, die sich der konkaven Oberfläche der Kugel anschmiegt, wenn die Achse in ihrem Lager sitzt. Dadurch wird ein Wackeln der Achse bei der Drehung vermieden. Während js der Richtung der Weltachse entspricht, muß das zylindrische

Stück ab gegen js um ϵ^0 geneigt sein. Es steht senkrecht zur Kreisfläche gd , die gegen die Mittellinieder Achse um $90 - \epsilon^0$ geneigt ist. Über ab wird die Scheibe geschoben und so auf die Kreisfläche gd gelegt, daß die Verbindungslinie des Anfangs vom Krebs und des vom Steinbock mit dem Kreisdurchmesser gd zusammenfällt, wie dieses die räumliche Lage der Ekliptik erfordert. In dieser Lage wird die Scheibe mit der Kreisfläche verbunden, so daß mit ihr die Säule mitbewegt wird, wodurch die Drehung der Ekliptik im Raume dargestellt werden kann. Die Art der Verbindung ist in der Handschrift nicht angegeben, doch muß man eine derartige annehmen, die eine Abnahme der Scheibe zur Höhenmessung gestattet. Durch einen auf der Kreisfläche errichteten Bolzen, der in ein Loch auf der Rückfläche der Scheibe eingreift, kann dies erreicht werden. ab ist zugleich die Drehungsachse für die auf der Scheibe sich drehende Alhidada und ist mit einem viereckigen Schlitz versehen, der bei b beginnt. Er ist so lang, daß, wenn Scheibe und Alhidada auf ab gesetzt werden, durch den darüber hinausgehenden Schlitz noch ein Splint gesteckt werden kann. Dieser hält beide auf der Fläche gd fest. Das Mittelstück $gdht$ dürfte die Form der Figur 2 haben. Die Länge der Achse muß so bemessen sein, daß der Abstand kj gleich dem Radius der Halbkugel ist, damit die Oberfläche der Scheibe, auf der sich ja der Tierkreis befindet, um den Mittelpunkt der Halbkugel sich dreht.

Äquatorring. Der den Äquator darstellende Halbkreis ist mit der unteren Seite der Scheibe fest verlötet und zwar so, daß er auf dem durch den Anfang von Widder und Wage gehenden Durchmesser aufsitzt. Er liegt unterhalb des Halbkreises mit den nördlichen Tierkreiszeichen und ist um den Betrag der Ekliptikschiefe $= \epsilon^0$ gegen die Scheibe geneigt. Der Halbkreis ist in 180 Grade geteilt. Der Nullpunkt fällt beim Widderaufgang auf die Oberfläche der Scheibe. Dieser Äquatorkreis kann nicht eine massive Halbscheibe sein; denn in seiner Mitte muß ein freier Raum für die Achse sein. Er kann auch nicht die bei Sédillot gegebene Gestalt eines breiten Ringes haben, da er die Scheibe, wenn sie vertikal aufgehängt wird, aus der vertikalen Stellung allzusehr herausdrehen würde. Deshalb kann er nur ein schmaler Ring sein.

Entsprechend der Verbindung des Äquatorringes mit der Scheibe bewegt sich dieser in der Ebene des Himmelsäquators, während der Tierkreis auf der Scheibe immer die entsprechende Lage einnimmt. Scheibe und Ring führen also dieselbe Bewegung wie die Ebenen der Ekliptik und des Äquators auf einer Kugel aus, die sich um die Weltachse dreht. Die Verwendung des Instrumentes stimmt also im wesentlichen mit der Himmelskugel überein.

Wahrscheinlich wurde das Instrument auf ein Gestell gesetzt.

Anwendung des Instrumentes. Während sich bei Sédillot keinerlei Angaben über die Art und Weise der Verwendung des Instrumentes finden, ist in der benutzten Handschrift die Lösung wenigstens eines Problems besprochen, nämlich die der Bestimmung des „Grades der Sonne“, d. h. des Punktes der Ekliptik, in dem die Sonne gerade steht. Dazu dreht man die Achse, bzw. die Scheibe bis ihre Vorderfläche und Rückfläche im Schatten liegen, d. h. die Sonnenstrahlen parallel zu diesen Flächen verlaufen. Bei dieser Lage der Scheibe dreht man die Alhidada, bis die der Sonne zugekehrte Absehe die andere vollständig beschattet. Die Alhidada weist dann auf die Sonne hin. Der Punkt der Ekliptik, in dem der Zeiger der Alhidada oder die durch ihren Drehpunkt gehende Kante (*linea fiduciae*) sie schneidet,

ist der gesuchte Sonnengrad. Denn die Scheibe und damit der auf ihr gezeichnete Tierkreis nimmt die der augenblicklichen Stellung entsprechende Lage ein und die *Linea fiduciae* ist die Verbindungslinie Sonne-Weltmittelpunkt.

Durch diese Stellung der Scheibe ist aber die Lösung noch einer Reihe anderer Aufgaben ermöglicht, so der Ermittlung der Höhe der Sonne, ihres Azimuts und der vier Pflöcke: des Aszendens, des Kulminierenden usw. und schließlich der Bestimmung der seit Sonnenaufgang verfloßenen zeitlichen und gleichförmigen Stunden. Da die Sonne um denselben Betrag über dem Horizont steht, um dem sich der ihr gegenüberliegende Punkt der Ekliptik der „Gegengrad“ unter dem Horizont befindet, kann man die Sonnenhöhe finden. Man ermittelt, auf welche Muquantara der Depression der Gegengrad auf dem Tierkreis der Scheibe fällt. Die Ordnungszahl dieser Muquantara gibt die Sonnenhöhe; die des Azimutalkreises, mit dem der Sonnengrad zusammenfällt, das Azimut. Die Araber zählten das Azimut gewöhnlich vom Ost- und Westpunkt aus. Es ist noch zu beachten, daß die Sonne, wenn ihr Gegengrad ein Azimut z. B. zwischen West- und Nordpunkt hat, in einem zwischen Ost- und Südpunkt gelegenen Azimutalkreis sich befindet, also in dem diametral gegenüberliegenden Quadranten. Der Aszendens ist der Punkt des Tierkreises, der in seinem Schnittpunkt mit dem Horizont auf der Ostseite liegt, der mit dem Azimutalkreis durch den Südpunkt zusammenfallende Punkt ist der Pflöck der Erde. Die von diesen um 180° abstehenden Punkte des Tierkreises sind die zwei anderen Pflöcke.

Ist umgekehrt der Sonnengrad bekannt und kennt man ihre Höhe, ihr Azimut oder einen der vier Pflöcke, so kann man die Scheibe in die augenblickliche Lage einstellen, indem man den Gegengrad auf die der Höhe entsprechende Muquantara der Depression usw. legt.

Daß der Äquatorkreis des Instrumentes zum Messen von Tag- und Nachtbogen dient, darauf weist der arabische Verfasser auch hin, ohne aber näher darauf einzugehen. Zu ihrer Bestimmung legt man den Sonnengrad auf den Ostteil des Horizonts und liest den Grad a des Äquators ab, der bei dieser Lage der Scheibe auf den Ostteil des Horizonts fällt. Dann dreht man die Scheibe über den Südpunkt, bis der Sonnengrad auf den Westhorizont fällt, und liest wieder den Grad b des Äquators ab, der auf dem Osthorizont fällt. $a - b$ ist der gesuchte Tagbogen. Dabei kann der Fall eintreten, daß der Schnittpunkt des Äquators mit der Scheibe den Osthorizont erreicht, bevor der Sonnengrad auf den Westhorizont trifft. Bis dahin haben a Grad des Äquators über dem Horizont sich erhoben. Um den noch fehlenden Äquatorbogen zu messen, bestimmt man am Westhorizont den Äquatorbogen b , der sich von da ab unter den Horizont senkt, bis der Sonnengrad den Westhorizont erreicht. $a + b$ ist in diesem Fall der Tagbogen. Steht die Sonne in einem der südlichen Tierkreiszeichen, so wird der halbe Äquatorbogen den Osthorizont noch nicht schneiden, wenn der Sonnengrad eben aufgeht. In diesem Fall ist bei der Ablesung Ost- und Westhorizont zu vertauschen. Zieht man den Tagbogen T von 360° ab, so erhält man den Nachtbogen N , den man natürlich auch direkt hätte bestimmen können. $T/15$ ist die Dauer des Tages in gleichförmigen Stunden, $N/15$ die der Nacht. $T/12$ und $N/12$ ist die Länge einer zeitlichen Tag- bzw. Nachtstunde in Grade ausgedrückt. Zur Bestimmung der seit Sonnenaufgang verfloßenen Stunden stellt man in der angegebenen Weise die Scheibe ein und liest den Grad c des Äquatorkreises ab, der im Horizontkreis liegt. Dann dreht man die Scheibe bis der Sonnengrad auf den Osthorizont fällt und liest wiederum den Schnittpunkt d des Äquators mit dem Osthorizont ab. $(c - d) \cdot 12/T$ sind die seit Sonnenaufgang verfloßenen zeitlichen und $(c - d)/15$

die entsprechenden gleichförmigen Stunden. Auch hier wird der Fall eintreten, daß der Äquatorbogen ($c-d$) sich aus zwei Bögen wie im vorhergehenden Problem zusammensetzt.

Über die Stundenbestimmung mit dem Sonnenquadranten sei auf die später erscheinende Arbeit in der „Geschichte der Zeitmessung und der Uhren“, herausgegeben von Herrn Professor Dr. Bassermann-Jordan, verwiesen.

Um die Scheibe aus der Ekliptikebene in die des Äquators zu bringen, muß man das Lager der Achse, das im ersten Fall auf die geographische Breite φ des Beobachtungsortes eingestellt wird, um den Betrag der Ekliptikneigung verschieben, also auf $(\varphi + \epsilon)^0 \leq 90$ einstellen. Um sie senkrecht zum Horizont zu stellen, stellt man das Lager auf ϵ^0 ein, der Äquatorbogen weicht von der Vertikalebene um ϵ^0 ab, die Scheibe fällt mit ihr zusammen. Nur die horizontale Lage kann man der Scheibe nicht geben, da das Lager auf $90 + \epsilon^0$ zu stellen wäre, was nicht möglich ist. Ist das Lager im 90 . Grad, so ist die Scheibe um ϵ^0 gegen den Randkreis der Halbkugel geneigt. Von da ab kann man ihr alle Lagen bis zu 90^0 und darüber hinaus geben.

Es ist vielleicht verwunderlich, daß die Scheibe nicht den Äquator sondern den Tierkreis enthält, wodurch die besondere Form der Achse bedingt ist. Der Grund dürfte vielleicht darin liegen, daß dem Erfinder daran gelegen ist, gerade den ganzen Tierkreis abzubilden, um die verschiedenen Stellungen der Sonne in ihm unmittelbar verfolgen zu können.

2. Das Instrument mit dem Dreieck.

In einem rechtwinkligen Dreieck aus Holz oder anderem Material ist um den Halbierungspunkt A 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 rechteckigen 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.

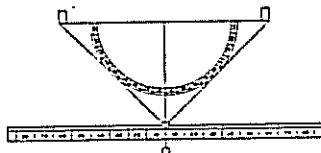


Fig. 1.

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. Die Beschreibung dieses Instrumentes nebst einer kurzen Anwendung findet sich im 19. Kapitel der vorerwähnten Handschrift. Nach den Angaben am Schluß derselben rührt das Instrument von einem Chāzini her. Zur Ergänzung der obigen Angaben sei bemerkt, daß der Radius des Halbkreises zu 42 Teilen angegeben ist. In der Tat ist die Länge der von A auf die Kathete gefällten Senkrechten, die gleich dem Radius ist, gleich $60 \times \sin 45^0 = 42,4$. Zur Zeichnung der Teilstriche für die Gradteilung ist um A ein zweiter Halbkreis mit einem Radius von 41 und ein dritter mit einem solchen von 38 Teilen gezogen. In dem Raum zwischen den beiden ersten Kreisen sind die Teilstriche, in dem zwischen dem zweiten und dritten die

Fünferstriche und die zugehörigen Zahlen eingezeichnet. Jeder Quadrant ist für sich gezählt; der 90. Grad liegt auf der Hypotenuse. Die Basis hat die doppelte Länge einer Kathete und ist dementsprechend in 2×85 Teile geteilt. Das Gelenk sitzt im Halbierungspunkt der Basis. Wenn man das Dreieck um das Gelenk gegen die Basis zu dreht, so wird bei der Berührung die Kathete in ihrer ganzen Länge aufliegen. Man muß annehmen, daß die mit dem Halbkreis versehene Fläche des Dreiecks mit der geteilten Vorderfläche der Basis in einer Ebene liegen, schon damit das Lot sich vertikal einstellen und über die Teilung der Basis spielen kann.

Soweit aus der Handschrift hervorgeht, dienen die beiden Klötze nur zur Bestimmung der Richtung der Sonnenstrahlen, die man erhält, wenn man die Hypotenuse so lange dreht, bis der Schatten des einen Klotzes den anderen genau bedeckt. Das Lot gibt die Sonnenhöhe an dem geteilten Halbkreis unmittelbar an. Zum Anvisieren von Sternen und Gegenständen auf der Erde dienen die Dreiecksseiten und die Basis, denen entlang man blickt. Zur Bestimmung des Gesichtswinkels, in dem ein Gegenstand uns erscheint, findet sich in der Handschrift folgende Anleitung: Man stellt das Instrument auf einen Schemel auf die Erde und visiert mit der Fläche der Basis den Fußpunkt des Gegenstandes an. Diese Visierlinie wird „Fläche der Erde“ genannt. Die Höhe des Dreiecks soll dabei zur Basis senkrecht stehen (Normalstellung). Das Lot gestattet den Winkel α abzulesen, den die Visierlinie mit der Horizontalen bildet. Schneidet das Lot den beim Auge liegenden Quadranten, so liegt der Fußpunkt über dem Horizont, schneidet es den anderen, so liegt der Fußpunkt unter dem Horizont. Der Winkel α heißt Ausgleich (*ta' dil*); dieser ist im ersten Fall zunehmend, d. h. positiv, im zweiten abnehmend, d. h. negativ. Sodann wird die Spitze des Gegenstandes längs der Hypotenuse anvisiert, wobei das Dreieck bei fester Basis entsprechend gedreht werden muß. Die Stellung des Lotes gibt den Winkel der neuen Visierlinie mit der Horizontalen $= \beta$. Die Oberfläche der Basis und die Hypotenuse schließen den gesuchten Gesichtswinkel ein. Dieser ist $\pm \beta - \pm \alpha$, wobei für β die Vorzeichenregel wie für α gilt. Auf diese Differenz wird das Lot bei Normalstellung des Instrumentes am geteilten Kreis eingestellt. An der Teilung der Basis schneidet es den zugehörigen Sinus ab, der „Teile der Basis“ heißt.

Zur Messung von Sternhöhen muß die Basis zunächst genau horizontaliert werden. Die horizontale Lage kann mit dem Instrument selbst nachgeprüft werden. Man legt die beiden Katheten auf die Basis; bei horizontaler Einstellung derselben muß das Lot durch den 45. Grad des einen bzw. des anderen Quadranten gehen. Handelt es sich um Sternhöhen, die kleiner oder gleich 45 Grad sind, so kann man längst der Hypotenuse den Stern anvisieren, bei größeren Höhen muß man dagegen längs einer der Katheten blicken, da die Hypotenuse nur um 45 Grad gegen den Horizont geneigt werden kann. Das Anvisieren längs der Katheten wird erleichtert, wenn man die obige Annahme über die Koinzidenz der Vorderflächen des Dreiecks und der Basis macht. Natürlich könnte man das Dreieck allein ohne Rücksicht auf die horizontale Stellung der Basis wie einen Quadranten benutzen.

MEMOIRS OF THE
ARCHÆOLOGICAL SURVEY OF INDIA

No. 12.

ASTRONOMICAL INSTRUMENTS IN
THE DELHI MUSEUM

BY
G. R. KAYE.



CALCUTTA
SUPERINTENDENT GOVERNMENT PRINTING, INDIA
1921

Price Rupee 1 annas 10.

DELHI MUSEUM ASTRONOMICAL INSTRUMENTS.

THE Director General of Archaeology recently purchased from a resident of Delhi three astrolabes and a small brass celestial sphere, which have now been placed in the Delhi Museum. Of these instruments the sphere is inscribed with the maker's name and date as follows: *Diya al-Din Muhammad ibn Mullā Qasim Muhammad ibn Ḥāfiẓ 'Isā ibn Shaikh Allāhdād, Humāyūnī, Sana 1087.*

This person appears to have belonged to a family of astrolabe makers of Lahore. He himself was the maker of the very accurate instruments shown in figures 6 and 19 of my *Astronomical Observatories of Jai Singh*, and an uncle of his, described as Muhammad Muqim ibn 'Isā ibn Allāhdād, Uṣṭūrīabī Humāyūnī of Lahore, made in A.H. 1053 an instrument now in the possession of Mr. Lewis Evans,¹ and there is another of his instruments, dated A.H. 1070, in the British Museum.²

2. None of the three Delhi astrolabes bears either the maker's name or any date, but, as will be shown below, such instruments, when accurately constructed, bear clear evidence, based upon the precession of the equinoxes, of the period of construction. The known history of the instruments,³ the date on the small sphere which accompanies them (approximately A.D. 1676), and their general design are other factors bearing on the period of their construction. The oldest of these Delhi astrolabes is inscribed in Kūfic characters and belongs to the thirteenth century A.D.; another belongs to the end of the fifteenth century; and the third, which is inscribed in Devanāgarī characters, belongs to about the end of the seventeenth century. All these instruments contain many details of astronomical and archæological interest. The workmanship on two of the astrolabes is excellent; while the third, although of

¹ To whom I am indebted for an excellent photograph of the instrument.

² Number 12 of the unpublished list kindly lent to me by Sir Hercules Read.

³ The late owner of the instruments states that his great-great-grandfather 'was keenly interested in the science of the heavenly bodies' and that 'somewhere in the 17th century A.D. he collected the astrolabes, together with an excellent selection of astronomical literature.'

much cruder design than the others, is possibly one of the earliest inscribed in Devanāgarī characters.

A. Thirteenth Century Astrolabe inscribed in Arabic (Kūfic) characters.

3. This is a brass instrument 5·7 inches (14·2 cm.) in diameter, and 2 mm. thick. Besides the body of the instrument, termed the *umm* or *mater*,¹ it consists of only the '*ankabūt* (*aranea* or *rete*) and the sighter or alhidade, and is inscribed with Kūfic characters. The '*ankabūt* has 29 *shazāya* or star points each inscribed with the name of a star, and the ecliptic circle graduated and inscribed with the twelve names of the signs of the zodiac.² Of the 29 *shazāya* eleven have white metal bosses, and there are also four larger bosses which serve as handles for rotating the '*ankabūt*. The venter or inner surface of the *mater* is engraved with a projection of the celestial sphere. The rim is graduated in degrees, which are numbered in groups of five up to 360, starting from the top or south point and proceeding through the west point on the right, the north and east in order. The back of the instrument has the upper half of the rim also graduated in degrees. The upper two quadrants of the back contain a Zargālī projection of a portion of the sphere; the lower left quadrant contains a graphic table of sines; and the edge of the lower right quadrant is inscribed with a shadow scale. The alhidade or sighter has two fixed sighting pieces, each with two sighting holes. The alhidade appears to have been made later than the rest of the instrument and is not graduated. The workmanship is excellent throughout except for some apparent mistakes in numbering the graduations; but the metal has become slightly pitted in parts. The instrument was made about A.D. 1280. Such is a description of the instrument in bare outline, which requires amplification in certain directions.

4. The '*ankabūt*.'—The open net-work disc, examples of which are shown in figures 1, 3, 5 and 10, is by the Muslims appropriately termed '*ankabūt*' ('spider') or *shabakah* ('net') and by mediæval western scholars *aranea* or *rete*. It is essentially a star map of the heavens and always includes the ecliptic, and can be rotated. It is reticulated in order to render the co-ordinates marked on the disc below visible. Each *shaziyya* ('splinter') or denticulus marks the positions of a star, generally with a considerable degree of accuracy. Right ascension may be marked by lines joining the centre to the graduated circumference; declination circles are sometimes given as in figures 7 and 11; the graduations on the ecliptic circle give longitudes, and a special disc containing projections of circles of latitude and longitude is sometimes provided (Figure 8).

The names and positions of the stars on instrument A are given below, together with their modern names where there is no doubt about the identification, and also the positions according to Ulugh Beg. The names are explained in the annexed glossary.

¹ The traditional nomenclature is both Arabic and mediæval Latin. This is confusing but cannot now be well avoided. Even in Chaucer's time the mixture was in evidence.

² These names are the same as those given in paragraph 18 below.

Star List of Astrolabe A.

Name on the instrument.	Modern name.	Magnitude.	ON THE INSTRUMENT.		CLOCK BEG.		Long. Diff.	No. in Daily.
			Long.	Lat.	Long.	Lat.		
1. Matn Qitus	.....	...	12½	—20				
2. Ghūl	26β Persei, <i>Algol</i>	2.6	47	+22	48 55	+22 0	1 55	291
3. Dabarān	57α Tauri, <i>Aldebaran</i>	1.1	60	—5	62 31	—5 15	2 31	301
4. 'Aiyūq	13α Aurigæ, <i>Capella</i>	0.2	73	+22½	74 43	+22 42	1 43	221
5. Qadam al-Jauzā	19β Orionis, <i>Rigel</i>	0.3	69½	—32	69 25	—31 18	—0 5	704
6. Mankib	58α Orionis, <i>Betelgeuse</i>	1.0	80	—17	81 13	—16 45	1 13	732
7. Al-'Abūr	9α Canis Majoris, <i>Sirius</i>	—1.6	95	—39	96 19	—39 30	1 19	815
8. Ghumaigā	10α Canis Minoris, <i>Procyon</i>	0.5	106	—16	108 22	—16 0	2 22	845
9. Yād al-Dubb	9ε Ursæ Majoris	...	113	+30	114 55	+29 21	1 55	20
10. Zabānā	65α Cancri	...	120½	—5	125 40	—5 21	4 30	451
11. 'Unq al-Shujā'	30α Hydræ, <i>Alphard</i>	2.2	138	—21	139 31	—22 30	1 31	602
12. Rijl	33α Ursæ Majoris	...	129	30	131 40	+29 45	2 40	28
13. Qalb	32α Leonis, <i>Regulus</i>	1.3	140	...	142 13	+0 9	2 13	466
14. Janāh al-Ghurāb	4γ Corvi	...	177½	—13	182 46	—14 18	5 16	929
15. Al-Ā'zal	67α Virginis, <i>Spica</i>	1.2	194	—2	196 10	—2 9	2 10	607
16. Qāid	85γ Ursæ Majoris	...	170	+55	169 10	+54 9	—0 50	35
17. Al-Rāmiḥ	α Boötis, <i>Areturus</i>	0.2	195	+31½	196 31	+31 18	1 31	110
18. Fakkhā	5α Cor. Borealis, <i>Alphecca</i>	2.3	210½	+46	214 34	+44 30	4 4	111
19. 'Unq al-Haiyah	28β Serpentis	...	220	+34	222 13	+34 15	2 13	264
20. Qalb al-'Aqrab	21α Scorpii, <i>Antares</i>	1.2	241	—3	242 16	—3 30	1 16	550
21. Al-Hawwā	γ Ophiuchi	2.1	244	+32	243 40	+32 0	—0 20	232
22. Wāq'ī	3α Lyre, <i>Vega</i>	0.1	276	+64	278 19	+62 0	2 19	145
23. Al-Tāir	53α Aquilæ, <i>Altair</i>	0.9	291	+30	294 10	+29 15	3 10	256
24. Ridf*	.....	...	339	+61				
25. Zanab al-Jadī	40γ Capricorni	...	311	—2	314 13	—2 30	3 13	620
26. K'ab al-Faras	γ Pegasi	...	326½	+38	331 31	+36 27	5 1	332
27. Mankib	53β Pegasi, <i>Scheat</i>	...	350	+31	351 37	+30 51	1 37	315
28. Khadib	11β Cassiopeie	2.4	20	+50	28 1	+50 48	8 1	7158
29. Zanab Qitus	.....	...	348	—6½				

* The point appears to have been broken.

The Age of Astrolabe A.

5. In consequence of the precession of the equinoxes the positions of the stars relative to the line of equinoxes (AB in figure 10) varies in the different instruments according to the period for which they are constructed. Thus, if an astrolabe is accurately made, it contains in its star map engraved on the 'ankabūt a definite record of the date of its construction. Since, however, the precession of the equinoxes approximates to 50·2 seconds of arc in a year,¹ and since the error in reading any individual star position may amount to as much as, say, half a degree, our estimate of the age of an instrument may be out by a few years; but, within reasonable limits, the estimate is reliable. Not all the stars are of equal value for this purpose of comparison. The better known stars were presumably the more correctly located, and for the purpose of comparison those not very far from the ecliptic are perhaps the more suitable. Also it is convenient to compare the star positions as recorded on the instrument with a record of not too distant a date: the types of error on the instrument are likely to be similar to those of a catalogue of the period, etc. These considerations have led to the use of Ulugh Beg's catalogue as a standard of comparison. Ulugh Beg's records are not perfectly accurate but we now know the amount of inaccuracy in each case,² and the catalogue gives longitudes, which are much more convenient for comparison than the right ascensions and declinations given in modern catalogues.

Since the instrument error may amount to about half a degree it is useless for us to consider the effect of the proper motion of the stars. The average error in longitude of Ulugh Beg's records is about —12 minutes, and thus would make but little appreciable difference to our estimate. Since latitude does not vary with precession the latitudes on the instrument and those given in Ulugh Beg's catalogue should be nearly the same. We thus have a criterion of accuracy of the instrument, and the latitudes as compared in the above table show that the degree of accuracy claimed for the instrument is in no way exaggerated.

The following list gives the longitude of each of the identified stars on the instrument whose distance from the ecliptic is not more than 30 degrees, and it shows the difference in longitude between the record on the instrument and that of Ulugh Beg.

—	Magnitude.	LONGITUDE.		
		On instrument.	Ulugh Beg.	Differences.
2. Algol, 266 Persei	12·6	47	48 55	1 55
3. Aldebaran, 87α Tauri . . .	1·1	60	62 31	2 31
4. Capella, 13α Aurigæ	0·2	73	74 43	1 43

¹ The generally accepted value is $50·256 - 0·000222T'$ seconds, where T' is the number of years before A.D. 1900.

² See the admirable edition of Ulugh Beg's Star Catalogue by Mr. E. B. Knochel, recently published by the Carnegie Institution of Washington.

	Magnitudo.	LONGITUDE.		
		On instrument	Ulugh Beg.	Difference.
6. Betelgeux, 58 α Orionis	1.4	30	81 13	1 13
8. Procyon, 10 α Canis Minoris . . .	0.5	106	108 22	2 22
13. Regulus, 32 α Leonis	1.3	140	142 13	2 13
15. Spica, 67 α Virginis	1.2	194	198 10	2 10
20. Antares, 21 α Scorpii	1.2	241	242 16	1 16
23. Altair, 53 α Aquilæ	0.9	291	294 10	3 10

The average difference in longitude is approximately $-2^{\circ} 3'$, which corresponds very nearly to -148 years. Ulugh Beg's catalogue was constructed in A.D. 1437 and the rough process followed gives A.D. 1289 as the approximate date of the instrument. The method of calculation is, however, open to criticism. All the stars selected have not the same values for purpose of comparison. If, for example, we had excluded all stars of less than the first magnitude, the resulting date would have been A.D. 1270, in spite of the positive precession shown by number 5 (β Orionis). Also we might, with justification, have taken the 'mode' instead of the 'average' of the differences; we have neglected the proper motions, Ulugh Beg's errors, etc., etc.

The following table gives a comparison of three of the best known stars at greater intervals:—

	LONGITUDE.			DIFFERENCE.	
	A. Instrument.	B. Ptolemy, A.D. 58	C. 1919.	A—B.	A—C.
	"	" "	" "	" "	" "
Aldebaran . . .	60	42 40	68 38	+17 20	—8 38
Regulus . . .	140	122 30	148 42	+17 30	—8 42
Spica . . .	194	170 40	202 43	+17 20	—8 43

The averages of these differences of longitude give about $+1250$ and -622 years approximately; and the resulting dates are $58+1250$ or A.D. 1308, and $1919-622$ or A.D. 1287.

B. Astrolabe inscribed in Arabic (Naskhi) characters, circa A.D. 1500.

6. This is a plane astrolabe of the ordinary type, made in brass gilt. Its diameter is 3.75 inches ($=9.5$ cm.) and it is .3 inches or 7 mm. thick, and is inscribed in naskhi characters. It contains, besides the 'ankabūt, six plates, inscribed on both sides with sex-partite projections for certain latitudes, and other special projections. The venter is blank. The 'ankabūt has 18 points, to only 16

of which, however, star names are attached; and it has the usual ecliptic circle inscribed with the names of the signs of the zodiac¹ and graduated. The 'ankabūt has been broken in two² and rather clumsily repaired: the left top part is the more modern and is slovenly engraved. The obverse rim of the mater is graduated in degrees and is numbered in groups of five up to 360, starting from the top and proceeding clock-wise. The reverse is beautifully engraved: the edge is graduated in degrees, each quadrant being numbered separately from 5 to 90. The inner space of the left top quadrant contains graphs of the unequal or temporal hours; that of the right top quadrant a graphical table of inverse sines and consines; the left bottom quadrant contains what may be described as a set of polar co-ordinates; the remaining quadrant shows square and circular shadow scales. The alhidade or sighter has two fixed sighting pieces with single sighting holes. The workmanship, except for the repaired portion of the 'ankabūt, is excellent throughout, and the gilding has helped to preserve the engraving.

Star List of Astrolabe B.

Name on Instrument.	Modern name.	Magnitude.	INSTRUMENT.		ULUGH BEG.	
			Long.	Lat.	Long.	Lat.
			"	"	"	"
1. Dobarūn . . .	87α Tauri, <i>Aldebaran</i> . . .	1.1	63	—5	62 31	—5 15
2. Rijl . . .	19β Orionis, <i>Rigel</i> . . .	0.3	70	—29	69 25	—31 18
3. Yad . . .	58α Orionis, <i>Betelgeux</i> . . .	1.0	82	—16	81 13	—16 45
4. Yamānūh . . .	9α Canis Majoris, <i>Sirius</i> . . .	—1.0	97	—36	96 19	—39 30
5. Shāmūh . . .	10α Canis Minoris, <i>Procyon</i> . . .	0.5	109	—14	108 22	—16 0
6. Fard . . .	30α Hydræ, <i>Alphard</i> . . .	2.2	140	—21	139 31	—22 30
7. Qalb . . .	32α Leonis, <i>Regulus</i> . . .	1.3	142	0	142 13	+0 0
8. A'zal . . .	67α Virginis, <i>Spica</i> . . .	1.2	198	—1	196 10	—2 9
9. Rāmūh . . .	α Bootis, <i>Arcturus</i> . . .	0.2	197	+33	196 31	+31 18
10. Fakkah . . .	5α Corone Borealis, <i>Alphecca</i> . . .	2.3	219	+47	214 34	+44 30
11. Qalb al-'aqrab . . .	21α Scorpionis, <i>Antares</i> . . .	1.2	243½	—3	242 16	—4 30
12. Hawwā . . .	55α Ophiuchi . . .	2.1	256	+35	255 13	+35 51
13. Wūqī' . . .	3α Lyre, <i>Vega</i> . . .	0.1	280	+69	278 19	+62 0
14. Tāīr ³ . . .	53α Aquilæ, <i>Altair</i> . . .	0.9	292	+28	294 10	+30 0
15. ——— ³ . . .	.....	...	314	+27	...	...
16. Kaffa . . .	.....	...	340	+55	...	...

¹ The names of the signs are the same as those given in paragraph 18 below.

² At longitudes 15° and 255° on the ecliptic circle.

³ These are on the repaired part and are very badly engraved.

7. By the same process as in paragraph 5, from the following elements, we obtain an approximate date for astrolabe B.

—	Magnitude.	Longitude.		Difference.
		Instrument.	Ulugh Beg.	
1. Aldebaran, $\delta\alpha$ Tauri . . .	1.1	63	62 31	+0 29
7. Regulus, $\beta\alpha$ Leonis . . .	1.3	142	142 13	—0 13
8. Spica, $\delta\alpha$ Virginis . . .	1.2	108	106 10	+1 50
11. Antares, $\beta\alpha$ Scorpii . . .	1.2	243½	242 16	+1 14

These stars give an average precession of $+53.2$ minutes *after* the time of Ulugh Beg's catalogue (A.D. 1437) or approximately A.D. 1500. Or, as before, taking only those stars that are of not less than the first magnitude¹ we have:

—	Magnitude.	Instrument.	Ulugh Beg.	Difference.
		"	"	"
2. Rigel, $\beta\beta$ Orionis . . .	0.3	70	60 25	+0 33
4. Sirius, $\alpha\alpha$ Canis Majoris . . .	—1.6	97	96 10	+0 41
5. Procyon, $\beta\alpha$ Canis Minoris . . .	0.5	100	108 22	+0 38
9. Arcturus, α Bootis . . .	0.2	107	106 31	+0 29
13. Vega, $\beta\alpha$ Lyrae . . .	0.1	250	278 10	+1 41

The average precession is here very nearly 49 minutes which gives A.D. 1495 as the approximate date of the instrument.

The Tablets of Astrolabe B.

8. There are six brass gilt tablets, each 3.2 inches (8.1 cm.) in diameter and about a millimetre thick. Each tablet is engraved on both sides with projections of co-ordinates and other elements that can be used in conjunction with the 'ankabūt tablet. Of these projections nine are for latitudes from 0° to 40° ; one is nominally for latitude 90° and therefore gives declination circles; one is nominally for latitude $66^\circ 30'$ and therefore gives celestial latitudes; and one is for horizons from 8° to 71° . On two of the surfaces double projections are given, thus making fourteen different projections in all.

The theory and use of these projections will be described in due course, but at present formal descriptions only will be given. To facilitate this I have numbered the tablets in a convenient order and have distinguished the obverse and reverse of each by the letters *a* and *b*.

¹ Altair is omitted because the repaired portion of the 'ankabūt, on which it lies, is very inaccurate.

I^a is marked *ba 'ard S¹* (' for latitude 90°') and is engraved with declination circles. These are concentric circles whose centre is the centre of the disc (north pole). The circles are numbered thus from the outer tropic:

A	B	C
23	30	18
12	6	6
12	18	24
30	36	42
48	54	60
66	72	78
(84)	(90)	

where A is the tropic of Capricorn, B the equator and C the pole. The readings thus give positive and negative declinations. See figure 11.

I^b is marked *'ard istuwa sā 'ātah IB* or 'zero latitude: hours 12' and exhibits co-ordinates for zero latitude. Almucantarats for every six degrees and azimuth circles for every fifteen degrees, and the 12 unequal or temporal hour lines are drawn and numbered. The two tropics (A and C) and the equator (B) are shown. See figure 12.

II^a is marked *'ard IH sā'ātah IJ-H* or 'latitude 18: hours 13-5.' Besides the almucantarats, azimuths and temporal hour lines, there are also the equal hour lines (dotted); and the horizon is marked on the right *al-maghrib* ('the west'), and on the left *al-mashriq* ('the east'). Figure 13.

II^b is marked *ba'ard K sā'ātah IJ-IJ* or 'for latitude 20°: hours 13-13.' Otherwise it is exactly of the same type as II^a. Figure 14.

III^a is marked *'ard KA-M sā'ātah IJ-KA* or 'latitude 21° 40': hours 13-21.' (Note that 21° 40' N. was the generally accepted latitude of Mecca.) Figure 15.

III^b is marked *'ard KJ sā'ātah IJ-KH* or 'latitude 23°: hours 13-25.' Otherwise as the preceding. Figure 16.

IV^a is marked at the top *'ard KH sā'ātah IJ-LD* or 'latitude 25°: hours 13-34.' The azimuth lines are shown below the horizon only, otherwise it is of the type of II and III. Figure 17.

IV^b exhibits two independent sets of almucantarats and temporal hour lines only. At the top of the tablet is written *'ard KH sā'ātah IJ-MW* or 'latitude 28°: hours 13-46,' and the corresponding projection is given. At the bottom is written *'ard L sā'ātah IJ-NW* or 'latitude 30°: hours 13-56.' The east and the west are marked twice over, being reversed for the second projection. See Figure 18.

V. Tablet V is divided into two parts along the meridian line. This permits the use of either of the projections with one of the special tablets. The actual projections are of the same type as II and III

(a) is marked *'ard LB sā'ātah ID-W* or 'latitude 32°: hours 14-6.' Figure 19.

(b) is marked *'ard LW sā'ātah ID-KZ* or 'latitude 36°: hours 14-27.' Figure 20.

VI^a. The obverse of this tablet is superficially of the same type as IV^b i.e., there are two separate projections on the one surface. The upper projec-

¹ The Arabic letters used as numerals are here transliterated by capital letters. The notation is given on plate VI.

tion is marked 'arḍ M sa'ālah ID-Nā or 'latitude 40°: hours 14—51.' The other projection is marked ba'arḍ SW-L or 'for latitude 66°—30'.' It is thus a projection for the complement of the obliquity and shows celestial latitudes. In some instruments¹, such a projection is marked as 'the measure of the 'an-kabūt.' Figure 21. /

VI^b is a 'tablet of horizons (ṣaḥīḥāh āḥqīyah).' There are the usual circles of the tropics and the equator, the meridian line and the east and west line, and there are four groups of horizon lines, each drawn for a separate latitude, and each group consisting of 16 horizons. (Figure 22.) Along the diameters of the disc these lines are numbered in Arabic numerals,² while along the circle of Capricorn they are numbered in the abjad notation. The groups are arranged thus:—

8	12	16	.	.	.	60	64	68
9	13	17	.	.	.	61	65	69
10	14	18	.	.	.	62	66	70
11	15	19	.	.	.	63	67	71

The following table summarises the elements given on these tablets:—

	I ^a	I ^b	II ^a	II ^b	III ^a	III ^b	IV ^a	IV ^b	V ^a	V ^b	VI ^a	VI ^b
Latitude.	00°	0°	19°	20°	21° 40' Mecca.	23°	25°	28° 30'	32°	36°	40°	66½°
Longest { Hours . day.(a) { Minutes.	12	13	13	13	13	13	13	13	14	14	14	
	0	5	13	21	25	34	46	56	6	27	51	

C. Hindu Astrolabe.

9. The Hindu astrolabe (figures 5 and 6) is 7 inches or 17·2 cm. in diameter and .3 inches thick. It is of the same type as B but is inscribed in Devanāgarī characters. Besides the 'ankabūt it contains two discs with the usual projections, but, apparently, it was made for three such discs. The Venter is blank except for four names that appear to have been engraved there as memoranda. The 'ankabūt has 37 points of which 21 only have star names attached, and one point is broken. The ecliptic circle is roughly graduated and is inscribed with the names of the 12 signs. The obverse edge is graduated in degrees which are numbered in groups of three starting from the east point on the left and proceeding counter-clockwise. The back has only the upper edges graduated, the bottom edge being blank. The upper left quadrant contains a rough sine table; the right quadrant is marked only with equi-distant concentric quarter circles; and the lower half contains the square shadow scale. The alhidade has fixed sighting pieces each carrying two sighting holes. Compared with A and B the workmanship of this instrument is extremely crude.

¹ E.g., figure 8 shows such a projection which is inscribed ṣaḥīḥāh mīzān al-'ankabūt or 'tablet of the measure of the 'ankabūt.' This particular tablet belongs to the Jaipur 'B' astrolabe shown in figures 6 and 8 of my *Astronomical Observatories of Jai Singh*.

² This is the only tablet on which numerical symbols are employed. In all other cases the abjad notation is used.

(a) For the connexion between the longest day and latitude see my *Hindu Astronomy* § 64.

Star List of Astrolabe C.

Name on instrument.	Modern name.	INSTRUMENT.		ULUGH BEG.	
		Long.	Lat.	Long.	Lat.
		"	"	"	"
1. Samudrapaksha . . .	19 α Ceti . . .	356	-11	353 55	-10 30
2. Manushyaśirsha . . .	26 β Persei, <i>Algol</i> . . .	54	+23	48 55	+22 0
3. Rohini . . .	37 α Tauri, <i>Aldebaran</i> . . .	67½	-5	62 31	-5 15
4. Manu.....(broken) . . .	.....	...	...	...	...
5. Mithuna..... <i>dakṣiṇa</i> . . .	10 β Orionis, <i>Rigel</i> . . .	71	-30½	69 25	-31 18
6. Hasta . . .	.....	82	-11	...	...
7. Mithuna . . .	.....	96	-11	...	...
8. Ārdrā Lubdhaka . . .	9 α Canis Majoris <i>Sirius</i> . . .	97	-30	96 19	-30 30
9. Lubdhakabandhu . . .	10 α Canis Minoris, <i>Procyon</i> . . .	110½	-15	108 22	-16 0
10. Maghā . . .	32 α Leonis, <i>Regulus</i> . . .	143	-0½	142 13	+0 0
11. Uttara Phalgunī . . .	.....	151	1+18	...	...
12. Viśākhā . . .	.....	150	+48	...	...
13. Mātṛimāṇḍala . . .	.....	180	+20	...	...
14. Chitrā . . .	67 α Virginis, <i>Spica</i> . . .	201	-1½	196 10	-2 0
15. Svātī . . .	α Bootis, <i>Arcturus</i> . . .	207	+30½	196 31	+31 19
16. Dhanuḥ koṭī . . .	.....	245	+31	...	...
17. Abhijit . . .	3 α Lyrae, <i>Vega</i> . . .	280	+61	278 19	+62 0
18. Śravaṇā . . .	53 α Aquilae, <i>Altair</i> . . .	296	+29	294 10	+29 15
19. Kakumḍapuchha . . .	150 α Cygni, <i>Deneb</i> . . .	333	+60	328 46	+59 43
20. Āvvaṇābha . . .	21 α Andromedae . . .	7	+26	6 28	+25 21
22. Pūrvābhadrā . . .	.....	3	+16	...	...

10. Of these names 11 are names of nakshatras and their positions agree generally with the usual identifications;¹ but *Hasta* does not refer to the nakshatra of that name and here possibly indicates a hand of Orion. *Mithuna* is the name of the sign Gemini and *Mithuna...dakṣiṇa* refers to Rigel as south of that sign. *Dhanuḥ* is also the name of a 'sign' and *Danuḥ-koṭī*, 'the end or tip of the bow,' appears to be used appropriately. *Samudrapaksha*, 'marked with a fin,' is possibly Ceti; *Manushyaśirsha*, 'a human skull' is equivalent to Ulugh Beg's 'demon's head'; *Ārdrā Lubdhaka* is said to be a name for Cauda Draconis, but here it marks Sirius 'the star in the mouth of the dog'; *Lubdhaka* is the hunter in the Rohini myth² and *Lubdhaka-bandhu* is the hunter's relation, and is applied to Procyon. *Mātṛimāṇḍala* is evidently meant to indicate the circle of latitude of Virgo, on which the star lies. *Kakumḍapuchha*

¹ See my *Hindu Astronomy*, Appendix II.

² *Ib.*, Appendix I.

possibly is meant as an equivalent of Cauda Cygni, but it is marked on the 'ankabūt by a bird's beak. The term *Aṣṇābha* indicates some connexion with a celestial horse and is the principal star¹ in Pegasus.

Besides these star names are certain names written on the 'ankabūt that are not connected with any pointer. Near Rohinī is written *Shanmukha*, 'having six mouths,' perhaps for Kṛittikā (the Pleiades); on the extreme edge (long. 160°-170°) is inscribed '*Kakaskandha*,' 'the crow's shoulder,' possibly for one of the stars of the constellation Corvus; and on the ecliptic, near Capricornus, is (?) *Dhanuṣśarāgum* which possibly is to indicate the Muri or pointer at the top of the ecliptic circle.

Some other names are engraved on the venter but appear to have no direct connexion with any part of the astrolabe: they are—

Lankāyām	0
Adane	11
Tilaṅga	?19
Devagirau	20-34

These appear to be memoranda of certain latitudes, viz., Lankā 0, Aden 11, Tilaṅga ?19, Devagiri (the modern Daulatābād, the Tagara of Ptolemy) 20° 34'. Lankā is the place of origin of the Hindu geographical co-ordinates, and is 'in Ceylon'; the latitude of Daulatābād is approximately 19° 57' N. and there is little doubt as to the identification; the latitude of Aden is 12° 47' N. and the identification is possible; Tilaṅga is doubtful.

11. It would be futile to attempt to determine the age of such a crudely constructed instrument as this by means of precession. The average of the differences in longitude would have no value since the probable error is so great. But on general grounds we may suggest the end of the seventeenth or beginning of the eighteenth century as about the period of its construction.

The Tablets of Astrolabe C.

12. Astrolabe C has two tablets only, although from the depth of the rim it is conjectured that the instrument was made for three. I^a is inscribed—

22 Chhāyā 5	Paramadinam 33 30
Karṇaḥ 13	Avantīkayām

which means '(Latitude) 22, Shadow 5, Hypotenuse 13, Longest day 33 (ghaṭīs) 30 (palas), At Avanti (Ujjain).' Almucantarats for every three degrees are drawn and numbered. The unequal or temporal hour lines are drawn and also the equal hour lines, the latter, as in the Muslim instruments, being dotted. For the hour lines is only one set of numbers. The equal hour lines, of which only 12 are shown on this surface, are badly drawn. Apparently an attempt was made to count the equal hours both from sunrise and sunset! No azimuths are given.

I^b is inscribed—

Palāmsah 37	Paramadinam 36 24
Chhāyā 9	
Karṇaḥ 15	

¹ Now named α Andromeda.

which may be read 'latitude 37° , longest day 36 (ghaṭīs) 30 (palas), shadow 9, hypotenuse 15.' On this surface the equal hour lines are drawn in the normal fashion but not very accurately. Otherwise the tablet is the same as I^a. No town is mentioned and the latitude is well outside India.

II^a is marked—

Palāmsah 23

Paramadinah 33 50

Chhāyā 5 6

Amadūvād

Karṇah 13 3

or, 'Latitude 23,' longest day 33 (ghaṭīs) 50 (palas) Shadow 5-6, hypotenuse 13-3, Ahmedabad. Otherwise it is like I^b.

II^b is a tablet of horizons (similar to figure 22), but without any graduation numbers.

The most interesting features of these badly drawn tablets are the names of the towns and the methods of expressing their latitudes (a) by degrees, (b) by longest days, (c) by the shadow of a vertical gnomon. The first two methods are general but the third is peculiar. The vertical gnomon is supposed to be 12 units, or 720 minutes long; and its noon-day shadow at the equinoxes is $12 \tan \phi$, while the hypotenuse formed by the shadow and gnomon is $12 \cos \phi$, where ϕ is the latitude. The days are expressed in ghaṭīs and palas, of which 60 ghaṭīs=1 day of 24 hours and 60 palas=1 ghaṭī.

We thus have—

Place.	Latitude.	Longest day.	Sin ϕ .
	"	H. M. S.	
I ^a . Ujjain	22	13 24 0	$5/13 = .385$
I ^b	37	14 33 36	$9/15 = .600$
II ^a . Ahmedabad	23	13 32 0	$308/783 = .391$

For these latitudes the longest days are, to the nearest minute, $13^h 23^m$, $14^h 37^m$, and $13^h 27^m$; and the values of $\sin \phi$ are approximately .375, .588, .391. The actual latitude of Ujjain is $23^\circ 10' 6''$ and that of Ahmedabad is given as $23^\circ 2' N$.

The Projections.

13. The mathematical principle on which the tablets, including the rete or 'ankabūt, are constructed is indicated by the term 'stereographical projection.' A pole of the heavens is usually taken as the centre of vision and the plane of the equator as the plane of projection; but occasionally one of the equinoctial points is the centre of vision and the solstitial colure (i.e., the great circle passing through the solstitial points and the poles of the equator) is the plane of projection.

In the ordinary plane astrolabe (like B and C) the point of vision (V in figures 23 and 24) is usually a pole of the equator and the projection is made on the plane of the equator of which *ns* in figures 23 and 24 is a trace. The

type of projection employed is thus polar stereographic, in which circles of the sphere usually are circles on the projection, and angles on the sphere are represented by the same angles on the projection.

Let VA_1A_2 be a great circle on the sphere through the point of vision V , and let ns lie in the plane of projection. Let A_1A_2 be the diameter of a small circle on the surface of the sphere. The projection of this circle on ns will be a circle whose diameter is a_1a_2 .

Almucantarats, Celestial Latitude and Declination.

14. If ns represent the equator then A_1A_2 may represent the diameter of a circle of altitude, and its trace a_1a_2 that of an almucantar. The altitude is measured by $OA_2A_1=OA_1A_2=a$, and if VO produced cut A_1A_2 in C then $VCA_2=\phi$ is the latitude. The poles Z and Z' of the circles of altitude are termed the zenith and nadir.

We have $OA_1=r.\tan\frac{\phi-a}{2}$, $VO=r.\tan\frac{\phi-a}{2}$, and $OA_2=r.\tan\frac{\phi+a}{2}$, $VO=r.\tan\frac{180^\circ-\phi+a}{2}=r.\cot\frac{\phi+a}{2}$.

When $\phi=90^\circ-\omega$, ($=63\frac{1}{2}$ degrees approximately), then A_1A_2 is parallel to the ecliptic, i.e., it is a diameter of a circle of celestial latitude; and when $\phi=90$ degrees, A_1A_2 is parallel to the equator and is a diameter of a circle of declination. Also if z and z' are the traces of Z and Z' we have $Oz'=r.\tan\frac{90-\phi}{2}$ and $Oz=r.\cot\frac{90-\phi}{2}$; and when $\phi=90^\circ-\omega$, $Oz'=r.\tan\frac{\omega}{2}=r.(.208)$ nearly, and $Oz=r.\cot\frac{\omega}{2}=r.(4.808)$ nearly; and when $\phi=90$ degrees, $Oz'=0$ and $Oz=\infty$. When $a=0^\circ$ the almucantar becomes the horizon and $OA_1=r.\tan\frac{\phi}{2}$ and $OA_2=r.\cot\frac{\phi}{2}$.

Azimuths, Celestial Longitude and right Ascension.

15. The great circles which pass through the zenith and nadir and cut the horizon at right angles are called vertical circles. They mark off on the horizon horizontal angles or azimuths and may therefore be called azimuth circles. Their projections are circles passing through the zenith and nadir and also through the appropriate graduations on the horizon. The projections of these graduations are found by joining the corresponding graduations on the equator to the zenith; and the centres of the projected azimuth circles all lie on the line bisecting at right angles the straight line joining the zenith and nadir. Circles of celestial longitude are particular cases of azimuth circles for $\phi=90^\circ-\omega$; and circles of declination, which in the projection are straight lines, are also particular cases for $\phi=90^\circ$.

Figure 25 shows the plane of projection, which is here in the plane of the equator. Since $Oe=OV$ and the angles eOa_1 and VOa_1 are both right angles, we have the angles Oea_1 and OVa_1 equal, and also the angles Oea_2 and OVa_2 equal, and the angle $sOd_1=90^\circ-2a_1VO=(\phi-a)+90^\circ$ and $sOd_2=90^\circ-2a_2VO=(\phi+a)-90^\circ$. This gives a geometrical construction for the almucantar, of which a_1a_2 is a diameter.

But in practice it is perhaps more convenient to calculate the radius of each circle (r') and its distance (Oc) from the centre of projection, O . We have $On_1 = r \tan \frac{\phi - \alpha}{2}$, $On_2 = r \cot \frac{\phi + \alpha}{2}$, where r is the radius of the equator, and $r' = (On_1 + On_2)/2$; and $Oc = r' - On_1 = On_2 - r'$. The following table gives certain values for r' and Oc for the particular cases when the almucantarats become circles of latitude and declination, (for $r=100$).

	$\alpha = -30^\circ$	-20°	-10°	0°	$+10^\circ$	$+20^\circ$	$+30^\circ$	$+40^\circ$	$+50^\circ$
$\phi = 90^\circ - \omega$	$\begin{cases} Oc = 85.0 \\ r' = 217.6 \end{cases}$	89.2	53.6	43.4	39.4	31.6	29.00	25.4	23.0
$\phi = 90^\circ, Oc = 0$	$r' = 173.2$	163.2	132.4	109.0	90.2	75.6	61.0	49.0	39.0
		142.8	119.2	100.0	83.9	70.0	57.7	46.6	36.4

16. The 'ankabūt and tablets of the ordinary astrolabe such as B and C are all constructed on the basis of polar projections as described above; but the obverse of A (figure 7) is a general projection so constructed as to avoid the necessity for special tablets for each latitude. One such general projection, attributed to Ibrāhīm b. Jahjū al-Naqqas, known as al-Zarqūlī (Arzachel), is described in my *Astronomical Observatories of Jai Singh*¹; but the projection on A differs from that inasmuch as it is made for use with an ordinary polar projection 'ankabūt. The obverse of A may therefore be described as a general polar projection. From one point of view it is connected with the tablet of horizons.

In figure 27 let VAA' represent a sphere and let V be the centre of vision of the projection. The plane of projection aoa' is parallel to AA' which is at right angles to VO. If AA' represent the equator then V and o are the poles of the equator.

A portion of the projection of the sphere is shown below the line aoa' and this is exactly the same as that on the obverse of astrolabe A (figure 7). Three sets of circles are projected viz., (i) small circles at right angles to the equator and parallel to the plane of the solstitial colure: in figure 27 one such circle is lettered b, b_2 ; (ii) parallels of declination which are small circles parallel to the plane of the equator and concentric with the pole, e.g., $b, \beta b'$ and $a, \alpha a'$; (iii) great circles passing through the equinoxes, which under certain conditions may be regarded as horizons, and one of which may be regarded as the ecliptic: examples in figure 27 are $a, \alpha a'$ and $\beta, \beta a'$. The uses of (ii) and (iii) are fairly obvious, but at present I cannot indicate definitely the use of (i). Similarly, although it is not difficult to reconstruct the projection shown in the upper half of the reverse of A (figure 2), I do not, at present, understand exactly how it was utilised.

The Hour Lines.

17. The division of the day was two-fold: (i) the time from sunrise to sunset was divided into twelve equal parts, called temporal or unequal hours, since they change in length from day to day and vary with the latitude; (ii) the whole day and night was divided into 24 equal, or equinoctial, or clock hours. This latter is the time division now practically followed in most coun-

¹ P. 27 & Figs. 20 & 21.

tries, but there is still divergence as to the starting point: some reckon from midnight (civil time in most countries), some from midday (until quite recently western astronomers), some from sunrise (e.g., the Muslims and Hindus).

The astrolabe makers generally reckoned from sunrise, and, as their hour lines are generally (but not always) drawn below the horizon, the initial point is that point of the horizon marked *al-maghrib*, 'the west,' e.g., in figures 13, 14, 19, etc. (D to G in figure 16, according to the time of the year).¹

On the astrolabe the unequal or temporal hour lines are circles passing through points on the equator and tropics so as to divide that portion of each that is below the horizon into twelve equal parts. The circles of the equal hours divide the whole of the equator into twenty-four equal parts, and the portion of the tropic of Capricorn (DEF in fig. 16) below the horizon into parts corresponding to the longest day, and the similar portion of the tropic of Cancer (GKL in fig. 16) into parts corresponding to the shortest day. Thus, in figure 16 which shows a tablet for latitude 23° , there are thirteen equal divisions on the tropic of Capricorn with a remaining part corresponding to 25 minutes—since the longest day is 13 hours 25 minutes; and the portion of the tropic of Cancer below the horizon is divided into ten equal parts with a remaining part equivalent to 35 minutes—since the shortest day for latitude 23° is 10 hours 35 minutes.

On the reverse of astrolabe B (figure 4) the left top quadrant is occupied by a graphical representation of the unequal or temporal hours. The diagram shown as figure 26 explains how this was used. The hour circles ARO, BO, CO, etc., cut the arc EA at intervals of 15 degrees and all pass through the centre O. The midday hour line is ARO and each of the other lines corresponds to a certain number of hours before or after noon but are numbered as from sunrise.

If AOR is the noonday zenith distance of the sun and if AOQ is the zenith distance of the sun at any instant, then Q, the point of intersection of the altitude line and the arc passing through the point of intersection of the midday hour circle and the noonday altitude line, indicates approximately the temporal hour. (Q here lies nearly midway between the hour lines DO and CO, i.e., within the 3rd morning hour space counting from sunrise, or the 10th, in the afternoon.)

In figure 26 the arc PQO is such that $PS=SO$, and if the angle SOQ were a multiple of 15 degrees then PQO would be a temporal hour line. Let the angle $ROA=z$, the angle $QOA=z$, and the angle $POA=\theta$. We then have $PS=r/2\cos\theta$, $OQ=2PS\cos z$, $OR=r\cos z$, from which, since $OQ=OR$, we get

$$\begin{aligned}\cos z &= \cos \theta \cdot \cos z = \cos \theta \cdot \cos (\phi - \delta) \\ &= \cos \theta \cdot \cos \phi \cdot \cos \delta + \cos \theta \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta\end{aligned}\quad (i)$$

But we should have

$$\cos z = \cos h \cdot \cos \phi \cdot \cos \delta + \sin \phi \sin \delta \quad (ii)$$

and (i) is not strictly true. But, if $\theta = h$, the difference between (i) and (ii) is $\sin \phi \sin \delta (\cos h - 1)$, which disappears when $\phi = 0$. Formula (i) and the construction on the astrolabe to which it corresponds is, therefore, only applicable to low latitudes.²

¹ This reversal is a matter of convenience only, since the upper portion of the tablet is generally fully occupied with almucantars and azimuth lines.

² See DELAMBRE *Astronomie du moyen age*, p. 243 seq.

D. Celestial Sphere, dated A.H. 1087.

18. The brass sphere is 6.5 c.m. in diameter and is supported in a stand as shown in figure 9. It was made in A.D. 1676/7 and is inscribed thus—

'amalā ahqar al-ibād Dīā al-Dīn Muḥammad ibn Mullā Qasīm
Muḥammad ibn Ḥafīz 'Isā ibn Shaikh Allāhdād, Humāyūnī;
sana 1087.¹

The stand is graduated horizontally only. The four cardinal points are marked, and from the east and west points graduations for every two degrees run right and left; and these are numbered in the *abjad* notation in groups of six up to 90 degrees. The detachable vertical circle lies north and south, and the sphere was pivoted to it through the equatorial poles; but the axis or pivot is now missing. At the north and south of the horizontal circle are grooves in which the pivots could also fit. The detachable vertical circle is not graduated and has the appearance of being of later make than the sphere itself.²

On the sphere are inscribed the positions of 92 stars of which all but eleven are named. Also the circles of longitude for each 30 degrees and the ecliptic and equator are given. The ecliptic is marked with the usual signs, and each sign is graduated and the graduations are numbered from six to thirty; while each quadrant of the equator is graduated and numbered from six to ninety.

The names of the signs are—

al-Hamal—ARIES.
al-Thaur—TAURUS.
al-Jauzā—GEMINI.
al-Saraḥān—CANCER.
al-Asad—LEO.
al-Sunbulah—VIRGO.

al-Mizān—LIBRA.
al-'Aqrab—SCORPIO.
al-Qaus—SAGITTARIUS.
al-Jadī—CAPRICORNUS.
al-Dalw—AQUARIUS.
al-Ḥūt—PISCES.

The position of each star is indicated by a dot enclosed in a small circle, thus: ⊙; and in most cases the names are quite clearly engraved. The names of the stars with their positions on the sphere are given below; and, in the cases of the stars that can be identified, these positions are compared with those given by Ulugh Beg.

In order to test the accuracy of the sphere and also as a check on the calculations made in paragraphs 5 and 7 above the age of the instrument was recalculated by utilising the same nine stars as were employed in paragraph 5. From Ulugh Beg's time (A.D. 1437) the average precession of these stars is approximately $+3^{\circ} 0'$, which corresponds to about 227 years, and the resulting date is $1437+227=A.D. 1664$, as compared with 1676-1677 given in the inscription.

¹ "The work of the humblest of men, Dīā al-Dīn, etc." This is inscribed on the sphere itself, around the south pole.

² The lower support is broken and the sphere has been patched in three places. One of these inlaid patches is 2 c.m. by 1.5 c.m., another is 1.2 c.m. square, and the third is a small circle of 2 mm. diameter.

Name on sphere.	Modern name.	ON SPHERE.		ULUGH BEG.		No. in Baily.
		Long.	Lat.	Long.	Lat.	
1. Janāh al-Faras . . .	88γ Pegasi	5½	+13	1 22	+12 24	314
2. Sarat al-Faras . . .	δ Peg.=21α And., <i>Alpheratz</i>	11	+26	6 28	+25 21	313
3.	43β Andromeda, <i>Mirach</i> .	27	+25	23 13	+25 26	344
4. Akhr al-Nahar . . .	θ Eridani	19	—55	15 40	—53 45	802
5. Masāf al-Nahar . . .		?	—55			
6. Sadr al-Qifus . . .	88η Ceti	29	—29½	26 43	—28 51	719
7. Muqadam al-Sharaṭin .	5γ Arietis, <i>Mesarthim</i> . .	29	+6½	26 13	+6 38	380
8.	6β Arietis, <i>Sheratan</i> . . .	30	+7½	27 7	+7 51	361
9. Kaf al-Khaḍīb . . .	11β Cassiopeiæ, <i>Chaph</i> . .	30½	+50½	28 1	+50 48	188
10. Fom al-Qifus . . .	86γ Ceti	30	—12	32 10	—12 18	711
11. al-Thuraiya, saḥābī	7κ Persei	50	+40	36 19	+40 0	190
12. Rās al-Ghul . . .	26β Persei, <i>Algol</i> . . .	51	+19½	48 55	+22 0	201
13. Tāli	34γ Eridani	50	—34½	46 40	—33 15	778
14. al-Durā'i	35γ Cephei	56	+63½	55 31	+64 30	176
15. Mitrāq al-Thuraiya . .	33α Persei	59	+29	55 10	+29 21	196
16.		56	—50			
17. 'Ain al-Thaur . . .	87α Tauri, <i>Aldebaran</i> . . .	68	—5½	62 31	—5 15	391
18. Rijl al-Jauzā, Isrī . .	19β Orionis, <i>Rigel</i> . . .	72	—30	69 25	—31 18	764
19. Mankib al-Jauzā, Isrī .	24γ Orionis	75	—16	73 34	—17 15	733
20. Haqa'h, saḥābī . . .	39λ Orionis	79	—13½	76 31	—13 30	731
21. 'Aiyūq	13α Aurigæ, <i>Capella</i> . . .	79	+23½	74 43	+22 42	221
22. al-Jadi	1α Ursæ min.	84	+64	80 10	+66 27	1
23. Mankib al-Jauzā, yumnī	58α Orionis	85	—16	81 13	—16 45	732
24. Rijl al-Jauzā, yumnī .	53κ Orionis	84	—31½	78 40	—33 21	1768
25. Mankib al-'annāz' . .	34β Aurigæ, <i>Mankalinan</i> .	88	+21½	83 52	+21 30	222
26. al-Suhail	α Argus, <i>Canopus</i> . . .	96	—75	95 51	—75 0	889
27.		99	+23½			
28. Shi'ri Yamānūh . . .	9α Can. maj., <i>Sirius</i> . . .	99	—40	96 19	—39 30	816
29. Rās Tawām, al-muqadam	66α Geminorum	106½	+9	102 43	+9 54	421
30. Shi'ri Shāmīh . . .	10α Can. min., <i>Procyon</i> .	110	—19	108 22	—16 0	845

¹ For the meanings of the Arabic names see the annexed glossary.

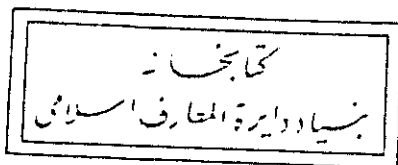
Name on sphere.	Modern name.	ON SPHERE.		ULUGH BEG.		No. in Baily.
		Long.	Lat.	Long.	Lat.	
31. Tarafat al-Satimah . . .	11ε Argus	121	—42	119 16	—42 42	846
32. Ma'laf, saḥābī	41ε Cancri, <i>Præsepe</i>	122½	+½	119 46	+1 0	446
33. Rās al-Asad	24μ Leonis	137	—12	133 25	—12 21	461
34. Anwar al-Farqadīn	δ Ursæ min.	126	+71½	125 25	+73 0	6
35.	γ " "	138	+73	133 55	+75 0	7
36. Qalb al-Asad	32α Leonis, <i>Regulus</i>	145½	+½	142 13	+0 0	460
37. Ford al-Shuja'	30 Hydra	141	—22½	139 31	—22 30	902
38.	50α Ursæ maj.	131	+48	127 25	+49 24	24
39.	48β " "	133	+44	131 37	+45 0	25
40.	64γ " "	146	+46	142 31	+47 15	27
41. al-Banāt al-Na'ah	69δ " "	148	+50	143 25	+51 30	26
42.	77ε " "	154	+53	150 31	+54 0	33
43.	79ζ " "	162	+55	158 4	+56 12	34
44.	85η " "	173	+52½	169 10	+54 0	35
45. 'Unq al-Shuja'	39υ Hydra	151	—25	148 10	—26 0	1903
46. Zahr al-Asad	68δ Leonis	156	+13½	153 28	+14 0	478
47. Sa'id al-Asad	15 Com. Ber.	170	+27½	166 4	+28 12	491
48. Sarfah	94β Leonis	172	+11½	163 40	+12 0	485
49. Qā'idat al-Batīh	7α Crateris	168	—22	165 55	—22 42	908 1918
50. Janāh al-Ghurāb	4γ Corvi	186	—15	182 46	—14 18	923
51. Minqār al-Ghurāb	1α Corvi	188	—22	184 13	—22 0	925
52. Mufrad al-Rāmīh	8γ Bootis	196	+28	191 43	+28 0	107
53. Simāk al-Rāmīh	16α Bootis, <i>Arcturus</i>	202	+32	196 31	+31 18	110
54. Simāk al-'Azal	67α Virginis, <i>Spica</i>	200	—1½	196 10	—2 0	507
55. Rās al-'awā	149δ Bootis	202	+53½			
56.		208	—23			
57.		211	—42			
58.	9α Libræ	220	+½	217 52	+0 45	520
59. Kaḥa		225	+11			
60. 'Unq al-Haiya	27λ Serpentis	228	+26	224 28	+26 39	205
61. Miza Fakkah	5α Coronæ Bor., <i>Alphacca</i>	210	+45	214 34	+44 30	111

Name on sphere.	Modern name.	ON SPHERE.		ULUGH BEG.		No. in Baily.
		Long.	Lat.	Long.	Lat.	
62. Rās al-Sabū	β Lupi	228	—30}	225 25	—30 3	969
63.		237	+57			
64. Rijl Qantaurus	α Centau	241	—42	238 1	—41 10	969
65.	β Draconis	244	+75½	243 1	75 30	46
66. Rās Thunū	85t Herculis	255	+98½	252 55	+99 15	137
67. Rās al-Jāthī	64α Herculis, <i>Ras Algethi</i>	250	+38½	247 55	+37 9	119
68. Qalb al-'Aqrab	21α Scorpii, <i>Antares</i>	245	—4½	242 16	—4 30	550
69.	35η Ophiuchi	253	+6½	250 37	+6 45	243
70. Rās al-Mijmarah	ζ Arae	253	—36	250 31	—34 0	994
71. Rās al-Hawwa	55α Ophiuchi	260	+37	255 13	+35 31	232
72. Shaulah	35λ Scorpii	260	—13	255 55	—13 33	562
73.	σ Arae	260	—22½	257 21	—22 40	988
74.		274	—17½			
75. 'Ain al-Rāmi, anḥābi . . .	γ Sagittarii	278½	+1	275 7	+0 45	574
76. Nasr Wāqī'	3α Lyrae, <i>Vega</i>	282	+62½	278 10	+62 0	148
77. Rakbah al-Rāmi	α Sagittarii	282	—19	278 43	—18 30	590
78.	17ζ Aquilae	290	+36	282 31	+36 15	1202
79.	β Sagittarii	294	—23			
80. Nasr Tār	53α Aquilae, <i>Altair</i>	296	+28	294 10	+29 15	286
81. Minqār al-Dajājah	121η Cygni	302	+59	305 16	+54 30	1160
82. Zanab al-Ḥūt	κ Pisc. Aust. = <i>Grain</i>	313	—23	310 25	—23 15	1018
83.		310	+28			
84. Zanab al-Jadī	40γ Capricorni	319	—3	314 13	—2 30	620
85. Fam al-Ḥūt	α Pisc. Aust. <i>Fomalhaut</i>	325	—22			
86. Fam al-Faras	8ε Pegasi	328	+24	324 28	+22 0	329
87. Zanab al-Dajājah	ω Cygni	335	+65	332 10	+64 21	174
88. Šāq sākīb al-māh	76δ Aquarii	335	—7½	331 55	—8 18	643
89. Maṭn al-Faras	54α Pegasi	349	+19	345 55	+19 0	316
90. Baṭn al-Ḥūt	8κ Piscium	349	+4	345 16	+4 0	676
91. Mankīb al-Faras	53β Pegasi	354	+30	351 37	+30 51	315
92.	8t Ceti	357	—11	353 55	—10 30	729
93. Zanab al-Qiṭus	18β Ceti	358	—21	355 25	—21 0	730

GLOSSARY

al-Abūr	. Sirius.
‘aīn	. ‘eye’; ‘aīn al-rāmī, ν Sagittarii; ‘aīn al-thaur, α Tauri or Aldebaran.
‘aiyūq	. ‘goat’; α Aurigæ, Capella or Alhailot.
ākīr	. ‘last’; ākhīr al-nahar, θ Eridani.
‘anaz	. ‘goat’; mankiḥ al ‘annāz, β Aurigæ.
‘ankabūt	. ‘spider’; the star tablet of an astrolabe; aranea, alhancabuth; see also <i>shubakah</i> .
anwar	. ‘brighter’; anwar al-Farqadīn, β Ursæ Min.
‘aqrah	. ‘scorpion’; al-‘aqrah, the sign Scorpio; qalb al-‘aqrah, α Scorpii or Antares.
‘arḍ	. ‘latitude’; ‘arḍ istuwā, zero latitude.
asad	. ‘lion’; al-asad, the sign Leo; qalb al-asad, α Leonis or Regulus; rās al-asad, μ Leonis.
‘awā	. 13th manzil, rās al-‘awā, δ Bootis.
‘azal	. ‘unarmed’; al-‘azal, α Virginis or Spica.
banāt	. ‘daughters’; al-banāt al-na’sh, Ursa major.
baṭiyya	. ‘small cask’; qā’idat al-baṭiḥ, α Crateris.
batn	. ‘interior’; baṭn al-ḥūt, κ Piscium.
dabarān	. ‘the 4th manzil (α , θ , γ , δ , ϵ Tauri); α Tauri or Aldebaran.
dajājah	. ‘fowl’; Cygnus; mingār al-dajājah, η Cygni; zanab al-dajājah, ω Cygni.
dalwa	. ‘jar’; al-dalwa, the sign Aquarius.
dubb	. ‘bear’; yad al-dubb, ι Ursæ Majoris.
durāt	. ‘cuirass’; al-durāt, η γ Cephei.
fakkah	. ‘bowl’; al-fakkah, α Coronæ Bor. or Alphecca.
fam	. ‘mouth’; fam al-faras, ϵ Pegasi; fam al-ḥūt, α Pisc. aust. or Fomalhaut fam al-Qiṭus, γ Ceti.
farqad	. ‘calf’; du. farqadan, β and γ Ursæ min.; anwar al-farqadīn, β Ursæ min.
faras	. ‘horse’; fam al-faras, ϵ Pegasi; janāḥ al-faras, γ Pegasi; sarat al-faras, α Andromedæ; the wedge that fastens the parts of an astrolabe together.
fard	. ‘alone’; fard al-shujā’, α Hydre or Alphard.
ghūl	. ‘demon’; rās al-ghūl, β Persei or Algol.
ghumaṣiā	. Procyon or α Canis minoris.
ghurāb	. ‘crow’; janāḥ al-ghurāb, γ Corvi or Alghorab; mingār al-ghurāb, α Corvi.
ḥaiyat	. ‘serpent’; ‘unq al-ḥaiyah, β Serpentis.
ḥamal	. ‘ram’; al-ḥamal, the sign Aries.
haq’at	. three stars in the head of Orion; here λ Orionis.
hawwa	. ‘snake charmer’; ras al-hawwa, α Ophiuchi.

ḥut . . .	'fish'; <i>al-ḥūt</i> the sign Pisces; <i>ḥam al-ḥūt</i> Fomalhaut or a Pisc. austr. <i>zanab al-ḥūt</i> , κ Pisc. Austr.
ʿidādah . . .	'post'; allude, sighter.
īsrī . . .	'left side'; see ρ and γ Orionis.
jadī . . .	'goat'; <i>al-jadī</i> , the sign Capricornus; also α Ursæ minoris; <i>zanab al-jadī</i> , γ Capricorni.
januḥ . . .	'wing'; <i>januḥ al-faras</i> γ Pegasi; <i>januḥ al-ghurāb</i> , γ Corvi or Alghorab.
janūbī . . .	'south.'
jāthī . . .	Hercules (as the kneeling one); <i>rās al-jāthī</i> , α Herculis.
al-Jauzā . . .	the sign Gemini; the constellation Orion; <i>mankib al-jauzā</i> , α and γ Orionis; <i>rijl al-jauzā</i> , β and κ Orionis.
kaʿb . . .	'ankle bone'; <i>kaʿb al-faras</i> , ? κ Pegasi.
kaḥf . . .	'hand'; <i>kaḥf al-khadīb</i> , ρ Cassiopeia.
khadīb . . .	'died red', 'bloody'; <i>kaḥf al-khadīb</i> β Cassiopeia.
al-maghrīb . . .	'the west.'
mā . . .	'water'; <i>sāq sākiḥ al-mā</i> , δ Aquarii.
maʿlaf . . .	'manger'; ε Cancri or Praesepe.
mankib . . .	'shoulder'; <i>mankib al-faras</i> , β Pegasi; <i>mankib al-jauzā</i> α Orionis; <i>mankib al-ʿannāz</i> , β Aurigæ.
manzil . . .	'station of the moon'; pl. <i>manāzil</i> .
al-mashriq . . .	'the east.'
matn . . .	'back'; <i>matn qītus</i> , ? ζ Ceti.
mijmarah . . .	'censer'; Ara; <i>rās al-mijmarah</i> , ζ Ara.
minqār . . .	'a beak'; <i>minqār al-ghurāb</i> , α Corvi; <i>minqār al-dajājah</i> , ?
mirfaq . . .	'elbow'; <i>mirfaq al-thurniya</i> , α Persei.
mizān . . .	'balance'; <i>al-mizān</i> , the sign Libra; <i>mīza fakkaḥ</i> , α Cor. Bor.
mufrad . . .	'alone'; <i>mufrad al-rāmih</i> , η Bootis.
muqaddam . . .	'preceding'; <i>muqaddam al-sharaṭin</i> , γ Arietis; <i>rās tawām al-muqaddam</i> α Geminorum.
muqantar . . .	'resting on arches'; <i>muqantarāt</i> 'bridges'; circles of altitude.
muri . . .	index.
al-nahar . . .	'the stream'; Eridanus; <i>ākhr al-nahar</i> (Ultima fluvii), θ Eridani; <i>masā al-nahar</i> , ?
naʿsh . . .	'bier'; <i>al-banāt al-naʿshin</i> , Ursa major.
nasr . . .	'eagle'; <i>nasr al-ṭāir</i> , α Aquilæ; <i>nasr al-wāqī</i> , α Lyrae.
qadam . . .	'foot'; <i>qadam al-jauzā</i> , β Orionis.
qāʿidat . . .	'foundation'; <i>qāʿidat al-baṭīḥ</i> , α Crateris (Quæ in basi Crateris est).
qalb . . .	'heart'; <i>qalb al-ʿaqrab</i> , α Scorpionis or Antares; <i>qalb al-asad</i> , α Leonis or Regulus.
Qantaurus . . .	Κένταυρος
qaus . . .	'bow'; <i>al-qaus</i> , the sign Sagittarius.
Qītus . . .	Κῆτος; <i>ḥam al-qītus</i> , γ Ceti; <i>al-r al-qītus</i> , π Ceti; <i>zanab al-qītus</i> , β Ceti.
quṭb . . .	'pole'; <i>quṭb janūbī</i> , south pole; <i>quṭb shamālī</i> , north pole.
rāmī . . .	'archer'; <i>ʿaīn al-rāmī</i> , ν Sagittarii (Quæ in oculo est); <i>rakbat al-rāmī</i> , α Sagittarii.



rāmīh .	'lance bearer'; <i>simāk al-rāmīh</i> , α Bootis or Arcturus; <i>mufriā al-rāmīh</i> , η Bootis.
rās .	'head'; <i>rās al-asad</i> , μ Leonis; <i>rās al-'awā</i> , ? δ Bootis, <i>rās al-ghūl</i> , β Persei or Algol; <i>rās al-jāhī</i> , α Herculis; <i>rās al-sabu'</i> , α Lupi; <i>rās tarwām al-muqaddam</i> , α Geminorum; <i>rās al-hawwa</i> , α Ophiuchi.
rijl .	'foot'; <i>rijl al-junā</i> , β or κ Orionis; <i>rijl qanṭauru</i> , α Centauri; on astrolabe A <i>rijl</i> = ι Ursæ maj.
rukbat .	'knee'; <i>rukbat al-rāmī</i> , α Sagittarii.
sā'āt .	'hours.'
sabu' .	'beast of prey'; <i>Lupus</i> ; <i>rās al-sabu'</i> , α Lupi.
sadr .	'breast'; <i>sadr al-qifus</i> , ? π Ceti.
ṣafū 'ih .	'plates'; (sing. <i>ṣafīḥa</i>) tablets of an astrolabe; saphim.
saḥīnah .	'ship'; <i>ṣarṣat al-saḥīnah</i> , ϵ Argus.
saḥābī .	'cloudy'; nebulous; <i>al-thuraiya, saḥābī</i> , χ Persei; <i>'aīn al-rāmī saḥābī</i> , ν Sagittarii; <i>haq'ah saḥābī</i> , λ Orionis; <i>ma'lij saḥābī</i> , ϵ Cancri or Praesepe.
ṣa'id .	'wrist'; <i>ṣa'id al-asad</i> , 15 Com. Ber.
sākīb .	'one who pours out'; <i>al-sākīb</i> , the sign Aquarius. See <i>ṣūq</i> .
ṣāq .	'leg'; <i>ṣāq sākīb al-māh</i> , δ Aquarii.
ṣarī .	? 'red'; <i>ṣarṣah</i> , β Leonis.
saraṭān .	'crab'; <i>al-saraṭān</i> , the sign Cancer.
shām .	'Syria'; <i>shī'ra shāmīh</i> , α Can. min. or Procyon.
shamāl .	'north.'
sharaṭīn .	the 1st manzil (β , γ Arietis); <i>muqaddam al-sharaṭīn</i> , γ Arietis.
shaulah .	'sting of a scorpion'; λ Scorpii.
shaziyya .	'small splinter'; pl. <i>shaḥāya</i> , star pointers on 'ankabūt.
shī'ra .	Sirius; <i>shī'ra shāmīh</i> , Procyon; <i>shī'r- yamānīh</i> , Sirius.
shubakah .	'net'; the star disc of an astrolabe; rete.
shujā' .	'courageous'; Hydra; <i>ḥard al-shujā'</i> , α Hydre; <i>'unq al-shujā'</i> , $\acute{u}$ Hydre.
simāk .	'above'; <i>simāk al-'azal</i> , α Virginis or Spica; <i>simāk al-rāmīh</i> , α Bootis or Arcturus.
suhail .	Canopus.
al-sunbulah .	the sign Virgo.
surrah .	'navel'; <i>surrah al-faras</i> , δ Pegasi or α And.
al-tāīr .	'the flier'; α Aquile or Altair.
tālī .	'following'; applied to β Arietis and γ Eridani.
ṭaraf .	'side'; <i>ṭaraṭ al-saḥīnah</i> , ϵ Argus.
tawām .	'a twin'; <i>rās tarwām al-muqaddam</i> , α Geminorum.
thaur .	'bull'; <i>al-thaur</i> , the sign Taurus; <i>'aīn al-thaur</i> , α Tauri or Aldebaran.
al-thuraiyā .	the Pleiades; <i>al-thuraiyā</i> , χ Persei; <i>mirṣaq al-thuraiyā</i> , α Persei.
tinnīn .	'dragon'; <i>rās tinnīn</i> , ? ι Herculis.
umm .	'mother'; the body of an astrolabe; mater.
'unq .	'neck'; <i>'unq al-shujā'</i> , $\acute{u}$ Hydre; <i>'unq al-haiya</i> , λ Serpentis.
usturlāb .	'astrolabe.'
wāqī' .	'falling'; <i>nasr al-icqā'</i> , α Iyra or Vega.

yad . . .	'hand' ; <i>yad al-dubb</i> , ι Ursæ maj. ; <i>yad al-jauzā</i> , α Orionis.
yamānu . . .	'of Yemen' ; <i>Shi'ri yamānih</i> , Sirius.
yumni . . .	'right hand' ; see α and κ Orionis.]
zabānā . . .	'sting of an insect' ; the 16th manzil ; α Cancri.
zanab . . .	'tail' ; <i>zanab al-dajājah</i> , α Cygni ; <i>zanab al-juāī</i> , γ Capricorni ; <i>zanab qitūs</i> , ? β Ceti.
zahr . . .	'back' ; <i>zahr al-asad</i> , δ Leonis.

INDEX.

Alhidade	12, 2, 6, 9
Almucantarats	12, 8, 11, 13
Ankabūt	12, 2, 5, 9
Aranea of astrolabe	12, 2
Astrolabe	12, 1—12
Astronomical Observatories of Jai Singh	12, 1, 9, 14
Azimuths	12, 8, 13
Avanti <i>See</i> Ujjain	12, 1
British Museum	12, 11
Daulatābād	12, 1, 17
Ḍia-al-Din Muhammad	12, 1
Evans L.	12, 8, 11, 15
Hour lines	12, 4
Knobel E. B.	12, 1, 3
Kāfi characters	12, 13
Latitude : { Celestial	12, 8, 11, 12
{ Terrestrial	12, 2
Mater of astrolabe	12, 1
Muhammad Muqim	12, 4, 7, 17
Precession	12, 12-16
Projections	12, 5
Ptolemy	12, 1
Read, Sir A.	12, 2
Rete of astrolabe	12, 9
Ṣafihah Afāqiyah	12, 2
Shabakḥah	12, 2
Shuṣṣiyah	12, 2, 6, 17
Signs of Zodiac	12, 1, 17
Sphere, astronomical	12, 3, 6, 10, 13-20
Star lists	12, 9
Tablet of Horizons	12, 7, 11
Tablets of Astrolabe	12, 11, 12
Ujjain	12, 2, 4, 5, 10, 17
Ulugh Beg	12, 2
Umm of astrolabe	12, 2, 5, 9
Venter of astrolabe	12, 14
al-Zarqālī	12, 2
Zarqālī projection	12, 2, 6, 17
Zodiac, signs of	



Fig. 1. ASTROLABE A—OBVERSE.

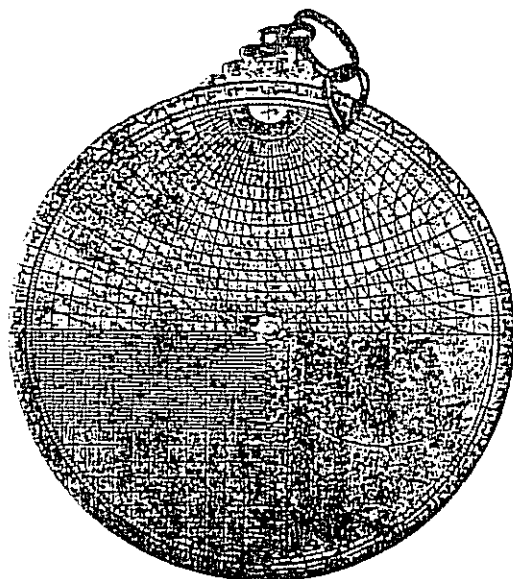


Fig. 2. ASTROLABE A—REVERSE.

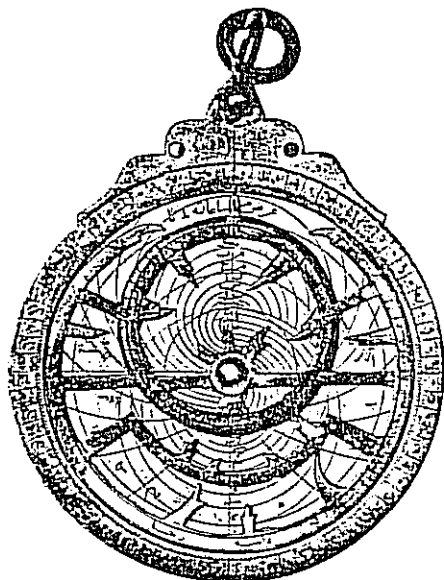


Fig. 3. ASTROLABE B—OBVERSE.

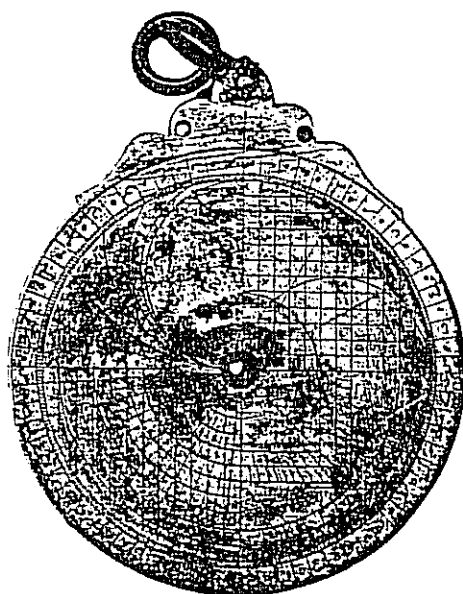


Fig. 4. ASTROLABE B—REVERSE.

Photographed & printed at the orders of the Survey of India, Calcutta, 1901

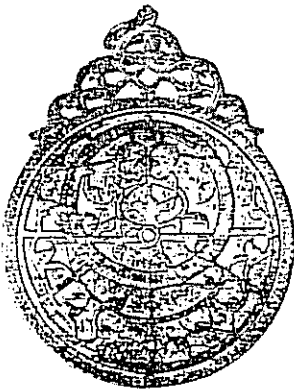


Fig. 3. ASTROLABE C—OBERSE.

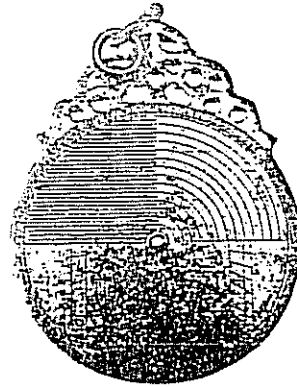


Fig. 6. ASTROLABE C—REVERSE.

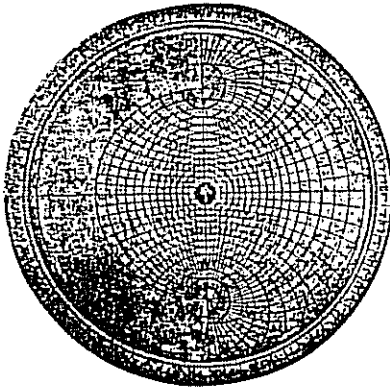


Fig. 7. OBERSE OF A, WITHOUT 'ANKABUT.

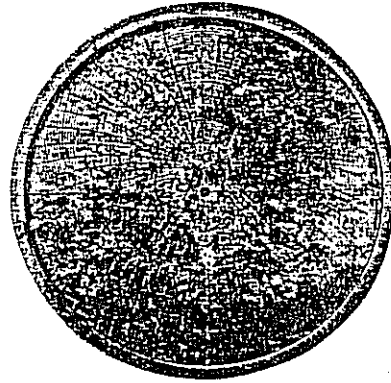


Fig. 8. TABLET OF 'ANKABUT CO-ORDINATES.

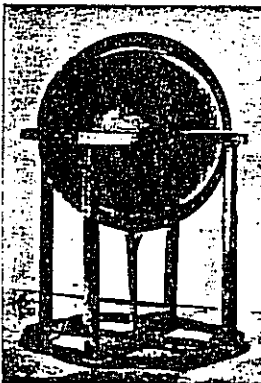


Fig. 9. CELESTIAL SPHERE.
MADE IN A.D. 1670.

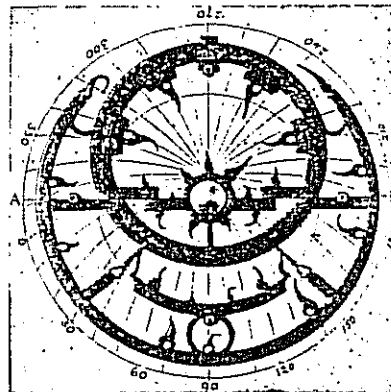


Fig. 10. 'ANKABUT WITH SCALE OF LONGITUDES.

Printed at the office of the Survey of India, Calcutta, 1870.

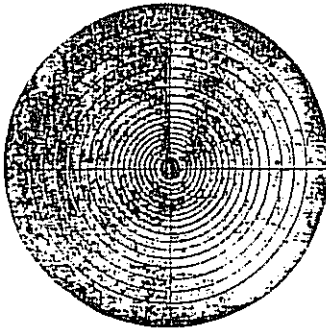


Fig. 11. I° DECLINATIONS.

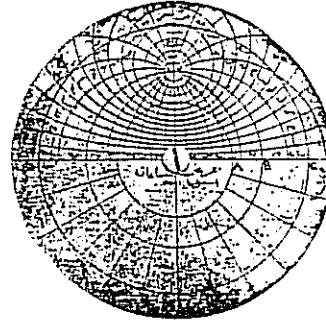


Fig. 12. I° LATITUDE 0°.

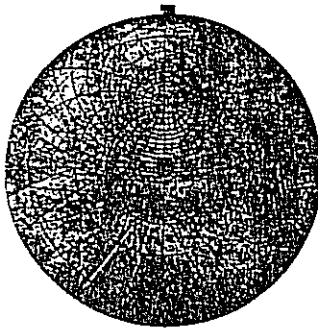


Fig. 13. II° LATITUDE 18°.

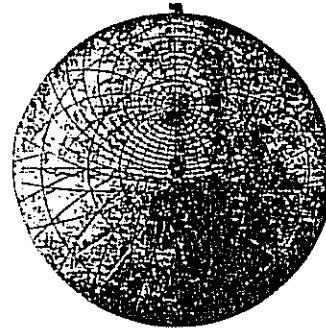


Fig. 14. II° LATITUDE 20°.

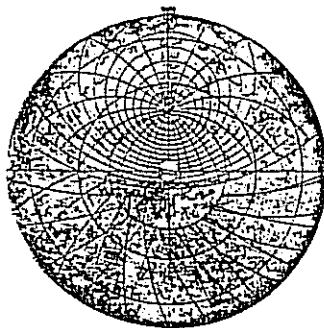


Fig. 15. III° LATITUDE 21° 40' (MECCA).

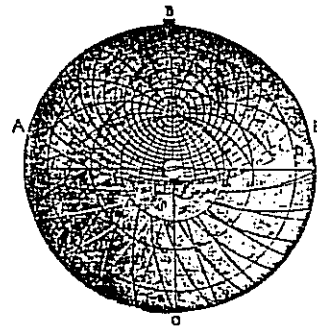


Fig. 16. III° LATITUDE 23°.

TABLETS OF ANTIOCH B.

Printed and published at the Office of the Survey of India, Calcutta, 1918.

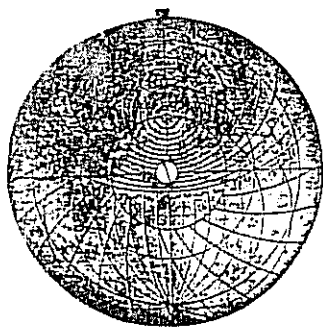


Fig. 17. IV* LATITUDE 23° .

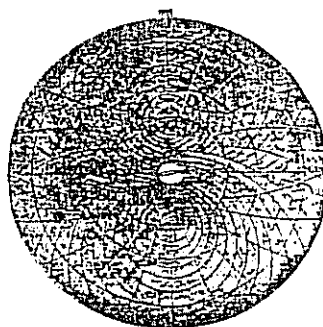


Fig. 18. IV* LATITUDES 28° & 30° .

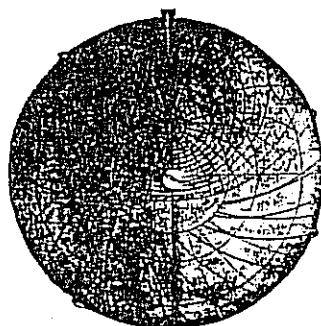


Fig. 19. V* LATITUDE 32° .

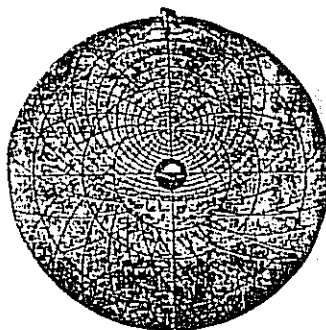


Fig. 20. V* LATITUDE 36° .

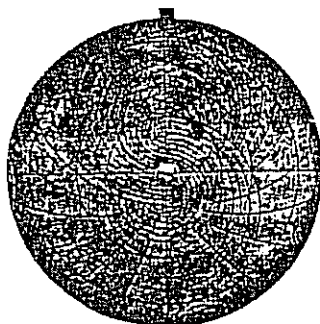


Fig. 21. VI* LATITUDES 40° & $66^{\circ} 30'$.

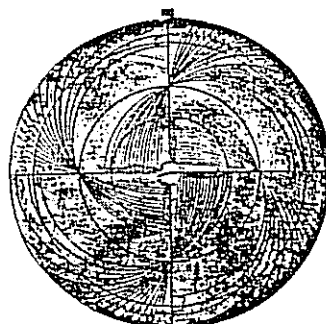


Fig. 22. VI* HORIZONS.

TABLETS OF ASTROLABE B.

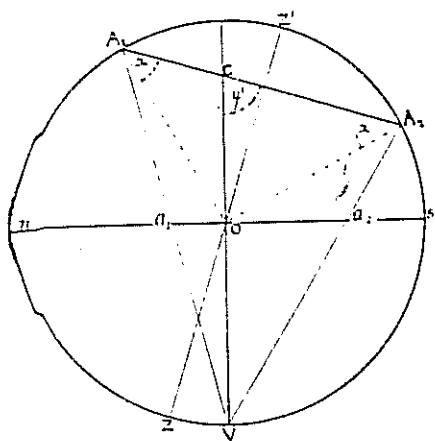


FIG. 23.

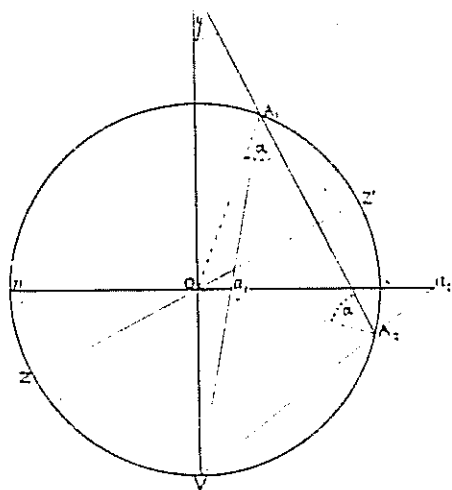


FIG. 24.

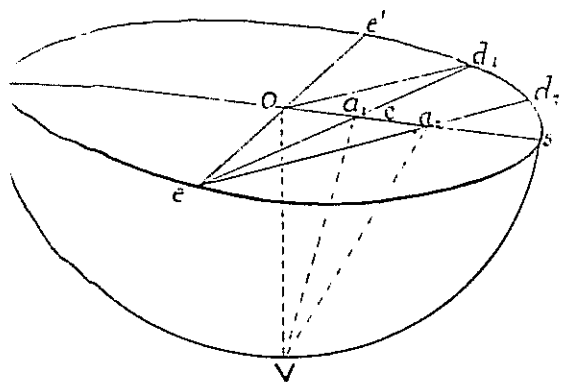


FIG. 25.

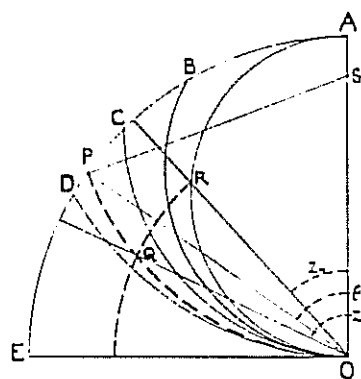


FIG. 26.

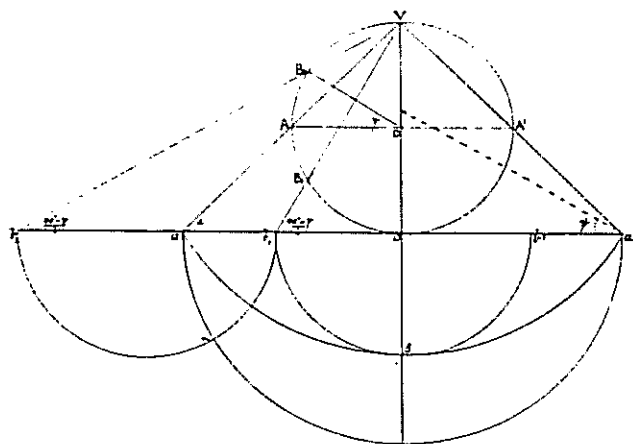


FIG. 27.

Abjad Notation-Kāfī.

a=1 ا	b=2 ب	j=3 ج	d=4 د	h=5 هـ	w=6 و	z=7 (ز)	ḥ=8 ح	ṭ=9 (ط)
i=10 ي	k=20 ك	l=30 ل	m=40 م	n=50 ن	s=60 س	'=70 ع	f=80 ف	ṣ=90 ص
q=100 ق	r=200 ر	sh=300 ش						

Abjad Notation-Naskhī.

a=1 ا	b=2 ب	j=3 ج	d=4 د	h=5 هـ	w=6 و	z=7 ذ	ḥ=8 ح	ṭ=9 ط
i=10 ي	k=20 ك	l=30 ل	m=40 م	n=50 ن	s=60 س	'=70 ع	f=80 ف	ṣ=90 ص
q=100 ق	r=200 ر	sh=300 ش	t=400 ت	th=500 ث	kh=600 خ	dh=700 ذ	ḍ=800 ض	ẓ=900 ظ
gh=1000 غ								

TERRESTRIAL AND CELESTIAL
GLOBES

THEIR HISTORY AND CONSTRUCTION
INCLUDING A CONSIDERATION OF THEIR
VALUE AS AIDS IN THE STUDY OF
GEOGRAPHY AND ASTRONOMY

BY
EDWARD LUTHER STEVENSON, PH.D., LL.D.
MEMBER OF
THE HISPANIC SOCIETY OF AMERICA

VOLUME I



NEW HAVEN: PUBLISHED FOR
THE HISPANIC SOCIETY OF AMERICA BY THE
YALE UNIVERSITY PRESS
LONDON · HUMPHREY MILFORD · OXFORD UNIVERSITY PRESS
MDCCCXXI

Chapter III

Globes Constructed by the Arabs

Followers of Ptolemy.—Early armillary spheres.—Interest of the Califs in globes and astronomical instruments.—The record of the 'Fihrist.'—Ibrahim.—Caissar.—Mohammed ben Helal.—Mohammed el Ordhi.—The Paris globes.—Ridhwan Efendi.

IN passing from the period of classical antiquity to the so-called Christian middle ages, attention may first be directed to the activities of the Arabs in the field of astronomy and geography, in so far as their activities had to do with the construction of globes.¹ The information which we have, concerning their astronomical studies in particular, is more detailed than is that which has come down to us respecting any other peoples who may have been interested in these centuries in the same field of study.

Doubt may be expressed at the outset that the Arabs were interested in the construction of terrestrial globes, since with the matter of descriptive geography they appear to have been very little concerned, a fact which their imperfect cartographical attempts clearly demonstrate.² Although the theory of a globular earth was early accepted by their learned men,³ there is scarcely a trustworthy allusion in literature to Arabic terrestrial globes which can be cited. An occasional reference, however, has been made by modern writers to a globe said to have been constructed for King Roger of Sicily. Without citing his authority, Freyheer F. v. Zach states that "the oldest terrestrial globe which is known was made for King Roger II of Sicily in the twelfth

[26]

Globes Constructed by the Arabs.

century, and is especially remarkable for the value of the metal which was used in its construction, this being 400 pounds of silver. A knowledge of this globe would not have come down to our day had not Edrisi, a famous geographer of that time, given an especial description of the same, under the title *Nothatol mostak* (Pleasure of the Soul)."⁴ It is probable that the reference here is to a circular disc made by Edrisi, or an armillary sphere, but not to a terrestrial globe.⁵

As to Arabic celestial globes, a different situation presents itself. It is well known that the inhabitants of Arabia, long before the time of Islam, were in the habit of observing the stars, many of which, as Dorn has noted, they knew and designated by names taken from pastoral life, and several of which they worshiped as visible gods.⁶

Calif al-Mansur, who began his reign in 754 A. D., appears to have been the first to show a decided taste for astronomical science, and for many centuries following him this interest is strikingly pronounced among the people of his country.⁷ Scholars were eagerly attracted to the works of Ptolemy, which were many times translated into Arabic, and commentaries were written upon his description of the names and figures of the several constellations. The only alteration they allowed themselves to make in the names of the stars was to translate them into their own language, or to substitute for those they could not understand other names that conveyed an idea to their minds, applicable to the constellation before the eyes. Andromeda they called "The Chained Lady"; Cassiopeia they called "The Lady in the Chair"; Orion received the name "The Giant." They followed in the construction of their armillary spheres and celestial globes the description laid down in Ptolemy's 'Syntaxis,' modifying these astronomical instruments, from time to time, as their studies directed them.⁸

The list of califs interested in astronomy is a long one, both of those who remained in the original homeland, and of those who went to the new home in the Iberian Penin-

Terrestrial and Celestial Globes.

sula.⁹ The Mohammedan Hulagu Khan, for example, erected, about 1264, an observatory in his Mongol capital, Maragha, near Tabriz, which long remained a noted center for astronomical studies.¹⁰ This observatory, however, was but one of a number of similar institutions erected either by the Arabs or by the Persians. We are told that the construction of astronomical instruments was brought to a high degree of perfection by these peoples in the thirteenth century.¹¹ The names of many of the Arabic astronomers who were particularly expert as globe makers are recorded, and there were many who wrote on the subject of celestial spheres, armillary spheres, and astrolabes, even before the tenth century.¹² The author of the 'Fihrist,' Ibn Abi Ja'kûb an-Nadim, tells us that Kurra ben Kamitâ al-Harrânî constructed a globe which he himself had seen.¹³ This, he says, was made of unbleached material from Dabik, and colored, but that the colors were much faded. Ibn Alnabdi, who was known as a clever mechanic, mentions two globes which he had examined and admired for their excellency of execution, in the public library of Kahira, in the year 1043. One of these globes, he says, was made of brass, by Ptolemy himself; the other, of silver, was constructed by Abul Hassan Alsufi, for the immediate use of the king, Adad Eddoula.¹⁴

As a visible evidence of the interest of the Arabs in astronomical science, and of their skill in the construction of astronomical instruments, we have preserved to us, besides numerous astrolabes, no less than seven globes, known to have been constructed prior to the year 1600. The oldest one extant is now in the possession of the R. Istituto di Studi Superiori of Florence, Italy.¹⁵ This fine example of the skill which was attained by the instrument makers of Valencia, Spain, at one time a flourishing center of Arabic culture, appears to date from the second half of the eleventh century. According to an inscription on the globe, we learn that it was made at Valencia by Ibrahim Ibn Said-as-Sahli,



Fig. 13. Northern Hemisphere of Globe by
Mohammed ben Helal, 1275.



Fig. 46. Northern Celestial Hemisphere of Albrecht Dürer.

Globes Constructed by the Arabs.

in the year 473 of the Hegira, a date equivalent to 1080 A. D. This date Professor Meucci finds confirmed by a careful study of the position of the stars represented on the globe. He notes, for example, that the star Regulus had been placed at a distance of 16 degrees 40 minutes from the sign of Leo. Ptolemy, in the year 140 A. D., gave this distance as 2 degrees 30 minutes. According to Albaregnius, this star advances about one degree every sixty-six years. Since 140 A. D. the star, therefore, would have moved 14 degrees 10 minutes, which fact would lead astronomers to place this star, about 1080, as it appears on the globe. The globe is of brass, 20 cm. in diameter, having engraved on its surface forty-seven constellations, as given by Ptolemy, omitting only the Cup, with 1042 stars, each with its respective magnitude indicated.

A second Arabic celestial globe, which dates from the year 1225, has been described in detail in a monograph by Assemani, which he issued in the year 1790.¹⁶ This remarkably interesting object belonged, at the time, to the extensive and celebrated collection of antiquities and curiosities of Cardinal Borgia, in Velletri, but may now be found in the Museo Nazionale of Naples. It is composed of two brass hemispheres, having both horizon and meridian circles, the whole resting upon four supporting feet. A Cufic inscription tells us that it was made by Caissar ben Abul Casem ben Mosafer Alabiaki Alhanefi, in the year of the Hegira 622. Caissar probably was an astronomer at the court of Cairo, and the Mohammedan date as given, translated into Christian reckoning, gives us the year 1225.

In the year 1829 Dorn published a detailed description of an Arabic globe which had been deposited in the museum of the Asiatic Society of London (Fig. 13) by Sir John Malcolm.¹⁷ It is of brass, has a diameter of 24 cm., and is furnished with a substantial mounting. The peculiar features of the figures which represent the several constellations suggest Persian workmanship. In the vicinity of the

[29]

Terrestrial and Celestial Globes.

south pole is an inscription in Cufic characters, telling us that it was "Made by the most humble in the supreme god, Mohammed ben Helal, the astronomer of Monsul, in the year of the Hegira 674." This year answers to the year 1275 of the Christian era, that is, it was constructed about the same time as the Borgia globe and that belonging to the Dresden collection, briefly described below. Forty-seven constellations are represented. On the horizon circle, in their respective places, we find engraved the words, "East," "West," "South," "North."

The Arabic globe, to be found in the Mathematical Salon of Dresden (Fig. 14), has proved to be one of much interest and scientific value to students of astronomy.¹⁸ Bode, who described it in the year 1808, refers to its remarkably fine execution and to its Cufic inscriptions as being among the finest extant specimens of early Arabic writing. The sphere is of brass, having a diameter of 14 cm., and is composed of two parts, separable on the line of the ecliptic. It has a brass horizon circle, on which is engraved at the east the word "rising," and at the west the word "setting." It is not supplied with a movable meridian circle, but within the horizon circle, from north to south, and from east to west, there are two brass half circles, of the same diameter as the horizon circle and so adjusted as to form one piece with it. Through such an arrangement it is made possible to turn the globe in any desired direction, one half of it being at all times above the horizon. In addition to the above arrangement, there are two movable half circles, attached at the zenith point by a pivot. These half circles are graduated, and are movable, making it possible to find, by means of them, the declination and right ascension of any star. The base, which must be comparatively modern, consists of a circular plate, from which rise four turned support columns, attached at their upper extremities to the two half circles of brass, on which rests the horizon circle.

The date of construction cannot be far from 1279, which

[30]

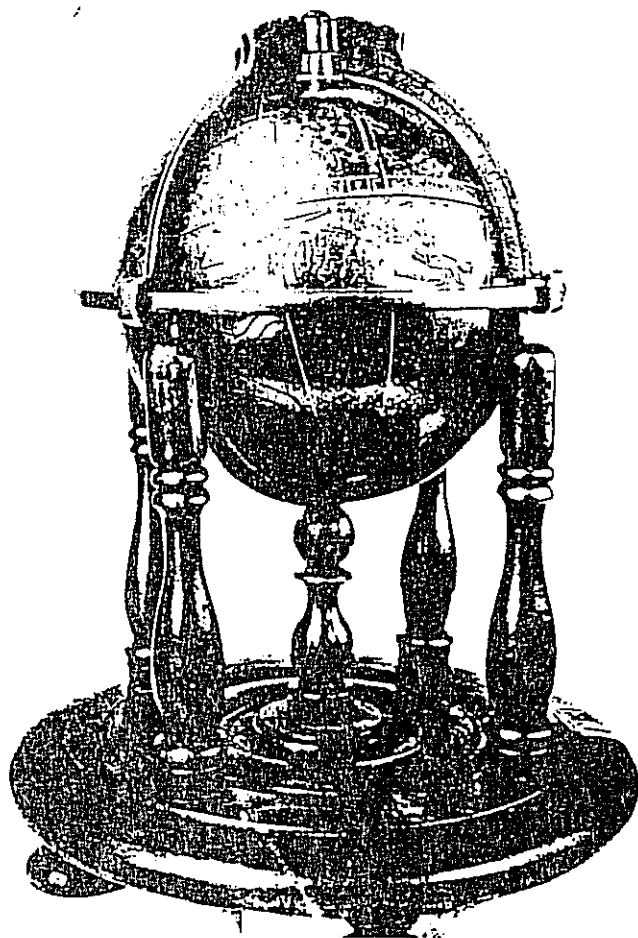


Fig. 14. Globe of Mohammed ben Muwajed el Ordhi, 1279.

Globes Constructed by the Arabs.

is determinable from the position of the stars engraved thereon, relative, for example, to the equinoctial points. The maker's name, "Mohammed ben Muwajed el Ordhi," appears near the constellation Ursa Major, and is inlaid in silver. There appear, very artistically engraved, the lines representing the principal circles, the outlines of the several constellations, with their names, some of these being inlaid with silver, some with gold. The equator and the ecliptic are represented on the surface of the sphere, each by two engraved parallel lines, and are graduated, the graduation in each instance being represented by four short and one long line, alternating thus by fives throughout the entire three hundred and sixty degrees. The equator is inlaid with gold, the other circles with silver. The names of the twelve constellations in the zodiac are alternately inlaid with gold and silver, while all star names, except as indicated, are inlaid with silver. The constellations represented number forty-eight, the human figures all being clad, turning the front and right face toward the observer.

The Bibliothèque Nationale of Paris possesses two ancient Arabic globes, one of which, neither signed nor dated, has been thought to have been constructed in the eleventh century.¹⁹ This was obtained by Jomard, in Egypt, more than sixty years ago. It has a diameter of about 19 cm., is furnished with a horizon circle, which is upheld by four semi-circular arms, these, in turn, resting upon a base composed of four flat and rather inartistic supports. The engraving on the surface of the brass sphere closely resembles that on the Dresden globe. A detailed description of this globe has not been obtainable.

A second Paris Arabic globe,²⁰ like the preceding, belongs to the Bibliothèque Nationale (Fig. 15). It has a diameter of something less than 15 cm., and was constructed by Diemat Eddin Mohammed, in the year of the Hegira 981, which in the Christian reckoning corresponds to the year 1573.

; Terrestrial and Celestial Globes.

The Imperial Library of Petrograd possesses an Arabic globe, constructed in the year 1701.²¹ It is described by Dorn as a fine example of the globe maker's art, closely resembling, in its general features, the Arabic globe in the collection of the Royal Asiatic Society of London. It has a diameter of about 19 cm., rests upon an ornamental tripod base, and is adjusted to turn within a brass circle, which circle is fitted into a larger one, so marked and graduated as to represent four concentric circles. The first or inner circle, representing the horizon, is divided into thirty-six divisions of ten degrees each; on the second circle the degrees are indicated by letters; on the third circle appear the twelve signs of the zodiac and the four principal directions, east, west, north, south; the fourth circle is divided into thirty-six parts, formed by the extension of the lines which divide the first, or horizon circle, into thirty-six parts. On the last circle the names of one hundred and four cities and countries are given. Not far from the north pole is an inscription which gives us the name of the maker and the date of construction. Therein we read that it was completed in the year 1113 of the flight of the Prophet, or in the year 1701 of Christian reckoning, by Ridhwan, for Maulana Hassan Efendi, who, toward the end of the seventeenth century, was director of the astronomical observatory of Cairo, and gave substantial encouragement to makers of globes and of other instruments employed in astronomical studies. The equator, the ecliptic, and the parallels are represented, the first two by parallel circles which are crossed or joined by lines dividing them into seventy-two principal parts, each part being again subdivided into fifths. The close resemblance of this example to the earlier known Arabic globes suggests that there was little, if any, progress among those peoples in the art of globe construction since the eleventh century.

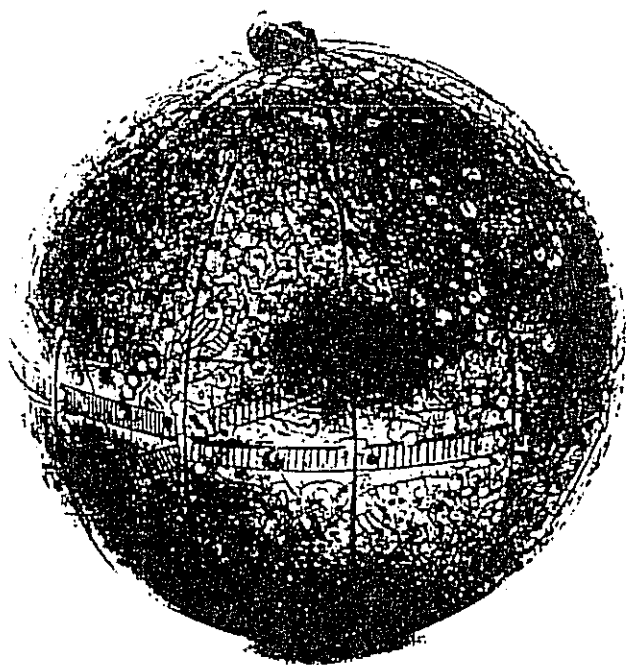


Fig. 15. Globe of Diemat Eddin Mohammed, 1573.

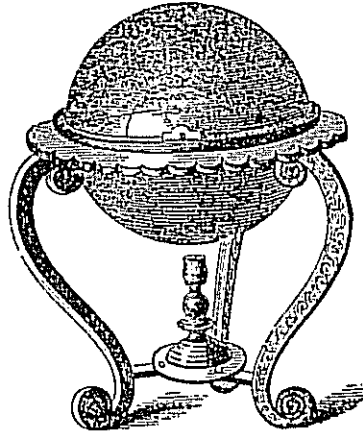
Globes Constructed by the Arabs.

NOTES

1. Delambre, J. B. J. *Histoire de l'Astronomie ancienne*. Paris, 1817. See Vol. I, pp. 372, 516, containing references to globes, celestial and terrestrial, constructed in India and in China about the years 450 and 724 A. D.
2. Peschel, O. *Geschichte der Erdkunde bis auf C. Ritter und A. V. Humboldt*. Berlin, 1877. See pp. 145-160, wherein reference is made to their lack of interest in descriptive geography; Beazley. *Dawn of Modern Geography*. Vol. I, chap. vii.
3. Günther, S. *Studien zur Geschichte der mathematischen und physikalischen Geographie*. Halle, 1877. Heft 2; Ibn Abi Ja'kub an-Nadim. *Katâb al-Fihrist* (Book of Records), ed. by Gustav Flügel. Leipzig, 1871-1872. 2 vols. The greater part of this Arabic work was written about the year 987 A. D. Edrisi states it as "the opinion of philosophers, of illustrious savants, and of skilled observers in the knowledge of celestial bodies, that the earth is round as a sphere." See Edrisi, *Geography*, tr. de l'Arabe en français par P. Amédée Jaubert. (In: *Recueil de voyages et de mémoires*. Paris, 1830. 2 vols.) Vol. I, p. 1.
4. Zach, F. v. *Monatliche Korrespondenz*. Gotha, 1806. Vol. XIII, p. 157; Suter, H. *Das Mathematiker-Verzeichniss im Fihrist*. (In: *Zeitschrift für Mathematik und Physik*. Leipzig, 1892.) This work contains many references to distinguished oriental scholars who treated in their writings the doctrine of the sphere, the astrolabe, and the armillary sphere.
5. Wittstein, T. *Historisch-astronomische Fragmente aus der arabischen Litteratur*. (In: *Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik*. Leipzig, 1892. Heft 6, p. 98.) The opinion is here expressed that a terrestrial globe by Edrisi never existed; Hadradauer, C. v. *Die Feldzeugmeister Ritter von Hauslabische Kartensammlung*. (In: *Mitteilungen der K. K. Geographische Gesellschaft zu Wien*. Wien, 1886. Neue Folge 19, pp. 387-388.) The opinion is expressed that Edrisi constructed a planisphere and not a globe. Amari, M. *Storia dei Musulmani di Sicilia*. Firenze, 1868. pp. 453 ff., 669 ff.
6. Dorn, B. *Description of an Arabic celestial globe*. (In: *Transactions of the Royal Asiatic Society*. London, 1829. Vol. II, pp. 371-392.)
7. Dorn, op. cit.
8. Dorn, op. cit.
9. See the list as given in the *Fihrist*, referred to in note 4. Naser ben Mohamed Abul Gioush, King of Castile, is referred to as having been much interested in astronomy, in which science he acquired such proficiency as to enable him to construct a number of very useful astronomical instruments.
10. Lelewel, J. *Géographie du moyen âge*. Bruxelles, 1857. Vol. I, p. 116; Jourdain. *Mémoire sur l'observatoire de Méragah*. Paris, 1810. It is well known that under the direction of Nasr-Eddin, who was called to the charge of this observatory by Hulagu Khan, astronomical instruments were constructed.
11. Dorn, op. cit.
12. See the *Fihrist*, also a list as given by Dorn.
13. Dorn, op. cit.
14. Dorn, op. cit.
15. Meucci, F. *Il globo celeste arabico del secolo XI esistente nel Gabinetto degli strumenti antichi di Astronomia, Mathematica nel R. Istituto di Studi Superiori*. Firenze, 1878.

Terrestrial and Celestial Globes.

16. Assemani, S. *Globus coelestis cuñco-arabicus* Veliterani Musci Borgiani. Patavii, 1790.
17. Dorn, op. cit.
18. Beigel, W. Nachricht von einer Arabischen Himmelskugel mit Kufischer Schrift, welche im kurfürstlichen Mathematischen Salon zu Dresden aufbewahrt wird. (In: *Bodes Astronomisches Jahrbuch für das Jahr 1808*. Berlin, 1808. pp. 97 ff.); Drechsler, A. *Der arabische Himmels-globus angefertigt: 1279 zu Meragha*. Dresden, 1873.
19. Sedillot, L. A. *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*. Paris, 1841. pp. 117 ff.; same author. *Matériaux pour servir à l'histoire comparée des sciences mathématiques chez les grecs et les orientaux*. Paris, 1845. Vol. I, pp. 334 ff.; Jomard, M. *Monuments de la Géographie*. Paris, 1854. It is very doubtful that a date so early should be given to this globe.
20. Information courteously given by M. L. Vallée.
21. Dorn, B. Drei in der kaiserlichen öffentlichen Bibliothek zu St. Petersburg befindliche astronomische Instrumente mit arabischen Inschriften. (In: *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg*. St. Pétersbourg, 1865. VII^e serie, Tome IX, No. 1.)



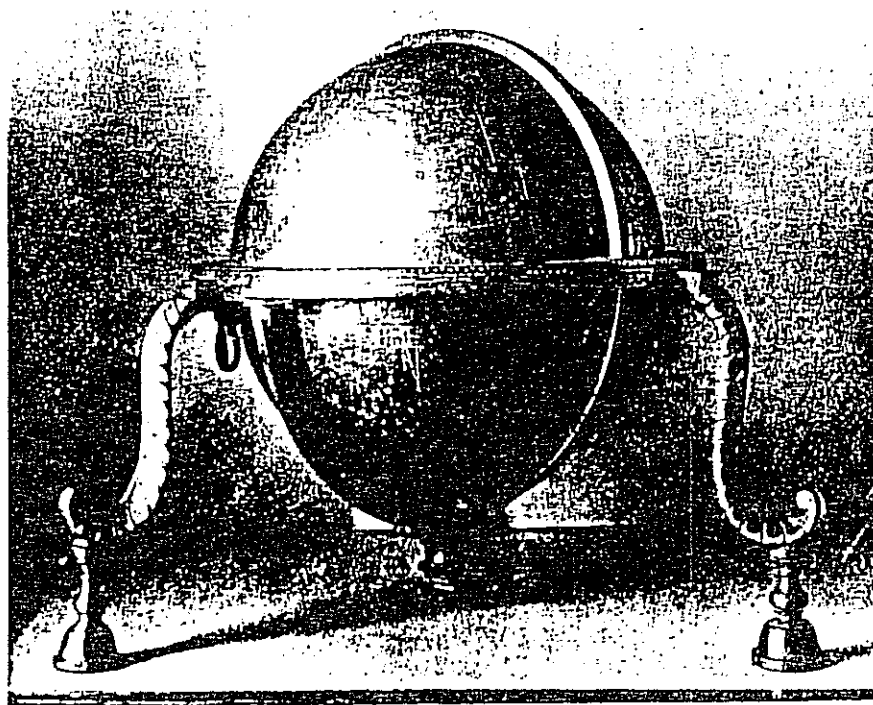


Fig. 15a. Anonymous Arabic Globe, 1635.

Das Beobachtungs-Astrolab der Araber.

Von
Josef Frank in Erlangen.

Unter den astronomischen Handinstrumenten im Altertum und Mittelalter, vor allem in der islamischen Welt, ist neben dem Quadranten das Astrolab das wichtigste. Bei der Vielseitigkeit seiner Verwendung als Winkelmeßinstrument und als Hilfsmittel zur mechanischen Lösung zahlreicher astronomischer und astrologischer Probleme war es bei Gelehrten und Laien sehr verbreitet. Doch war seine Herstellung schwierig und die Konstruktion der stereographischen Projektion der verschiedenen Himmelskreise erforderte ein großes Maß an mathematischem Wissen und technischem Können. Im besonderen Maße gilt das von der Projektion der Höhenparallelen (Muqantaras)

und der Vertikalkreise (Azimutalkreise). 'Abd Allāh Nik Merd aus Qājin der Hauptstadt der Provinz Qūhstān hat ein Astrolab konstruiert, bei dem er auf diese Kreise verzichten konnte, da er es in ein Ringsystem, ähnlich dem bei der Armillarsphäre einbaute. Er nannte es Beobachtungs-Astrolab (al aṣṭur lāb al raḡdi¹⁾).

Wie das gewöhnliche Astrolab hat es eine Scheibe, eine Spinne und eine Alhidada. Nur befindet sich die Kreisteilung auf der Scheibe selbst, so daß der „limbus“ fortfällt. Auf ihr sind außer den Projektionen der Umlaufskreise von Steinbock, Widder-Wage, Krebs, des Meridiankreises und des Horizonts am Erdäquator nur noch die des schiefen Horizonts gezeichnet. Während beim gewöhnlichen Astrolab zur Bestimmung des Azimuts eines auf der Spinne verzeichneten Gestirnes die Azimutalkreise auf der Scheibe dienen, werden an deren Stelle beim Beobachtungsastrolab zwei zueinander senkrechte in Grade geteilte Ringe R_2 und R_3 des erwähnten Ring-systems zusammen mit der Scheibe des Astrolabs verwendet. R_2 steht in der Ebene des Meridians. Die Ermittlung der Deklination eines Gestirns auf der Spinne ist im Gegensatz zum gewöhnlichen Astrolab dadurch vereinfacht, daß man ihren Betrag unmittelbar auf einer Art von graphischer Darstellung, die sich auf der Rückseite der Scheibe befindet, ablesen kann. Wesentlich bequemer und mit größerer Genauigkeit wie beim gewöhnlichen Astrolab kann man mit dem Instrument von Merd die Deklination eines auf dem Instrument nicht verzeichneten Sternes durch die Beobachtung bestimmen, wobei man es durch Drehung von R_2 im Innern eines weiteren Ringes R_1 parallaktisch aufstellt. Auch die Rektaszension kann man auf der Spinne, die von der des gewöhnlichen Astrolabs sich durch den in Grade geteilten Umschließungskreis unterscheidet, an diesem Kreis unmittelbar ablesen, wenn man die Bestimmung nicht an dem parallaktisch gestellten Instrument selbst ausführen will. Ein weiterer Vorteil besteht gegenüber dem gewöhnlichen Astrolab darin, daß man den Stundenwinkel an R_1 ohne weiteres ablesen kann. Mit der Armillarsphäre teilt das Beobachtungsastrolab den Vorzug, daß man die astronomische Breite eines Gestirns durch Einstellen des Ringes R_3 in die Ekliptikebene und Anvisieren des Sternes an der Gradteilung von R_2 unmittelbar feststellen kann. Die Bestimmung dieser Koordinate ist beim gewöhnlichen Astrolab nur möglich, wenn es eine besondere Scheibe mit den Projektionen der astronomischen Breitenkreise enthält. Auf dem Ring R_2

¹⁾ Die Beschreibung des Instrumentes findet sich ohne Kritik und ohne Begründung in dem Werke „Eingehende Behandlung (istl 'āb) aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“ von Birūnī, in der er die überwiegende Zahl der bekannten Formen des Astrolabs bespricht oder doch wenigstens erwähnt (vgl. E. Wiedemann, *Weltall* [20, S. 25, 1919] und J. Frank, *Sitzungsber. d. Phys.-med. Soc. in Erlangen* 50/51, S. 275, 1919/20). Da gerade die Einleitungen Birūnī's zu jedem neuen Abschnitt nicht nur ein speziell wissenschaftliches, sondern auch ein kulturhistorisches Interesse haben, sei im folgenden die zu diesem Abschnitt mitgeteilte: „Herstellung des Astrolabs al raḡdi. Es gehört zu den Astrolabien dieser Art (der kugelförmigen). Es ist von einem Mann ausgeführt worden, der in der Konstruktion des Astrolabs nicht bewandert war. Daher ist es mit einem Mangel behaftet, der sich nicht für jemand ziemen dürfte, der sich stets mit der Herstellung von Astrolabien beschäftigt. Es war ein Mann aus Qājin, bekannt als 'Abd Allāh Nik Merd, wie mir darüber Abū Sa'īd al Sigzī berichtet. Wenn das Instrument nicht unter dem Namen des Astrolabs bekannt wäre und nicht diesem der Form nach gleiche, so wäre es besser, es (aus der Zahl der Astrolabien) herauszunehmen und zu den Ringinstrumenten zu zählen. Von den Dingen, die mit der Projektion zusammenhängen, werden nur der Tierkreis und die Horizonte gezeichnet. Der Grund dafür, daß ich es behandle, liegt nur in dem früher Angeführten.“ (Birūnī sagt an einer andern Stelle, daß er alle Astrolabien behandeln wolle.)

Herrn Geheimrat Wiedemann sei auch an dieser Stelle für die Überlassung seiner Übersetzung bestens gedankt.

kann man den Bogen λ der Ekliptik ermitteln, um den der Breitenkreis durch den Stern vom Meridian absteht. Stellt man ferner die Spinne entsprechend der augenblicklichen Konstellation des gestirnten Himmels auf der Scheibe ein, so findet man das augenblicklich im Meridian stehende Tierkreiszeichen. Hieraus und mit Hilfe von λ kann man die astronomische Länge eines beliebigen Gestirnes ermitteln, was beim gewöhnlichen Astrolab im allgemeinen nicht möglich ist. In einem wesentlichen Punkt steht das Beobachtungsastrolab dem gewöhnlichen nach, insofern nicht wie bei diesem die Höhe eines auf der Spinne eingetragenen Sternes zu jedem Zeitpunkt ohne besondere Maßnahmen angegeben werden kann. Als unbequem wird man es auch empfinden, daß auf der Spinne des Beobachtungsastrolabs nicht die wichtigsten Fixsterne projiziert sind, wenn ihre Lagen auch nach den gegebenen Daten auf dem Instrument selbst bestimmt sind. Der Erfinder des Instrumentes hat sie wohl fortgelassen, um der Spinne eine möglichst einfache Form zu geben, da eben die Vereinfachung des gewöhnlichen Astrolabs ihn zur Konstruktion des seinigen veranlaßte. Der Vorteil schließlich, daß dieses Instrument nicht die schwierige Zeichnung der Höhenparallelen und Vertikalkreise verlangt, sondern nur Konstruktion von geteilten Ringen und ihre Zusammensetzung, die dem arabischen Mechaniker von der Anfertigung der Armillarsphäre und anderen Instrumenten her geläufig war, überwiegt wohl mit den aufgeführten Vorzügen den Nachteil, daß die Lösung mancher Probleme beim *raṣdī* umständlicher ist als beim gewöhnlichen Astrolab. An einigen Beispielen wird das im folgenden gezeigt; doch sei vorher eine kurze Beschreibung des Instrumentes gegeben.

Beschreibung des Instrumentes. Von dem Ringsystem ist der innere Kreis des äußeren Ringes R_1 (Fig. 1 u. 4) in der oberen Hälfte in 180 Grade geteilt. Die Zählung beginnt am vertikalen Durchmesser, läuft nach beiden Seiten und endigt mit dem 90. Grad am horizontalen Durchmesser. Im Innern dieses Ringes bewegt sich in seiner Ebene ein zweiter R_2 . Dies wird in folgender Weise ermöglicht: Der innere Rand von R_1 ist rinnenförmig ausgehöhlt; in diese Rille ragen vier Stifte hinein, die auf dem äußeren Rand von R_2 an vier um je 90 Grade voneinander abstehenden Punkten angebracht sind. So kann R_2 gedreht werden, ohne aus der Ebene von R_1 hervorzutreten¹⁾. R_2 ist in viermal 90 Grade geteilt. Die Zählung der Grade erfolgt in der Weise, daß die 0. bzw. die 90. Grade zweier benachbarter Quadranten aneinander stoßen. In die Oberfläche von R_2 ist senkrecht zu seiner Ebene (in die Schlitzte H) ein kleinerer Halbkreis R_3 (Fig. 2) so

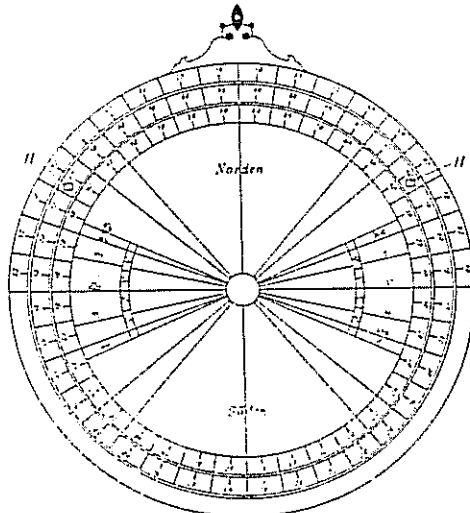


Fig. 1.

¹⁾ Diese Art der Führung findet sich verschiedentlich angegeben. S. Jourdain, *Magazin encycl. au Journal d. Sciences et cel.* 6. 1809.

eingelassen, daß die Schnittlinie seiner Ebene mit der von R_2 parallel zu dem durch die 90. Grade gehenden Durchmesser von R_2 sei. Der innere Kreis von R_1 ist in

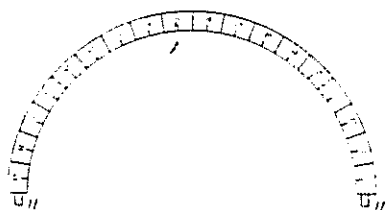


Fig. 2.

zweimal 20 Grade geteilt, die 90. Grad der beiden Teile liegt in R_1 . Um das Ring-system vertikal aufzustellen, setzt man den äußeren Ring R_1 in einen Falt eines sich ihm eng anschließenden Bügels (Fig. 3), der auf einem Dreifuß ruht. Die Abbildung ist der Leydener Handschrift entnommen. Um dem System einen festen Halt zu geben, ist in der Mitte des Bügels ein vertikaler

Stift angebracht, der sich in eine Durchbohrung im äußeren Rand von R_1 einsetzt.

Das Astrolab selbst besteht aus einer Scheibe, einer Spinn- und einer gewöhnlichen Alhidade.

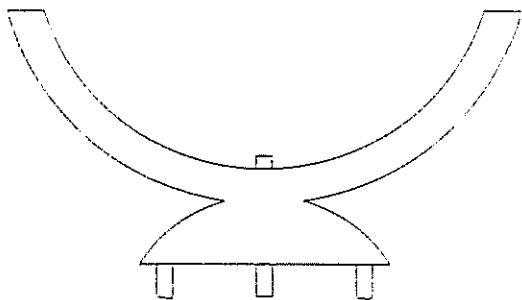


Fig. 3.

Scheibe. Die Scheibe, die aus schwächerem Metall als die Ringe ist, paßt genau in das

Innere von R_2 . Sie ist an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten des Randes mit kleinen Achsen versehen, die in Durchbohrungen von R_2 lagern. Die Durch-

bohrungen sind unterhalb dem 90. Grad der Teilung eingelassen. Um diese Achsen kann man die Scheibe aus der Ebene von R_2 heraus drehen¹⁾.

Auf beiden Seiten der Scheibe (Fig. 1) wird im geringen Abstand von dem Rand ein zu ihm paralleler Kreis gezeichnet und in 4 × 90 Grade geteilt. Die 90. Grade der vier Quadranten liegen auf dem Durchmesser durch die Achsen. Auf der einen Seite der Scheibe werden von dem zur Achse senkrechten Durchmesser ab die Deklinationen der Tierkreiszeichen und einer Anzahl von Fixsternen auf dem geteilten Kreis abgetragen. In der einen Richtung werden die nördlichen, in der anderen die

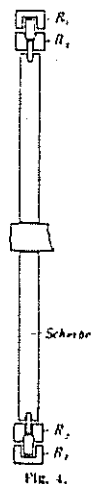


Fig. 4.

¹⁾ Man muß R_2 so aufsetzen, daß er die Gradteilung von R_1 nicht verdeckt. Dies kann man erreichen, wenn man seinen inneren Durchmesser etwas größer macht als die gemeinsame Sehne des inneren Kreises von R_1 und des inneren von R_2 ist, so daß er von dem geteilten Rand von R_1 etwas abgerückt ist.

²⁾ Um das Astrolab zusammensetzen zu können, muß man sich die Ringe R_1 und R_2 an zwei Stellen längs eines Durchmessers ganz durchbohrt denken. Man setzt die Scheibe so ein, daß ihre Löcher, in die die Achsen eingesetzt werden, und die Durchbohrungen in den zwei Ringen genau übereinander zu liegen kommen (Fig. 4). Zunächst werden die beiden Achsen für die Scheibe von außen her durch die Durchbohrungen von R_1 und R_2 geschoben und in die Löcher der Scheibe fest eingesetzt. Die Achse dürfte bis zur Mitte von R_2 reichen. Sodann werden die etwas stärkeren Bolzen, die R_2 die Führung bei der Drehung geben, eingeführt und eingesetzt. Da die Bolzen etwas stärker als die Achsen sind, haben die Durchbohrungen in R_1 und R_2 einen größeren lichten Durchmesser als die Löcher in der Scheibe und auch als die Achsenlager in R_1 . Ein Festsitzen der Bolzen und Achsen erreicht man durch eine konische Form der Durchbohrungen und Löcher.

südlichen Deklinationen aufgezeichnet und die betreffenden Endpunkte mit dem Mittelpunkt der Scheibe je durch eine Linie verbunden. So werden die Deklinationen der Anfänge der Tierkreiszeichen Krebs, Löwe, Jungfrau auf der einen (linken) Hälfte der Scheibe nach der einen Richtung; die von Waage, Skorpion, Schütze nach der anderen Richtung abgetragen. Auf der anderen rechten Hälfte der Scheibe finden nach der ersten Richtung die Deklinationen der drei anderen nördlichen Tierkreiszeichen Zwillinge, Stier, Widder Platz, nach der zweiten Richtung die der drei übrigen südlichen Zeichen Fische, Wassermann, Steinbock. Dürer steht auf der einen Seite Norden, auf der anderen Süden. Der Name des Zeichens steht auf dem Radius durch den Endpunkt des abgetragenen Bogens. In ähnlicher Weise werden die Deklinationen der Fixsterne aufgezeichnet. Bei solchen, die im Raume auf dem gleichen oder auf einander benachbarten Parallelkreisen zum Äquator liegen, endigen die abgetragenen Deklinationen in demselben Punkt oder in unmittelbar benachbarten Punkten. Deshalb trägt man die Deklination des einen Sternes auf der linken, die des anderen auf der rechten Hälfte ab ähnlich wie bei den Tierkreiszeichen, die gleichen Abstand vom Äquator haben. Der Name des Sternes steht auf dem zugehörigen Radius.

Auf der anderen Seite der Scheibe (Fig. 5) ist in einem kleinen Abstand von dem geteilten Kreis parallel zu ihm ein Kreis gezeichnet, der als Projektion des Wendekreises des Steinbocks angenommen wird. In dem dieser Größe entsprechenden Verhältnis werden die Projektionen des Himmelsäquators und des Wendekreises des Krebses ähnlich wie beim gewöhnlichen Astrolab gezeichnet. Vom Mittelpunkt aus werden 45 Radien, gleichmäßig über die Scheibe verteilt, und die dazu senkrechten Radien bis zum Wendekreis des Steinbocks gezogen, so daß im ganzen 90 Radien entstehen¹⁾. Jeder von ihnen wird einerseits als die Projektion des Meridians, andererseits als die des Horizonts am Erdäquator aufgefaßt. Zu jeder dieser „Meridiangeraden“ wird die eine Hälfte der Projektion eines ganz bestimmten Horizonts, und zwar der von Norden über Osten sich erstreckende Teil in der gleichen Weise wie beim gewöhnlichen Astrolab gezeichnet. Jeder dieser Horizonte muß natürlich durch den Schnittpunkt der Projektionen des Himmelsäquators und des Horizonts am Erdäquator gehen. Man erhält 90 Horizonte für 90 Breiten, die zwischen dem Anfang des ersten Klimas und dem Ende des siebenten²⁾ liegen sollen. Die Zahlen für die Breiten werden sowohl an die zugehörige „Meridiangerade“, und zwar entlang des

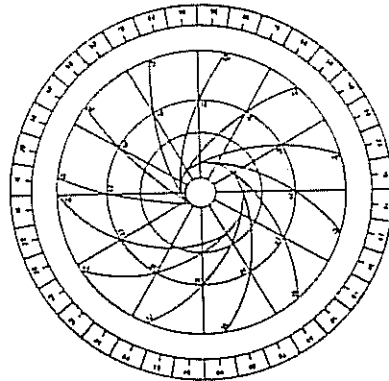


Fig. 5.

¹⁾ Biruni gibt an, man soll den Kreis in 90 gleiche Teile teilen; man erhält aber so nicht 90 Radien, die senkrecht zueinander stehen, wie er verlangt. Die Figuren in den Handschriften sind nur schematisch gezeichnet.

²⁾ Biruni gibt an einer anderen Stelle (E. Wiedemann, *Sitz-Ber. d. phys.-med. Soc. in Erlangen*, 44. S. 11. 1912) für den Anfang des 1. Klimas $12^{\circ} 39'$ und für das Ende des 7. Klimas $50^{\circ} 25'$ an.

Widderkreises, wie auch an die Horizontlinie entlang des Steinbockkreises geschrieben. Diese Seite der Scheibe heiße Vorderseite¹⁾, die vorher beschriebene Rückseite.

Spinne. Die Spinne (Fig. 6) enthält den Tierkreis in der stereographischen Projektion. Seine Dimension ist so bemessen, daß der Abstand des Anfangs des Steinbocks vom Drehpunkt gleich dem Radius des Steinbockkreises auf der Scheibe ist. Der den Tierkreis darstellende Ring ist so gezeichnet, daß sein innerer Begrenzungskreis mit diesem Radius gezogen ist; er trägt die Teilungen des Tierkreises. Auf dem zu einer Schneide abgeschrägten inneren Rand sind die Teilstriche ausgezogen. Beim gewöhnlichen Astrolab ist der äußere Rand des Tierkreises so geformt. Die

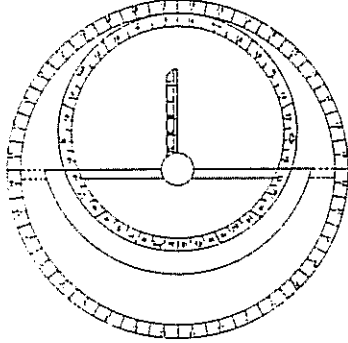


Fig. 6.

Begrenzung der Spinne bildet ein zum Drehpunkt konzentrischer Kreisring, dessen äußerer Randkreis den gleichen Durchmesser hat wie der geteilte Kreis auf der Scheibe. Die Differenz dieses Radius und des Abstandes des Steinbockanfangs vom Drehpunkt war wohl gleich der Breite des leeren Streifens auf der Seite der Scheibe mit den Horizonten. Dadurch ist das Maß für die Breite des Tierkreises und des Begrenzungskreises gegeben. Der äußere Randkreis von ihm ist in 360 Grade geteilt. Sie sind von dem durch den Anfang des Steinbocks gehenden Durchmesser aus gezählt und entsprechend der Zahl eines Tierkreiszeichens zu je 30 geordnet.

Auf dem geteilten Kreis sind durch erhabene Punkte die Stellen des aquators bezeichnet, die gleichzeitig mit den bekanntesten Fixsternen kulminieren. Mit Hilfe dieser Punkte kann man ihre Rektaszensionen angeben. Die in dieser Weise auf der Spinne verzeichneten Fixsterne sind ungefähr dieselben, die man auch sonst auf dem gewöhnlichen Astrolab findet, nämlich: Wega, Altair, Deneb, Fomalhaut, Pferd (β -Pegasi), gefärbte Hand (β -Cassiopea), Algol, α -Balaneae, Aldebaran, Capella, Rigel, Beteigeuze, Sirius, Canopus, Prokyon, Alward, Toliman, Spica, Arcturus, Gemma, Antares, Ophiuchus, Regulus²⁾. Die Namen der Sterne sind neben die Punkte geschrieben.

Senkrecht zur Verbindungslinie Widder-Wage geht vom Mittelpunkt der Scheibe aus ein Zeiger von der Länge des Radius des aquatorkreises. Er ist in 60 gleiche Teile geteilt, der 60. Teil liegt im Drehpunkt. In der einen Berliner Handschrift (Ahlwardt, Kat.-Nr. 5796 f. 82) ist der Zeiger in der betreffenden Figur nicht gezeichnet. Sein Zweck ist wohl auch ein untergeordneter, er dient wahrscheinlich zum Messen der Entfernung irgend eines Sternes vom aquator, woraus man den Radius seines Umlaufkreises in der Projektion erhält. Auf graphischem Wege kann man dann seine Deklination ermitteln, indem man umgekehrt verfährt wie bei der graphischen Konstruktion der Parallelkreise zum aquator. In gewissem Sinne erinnert er an den Ostensor auf den westeuropäischen Astrolabien³⁾.

¹⁾ Diese Seite der Scheibe können wir als eine neue Form der „Horizontenscheibe“ betrachten. Vgl. A. Krziz, *Das Weltall*, 7. und 8. S. 121–132, 1903.

²⁾ In der Figur der Handschrift sind die Sterne ohne Rücksicht auf ihre wahre Lage angegeben. Auf beistehender Figur sind nur einige schematisch eingezeichnet. Zur besseren Befestigung des Umschlieungskreises muß man wohl annehmen, daß der durch Widder und Wage gehende Verbindungstreifen bis zum Umschlieungskreis läuft und ihn trägt. (In der Figur durch Striche angedeutet.)

³⁾ Vgl. W. Morley, *Description of a planispheric Astrolab et cetera*. London, 1836.

Alhidada. Schließlich erwähnt Birūnī noch eine gewöhnliche Alhidada mit Absehen. Ihre Länge dürfte ungefähr gleich der des in 360 Grade geteilten Kreises auf der Scheibe sein; jedenfalls darf die Alhidada nicht länger sein, da sie sonst die Bewegung im Innern von R_2 hindern würde.

Anwendung des Instrumentes. Birūnī gibt in seinem *isti'āb* keinerlei Anhaltspunkte für die Verwendung der verschiedenen Astrolabien zur Lösung astronomischer und astrologischer Probleme, wie er auch keine Beweise gibt. Doch sei im folgenden das Verfahren bei einigen der wichtigsten Aufgaben angeführt, die mittels des gewöhnlichen Astrolabs gelöst werden können. Die Methoden sind dem beim gewöhnlichen Astrolab verfolgten Gedankengange entlehnt. Vgl. hierzu Die Verwendung des Astrolabs nach Chwārizmī¹⁾.

Bestimmung von Höhe und Azimut der Sonne und der Sterne. In einfacher Weise kann man diese Koordinaten messen. Zunächst orientiert man das Instrument so, daß die Ebene von R_1 in die Meridianebene fällt. Der obere geteilte Teil von R_1 stellt den Halbkreis des Meridians über dem Horizont dar. Dann stellt man das Instrument auf Null, indem man den Anfang der Gradzahlen von R_1 und die 90. Grade von R_2 und der Scheibe genau übereinander legt. So kommt die Achse der Scheibe in die Vertikale zu liegen. Hierauf dreht man die Scheibe aus R_1 heraus in die durch das Gestirn gehende Vertikalebene und mißt mit der Alhidada auf der Rückseite der Scheibe an ihrer Gradteilung die Höhe des Gestirnes ab. Gleichzeitig gestattet die Scheibe an der Teilung von R_2 das Azimut abzulesen, und zwar entsprechend der Zählung auf R_2 vom Ost- bzw. Westpunkt aus gerechnet; von dort aus pflegten die Araber das Azimut zu zählen.

Bestimmung des Tag- und Nachtbogens der Sonne. Man stellt die Vorderseite der Scheibe so ein, daß die Meridiangerade vertikal steht, die zu dem dem Beobachtungsort entsprechenden Horizontkreis gehört. Dann legt man den Punkt des Tierkreises, in dem die Sonne gerade steht, erst auf den Horizontkreis und dann auf die Meridiangerade. An der Teilung der Scheibe liest man mit Hilfe eines gemerkten Punktes auf dem Begrenzungskreise den Winkel ab, um den man die Spinne dabei gedreht hat. Er ist der halbe Tagbogen. Ihn ergänzt der halbe Nachtbogen zu 180°.

Bestimmung des Stundenwinkels. Um den Winkel, den der durch die Sonne gehende Deklinationskreis mit dem Meridian in jedem Augenblick bildet, und damit die Zeit, die seit Sonnenaufgang verfloßen ist, zu finden, stellt man den Äquator in die Lage ein, die er an dem Beobachtungsort einnimmt. Dazu dreht man R_2 aus der Nullage um $90 - \varphi^\circ$, die Achse der Scheibe zeigt nach dem Nordpol und R_2 vertritt die Stelle des Äquators. Die Alhidada stellt man auf die Deklination der Sonne am Beobachtungstage fest. Man dreht dann die Scheibe mit der Alhidada, bis die Sonne durch die Absehen bei dieser Stellung der Alhidada anvisiert werden kann. Die Mitte der Scheibe fällt in die Ebene des Deklinationskreises durch die Sonne und schneidet an der Teilung von R_2 den Stundenwinkel ab. Rechnet man die so abgelesenen Grade in Äquinoktiale oder in temporale Stunden um, so kennt man die Zahl z der Stunden bis zu Mittag. Daraus und mit Hilfe des Tagbogens (s. o.) kann man die seit Sonnenaufgang verstrichenen Stunden beider Arten finden.

Bestimmung der vier Pflücke (*autād*), d. h. der Punkte des Tierkreises, die gerade auf- und untergehen, oberhalb und unterhalb des Horizonts kulminieren. Die

¹⁾ J. Frank, *Abhdl. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Med., Heft III, Erlangen 1922.*

augenblickliche Lage des gestirnten Himmels zum Horizont kann man mit Hilfe des Stundenwinkels durch Spinne und Scheibe darstellen. Auf dem Randkreis der Spinne sind die Punkte des Äquators, die mit den einzelnen Fixsternen kulminieren, mit ihnen also auf ein und demselben Deklinationskreis liegen, aufgezeichnet. Für die einzelnen Grade des Tierkreises sind diese Punkte die Schnittpunkte der durch die betreffenden Grade gelegten Radien mit dem Randkreis, die die stereographischen Projektionen von Deklinationskreisen sind. Zur Einstellung der Spinne auf die augenblickliche Konstellation dreht man R_2 und damit die Scheibe, bis die Meridiangerade für den betreffenden Ort vertikal steht. Dann dreht man die Spinne auf der Vorderfläche der Scheibe, bis der Abstand des Durchgangsgrades des Gestirnes (u. o.) von der Meridiangeraden um den Stundenwinkel absteht, wobei zu beachten ist, ob er vor oder nach Mittag gemessen wird. Die Spinne stellt dann die augenblickliche Lage des gestirnten Himmels dar.

Der Schnittpunkt des Tierkreises mit der betreffenden Horizontlinie gibt den aufgehenden Grad (ascendens, Horoskop, *ṭālī'*), der mit der Meridiangeraden den der Mitte des Himmels. Die diesen diametral gegenüberliegenden sind der Untergehende (descendens, *ḡarīb*) und der des Pflocks der Erde.

Bestimmung der Äquinoktialen und temporalen Stunden. Mittels der oben angegebenen Einstellung der Spinne lassen sich die Stunden auf der Vorderfläche der Scheibe in ähnlicher Weise wie beim trommelförmigen Astrolab (s. Frank, a. a. O. S. 224) bestimmen, wenn man den geteilten Randkreis der Scheibe als limbus (*ḥuḡra*) auf fällt und einen Punkt des Randkreises der Spinne als Zeiger (*murī*).

Wenn zur Bestimmung mancher Größen (Tagbogen eines Fixsternes, Stundenwinkel usw.) statt der Sonne ein Fixstern zu Hilfe genommen werden soll, muß man seine stereographische Projektion auf der Spinne kennen. Da dies beim Beobachtungsastrolab nicht ohne weiteres der Fall ist, muß man sie selbst eintragen. Dies ist möglich, weil die Deklination der Fixsterne auf der Rückfläche der Scheibe, der Grad des Durchgangs und damit die Rektaszension auf dem Randkreis der Spinne verzeichnet sind.

Abhandlungen
zur Geschichte der Naturwissenschaften
und der Medizin.

Schriftleiter: Prof. Dr. Oskar Schulz, Erlangen.

Heft III.

Die
Verwendung des Astrolabs
nach *al Chwârizmî*

von

Dr. phil. Josef Frank

Privatdozenten an der Universität Erlangen.



Erlangen

Kommissionsverlag von Max Mencke.

1922.

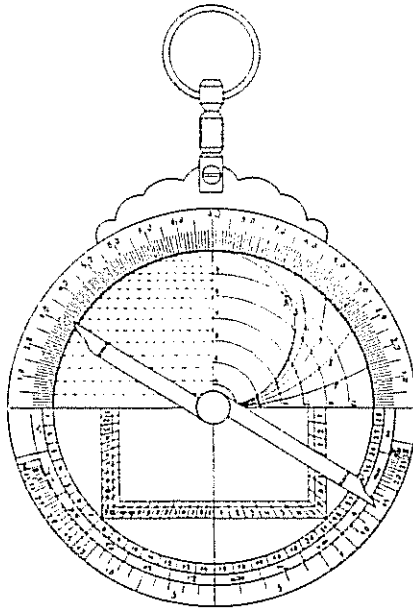
Druck der Universitäts-Buchdruckerei E. Th. Jacob G. m. b. H., Erlangen.

Herrn Dr. med. et phil. h. c. G. Schirmer
prakt. Arzt in Chicago
gewidmet.

Einleitung.

Zu den im Altertum, Mittelalter, ja bis in die Neuzeit am häufigsten benutzten astronomischen Instrumenten gehört das Astrolab^{a)}; es dient sowohl zur Winkelmessung als auch zur bequemen Ermittlung der verschiedensten astronomischen Beziehungen, vor allem auch solcher, deren man zu astrologischen Zwecken bedarf.

Fig. 1.



Das Astrolab besteht in der Hauptsache aus einer Scheibe, die so aufgehängt werden kann, daß sie sich genau vertikal einstellt. Über der Rückseite (Fig. 1), deren Rand in Grade geteilt ist, bewegt sich um den Mittelpunkt die Alhidade, ein Lineal aus Messing. Dies ist meist so zugeschnitten, daß die eine Kante der einen Hälfte und die andere Kante der anderen Hälfte in ihren Verlängerungen durch einen Mittelpunkt gehen; dadurch werden bei den Ablesungen an der Teilung auf dem Rand größere Exzentrizitätsfehler vermieden. Senkrecht auf der Alhidade sind zwei Metallplatten, die mit Löchern in gleichen Abständen von der Oberfläche der Alhidade versehen sind, die Absehen, angebracht. Die Alhidade dient zur Messung von Sonnen- und Sternhöhen u. s. w. Die Rückseite ist durch zwei zueinander senkrechte Durchmesser in vier Quadranten geteilt. Der obere linke

Quadrant ist oft durch gleichweit voneinander abstehende horizontale Linien in 60 gleiche Teile und damit der entsprechende senkrechte Radius in 60 gleiche

a) Zur Zeit bin ich damit beschäftigt, den ganzen irgend zugänglichen Stoff über das Astrolab aus dem Altertum und Mittelalter einheitlich zu einem Ganzen zu verarbeiten. Dabei werden zahlreiche Fragen, die hier nur gestreift werden können, eine besondere Würdigung finden; ein Teil ist erschienen in Sitzgsber. d. phys.-med. Gesellsch. Erlangen 50/51, 275 u. ff. 1918/19.

Teile geteilt. Diese Linien dienen zur Bestimmung des Sinus. (Der Radius ist dabei $= 60$ gesetzt). In dem oberen rechten Quadranten befinden sich Linien, die die konzentrischen Kreise schneiden, die krummen Stunden-Linien. Wegen ihrer Verwendung sei verwiesen auf J. Würschmidt¹⁾ u. auf die später erscheinende Arbeit von mir in der „Geschichte der Zeitmessung und der Uhren“, herausgegeben von Herrn Prof. Dr. v. Bassermann-Jordan. In den beiden unteren Quadranten ist vom Ende des 45. Grades aus je eine Senkrechte auf den horizontalen und vertikalen Durchmesser gefällt. Diese bilden mit den Abschnitten auf dem vertikalen und horizontalen Durchmesser zwei Quadrate, die „Leiter (*sullum*) der Schatten“. In dem einen Quadrat werden die Lote in 12 Teile (Finger), in dem anderen meist in 7 Teile (Fuße) geteilt. Legt man dann das eine Ende der Alhidade auf irgend einen Grad, so liest man mit dem anderen an den Loten die Schattenlängen oder die Kotangenten bzw. Tangenten ab und zwar in Fingern oder Fuß, wenn der Gnomon (*miqjäs*) in 12 Finger bzw. in 7 Fuß geteilt ist.

Auf der Rückseite sind manchmal auf dem Rande die Werte der Kotangenten konstruiert, so daß man sie ohne weiteres ablesen kann („Schattenquadrant“); ferner sind angegeben die Tierkreiszeichen, die 28 Mondstationen, die Monate des Jahres, so daß man in ihr ein Hilfsmittel für das Gedächtnis hat.

Fig. 2.

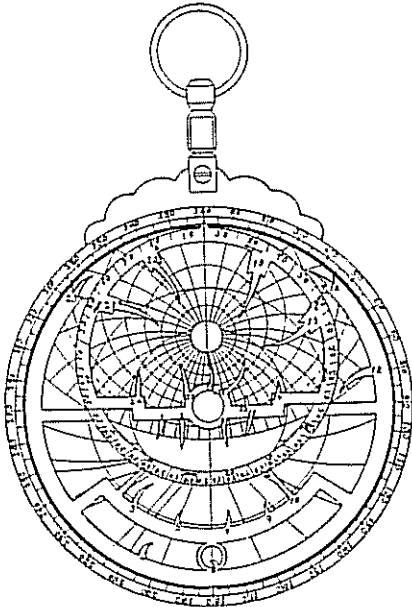
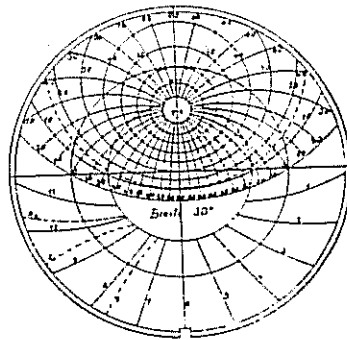


Fig. 3.



Der Rand der Vorderseite (Fig. 2) des Astrolabs ist in 360 Grade geteilt; die Teilung beginnt unterhalb der Handhabe. Die Vorderseite ist ausgedreht und trägt im Mittelpunkt einen als Achse dienenden Stab. In die Höhlung werden

in der Mitte durchbohrte Scheiben mit Liniensystemen gelegt, die je nach der Breite des Ortes, für den die Scheiben des Instrumentes bestimmt sind, z. Tl. verschiedene Lagen haben. (Fig. 3). Diese Linien sind die Projektionen von Kreisen auf der Himmelskugel von einem Pol des Äquators auf eine diesem parallele Ebene. Findet die Projektion vom Südpol aus statt, so heißt das Astrolab das nördliche, findet sie vom Nordpol aus statt, das südliche. Meist werden nördliche Astrolabien verwendet. Die Linien sind entweder gerade Linien, ganze Kreise oder Kreisbögen. Das nördliche Astrolab ist durch die Projektion des Wendekreises des Steinbocks begrenzt, das südliche durch den Wendekreis des Krebses. Von den zwei zueinander senkrechten Linien ist die horizontale die Projektion des Horizonts am Erdäquator. Sie geht durch die Schnittpunkte des Äquators und des Horizonts des betreffenden Ortes. Die zweite Gerade ist die „Linie der Mitte des Himmels“, die Projektion des Ortsmeridians. Der vom Schnittpunkt mit der Horizontlinie zur Aufhängung laufende Teil heißt die „Linie der Hälfte des Tages“. Sie geht durch die Projektionen des Nordpols und des Zenits von dem betreffenden Ort. Der unter der Horizontlinie befindliche Teil der Linie der Mitte des Himmels heißt „Linie der Mitte der Nacht“ oder Linie des „Pflocks der Erde“.

Die drei konzentrischen Kreise entsprechen beim nördlichen Astrolab von innen nach außen dem Wendekreis des Krebses, dem Himmelsäquator, dem Wendekreis des Steinbocks. Die Kreise bzw. Kreisbögen, die sich auf dem Meridian auf der einen Seite zusammendrängen, auf der anderen voneinander entfernen, sind die Projektionen der Himmelskreise, die dem Horizont parallel sind, der Höhenparallelen, der *muquntara*^{a)}. Der erste von unten ist der Horizont. Der innerste liegt um das Zenit (in der Figur der Punkt 90). Die von diesem nach der Horizontlinie gehenden Bögen sind Projektionen der Vertikalkreise zum Horizont, der Azimutalkreise. Auf der unteren Hälfte der Scheibe ist jeder der oben erwähnten drei konzentrischen Kreise zwischen dem Ost- und Westhorizont in 12 gleiche Teile geteilt; durch die entsprechenden Teilpunkte sind Kreise gelegt. Diese entsprechen den 12 zeitlichen, temporalen, krummen Stunden, bei denen der Tag, d. h. die Zeit zwischen Sonnenauf- und -untergang, bzw. die Nacht, d. h. die Zeit zwischen Sonnenuntergang und -aufgang, in 12 gleiche Teile geteilt ist. Außer diesen Kreisbögen sind auf der linken Seite der Linie des Pflocks der Erde noch drei Linien eingetragen. Während die Linie des Pflocks der Erde der sechsten Stunde, dem Augenblick, in dem das Sinken der Sonne merklich wird, dem *zawāl* entspricht, gehören die drei andern den Gebetszeiten des *zuhr* und *ʿaṣr* (s. w. u.) an. Gelegentlich finden sich hier auch die Linien der Morgen- und Abenddämmerung und Linien für die gleichförmigen, äquinoktialen Stunden, bei denen die Zeit von Mittag zu Mittag in 24 gleiche Teile geteilt ist. Beim Astrolab werden sie gewöhnlich vom Sonnenaufgang bzw. -untergang gezählt. Manche Astrolabien enthalten für astrologische Zwecke Scheiben mit den Projek-

a) Die Form *muquntara* kommt schon bei Birūnī († 1048), Abū'l Salt († 1134) vor und nicht, wie C. Nallino (Rivista 8, 369. 1919) meint, erst ziemlich spät.

tionen der Positionskreise, d. h. der größten Kugelkreise, die durch den Nord- und Südpunkt des Horizonts und außerdem durch je einen Grad des Himmelsäquators gehen, ferner eine Scheibe mit einer größeren Reihe von Horizontlinien (Horizontscheibe).

Über den Scheiben läßt sich die Spinne (Fig. 2) drehen. Sie ist eine durchbrochene Scheibe von der Größe der anderen Scheiben und enthält einen vollständigen Kreis, der exzentrisch zum Mittelpunkt der Scheibe liegt, durch den die Achse des Instrumentes geht. Er ist die Projektion der Ekliptik. Der durch den Mittelpunkt der Scheibe gehende Durchmesser verbindet die Anfangspunkte von Widder und Wage. Auf dem Ende des dazu senkrechten Durchmessers, der aber nicht gezeichnet ist, liegen oben der Anfang des Steinbocks, unten der des Krebses. Im Anfangspunkt des Steinbocks ist eine vorspringende Spitze angebracht, die bei der Drehung der Spinne über die Gradteilung gleitet, die auf dem Rande des Astrolabs sich befindet. Sie dient als Zeiger und gestattet, die verschiedenen Stellungen der Spinne zum Rande und auch zum Äquator, zu dem er konzentrisch ist, abzulesen. Die 12 Tierkreiszeichen und meist auch ihre Unterteile sind auf den vollen Kreis projiziert. Natürlich sind die erhaltenen Bögen für die einzelnen Zeichen und ihre Unterteile nicht alle untereinander gleich. Die einzelnen Spitzen („Splitter“) auf der Spinne stellen die Projektionen einer Anzahl besonders bekannter Fixsterne dar. In der „Normallage“ der Spinne liegen der Anfang von dem Widder und der von der Wage auf dem Horizont des Erdäquators, der zugleich die Verbindungslinie zwischen dem Ost- und dem Westpunkt des Horizonts am Beobachtungsorte bildet. Der Zeiger fällt bei der Normallage auf den Anfangspunkt der Gradzählung auf dem Limbus.

Abgesehen von einer kleinen Arbeit von A. Krziz²⁾, der einige der Aufgaben, die mittels des Astrolabs gelöst werden können, nach arabischen Quellen bespricht³⁾, ist meines Wissens noch keine arabische Schrift, die eine größere Anzahl dieser Aufgaben behandelt, ins Deutsche übersetzt worden. Da eine von Herrn Geheimrat E. Wiedemann aufgefundene Schrift des *Muḥ. b. Mūsā al Chwārizmī*⁴⁾ eine Übersicht der wichtigsten in Betracht kommenden Aufgaben gibt, so dürfte deren Mitteilung in Übersetzung nicht ohne Interesse sein, um so mehr, als es sich um eine der ältesten Arbeiten auf diesem Gebiete handelt, wenn sie auch nicht alle Probleme erschöpft. *Ġābir b. Ḥajjān al Šūfī*⁵⁾ zählt in einer Schrift „Über den Gebrauch des Astrolabiums“ (H. Suter³⁾ Nr. 3, S. 1), deren 1000; doch dürften wohl nicht alle voneinander verschieden gewesen sein. Schon Ptolemaeus¹⁾ bespricht in seinem Buch „De planisphaerio“ zwei dieser Probleme, nämlich die im folgenden

a) Es ist dies eine fast wörtliche Wiedergabe der im Jahre 1566 erschienenen Arbeit des August Krziz²⁾, des Vaters vom obigen Verfasser. Diese Schrift war anscheinend dem Sohne nicht bekannt. Aus ihr geht nicht hervor, was aus arabischen Quellen stammt, was eigene Zutaten sind.

b) Vergl. Suter³⁾ Nr. 19, S. 10. *Chwārizmī* starb um 840.

c) Wohl wie in anderen Fällen ist auch hier eine von irgend einem *Ġābir* verfaßte Schrift irrtümlich dem obengenannten zugeschrieben worden, der vor allem als Verfasser alchemistischer Schriften immer wieder aufgeführt wird.

angeführten Aufgaben Nr 8 u. 9. Eine größere Zahl hat Theon⁵⁾ der Jüngere von Alexandrien zusammengestellt. Von Joh. Philoponos⁶⁾ ist uns eine eingehende Beschreibung der Lösung einiger Aufgaben erhalten und von Severus Sebokt⁷⁾ eine Schrift über den gleichen Gegenstand. Hieher gehört auch die lateinische Übersetzung der Schrift von *Mäschällāh*⁸⁾ über das Astrolab und die von L. Cheikho⁹⁾ arabisch herausgegebene Schrift von 'Alī Ibn 'Isā „Über die Anwendung des Astrolabs“. Von den diesbezüglichen Schriften aus der nachislamitischen Zeit sei nur verwiesen auf die des Joh. Stöffler¹⁰⁾ und die des M. Fr. Ritter¹¹⁾, der in deutscher Sprache ausführlich die Konstruktion und auch die Anwendung des Astrolabs besprochen hat. Die ältesten deutschen Abhandlungen über das Astrolab und besonders über seine Anwendung dürften die von Joh. Copp¹²⁾ und eine anonyme Schrift sein. Erstere trägt den Titel: „Wie man dils hochberumt astronomischer oder geometrischer Kunst-Instrument Astrolabium brauchen soll u. s. w.“ Es erschien 1525 zu Bamberg und wurde von Z. Bornmann 1584 zu Breslau und 1597 zu Leipzig neu herausgegeben. Die anonyme Schrift erschien 1525 bei Ottmar, Augsburg, unter dem Titel: „Erklärung vund Gründliche vnterweysung, alles nutzes so in dem Edlen Instrument Astrolabium genannt u. s. w.“ E. Weller¹³⁾ schreibt in Nr. 3366 sie dem Copp zu.

Die Schrift von *Chwārizmī* befindet sich in einer Berliner Handschrift (Ahlwardt, Ldbg. 56, Nr. 5790 und 5793), die einmal das sehr wichtige „Werk des Vollkommenen“ (*kitāb al kāmīl*) von *Fargānī*, das von der Verwendung des Astrolabs handelt, enthält und dann die Schrift „Über die Herstellung des Astrolabs mittels der Geometrie“, die auch von *Fargānī* herrühren soll. Die Einleitung zu diesem Werke hat E. Wiedemann²⁰⁾ veröffentlicht. Nachdem in der Handschrift das Astrolab beschrieben ist, heißt es: „Es sagt *Muḥ. b. Mūsā al Chwārizmī* u. s. w.“ Über den Umfang dieser Schrift von *Chwārizmī* können Zweifel bestehen. Sie reicht sicher von fol. 81^v—88^v. In diesem Teil werden die einzelnen Aufgaben ohne besondere Überschriften aufgeführt. Daran schließt sich unmittelbar eine ganze Reihe von Aufgaben an, die mit besonderen Überschriften versehen sind, aber vielleicht doch noch zu der Schrift von *Chwārizmī* gehören. Denn es werden nur Aufgaben behandelt, die in dem früheren Teil noch nicht vorkommen. Nach Aufgabe Nr. 40 — die Nummerierung der Aufgaben ist von mir eingeführt — kommt fast ganz unmittelbar die Konstruktion eines Zirkels, mit dem man die Stunde des *asr*-Gebetes bestimmen kann, und die Beschreibung seiner Anwendung. Dieser Abschnitt ist von E. Wiedemann und J. Frank³¹⁾ veröffentlicht. Es schließt sich dann ein Abschnitt an über die Herstellung einer Scheibe, mit der man die Höhe ermitteln und den Aufgang des Mondes in jeder Nacht bestimmen kann. Auf dieses Problem wird an anderem Ort eingegangen werden. Auf diese Abschnitte folgt eine Reihe von Tabellen, die hier für uns ohne Interesse sind. Daran reihen sich die Aufgaben Nr. 41—43 an. Den Schluß der Handschrift habe ich S. 30 angegeben. Dagegen, daß die späteren Abschnitte auch von *Chwārizmī* stammen, spricht die Art der Darstellung, die nicht so klar und durchsichtig ist wie im früheren Teil. In Bezug auf die Abschnitte von Aufgabe Nr. 32 an ist zu

beachten, daß in dem Beispiel über die Bestimmung des Breitenunterschieds die Breite 37° vorkommt. Dies ist die Breite von *Marāḡa*, und man könnte vermuten, daß dieser Teil, wenn er nicht von *Chwārizmī* stammt, von einem der viel späteren Astronomen an der berühmten Sternwarte herrührt.

Übersetzung.

Die Übersetzung^{a)} lautet: *Muḥammed ben Mūsā al Chwārizmī* sagt. Das erste, wessen der bedarf, der das Astrolab anwendet, ist die Bestimmung der Höhe.

1) Um die Höhe [der Sonne] zu bestimmen, kehre das Astrolab mit seinem Rücken Dir zu und hänge es an Deiner rechten Hand auf; dabei steht die Sonne Deiner linken Schulter gegenüber. Dann richte die neunzig Striche (*ḥaṭṭ*) [der Gradteilung], die sich auf dem Rücken des Astrolabs befinden, nach der Sonne. Hierauf hebe stetig die Alhidade, bis Du die Sonne in beide Löcher eintreten siehst. Dann sieh zu, auf welche Stelle der Zeiger, der sich an der Alhidade befindet — dieser ist ihr zugespitztes Ende — von den 90 Teilen (*ḡuṣ'*) fällt, die sich auf dem Rücken des Astrolabs befinden. Dies ist die Sonnenhöhe zu dieser Stunde. Merke sie Dir!

2) Um das *ṭālī'* (das Aufgehende, Horoskop, ascensens) und die Stunden des Tages und deren Bruchteile, die verflossen sind, zu bestimmen, ermittle die Höhe, wie wir dies Dir beschrieben haben, und die Stelle der Sonne in ihrem Tierkreiszeichen und in ihrem Grad, wie diese Dir [aus Tabellen] bekannt ist. Dann stelle den Sonnengrad im entsprechenden Tierkreiszeichen auf diese Höhe ein, nämlich auf die entsprechende *muqanṭara* auf der Ostseite, vorausgesetzt, daß die Messung vor Mittag erfolgt, und auf der Westseite, vorausgesetzt, daß die Messung nach Mittag geschieht. Dann sieh zu, welches Tierkreiszeichen und welchen seiner Grade die erste Muq.^{b)} schneidet. Der betreffende Grad dieses Tierkreiszeichens ist das *ṭālī'*.

2a) Dann sieh zu, auf wieviel Stunden, die dem Sonnengrade gegenüberliegende Stelle [= Gegengrad der Sonne] fällt; dabei beginne mit der Zählung der Stunden auf der Westseite; das Resultat gibt die von dem Tag verflossenen Stunden und den Bruchteil einer solchen, falls einer vorhanden ist. Merke Dir die ganzen (*ṣaḥāḥ*) Stunden!

2b) Um den Bruchteil der [betreffenden] Stunde zu bestimmen, — es ist der Überschuß über die ganzen Stunden — sieh zu, auf welchem Grad auf dem geteilten Rand [*ḥuḡra*, Limbus] des Astrolabs der Zeiger am Anfang des Steinbocks [auf der Spinne] sich befindet. Dann richte Dein Augenmerk auf den

a) Herrn Geheimrat Dr. E. Wiedemann, der mir seine Übersetzungen überließ, sei auch an dieser Stelle für seine lebenswürdige Unterstützung bestens gedankt, ebenso Herrn Prof. Dr. Weil an der Berliner Staatsbibliothek für die Überlassung der Handschrift.

b) Ich habe das Wort *Muqanṭara* mit Muq. abgekürzt. *muqanṭara* und *ṭālī'* seien als Fremdwörter im Deutschen betrachtet und daher als Hauptwörter geschrieben.

Gegengrad der Sonne [drehe ihn], bis Du ihn auf die vollendete Stunde gelegt hast; dann sieh zu, um wie viel der Zeiger [an der Spinne] von dem Ort, auf dem er ursprünglich stand, absteht. Die betreffenden Grade geben an, um wie viel er die ganzen Stunden übertrifft; das Resultat ist bezogen auf die Teile der Tages(*nahār*)-Stunden an diesem Kalender-Tage (*jaumi*).

2c) Um die [Bruch-]Teile der Tagesstunden zu bestimmen, bringe den Sonnengrad auf eine andere Stunde [nämlich auf das Ende der noch nicht vollendeten] von dieser zweiten Stelle aus; dann sieh zu, um wie viel sich von dieser zweiten Stelle aus der Zeiger verschoben hat. Das Resultat gibt die einer Tagesstunde entsprechenden Teile [Äquatorgrade]. Dies merke Dir und beziehe darauf jenen Bruchteil. So erhältst Du das, was von dem Tage an Stunden und Teilen einer Stunde verflossen ist. Dann sieh auf die Linie der Mitte des Himmels, die gegenüber der Handhabe liegt. Der Grad des Tierkreiszeichens, der sie schneidet, ist der Grad der Mitte des Himmels. Mit dem Pflock der Erde verhält es sich gerade so.

2d) Beispiel. Wir maßen die Sonne in der Stadt des Heiles [*Bagdād*] und fanden für die Höhe 24° am Anfang des Tages [d. h. Vormittags]; die Sonne befand sich im 14. Grade des Skorpions. Wir legten den Sonnengrad auf die 24. Muq. von Osten her, da die Höhe am Anfang des Tages, d. h. Vormittags gemessen wurde, und fanden, daß die Muq. des Ostens den 9. Grad von dem Tierkreiszeichen des Schützen schneidet. Dann wissen wir, daß das *Tālī'* der 9. Grad des Schützen ist. Für die „Mitte des Himmels“ finden wir den 22. Grad des Stieres, und daß er [d. h. der Gegengrad] auf eine Stelle bei der dritten Stunde fällt. Wir blicken dann auf den Zeiger für die Teile; er fällt auf 263° . Wir merken uns dies. Dann verrücken wir den Gegengrad der Sonne und legen ihn auf die zweite ganze Stunde; wir finden, daß der Zeiger von seiner [ursprünglichen] Stelle aus sich um 6° verschoben hat. Wir wissen, daß 6° sein Überschuß über 2 Stunden ist; es ist dies bezogen auf die Dauer der Tagesstunden. Wir fanden, daß der Zeiger auf 257° des Randes [für zwei Stunden] stand. Das merken wir uns. Wollen wir dann die Dauer [in Äquatorgraden] für die Tagesstunden erfahren, so stellen wir den Gegengrad der Sonne auf drei ganze Stunden und blicken auf den Zeiger; wir finden, daß er auf 270° steht. Wir suchen den Unterschied zwischen dieser Größe und 257° und finden ihn zu 13° . Dann wissen wir, daß von dem Tage verflossen sind 2 Stunden und 6 Teile von 13 Teilen der [krummen] Stunde.

3) Um das *Tālī'* und die Stunden in der Nacht zu bestimmen, wobei die Messung an den Fixsternen auszuführen ist, hänge das Astrolab an Deiner rechten Hand auf und stelle die beiden Löcher der Alhidade gegenüber dem Stern, den Du messen willst. Dann blicke durch die beiden Löcher der Alhidade, [und drehe sie] bis Du den Stern mit einem Auge erblickst. Hierauf sieh zu, auf welchen Grad [der Hühenteilung] der Zeiger, nämlich derjenige der Alhidade, fällt; das ist die Höhe des Sternes, den Du gemessen hast. Nun kehre das Astrolab um und stelle die

Projektion^{a)} des betreffenden Sternes auf diese Höhe von Osten her ein, falls der Stern die Linie der Mitte des Himmels nicht verlassen [überschritten] hat, sonst auf eine entsprechende Höhe auf der Westseite. Dann sieh zu, welches Tierkreiszeichen und welcher seiner Grade die Muq. des Ostens schneidet. Dies ist das Tālī'. Die Stelle, die die Linie der Mitte des Himmels schneidet, ist der Grad der Mitte des Himmels. Dann sieh zu, auf welche Stunde der Sonnengrad fällt; soviel Stunden sind von der Nacht verflossen. Bei den Bruchteilen der Nachtstunden verfähre mit dem Sonnengrad ebenso, wie mit dem Gegengrad der Sonne bei Tage verfahren wird.

4) Um das Astrolab auf seine Fehlerlosigkeit zu prüfen, bestimme das Tālī', und wie viel Stunden des Tages verflossen sind, wie wir dies am Anfang des Buches [d. h. eben] beschrieben haben, dieselben Größen bestimme [ferner] auf rechnerischem Wege mittels der Tabelle (*zīj*). Stimmt [letzteres Resultat] mit demjenigen, das durch das Astrolab geliefert wird, so ist das Astrolab richtig.

Beispiel: Wir beobachten die Sonne, die in 15. Grad des Stieres steht. Ihre Höhe finden wir zu 44°. Mittels der Rechnung bestimmen wir aus der Tabelle, wie viel Stunden des Tages verflossen sind. Es sind 3 $\frac{1}{6}$. Der Himmel hat sich gedreht um 53° 15'. Hiemit gehen wir in die Aszensionen von Bagdad ein, die in einer Tabelle aufgeführt sind und finden ihr [dieser Zahl] gegenüber 24° 2' von den Fischen auf der Ekliptik; das ist der Grad der Mitte des Himmels. Erhältst Du mit dem Astrolab denselben Wert, so ist das Astrolab richtig.

5) Um den Tagbogen an irgend einem [Kalender-]Tag zu bestimmen, lege den Sonnengrad auf die Muq. des Ostens; dann sieh zu, wohin der Zeiger [auf dem Limbus] fällt, und mache dort ein Zeichen, dann drehe den Sonnengrad, bis er auf die Muq. des Westens fällt, und sieh zu, wohin der Zeiger gelangt. Dann zähle die Grade auf dem Limbus zwischen der ersten und der zweiten Lage des Zeigers. Das Resultat gibt den Tagbogen.

6) Um den Nachtbogen zu bestimmen, ziehe den Tagbogen von 360° ab. Das Resultat ist der Nachtbogen.

7) Um die Anzahl der Stunden [der Äquinoktialstunden] des Tages zu finden, teile den Tagbogen durch 15, das Resultat ist [die Anzahl der] Stunden des Tages; dann ziehe die [Anzahl der] Stunden des Tages von 24 ab; der Rest ist [die Anzahl der] Stunden der Nacht.

8) Um die Aszensionen in der sphaera recta mit dem Astrolab zu bestimmen, lege den Anfang des Steinbocks auf die Linie der Mitte des Himmels, dann [drehe die Spinne, bis das Ende des Steinbocks auf die Linie der Mitte des Himmels fällt und] sieh zu, wieviel Grade der Zeiger auf dem Limbus abschneidet;

a) *ra's al kaukab* heißt wörtlich „Kopf des Sternes“ oder „Anfang des Sternes“: an mehreren Stellen ist von dem „zugespitzten Kopf des Sternes“ die Rede. Immer ist dies mit „Projektion des Sternes“ übersetzt; denn offenbar ist damit die Spitze des kleinen Splitters auf der Spinne (Fig. 2) gemeint, die der Projektion des Sternes entspricht.

dies ist das, was mit dem Steinbock aufgeht. Ebenso verfähre mit den anderen Tierkreiszeichen.

9) Um die Aszensionen für irgend einen Ort zu bestimmen, lege die Scheibe, die der Breite des Ortes entspricht, zu oberst, dann nimm ein beliebiges Tierkreiszeichen und lege seinen Anfang auf die Muq. des Ostens, dann drehe es, bis sein Ende [auf dieselbe Muq.] gelangt, dann sieh zu, wie viel Grade der Zeiger abschneidet [auf dem Limbus]. Das ist, was mit ihm [dem ganzen Tierkreiszeichen] aufgeht. Ebenso verfähre bei den anderen Tierkreiszeichen.

10) Um den Sonnengrad zu bestimmen, ermittle [aus einer Tabelle] deren höchste Erhebung an diesem Tage, dann beachte, in welcher Jahreszeit Du Dich befindest, hierauf drehe die Tierkreiszeichen desjenigen Viertels, in dem Du Dich befindest, [das der Jahreszeit entspricht] auf die Linie der Mitte des Himmels. Die Sonne befindet sich in demjenigen Grad, dessen Höhe mit der von Dir gefundenen übereinstimmt.

11) Um den Grad des Mondes und der fünf Sterne [Planeten] zu bestimmen, nimm die höchste Erhebung des Mondes oder diejenige eines der fünf Sterne [Planeten], dann nimm die Höhe eines Fixsternes zugleich mit derjenigen des Mondes oder des betreffenden Planeten. Mittels des Fixsternes bestimme das Tālī, wie ich dies am Anfang des Buches beschrieben habe [Nr. 3]. Dann sieh zu, in welchem Tierkreiszeichen und in welchem seiner Grade sich die Linie der Mitte des Himmels befindet. Der [Mond bzw.] der Stern liegt auf diesem Grad.

12) Um die [jeweilige] Breite eines Sternes [Planeten] zu bestimmen, sieh zu, wie groß die Höhe des Sternes [Planeten] in der Linie der Mitte des Himmels ist, den Du gemessen und dessen Ort Du bestimmt hast. Ist sie größer als die Höhe des Grades, in dem Du ihn gefunden hast, so nimm den Unterschied zwischen beiden. Das Resultat ist seine Breite nach Norden. Ist die Höhe des Sternes [Planeten] kleiner als diejenige seines Grades, so ist der Unterschied zwischen beiden seine Breite nach Süden.

13) Um die Neigung irgend eines Grades [d. h. die Deklination des betreffenden Punktes des Tierkreises] zu bestimmen, lege den Grad auf die Linie der Mitte des Himmels, dann sieh zu, wie groß die Höhe ist, die Du findest, und merke sie Dir; dann betrachte den Kreis auf der Scheibe, auf dem sich der Anfang des Widders und der Wage dreht, und sieh zu, in welcher Höhe er die Linie der Mitte des Himmels trifft. Dann nimm den Unterschied zwischen beiden [Werten]; diese ist die Deklination des Grades. Ist die Höhe des Grades größer als diejenige des Widders, so ist die Deklination eine nördliche; ist sie kleiner, so ist sie eine südliche.

14) Um die Orte der Fixsterne auf dem Astrolab zu bestimmen, bringe die Projektion der Sterne auf die Linie der Mitte des Himmels; dann sieh zu, welches Tierkreiszeichen und welcher seiner Grade mit der Linie der Mitte des Himmels zusammenfallen. Das ist der Ort der Sterne — nach der Länge. Und wisse dies.

15) Um die Breite der Fixsterne zu bestimmen, sieh zu, in welcher Höhe der Grad, in dem der Stern steht, auf der Linie der Mitte des Himmels sich befindet, und merke sie Dir [außerdem bestimme die Höhe des Sternes in der Mitte des Himmels]. Der Unterschied ist die Breite des Sternes. Ist die Höhe des Sternes größer als die Höhe des Grades, so ist sie eine nördliche, ist sie kleiner, so ist sie eine südliche.

16) Um zu bestimmen, mit welchem Grad der Stern aufgeht, bringe die Projektion [des Sternes] auf die Muq. des Ostens. Dann sieh zu, mit welchem Tierkreiszeichen und mit welchem seiner Grade die Muq. des Ostens zusammenfällt. Mit diesem Grad geht zugleich der Stern auf.

17) Um zu bestimmen, mit welchem Grad er [der Stern] untergeht, lege das Ende des Sternes [die Projektion] auf die Muq. des Westens und sieh zu, mit welchem Tierkreiszeichen und welchem seiner Grade die Muq. des Westens zusammenfällt.

18) Um zu bestimmen, mit welchem Grad der Stern läuft (*jara*), und wie groß seine Höhe in der Mitte des Tages ist, lege seine Projektion auf die Linie der Mitte des Himmels. [Die Muq.], mit der er zusammenfällt, gibt die Höhe des Sternes zu Mittag; es ist die größte Höhe, die an diesem Ort [für den Stern] eintreten kann. Dann drehe den Tierkreis, und der Grad, der mit dieser Erhebung auf der Linie der Mitte des Himmels zusammenfällt, ist derjenige, der bei dem Umlauf (*mağra*) des Sternes mit diesem umläuft.

19) Um den Abstand des Sternes vom Äquator [die Deklination] zu bestimmen, sieh nach der Höhe der Projektion des Sternes und nach der Höhe des Breitenkreises^{a)} des Widders auf der Linie der Mitte des Himmels, dann nimm die Differenz zwischen beiden; diese ist der Abstand von dem Äquator. Liegt die Projektion des Sternes innerhalb des Breitenkreises des Widders nach dem Pol zu, so ist seine Deklination nördlich. liegt sie außerhalb nach dem Rand zu, so ist sie südlich.

20) Um die beiden Bögen [Tag- und Nachtbogen] für irgend einen beliebigen Stern zu bestimmen, lege seine Projektion auf die Muq. des Ostens, sieh zu, wohin der Zeiger [auf dem Limbus] fällt, und merke Dir dies. Dann drehe die Projektion des Sternes so lange, bis Du sie auf die Muq. des Westens legst, und sieh zu, wohin der Zeiger fällt. Dann zähle vom ersten Ort bis zum zweiten auf dem Breitenkreis des Sternes. Das Resultat ist der Tagbogen [dies von 360° abgezogen, gibt den Nachtbogen].

21) a) Um den Schatten aus der Höhe zu bestimmen und zu erfahren, wie man ihn konstruiert, verfährt Du folgendermaßen: Lege den Zeiger an der Alhidade auf 45° der Höhe. Dann sieh zu, auf welche Stelle [des Randes] das Ende des Zeigers fällt, und zwar an der Stelle des Kreises auf dem Rücken des Astrolabs, die gegenüber der [Teilung für die] Höhenbestimmung liegt. Dort mache ein Zeichen und ziehe eine Linie senkrecht zu derjenigen Linie, die der

a) Unter Breitenkreis ist die Projektion des Umlaufkreises verstanden.

Handhabe des Astrolabs gegenüber liegt und ein Durchmesser des Kreises ist. Ferner ziehe eine andere Linie senkrecht zu der durch die Ost- und Weststelle gehenden Linie. Jede dieser [senkrechten] Linien teile in 12 gleiche Teile. Dies ist seine Konstruktion [nämlich die des Schattenquadrates] (Vergl. Fig. 1).

b) Zur Bestimmung des Schattens verwende dieses Quadrat folgendermaßen: Beobachte die Sonne [mit der Alhidade], wann Du willst, und bestimme ihre Höhe. Dann sieh zu, auf welche der beiden Linien und auf wie viele Teilstrieche der Teilung der der Höhe gegenüberliegende Zeiger fällt. Ist die Höhe kleiner als 45° , so zähle die Teilstrieche von dem rechten Winkel [an der Ost-Westlinie] bis zu dem Zeiger. Das Resultat ist der Durchmesser des Schattens (*qat'r al şill*). Ist die Höhe größer als 45° , so zähle von dem rechten Winkel [an der Vertikalen]; das Resultat ist der Schatten (*şill*).

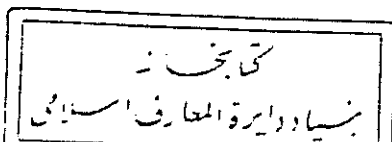
22) Um die Breite des Ortes zu bestimmen, miß zu Mittag die höchste mögliche Stelle der Sonne [d. h. zur Zeit der Sommerwende] und merke sie Dir, dann kehre das Astrolab um und lege den Sonnengrad auf die Linie der Mitte des Himmels^{a)}. Fällt er mit der Höhe zusammen, welche sich Dir [aus der Beobachtung] zu Mittag ergeben hat, so bist Du in jenem Klima, dessen Breite gleich derjenigen ist, für die jene Scheibe hergestellt wurde, auf der Du die Messung angestellt hast.

b) Ist die Höhe des Sonnengrades eine andere, so nimm [auf der Scheibe] den Unterschied zwischen der Höhe des Sonnengrades und derjenigen des Anfangs des Widders und merke ihn Dir. Liegt die Sonne nach Norden [d. h. hat sie eine nördliche Deklination], so zieh den Unterschied zwischen beiden Höhen, den Du Dir gemerkt hast, von der durch die Beobachtung (*qijās*) gefundenen Höhe ab. Das Resultat ist die Höhe des Widders in dem Klima, in dem Du Dich befindest. Befindet sich die Sonne im Süden, so addiere, was Du Dir gemerkt hast, zu der beobachteten Höhe; das Resultat ist die Höhe des Widders an dem Ort, an dem Du Dich befindest. Das Resultat aus der Addition oder Subtraktion ziehe von 90° ab. So erhältst Du die Breite des Ortes.

23) Um die Höhe [der Sonne] aus dem Tālī' zu bestimmen, fasse den Grad des Tālī' ins Auge und lege ihn auf die Muq. des Ostens. Dann sieh zu, welche Höhe[nzahl] die Muq. hat, auf die der Sonnengrad fällt. Dies ist die Höhe [der Sonne] zu dieser Stunde. Dann sieh zu, ob sie [die Höhe] nach dem Westen oder dem Osten zu gelegen ist. Und bestimme dies.

24) Um aus dem Tālī' zu bestimmen, wie viele Stunden des Tages verflossen sind, lege den Grad des Tālī' auf die östliche Muq. und sieh, auf welche Stunde und welchen Bruchteil von ihr der Gegengrad der Sonne fällt, wie ich Dir das auseinandergesetzt habe; soviel Stunden des Tages sind verflossen. Bei Nacht sieh, auf welche Stunde der Sonnengrad selbst fällt; sovielen Stunden der Nacht sind verflossen.

a) Das folgende bis zum Schluß des Abschnittes fehlt in der Handschrift und ist entsprechend ergänzt.



25) Um die Sonnenhöhe, falls die Stunden angegeben sind, zu bestimmen, lege den Gegengrad der Sonne auf die gewünschte Stunde; dann sieh, auf welche der Höhe entsprechende Muq. der Sonnengrad fällt, und zwar von Osten oder von Westen her. Das [die Ordnungszahl der Muq.] ist die Höhe.

26) Um aus dem Tālī' die Höhe eines Sternes in der Nacht, während er sich über der Erde befindet, zu bestimmen, lege den Grad des Tālī' auf die Muq. des Ostens [dann sieh zu, auf welche Muq. der Stern fällt], das [ihre Ordnungszahl] gibt die Höhe des Sternes zur betreffenden Zeit. Dann sieh zu, ob die Höhe von Osten oder Westen aus zu nehmen ist].

27) Um dies [die Höhe des Sternes] aus den Stunden zu bestimmen, lege den Sonnengrad auf die gewünschte Stunde[nlinie]; dann blicke auf den Stern, der sich oberhalb der Erde befindet [und sieh, auf welche Muq. er fällt]. Die Höhe, die ihr von Osten oder Westen her entspricht, ist die Höhe des Sternes zu jener Stunde.

28) Um aus jener Höhe des Sternes zu ermitteln, ob es Nacht oder Tag ist, so daß man sagt: „jene Höhe ist eine bekannte [gegebene] Zahl, und man will wissen, ob es Tag oder Nacht ist“, verfähre folgendermaßen: Lege die Projektion des Sternes auf die [der] betreffende[n] Höhe [entsprechende Muq. und zwar] auf ihre [östliche oder westliche] Seite, auf der er, nämlich der Stern, sich befindet. Dann sieh auf den Sonnengrad. Fällt er auf eine Stelle der Muq., so ist es Tag, fällt er auf eine andere Stelle^{a)}, so ist es Nacht^{b)}.

29) Um die äquinoktialen Stunden [die seit Tagesausbruch verfloßen sind] in temporale und die temporalen in äquinoktiale zu verwandeln, stelle den Gegengrad der Sonne auf die gewünschte [krumme] Stunde. Dann sieh zu, auf welche Stelle [des Limbus] der Zeiger trifft, und merke Dir [die Ablesung], dann drehe den Gegengrad der Sonne, bis Du ihn auf die Muq. des Westens gebracht hast. Dann sieh zu, auf welche Stelle der Zeiger fällt, und suche die Zahl [der Grade], die sich zwischen beiden [Ablesungen] auf dem Limbus befindet. Um diese Größe hat sich der Himmel seit Sonnenaufgang bis zu dieser Zeit gedreht. Das teilst Du durch 15. Das Resultat sind die geraden [Äquinoktialstunden].

30) Um die krummen Stunden aus den gleichförmigen [äquinoktialen] zu bestimmen, nimm die gleichförmigen Stunden und multipliziere sie mit 15. Das Resultat merke Dir. Dann stelle den Gegengrad der Sonne auf die Muq. des Westens, sieh zu, auf welche Stelle [des Limbus] der Zeiger fällt, und merke es Dir. Dann drehe den Zeiger auf dem Breitenkreis des Himmels [d. h. dem Limbus], bis Du ihn von seiner Stelle um so viel Grade entfernt hast, als sich Dir aus der Multiplikation der äquinoktialen Stunden mit 15 ergeben hat. Dann sieh zu, auf die wievielte Stunde der Gegengrad der Sonne fällt. Dies

a) d. h. unter den Horizont, also auf die Stundenlinien.

b) Diese Aufgabe setzt voraus, daß es sich um eine Sternhöhe oberhalb des Horizontes handelt, da meist nur für diesen die Muq. gezeichnet sind, die eine Einstellung des Sternes auf eine bestimmte Höhe gestatten.

sind die krummen Stunden. Erhältst Du Brüche, so verfahr mit dem Sonnengrad wie [für Nachtstunden] mit dem Gegengrad.

31) Um die 12 Häuser kennen zu lernen, nachdem Du das Tāli' und die Pflöcke ermittelt hast, nimm die dem Grad des Tāli' gegenüberliegende Stelle und lege sie auf die 2 Stunden [linie] von der westlichen Seite her; dann sieh zu, welches Tierkreiszeichen die Linie der Mitte des Himmels schneidet, dies ist das Haus der Hoffnung (*raǧā*), dann stelle die dem Grad des Tāli' gegenüberliegende Stelle auf 4 Stunden und sieh zu, welches Tierkreiszeichen die Linie der Mitte des Himmels schneidet, es ist das Haus der Feinde (*u'dū*), dann lege die dem Tāli' gegenüberliegende Stelle auf 6 Stunden und sieh zu, welche Stelle die Linie der Mitte des Himmels schneidet, dies ist das Tāli'. Fällt sie mit dem [Ausgangs-] Tāli' zusammen, so hast Du das Richtige getroffen. Ist das nicht der Fall, so hast Du einen Fehler begangen. In diesem Fall wiederhole Deine Arbeit! Dann lege das Tāli' auf 10 Stunden von Westen oder auf 2 Stunden von Osten her gerechnet und sieh welches Tierkreiszeichen und welcher seiner Grade die Linie der Mitte des Himmels schneidet, es ist das Haus der Reise. (*safar*) Dann lege das Tāli' auf 8 Stunden von Westen her und sieh zu, welches Tierkreiszeichen die Linie der Mitte des Himmels schneidet, es ist das achte (*tāmin*) Haus. Das Haus des Vermögens (*māl*) liegt gegenüber dem achten Haus, das Haus der Brüder (*ichwān*) gegenüber dem Haus der Reise. Das Haus der Väter (*ābā*) gegenüber der Mitte des Himmels, das Haus des Kindes (*walad*) gegenüber dem Haus der Hoffnung, das Haus der Krankheit (*marad*) gegenüber dem Haus der Feinde und das siebente gegenüber dem Tāli'.

Wenn Du dies [die Ermittlung der gegenüberliegenden Häuser] lieber mittels des Astrolabs bestimmst, so mußt Du eines der Häuser auf der Linie der Mitte des Himmels bestimmen [auf diese bringen], dann ist dasjenige, das die Linie des Pflöcks der Erde schneidet das jenem Haus gegenübergelegene. Wenn Gott will, erhaben ist er!

32) Bestimmung des Ortes der Strahlenwerfung mittels des Astrolabs^{a)}. Lege den Grad [irgend eines Wandelsternes] auf den Anfang einer Muq.^{b)} und mache beim Anfang des Steinbocks [auf dem Limbus] ein Zeichen [α]. Zu diesem Zeichen [α] füge 60° hinzu und lege den Anfang des Steinbocks auf die Summe [α + 60°]. Der Punkt [der Ekliptik], der jetzt auf die Muq. des Ostens fällt, ist der Sextilschein (*nūr ul tasdīs*). Ebenso verfähre beim Quadrat- und Trigonalerschein. Der Punkt [der Ekliptik], der dem Grad des Tāli' gegenüber steht, ist der Grad des Untergehenden.

33) Umwandlung der Geburtsjahre mittels des Astrolabs. Dazu bestimme, wie viele volle Jahre der Geburt^{c)} verflossen sind, multipliziere sie

a) Darüber, wie weit die folgenden Aufgaben noch von *Chwārizmī* herrühren, vergl. Seite 5.

b) Bei der ganz ähnlichen Aufgabe Nr. 42 steht statt „Anfang einer Muq.“ in richtigerer Weise „Muq. des Ostens“, d. i. Osthorizont.

c) In der Handschrift steht „der Geburten“, nach C. Nallino setzt man besser „der Geburt“.

mit $93^{\circ} 2'$ und ziehe von dem Resultat [A] einen vollen Kreis [360°] ab, wenn ein solcher [in A] enthalten ist [d. h. $A > 360^{\circ}$]. Den Rest [r] merke Dir! Dann drehe die Spinne, bis daß das Tāli' [der Geburt] mit dem Osthorizont zusammenfällt^{a)}. Dann bestimme die Stelle [z] auf dem Limbus, die dem Zeiger [auf der Spinne] gegenübersteht, und addiere dazu den Rest [r]. Auf die betreffende Stelle [z + r] lege den Zeiger. Der Punkt [der Ekliptik], der [jetzt] auf den Osthorizont fällt, ist das Tāli' der Geburt des [betreffenden] Jahres.

Um das Tāli' des [gegenwärtigen] Jahres mittels des Astrolabs zu finden, suche das [bekannte] Tāli' des vorhergegangenen Jahres und lege es auf die Muq. des Ostens [und merke den Grad z auf dem Limbus, auf den der Zeiger fällt]. Dazu [zu z] füge 93° (Sic!), das Resultat ist das Tāli'.

Um das Tāli' des ersten Viertels zu ermitteln, lege das Tāli' des Jahres auf die Muq. [des Ostens] und lies den Grad [z] ab, auf den der Zeiger fällt. Dazu [zu z] füge 49 hinzu, lege den Zeiger auf die entsprechende Zahl und blicke auf die Muq. des Ostens. Das Tierkreiszeichen bzw. sein Grad, den sie abschneidet, ist das Tāli' des 1. Viertels. Addiere zu dem 1. Viertel seine Zunahme, so erhältst Du das 2. Viertel. Ebenso verfähre mit jedem Viertel, mit dem Du [dies] ausführen willst.

34) Bestimmung, ob die Stadt, in der Du Dich befindest, südlich oder nördlich [von einer anderen] liegt. Die Stadt, in der Du eine größere [Äquator-] Höhe findest, liegt nach Süden, und die, in der Du eine geringere findest, nach Norden. Dies erkennst Du, falls Du die Sonne beobachtest, wann sie in den 1. Grad des Widders eintritt. Es [die Höhe] ist [z. B.] 53° und, wenn Du sie an demselben Tag in Kufa beobachtest, 58° . Die Differenz ist 5° . Der Ort mit der größeren Höhe liegt weiter nach Süden.

35) Bestimmung des Aufgangs [Anfangs] der Morgendämmerung und des Untergangs [Ende] der Abenddämmerung. Lege den Gegengrad der Sonne auf die 18. Muq. der Höhe vom Westen aus. Dann sieh zu, auf welche Stunde[nlinie] der Sonnengrad fällt. Zu der betreffenden Stunde geht die Morgendämmerung auf.

Untergang der Abenddämmerung. Um zu bestimmen, wann die Abenddämmerung untergeht [endigt], lege den Gegengrad der Sonne auf die 18. [Muq.] der Höhe von Osten aus. Dann sieh zu, auf welche Stunde[nlinie] der Sonnengrad fällt. Zu dieser Stunde geht die Abenddämmerung unter.

36) a) Bestimmung der Zeit des *zuhr* und des *ʿaṣr*. Dazu miß die Kulminationshöhe der Sonne. Von ihr ziehe 7° ab, das gibt den *zuhr*. Für die Zeit des *ʿaṣr* nimm die Kulminationshöhe [der Sonne] an jenem Tag und ziehe sie von 90° ab. Von dem Rest nimm $\frac{1}{10}$ und addiere es zur halben Kulminationshöhe. Das Resultat ist die Höhe zur Zeit des *ʿaṣr*. (S. Nr. 37).

b) In einer anderen Handschrift finde ich, [sagt der Verfasser]: Um das Tāli' des Jahres zu finden, füge zu dem Tāli' des vorhergehenden Jahres $93^{\circ} 15'$

a) Im Text steht fälschlich: .bis zusammenfällt das Tāli' oder eine der Linien des Ostens.

hinzu. Zwischen dem Tālī' des Jahres und dem 1. Viertel liegen $49^{\circ} \frac{2}{3}'$, zwischen dem Tālī' des Jahres und dem 2. Viertel $173^{\circ} 50'$ und zwischen dem Tālī' des Jahres und dem 3. Viertel $171^{\circ} 15'$.

37) Bestimmung des Azimuts mittels des Astrolabs. Ermittle die Höhe [der Sonne] und lege den Sonnengrad auf die entsprechende Muq. von Osten oder Westen aus. Dann sieh zu, welche Azimutallinie [auf der Scheibe] mit dem Sonnengrad zusammenfällt. Die so erhaltene Linie gibt das Azimut zu der betreffenden Zeit. Steht [die Zahl für] das Azimut, das Du erhalten hast, zwischen [der] Ost[linie] des [Erd-] Äquators und [der] nach „unterhalb der Erde“ [gehenden Linie], so liegt das Azimut zwischen Osten und Norden, und wenn die Zahl zwischen [der] Ost[linie] und der Linie der Mitte des Himmels steht, so liegt es zwischen Osten und Süden, wenn sie zwischen [der] West[linie] des [Erd-] Äquators und der Linie der Mitte des Himmels steht, so liegt es zwischen Süden und Westen und, wenn sie zwischen [der] West[linie] und [der] nach „unterhalb der Erde“ [gehenden Linie] steht, so liegt es zwischen Westen und Norden.

Die Verwendung des Azimuts ist folgende. Man ermittle mit seiner Hilfe die Mittagslinie. Die Linie des Ostens des [Erd-] Äquators trennt die Azimutallinien auf der Ostseite in dem Raum zwischen den beiden „6“ (*al wācain*) und die Linie des Westens des [Erd-] Äquators die Azimutallinie auf der Westseite in dem Zwischenraum zwischen den beiden „6“ [6 bedeutet die Ordnungszahl der 6. Azimutallinie]

Um die Zeit des *zuhr* zu bestimmen, lege den Sonnengrad auf 14° des Azimuts von Westen aus. Dann sieh zu, auf welche Muq. der Höhe er [der Sonnengrad] fällt. Diese gibt das Ende der Zeit des *zuhr* im Westen.

Um das Ende der Zeit des *ʿaṣr* zu erhalten, ziehe die Kulminationshöhe von 90° ab. $\frac{1}{10}$ des Restes addiere zu der [halben] Kulminationshöhe. Das Resultat gibt die Höhe am Ende des *ʿaṣr*.

38) Bestimmung der Zeit des Mondaufgangs. Dazu bestimme den Grad der Sonne und des Mondes. Liegen zwischen dem Mond und der Sonne weniger als 180° , so teile den Abstand durch die Dauer einer [krummen] Tagesstunde. Man erhält so die bis zum Aufgang des Mondes verflossenen Tagesstunden. Liegen zwischen Mond und Sonne mehr als 180° , so multipliziere die Dauer der [Tages-]Stunde mit 12 und ziehe von dem Abstand zwischen ihnen das Produkt ab. Den Rest dividiere durch die Dauer der Nachtstunde. Das Resultat gibt die Nachtstunden, die bis zum Aufgang des Mondes verstrichen sind. Der Abstand zwischen Sonne und Mond wird durch die Aszensionen der Grade [in sphaera obliqua] gemessen. Ist der zwischen dem Grad des Mondes und dem der Sonne gelegene Bogen kleiner als der halbe Tagbogen, und ist er näher an dem Aufgang [der Sonne], so beziehe beide [Grade] auf den Aufgang der Sonne, und ist er näher an dem Mittag, so beziehe auf den Mittag, und ist er näher an dem Untergang der Sonne, so beziehe auf den Untergang. Ist er [der Bogen] größer als der Tagbogen und kleiner als [der Tag- und] der halbe

Nachtbogen um einen Betrag, der kleiner als der halbe Nachtbogen ist, so beziehe auf den Anfang der Nacht, wenn er näher der Mitte der Nacht, so beziehe auf Mitternacht und, wenn er näher am Sonnenaufgang ist, auf den Morgen. Dies ist nur angenähert. Willst Du dies genauer wissen, so ermittle für Sonne und Mond die entsprechenden Tag- und Nachtstunden und verführe wie vorher.

Willst Du wissen, wie lange [der Mond] nach Eintritt der Nacht sichtbar bleibt, so ziehe von der Entfernung [δ] zwischen ihnen [Mond und Sonne] und den Tagbogen [t] [den Tagbogen der Sonne T] ab. Den Rest [$\delta + t - T$] teile durch die Dauer einer Nachtstunde, dann erhältst Du die Stunden des Verbleibens des Aufgehenden [Mondes].

39) Bestimmung des Tālī' mit dem Mond. Nimm die Höhe des Mondes und bestimme, ob er im Osten oder Westen steht. Dann bestimme Länge und Breite des Mondes [aus einer Tab.] zu dieser Stunde. Ist letztere nördlich, so ziehe von der Höhe des Mondes einen Betrag gleich seiner Breite ab, ist sie südlich, so addiere sie zur Höhe. Das Resultat nimm als Höhe des Mondes. Lege den Mondgrad auf die entsprechende Höhe [Muq.] von Osten, falls der Mond zu jener Zeit im Osten stand und, wenn er im Westen stand, auf die Westseite wie bei der Sonne. Der Grad des Tierkreises, der mit dem Osthorizont zusammenfällt, ist das Tālī'. Und wisse, daß der Mond, wenn er den Kopf überschritten hat, so lange nördliche Breite hat, bis er mit dem Schwanz zusammenfällt, und wenn er den Schwanz überschritten hat, südliche Breite hat, bis er mit dem Kopf zusammenfällt.

40) Willst Du bestimmen die Mitte (*intisāf*) des Tages in 2 Städten, so nimm die Sonnen[höhe] mittels der beiden Löcher an der Alhidade zu Mittag in einer der beiden Städte, dann in der anderen an demselben Tag und ziehe die kleinere [Höhe] von der größeren ab. Je 15° des Unterschieds sind eine gleichförmige Stunde. Der Ort mit der größeren Höhe liegt weiter nach Osten. So ist die Länge von Bagdad 70°, die von Damaskus 60°, der Unterschied $\frac{2}{3}$ Stunden.

41) Angabe des Grundes, warum das Astrolab die Namen trägt: das vollständige, das halbe, das drittel, das fünftel, das sechstel. Die Linien, welche auf allen Astrolabien in gleicher Weise vorkommen, sind die Kreise der Breitenkreise [der Parallelen zum Äquator], nämlich die [Breitenkreise] des Krebses, des Widders und des Steinbocks, die Linien des Meridians und des [Erd-]Äquators. Nur die Kreise der Muq. unterscheiden sich. Beim vollständigen [Astrolab] finden sich 90 solcher Kreise. Das Instrument, auf dem es 45 sind, ist das halbe, und das, auf dem es deren 30 sind, das drittel; denn für jeden 3. Grad ist ein Kreis gezogen. Auf dem [Astrolab], welches das fünftel heißt, liegen zwischen je 2 Kreisen 5 Grade. Sind es im Ganzen 15 Kreise, so heißt das Astrolab ein sechstel und, wenn es 9 sind, ein zehntel; denn auf diesem Astrolab ist der Abstand zweier Kreise 10 Grad. In ganz derselben Weise werden die Tierkreiszeichen untergeteilt.

42) Bestimmung des Ortes der Strahlenwerfung mittels des Astrolabs. Um den Ort der Strahlenwerfung zu bestimmen, nimm den Grad [des Wandelsternes] und lege ihn auf die Muq. des Horizonts. Willst Du den Ort der Strahlenwerfung des linken Sextilscheins finden, so mache am Anfang des Steinbocks [auf dem Limbus] ein Zeichen, drehe ihn um 60° und sieh, auf welches Tierkreiszeichen und welchen Grad [von ihm] die Muq. des Horizonts fällt. Dieses ist die Stelle seines linken Sextilscheins. Willst Du den rechten haben, so drehe den Anfang des Steinbocks von seinem Ort in entgegengesetztem Sinne um 60° . [Die Stelle der Ekliptik], mit der die Muq. des Horizonts zusammenfällt, ist die des rechten Sextilscheins. Um den Trigonalschein zu erhalten, drehe um 120° , um den Quadratschein zu erhalten, um 90° nach rechts und nach links wie im ersten Fall.

43) Die Einteilung der Erdkugel in 5 Zonen (*ṭarīq*) von Ptolemaeus. Die 1. Zone, die nach Norden zu liegt, ist $36^\circ 9'$; die 2. ist 30° , die 3., wo Tag und Nacht unter einander gleich sind, $47^\circ 51'$ nach Norden und ebensoviel nach Süden, die 4. ist 30° und die 5. $36^\circ 9'$, und alle diese zusammen geben 180° .

Bemerkungen zu der Übersetzung.

Die Übersetzung ist im Allgemeinen eine wörtliche.

Die einleitenden Worte zu den einzelnen Abschnitten lauten: „Willst Du kennen lernen, so tue das und das“. Es wurde das etwas freier gefaßt und dem Zusammenhang entsprechend übersetzt. In Fig. 1 ist nur die Lage der Absehen auf der Alhidade gezeichnet. Diese selbst müssen breiter als die Alhidade sein, damit die Schlächer über dem durch den Drehpunkt gehenden Durchmesser der Alhidade bzw. in einer dazu Parallelen liegen.

1) Wie erwähnt, heißt die Seite, auf der sich die zur Messung von Winkeln dienende Alhidade bewegt, der Rücken des Astrolabs. Die 90 Striche sind diejenigen der Gradteilung.

2) Das *Tālī'* „das aufgehende“ ist dasjenige Tierkreiszeichen, das zu einer bestimmten Zeit im Osten aufgeht. Es spielt bei der Aufstellung des Horoskops eine große Rolle, daher wird *Tālī'* geradezu mit Horoskop übersetzt.

Die Stellung der Sonne im Tierkreis zu der betreffenden Zeit ist in Tabellen gegeben.

Al 'Ḥurūzī bezeichnet den Grad auf dem Tierkreis, in dem die Sonne steht, mit „*ḍariga*“, den auf dem Rand des Astrolabs gemessenen mit *juz'*. Ersteren nenne ich kurz „Sonnengrad“. Die erste Muq. ist der Horizont (s. oben). Die Muq. des Ostens ist der Teil des Horizontkreises, der von der Meridianlinie aus nach Osten geht, diejenige des Westens der entgegengesetzt liegende Teil des Horizontkreises.

2a) Auf den Scheiben sind, wie erwähnt, die Kreisbögen für die temporalen Stunden unterhalb des Horizontes aufgetragen. Dreht sich der Grad der Sonne von der Ostlinie nach oben, so bewegt sich die gerade gegenüberliegende, um 180° von ihm abstehende Stelle, sein *nāḡir* [Gegengrad], über die Stundenlinien von Westen nach unten auf dem Nachtbogen des Sonnengrades. Die Stunden müssen daher von Westen aus gerechnet werden.

2b und 2c) Durch die Messungen erhält man auf der Teilung auf dem Rande, dem Limbus, die Anzahl der Äquatorgrade, um die sich die Sonne während einer zeitlichen Stunde bewegt hat. Diese sind aber, da es sich um temporale Stunden handelt von Tag zu Tag verschieden. Deshalb wird die einer Stunde entsprechende Anzahl von Graden besonders ermittelt, indem man den Gegengrad der Sonne um eine Stunde vorrückt. Befindet sich der Zeiger des Limbus ursprünglich auf dem Grade a, am Ende der vollendeten Stunde auf dem Grade b, am dem Ende der angebrochenen auf dem Grade c, so ist der Bruchteil der Stunde: $\frac{a-b}{c-b}$.

2d) Der Zeiger der Teile ist der am Anfang des Steinbocks an der Spinne angebrachte Vorsprung.

3) Bei Beobachtungen mit der Sonne stellt man die Albidade so, daß die Sonnenstrahlen durch beide Löcher fallen, bei solchen an Sternen sieht man durch beide Löcher nach den Sternen.

4) Solche Prüfungen werden auch sonst angegeben. Tabellen, die dazu dienen können, hat *Chwārizmī* selbst aufgestellt.

5) Der Tagbogen ist der über dem Horizont von der Sonne beschriebene Bogen. Bei der Drehung der Spinne beschreibt der Sonnengrad einen Bogen auf einem Kreis, der zu dem Rand konzentrisch ist: der auf diesen sich bewegende Zeiger mißt daher auch den Tagbogen.

7) 24 äquinoktiale Stunden umfassen 360°, eine 15°.

8) Will man mit dem Astrolab den Grad des Äquators B bestimmen (Fig. 4), der mit einem Grad A der Ekliptik bei der *sphaera recta* gleichzeitig aufgeht, so legt man auf dem Astrolab den Anfang des Widlers auf den Ostpunkt des Horizontes, den Schnittpunkt mit dem Äquator: es schneiden sich also Ekliptik und Äquator im Widderanfang. Hierbei kommt die Spinne in ihre Normallage und der Zeiger am Anfang des Steinbocks zeigt auf Null. Dann dreht man die Spinne in normaler Richtung (im Uhrzeigersinn), bis der Grad A der Ekliptik die Meridianlinie, die man wie die Ostlinie als Horizont PP_1 der *sphaera recta* ansehen kann, schneidet, der Zeiger gibt an, welcher Grad B des Äquators, vom Steinbockanfang gezählt, gerade mit A aufgeht, und liefert auch die Rektaszension in unserem Sinne.

9) Bei der *sphaera obliqua* legt man die Spinne auf die Scheibe, die für den betreffenden Ort gezeichnet ist, bringt sie wieder in die Normallage und dreht jetzt, bis der Grad A der Ekliptik den östlichen Horizont dieses Ortes schneidet. Der Zeiger gibt wieder den Grad B des Äquators an, der gleichzeitig aufgeht. In diesem Fall wird vom Schnittpunkt der Ekliptik

Fig. 4.

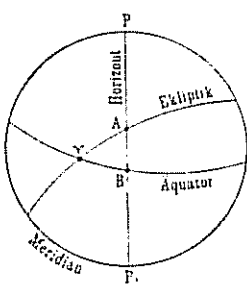
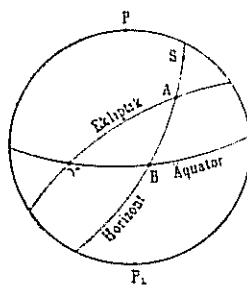


Fig. 5.



mit dem Äquator, dem Widderanfang, gezählt. Will man aber wissen, wieviel Grade von dem Äquator über den Horizont sich erheben während des Aufgangs eines ganzen Tierkreiszeichens, und darum handelt es sich hier wie auch in Nr. 8, so verfährt man mit dem Anfang und dem Ende des Zeichens wie vorhin mit Punkt A und subtrahiert die Ablesungen am Zeiger auf dem Limbus. Zu den Aszensionen der *sphaera recta* und *obliqua* vergl. z. B. E. Wiedemann, Beiträge IX, 192.

10) Zweimal im Jahre erreicht die Sonne die gleiche Kulminationshöhe, nämlich in den beiden Punkten des Tierkreises, die dieselbe Deklination haben. Um zu entscheiden, in welchem Punkte sie gerade steht, muß man die Jahreszeit kennen.

11) Die Projektion des Mondes bzw. Planeten bei der Kulmination liegt auf der Linie der Mitte des Himmels. Kennt man aus der Höhe eines Fixsternes das *Talit*, so legt man es auf die Horizontlinie. Dadurch bringt man die Ekliptik auf der Spinne in die Lage, die der auf der Himmelskugel in diesem Augenblick entspricht. Der Grad des Tierkreises, der auf die Linie der Mitte des Tages fällt, ist der Grad des Mondes, d. h. der Grad der Mitkulmination, aus dem sich die Rektaszension des Mondes ergibt. Denn beide liegen auf der Linie der Mitte des Himmels, die ja die Projektion eines Deklinationskreises ist. Vernachlässigt man die Breite eines Wandelsternes, was oft geschah, so erhält man den „Grad der Ekliptik“, in welchem der Wandelstern steht, oder den „Ort der Länge“, d. h. die astronomische Länge.

12) Zum Verständnis dieses Abschnittes ist zu beachten, daß der Ausdruck „Breite“ in verschiedenem Sinne gebraucht wird: 1. Breite bedeutet den Abstand eines Ortes auf der Erde von dem Äquator (geographische Breite). In demselben Sinne kommt er auch für Sterne vor. So heißt es in der lateinisch erhaltenen Schrift *Mischäthäth's*) über das Astrolab p. 1309 *latitudo ab aequatore*; vergl. auch p. 1319, 1321. Aus diesem Grunde hält es wohl auch Werner¹⁴⁾ für nötig an einer Stelle in seinem Meteoroskop (S. 138ff.) besonders eine *latitudo ab ecliptica* zu betonen, um Mißverständnisse zu vermeiden. 2. Breite bedeutet den Abstand eines Sternes von der Ekliptik, gemessen auf einem Breitenkreise. 3. In unserm Fall ist die Breite die Entfernung eines Sternes von der Ekliptik, gemessen auf dem durch den Stern gelegten Deklinationskreis, vorausgesetzt, daß der Grad der Mitkulmination unter „Ort“ bzw. wie in Aufgabe Nr. 15 unter „Grad, in dem der Stern steht“, verstanden sein soll. Ist aber darunter der „Ort der Länge“ gemeint, so werden bei diesem Verfahren ein Deklinationskreis durch den Stern und ein zweiter durch den Ort der Länge, d. h. den Fußpunkt auf der Ekliptik des durch den Stern gehenden Breitenkreises gelegt und der Abstand beider vom Äquator gemessen. Die Differenz der sich ergebenden Werte ist kleiner als die astronomische Breite des Sternes. Denn die erstere ist die Kathete, die zweite die Hypotenuse eines rechtwinkligen Kugeldreiecks. Diese Kathete liegt auf dem Deklinationskreis durch den Stern, die andere Kathete auf dem durch den Fußpunkt gehenden Parallelkreis zum Äquator, während die Hypotenuse auf den Breitenkreis des Sternes fällt. Wir haben dann bei dieser Annahme, die die

wahrscheinliche ist, die Umkehrung dessen, von dem *Biruni*¹⁵⁾ in seinem *kitāb al istī'āb* fl. 61^b folgendes sagt: „Wollen die Inder und Perser diesen Abstand [des Sternes vom Äquator] bestimmen, so nehmen sie die Neigung [Deklination] des Grades des Sternes und seine Breite. Liegen sie auf einer Seite, so addieren sie sie, und liegen sie auf verschiedenen Seiten, so ziehen sie das Kleinere von dem Größeren ab. Das Resultat nehmen sie als den Abstand von dem Äquator. Dem, der sich die astronomischen Verhältnisse vorstellt, bleibt nicht verborgen, daß die Neigung und die Breite auf zwei verschiedenen Kreisen der Lage nach gelegen sind außer für die Solstitialpunkte. Der Abstand eines jeden Punktes des Tierkreises liegt auf einem Kreis der Neigungen. Das, was sich den Früheren ergab, ist stets größer als die Wahrheit.“

Die gleiche Bestimmungsmethode wie bei *Churirizmi* findet sich auch bei Severus Sebokt⁷⁾, *Maschallāh*⁷⁾, Alfons X²⁷⁾ (T. II, 278, Kap. 36), ferner auch in dem lateinischen anonymen Schriftchen „Astrolabii, quo primi mobilis motus deprehenduntur Canones“ (p. 16), das nicht, wie L. Hain¹⁶⁾ unter Nr. 1898 angibt, bei E. Ratdolt oder M. Cerdonis, sondern bei Paganinus de Paganinis in Venedig Ende des 15. Jahrhunderts gedruckt sein dürfte. Vergl. auch British Museum, Catalog etc. Suppl. 1900 unter Astrolabium. In dem Lagerkatalog Nr. 670 der Firma Joseph Baer & Co., Frankfurt a. M., findet sich unter Nr. 4062 ein Schriftchen mit genau dem gleichen Titel und der Angabe: Venet., P. Liechtenstein 1512. Ich konnte nicht erfahren, ob es sich um das gleiche Schriftchen handelt oder etwa um eine andere Ausgabe. Bei G. W. Panzer²²⁾ ist in Nr. 583, p. 409, Vol. 8 die gleiche Angabe zu finden.

Zur Bestimmung von astronomischer Länge und Breite mit dem Astrolab ist eine besondere Scheibe nötig, auf die die Parallel- und Vertikalkreise der Ekliptik projiziert sind. Eine Scheibe für eine Breite gleich dem Komplement der Ekliptikschiefe enthält diese Projektionen. Legt man auf eine solche Scheibe die Spinne in der Normallage, so kann man Länge und Breite aus der Scheibe entnehmen wie Höhe und Azimut aus der Scheibe des Beobachtungsortes. *Biruni*¹⁷⁾ gibt im „Astrolab“ fl. 27^b dieses Verfahren an.

13) Es ist Kulminationshöhe = Äquatorhöhe + Deklination. Die Äquatorhöhe gibt die Ordnungszahl der Muq. an, in der die Projektion des Himmelsäquators von der Linie der Mitte des Tages geschnitten wird.

14) Die Durchführung dieser Aufgabe deckt sich mit der von Nr. 11. Man erhält daher den „Grad der Mitkulmination“ und die Rektaszension eines Fixsternes, nicht den „Grad der Ekliptik“, wenn das unter „Ort der Sterne nach der Länge“ zu verstehen ist.

15) Siehe 12).

18) Es ist klar, daß nur die Sterne — es handelt sich hier um Mond und Planeten — einen Mitläufer haben können, die eine gleiche oder kleinere Kulminationshöhe als der Anfang des Krebses haben. Diese Aufgabe ist mir sonst nirgends begegnet.

19) Vergl. 13. Entsprechend der stereographischen Projektion vom Südpol

ans bilden sich alle nördlich des Äquators gelegenen Punkte innerhalb und die südlich davon gelegenen Punkte außerhalb seiner Projektion ab.

20) Es ist am Anfang von 2 Bögen, dem Tag- und Nachtbogen, die Rede. Es wird aber nur der Tagbogen mechanisch bestimmt. Da die Breitenkreise in der Projektion [Umlaufkreise] parallel dem Rande verlaufen, so ist die auf einem solchen erfolgende Drehung gleich der am Limbus gemessenen.

21) Es handelt sich um die Bestimmung der Schattenlänge eines Gegenstandes, die man für Sonnenhöhen über 45° unmittelbar ablesen kann. Für Höhen unter 45° ist die Länge gleich $144 : a$ (a = Zahl der von dem horizontalen Durchmesser aus gerechneten Teilstriche). Natürlich könnte man mit dem Schattenquadrat auch Tangenten bezw. Kotangenten bestimmen. Umgekehrt kann man aus der Schattenlänge die Sonnenhöhe mittels des Schattenquadrates finden. Die Linie, die der Handhabe gegenüber liegt, ist eigentlich nur der Teil des durch die Handhabe gehenden Durchmessers, der unterhalb des Mittelpunktes liegt.

Der Ausdruck *qaṭr al ṣill* ist nur selten. *Sibt al Māridīnī* († 1406/07 vergl. Suter⁴⁾ Nr. 421. S. 170.) benutzte ihn anscheinend für Sekante, d. h. für die Hypotenuse des rechtwinkligen Dreiecks mit dem Gnomon und dem zugehörigen Schatten als Katheten. (Vergl. E. Wiedemann¹⁰⁾, Beiträge XVIII, 56.) *Schems al Din al Ginzālī* hat 1344 in seiner Schrift „Über die Anwendung des verborgenen (*ḡajib*) Sinus“ ein Kapitel „Die Bestimmung des *qaṭr al ṣill* aus dem *ṣill* und der Länge des Gnomons (*qima*)“ betitelt. (Katalog von Ahlwardt Nr. 5837). In der Abhandlung eines Unbekannten „Über den Sinusquadranten ohne Index, d. h. Bestimmung des Sinus des Bogens und des Bogens des Sinus und des Sinus versus und des Bogens des Sinus versus und des Bogens der Höhe“ heißt das 1. Kapitel: „Über die Bestimmung des *ṣill*“, das 2. „Über die Bestimmung des *qaṭr al ṣill*“. Herr Prof. Dr. Bergsträsser war so gütig, die in Betracht kommenden Stellen der Berliner Handschrift (Katalog von Ahlwardt Nr. 5831) abzuschreiben; aus ihnen ergibt sich für *qaṭr al ṣill* die gleiche Bedeutung wie bei *Sibt al Māridīnī*.

22) Zählt man an den Muq. irgend einer Scheibe den Unterschied zwischen den Kulminationshöhen des Sonnengrades und des Widderanfangs (= Äquatorhöhe) ab, so erhält man die Deklination des Sonnengrades. Diese von der gemessenen Kulminationshöhe subtrahiert, gibt die Äquatorhöhe.

23—27) Hier handelt es sich um Umkehrungen der Aufgaben Nr. 2 und 3.

31) Die Kenntnis der 12 Häuser (*bait*, domus, locus) war für die Astrologie von grundlegender Bedeutung. Es sind dies die 12 Kugelzweiecke, in die die ganze Himmelssphäre durch sechs größte Kreise zerlegt wird. Über die Lage dieser sechs Kreise, die ich „Grenzkreise“ nenne, bestanden verschiedene Ansichten. Vergl. Nallino¹⁴⁾ 1, 247—249. *Bīrūnī*¹⁵⁾ gibt in seinem Werk *istʿāb* an, daß als Grenzkreise nur diejenigen genommen werden dürfen, die einerseits durch die Schnittpunkte des Meridians mit dem Horizont, also durch den Süd- und Nordpunkt, gehen, und die andererseits den 1. Azimutalkreis, d. h. den durch den Ost- und Westpunkt gehenden und zum Horizont vertikalen Kreis, in 12 gleiche Teile teilen. Zu diesen Grenzkreisen gehören der Horizont und der Meridian.

Vergl. dagegen die Positionskreise (S. 4), die nach anderer Ansicht die Häuser abteilen. Durch die 6 Grenzkreise wird der Tierkreis in 12 paarweise gleiche Teile zerlegt, von denen je 2 als Schnittpunkte der 2 Großkreise (Grenzkreis und Ekliptik) um 180° voneinander abstehen. Diese Teile des Tierkreises werden oft schlechthin „Häuser“ genannt. Da der Tierkreis infolge der Umdrehung des Himmels zu jeder Tageszeit eine andere Lage gegenüber den Grenzkreisen hat, wechseln die in den einzelnen Häusern befindlichen Tierkreiszeichen. Die Häuser werden entgegengesetzt der täglichen Umdrehung, also vom Ost- über den Pflock der Erde zum Westpunkt gezählt, sodaß das 1. Haus unterhalb des Osthorizonts sich an diesen anschließt, dann folgt das 2. und das 3., das an den unter dem Horizont befindlichen Teil des Meridians angrenzt, daran stößt das 4. Haus. Der nach Westen gelegene Halbkreis des Horizonts bildet die Grenze zwischen dem unterhalb des Horizonts gelegenen 6. und dem oberhalb befindlichen 7., während der sichtbare Teil des Meridians das nach Westen gelegene 9. und das nach Osten gelegene 10. Haus trennt. Das 12. Haus endigt am Ostteil des Horizonts. Gewöhnlich werden Teile von mindestens 2 Tierkreiszeichen in ein Kugelzweieck zu liegen kommen. Doch gilt nur das Zeichen als in dem Hause befindlich, das von dem betreffenden Grenzkreis geschnitten wird. Dieser Punkt heißt der Anfang des Hauses (initium, principium, cuspis). So ist das Zeichen des 1. Hauses „das *ſūli*“, der Grad des Tierkreises, der mit dem Osthorizont zusammenfällt. S. w. u.

Verschiedene Astrolabien enthalten eine besondere Scheibe für die Häuser mit den stereographischen Projektionen der Grenzkreise. In diesem Fall ist die Bestimmung der Anfänge der Häuser sehr einfach. Man orientiert auf der Scheibe die Spinne so, daß das *Tālī* auf den Osthorizont fällt, und bestimmt die Schnittpunkte des Tierkreises mit den einzelnen Grenzkreisen. Sie sind die gesuchten Anfänge. Beim Fehlen dieser Scheibe, die übrigens nur für eine einzige geographische Breite gilt, eignet sich die in Nr. 31 angegebene Methode, die bei den Arabern sehr verbreitet war. Sie wird von *Māschallāh*¹⁷⁾, *Bīrūnī*¹⁸⁾, *Abū'l Sūfī*²⁰⁾, (Suter²¹⁾ Nr. 272) und anderen angegeben und soll von Ptolemaeus (Suter²⁶⁾, 96) stammen. Nach dieser Methode sind, wie auch Nallino¹⁹⁾ 1, 248 erwähnt, die die Häuser abteilenden Kreise Deklinationskreise. Der eine von ihnen ist der Meridian. Ein anderer geht durch den Schnittpunkt der Ekliptik mit dem Horizont. Er schneidet also die Ekliptik in dem gerade „aufgehenden Grad“. Sein zweiter Schnittpunkt ist der gerade „untergehende Grad“, der um 180° von dem aufgehenden absteht, da sich Ekliptik und der Deklinationskreis als Großkreise in einem Durchmesser schneiden. Der zwischen Osthorizont und unterem Meridian gelegene Nachtbogen des aufgehenden Grades wird in 3 gleiche Teile geteilt. Ein solcher Teil zählt also so viele Äquatorgrade, als zwei (zeitliche) Nachtstunden umfassen. Der durch einen Teilpunkt gehende Deklinationskreis schneidet die Ekliptik ebenfalls in zwei um 180° voneinander abstehenden Punkten. Infolgedessen sind zwei einander diametral gegenüber liegende Häuser gleich groß, also das 1. und 7., das 2. und 8., das 3. und 9. Um die noch fehlenden Häuser zu

erhalten, teilt man den zwischen Osthorizont und oberem Meridian gelegenen halben Tagbogen des aufgehenden Grades in 3 gleiche Teile, von denen einer die Länge zweier Tagstunden dieses Grades hat. Die durch die Teilpunkte gehenden Deklinationskreise schneiden die Ekliptik ebenfalls in zwei um 180° voneinander entfernten Punkten. Daher ist wiederum das 12. Haus gleich groß wie das 6., das 11. wie das 5., das 10. wie das 4. Während die die Häuser abteilenden Kreise der 1. Methode, die Grenzkreise, für einunddenselben Ort ihre Lage beibehalten, ändern die der 2. Methode fortwährend ihre Lage. Natürlich erhält man nach beiden Methoden nicht die gleichen Häuser. Delambre²⁵⁾ weist S. 502 darauf hin, daß der sichtbare Ekliptikbogen zwischen Westhorizont und Meridian im Verhältnis der Nachtstunden, der sich anschließende unsichtbare Ekliptikbogen im Verhältnis der Tagstunden geteilt ist.

Das von *Chacrizmi* in Nr. 31 angegebene Verfahren beruht auf der Einteilung durch solche Deklinationskreise. Denn wenn man den Gegengrad des aufgehenden Grades vom Westhorizont auf die 2. Stundenlinie legt, so bewegt sich der aufgehende Grad auf seinem Tagbogen vom Osthorizont aus um einen Betrag, der gleich zwei Tagstunden von ihm ist. Der Deklinationskreis, der durch den Punkt geht, der vom Anfang des Tagbogens um den genannten Betrag absteht, und der das 10. Haus vom 11. trennt, kommt bei dieser Bewegung in der Projektion auf die obere Meridianlinie zu fallen, die ja auch die Projektion eines Deklinationskreises ist. Bewegt sich der aufgehende Grad vom Osthorizont zur 10. Stundenlinie, so beschreibt er auf seinem Nachtbogen einen Bogen, der gleich der Länge zweier Nachtstunden ist. Der um eben diesen Betrag vom Anfang des Tagbogens abstehende Deklinationskreis, der das 2. vom 3. Haus trennt, fällt bei dieser Drehung auf die untere Meridianlinie.

Meist findet man die Angabe, daß man auf die beschriebene Weise den Anfang der Häuser findet. Doch nach den astronomischen Werken Alfons X.²⁷⁾ (T. II., p. 59 u. ff.) erhält man die Mitte der Häuser. Die gleiche Ansicht findet sich in dem Zusatz „Nützliche Bemerkung über das Abteilen der Häuser aus der Tabelle des *Ulay Bey*“ in der Schrift des *Salimân*²⁸⁾ *al Rûdânî* „Über das Astrolab“. Nach dem Kommentar zum „Abriss über die Bestimmung des Kalenders“ von *Naṣir al Din al Ṭūsî*²¹⁾ umfaßt bei dieser Bestimmung ein Haus den Raum zwischen dem 5. Grad, der dem „Anfang“ vorangeht, und dem 5., der dem folgenden vorangeht. Die 4 Schnittpunkte der Ekliptik mit Horizont und Meridian heißen Angeln, Pflöcke (*antād*, anguli, paxilli, centra), also das 1., 4., 7., 10. Haus. Wenn der Anfang des 10. Hauses in das 10. Tierkreiszeichen fällt, das von dem „aufgehenden“ gezählt ist, so heißen die Pflöcke zueinander senkrecht; geneigt dagegen, wenn er in das 11. und zunehmend, wenn er in das 9. Zeichen fällt. Nach *Birānî*²²⁾ wird das 10. Haus immer nach dem 10. Zeichen genannt. Vergl. hierzu auch B. Dorn²³⁾ (S. 139, 149).

Die von *Bāttānî* angegebene Bestimmung (Nallino¹⁵⁾ I, 249) der Anfänge der Häuser liefert die gleichen Ergebnisse wie die mechanische Methode in Nr. 31. Denn die Bestimmung des 10. Hauses deckt sich mit der Ermittlung der Rektas-

zension des Zeichens auf der Mitte des Himmels. Dazu zählt bzw. subtrahiert man mechanisch durch Drehung der Spinne um den 2 Tag- bzw. Nacht-Stunden entsprechenden Äquatorbogen und erhält jetzt wie beim 10. Haus die Rektaszension des 11. bzw. 9. Hauses. Bemerkenswert ist, daß *Churirizmi* in seinen astronomischen Tafeln (Suter²⁰) S. 29, 96—98) sich des gleichen Prinzips wie in Nr. 31 bedient. Man könnte daraus schließen, daß dieser Abschnitt von ihm stammt.

Im folgenden sind die Namen der 12 Häuser nach dem *Maṭāṭih al-ʿUlūm*²¹) und in [] die davon abweichenden nach *Churirizmi* aufgezählt. *Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī*²¹) führt noch mehrere Namen für die Häuser auf. Davon sei nur erwähnt, daß das 1. Haus auch Haus des Lebens, der Seele, des Beginns eines jeden Dinges, das 10. auch Haus der Arbeit, das 11. auch Haus der Hoffnung, der Freundschaft, des Glücks heißt.

1. *fālī* (das Aufgehende); 2. *mil* (Vermögen); 3. *ichwān* (Brüder); 4. *ābā* (Väter); 5. *icalād* (Kind); 6. *marad* (Krankheit); 7. *nisā* (Frauen) [das Siebente]; 8. *maut* (Tod), [das Achte]; 9. *saḡar* (Reise); 10. *sultān* (Sultan); 11. *aṣḡā* (Freunde), [*raḡā* (Hoffnung)]; 12. *a'dā* (Feinde). Vergl. auch Dieterici²²) S. 66, wo alle Häuser gleich groß angenommen werden.

32) Die Orte der Strahlenwerfung spielen in der Astrologie eine bedeutende Rolle. Man findet sie, indem man die Stellen der Ekliptik aufsucht, die von dem Wandelstern um einen bestimmten Bogen, gemessen auf einem durch die betreffende Stelle der Ekliptik und den Wandelstern gehenden größten Kugelkreise, absteilen. Dieser Bogen beträgt beim Sextilschein 60°, beim Quadratschein 90°, beim Trigonalschein 120° und bei der Opposition 180°. Aus einem rechtwinkligen sphärischen Dreieck, dessen Hypotenuse dieser Bogen und dessen eine Kathete die Breite des Wandelsternes ist, berechnet *Battānī*¹⁸) (I, 307) die auf der Ekliptik liegende 2. Kathete. Dadurch erhält er die Stelle der Ekliptik, die der obigen Forderung streng genügt. Viele Astrologen vernachlässigen die Breite des Wandelsternes und finden z. B. den Sextilschein, indem sie von dem Endpunkt der astronomischen Länge des Wandelsternes („Ort der Länge“) um 60° vor- oder zurückgehen. Der so erhaltene Punkt ist dann der Punkt der Ekliptik, der mit dem Wandelstern im rechten oder linken Sextilschein steht. Zu dem gleichen Resultat kommt der griechische Astrolog Dorotheus, nur zählt er den Sextilschein nicht auf der Ekliptik, sondern auf dem Äquator. (S. Nallino¹⁷) I, 309.) Nach *Māschāllāh*⁹) (p. 1323) findet man den Sextilschein mit dem Astrolab auf folgendem Weg. Man legt den Grad [der Länge] des Sternes auf die Linie der Mitte des Himmels und liest die Stellung c des Zeigers auf dem Limbus ab. Nach Aufgabe 8 ist dieses der Weg, um die Rektaszensionen des Sternes zu finden. Man dreht dann den Zeiger um 60° weiter. Der Schnittpunkt der Linie der Mitte des Himmels mit der Ekliptik bei dieser Stellung der Spinne sei a°. Dieses Resultat kann man auch auffassen als Rektaszension des Sternes + 60°. *Māschāllāh* nennt den so gefundenen Punkt den Ort der ersten Strahlenwerfung, während er den nach Nr. 32 bestimmten (b°) den Ort der zweiten Strahlenwerfung nennt. Die Punkte a und b unterscheiden sich insofern, als man im 1. Fall den Bogen der

Ekliptik mißt, der mit einem Äquatorbogen z. B. von 60° in der sphaera recta aufgeht, im 2. Fall den Ekliptikbogen, der mit dem gleich großen Äquatorbogen in der sphaera obliqua, für den Beobachtungsort, aufgeht, gezählt vom Ort der Länge. Den wahren Ort (w) des Sextilscheins findet *Māschāllāh* in folgender Weise: Man multipliziert $(a - b)$ mit der Differenz der Rektaszension (d) des Grades des Wandelsternes und der (c) des Grades der Ekliptik, der zur Zeit der Messung kulminiert. Mit dem Astrolab erhält man die Werte, wenn man zuerst den Grad der Kulmination auf die Linie der Mitte des Himmels legt und die Stellung c' des Zeigers auf dem Limbus abliest, dann die Spinne dreht, bis der Grad des Wandelsternes auf die gleiche Linie fällt, und die Stellung d' des Zeigers abliest ($c' - d' = c - d$). $(a - b)(c - d): t/2$ nennt *Māschāllāh* den Ausgleich = A der Strahlenwerfung, wobei A der Tagbogen des Wandelsternes ist. Wenn der Wandelstern zwischen dem 10. und 1., bzw. 4. und 7. Haus (siehe Nr 31) sich befindet, gibt $a'' - A''$ den Wert w , und wenn er zwischen 10. und 7., bzw. 1. und 4. steht, ist $w = a'' + A''$. *Māschāllāh* wendet bei seiner Berechnung die Methode an, die dem Ptolemaeus zugeschrieben wird. Vergl. Nallino¹⁹⁾ 1, 311. Wie Nallino zeigt, ist die Bestimmung des Ortes der zweiten Strahlenwerfung allein, wie in Nr. 32, anwendbar, wenn der Stern sich im Horizont selbst befindet, und die erste allein, wenn er gerade kulminiert. Eigentlich muß die Projektion des Wandelsternes auf den Horizont gelegt werden, da aber diese auf der Spinne meist nicht genau verzeichnet werden kann (siehe a. w. u.), muß bei Berücksichtigung der Breite des Gestirnes, wie auch Nallino erwähnt, der Grad seines Durchganges gewählt werden, wo es sich um gerade Aszensionen handelt, und der Grad seines Aufganges, wo es sich um örtliche Aszensionen handelt. Nallino erwähnt, daß *Chwārizmī* nach *Ibn Hibintā* nur den ersten Strahlenwurf berechnete, während nach der vorliegenden Schrift er nur den zweiten wählte. Doch scheint er in seinen Astronomischen Tafeln (Suter²⁰⁾, 30–31, 98 u. ff.) sich gerade der örtlichen Aszensionen bei der Berechnung des Strahlenwurfs bedient zu haben.

33) Die „Umwandlung (Umdrehung) der Jahre der Geburt“ („revolutio annorum nativitatum“) tritt ein, wenn die Sonne den gleichen Punkt in der Ekliptik wieder erreicht, in dem sie sich im Augenblick der Geburt befunden hat. Unter Umwandlung des Jahres der Geburt versteht man also ein tropisches Jahr. *Chwārizmī* folgt dem indischen Buche Brahmasiddhānta, da er nicht zwischen einem siderischen und einem tropischen Jahr unterscheidet. Er rechnet dieses tropische-siderische Jahr zu $365^d 6^h 12^m 9^s$. Dieses Jahr übertrifft also das ägyptische oder persische Jahr zu 365^d um $6^h 12^m 9^s$ oder, in Äquatorgrade umgerechnet, um $93^\circ 2' 15''$. Daraus folgt, daß die Himmelssphäre nach Ablauf eines persischen Jahres sich noch um $93^\circ 2' 15''$ drehen muß, bis die Sonne in dem gleichen Punkt der Ekliptik steht wie beim Beginn dieses Jahres. In Nr. 33 der Handschrift sind $93^\circ 2'$, später 93° , und in Nr. 36 $93^\circ 15'$ für diesen Unterschied angegeben. Offensichtlich liegen hier Ungenauigkeiten des arabischen Abschreibers vor, es handelt sich wohl immer um $93^\circ 2' 15''$. Unter *Tālī'* der Geburt versteht man den Punkt des Tierkreises, der zur Zeit der Geburt gerade aufgeht. Nach

365 Tagen wird, da die Himmelssphäre in einem Tag sich um 360° dreht, der gleiche Punkt der Ekliptik im Osthorizont liegen wie vor dem 365. Tag: während der $6^h 12^m 9^s$, um die das tropische Jahr länger als 365 Tage ist, dreht sich die Himmelssphäre noch um $93^\circ 2' 15''$. Sind seit dem Augenblick der Geburt n tropische Jahre verstrichen, so muß sich die Sphäre um $n \times 93^\circ 2' 15''$ noch weiter drehen, wobei natürlich jede ganze Umdrehung von 360° auf die Konstellation des Himmels ohne Einfluß ist. Daraus erklären sich die Angaben in Nr. 33 und 36. Der Punkt der Ekliptik, der am Ende des n ten tropischen Jahres aufgeht, ist das *Täli'* der Geburt des n ten Jahres. Wie man diesen Punkt mittels des Astrolabs findet, ist aus Nr. 33 ohne weiteres ersichtlich.

Unter „Viertel“ ist der Zwischenraum verstanden, der zwischen 2 aufeinanderfolgenden „Angeln“ sich befindet. Die 2 oberhalb und die 2 unterhalb des Horizonts befindlichen Räume sind einander gleich. Was unter dem *Täli'* des 1. Viertels gemeint ist, ist nicht klar, ebenso wenig was die Zahlen 49° , bzw. $49^\circ \frac{2}{3}$, $173^\circ 50'$ und $171^\circ 15'$ bedeuten. Warum ist von dem *Täli'* der anderen Viertel nicht die Rede? Herrn Prof. C. A. Nallino in Rom, der mir über diesen Abschnitt in liebenswürdigster Weise wichtige Aufschlüsse erteilt hat, sei auch an dieser Stelle bestens gedankt. Daß die Zahl $93^\circ 2' [15'']$ die gleiche ist, die *Chwārizmī* in seinen astronomischen Tafeln gibt [Vergl. H. Suter²⁶⁾, 102/103] zeugt dafür, daß wenigstens das Problem Nr. 33 noch von *Chwārizmī* herrührt.

Neben der *revolutio annorum nativitatum* sprechen die Astrologen auch noch von der *revolutio annorum mundi*. (Nallino¹⁹⁾, I. 303). Nach Stüttiler¹⁹⁾, f. 61a versteht man darunter die Zeit, die die Sonne braucht, bis sie wieder in den Anfang des Widders nach Ablauf von n Kalenderjahren, gerechnet von dem ersten Eintritt, zurückkehrt. Der aufgehende Grad der Ekliptik in diesem Augenblick heißt *gradus rev. annorum mundi* für das betreffende Jahr.

35) Vergl. E. Wiedemann und J. Frank, *Der Islam* 1922.

36) Über die Gebetszeiten des *zuhr* und *'aṣr* vergleiche die diesbezügliche Arbeit von E. Wiedemann und J. Frank (*Der Islam* 1922.) Es wäre denkbar, daß hier der Beginn des *zuhr*-Gebetes festgelegt werden soll, der ja nicht mit der Kulmination der Sonne zusammenfallen darf. Doch würde er sehr spät fallen, in den Wintermonaten noch später, als er in dem Werke Alfons X. festgelegt ist. Hier soll der Beginn zwischen der 1. und 2. Tagesstunde nach Mittag liegen. Im Folgenden sind die Höhen der Sonne z. Z. des *zuhr* für die Fälle, daß die Sonne im Anfang der verschiedenen Tierkreiszeichen steht, zusammengestellt und zwar 1. nach der Definition in den Werken Alfons X., 2. nach der Definition in vorliegender Schrift. Geogr. Breite $\varphi = 30^\circ$. Diese Breite kommt für Länder der Muslimen vornehmlich in Betracht.

1. $31^\circ 55'$; $34^\circ 22'$; $42^\circ 34'$; $50^\circ 24'$; $59^\circ 43'$; $67^\circ 09'$; $70^\circ 04'$.

2. $29^\circ 25'$; $32^\circ 44'$; $41^\circ 28'$; $53^\circ 00'$; $64^\circ 32'$; $73^\circ 16'$; $76^\circ 35'$.

Die Bestimmung des *'aṣr* nach dem Text gibt Werte, die ziemlich gut übereinstimmen mit denen, die sich für den Fall berechnen, daß der Schatten (s) eines vertikalen Gegenstandes seinen Schatten (s_0) zu Mittag um die Länge (l)

des Gegenstandes an Größe übertrifft, d. h. wenn $s = s_0 + 1$ ist. In folgender Tabelle sind die Werte wiederum für $\eta = 30^\circ$ nebeneinander gestellt für die ausgezeichneten Stellungen der Sonne im Tierkreis.

Sonnenhöhe zur Zeit des 'asr-Beginns:

nach Text: $23^\circ 34'$; $24^\circ 54'$; $28^\circ 23'$; $33^\circ 00'$; $37^\circ 41'$; $41^\circ 04'$; $42^\circ 26'$.

nach Definition $s = s_0 + 1$: $23^\circ 00'$; $24^\circ 25'$; $28^\circ 32'$; $32^\circ 22'$; $36^\circ 52'$; $40^\circ 29'$; $41^\circ 57'$.

Die Bestimmung der Sonnenhöhe zur Zeit des Beginns des 'asr-Gebetes mittels der Schattenlänge eines Stabes dürfte wohl die verbreitetste gewesen sein, da sie wegen ihrer einfachen Methode auch der des Rechnens unkundige Muhammadaner ausführen konnte.

37) Da die Azimutalkreise in gleicher Weise wie die Muq. auf die Scheibe projiziert sind, ist die angegebene Bestimmung des Azimuts klar. Die Araber zählten das Azimut vom Ost- und vom Westpunkt aus. Auf der Scheibe sind die betreffenden Ordnungszahlen von den Schnittpunkten der Projektion des Horizonts am Erdäquator und der des Horizonts vom Beobachtungsort gegen die Linie der Mitte des Himmels bzw. gegen die zum Pflock der Erde zu gezählt. Der Schnittpunkt der letzteren Linie mit der Horizontlinie stellt den Nordpunkt dar, während die Linie der Mitte des Himmels nach dem Südpunkt läuft. (Siehe Fig. 3).

Die Bestimmung der Mittagslinie ist nicht weiter ausgeführt, doch sei sie der Vollständigkeit wegen hier besprochen. Sie kann bei bekanntem Azimut mit Hilfe der auf dem Rücken des Astrolabs befindlichen Höhentheilung gefunden werden. Man stellt die Alhidade auf den Grad der Höhentheilung ein, der dem Azimut seinem Zahlenwert nach entspricht. Das Azimut kann man nach Nr. 37 ermitteln. Dann dreht man das Astrolab, wobei seine Fläche parallel der Ebene des Horizonts liegt, so lange, bis der Schatten der der Sonne zugewandten Absehe genau die Alhidade bedeckt, d. h. bis die Alhidade genau nach der Sonne hinweist. Der Durchmesser auf der Rückfläche des Astrolabs, der durch die Aufhängung geht, zeigt dann nach dem Südpunkt, wenn das Azimut vor Mittag gemessen ist. Wird das Azimut nach der Kulmination ermittelt, so stellt man die Alhidade auf der 2. Höhentheilung ein, die sich im oberen rechten Quadranten befindet (Fig. 1). Steht aber die Sonne nördlich vom Ost- bzw. Westpunkt, so stellt man die Alhidade auf der 2. bzw. auf der 1. Höhentheilung ein. Der durch die Aufhängung gehende Durchmesser zeigt aber dann nach Norden. Diese Methode zur Auffindung der Mittagslinie gibt schon *Māschāllāh*²⁾ an (Aufg. Nr. 22) und ausführlicher *Abu 'l Šalt*^{2b)} (Kap. 55). Letzterer behandelt diese Aufgabe auch für eine Bestimmung bei Nacht mittels eines Fixsternes, der durch die Absehen der Alhidade anvisiert wird. Mit Beibehaltung dieser Richtung wird das Astrolab auf den Horizont gelegt, und durch Ausstecken anvisierter Pflöcke oder durch Anvisieren geeigneter Gegenstände werden die 4 Himmelsrichtungen festgelegt.

Weil die Azimutallinien, die sich an die Schnittpunkte des Horizonts am Beobachtungsort mit dem Horizont am Erdäquator anschließen, die Ordnungszahl 6

tragen, stellen die auf das Astrolab gezeichneten Azimutallinien Azimutalkreise dar, die auf der Himmelssphäre je 6" voneinander absteilen. *Chwārizmī* hat also ein „Sechstel-Astrolab“ (siehe Nr. 41) im Auge. In der Fig. 3 tritt an die Stelle der Zahl 6 die Zahl 0.

Die Ermittlung der *zuhr*-Zeit mittels des Azimuts 14" könnte sich höchstens nur auf die Zeit des Endes von diesem Gebete und somit auf die des Anfangs des '*asr*'-Gebetes beziehen. Dabei müßte man annehmen, daß das südliche Azimut gemeint ist; denn ein so großes nördliches hat die Sonne nur an einem kleinen Teil des Jahres. Aber auch in diesem Fall hat die Bestimmung keine allgemeine Bedeutung. In den meist in Betracht kommenden Orten ($\varphi = 30^\circ$) ist schon die Westweite der Sonne im Anfange der Fische und des Skorpions ungefähr gleich dem obigen Azimut, während die Sonne in diesem Azimutalkreis noch eine ziemliche Höhe haben müßte. Für eine südlichere Lage der Sonne wird dieses Azimut gar nicht mehr erreicht.

Die in Nr. 37 gegebene Bestimmung des '*asr*' soll sein Ende festsetzen. Wir haben gesehen, daß die so gefundenen Werte mit denen übereinstimmen, die den Anfang festlegen.

38) Wenn Sonne und Mond um 180" voneinander absteilen, so geht der Mond gerade auf, wann die Sonne untergeht. In diesem Fall ist die Zeit des Mondaufgangs ohne weiteres gegeben, da die zeitlichen Nachtstunden vom Sonnenuntergang gezählt werden.

Ist die Entfernung zwischen den beiden Gestirnen kleiner als 180", so muß sich der Himmel seit Sonnenaufgang um einen bestimmten Winkel drehen, bis der Mond im Osthorizont erscheint. Teilt man diesen auf dem Äquator zu messenden Winkel δ durch die in Graden ausgedrückte Dauer einer Tagesstunde an dem gerade in Betracht kommenden Kalendertag, so erhält man die Stunden, die seit Sonnenaufgang bis zum Erscheinen des Mondes am Horizont verstrichen sind. Winkel δ ist also der Abstand, von dem in Nr. 38 die Rede ist. Man erhält ihn mittels des Astrolabs, indem man erst den Sonnengrad auf die Horizontlinie legt, die Stellung des Zeigers auf dem Limbus abliest und die Spinne dreht, bis die Projektion des Mondes oder, bei Vernachlässigung seiner Breite, der Ort seiner Länge bzw. der Grad seines Aufgangs auf die Horizontlinie fällt. Die Zahl der zwischen den 2 Stellungen des Zeigers liegenden Grade gibt den obigen Abstand.

Stehen Sonne und Mond im Raume voneinander um mehr als 180° ab, so geht der Mond nach Sonnenuntergang auf, und der durch die Aszensionen gegebene Abstand ist größer als der Tagbogen der Sonne. Zieht man diesen vom Abstand ab, so erhält man den Winkel, um den der Himmel sich seit Sonnenuntergang noch drehen muß, bis der Mond aufgeht. Teilt man diesen Winkel durch die in Graden ausgedrückte Dauer der Nachtstunde des betreffenden Kalendertags, so erhält man die Zahl der Nachtstunden, die seit Sonnenuntergang bis zum Mondaufgang verstrichen sind. Wenn der im Bogenmaß gemessene Winkel δ kleiner als der halbe Tagbogen ist, bzw. wenn sich die Sonne bis zum Mondaufgang nur

wenig vom Horizont entfernt hat, so soll man wohl der Kürze wegen den Mond-
aufgang mit dem der Sonne in Verbindung bringen, indem man sagt, der Mond
geht kurz nach Sonnenaufgang auf, oder genauer, indem man diese Zeit in Stunden
ausdrückt. In ähnlicher Weise bezieht man den Mondaufgang auf die Kulmination,
Untergang der Sonne u. s. w.

Im 2. Abschnitt von Nr. 38 handelt es sich darum, zu ermitteln, wie lange
nach Eintritt der Nacht der Mond noch leuchtet. Wenn der Mond a zeitliche
Stunden nach Sonnenuntergang aufgeht, so kann er nur so lange während der
Nacht leuchten, als diese eben dauert, d. h. $12 - a$ Stunden. Geht er aber nach
Sonnenaufgang auf, so hat sich vom Sonnenaufgang bis dahin die Sonne um den
Winkel δ , dem Abstand. vom Horizont entfernt. Solange der Mond sichtbar bleibt,
d. h. bis er untergeht, dreht sich der Himmel um einen Winkel, der dem jeweiligen
Tagbogen t des Mondes gleich ist. Vom Sonnenaufgang bis zum Monduntergang
hat sich also der Himmel um $(\delta + t)^\circ$ gedreht. Während dieser Umdrehung war
es T° lang. = Tagbogen der Sonne, heller Tag, sodaß der Rest $(\delta + t - T)^\circ$ der
Umdrehung auf die Nacht entfällt. Teilt man diesen Rest durch die Dauer der
Nachtstunden an jenem Tag, so erhält man die Stunden, die der Mond nach Ein-
tritt der Dunkelheit noch leuchtet.

Die Bestimmung ist natürlich ungenau, weil nicht berücksichtigt wird, daß
der Mond seinen täglichen Umlauf nicht in 24 Stunden macht.

Dem etwas knappen Text wurde so gut wie möglich in der angegebenen
Weise zu entsprechen gesucht.

39) Bei dieser Aufgabe wird die Breite des Mondes allerdings nur angenähert
berücksichtigt. Denn man kann den Betrag der Breite des Mondes nicht von
der Höhe abziehen bzw. zu ihr addieren, da erstere auf einem Vertikalkreis zur
Ekliptik, letztere auf einem solchen zum Horizont gemessen werden. Dies Ver-
fahren ist nur richtig, wenn der Solstizialkolor mit dem Meridian zusammenfällt.
Der Verfasser will wohl auf diesem Wege die Höhe des „Ortes der Länge“ vom
Monde finden, da die Projektion des Mondes auf der Spinne nicht vorhanden ist.
Wegen der geringen Breite des Mondes [nach *Chwārizmī* (Suter²⁰) S. 134] im
Maximalwert $4^\circ 30'$ bedeutet dieses Verfahren keinen zu großen Fehler. Einen
Weg, wie man die Projektion eines Wandelsternes auf der Spinne anbringen
kann, findet man bei Alfons X.²²) T. II, 212. Man mißt die Kulminationshöhe
des Wandelsternes. Einen aus Wachs passend gefertigten „Splitter“, der ähnlich
wie die der Fixsterne geformt sein kann, bringt man auf der Spinne so an, daß
die Spitze des Splitters genau auf die der Kulminationshöhe entsprechende Muqantara
fällt. Wo in jedem Fall die Schnittpunkte der Mondbahn mit der Ekliptik (Kopf
und Schwanz) liegen, muß man aus astronomischen Tafeln entnehmen. Der Kopf
ist der aufsteigende (nördliche), der Schwanz der absteigende (südliche) Knoten.

40) Die Lösung dieser Aufgabe ist mit der Bestimmung des Breitenunter-
schieds zweier Orte vermengt. Um diesen zu erhalten, bestimmt man, wie in
Nr. 34 auseinandergesetzt ist, die Kulminationshöhe der Sonne an demselben Tag
an den beiden Orten. Offenbar schwebte dem Verfasser des Textes die richtige

Lösung vor, und er übersah wohl anzugeben, daß die Höhenmessung (für die Ortszeitbestimmung) zu dem gleichen Zeitpunkt erfolgen muß, der, wie den Arabern bekannt war (E. Wiedemann, *Das Weltall* 20, 154, 1920.) durch den Beginn bzw. das Ende einer Mond- oder Sonnenfinsternis oder durch eine Sternschnuppe gegeben sein kann. In diesem Fall läßt sich dann bekanntlich der Längendifferenz in der angegebenen Weise bestimmen.

Auffallend ist, daß Severus Sebokt⁷⁾ (p. 105) bei der Besprechung des gleichen Problems ebenfalls nicht angibt, daß die Höhenbestimmung in einunddemselben Zeitpunkt an den beiden Orten auszuführen ist. Die Vermengung mit der Breitenbestimmung findet sich hier nicht. Die Länge ist von der westlichsten Küste Afrikas gezählt. Vergl. u. a. E. Wiedemann, *Beitr. XXIX. Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. in Erlangen* 42, 125, 1912.

Dieses Problem wurde schon frühzeitig in die Reihe der mit dem Astrolab zu lösenden Aufgaben aufgenommen. Es findet sich unter den 20 Aufgaben für das Astrolab in der Schrift *Ja'qubi's „Über das Scheibenwerk, d. h. Astrolabium“*. Wenn Klamroth⁸⁾ Recht hat, daß die Schrift sich mit der des jüngeren Theon von Alexandria „Über das kleine Astrolab“ deckt, so dürfen wir annehmen, daß schon im 4. Jahrhundert n. Chr. dieses Problem auch mit dem Astrolab gelöst wurde.

41) Vergl. E. Wiedemann, *Beiträge XVIII*, 133.

42) Zum Ort des linken Sextilscheins gelangt man, wenn man vom Grad des Wandelsternes auf der Ekliptik vorgeht, d. h. vom Steinbock über Widder zum Krebs. Daher muß man in diesem Fall die Spinne vom Aufgang zum Untergang der Gestirne, d. h. im Uhrzeigersinn drehen. Beim rechten Sextilschein liegen die Verhältnisse umgekehrt (s. auch Nr. 32).

43) Diese Aufgabe steht mit dem Astrolab in keinem engeren Zusammenhang. Sie findet sich schon bei Theon⁹⁾ (S. a. Nr. 40 Anm.). Auch Severus Sebokt⁷⁾ (S. 114) führt sie bei der Anwendung des Astrolabs auf. In richtiger Weise gibt dieser an, daß die mittlere Zone sich 23° 51' nach Norden und ebensoviel nach Süden erstreckt. Diese Zone umfaßt also 47° 42'. Auch er schreibt diese Einteilung Ptolemaeus zu. Dem Verfasser des Textes schwebten wohl die Grade der ganzen Zone vor, und so schrieb er für die halbe Ausdehnung nicht 23° 51', sondern 47° 51'.

An Nr. 43 schließen sich ohne äußere Trennung einige kurze Abschnitte an. Der erste behandelt die Herstellung eines Quadranten, mit dem man den Sinus, die Neigungen und die verfloßenen Tagesstunden finden kann, der nächste gibt die Beschreibung der Anwendung dieses Quadranten nach seiner Herstellung.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. med. et Dr. phil. h. c. G. Schirmer in Chicago herzlichst dafür zu danken, daß er die Druckkosten dieser Arbeit in bereitwilligster Weise übernommen hat.

Literaturübersicht.

- 1) J. Würschmidt, Mittl. z. Gesch. d. Med. u. Naturw. 18, 189, 1919.
- 2) A. Krziz, Das Weltall 5, 121—130; 141—152, 1905.
- 3) H. Suter, Die Mathematiker und Astronomen der Araber u. s. w. Abh. z. Gesch. d. math. Wiss. 45, X. Heft. 1909.
- 4) Cl. Ptolemaei opera quae exstant omnia V. III. opera astronomica minora ed. J. L. Heiberg. Leipzig 1907.
- 5) Theon, s. M. Klamroth, Zeitschr. d. Deutschen-Morgl. Ges. 42, 1—44, 1888.
- 6) Joh. Philoponos, s. H. Hase, Rhein. Museum f. Philol. 1899.
- 7) Severus Sebokt, s. M. F. Nau, Le traité sur astrolabe plan de Sévère Sebokt. Paris 1899.
- 8) *Mischkātūh*, s. Gr. Reisch, Margarita philosophica etc. Basel 1563.
- 9) L. Cheikhov, *Moskriq*, 15, 29 u. ff. 1912.
- 10) Joh. Stöffler, *Elucidatio fabrianae ususque astrolabii*. Oppenheim 1513, Oppenheim 1524, Paris 1553, Paris 1561, Köln 1594; letztere Ausgabe mit einer Einführung v. Jak. Kochelinus.
- 11) M. Fr. Ritter, *Astrolabium oder nützlicher Bericht von dem Astrolab*. Nürnberg ca. 1620.
- 12) Joh. Coppel, „Wie man diß hochbernuopt astronomischer oder geometrischer Kunst-Instrument Astrolabium brauchen soll u. s. w.“ Bamberg 1525. Siehe S. J. Baumgarten, Nachrichten 5, 41. Halle 1752—58.
- 13) E. Welter, *Repertorium typographicum* Nr. 3366. Nördlingen 1864.
- 14) Werner, s. J. Würschmidt, J. Vernerii de Meteoroscopiis, Abh. z. Gesch. d. math. Wissenschaften XXIV, 1913.
- 15) *Birānī. Kitāb al isti'āb* etc. (Werk der gründlichen Behandlung aller möglichen Methoden für die Konstruktion des Astrolabiums), Leyden Nr. 1066.
- 16) L. Hain, *Repertorium Bibliographicum* Nr. 1898. Stuttgart u. Paris 1826.
- 17) *Birānī. Risāla fī l-aṣṭurlāb*, (Abhandlung über das Astrolab). Ahlwardt-Katalog Nr. 5798.
- 18) C. A. Nallino, *al Battānī*, sive Albutenii opus astronomicum. Mailand 1903, 1907.
- 19) E. Wiedemann, Beiträge XVIII. Sitzgsber. d. phys. med. Soz. in Erlangen 41, 26 ff. 1909.
- 20) *Abū'l Ṣalt, fī 'amal al-aṣṭurlāb* (Über die Anwendung des Astrolabs). Ahlwardt-Katalog Nr. 5798.
- 21) *Naṣīr al-Dīn al-Ṭūsī*, Kommentar zum „Abriß über die Bestimmung der Kalender“ (mu'arifāt al taqwīm) des Naṣīr . . . fl. 1330. Ahlwardt-Katalog Nr. 5679.
- 22) *Birānī*, al qānūn al mas'ūdi, Mas'udischer Kanon p. 289^a. Ahlwardt-Kat. Nr. 5667.
- 23) B. Dorn, Drei astronomische Instrumente Mém. del' Acad. Imp. des Sciences. 9, Nr. 1. St. Petersburg 1865.
- 24) *Maṣ'ūtiy al-'Ulūm*. E. Wiedemann, Beiträge XLVII. Sitzgsber. d. phys. med. Soz. in Erlangen. 47, 214 u. ff. 1915.
- 25) M. Delambre, Histoire de l'astronomie du Moyen age; 45 u. ff. Paris 1819.

- 26) H. Suter, Die astronomischen Tafeln des *Muḥ. b. Mūsā al Chwārizmī*. D. K. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter 7. Række. Historik. og Filosofisk Afd. III. 1. 1914.
- 27) Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X. de Castilla. cop. p. D. Man. Rico y Sinobas. Madrid 1863—1867.
- 28) *Muḥ. b. Muḥ. b. Sulaimān al Margībī al Rādīnī*. „Das Astrolab“. fl. 16^b. Gothaer Katalog Nr. 1415.
- 29) August Krziz, Arch. f. Math. u. Phys. 45, 289 u. ff. 1886.
- 30) E. Wiedemann, Das Weltall 20, 25. 1919.
- 31) E. Wiedemann u. J. Frank, Beiträge LXII. Sitzgsber. d. phys.-med. Soc. in Erlangen 52/53, 122 u. ff. 1921.
- 32) G. W. Panzer, Annales Typographici etc. Nürnberg 1800.
- 33) Fr. Dieterici, Die Propädeutik der Araber. Berlin 1865.

Frank, Priv.-Doz. Dr. Josef: Die Verwendung des Astrolabs nach al-Chwārizmī. Erlangen: Max Mencke 1922. (32 S.) gr. 8°. = Abb. z. Geschichte der Naturwissenschaften u. d. Medizin, Heft 3. Bespr. von C. Schoy, Essen.

Diese Abhandlung Franks zerfällt in drei Teile. In der Einleitung wird eine bündige Analyse des gebrauchsfertigen Instrumentes und seiner Lineaturen gegeben, hierauf folgt die Übersetzung des arabischen Textes, in dem al-Chwārizmī vom Astrolab, resp. seiner Verwendung, handelt. Von dieser Schrift des arabischen Autors sagt H. Suter in seinem Buch: „Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke“, Leipzig 1900, S. 11, daß sie nicht mehr existiere. Um so erfreulicher ist es, daß E. Wiedemann in der Berliner arab. Handschr. Nr. 5790 u. 93 dieselbe, oder wenigstens einen Teil davon, auffand und (für sich) übersetzte. Diese Wiedemannsche Übersetzung bildet die Unterlage zu Franks obiger Studie. Al-Chwārizmī behandelt die Lösung von nicht weniger als 40 Aufgaben mittels des Astrolabs, die für die Astrologie und praktische Astronomie wichtig sind, und die Frank mit den Nummern 1—40 bezeichnet hat. Der Schluß enthält erläuternde Bemerkungen zur Übersetzung, bzw. zur Behandlung einzelner Aufgaben. Eine Literaturübersicht erhöht die Brauchbarkeit der verdienstlichen Studie. Aus der Lektüre der Schrift entnimmt man, daß Frank, dem wir schon eine ähnliche Arbeit: „Zur Geschichte des Astrolabs“, Erlangen 1920, verdanken, sich mit der Absicht trägt, eine umfassende Darstellung der Astrolabien des Altertums und Mittelalters zu geben.

Lediglich aus Interesse an diesem ebenso schönen als dankbaren Stoff, und um dem jüngeren Fachgenossen einige Hinweise zu geben, erlaube ich mir die folgenden Bemerkungen:

1. Aus der Einleitung geht hervor, daß Frank die Höhenkreise (plur.) mit al-muqantara bezeichnet. Diese Form ist aber Singular. Der Plural heißt al-muqantārāt, wie auch tatsächlich schon bei 'Alī ibn 'Isā (كتاب العمل)

بالا صطراب, arab. Text herausgeb. von P. Louis Scheicho, Beirut, 1913, S. 5) steht, dessen Lebenszeit in das 9. Jahrh. fällt, sodann bei al-Birûnî (كتاب التفهيم, Berl. Macr. Petermann 87, S. 69), welchen Gelehrten ja Frank selbst anführt. Bei diesem Autor steht z. B. S. 69, wo er das Astrolab beschreibt: „Und die Kreise (Höhenkreise) werden al-muqantarât genannt“. Aber die Auffassung, als sei muqantara eine Pluralform, scheint auf Wiedemann zurückzugehen, der sich ihrer ebenso bedient (Beiträge zur Gesch. d. Naturwiss. XVIII, Erlangen 1909, S. 40).

2. Es wäre für einen des Arabischen kundigen Autor doch richtiger, al-'Idâde statt Alhidade zu schreiben.

3. Es kommen die zwei verschiedenen Ausdrücke: „Linie der Mitte des Himmels“ (S. 3) und „Grad der Mitte des Himmels“ vor (S. 7 u. 8). Die erstere ist wohl, wie Frank richtig sagt, die Projektion des Ortsmeridians, der andere Begriff aber ist bei Frank nicht erläutert. Und doch spielt der „wasî as-samâ“, das medium coelum, der Nonagesimus, in der arab. Astrologie eine Rolle. Man versteht darunter den im gegebenen Augenblick dem Zenit am nächsten stehenden Punkt der Ekliptik (Vgl. R. Wolf: Handb. d. Astronomie I, Zürich 1890, S. 438 und H. Michnik: Aufgaben aus der mathem. Erd- u. Himmelskunde, Beuthen 1905, S. 9).

4. S. 11 und 21 schreibt Frank ständig „qatr al-zill“ (Schattendurchmesser) statt „qutr az-zill“, und sagt in der Anmerkung 21, S. 21, daß dieser Ausdruck nur selten vorkomme. Er kommt aber bei fast allen, auch den früh-arabischen Astronomen vor, so bei Abû'l-Wafâ' († 998), Ibn Yûnus († 1009), al-Birûnî, ja in dem kitâb des Habaš al-Hâsib († ca. 870) findet sich sogar schon eine Tabelle der Schattendurchmesser (Sekanten). [Berl. arab. Hdschr. Wetzstein I 90, S. 86 ff.]

5. Auch ich halte dafür, daß die späteren Abschnitte der Schrift nicht von al-Chwârizmî stammen dürften. Sollte die Breite $\varphi = 37^\circ$ nicht eher nach Sevilla in Andalusien weisen als nach Marâğa?

Ueber die astronomische Festsetzung des 'aşr ist mir in den früheren arab. zîgât nirgendwo etwas begegnet, und da vor 1300 n. Chr. kaum Schriften über Gebetszeiten verfaßt sind, so weisen diese Partien sicher auf einen späteren Autor hin. Die einfachste Festsetzung des 'aşr ist ja wohl die des Imâms Šâfi 'ij (764 bis 819).

6. Für diese Fragen wäre ein Vergleich der Schrift mit derjenigen des 'Alî ibn 'Îsâ, die

Frank S. 5 erwähnt, sehr lehrreich gewesen. In ihr ist bezeichnenderweise von den Gebetszeiten mit keinem Wort die Rede.

An Druckfehlern bemerkte ich: „Kotagente“ statt Kotangente (S. 2), „muqantara“ statt muqantara (S. 3), „daraga“, statt darâğa (S. 17), „nâzir“ statt nazir (S. 17), „Sibt al-...“ statt Sibî al-... (S. 21), „ğâjib“ (Sinus) statt ğaib (S. 21). C. A. Nallinos Bemerkung über das Wort muqantara steht in Rivista 1919, S. 396, nicht S. 369.

Abhandlungen
zur Geschichte der Naturwissenschaften
und der Medizin.

Schriftleiter: Prof. Dr. Oskar Schulz, Erlangen.

Heft II.

Die Armillarsphäre

von

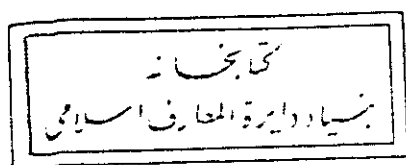
Dr. phil. Friedrich Nolte.



Erlangen

Kommissionsverlag von Max Mencke.

1922.



Die Anregung zu der folgenden Arbeit verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Professor Dr. E. Wiedemann in Erlangen, der mir die einschlägigen arabischen Übersetzungen in liebenswürdigster Weise überließ.

Bei der endgültigen Ausarbeitung hat mich Herr Privatdozent Dr. J. Frank in Erlangen und vor allem bei der Klarlegung der zum Teil sehr verwickelten Methoden zur Lösung astronomischer und astrologischer Probleme mittels der Armillarsphäre unterstützt. Auch an dieser Stelle möchte ich ihm für die viele Zeit und Mühe, die er mir gewidmet hat, meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Erleichtert wurde der Druck durch eine gütige Zuwendung von Herrn Kommerzienrat Dr. med. h. c. K. Zitzmann in Erlangen, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sei.

Nürnberg, im Dezember 1921.

Dr. Friedrich Nolte.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung: Name und Prinzip des Instrumentes	1
Quellenschriften	4
Ausführung: I. Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Armillarsphäre	9
II. Konstruktion und Gebrauch der Armillarsphäre in den Hauptepochen der Geschichte der Astronomie	
a) in der alexandrinischen Schule	16
b) bei den Arabern	18
c) zur Zeit des Königs Alfons X. von Kastilien	26
d) zur Zeit des Humanismus und der Renaissance	47
Schluss	50

Verzeichnis

der zitierten Werke und Abhandlungen nebst den für sie benutzten Abkürzungen,
die in () beigelegt sind.

- 1) Alfons X. v. Kastilien, *Libros del saber de astronomia*. II. Bd.: *De las armellas*. Ed. Man. Rico y Sinobas. 1863/67 (Alfons X.).
- 2) A. Jourdain, *Mémoires sur l'observatoire de Méragah*. 1810. (Jourd.).
- 3) C. A. Nallino, *Al Battānī sive Albatēnī Opus astronomicum*. 1903/08 (Nallino).
- 4) Cl. Ptolemaeus, *Megale Syntaxis* ed. J. L. Heiberg. Übersetzt von C. Manitius. 1912 (Almag.).
- 5) Ibn al Qifṭī, *Ta'rich al-ḥukamā'* [Chronik der Gelehrten] (Q.).
- 6) H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber* [Abh. z. Gesch. d. math. Wissensch. X. u. Nachtr. XIV.] (Sut.).
- 7) H. Suter, *Die astron. Tafeln des Muh. Ibn Mūsā al Chwārizmī* (Chwārizmī.)
- 8) E. Wiedemann, *Beitr. z. Gesch. d. Naturwissenschaften. Sitzgsher. d. phys.-med. Soz. in Erlangen* (Beitr.).

Einleitung.

Name des Instrumentes.

Unter den astronomischen Instrumenten des Altertums und des Mittelalters nimmt die Armillarsphäre eine hervorragende Stellung ein. ein Name, der für dieses Instrument jedoch erst verhältnismäßig spät benutzt wird. Die Griechen, bei denen es uns zuerst begegnet, nannten es als Beobachtungsinstrument „μετεωροσκοπεῖον“, während sie ähnliche Demonstrationsapparate mit σφαῖρα καίκοις (Kugel aus Ringen) bezeichnet zu haben scheinen (Vgl. Weidler, Gesch. d. Astr., S. 139; Gemini, Elementa astronomiae, K. XVI, § 10 u. 11; Almag. B. I. K. 5.)

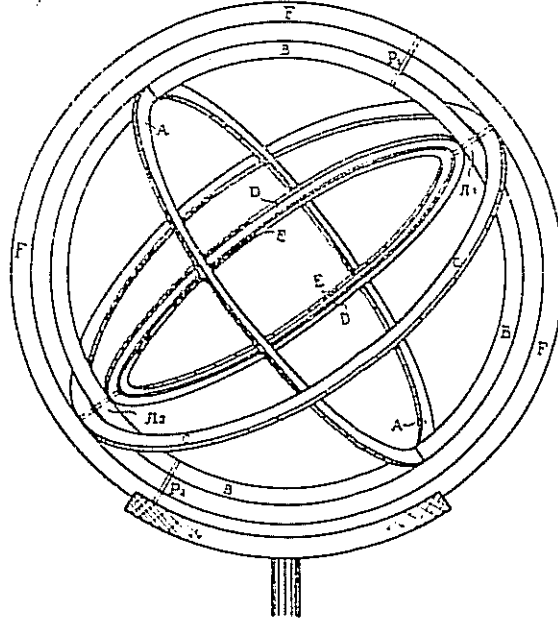
Der Name μετεωροσκοπεῖον wurde von Ptolemäus durch „αστρολάβον ὀφισκόν“ ersetzt. Die Araber wählten dann vielleicht im Anschluß an uns unbekannte griechische oder syrische Quellen die Bezeichnung „*alat dāt al halaq*“ d. h. Instrument mit den Ringen, oft auch nur „*dāt al halaq*“. In den lateinischen Schriften des christlichen Mittelalters endlich wird dies Instrument „*sphaera armillaris*“, neben „*astrolabium armillare*“ und „*armillae*“ genannt.

Prinzip des Instrumentes.

Man versteht unter einer Armillarsphäre ein System von Ringen, die um einen gemeinsamen Mittelpunkt so angeordnet sind, daß ihre Lage den am Himmel gedachten größten Kreisen: Horizont und Meridian, Äquator und Deklinationskreis, Ekliptik, Breitenkreis und Solstitialkolor entspricht. Die Konstruktion der Armillarsphäre gründet sich auf die Vorstellung, daß das Himmelsgewölbe eine Kugel ist, in deren Mittelpunkt sich die Erde befindet. Diese besitzt, wie vom Ptolemäus besonders betont wird, gegenüber den Entfernungen der Sterne von der Erde keine merkliche Ausdehnung¹⁾. Es kann daher auch jeder Punkt der Erdoberfläche mit dem Mittelpunkt der Himmelskugel identifiziert und als Mittelpunkt einer Arm.-Sph. gewählt werden (Vgl. Almag. B. I, K. 6). Immer lassen sich für einen Beobachter, dessen Auge sich im gemeinsamen Mittelpunkt der Ringe befindet, die Ringe des Instruments mit den entsprechenden, am Himmel gedachten größten Kreisen zur Deckung bringen, und jeder Visierstrahl nach einem Punkt des Himmels, der durch den gemeinsamen Mittel-

1) Bei der Besprechung der Parallaxe des Mondes bemerkt indes Ptolemäus ausdrücklich, daß hier die obige Annahme nicht gilt.

Fig. 1.



Die Ekliptikarmille des Ptolemäus.

(Die Figur ist nach griechischen bzw. arabischen Angaben perspektivisch gezeichnet! Vergl. hierzu auch die Original(?)-Abbildung im Almagest des Ptolemäus, Ausgabe von K. Manitius I, 255.)

In der Fig. bedeutet:

A den Ekliptikring, B den Polar- oder Polring, C den äußeren Beobachtungsring, D den inneren Beobachtungsring, E den Absehring, F den Meridianring, P_1, P_2 die Pole des Äquators, Π, Π die Pole der Ekliptik.

punkt geht, projiziert diesen Punkt auf das Ringsystem. Die Richtung eines solchen Strahles gibt man durch Winkel an, die der Strahl mit zwei bestimmten, zueinander senkrecht stehenden Ebenen bildet. Es sind diese Winkelkoordinaten bezogen auf den Horizont: Höhe und Azimut.

„ „ „ Äquator: Deklination und Rektaszension (oder Stundenwinkel),
„ „ die Ekliptik: Breite und Länge.

Bei einem Instrument, das zur Bestimmung dieser Koordinaten dient, muß die Bezugsebene am Instrument genau in der entsprechenden Ebene des Himmelskreises liegen und eine hierzu senkrechte Ebene so festgelegt werden, daß der anvisierte Punkt in diese Ebene zu liegen kommt. Leicht ist diese Bedingung zu erfüllen bei einem Instrument zur Bestimmung der Horizont- und Äquatorkoordinaten, weil hier für einen Ort der Erde die Lage der Bezugsebenen immer dieselbe bleibt. Schwieriger ist dies bei der Bestimmung der Ekliptikkoordinaten. Denn hier ändert sich ständig die Richtung der Bezugsebene. Diese Änderung muß bei der Konstruktion des Beobachtungsinstrumentes berücksichtigt werden. In dem Instrument müssen daher die zwei Hauptbewegungen des Sternenhimmels, die tägliche Umdrehung des Fixsternhimmels und der jährliche Lauf der Sonne zum Ausdruck gebracht werden.

Die allgemeinste Form eines solchen Instrumentes vereinigt alle drei Bezugssysteme. Indes scheinen diese Universalinstrumente verhältnismäßig wenig in Gebrauch gewesen zu sein. Vielmehr hatte man für die Beobachtungen in den einzelnen Systemen besondere Apparate und zwar:

1. Äquatorialarmillen für Rektaszension und Deklination (bestehend aus den Ringen B, G, F der Figur 3, S. 28 und einem vierten, der um die Pole P_1 und P_2 innerhalb oder außerhalb von G und B drehbar war; siehe Repsold S. 27, Fig. 31).

2. Ekliptikarmillen für Länge und Breite (bestehend aus den Ringen A, B, C, D, E und F der Figur 1, S. 2).

3. Azimutarmillen für Höhe und Azimut (bestehend aus den Ringen F, H, J, K und L der Figur 3, S. 28).

Zu Messungen und Beobachtungen in nur einer Ebene dienen:

4. Solstitialarmillen für die Sonnenwenden (bestehend aus Ring F und einem zweiten in der Ebene von F drehbaren, mit 2 Absehen versehenen; siehe Repsold S. 2, Fig. 1).

5. Äquinoktialarmillen für die Äquinoktien (bestehen aus Ring A; vergl. S. 10).

Ein Bild von dem Aufbau dieser Instrumente soll folgende Beschreibung einer Ekliptikal- (oder Zodiakal-)armille (Fig. 1) geben:

Das eigentliche Meßsystem besteht aus 4 Ringen A, B, C und D. Die gleichgroßen Ringe A und B schneiden sich unter rechten Winkeln und sind fest miteinander verbunden. Ring A, der „Ekliptikring“, ist in 360° geteilt, wobei je 30 Grad ein Tierkreiszeichen bilden. Auf dem Ring B, dem „Kolar- oder Polring“, sind, neunzig Grad von den Schnittpunkten entfernt, 2 Stifte

Π_1 und Π_2 angebracht, die die Drehpunkte für die beiden Ringe C und D abgeben. C dreht sich außerhalb¹⁾, D innerhalb der beiden Ringe A und B. C und D heißen Breiten- oder Beobachtungsringe. Der Ring D ist je an der Ekliptik beginnend, in vier mal 90 Grad geteilt. Auf dieser Teilung gleiten 2 diametral gegenüberstehende Zeiger, an denen die Stellung der Absehen²⁾ abgelesen wird. Diese Absehen sind entweder auf einem in der Ebene des Ringes D gleitenden schmalen Ringe E oder in späteren Zeiten auf einem Stab (Alhidade) angebracht, der um eine im Mittelpunkt des Ringes D befindliche Achse drehbar ist³⁾. Dieses ekliptikale Meßsystem erhält seine Anstellung und Orientierung in einem größeren Ringe F, der die Stelle des Meridians vertritt. Die Vereinigung geschieht so, daß von dem Meridianring aus in der Richtung der Erdachse, d. h. an den Polen des Äquators zwei Polstifte P_1 und P_2 auf den Polring übergreifen und zwar nach zwei Punkten, die, entsprechend der Schiefe der Ekliptik, um etwa $23\frac{1}{2}$ Grad von den Polen der Ekliptik entfernt sind. So läßt sich das ganze innere System um die Achse der Welt, die 2 Ringe C und D aber um die Pole der Ekliptik drehen.

Neben den Armillarsphären im eigentlichen Sinne des Wortes finden sich Mischformen mit dem Himmelglobus und dem Astrolabium. Sie werden Gegenstand besonderer Arbeiten sein und sollen hier nicht berücksichtigt werden⁴⁾.

Die folgende Untersuchung behandelt die Zeit vom klassischen Altertum an bis zu Tycho Brahe.

Quellenschriften.

1) Für das klassische Altertum ist die Megale Syntaxis, der Almagest der Späteren, von Cl. Ptolemäus (um 150 n. Chr.) die Hauptquelle. Sie gibt eine Zusammenfassung der Arbeiten der alexandrinischen Schule vor allem derjenigen von Hipparch.

2) Zum Almagest besitzen wir einen Kommentar in der Hypotyposis

1) Eine vollständige Umdrehung um die Pole Π_1 und Π_2 kann C nicht machen, da er gegen die Polstifte P_1 und P_2 schlägt. Um ihn vollständig in die Ebene des Meridianringes einstellen zu können, mußte er an den betreffenden Anschlagpunkten bis zur Hälfte halbkreisförmig vertieft sein. Eine Angabe, daß dies geschehen ist, findet sich indes nicht.

2) Unter Absehen versteht man kleine rechteckige durchbohrte Platten, die senkrecht zu der Fläche des Ringes bzw. eines Stabes und senkrecht zu dem Durchmesser des Ringes bzw. der Längsrichtung des Stabes angebracht sind. Durch die Öffnungen zweier solcher gegenüberstehenden Platten werden die in Betracht kommenden Gegenstände anvisiert.

3) Als Träger dieser Achse muß man einen mit dem Ring D fest verbundenen Durchmesser annehmen. In diesem Fall wird die Bewegung der einzelnen Ringe nicht behindert.

4) Die im Mittelalter und später vielfach mit Armillarsphären bezeichnete Demonstrationsapparate für das Ptolemäische oder Kopernikanische Weltbild bleiben hier ebenso unberücksichtigt wie eine „Meteoroskop“ (s. S. 13) genannte Rechenmaschine, die Johann Werner (1498–1528) zur mechanischen Lösung sphärischer trigonometrischer Aufgaben benützte, und die im Prinzip nichts anderes als die Zarqālī'sche Scheibe war (vgl. J. Frauk, Sitzber. d. phys. med. Soz. Erlangen 51. 309. 1920).

des Proclus Diadochus (um 450 n. Chr.) als Quellenschrift für die Übergangszeit.

3) Eine Schrift von Theon dem Alexandriner über den „Gebrauch der Besitzerin der Ringe“, d. h. der Armillarsphäre, wird von Ibn al Nadim im Fihrist (S. 268), Ibn al Qifti in seiner Geschichte der Gelehrten (S. 108) und Bar Hebraeus in seiner syrischen Chronik (Chron. 17, s. S. 59) erwähnt. Von al Ja'qûbi (Brockelmann, Geschichte der arabischen Litteratur, I, 226) wird in seinen Historiae (ed. Houtsma, I, 154—157) aus einer Schrift über die Besitzerin der Ringe die Beschreibung der Arm. Sphäre und eine Aufzählung von deren Anwendungen, aber ohne diese selbst zu besprechen, gegeben. Ja'qûbi schreibt die Schrift Ptolemaeus zu, wahrscheinlich rührt sie aber, wie M. Klamroth (Z. D. M. G. 42, 28, 1888) eingehend nachweist, von Theon her. (Zu den arabischen Übersetzungen von Werken von Theon vgl. M. Steinschneider Z. D. M. G. 50, 342, 1896).

Syrische Quellen fehlen, so weit mir bekannt ist.

Dagegen sind uns von den Arabern Titel von Werken über die Arm. Sph. und auch eine Anzahl dieser Werke selbst erhalten. Dabei fällt auf, daß Schriften über die Arm. Sph. weit weniger zahlreich sind als solche über das Astrolab und den Quadranten. Ein Grund hierfür liegt wohl darin, daß erstere als Beobachtungsinstrument und als verhältnismäßig großer und teurer Apparat nur auf Sternwarten Verwendung fand, während Astrolab und Quadrant als handliche, einfache Instrumente jedem Astrologen und anderen zur Stellung des Horoskops und zur Ermittlung der Zeit im allgemeinen und vor allem der Gebetszeiten dienten.

In Betracht kommen zunächst die zahlreichen Übersetzungen, Kommentare und Bearbeitungen des Almagest, von denen eine sehr große Anzahl von M. Steinschneider (Z. D. M. G. 50, 199, 1896, vergl. auch Beitr. V, 441) aufgezählt sind. Ich habe diejenige von Našir al Dīn al Tūsī (Berlin No. 5655), diejenige von Gābir b. Aḥfah (Berlin No. 5653), sowie eine solche eines Anonymus benutzen können, die sich in der Berliner Handschrift No. 5836 findet. Im Anschluß nämlich an die Abhandlung von Qusṭā b. Lūqū (Sut. 77, † 912) über die Kugel mit dem Schemel (*kursi*) sind vier Instrumente besprochen: a) Ein Quadrant zur Bestimmung der größten Neigung der Sonne, d. h. der Schiefe der Ekliptik, ganz ähnlich dem von al Battāni angegebenen (Nalilino 3, 442). b) Die Armillarsphäre, wobei auf Ptolemaeus verwiesen wird. c) Die Vorrichtung mit den beiden Stangen, d. h. das parallaktische Lineal; zu Messungen am Mond wird dabei der sich drehende Stab zu einem Diopter nach Hipparch umgestaltet. d) Eine massive himmelblau bemalte Kugel, auf der die Fixsterne eingetragen sind. — Die Beschreibungen schließen sich vielfach eng an die des Almagest an, sie enthalten aber doch auch Abänderungen und Verbesserungen gegenüber den früheren, um den Bedürfnissen und dem Geschmack der späteren Zeit zu entsprechen.

Arabische Schriften, die sich besonders mit der Arm. Sph. befassen oder in

denen sich Beschreibungen von solchen finden, rühren, soweit mir bekannt, von folgenden Gelehrten her.

4) Al Faḡārī († 777). Über das Verfahren mit den Astrolabien, die mit Ringen versehen sind (Sut. 1, Q. 57)

5) Māschā'allāh = Maschallāh († um 815). Über die Arm. Sph. (Sut. 8, Q. 327).

6) Sanad (oder Sind) b. 'Alī Abu'l Tajīb († 864). Über ihn findet sich in den Tafeln von Ibn Jānus die Angabe, daß er die Arm. Sph. gesehen habe, mit der Jabjā b. Abi Maṣṣūr (Astrolog des Chalifen Ma'mūn, 813—833) beobachtet hatte, und die nachher auf dem Markte der Papierhändler in Bagdad verkauft wurde. Sie war von 10 zu 10 Minuten geteilt. Die mit diesem Instrument angestellten Beobachtungen sollen nach Sanad nicht vollkommen gewesen sein und nicht einen hinlänglichen Grad von Genauigkeit erreicht haben (Sut. 24, Q. 206 und Caussin, *Notices et extraits* 7, 66).

7) Al Ḥasan b. al Šabbāh (um 860), einer von drei Brüdern, die sich alle mit Astronomie u. s. w. befaßten. Über den Gebrauch der Arm. Sph. (Sut. 40, Q. 59).

8) Al Kindī († 873). Von ihm ist eine Schrift erhalten: (Paris 2544 No. 9, fol. 156^v—160^v) „Die Erklärung einer Stelle des Almag. (Anfang des fünften Buches) über die Arm. Sph., die die früheren Übersetzer schlecht wiedergegeben haben (Sut. 45, Q. 366).

9) Al Ja'qūbī (um 890). s. o. unter No. 3.

10) 'Utārid b. Muḥammed. Er lebte, wie es scheint, nach 900. Über den Gebrauch der Arm.-Sph. (Sut. 150).

11) Al Chugendī († um 1000). Über die Konstruktion und den Gebrauch des umfassenden allgemeinen (schāmīl) Instrumentes (in Oxford I, 970, Sut. 173)¹⁾.

12) Al Bīrūnī (973—1048) bespricht in seinem Buche „Eingehende Behandlung aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“ unter anderem das Beobachtungsastrolab al rašdī, eine Kombination der Arm.-Sph. mit dem ebenen Astrolab (J. Frank, *Arch. f. Gesch. d. Med. u. Naturw.* 1921, Sut. 218; Beitr. LX).

13) Abū Ga'far al Chāzini oder al Chāzin († um 970) verfaßte nach H. Chalfa (V, 48, No. 9887) ein Werk über die wunderbaren Beobachtungsinstrumente, das H. Ch. auch in der Einleitung zu dem Abschnitt „die Lehre von den Beobachtungsinstrumenten“ erwähnt. Da in diesem Abschnitt besonders eingehend die Armillarsphäre behandelt ist, so dürfte wohl diese auch in dem Werk von al Chāzini besprochen sein. Auch al Akfani (Beitr. IX, S. 190) erwähnt das Werk, indes ist es dort irrig von E. W. dem 'Abd al Raḥmān

1) Ob dies eine Art Arm. Sph. war, läßt sich erst nach Einsicht in die Oxforder Handschrift entscheiden. Dies Instrument war nur für eine Breite konstruiert. Da der gleich zu erwähnende Hibat Allāh es für alle möglichen Breiten benutzbar gemacht hat, und dieser sich ja eingehend mit der Kugel mit dem Schemel befaßt hat (Ibn al Qiftī 339), so ist es wahrscheinlich, daß es sich bei al Chugendī um eine Kugel handelt.

al Châzini, dem Verfasser der singurischen Tafeln und der Wage der Weisheit, zugeteilt (Sut. 124).

14) Jbn Jânus († 1009) gibt in seinen hakimitischen Tafeln, nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. C. Schoy, eine Besprechung der Arm.-Sph. (Sut. 77).

15) Unter dem Fatimiden Sultan Amir Ahkâm Hakâm bi Ahkâm (1101—1130) hat auf Veranlassung des Vezirs al Afḍal ein gewisser Jbn Qaraqā bei Kairo eine Armillarsphäre mit einem Durchmesser von 5 Ellen (2½ Meter) hergestellt, wie uns al Maqrizî berichtet (vgl. E. Wiedemann, Sirius 52, 126).

16) Abu'l Qâsim Hibat Allāh († 1140) hat nach Jbn al Qiftî (S. 339) der Kugel mit dem Schemel Dinge hinzugefügt, durch die das Instrument wesentlich vervollkommenet wurde; ob er sie dadurch zu einer Arm.-Sph. ausbildete, läßt sich aus der Angabe nicht entnehmen (Sut. 278).

17) Gâbir b. Aflah (um 1130) beschreibt die Ptolemäische Arm.-Sph. in seinem Werk *Islâh al magisti* (Verbesserung des Almagest). Das Werk ist in Berlin (No. 5653) arabisch vorhanden. Lateinisch gedruckt ist es als Gebri filii Aflla Hispalensis de astronomia libri IX (vgl. Rapsold, Astron. Meßwerkzeuge S. 11; Sut. 284). Bemerkt sei, daß im lateinischen Text ein Kapitel über die Kugel, d. h. den Himmelsglobus mit den Fixsternen sich findet, das im arabischen Text fehlt.

18) Naṣîr al Dîn al Tûsi (1201—1274), über dessen Sternwarte zu Marâgâ Scheims al Dîn al Hariri folgendes berichtet: „Ich sah dort viele Beobachtungsinstrumente, unter ihnen die Arm.-Sph., die aus 5 Ringen aus Kupfer bestand. Der erste war der Meridian, der auf dem Boden aufgestellt war, der zweite der Äquator, der dritte die Ekliptik, der vierte der Breitenkreis, der fünfte der Deklinationkreis oder Kolor der Nachtgleichen. Ferner sah ich den Azimutalkreis, mit dem man das Azimut der Sterne bestimmt“ (Sut. 368 u. al Kutbi 2, 186).

19) Mu'jid al Dîn al 'Urdî (Freund und Mitarbeiter von Naṣîr al Dîn). Von ihm rührt vermutl. eine in Paris befindliche Schrift (No. 2544) her, die Jourdain als Unterlage für seine Schrift benutzte (Suter führt ihn kurz S. 147 an. Von seinem Sohne stammt wahrscheinlich ein arabischer Globus in Dresden).

20) Al Ḥasan al Marrâkuschi (Sut. 363; um 1262) erwähnt in seinem Werk über die astronomischen Instrumente auch die Arm.-Sph. Die in diesem Werk enthaltene Beschreibung der Arm.-Sph. hat Sédillot nicht mitgeteilt, sie findet sich aber wahrscheinlich in etwas veränderter Form in dem Werk: Knappe Darstellung (*nuchtaṣar*) einiger Beobachtungsinstrumente und deren Verwendung (Berlin No. 5857). Nach dem unbekannten Verfasser sollen nämlich die von ihm gegebenen Beschreibungen bis auf diejenige von zwei Instrumenten von Marrâkuschi herrühren. Diese zwei Instrumente, das mit den beiden Löchern (*taqbain*) und das mit dem Dreieck, sind in Kap. 18 und 19 beschrieben und sollen von al Châzini (No. 13) herrühren. Die Arm.-Sph. ist in Kap. 17

behandelt. Die Handschrift ist schwer lesbar und wimmelt von Fehlern. Der Abschreiber hat offenbar ein schlecht geschriebenes Original vor sich gehabt und von dem Stoff nichts verstanden¹⁾.

Ich teile zum Schluß noch eine Anmerkung von Caussin (Notices et extraits S. 138) mit, in der auch von einigen Armillarsphären die Rede ist. Er sagt: Es scheint, daß 'Alī b. Amāgūr sich bei den Beobachtungen der Sonnenfinsternis in Bagdad am 27. Januar 929 einer Armillarsphäre bedient hat, die nur von 20' zu 20' geteilt war: diese Teilungen waren aber so groß, daß man noch leicht die Drittel und erst recht die Halben (10') und wahrscheinlich die Viertel (5') bestimmen konnte. Die Teilung ging bei den gewöhnlich von den Alten benutzten Instrumenten auch nicht weiter (Flamsteed, Prolegomena, S. 19). Oben ist erwähnt, daß die Armillarsphäre von Jahjā b. Abū Mansūr nur von 10' zu 10' geteilt war. Zu der Bestimmung des Herbstäquinoktiums am 18. Sept. 851, die in Gegenwart von Tāhir b. 'Abd Allāh (844—862) in Naisābūr ausgeführt wurde, diente eine große Armille, die in Grade geteilt war. Zu dieser Zeit suchte man die Teilung noch nicht über die Minuten zu treiben.

21) An die arabischen Schriften schließen sich eng an die „Libros del saber de astronomia“ des Königs Alfons X. v. Kastilien (1226—1284). Der zweite Teil des Werkes — *de las armellas* — handelt von der Konstruktion und dem Gebrauch der Arm.-Sph. Das hier beschriebene Instrument ist das vollkommenste, von dem wir genauere Kenntnis erhalten haben.

22) Abgesehen von den „Libros“ sind aus dem Mittelalter, soweit mir bekannt, keine Schriften über die Arm.-Sph. vorhanden. Erst bei der Wiedererweckung der klassischen Wissenschaften finden wir eine Abhandlung über diesen Gegenstand in: *Scripta clarissimi Mathematici M. J. Regiomontani* S. 20/21 mit dem Titel: „*Super usu et constructione astrolabii armillaris Ptolemaei*“, die von Joh. Schöner 1544 zu Nürnberg veröffentlicht wurde.

22) Den glänzenden Abschluß bildet Tycho Brahe mit seiner *Astronomiae instauratae mechanica* (Nürnberg 1602).

1) Nur erwähnt ist die „Besitzerin der Ringe“ in den Schlüssen der Wissenschaft, wo es heißt: sie besteht aus ineinander befindlichen Ringen, mit denen man die Gestirne beobachtet. (Vergl. Beiträge XVIII. 35.) Die aus anderen Quellen geschöpfte Beschreibung bei H. Chalfa findet sich weiter unten.

I. Allgemeine Entwicklungsgeschichte.

Über die astronomischen Beobachtungsinstrumente der Babylonier sind keine zuverlässigen Nachrichten auf uns gekommen. Herodot berichtet nur (Hist. nat. B. II K. 109), daß die Griechen den Gnomon und Polos¹⁾ von den Babyloniern übernahmen. Nach Eusebius hat um 650 v. Chr. der Chaldäer Berosus, der griechisch sprach und schrieb, eine halbkugelförmige Sonnenuhr erfunden, die unter dem Namen „Skaphe“ (Trog) bei den Griechen Verwendung fand²⁾.

Wir wissen, daß diese Sonnenuhren damals zu astronomischen Messungen benutzt wurden. Es liegt daher die Vermutung nahe, daß die späteren astronomischen Instrumente, vor allem die uns hier beschäftigenden Ringinstrumente in Anlehnung an diese Sonnenuhren konstruiert sind. Man kann sich den Gang der Entwicklung etwa folgendermaßen denken:

Durch den Polos war die Richtung der Weltachse gegeben: die Hauptebene senkrecht dazu, d. h. die Ebene des Himmelsäquators lernte man durch die Beobachtung der Äquinoktien mit Hilfe der Sonnenuhren, vor allem der Skaphe, kennen³⁾. Wahrscheinlich war der Schattenverlauf in den Solstitien und Äquinoktien bei der Bedeutung, die diese Zeiten im Leben der Griechen hatten, auf dem Zifferblatt der Sonnenuhren eingezeichnet. Bei der Skaphe ergaben sich hierbei drei Kreishögen, deren mittelster, der „Äquinoktienkreis“, in der Ebene des Himmelsäquators lag.

Der Wunsch, den Eintritt der Äquinoktien, an denen große Feste gefeiert wurden, genauer zu bestimmen, mag zur Herstellung eines besonderen Instrumentes hierfür angeregt haben. Da der „Äquinoktienkreis“ der Skaphe einmal auf die

1) Der Gnomon ist ein senkrecht zur Ebene des Horizonts stehender Stab, dessen Schatten auf dieser Ebene zum Anzeigen der Stunden benutzt wurde; bei dem Polos hat der Stab die Richtung der Weltachse und zeigt nach dem Pol, daher stammt wohl auch der Name.

2) R. Wolf, Gesch. d. Astronomie, S. 5 u. Billfinger, Zeitmesser, S. 25 ff. — B. gibt eine genaue Beschreibung und Abbildung. Danach war die Skaphe eine in einen viereckigen Stein gehauene halbe Hohlkugel, in deren Mittelpunkt sich, von einem Stab getragen, ein Kügelchen befand, dessen Schatten man auf der Kugelfläche beobachtete.

3) Der Ansicht gegenüber, daß die Ringform der frühen astronomischen Instrumente sich aus den auf die Skaphe verzeichneten Kreishögen ableitet, betonen andere, daß wohl eher die aus der Beobachtung gebildete Vorstellung der kreisförmigen Bahnen der Gestirne am Himmel die Ringform veranlaßte. Für beide Ansichten lassen sich Wahrscheinlichkeitsgründe beibringen. Bei der Konstruktion der Arm.-Sph. haben möglicherweise beide Anschauungen zusammengewirkt.

Kreisform, dann auch auf die Ebene, in der ein solches Äquinoktieninstrument zweckmäßig zu orientieren war, hinwies, ist es wohl möglich, daß die Vervollständigung des Äquinoktienbogens auf der Skaphe zum Kreise und dessen Lösung von ihr als körperlicher Ring zur Konstruktion der Äquatorialarmille führte.

Die ersten Ringe dieser Art dienten wohl lediglich zur Beobachtung der Äquinoktien. Daß sie ähnlich wie die Gnomone „weniger zu astronomischen Beobachtungen als zur Feststellung einer bürgerlichen Ordnung oder eines Gemeininteresses bestimmt waren“ (P. Tannery *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne*, Bd. I, K. III, § 18), ergibt sich aus den Nachrichten, die uns Ptolemäus im *Almag.* (B. III, K. 1) überliefert hat, indem er aus der Schrift Hipparchos: „Über die Veränderlichkeit der Wende- und Nachtgleichenpunkte“ folgendes mitteilt:

„[Die Ungleichförmigkeit der Jahreslänge kann man genau aus den Beobachtungen feststellen], die an dem in Alexandria in der sogenannten „Quadratischen Halle“ angebrachten Metallring angestellt wurden. Dieser läßt scheinbar genau den Nachtgleichtag als denjenigen erkennen, an dem seine konkave Fläche erstmalig von der andern Seite Licht erhält.“

An einer andern Stelle heißt es über die Fehler solcher Instrumente: „Noch größer [als durch mangelhafte Aufstellung] kann der Fehler bei den Instrumenten werden, die nicht nur für einmaligen Gebrauch aufgestellt und nicht immer wieder durch einen Vergleich mit den Beobachtungen geprüft werden, sondern die seit lange auf festen Fundamenten ruhen und so eingebaut sind, daß sie ihre Lage auf lange Zeit beibehalten sollen. Bei ihnen tritt leicht mit der Zeit eine seitliche Verschiebung ein, die, wenn sie unbemerkt bleibt, Anlaß zu erheblichen Fehlern gibt. Beobachtet wurde eine solche Verschiebung z. B. an den bei uns (Rhodos) in der Palästra aufgestellten Metallringen, die scheinbar ihre Lage in der Ebene des Äquators beibehalten.“

Aus diesen Stellen geht hervor, daß diese Äquinoktienringe erhebliche Ausmaße hatten, an öffentlichen Plätzen aufgestellt wurden und auf einem festen Unterbau ruhten.

Die Umbildung dieser Ringe zu handlichen Beobachtungsinstrumenten geschah vermutlich im Anschluß an den bereits bekannten, um die Weltachse drehbaren Himmelsglobus. Dieser ist nach Plinius (*Historia naturalis* B. VII, K. 57) im 6. Jahrh. v. Chr. von Anaximander erfunden. Anfangs sollte er wohl nur eine Anschauung des gestirnten Himmels geben. Versah man ihn mit Ringen, die dem Horizont und Meridian entsprachen, so konnte man durch Vergleichung der gerade durch den Horizont oder Meridian gehenden Sterne einmal eine genauere Übereinstimmung zwischen Globus und Himmel erzielen, dann auch Messungen ausführen.

Zur Orientierung des Himmelsglobus stellte man den Meridianring genau in die Richtung des Meridians des Ortes¹⁾. Angaben über die Methode, wie dies geschah, besitzen wir aus der Zeit vor Ptolemäus nicht. Es sind mehrere Möglichkeiten denkbar: Entweder konnte man den Globus aus den Ringen herausnehmen und die Meridianringe durch Selbstbeschattung zur Mittagsstunde in die

1) Im *Almagest* findet sich keine entsprechende Angabe, wohl aber in arabischen Handschriften, so in der anonymen in Berlin (Spr. 1877 fol. 54a No. 5877).

Nord-Südrichtung einstellen, oder man drehte den Ring mit dem Globus so lange, bis beide Seitenflächen des Ringes gleichmäßig beleuchtet waren. Während das erste Verfahren unmittelbar auf die Solstitialarmille hindeutet, finden wir das zweite fast regelmäßig von den Arabern angewendet, wenn es sich um Aufstellung ähnlicher Instrumente handelt. Zur Zeit des Ptolemäus hatte man schon eine genauere Methode in der Benutzung des sogenannten indischen Kreises gefunden, wie weiter unten mitgeteilt wird.

Die Verwendung von Ringen zu Meßzwecken finden wir zuerst bei Eratosthenes (um 250 v. Chr.). Ptolemäus berichtet nämlich (*Almag.* B. I. K. 12), daß dieser durch Beobachtung der Sonnenwenden für den zwischen den Wendekreisen liegenden Bogen (des Meridians) $11/83$ des Kreisumfanges (gleich $2 \times 23^{\circ}51'$) fand. Diese Angabe und die Bestimmung einer Reihe von Deklinationen von Sternen durch Timocharis und Aristyll (um 300 v. Chr.), die Ptolemäus (*Almag.* B. VII. K. 3) zum Vergleich mit den von Hipparch und von ihm selbst ermittelten heranzieht, veranlaßten vermutlich Bailly (*Histoire de l'Astron.* B. II, S. 79) und R. Wolf (*Gesch. d. Astron.* S. 129 ff.), den Gebrauch von Ringinstrumenten im engeren Sinne des Wortes schon für 300 v. Chr. anzunehmen. Diese Deklinationen können jedoch auch mit Hilfe des Globus aus den Aufgängen oder Kulminationen errechnet worden sein, während Eratosthenes zur Bestimmung der „Schiefe“ der Ekliptik vermutlich auch nicht ein selbständiges Ringinstrument, sondern eben den Meridianring am Globus benutzt hat, indem er gegebenenfalls den Globus daraus entfernte.

Die Visiervorrichtung bestand wohl bei den ersten Ringinstrumenten in Anlehnung an den Gnomon aus kleinen Stäbchen oder Blättchen, die an den Enden eines Durchmessers eines drehbaren Ringes senkrecht zur Fläche des Ringes angebracht waren. Einen Hinweis auf derartige Methoden finden wir noch bei der Solstitialarmille und dem Mauerquadranten des Ptolemäus. Während bei ersterer die Richtung der Sonne bei der Kulmination dadurch bestimmt wurde, daß das eine von 2 auf einem Ring (in der Ebene des Meridians) diametral gegenüberstehenden Blättchen seinen Schatten genau auf das andere warf, benutzte man bei dem Mauerquadranten den Schatten eines kleinen im Mittelpunkt befindlichen Stäbchens selbst als Zeiger (*Almag.* B. I, K. 12). Wie man auch beim Himmelsglobus in Verbindung mit Ringen ein solches Schattenverfahren benutzen konnte, zeigt der „Anzeiger“ (index) an dem Himmelsglobus des Battani (*Nallino* B. I, S. 138 u. Anmerk.). Hier gibt ein schmales, längliches Stück Kupfer, das durch eine besondere Führung immer in Richtung der Kugelradialen steht, die Richtung der Sonnenstrahlen an, wenn sein Schatten auf dem Himmelsglobus möglichst klein ist. Diese Methoden ließen sich allerdings nur bei Beobachtungen der Sonne anwenden. Doch bestimmte man auch schon früh die Richtung der Sterne durch Anvisieren. Dabei wurde die Einstellung durch Anbringung von kleinen Öffnungen in den Stäbchen oder Blättchen wesentlich verbessert, ein Verfahren, das vermutlich auf Hipparch zurückgeht; denn das von ihm erfundene Diopterinstrument zeigt eine ähnliche Einrichtung

(Almag. B. V, K. 14 u. Proclus Diadochus. Hypotyposis. ed. C. Manitius, K. IV. 1902).

Daß man bei den ersten Ringinstrumenten die Absehen auf einem Ring anbrachte, der sich gleitend in einem größeren drehte, kann einen doppelten Grund haben: einmal ließ sich technisch vielleicht so am leichtesten der Absehvorrichtung eine sichere Zentrierung geben, andererseits konnte man in den Ring den Globus einsetzen und wieder herausnehmen. Die Alhidade kannte man damals jedenfalls noch nicht. Daß Arm.-Sph. und Himmelsglobus eine gemeinsame Entwicklung durchmachten, darauf deuten auch die Mischformen hin, wie wir sie in den Himmelsglobussen des Ptolemäus (Almagest, VIII. 3) und des Battāni (Nallino, I, 138) vor uns haben. Doch sei auf diese Instrumente hier nicht weiter eingegangen, da sie an einem anderen Ort behandelt werden.

Man kann wohl annehmen, daß sich die Vereinigung von Äquinoktialring, der sich aus der Skaphie entwickelt haben mag, und Meridianring, der seine Ausbildung dem Himmelsglobus verdankte, zunächst am Himmelsglobus vollzog, vielleicht in der Absicht, einen Demonstrations- oder Rechenapparat zu schaffen. Bekanntlich verdankt die „Sphärik“ dem Himmelsglobus ihre Ausbildung, indem dieser ein bequemes Mittel zur graphischen Lösung von sphärischen Aufgaben bot (vgl. Braunnühl, Gesch. d. Trigonometrie S 7 u. 10).

Die Vorteile, die ein solches Ringsystem für die direkte Beobachtung am Himmel bot, mußten bald zur Verwendung dieser Instrumente zu Messungen führen, vor allem in dem Augenblick, als man die sphärischen Koordinaten durch Winkel auszudrücken lernte. Das war etwa um die Zeit Hipparchs der Fall (vgl. Braunnühl, S. 11, Anm. 1; S. 15, Anm. 1).

Ob Hipparch, wie die Araber es angeben (Beitr. III), der Erfinder der eigentlichen Armillarsphären war, ist fraglich; doch hat er zweifellos sie verbessert und zu genauen Messungen brauchbar gemacht. Bei der Aufstellung seines Sternkataloges hat er sich offenbar einer Äquatorialarmille bedient, da er nach Ptolemäus als Koordinaten der Sternörter Deklination und Rektaszension wählte. Als er dann später fand, daß die Ekliptikkordinaten konstanter sind, und diese direkt bestimmte, erweiterte er sein Instrument durch Anbringung eines Ekliptik-, Kolor- (oder Pol-) und Breitenringes. So war es ihm u. a. möglich, den jährlichen Lauf der Sonne und die tägliche Bewegung des Fixsternhimmels an seinem Instrument zu verfolgen und die Ringe zu jeder Stunde auf die entsprechenden Kreise am Himmel einzustellen. Wie vollkommen Hipparch diese Aufgabe löste, geht daraus hervor, daß die von ihm angegebene Form des Instrumentes über ein Jahrtausend, also solange überhaupt Arm.-Sph. im Gebrauch waren, beibehalten wurde, ohne daß eine prinzipielle Änderung vorgenommen wurde.

Ptolemäus vereinfachte die Hipparchische Arm.-Sph. und schuf in seinem „Astrolabon Organon“ eine reine Ekliptikarmille, die sich genauer ausführen ließ und daher genauere Einstellungen und Messungen gestattete. Jedoch blieb daneben, wie den Angaben in der „Geographie“ von Ptolemäus (B. VII, K. 6) und in der „Einführung in die Himmelserscheinungen“ von Geminus (K. XVI,

§ 10 u. 11) zu entnehmen ist, auch das „Meteoroskop“ genannte Instrument des Hipparch im Gebrauch, da für Angaben auf der Erde der Äquator das Hauptbezugssystem ist. Proclus charakterisiert die beiden Instrumente folgendermaßen (Hypotyp. K. VI):

„Das Meteoroskop unterscheidet sich von dem Astrolab dadurch, daß mit ihm nicht nur alle die Beobachtungen angestellt werden können, die mit dem Astrolab möglich sind, sondern auch noch andere Aufgaben gelöst werden können, die die astronomische Wissenschaft fördern. Denn einmal ist die Zahl der Ringe beim Meteoroskop größer — es besteht nämlich aus 9 Ringen — und dann ist es auch kunstmäßiger konstruiert“¹⁾.

Die Araber, deren astronomische Betätigung vielfach auf dem Almagest fußte, schlossen sich bei der Konstruktion ihrer Ringinstrumente an die Formen der alexandrinischen Schule an, waren aber theoretisch und praktisch um deren Verbesserung bemüht. Eine allgemeine Skizze der Theorie der Ringinstrumente gibt H. Chalfa (B. I. S. 394) nach älteren Quellen in seiner Übersicht über die astronomischen Instrumente (Beitr. LVII. S. 26):

„Taḡi al Din (1525—1585) (Suter Nr. 471), der Beobachter, sagt in *sidrat mutahhi al afkār* (Lotus der Grenze — im siebenten Himmel — der Gedanken): Der Zweck bei der Herstellung dieser Instrumente ist der, daß man ihre Fläche einem himmlischen Kreise ähnlich macht, damit man mit ihnen die Bewegung des himmlischen Kreises festlegen kann. Dies kann aber so lange nicht richtig durchgeführt werden, als der Radius der Erde eine meridische Größe im Verhältnis zum Radius dieses himmlischen Kreises hat, es sei denn, daß man diese ausgleicht, nachdem man den ganzen Betrag der Abweichung [von dem ideellen Fall] erfällt hat. Und falls wir Bewegungen bemerken, die nicht [mit den Tatsachen] übereinstimmen, so ist es für uns notwendig, daß wir [die abweichende Bewegung] festlegen durch Beobachtungsinstrumente, die sie gemäß ihrer Konstruktion in entsprechender (ähnlicher) Weise wiedergeben, falls überhaupt eine solche ähnliche Wiedergabe möglich ist. Ist das nicht möglich, so müssen wir den vorhandenen Unterschied [in Tabellen u. s. w.] verzeichnen. Dann werden Kugeln angenommen, deren Unterschiede, wie sie sich aus dem Vergleich mit dem Mittelpunkt der Welt ergeben, in Übereinstimmung mit diesen Abweichungen stehen. Man beobachtet durch diese Kugeln [das Richtige], wenn sie sich in einer einfachen [Kreis-]Bewegung um ihre Mittelpunkte bewegen. Entsprechend diesen Zwecken werden die Instrumente in großer Zahl hergestellt.“

Technisch vervollkommneten die Araber ihre Instrumente dadurch, daß sie sie möglichst groß machten, um so eine feinere Teilung zu ermöglichen und genauere Einstellungen zu erreichen. Dieses Bestreben findet eine treffende Charakterisierung in einer Stelle, die sich in dem Werke „*Kitāb al Chitāṭ*“ (Werk

1) Die Arm.-Sph. des Ptolemäus nach dem Almagest bestand aus dem: 1) Absebring E, 2) inneren Beobachtungsring D, 3) Polring B, 4) Ekliptikring A, 5) äußeren Beobachtungsring C, 6) Führungsring in der Ebene des Meridianrings (in den Figuren S. 2 u. 28 nicht eingezeichnet) und 7) Meridianring F. Dazu kommen beim Meteoroskop als 8) der Horizontring H und als 9) der Äquaterring G. Siehe Seite 28.

Der unter 6) angegebene Führungsring im Meridianring diente wohl dazu, das Instrument für alle möglichen geographischen Breiten benutzbar zu machen; er dürfte bei größeren Instrumenten jedoch eine konstruktive Schwäche dargestellt haben und deshalb später bei den als ortsfest gedachten Instrumenten ganz fortgelassen sein. In der in der Syntaxis (Ausg. v. Heiberg u. Übersetzg. v. Manitius) befindlichen Figur der Ptolem. Armille ist auffälligerweise zwischen dem Meridianring und dem äußeren Beobachtungsring ein gewisser Zwischenraum, der wohl von dem Führungsring eingenommen wurde.

über die Gegenden [Ägyptens] B. I. S. 202“ von Maqrizi (1364—1442) findet (E. Wiedemann. Sirius B. 52. S. 121—127). Es wird hier die Herstellung eines großen, mit einer Alhidade versehenen Kupferinges von ca. 5 Meter Durchmesser sowie seine Aufstellung in Kairo um das Jahr 1120 geschildert. Auf eine Bemerkung des Sultans, daß der Verfertiger Ibn Qaraqqa sich viel Mühe hätte sparen können, wenn er den Ring kleiner gemacht hätte, erwiderte er:

„Wenn ich ihn so groß hätte machen können, daß sich sein eines Ende bei den Pyramiden, das andere auf dem Tannūr (einem Orte 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!“

Die Araber verbesserten aber nicht nur technisch die Ptolemäischen Armillen, sondern sie vervollständigten sie auch durch die Azimutalringe, indem sie einen Horizontring, einen Höhenring und einen Höhenbeobachtungsring zu dem bis dahin üblichen Ringsystem hinzufügten. Dadurch wurden die Instrumente auch für Messungen im Horizontsystem geeignet. Bei der Bedeutung, die diese Messungen für die Astrologie besaßen, wurde dieses Ringsystem von der Arm.-Sph. losgelöst und besonders ausgebildet. H. Chalfā (Beitr. LVII. S. 27) nennt es „*dāt al samt wa'l irtifā'*“ (Instrument zur Bestimmung des Azimuts und der Höhe) und bezeichnet es ausdrücklich als „von den muslimischen Beobachtern erfunden“.

Gegen Ende der wissenschaftlichen Tätigkeit der Araber finden wir Bestrebungen, die auf einen Ersatz der in genügend großen Dimensionen schwer herstellbaren Ringe durch einfachere Instrumente hinzielen. Als Anfang der Entwicklung in dieser Richtung kann man den eben erwähnten Azimutalkreis ansehen, dessen Ring nur noch zur Führung des eigentlichen messenden Systems, nämlich des Azimutalquadranten, diente. Bekanntlich ging dann später die Entwicklung so weiter, daß dieser Ring durch eine kreisförmige Platte ersetzt wurde (Theodolit). Klar hervor tritt diese Erscheinung schon in dem von Gābir b. Aflah (Quellenschriften Nr. 17) konstruierten Instrument, das die Arm.-Sph. ersetzen sollte, und das von Regiomontanus um 1450 nachkonstruiert wurde¹⁾.

Bei den okzidentalern Völkern finden wir zuerst in Spanien die Arm.-Sph. wieder; dort, wo eine rege Wechselbeziehung zwischen muslimischen und christlichen Völkern vorhanden war, war König Alfons X. bemüht, die großen Ergebnisse muslimischer Wissenschaft durch Bearbeitung arabischer Schriften in spanischer Sprache den Gelehrten seines Volkes zugänglich zu machen. Leider glückte der bedeutungsvolle Versuch des großen spanischen Königs nicht in dem Maße, wie es für die Weiterentwicklung wünschenswert gewesen wäre. Für uns sind die Bemühungen des Königs Alfons deshalb besonders wichtig, weil sie die Konstruktion der vollständigsten Arm.-Sph. zeitigten, die je gebaut wurde, da sie Horizont-, Äquator- und Ekliptiksystem in sich vereinigte. Leider drang

1) In der Beschreibung dieses „Torquetum“ genannten Instrumentes nennt Regiomontanus jenes Instrument „*machina collectitia*“ (zusammengefaltete Maschine) — Weidler, Gesch. K. VIII, § 15.

die Kenntnis dieses mit viel Mühe und Kosten hergestellten Instrumentes nicht über Spaniens Grenzen hinaus. Weder Weidler und seine Nachfolger noch irgend ein anderer Historiker bis zum Anfang des XVIII. Jahrhund. erwähnt es. Die Beschreibung ist auch jetzt noch bei der geringen Verbreitung der Werke von Alfons von Kastilien nur wenigen zugänglich.

Nach Deutschland kam die Kenntnis der Arm.-Sph. erst mit dem Beginne des Humanismus und der Renaissance, als man die „Megale Syntaxis“ im griechischen Original kennen lernte. Den ersten Versuch, die Ptolemäischen Instrumente zu rekonstruieren, unternahm Regiomontanus (1436—1476) um die Mitte des XV. Jahrhunderts zu Nürnberg. Er baute unter anderm eine Arm.-Sph. nach den Angaben des Ptolemäus. Diese Rekonstruktion lieferte aber bei dem damaligen Stande der Technik ein Instrument, das weit hinter den arabischen zurückstand. Das Verdienst, das sich Regiomontanus um die Entwicklung der Instrumententechnik erwarb, liegt vielmehr darin, daß er neben den anderen astronomischen Instrumenten auch die Arm.-Sph. wieder bekannt machte und ihren Wert für die wissenschaftliche Astronomie hervorhob. Wie nötig das damals war, geht aus Regiomontanus' Worten hervor, mit denen er die Beschreibung seines „astrolabium armillare“ schließt, und die seine Zeit bzw. die Zeit noch kurz vor ihm trefflich charakterisieren:

„Wir sind unwürdige Nachfolger der großen Astronomen des Altertums, die wir die Astronomie in der Hütte und nicht am Himmel betreiben, im höchsten Vertrauen auf die Schriften, die schon in altzu ferner Zeit und Gegend verfaßt sind, die als ein Werk von Menschenhänden auch nach demselben Gesetze niedergehen müssen, wenn sie nicht in den unbemerkt dahingehenden Jahrhunderten durch heilige Männer zu neuem Glanz gebracht werden“.

Damit hatte Regiomontanus den Kern der Sache getroffen. Den von ihm gewiesenen Weg verfolgten seine Nachfolger weiter. Namhafte Astronomen wie Apianus und fürstliche Gönner der Wissenschaft wie Wilhelm IV. von Hessen ließen sich die Verbesserung der astronomischen Beobachtungsinstrumente anlegen sein.

Auf Grund der Erfahrungen, die er im Verkehr mit fast allen bedeutenderen Astronomen seiner Zeit gesammelt hatte, konstruierte dann Tycho Brahe seine Ringinstrumente, die den höchsten Grad von Vollkommenheit erreichten, der bei derartigen Instrumenten überhaupt möglich war. Da die Ringinstrumente keiner weiteren Verbesserung mehr fähig waren, man aber gerade in dem Äquatorkoordinatensystem genaue Messungen erreichen wollte, die bei den Armillen nicht unmittelbar gefunden werden, ging man zur Konstruktion der in Richtung der Äquatorebene fest aufgestellten, der sogenannten parallaktischen, Instrumente über. Als ihren Vorläufer haben wir schon den Azimutalquadranten zu *Márága* und das Torquetum kennen gelernt.

Neben der für rein wissenschaftliche Zwecke bestimmten Form der Arm.-Sph., entwickelte sich im XVI. Jahrhundert ein kleiner handlicher Apparat zum Gebrauch im täglichen Leben, der annulus astronomicus oder horarius, eine

kleine, einfache Äquatorialarmille, die vor allem zu Zeitbestimmungen benutzt wurde. Als Erfinder gilt Rainer Gemma Frisius (1508—1555) (Vgl. Weidler, Gesch. S. 359). Nähere Mitteilungen über dieses bisher wenig bekannte Instrument sind einer besonderen Veröffentlichung vorbehalten, da sie aus dem Rahmen dieser Arbeit etwas heraus fallen würden.

II. Konstruktion und Gebrauch der Armillarsphäre in den Hauptepochen der Geschichte der Astronomie.

a) Alexandrinische Schule.

Da über die Tätigkeit der alexandrinischen Schule bereits eine eingehende Untersuchung von C. Manitius in der Abhandlung: „Fixsternbeobachtungen des Altertums“ (Weltall 1905, S. 23) vorliegt, so brauchen wir nicht näher darauf einzugehen, um so weniger, als bereits in der Einleitung die wesentlichsten Punkte berührt worden sind. Es sei nur die Stelle mitgeteilt, die sich bei al-Ja'qūbī (I, 154—157) als Inhaltsangabe einer Abhandlung von Theon Alexandrinus (Quellenschr. Nr. 3) findet. Es handelt sich dabei um eine Arm.-Sph. für Beobachtungen in den 3 gebräuchlichen Koordinatensystemen; dabei sind nicht weniger als 39 Aufgaben angegeben, die mit ihr gelöst werden können.

Bei der Wichtigkeit der Stelle, und da die Übersetzung von Klamroth [M. Klamroth, Über die Auszüge aus griech. Schriftstellern bei al-Ja'qūbī, Z. D. M. G. 42, S. 20. 1888], wie es damals kaum zu vermeiden war, nicht ganz richtig ist, sei hier eine Übersetzung von Herrn Geheimrat E. Wiedemann mitgeteilt, wobei die nötigen Erklärungen gleich beigelegt werden:

„Über das Instrument mit den Ringen.

Ich beginne mit dem Bericht über die Anfertigung der Arm.-Sph. (des mit Ringen versehenen Instrumentes — *ḡāt al ḥalaq*). Sie besteht aus 9 Ringen, von denen der eine sich im Inneren des andern befindet. An einem von ihnen (wohl der „Meridianring“) ist die Aufhängevorrichtung (*ʿilāqa* = Riemen zum Aufhängen) angebracht¹⁾. Der zweite steht zu ihm in der Quere von Ost nach West [Horizontring], der dritte dreht sich in diesen beiden Ringen und zwar zwischen der untersten und obersten Stelle [ein in der Ebene des ersten drehbarer zweiter Meridianring], der vierte ist der, der unter dem Ring mit der Aufhängevorrichtung sich dreht [äußerer Beobachtungsring], der fünfte trägt den Gürtel (*nitāq*, nicht „*mintāq*“ *al luriq*; *nitāq* kommt auch bei Ibn 'Isā vor) der Tierkreiszeichen [Polring], in ihm wird die Achse [der Welt und Ekliptik] befestigt, der sechste ist der Kreis der zwölf Tierkreiszeichen, der siebente befindet sich unter den 2 Ringen der Sphäre [innerer Beobachtungsring], es ist ein Ring, der auf die Achse aufgesetzt ist, er dient dazu, die Breite der Fixsterne zu bestimmen, die sich zwischen den Quadranten der Sphäre bewegen, der achte ist derjenige, der sich in den beiden Führungen (*ḡagr*) der Achse bewegt [Absehring]. Der neunte ist an dem zweiten

1) In einer arabischen anonymen Berliner Handschr. (Berlin Nr. 5110 fol. 81^b) heißt es bei der Beschreibung des Astrolabs: „Die Aufhängevorrichtung (*ʿilāqa*), es ist der Faden (*ḥait*).“ — Diese Aufhängevorrichtung läßt vermuten, daß es sich hier um eine kleinere Arm.-Sph., ähnlich dem Astrolab, handelte im Gegensatz zu den sonst üblichen großen, die nur auf Sternwarten verwendet wurden und dort feste Aufstellung fanden.

[Horizont-] Ring befestigt für den Lauf der Sphaera recta, er [der Äquatorring] senkt sich auf den Süden zu und hebt den Himmel entsprechend der Größe seiner Senkung (*is/äl*).

Der Verfasser gibt an, wie man mit der Herstellung des Instrumentes beginnt, wie man die Schrift (Zahlen, Namen der Tierkreiszeichen u. s. w.) auf einem Ring anbringt, wie man ihn teilt, ihn mit Linien versieht, wie man ihn annagelt (mit Stiften versieht), sodaß er sich nicht lockert, und wie das Instrument aufgestellt wird.

Er beschreibt die Anwendung in 39 Kapiteln (es folgen nur die Überschriften).

Die Überschriften dieser Kapitel sind folgende: 1) Über die Arten der Lagen (Einstellungen) an der Arm.-Sph. und die hierbei vorkommenden Drehungen. 2) Über ihre Prüfung. 3) Ermittlung des Sonnenschattens [Einstellung des Ekliptikrings mittels Selbstbeschattung]. 4) Einstellung entsprechend der Breite eines Klimas, einer Stadt, eines Ortes [Polhöhe]. 5) Best. der Breite irgend eines Klimas. 6) Best., wie kurz oder wie lang der Tag im Krebs ist. 7) Best. der Länge eines jeden Tages im Jahre. 8) Best., [wann] Gleichheit der Nacht und des Tages im ersten Klima [eintritt]. 9) Best., wie die Tierkreiszeichen in den Klimaten mit weniger oder mehr als 30° aufgehen. [Best. des Äquatorbogens, der mit jedem Tierkreiszeichen aufgeht — *ascensio sphaerae obliquae*]. 10) Lehre vom Zurückführen der Grade des Tierkreises auf die Grade der sphaera recta [*ascensio sphaerae rectae*]. 11) Best. des Unterganges jedes Tierkreiszeichens mit Hilfe des Aufganges des gegenüberliegenden und des Aufganges [des ersteren] mit Hilfe des Unterganges [des letzteren] [*descensio sphaerae obliquae*]. 12) Best., wie die Tierkreiszeichen durch den Meridian gehen entsprechend der Verschiedenheit ihrer Grade. 13) Best. des Tierkreiszeichens [in dem die Sonne steht]. 14) Best. des Horoskops (*äli*) und der vier Pflöcke bei Tage, ausgehend von der Sonne. 15) Best. des (*äli*) bei Nacht mit Hilfe des Mondes und der Sterne. [In diesen beiden Aufgaben wird die Ermittlung des Tierkreiszeichens gelehrt, das in einem bestimmten Zeitmoment auf- bzw. untergeht oder durch den oberen und unteren Meridian geht. — Horoskop]. 16) Ermittlung, wie viel Stunden des Tages vergangen sind. 17) Best., zu welcher Stunde der Mond oder irgend ein Fixstern erscheint. 18) Best. der Stunden der Konjunktionen [von Sonne und Mond; sie bedingt den Besitz einer Ephemeridentafel]. 19) Best. der beiden Auf- und Untergänge [von Sonne und Mond] an jedem Orte. [Morgen- und Abendweite]. 20) Best. des Betrages der Aufgänge eines jeden Tierkreiszeichens von Osten aus und seiner Untergänge von Westen aus [Morgen- und Abendweite der Tierkreiszeichen]. 21) Best. der Gestirne, die an jedem Ort untergehen [Ermittlung der Sterne, die nicht Zirkumpolarsterne sind]. 22) Über die 5 Wege, die die Gelehrten an der Sphäre für jeden Ort erwähnen. [Wohl die Einteilung der Erde in die 5 Zonen. Obwohl diese nicht unmittelbar mit dem Instrument, sondern auf rechnerischem Wege zu finden sind, steht diese Aufgabe fast immer unter denen, die mit solchen astronomischen Instrumenten zu lösen sind]. 23) Best. der sieben Klimate. 24) Best. jedes einzelnen Klimas. [Auch diese Aufgabe kann nicht mechanisch mit dem Instrument gelöst werden. — Über die Klimate vergl. Beitr. XXVII]. 25) Best. der Länge des kürzesten Tages, wenn die Sonne im Steinbock steht,

und zwar für den Ort, dessen Breite 63° beträgt: dieses ist der äußerste bewohnte Ort nach Norden zu. Dieser Tag hat etwa 4 Stunden und die Nacht etwa 20 Stunden: Der längste Tag hat dort 20 und die Nacht 4 Stunden. Es ist die Insel, die *Tûlâ* [das äußerste Thule] heißt und in Europa liegt. Es ist der nördlichste Punkt in *Rûm* [rumäisches Reich]. 26) Best. der Orte, an denen die Sonne sechs Monate unsichtbar ist; dann ist ununterbrochen Finsternis. An ihnen ist [andererseits] die Sonne sechs Monate sichtbar: dann ist ununterbrochen Licht [d. i. die geographische Breite, für die Horizont und Äquator zusammenfällt, also die Breite von 90°]. 27) Best., zu welchem Grade des Tierkreises irgend ein Fixstern gehört, der an irgend einem beliebigen Ort der Erde aufgeht [der „Grad des Aufganges“]. 28) Best. der Anzahl Grade der Aszension an irgend einem Orte zwischen dem Aufgang des Widders und dem aufgehenden Grad [d. h. Ermittlung des Äquatorbogens, um den sich die Himmelsphäre vom Aufgang des Widders bis zu dem „Grad des Aufganges“ des betr. Sternes gedreht hat, also die *ascensio obliqua*]. 29) Best., zu welchem Klima jede Stadt und jeder Ort gehört [d. h. der geograph. Breite.]. 30) Best. der Breite des Mondes oder irgend eines Gestirns. 31) Best. der Linie der Mitte des Himmels aus dem Azimut irgend eines Landes. 32) Best. der Länge und Breite eines Sternes, nachdem man die Länge der Mitte des Himmels bestimmt hat. [Die Länge der Mitte des Himmels ist die astronom. Länge des gerade kulminierenden Tierkreiszeichens]. 33) Best. von Kopf und Schwanz des Drachens [auf- und absteigender Knoten], und ob sie sich auf den Bahnen des Mondes und der Sonne treffen. [Dazu sind Ephemeridentafeln nötig]. 34) Best. der Aszensionen mit der Wasseruhr. 35) Best. des Laufes der Sphäre der Fixsterne [gemeint ist wohl der Drehungssinn der Fixsternsphäre]. 36) Best. des Östlich- oder Westlichseins der Fixsterne [d. h. ob ein Fixstern vor der Sonne auf- oder nach ihr untergeht]. 37) Best. der Länge irgend einer Stadt [wahrscheinlich durch Beobachtung einer Mond- oder Sonnenfinsternis]. 38) Best. der Längengrade von Städten. 39) Ermittlung des Bogens mittels der Rechnung *al gabr* [wa'l muqabala]. [Welcher Bogen mittels der Algebra bestimmt werden soll, läßt sich nicht angeben. Vergl. auch bezgl. der einzelnen Aufgaben S. 36 u. ff.].“

b) Die Armillarsphäre bei den Arabern.

Ich gebe zunächst die Beschreibung der Arm.-Sph., wie sie sich bei H. Chalfa (I, 395, Beitr. LVII, 27) findet, da sie, wie oben angeführt, wohl auf al Châzini zurückgeht. Es heißt dort:

„*Dât al halaq* (Instrument mit Ringen, Armillarsphäre). Es ist das wichtigste Instrument nach Gestalt und Bedeutung; es besteht a) aus einem Ring, der der Ekliptik entspricht, b) einem Ring, der einem durch die Pole gehenden Kreis entspricht, der eine wird so in den anderen gesetzt, daß sie sich halbieren und schneiden; c) aus einem größeren Ring [zur Messung] der Länge; d) einem kleineren Ring [zur Messung] der Breite; der erstere wird auf der konvexen Seite der Ekliptik, der zweite auf deren konkaven befestigt; e) dem Meridiankreis;

der Durchmesser seiner inneren Fläche ist gleich dem Durchmesser der Außenfläche des großen Ringes der Länge. Von dem [Beobachtungs-]Ring der Breite ist der Durchmesser der Außenfläche gleich dem Durchmesser der Innenfläche des kleinen Ringes der [Länge]. Man stellt das Instrument auf einen Scheitel.“

Im folgenden seien die Übersetzungen zweier arabischer Bearbeitungen der Beschreibung der Arm.-Sph. von Ptolemäus mitgeteilt, von denen die eine von Naṣīr al Din al Tūsī den Stoff frei behandelt (Quellensch. No. 18), während die andere von einem anonymen Verfasser sich enger an den griechischen Text anschließt.

1) Bearbeitung von Naṣīr al Din al Tūsī¹⁾.

Über die Herstellung des Instrumentes, mit dem man die Sterne mißt: es besitzt Ringe. Wir fanden, daß die Erklärung der erwähnten Anomalie der Mondbewegung bei der Konjunktion und Opposition unter allen Stellungen des Mondes zur Sonne ausreicht. Wir fanden aber dabei eine andere Anomalie, die mit dem Abstand von der Sonne zunimmt, in der Quadratur groß ist und zu der ersten Anomalie in den erwähnten Lagen zurückkehrt. Unsere Aufmerksamkeit wurde hierauf auf Grund dessen gelenkt, was Hipparch durch seine Beobachtungen über den Lauf des Mondes festgestellt hat, und was wir selbst mit Hilfe des Instrumentes fanden, das wir jetzt beschreiben¹⁾.

Man nimmt 2 gleiche Ringe mit parallelen Flächen und setzt sie so zusammen, daß sie sich unter rechten Winkeln schneiden: der eine (A) entspricht dem Tierkreis, der andere (B) dem durch die Pole [des Äquators und des Tierkreises] gehenden Kreis. Man bringt an den Stellen des Ringes (B), die den beiden Polen des Tierkreises entsprechen, zylindrische Stifte an, die nach innen und außen vorspringen. An den den Polen des Äquators entsprechenden Stellen auf dem Kreis (B) befinden sich 2 weitere Stifte, die [nur] nach außen hervorragen. Auf den beiden [ersten] befestigt man 2 Ringe (C u. D), die „fest, aber doch beweglich“ (*mukhandam*) mit ihnen verbunden sind. Sie berühren die beiden Ringe (A und B) mit ihren konkaven bzw. konvexen Flächen und drehen sich gegen jene. Sie entsprechen zwei Breitenkreisen [äußerem und innerem Beobachtungsring]. Auf den beiden anderen Stiften befestigt man einen Ring (E), der die anderen Ringe umgibt; in ihm drehen sich alle anderen, er vertritt die Stelle des Meridians. Im Inneren des einen Breitenkreises (D) bringt man einen kleinen Kreis (F) an, der so befestigt ist, daß er nicht aus dessen Fläche heraustreten, [dagegen] nach den beiden Polen zu gedreht werden kann, um die Breite zu beobachten. An ihm befestigt man zwei einander gegenüberliegende Löcher [d. h. kleine Platten mit Löchern, „Absehen“], die von der Fläche des Ringes [senkrecht] abstehen; die Löcher befinden sich dicht am Ring. Das Instrument mit den Ringen ist hiermit vollendet.

Dann teilt man die beiden Ringe (A u. D), nämlich den der Ekliptik und den einen Breitenring, in Grade und deren Teile, soweit das möglich ist.

Ich sage [bemerkt der Abschreiber], in einer Abschrift wurden die beiden Breitenringe in das Innere des Tierkreisringes verlegt, sie können sich dann vollkommen umdrehen, ohne daß einer von ihnen auf die Stifte für die Pole des Äquators einen Druck ausübt; und das ist

1) Benutzt wurde das Werk: Bearbeitung (*tahrir*) des Almagest (Berlin No. 5655 fol. 57^a—57^b). — Naṣīr al Din gibt an, daß er es auf Wunsch von Ḥasām al Din al Ḥasna b. Muḥ. al Siwāsī verfaßt habe und zwar, weil ihm selbst die bisherigen Darstellungen nicht genügten. Er stützt sich auf die Übersetzung von Jshāq b. Ḥunain und die Verbesserung von Thābit b. Qurra.

2) Diese Einleitung stimmt mit dem Anfang von Buch V, Kap. I des Almag. überein.

besser¹⁾. Man machte auch den Äquatorring doppelt, dabei ist nur der äußere in Grade geteilt, der innere soll sich in ihm drehen. Ich habe den Pol für jeden Horizont um den Betrag der Breite [des betreffenden Beobachtungsortes über den Horizont] erhoben. Mein Instrument hat im ganzen 7 Ringe.

Er sagt [führt der Abschreiber mit dem Text fort]: Jetzt stellt man den Meridianring (F) fest in die Ebene des Meridiankreises ein, seine Fläche schneidet die Fläche des Horizontes unter einem rechten Winkel. Dann erhebt sich einer der Pole des Äquators von der dem Horizont parallelen Ebene [des Horizontringes] um den Betrag der Breite des Ortes, und der Umlauf des Ringes (C) innerhalb dieses Ringes (F) um die beiden Pole des Äquators entspricht der Bewegung des Weltalls. Und er sagt, wenn man die Ringe aufstellt und Sonne und Mond sich so verhalten, daß sie beide sichtbar sind, legt man den äußeren Breitenring (C) so, daß er den Tierkreis in dem Grad schneidet, in dem sich die Sonne gerade befindet, und dreht den Ring (A), bis dieser Schnittpunkt gegenüber der Sonne liegt und die beiden Ringe sich selbst beschatten.

Handelt es sich um die Messung eines andern Gestirnes als der Sonne, so stellt man sich diesen Stern in seiner Lage gleichsam an die Flächen des Tierkreisringes angeklebt vor. In diesem Falle liegt der Tierkreisring in der Ebene des Tierkreises und in seiner [richtigen] Lage. Dann dreht man den inneren Breitenring (D) nach dem Mond und den kleinen Ring (E) (mit den Absehen) in ihm so, daß man den Mond durch seine beiden Löcher erblickt. Da, wo dieser Breitenkreis den Tierkreisring schneidet, steht der Mond der Länge nach. Der Abstand zwischen der Mitte eines der beiden Löcher und dem Ekliptikring, der an den Graden des inneren Breitenkreises (D) abzulesen ist, ist die Breite des Mondes.

2. Bearbeitung von einem anonymen Verfasser bezw. von al Marrākuschī (Berlin No. 5857. Vergl. Quellenschr. No. 20).

„Über die Herstellung des Instrumentes mit den Ringen und die Art seiner Verwendung. Man nimmt zwei Ringe von entsprechender Größe, von viereckigem Querschnitt, die in jeder Hinsicht gleich sind. Den einen setzt man in den andern ein, sodaß sie sich an zwei gegenüberliegenden Stellen schneiden, wobei ihre Flächen aufeinander senkrecht stehen: den einen (A) macht man zum Tierkreis, den andern (B) zu dem durch dessen beide Pole gehenden Kreis. Diesen Kreis (B) teilt man in die Quadranten, auf denen die beiden Pole des Tierkreises liegen. An den Stellen dieser Pole bringt man in diesem Ringe zwei Stifte an, die kreisrund, gleichmäßig dick und einander gleich sind. Sie ragen über die Ringflächen nach innen und außen hervor. Auf den nach außen vorragenden Enden bringt man einen Ring (C) an, dessen innere Fläche die äußere Fläche der beiden Ringe (A u. B) an jeder Stelle genau berührt. Dabei soll die Umdrehung um die beiden Pole und der Umlauf in der Länge um den Ekliptikring leicht erfolgen. Man bringt ferner einen weiteren Ring (D) an den in das Innere des Ringes (B) vorspringenden Enden der beiden Stifte an, dessen äußere Fläche die innere Fläche der beiden Ringe (A u. B) genau berührt, wobei aber auf allen Seiten so viel Zwischenraum bleibt, daß er sich leicht um die beiden Pole drehen läßt; bei dieser Drehung bewegt er sich über den Tierkreis der Länge nach. Diesen Ring (D) und den Tierkreisring (A) teilt man in 360°, jeden Grad in Minuten. In den inneren Ring (D) setzt man einen andern kleinen, dünnen Ring (E) ein, an dem sich zwei Löcher [Absehen] an den Enden eines Durchmessers befinden, die über die Bahn [Fläche] des inneren Ringes hervorragen. Man sorgt dafür, daß er sich leicht in der Fläche des inneren Ringes (D) nach den beiden Polen hin dreht, um zur Beobachtung der Breite dienen zu können. Dann trägt

1) Diese Bemerkung ist deshalb interessant, weil sich sonst nirgends eine ähnliche Angabe findet, während man doch wohl annehmen muß, daß diese naheliegende kleine Änderung an der Ptolemäischen Ekliptikarmille wegen ihrer konstruktiven Vorteile von den arabischen Instrumentenbauern angebracht worden ist. Diese Anordnung hat allerdings den Nachteil, daß der innerste der beiden Beobachtungsringe zu weit von der Teilung des Ekliptikringes A entfernt ist, wodurch bei der Ablesung Parallaxenfehler nicht zu vermeiden sind.

man auf dem durch die Pole gehenden Ring (B) von jedem der beiden Pole aus einen Bogen gleich der größten Neigung [Schiefe der Ekliptik] ab, macht dort zwei einander gegenüberliegende Zeichen, an denen man zwei Stifte einsetzt, die sich in einen anderen Ring (F) setzen. Den Ring (F) macht man zum Meridian. Dazu setzt man das Instrument auf eine entsprechend hohe Säule, die auf der horizontalen Erdoberfläche steht. Dann befestigt man den Ring (F) so auf der Säule, daß er senkrecht zum Horizont steht. Das erkennt man daran, daß, wenn man von ihm ein Lot herabläßt, der Faden des Lotes in seinem Verlauf von einem höchsten Punkte die Ebene des Ringes berührt. Letztere bringt man auf die Linie des Meridians, die auf der Säule eingezeichnet ist¹⁾. Man dreht dann den Ring hin und her, bis man seine Fläche längs der gezeichneten Linie sieht. Die Höhe der Pole des Äquators macht man bei diesem Instrument gleich der Breite des Landes, in dem das Instrument Verwendung findet. Die Fläche des Meridianringes (F) dieses Instrumentes macht man zu der Fläche des Kreises, der der Meridian des Ortes ist, sodaß die Umdrehung der inneren Kreise dem Umlauf des Weltalls um die Pole des Äquators entspricht.

Das Instrument sei in dieser Weise aufgestellt. Sonne und Mond seien gleichzeitig über der Erde, und es sei der Mond durch die Sonne zu beobachten [d. h. der Ort des Mondes sei durch den bekannten Ort der Sonne zu bestimmen]. Um den Ort des Mondes im Tierkreis zu erhalten, stellt man den äußeren (C) der beiden Ringe, die sich um die Pole des Tierkreises drehen, an den Grad des Tierkreises, in dem sich zu dieser Zeit die Sonne befindet. Durch Drehung des durch die Pole gehenden Ringes (B), wobei die übrigen Ringe mitgenommen werden, bringt man den Schnittpunkt der beiden Ringe (C) u. (A) in den Durchgang der Sonne [d. h. ihr gegenüber], sodaß der Tierkreisring (A) und der äußere Breitenring (C) sich selbst beschatten.

Will man statt der Sonne irgend einen bekannten Fixstern zu Grunde legen, so bringt man den erwähnten Ring (C) an den Grad des Tierkreises, in dem sich der Stern befindet, und dreht den Ring so lange, bis man mit einem Auge den Stern an der Fläche des Ringes sieht, und zwar so, daß man beim Visieren von der gegenüberliegenden Seite aus den Stern sieht, als ob kein Licht von ihm ausginge [d. h. daß man ihn ganz dunkel oder gar nicht sieht]. Dann richtet man den inneren geteilten Ring (D) nach dem Monde oder einem anderen zu beobachtenden Stern hin und dreht den kleinen Ring (E) so weit, daß man den Mond oder den Stern durch die beiden Löcher sieht und zwar in dem Augenblick, in dem man die Sonne oder den [bekannten] Stern an dem ersten Ringe [besser: Schnittpunkt des Ekliptikringes mit dem äußeren Breitenringe] erblickt. Ist das der Fall, so nimmt man den Mond oder den zu beobachtenden Stern an der Stelle an, an der der innere Breitenring (D) den Ekliptikring (A) schneidet. Dann zählt man noch die Grade auf dem inneren Breitenring (D), die zwischen dem Tierkreisring und der Mitte des oberen Loches des Absehringes (E) liegen, und findet die Grade der Breite des Mondes oder des Sternes.

Zur Bestimmung der Sonnenhöhe dreht man den Tierkreisring, bis sein innerer Teil beschattet ist und die Sonnenstrahlen auf beide Seiten fallen. In dieser Lage hält man ihn fest und dreht den äußeren Breitenring (C), bis sein Inneres beschattet ist und die Strahlen auf seine beiden Seiten fallen. Die Stelle, wo der durch die Pole des Tierkreises gehende Kreis sich mit dem Tierkreisring schneidet, ist der Ort der Sonne im Tierkreis.

Die Beschreibung der Arm. Sph. in der fünften Maqāla des oben erwähnten Werkes von Gābir b. Aflah aus seiner „Verbesserung des Almagest“ (s. Quellenschr. No. 17) hier mitzuteilen halte ich für überflüssig, da sich diese ganz eng an

1) Man kann entweder annehmen, daß auf der Säule, die das Instrument trägt, oben eine horizontale Scheibe angebracht ist, auf der in der Richtung des Meridians eine Linie gezogen ist, oder daß in einiger Abstand von dem Instrument in der Richtung des Meridians eine Säule aufgestellt ist, auf der die Meridianlinie gezogen ist.

die Ptolemäische Beschreibung anschließt und „Verbesserungen“ oder überhaupt Abweichungen, wie in der Vorrede zu dem Werk angekündigt ist, nicht festzustellen sind. Sehr wahrscheinlich benützten Regiomontanus und andere das Werk Gābir b. Aflāhs später in der Übersetzung von Gerhard von Cremona.

Ich wende mich jetzt zu den Werken, die von Arabern selbst herrühren. Von den wenigen uns erhaltenen arabischen Quellenschriften ist die wichtigste eine Handschrift der Pariser Bibliothek (No. 2544 n 10. Vgl. Quellenschr. No. 19), über die sich im Kataloge von de Slane folgende Angabe findet:

„Abhandlung eines anonymen Verfassers, der sich in Damaskus 1252/53 aufhielt, über mehrere Beobachtungsinstrumente, die er selbst konstruiert hatte, nämlich 1. einen Mauerquadranten, 2. ein Astrolab, 3. parallaktische Lineale (?) — Instrument mit den wandernden Absehen und mit den beiden Löchern [das Hipparch'sche Lineal], 4. das Instrument mit dem Sinus und Sinusversus, 5. das Instrument mit den Quadranten. Mehrere dieser Instrumente sind in den Texten abgebildet.“

Von den in der Handschrift besprochenen Instrumenten interessieren uns hier nur die Ringinstrumente, von denen die Ekliptikal- (oder Zodiakal-) Armille, kurz Armillarsphäre genannt, die Solstitialarmille und die Äquatorialarmille erwähnt werden. Dabei findet die Ekliptikarmille die eingehendste Behandlung, ein Umstand, der im Verein mit dem Reisebericht von Schems al Dīn al Harīrī (Quellenschriften No. 18) darauf hindeutet, daß sie wohl das Hauptinstrument der Sternwarte zu Marāgā war.

Sie bestand aus den 5 Ringen: Meridian-, Ekliptik-, Solstitialkolor-, innerem und äußerem Beobachtungsring. Obwohl nach der Handschrift und dem Bericht von al Harīrī der sechste Ring, der bei der Ptolemäischen Ekliptikarmille die Absehen trägt, nicht genannt wird und offenbar durch eine Alhidade ersetzt war, gibt der Verfasser doch eine genaue Beschreibung von der Einrichtung dieses 6. Ringes. Diese Stelle lautet¹⁾:

Anstelle der Alhidade kann man auch einen sechsten Ring benutzen, wie ihn Ptolemäus in den fünften einsetzt, um die Breite der Sterne zu ermitteln. Beide Anordnungen geben dieselben Resultate. Doch ist die Konstruktion und Anwendung der Alhidade bequemer, denn die Schwierigkeiten, die die Anwendung des sechsten Ringes mit sich bringt, werden vermieden. Die Vorrichtungen, mittels derer man den Absebring so in die Ebene des innern Beobachtungsringes anbringt, daß er leicht drehbar ist, haben gewisse Mängel im Gefolge. Es wäre nämlich folgende Konstruktion denkbar²⁾. Die ganze konvexe Fläche des sechsten Ringes versieht man mit einer ringsum laufenden Rinne, in die Schrauben³⁾ hineintragen, die den fünften Ring radial durchsetzen. Um eine noch sicherere Führung zu erhalten, werden in die beiden ebenen Oberflächen des sechsten (Abseh-)Ringes nahe am konvexen Rande „Schrauben“⁴⁾ mit breiten Köpfen eingelassen, deren untere Fläche auf der Seitenfläche des 5. Ringes aufliegt.

1) Ich folge der Übersetzung Jourdain's, da mir das Original nicht zugänglich ist.

2) Aus dem Text Jourdain's geht nicht hervor, ob diese Konstruktion hypothetisch ist. Repsold hat für einige technische Unklarheiten eine Erklärung gegeben — Nachträge zu den Meßwerkz. S. 127 u. 128 —, die die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat und in der obigen Beschreibung berücksichtigt wird.

3) Jourdain übersetzt „Schrauben“. Ob es sich hierbei aber wirklich um Schrauben handelt, ist sehr zweifelhaft, da wir keine anderen Angaben finden, daß die Araber um diese

So erreicht man in der Tat, daß die beiden Ringe in derselben Ebene bleiben. Doch läßt sich diese Art der Befestigung in unserem Falle mit Rücksicht auf die Zwecke des fünften Ringes nicht anwenden. Dadurch würde nämlich der Index, der die Grade anzeigt, verhindert, auf dem Umfang des 5. Ringes entlang zu gleiten¹⁾.

Umschließt übrigens der sechste Ring den fünften zu eng, so kann der Beobachter ihn nicht drehen, vor allem dann nicht, wenn er groß ist. Sitzt aber der fünfte Ring zu locker, so verschiebt er sich und die beiden Mittelpunkte der Ringe fallen nicht mehr zusammen (Exzentrizitätsfehler). Ist der 6. Ring sehr groß, so stehen die Absehe an den Enden eines Durchmessers sehr weit auseinander, und der Beobachter ist nicht im Stande, durch beide hindurch den Stern zu erblicken, den er beobachten will. Bei den Dimensionen kann man auch nicht zwischen die Absehe eine Röhre legen, da sie zu schwer sein würde²⁾. Bei (Sonnen-)Strahlen, die die beiden Löcher durchsetzen, aber würde man kein scharfes Bild bekommen und daher keine genauen Beobachtungen machen können³⁾.

Ein kleines Instrument würde nicht hinlänglich genaue Messungen gestatten und daher nutzlos sein.

Die von uns angewendete Alhidade ist daher viel einfacher, da die Absehe an jede gewünschte Stelle hingesezt werden können und die oben erwähnten Mißstände vermieden werden.⁴⁾

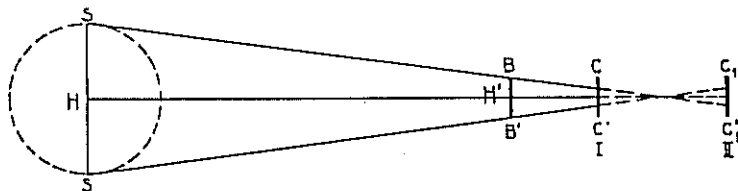
Zeit schon Schrauben gekannt hätten; vergl. E. Wiedemann u. F. Hauser, Über die Uhren im Bereich d. isl. Kultur. Nova acta d. Leopoldina Bd. C, No. 5, S. 45, 1915. Vermutlich handelte es sich um einfache Stifte oder Blättchen, die angelötet wurden.

1) Der Sinn dieser Beweisführung ist nicht ganz klar. Jedenfalls sieht man nicht ein, warum der Index sich nicht völlig frei drehen lassen sollte; die Schraubenköpfe drehen sich doch mit dem inneren Ringe, so daß sie jedenfalls dem Index nicht im Wege sind. Jourdain scheint hier den vielleicht verdorbenen Text nicht verstanden zu haben.

2) Solche Röhren, die die Löcher der beiden Absehe verbinden, erleichterten die Beobachtung insofern, als sie vor allem bei größeren Abständen der Löcher störendes Seitenlicht abhielten. Diese Abschirmung geschah noch vollkommener durch gleichzeitige Anwendung einer größeren Schutzblende an der Seite der Röhre, die dem Auge am nächsten ist. Dadurch war es möglich, auch lichtschwache Sterne noch gut zu beobachten. Sie sind z. B. von al Birûni benützt worden (Beitr. XVII, 38; s. auch S. Günther, Bibl. Math. 15, 1894).

3) Jourdain hat hier wörtlich: „der Beobachter würde durch intensives Licht geblendet werden und nicht mehr genau beobachten können.“ Danach stellt sich Jourdain die Sonnenbeobachtung als direkte Anvisierung vor. Das widerspricht aber dem sonst üblichen Verfahren der Schattenbeobachtung. Bei dieser aber läßt sich die angeführte Stelle in der oben wieder gegebenen Lesart folgendermaßen erklären: Stehen die beiden Absehe weit auseinander, so ist die scheinbare flächenhafte Ausdehnung der Sonne nicht mehr zu vernachlässigen. Solange sich die zweite Absehe CC' (Stell. I) in dem Schattenkegel der ersten Absehe BB', die als

Fig. 2.



Aperturblende wirkt, befindet, wird sich der Hauptstrahl HH', der durch die Öffnung der ersten Blende hindurch geht, auf der zweiten Blende deutlich abbilden. Rückt die Absehe CC' über die Spitze des Schattenkegels hinaus nach C₁C₁' (Stell. II), so wird sie von den Randstrahlen getroffen, und der Hauptstrahl HH' ist nicht mehr deutlich wahrnehmbar.

Leider werden über die Absehen keine weiteren Angaben gemacht. Da wir später bei Tycho Brahe ähnlich eingerichtete Absehen finden, so wäre es interessant, festzustellen, ob eine Ähnlichkeit zwischen beiden besteht. Über die Gradeinteilung macht Jourdain die kurze Bemerkung, daß sie so weit getrieben wurde, wie die Kunst des Verfertigers und die Größe des Ringes es erlaubten. Des Verfassers Instrumente waren in Grade und Minuten geteilt. Der größte Ring, der erwähnt wird, hatte einen Durchmesser von fünf Ellen, etwa 3,5 Meter. Vermutlich waren die Ringe der Armillarsphäre kleiner. Nehmen wir einen Durchmesser von etwa drei Metern an, so müßten bei einer Teilung in Minuten auf das Zentimeter etwa 23 Teilstriche kommen, eine Teilung, die man damals wohl schon herstellen konnte.

Die Art, wie man die großen Ringe bearbeitete, schildert folgende Stelle der Handschrift:

„Man nimmt Stücke von recht festem Kupfer, eine halbe Elle lang (25 cm) und drei Finger dick (6 cm) und zieht an deren einem Rande einen Kreisbogen, der dem konvexen Umfang (des Ringes) entspricht, der zu glätten ist. Was innerhalb dieses Kreisbogens liegt, entfernt man mit der Feile. An der zweiten Kante des Kupferstückes zieht man einen weiteren Kreisbogen, der dem konkaven und konvexen Umfang des Ringes entspricht. Diese Bogenstücke dienen dazu, die entsprechenden Flächen der Ringe zu glätten, falls sie Unebenheiten aufweisen sollten. Für die Oberflächen [d. h. die ebenen Flächen] verwendet man zwei Lineale A und B. Lineal A ist gleich der Länge des Durchmessers des größten [Umfangs-]Kreises, während B nur 3 Schibr, d. i. er. 75 cm (1 Schibr = 25 cm, vgl. E. Wiedemann und F. Hauser, *Uhren* S. 47) lang ist. Lineal A legt man an je zwei diametral gegenüberliegende Grade: liegt das Lineal vollkommen auf, so sind die Flächen glatt und eben; ist aber Licht vorhanden [d. h. geht Licht zwischen Lineal und Fläche hindurch], so sind Unebenheiten vorhanden, die man mit der Feile beseitigt. Dann legt man das kleine Lineal B Teilstrich für Teilstrich auf die ebenen Flächen: hat es „Licht“, so gebraucht man die Feile. In ein drittes Lineal C macht man ferner an einem Ende einen rechtwinkligen Einschnitt, der so tief ist, wie der Ring dick. Dieses dient dazu, den ganzen Umfang des Ringes abzugleichen, indem man es bald an die konvexe Seite des Ringes anlegt. Schließlich macht man noch in ein Stück Kupfer einen Einschnitt, um damit die Dicke des Ringes auszumessen [dieser Einschnitt ist L-förmig]. Mit seiner einen Seite führt man an einer der gewölbten Flächen, mit der andern auf einer der ebenen Flächen entlang, etwa sich zeigende Unebenheiten beseitigt man mit der Feile. So richtet und schlichtet man die Ringe. Um aber diese Arbeit mit größtmöglicher Genauigkeit auszuführen, bringt man den Ring, dessen ebene Flächen zu schlichten sind, auf eine horizontale Unterlage, die ganz genau mit Winkelmaß und Lot gerichtet ist. Dann nimmt man Tüpferton und macht eine Rinne längs der konkaven Seite des Ringes. Diese Rinne füllt man mit Wasser, während man auf den Ring pulverisierte Potasche streut¹⁾. Läuft dann das Wasser über den Ring ab, so feilt man die über das Wasser hervorragenden Unebenheiten glatt.“

Aus der Anwendung eines so umständlichen Verfahrens glaubt Jourdain schließen zu müssen, daß den Arabern damals die Drehbank noch nicht bekannt war. Diese Vermutung ist jedoch nicht zutreffend (vgl. E. Wiedemann und F. Hauser, *Uhren* S. 66 Anm. 1): in den *Libros del saber de astronomia* des Königs Alfons, die ungefähr um dieselbe Zeit verfaßt wurden wie die obige Abhandlung, finden wir eine eingehende Beschreibung der Bearbeitung von Ringen

1) Potasche macht das Kupfer fettfrei und führt so eine vollständige Benetzung des Ringes mit dem Wasser herbei — vgl. Repsold, *Astron. Meßwerkzeuge*, Nachtr. S. 127, Anm.

auf der Drehbank¹⁾. Freilich für Ringe von etwa 3 Meter Durchmesser eine Drehbank zu bauen hatte für die damalige Zeit kaum einen Zweck, da solche Exemplare doch nur vereinzelt vorkamen. Daß man aber auch dafür schon eine Bearbeitungsmethode kannte, die an unsere modernen Drehbänke für große, schwere Stücke erinnert, bei denen diese Stücke festliegen und der schneidende Stahl rotiert, geht aus der Beschreibung eines um 1100 in Kairo hergestellten gewaltigen Ringes von cr. 5 Meter Durchmesser hervor. (Vgl. E. Wiedemann, *Sirius* B. 52, S. 125.)

Abweichend von der Angabe von Schems al Din al Hariri, daß der Meridian direkt im Boden befestigt war, gibt Jourdain nach jener Handschrift an, daß das Instrument noch ein besonderes Fußgestell hatte. Diese Stelle ist jedoch nicht ganz klar. Vermutlich geschah die Aufstellung in folgender Weise: man errichtete eine Steinsäule, auf deren oberer Fläche man die Mittagslinie zog. In der Richtung dieser Linie befestigte man in einem Loch zwei Kupferstäbe. Diese waren zweimal in entgegengesetzter Richtung unter rechten Winkeln umgebogen (A₁—B₂). Die kürzeren Enden A wurden in den Stein eingelassen, die längeren B stützten den Meridianring, der wahrscheinlich mit seinem unteren Ende auf dem Steinsockel aufstand, vielleicht sogar noch etwas in diesen eingelassen war.

Als zweites Ringinstrument wird die Solstitialarmille beschrieben, die fälschlich als das Astrolab des Ptolemäus bezeichnet wird. Ein gewaltiger Ring von etwa 5 Ellen (cr. 3,5 m) Durchmesser war in Grade, Minuten und drittel Minuten geteilt. Dabei würden auf den Zentimeter rund 50 Teilstriche kommen. Eine solche Feinteilung setzt aber einen so hohen Grad der Entwicklung der Feinmechanik voraus, daß deren Verwirklichung für die damalige Zeit recht zweifelhaft erscheint. Die Zählung der Teilung geschah in den Quadranten von 0—90, wobei die neunzigsten Grade jeweils im Fußpunkt und im Zenith lagen.

Auch bei dieser Solstitialarmille ist der Absehring durch eine Alhidade ersetzt. Die Achse, um die sich diese dreht, ist auf einem Durchmesser aus Kupfer angebracht, der den aufrechtstehenden Ring senkrecht durchsetzt und dabei durch den Fußpunkt und den Zenith des Meridianringes geht; so dient er zugleich als wirksame Versteifung.

Dieses Instrument soll vor allem zur Bestimmung der Schiefe der Ekliptik dienen, doch erlaubt es auch, die Breite des Beobachtungsortes zu ermitteln. Dazu bestimmt man die größte und die kleinste Kulminationshöhe eines Zirkumpolarsternes. Das arithmetische Mittel aus beiden ergibt die Polhöhe oder Breite des Beobachtungsortes²⁾.

Das dritte Ringinstrument, das beschrieben wird, ist die Äquatorialarmille, ein einfacher Ring ohne Teilung, ohne Absehen und Index. Er ist in der Ebene

1) Nach E. Wiedemann u. J. Frank wurden auch mittels der Drehbank Kreise auf Kugeln gezogen. (*Zeitschr. f. Instrumentenkunde* 41, 225, 1921.) Auch sonst finden sich häufig Drehbänke erwähnt.

2) Zu einer andern Methode zur Bestimmung der Höhe aus korrespondierenden Höhen von Sternen, die nahe durch den Zenith gehen, nach Ibn al Haiṭam vgl. C. Schøy. *De Zee* 1920, S. 586.

des Himmelsäquators aufgestellt und dient dazu, den Tag der Äquinoktien zu bestimmen. Man erkennt diesen Tag daran, daß an ihm die konkave Fläche des Ringes vollständig beschattet ist. Ein Meridianring dient zur Aufstellung und Orientierung dieses Äquinoktienringes. Leider wird nicht angegeben, wie beide Ringe miteinander verbunden waren. Aus der Bemerkung, daß man beim Gebrauch dieses Instrumentes die Breite des Ortes zuvor genau bestimmt haben muß, ist zu schließen, daß man den Ring für verschiedene Breiten einstellen konnte. Ob nun der Äquinoktienring gegenüber dem Meridianring oder aber mit diesem zusammen drehbar war, geht aus der kurzen Beschreibung nicht hervor.

Man erkennt aus dieser Angabe, daß die zu Marāgā benutzten Instrumente sich eng an die aus dem *Almagest* bekannten Formen anschlossen. Durch Vergrößerung der Ausmaße und Verfeinerung der Herstellung haben sie hier einen Höhepunkt der Entwicklung erreicht. Bei der Unmöglichkeit, die Leistungsfähigkeit der Ringinstrumente noch weiter zu steigern, führte das Bestreben, die Meßgenauigkeit zu erhöhen, schon damals zur Konstruktion von Instrumenten nach ganz neuen Gesichtspunkten. Zu diesen gehören die von dem Verfasser als „neu“ bezeichneten Instrumente. Bei ihnen tritt deutlich der Übergang von den Beobachtungen im Äquatorial- und Ekliptikalsystem zu solchen im Horizontalsystem hervor. Das wichtigste dieser neuen Instrumente ist nämlich ein Azimutalquadrant. Wenn auch die Führung der beiden Quadranten und die Ablesung des Azimuts mittels eines großen, in der Ebene des Horizontes angeordneten Ringes geschah, so können wir doch diesen Quadranten nicht mehr zu den Ringinstrumenten rechnen; wie schon angedeutet (S. 14), entwickelte sich diese Form weiter zu dem modernen Theodoliten.

c) Die Armillarsphäre zur Zeit des Königs Alfons X. von Kastilien.

Zu derselben Zeit, zu der in Marāgā noch einmal die astronomische Tätigkeit der Araber eine Glanzperiode erlebte, war im Westen der Verfall der muslimischen Kultur ziemlich weit vorgeschritten. Um die wissenschaftlichen Errungenschaften der Araber seinem Volke und der Nachwelt zu erhalten, ließ König Alfons von Kastilien (1226—1284) ihm zugängliche arabische Handschriften sammeln, ins Spanische übersetzen, erläutern und nach der noch im Volke lebenden mündlichen Überlieferung ergänzen. Den Niederschlag dieser Tätigkeit bilden unter andern die *Libros del saber de astronomia*. Dies umfangreiche Werk ist 1863—1866 von Rico y Sinobas im Auftrage der spanischen Akademie der Wissenschaften veröffentlicht worden¹⁾.

Uns interessiert hier nur das zweite Buch, das „von den Ringen (de las armellas)“ handelt. Es zerfällt in zwei Teile: der erste, offenbar eine erweiterte Übersetzung des fünften Buches des *Almagest*, die, wie aus den Anfangsworten: „Es sprach der weise Abuñach Hazarquiel“ zu schließen ist, von Abū

1) Vgl. u. a. W. Rump, Uhren im mittelalterlichen Spanien, in E. v. Bassermann-Jordan, Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren.

Isbāq h. al Zarqālī (1029—1087; Sut. 255) herrührt. behandelt die Konstruktion, der zweite Teil die Anwendung der Armillarsphäre. Dieser zweite Teil ist keine Übersetzung, sondern eine selbständige Aufgabensammlung; denn nach dem Vorwort fand sich damals kein Werk, das man hätte übersetzen können. Die Aufgaben schließen sich jedoch eng an diejenigen an, die man für das Astrolab, den Quadranten u. s. w. schon mehrfach zusammengestellt hatte. Der Übersetzer ist nach den Angaben, die Alfons in dem von ihm selbst geschriebenen Vorwort macht, der Gelehrte Rābizag von Toledo, d. i. Isbāq Ibn Sid, der Hauptverfasser der alfonsinischen Tafeln (vgl. A. Wegener, Die astron. Werke Alfons X. Bibl. math. 6, 148. 1905).

Der Beschreibung der einzelnen Ringe gehen drei einleitende Kapitel voraus, deren erstes den Zweck und Nutzen eines Ringinstrumentes im allgemeinen und der hier beschriebenen Armillarsphäre im besonderen hervorhebt, die wegen der Anordnung ihrer Ringe übereinander und wegen der Vereinigung aller Bezugssysteme in einem Instrument allen ähnlichen bisher konstruierten Apparaten überlegen ist. Der Nutzen besteht darin, daß die Menschen den Ort und den Lauf der Sonne, des Mondes und der Sterne, ihre Größe und die Weite ihrer Bahnen und damit die Gesetze kennen lernen, nach denen die Bewegungen am Himmel erfolgen. Neben diesem Nutzen für die Wissenschaft geht der für das tägliche Leben her, daß man nämlich die Dauer von Tag und Nacht und die Tageszeit für alle Orte der Erde mit dem Instrument bestimmen kann.

Zur Geschichte des Instruments wird bemerkt (I), daß der erste, der darüber schrieb, Ptolemäus gewesen ist. Doch war das Instrument selber schon vor ihm in Gebrauch. Die Beschreibung des Ptolemäus ist sehr kurz und nur für Leute verständlich, die neben wissenschaftlicher Bildung auch gute technische Kenntnisse und Handfertigkeit besitzen, was nur sehr selten der Fall ist.

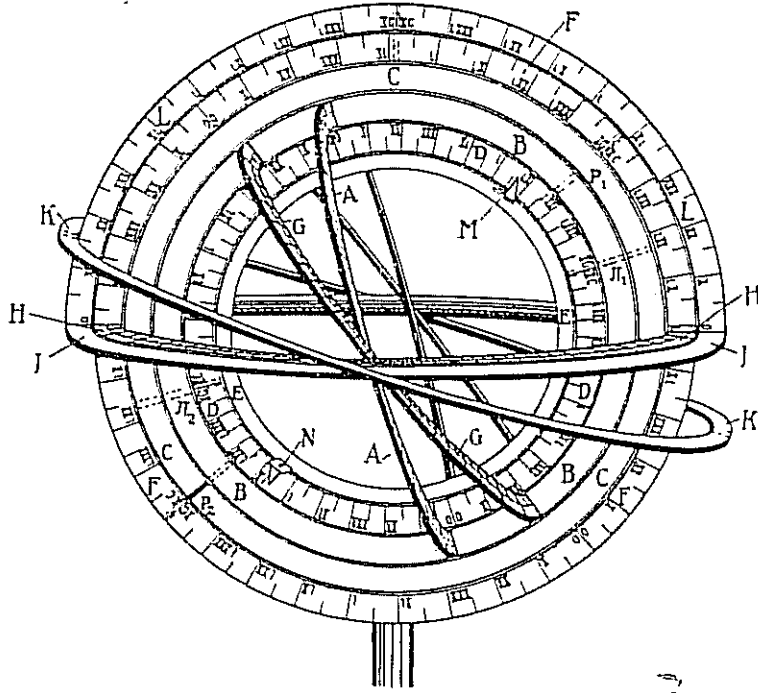
Als Material für die Ringe wird eine Legierung von Messing empfohlen (II), die man (wohl durch Kupferzusatz) „kupfern geführt“ hat. Denn Messing eignet sich am besten zur Bearbeitung auf der Drehbank (torno). Die Drehbank benutzt man aber deshalb zur Herstellung der Ringe, weil man mit ihr weit besser als mit Feile und Hammer gerade Flächen herstellen kann. Über die Bearbeitung auf der Drehbank wird etwa folgendes gesagt (III): Man nimmt ein rundes Stück Holz und steckt den Ring so darauf, daß er knapp, ohne zu wackeln, aufsitzt. Das Eisen, das zum Abdrehen dient, wird an einer passenden Stelle dem Ring gegenüber fest eingeklemmt, so daß seine scharfe Spitze den in Umdrehung versetzten Ring schneidet und glättet.

Die Beschreibung der einzelnen Ringe, die durch eingefügte Abbildungen erläutert wird, beginnt mit dem Tierkreisring A und dem Polring B (Kolor) (IV). An diesen erklärt er zuvor einige allgemeine Begriffe und einige arabische Worte, die damals wohl noch gebraucht wurden. So heißt die konvexe Fläche eines Ringes „mohaddab“ [arab. muḥaddab] = obere Fläche oder „Außenfläche“ und die konkave mocahr [arab. muḥa'ar] = untere Fläche oder „Innenfläche“. Für die beiden ebenen Flächen, die Seitenflächen, ist der arabische Name nicht angegeben.

Ein auf der Drehbank gut bearbeiteter Ring wird als Tierkreisring A hergerichtet. Dazu wird die eine Seitenfläche durch zwei konzentrische Kreise in drei Felder, der äußerste Randkreis in Grade und so weit möglich in Unterabteilungen geteilt.

Mit Hilfe eines Lineals, das man an je zwei diametral gegenüberliegende Punkte anlegt, teilt man die ebene Fläche des Ringes so, daß in das äußere Feld die feinste Teilung, in das mittlere 12 Abschnitte von je 30 Grad und in das innere eine Teilung von Grad zu Grad fallen. In die 12 Abschnitte des mittleren Feldes schreibt man in der richtigen Reihenfolge die Namen der 12 Tierkreiszeichen, an die Gradteilung des inneren Feldes die Grad-

Fig. 3.



Die Armillarsphäre des Königs Alfons X. von Kastilien.

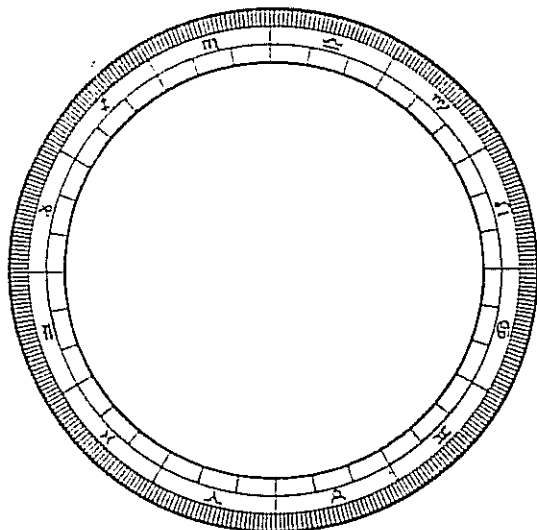
Diese Figur ist, soweit es zeichnerisch möglich ist, nach den Angaben von Alfons von Kastilien gezeichnet. Es bedeutet:

A den Ekliptikring, B den Kolur- oder Polring, C den äußeren, D den inneren Beobachtungsring, E den Absehring, F den Meridianring, G den Äquatorring, H den Horizontring, I den Trügering des Höhenhalbkreises, K den Höhenbeobachtungsring, L den Höhenhalbkreis, M, N die Absehen, P₁, P₂ die Pole des Äquators, II₁, II₂ die Pole der Ekliptik.

In der Figur sind die durch den Ring K radial gebohrten Schlücher durch Striche angedeutet. Die Dicke der Ringe ist der besseren Übersicht wegen schmaler gezeichnet, als sie wohl in Wirklichkeit war.

Die in den *Libros del saber* befindliche kolorierte Gesamtansicht der Armillarsphäre ist nach dem damaligen Zeichenverfahren perspektivisch verzeichnet und entspricht nicht ganz den Angaben im Text.

Fig. 4.



zahlen von 1 bis 30 entsprechend der Teilung des mittleren Feldes. An den Anfang des Widders und der Waage, des Krebses und des Steinbocks macht man ein Zeichen, das auch auf der Außenseite sichtbar ist. Ebenso verfährt man an $23^{\circ} 33'$ des Krebses und des Steinbocks. Diese $23^{\circ} 33'$ sind nach den Angaben des Verfassers ein guter Mittelwert für die Schiefe der Ekliptik. Die auf dem Tierkreisring durch die Zeichen besonders hervorgehobenen Punkte überträgt man auf einen zweiten gleich großen und gleich dicken Ring, indem man die beiden Ringe aufeinander legt und die Zeichen auf dem zweiten Ring an den betreffenden Stellen einritz. Dieser zweite Ring soll der Polring werden, die auf ihn übertragenen Punkte bezeichnen die Pole der Ekliptik und des Äquators und die Schnittpunkte des Ekliptikrings mit dem Polring, die um 90° von den Polen der Ekliptik abstehen. Die übertragenen Punkte dienen als Ausgangspunkte für je eine Linie, die um den Querschnitt des Ringes herumgezogen wird und sich naturgemäß aus 4 Stücken zusammensetzt. Das erste Stück auf der Seitenfläche erhält man durch Anlegen eines Lineals an zwei entsprechende diametral gegenüberliegende Punkte. Das zweite Stück, das auf die Außenseite des Ringes fällt, zeichnet man streng und umständlich nach den Regeln der Euklidischen Geometrie; in den übertragenen Punkt auf der Kante des Ringes setzt man den einen Schenkel eines Zirkels ein und schlägt mit einer Zirkelöffnung gleich der doppelten Breite der Außenseite einen Kreisbogen, der die gegenüberliegende Kante A und B schneidet. Halbiert man den Bogen AB und verbindet den Halbierungspunkt mit dem Ausgangspunkt, in den man den Zirkel einsetzte, so steht diese Linie senkrecht auf der Kante des Ringes und verläuft — um 90° geknickt — in der Richtung des ersten auf der Seitenfläche gezogenen Stückes. Hat man in gleicher Weise auch die diametral gegenüberliegende Linie auf der Außenseite des Ringes konstruiert, so ist das dritte Stück des Linienzuges wieder leicht zu zeichnen, indem man an die Endpunkte der beiden zweiten Stücke ein Lineal anlegt. Die Verbindung des Endpunktes dieser dritten Linie mit dem Anfangspunkt der ersten Linie geschieht mit dem Lineal. Die Linienstücke, die auf die Außen- und Innenseite am Anfang des Krebses und Steinbocks und an $23^{\circ} 33'$ des Krebses

und Steinbocks fallen, werden halbiert. Je vier Halbierungspunkte liegen in Richtungen, die die Richtung der Ekliptikachse und der Weltachse angeben. An den Halbierungspunkten wird der Ring in den entsprechenden Richtungen durchbohrt.

Als nächste Ringe werden die beiden Beobachtungsringe C und D beschrieben (V): der größere (äußere) C, dessen innerer Radius gleich dem äußeren des Ekliptik- und Polringes ist, und der kleinere (innere) D, dessen äußerer Radius gleich dem inneren jener beiden Ringe ist. Ihre Dicke ist gleich der des Polringes B. Um den äußeren Beobachtungsring C für seinen Zweck herzurichten, sind auf ihm 2 Pole zu bestimmen, dazu legt man den Polring in den äußeren Beobachtungsring hinein, sodaß beide Ringe in einer Ebene liegen, und überträgt die Ekliptikpole des Polringes durch ein Zeichen auf jenen. In ähnlicher Weise findet man die beiden Pole auf dem inneren Beobachtungsring D. Letzterer erhält außerdem eine Gradteilung, wobei die Zählung in den vier Quadranten von 0 bis 90 erfolgt, wobei der neunzigste Grad jedesmal an einen der Polpunkte fällt¹⁾.

In den inneren Beobachtungsring D wird ein schmaler Absehring E eingesetzt. Seine Führung erfolgt in der Weise, daß aus dem inneren Beobachtungsring auf der Drehbank ein dem Querschnitt des Absehringes entsprechendes Stück herausgedreht wird²⁾.

Dabei bleibt die vordere Seitenfläche [a] mit ihrer Gradteilung völlig unverändert. Während der schmale Absehring auf der einen Seite mit seiner ganzen Fläche an dem stehengebliebenen Stück des inneren Beobachtungsringes anliegt, wird er auf der anderen Seite durch drei oder mehr Messingblättchen, die an den Beobachtungsring angelötet werden, in dem Ausschnitt gehalten, sodaß er sich ungehindert um seine Achse drehen kann³⁾.

Als Abseher dienen zwei an die Innenfläche des schmalen Ringes einander diametral gegenüber angelötete durchbohrte Blättchen [b], die über die Fläche [a] des inneren Beobachtungsringes hervortragen, und deren Löcher gleichen Abstand von dieser Ebene haben.

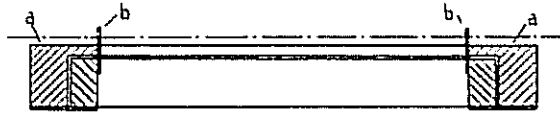
Statt dieses schmalen Ringes kann man auch eine Alhidade anbringen. Man lötet dazu eine Messingleiste als Durchmesser in den inneren Beobachtungsring, in die man im Mittelpunkt des Ringes das Loch für die Achse der Alhidade bohrt. Die Alhidade selbst ist die gleiche wie bei den Astrolabien: ihre Zeiger gleiten auf der Teilung des inneren Beobachtungsringes D.

Die so vorbereiteten Ringe A, B, C und (D und E) setzt man folgendermaßen zusammen: Den Tierkreisring A, der von dem Polring B am Anfang des Krebses und des Steinbocks geschnitten wird, feilt man an diesen zwei Stellen auseinander und zwar so, daß an den Schnittstellen je zweimal drei Achtel der Breite des Polringes B, d. h. je drei Achtel rechts und links des Teilstreiches, der den Anfang des Krebses bzw. des Steinbocks darstellt, abfallen. Der

1) Der Verfasser gibt irrtümlicherweise an, daß bei einer Zählung von 1 bis 90 und von 90 bis 1, dann wieder von 1 bis 90 und von 90 bis 1 die Aufschrift der „Einheiten“ an den beiden Enden des Durchmessers sein soll, wo die „Pole“ sind. In der beigegebenen Figur sind aber die Gradzahlen in der richtigen Anordnung aufgeschrieben, d. h. die Zählung beginnt an der Ekliptik und endet an den Polen.

2) Dabei ergibt sich der aus nebenstehender Figur ersichtliche Querschnitt:

Fig. 5.



3) Die Führung des Absehringes ist hier eine andere, als die Araber sie zu dem gleichen Zweck anwandten. Vgl. S. 22 und J. Frank, Das Beobachtungsastrolab, Archiv für Gesch. d. Med. u. Naturw. 4. 1921.

Polring B aber wird an den Linien, die in 90 Grad Abstand von den Ekliptikpolen gezeichnet waren, auf beiden Seitenflächen so weit eingefeilt, daß die Breite der Ausfeilung der Dicke des Ekliptikringes A, ihre Tiefe aber beiderseits je $\frac{1}{2}$, der Breite des Polringes B ist. Es bleiben also in der Mitte $\frac{1}{4}$ vom Körper des Polringes B stehen, sodaß bei der Einsetzung des Tierkreisringes A die an den Schnittstellen weggeseilten zweimal $\frac{1}{2}$, wieder ausgefüllt sind. Damit sich bei der Zusammenfügung der Polring B und der Ekliptikring A genau unter rechten Winkeln schneiden, legt man den Polring B auf eine ebene Tischplatte und zieht auf dieser die Verbindungslinie der beiden früher festgelegten Ekliptikpole des Ringes. Durch Halbierung dieser Verbindungslinie findet man den Mittelpunkt und Radius des Ringes B. Weiter fertigt man dann aus einer Kupferplatte von gleicher Dicke wie der Polring B einen Quadranten mit dem gefundenen Radius an. Diesen richtet man durch Anlegen von rechten Winkeln aus Holz senkrecht auf der Tischplatte so auf, daß der Mittelpunkt des Quadranten in den Mittelpunkt des Ringes fällt und die eine Kante des Quadranten an dem auf der Tischplatte gezeichneten Durchmesser anliegt. Hat man den Quadranten in dieser Lage vorläufig befestigt, dann bringt man die eine Hälfte des Tierkreisringes A mit den Enden in die Einschnitte im Polring B und die Mittellinie des Halbringes A an die obere, vordere Kante des Quadranten. Bevor man diesen Halbring endgültig festlötet, prüft man mit dem Zirkel, ob auch die Entfernung von den Polen der Ekliptik bis zur inneren Kante des Tierkreisringes, die nach Norden zu liegt, richtig ist. Ist das der Fall, so lötet man die beiden Enden des halben Tierkreisringes A in dem Polring B fest. Hierbei darf man mit dem Feuer den Ringen nicht zu nahe kommen, da sie sich sonst verbiegen. Ist diese eine Hälfte des Tierkreisringes gut eingesetzt, so läßt sich die zweite leicht folgendermaßen anbringen: Man preßt den inneren Beobachtungsring D an die konkave Fläche der schon angelöteten Hälfte des Tierkreisringes A, legt seine zweite Hälfte um den Beobachtungsring gegenüber der ersten und lötet diese in den Ausschnitten am Polring fest. Dabei muß man vorsichtig sein, damit man die erste Hälfte nicht wieder loslötet.

Es folgt die Einsetzung der beiden Beobachtungsringe C und D. Dazu bringt man den äußeren Beobachtungsring C, den Polring B und den inneren Beobachtungsring D so zusammen, daß die Ekliptikpole der drei Ringe in einer geraden Linie liegen (Ring B, C und D sind ganz durchbohrt). Durch je drei zusammenliegende Pollöcher steckt man einen Polstift, der so stark ist, daß er eine leichte Umdrehung der Ringe gestattet, ohne daß diese wackeln. Die Polstifte werden an ihren Enden genietet, die Nietköpfe aber werden in einer Erweiterung des Polloches verseckt, sodaß sie der Umdrehung des anschließenden Ringes F, der dieses innere System umfaßt und trägt, nicht hinderlich sind. Der innere Radius dieses Meridianringes F ist gleich dem äußeren Radius des äußeren Beobachtungsringes C. Der Ring muß breiter sein als der Polring, stark genug, um das System der eben beschriebenen Ringe zu tragen. Er erhält eine Gradteilung genau so wie der innere Beobachtungsring. An den Polen (der Welt), die sich wieder je am neunzigsten Grad befinden¹⁾, sind fest im Meridianring F sitzende Polstifte angebracht, die in die auf dem Polring B befindlichen Löcher der Äquatorpole eingreifen, sodaß sich das innere System der vier Ringe um die Pole der Welt drehen kann. Die Aufstellung des Meridianringes, die hier Alfons erwähnt, wird später ausführlicher besprochen. (S. S. 34 u. 35).

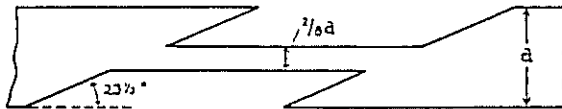
Offenbar erreicht die Beschreibung hier einen gewissen Abschluß. Man erkennt leicht, daß das bisher zusammengebaute Instrument die Ekliptikarmille des Ptolemäus ist. Die Beschreibung schließt sich, wenn man von der An-

1) In der in den Libros S. 34 gegebenen Figur ist die Zählung der Meridianteilung in der Weise durchgeführt, daß der 90ste Grad in Richtung Zenith-Nadir des Beobachtungsortes fällt. Aus verschiedenen Stellen in der Beschreibung und in der Aufgabensammlung geht jedoch unzweideutig hervor, daß die Grade des Meridianringes in der oben angegebenen Weise gezählt wurden.

föhrung aller Konstruktionseinzelheiten absieht, eng an Buch V, Kap. 1 des Almagest an. Vermutlich handelt es sich um eine Überarbeitung dieses Kapitels durch Zarqālī, die der spanische Übersetzer noch etwas erweiterte. Die jetzt folgende Beschreibung von weiteren Ringen, die noch in das obige Instrument eingebaut werden, ist eine Ergänzung, die Alfons anbringen ließ.

In das innere System der vier Ringe wird zunächst ein Äquatorring G eingesetzt (VII) von denselben Dimensionen wie der Ekliptikring und der Polring. Seine Teilung geht von 0 bis 360 Grad. Der Anfang der Teilung, der 90ste, 180ste und 270ste Grad wird durch ein Zeichen hervorgehoben. An diesen Stellen wird der Ring in 4 Quadranten zerschnitten. Die Enden der einzelnen Quadranten werden, wie wir weiter unten sehen werden, in besonderer Weise zurecht gefeilt. Um sie in den Polring B und den Ekliptikring A einzusetzen, dient wieder eine umständliche geometrische Konstruktion. Die Schnittpunkte des Äquatorringes G mit dem Polring B sind von den schon früher angenommenen Äquatorpolen aus in einem Abstand von 90 Grad von diesen festzulegen. An diesen Stellen feilt man genau wie früher bei der Einsetzung des Ekliptikringes A Einschnitte in den Polring B so breit wie der Äquatorring G und so tief wie $\frac{1}{4}$ der Breite des Polringes B ist. Schwieriger gestaltet sich die Kreuzung des Äquatorringes G mit dem Ekliptikring A, die unter einem Winkel von $23^{\circ} 33'$ erfolgt. Zur Festlegung der Profile für die Einschnitte, die auf dem Ekliptikring A zu machen sind, dient folgende geometrische Konstruktion: Um den Äquatorpol des Polringes B schlägt man mit einer Zirkelöffnung, die einem Bogen von 90° auf dem Polring entspricht, einen Kreis. Dieser schneidet den Ekliptikring A zweimal und zwar an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen, die um 90° von den Schnittpunkten des Ekliptikringes A mit dem Polring B entfernt sind. Man stellt den Zirkel so ein, daß man auf der Außenfläche des Ekliptikringes A die beiden Kreisbögen aufzeichnen kann. Zu beiden Seiten dieser Kreisbögen zieht man zwei weitere Kreisbögen, deren Radius so bemessen wird, daß bei gleichem Abstand von dem zuerst gezogenen Bogen die Entfernung der beiden letzten Kreisbögen voneinander gleich der Dicke des Äquatorringes G ist. (Die drei Kreisbögen können wir bei ihrer Kürze als gerade Linien auffassen, die zueinander parallel verlaufen). Ihre Richtung gibt die Richtung an, in der der Äquatorring G den Ekliptikring A schneidet. Es sind also in den Ekliptikring A Einschnitte zu machen, die zwischen die beiden äußeren Linien fallen. Um sie genau ausfeilen zu können, muß man — von den Linien auf der Außenfläche ausgehend — auch die Profile auf die drei anderen Flächen des Ekliptikringes entsprechend aufzeichnen, d. h. man zieht von den Endpunkten der Linien auf der Außenfläche und auf beiden Seitenflächen je zwei Parallelen durch Anlegen des Lineals an die entsprechenden, diametral gegenüberliegenden Punkte. Auf der Innenfläche des Ekliptikringes zeigen die Parallelen natürlich denselben Verlauf wie auf der Außenfläche. Sind die Profile so vorgezeichnet, so feilt man sie in der Weise aus, daß in der Mitte des Ringkörpers $\frac{1}{4}$ der Breite stehen bleiben, wobei sich nebenstehendes Profil ergibt: 1)

Fig. 6.



Die in die Einschnitte einzusetzenden Enden der Quadranten des Äquatorringes G müssen diesem Profil entsprechend abgefeilt werden, d. h. der Äquatorring G wird bei der

1) Diese Zeichnung findet sich nicht im alfonsinischen Texte, sondern ist zur Erläuterung von mir hierhergesetzt.

Zerlegung in die vier Quadranten am Anfang der Gradteilung und am 180sten Grad durch Einschnitte, die rechtwinklig zu den Flächen des Ringes geführt werden, in zwei Hälften, diese Hälften aber durch schräge Schnitte am 90sten bzw. am 270sten Grad in Quadranten geteilt. Die Richtung dieser schrägen Schnitte bestimmt man folgendermaßen: mit dem Zirkel greift man die Sehne (Bogen) zwischen dem Schnittpunkt des Äquatorringes G mit dem Polring B und der entsprechenden Ecke des schiefen Einschnitts in dem Ekliptikring A ab, indem man den Zirkel auf die Außenfläche des Polringes B in der Mitte der Linie einsetzt, die man früher in 90° Abstand vom Äquatorpole gezogen hat, und den zweiten Schenkel an die Ecke der Ausbiegung auf der Außenfläche des Tierkreisringes A bringt. Dann setzt man bei gleicher Zirkelöffnung den einen Schenkel auf die Außenfläche des Äquatorringes G in der Mitte der Linie ein, die durch den Anfang der Teilung geht, und beschreibt einen Kreis, der die Kante des Äquatorringes G bei etwa 90° und 270° schneidet. Greift man in gleicher Weise dann die Entfernung der zweiten Ecke des Einschnitts vom Polring B aus ab, so erhält man auf der andern Kante des Äquatorringes bei denselben Graden einen zweiten Schnittpunkt. Die Verbindungslinie der beiden so gefundenen Punkte über die Außenfläche gibt die Richtung an, in der der Äquatorring G an diesen Stellen auseinander zu feilen ist. Dabei wird natürlich ein dem stehengebliebenen Stück des Ekliptikringes A ($\frac{1}{4}$ seiner Breite) entsprechendes Stück aus dem Äquatorring G herausgefeilt, dessen Profil in der oben angedeuteten Weise vorher genau aufgezeichnet ist. Sind die Quadranten so vorbereitet, so werden sie in die entsprechenden Einschnitte eingesetzt und festgelötet. Dabei ist darauf zu achten, daß nicht irgend eine Ecke an den Verbindungsstellen über die gemeinsame Außenfläche vorragt.

Diese komplizierte Einsetzung kann man, wie der Verfasser sagt, sich ersparen, wenn man den Äquatorring G nicht in das innere System der vier Ringe, sondern an den Meridianring F ansetzt. Natürlich muß er dann denselben Radius wie dieser haben¹⁾.

Der nächste Ring ist der Horizonttring H (VIII). Er hat dieselben Ausmaße wie der Meridianring F und ist in Grade mit durchlaufender Zählung geteilt. Er schneidet den Meridianring unter rechten Winkeln an zwei Stellen, die von den Äquatorpolen um die Breite des Beobachtungsortes abstehen. Die Kreuzung und Verbindung dieser beiden Ringe geschieht ebenso wie die des Ekliptikringes A mit dem Polringe B. Die geteilte Fläche muß nach dem Nordpol zu liegen, damit man oben darnachsehen und die Einstellungen ablesen kann.

Endlich wird noch die Meßeinrichtung für Höhe und Azimut hinzugefügt (IX u. X). Diese besteht aus 2 ganzen und einem halben Ringe: dem „Trügering des Höhenhalbkreises“, dem „Höhenbeobachtungsring“ K und dem „Höhenhalbkreis“ L. Der Trügering J liegt in der Ebene des Horizonttringes und umfaßt diesen konzentrisch. Man zeichnet auf ihm 4 je um 90° voneinander absteigende Linien. Der durch 2 von ihnen gehende Durchmesser bestimmt den Schnittpunkt des Höhenhalbkreises L mit diesem Ringe, der durch die beiden anderen gehende die Drehungsachse des Höhenbeobachtungsringes K. Seine Führung in der Ebene des Horizontes erhält der Trügering J durch kleine Messingstückchen, die auf seine obere Fläche aufgelötet werden und auf dem Horizonttring H gleiten. Um eine vollständige Umdrehung zu ermöglichen, muß der Meridianring F an den Kreuzungsstellen mit dem Horizonttring H ausgespart sein, damit die Tragblättchen durch den Meridianring hindurchtreten können.

Auf dem Trügering J wird an den oben bezeichneten zwei diametral gegenüberliegenden Stellen der Höhenhalbkreis L aufgesetzt. Dieser hat den gleichen Durchmesser wie der Trügering J. Seine Gradteilung beginnt beiderseits im Horizont und läuft bis 90°. Mit dem Trügering J wird er in der üblichen Weise durch Einlassen und Festlöten verbunden. Der Höhenhalbkreis L erhält im Zenith noch eine Drehungsachse. Dazu lötet man auf die geteilte

1) Diese Änderung hat eigentlich keinen rechten Sinn. Denn am Meridianring wird, wie wir gleich sehen werden, der Horizonttring angesetzt. Dieser würde aber den Äquatorring ebenso schneiden, wie es der Ekliptikring im inneren System tat, nur unter einem etwas größeren Winkel. Die Arbeit und Umständlichkeit der Zusammensetzung wäre daher die gleiche wie im inneren System.

Fläche im Zenith ein kleines Stück Messing von der Dicke des Ringes und durchbohrt die geöfnete Fläche längs des 90sten Gradstriches, so daß die Achse des Loches genau in der Ebene der geteilten Fläche des Höhenhalbkreises L sich befindet¹⁾. Nachdem man auch in den Meridianring F ein entsprechendes Loch gebohrt hat, verbindet man diese beiden Ringe durch einen Polstift, der wie üblich an seinen Enden genietet wird. Nun bleibt noch der Höhenbeobachtungsring K — der größte des ganzen Instrumentes — anzubringen. An vier um je 90° voneinander abstehenden Punkten werden in ihn in radialer Richtung Löcher gebohrt, von denen zwei diametral gegenüberliegende Polstifte erhalten. Diese setzen sich an den zwei um 90° von den Fußpunkten des Höhenhalbkreises L entfernten oben erwähnten Stellen in den Trügering J und ermöglichen die Drehung des Höhenbeobachtungsringes K um die Pole des Höhenhalbkreises L. Die beiden anderen Löcher dienen als Absehen, wobei das eine über der Teilung des Höhenhalbkreises L steht und so gleichzeitig als Index dient: ein durch das Loch tretender Sonnenstrahl zeichnet seine Bahn auf der geteilten Fläche auf²⁾.

Nachdem die Konstruktion der einzelnen Ringe und ihre Zusammensetzung besprochen ist, schildert der Verfasser, wie das Instrument zum Gebrauch fertig gemacht wird. Eine Steinplatte oder dergleichen wird in eine horizontale Lage gebracht. Sie ist horizontal, wenn darauf gegossenes Wasser stehen bleibt. Auf die so gewonnene horizontale Fläche zeichnet man die Mittagslinie nach folgendem bekannten Verfahren [Einfache Art des „jüdischen Kreises“. Vergl. u. a. E. Wiedemann, Mittl. z. Ges. d. Med. u. Naturw. 10, 252 u. ff. 1912]: Man zeichnet einen Kreis, in dessen Mittelpunkt ein Eisenstab senkrecht aufgerichtet wird. Dieser muß so lang sein, daß „sein Schatten in den Kreis treten kann, wenn ein Vierteltag verlossen ist“. Um den Schatten recht gut beobachten zu können, muß das obere Ende des Stabes schmal sein. Man beobachtet den Schatten [eine gewisse Zeitspanne] vor und nach Mittag und stellt genau die Punkte fest, an denen das Ende des Schattens auf den Kreis fällt. Halbirt man die Verbindungslinie der beiden so gefundenen Punkte und verbindet den Halbierungspunkt mit dem Mittelpunkt des Kreises, so bezeichnet diese Verbindungslinie die Mittagslinie des betreffenden Ortes. Der günstigste Zeitpunkt für das Ziehen der Mittagslinie ist dann, wenn die Sonne in den Fischen oder im Widder, in der Jungfrau oder der Waage steht [also um die Zeit der Tag- und Nachtgleiche], der ungünstigste dann, wenn sie in den Zwillingen oder im Krebs, im Schützen oder im Steinbock steht [also um die Zeit der Sonnenwenden], wo der Schatten entweder zu lang oder zu kurz ist.

Als zweiter Orientierungspunkt für das Instrument dient der Nordpol. Entsprechend seiner Erhebung über dem Horizont trägt man auf dem Meridianring F vom Südpol aus nach Norden zu so viel Grade ab, wie „die Höhe des Anfangs des Widders und der Waage beträgt.“ [d. i. den Neigungswinkel des Äquators gegen den Horizont]. An diesem Endpunkte, dem

1) Einen Grund für diese Konstruktion gibt der Verfasser nicht an. Doch ist wohl anzunehmen, daß damit erreicht werden soll, daß die Drehungsachse — wie oben schon angedeutet — in der vorderen ebenen Fläche des Höhenhalbkreises liegen soll. Während man bei dieser Anordnung Kulminationshöhen der Sonne messen kann, da der durch die obere Durchbohrung [Absche] des Höhenbeobachtungsringes K fallende Lichtstrahl sich auf der Teilung des Höhenhalbkreises L abbildet, ist die Beobachtung der Kulminationen von Sternen nicht ohne weiteres möglich, da die Dicke des Meridianringes F die Visierlinie durch die beiden Löcher [Absehen] des Höhenbeobachtungsringes unterbricht; doch kann man sich zu diesen Beobachtungen des inneren Beobachtungsringes D bedienen.

Der Schnittpunkt der Vorderfläche des Höhenhalbkreises L mit der Oberfläche des Horizontringes H gibt das Azimut. Ein Zeiger, der eine bessere Ablesung ermöglicht, ist nicht vorhanden.

2) Es finden sich an dieser Stelle keine Angaben, daß der Höhenbeobachtungsring in Grade geteilt ist. Dagegen zeigt dieser Ring in der dem Werke beigelegten Figur (es ist der größte Ring) eine Gradteilung, die, im Horizont beginnend, von 0–360° läuft.

„Fußpunkte“ bohrt man ein Loch in die Mitte der Außenseite. In dieses steckt man eine über zwei Ellen lange Eisensäule. An dem dem Fußpunkte diametral gegenüberliegenden „Kopfpunkte“ bohrt man ein zweites Loch in den Meridianring F. Dieses dient zur Aufnahme der Fäden für die Lote. Auf die Außenseite des Meridianringes F zieht man die Mittellinie, die „Fadenkreis“ genannt wird. So heißt sie deshalb, weil die Fäden der Lote vom Kopfpunkte aus an sie angelegt werden. Setzt man nämlich an die Stelle des Gnomons die Eisensäule des Instruments, so liegt der Meridianring dann in der Richtung des natürlichen Meridians, wenn die über den Meridianring herabhängenden Lote, die bis dicht über den Boden reichen, mit ihren Spitzen genau über der gezogenen Mittagslinie schweben. Ein drittes von dem Kopfpunkt ausgehendes Lot dient zur Vertikalstellung des Meridianringes, wobei sein Faden an der einen Seitenseite an dem Grade des Kopfpunktes und an dem diesem diametral gegenüberliegenden Grade anliegen muß.

Hat man so mit Hilfe der Lote das Instrument richtig orientiert, so wird die Eisensäule gut in der Steinplatte festgemacht¹⁾, sodaß der Meridianring auch bei Bewegung der inneren Ringe seine Lage unverändert beibehält.

Der zweite Teil des Buches „Über die Ringe“ ist, abgesehen vom ersten Kapitel, in dem noch einmal zusammenfassend alle Ringe aufgezählt und ihre Teilung und ihre Lage zueinander kurz erklärt werden, eine Sammlung von 69 Aufgaben, die Anweisung für den Gebrauch des Instrumentes geben. Die Aufgaben sind nicht sachlich geordnet und wiederholen sich manchmal mit nur kleinen Abweichungen und Umkehrungen. Zur besseren Übersicht wollen wir sie hier nach einheitlichen Gesichtspunkten in folgende Gruppen einordnen:

- A) Messende Beobachtungen am Himmel: II, III, IV, V, VI, VII, LVI.
- B) Sphärische Aufgaben:
 - a) Allgemeine Aufgaben: XIV, XXIV, XXXI, XXII, XXVII, XXVIII, LXVIII, LIII.
 - b) Koordinatentransformationen: VIII, IX (XII, XXXVI), XIII, X, XI, XXXII, XXIII, XXIV, XXV, XXXV.
 - c) Zeitaufgaben: XV, LX, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXIX, XXXIII, XXX, LIV, LV, LXIII, LXIV, LXVI, LXVII.
 - d) Geographische Aufgaben: XXXVII, XXXVIII, XXXIX, XLI, LVII, LVIII, LXI.
 - e) Astrologische Aufgaben: XLII, XLIII, XLIV, XLV, XLVI, L, LI, LII, XLVII, XLVIII, XLIX, LXX.

A. Messende Beobachtungen am Himmel²⁾.

1) Als Ausgangspunkt für diese Aufgaben dient fast durchweg der Ort der Sonne im Tierkreis. Man findet ihn für einen bestimmten Tag (II), indem man den Tierkreisring A und den äußeren Beobachtungsring C so dreht, daß jeder Ring sich selbst beschattet³⁾. Dann

1) Der Verfasser sagt „angelötet“, das heißt wohl, daß das Loch mit Blei ausgegossen wurde, wie dies vielfach von den Arabern zur Befestigung geschah (vergl. Beiträge X, 328).

2) Die einzelnen Aufgaben sind der besseren Übersicht wegen numeriert. Die Nummer in der Klammer bezeichnet das betreffende Kapitel des Textes.

3) Dadurch ist nämlich der Tierkreisring A in die Ebene der Sonnenbahn (Ekliptik) gebracht, während der Beobachtungsring C den durch die Sonne gehenden Längengrad darstellt.

zeigt der Schnittpunkt der beiden Ringe, der nach der Sonne zu liegt, auf dem Tierkreisring A das Zeichen und den Grad an, in dem die Sonne in dem betreffenden Augenblicke steht.

2) Zur Bestimmung der Mondkoordinaten (III) geht man von dem bekannten Ort der Sonne aus. An einem Tage, an dem Sonne und Mond gleichzeitig sichtbar sind, stellt man den äußeren Beobachtungsring C und den Ekliptikring A auf die Sonne ein wie bei der vorhergehenden Aufgabe. Dreht man dann (bei Festhaltung von A) den inneren Beobachtungsring D so, daß man durch die beiden Absche des Absehringes E den Mond erblickt, so gibt der Schnittpunkt des inneren Beobachtungsringes (der auch ein Längenkreis ist) mit dem Ekliptikring A an letzterem die Länge des Mondes, der Zeiger der oberen Absche aber an der Teilung des inneren Beobachtungsringes D seine Breite an.

Diese Koordinaten bedürfen aber noch einer Korrektur. Diese wird seltsamerweise erst bei der folgenden Aufgabe behandelt, die

3) die Bestimmung der Fixsternörter zum Gegenstand hat (IV) und zum Teil vorwegnimmt, was erst später in der besonderen Aufgabe: „Ermittlung der Ungleichheiten der Bewegung des Mondes in Länge und Breite“ (Xf.) erklärt wird. Während letztere Aufgabe mit Hilfe von Tabellen gelöst wird, erinnert die zur Bestimmung der Fixsternörter angegebene Methode so sehr an eine von Ptolemäus ausführlich mitgeteilte Regulusbeobachtung¹⁾, daß man annehmen muß, der Verfasser habe an diese seine allgemeinen Betrachtungen angeknüpft.

An einem Tage, an dem Sonne und Mond gleichzeitig sichtbar sind, stellt man in der in Aufgabe 2 beschriebenen Weise das Instrument auf Sonne und Mond ein und liest auf dem Ekliptikring A die Längendifferenz zwischen beiden Himmelskörpern ab. Nun wartet man etwa eine halbe Stunde, bis die Sonne untergegangen ist und die Sterne sichtbar werden, und richtet dann den inneren Beobachtungsring D, der mit dem Ekliptikring A so verbunden wird, daß er diesen bei der Drehung mitnimmt, auf den Mond. Gleichzeitig visiert man mit dem äußeren Beobachtungsring C den zu bestimmenden Stern an²⁾. Der zwischen den beiden Beobachtungsringen C und D liegende Bogen des Ekliptikringes A gibt die Längendifferenz zwischen Mond und Stern an. Diese muß man, ehe man sie mit der Längendifferenz zwischen Sonne und Mond kombiniert, korrigieren wegen der seit Sonnenuntergang eingetretenen Bewegungen von Sonne und Mond. Zunächst gilt es, „die Ungleichheiten der Mondbewegung zu eliminieren. Dazu sind zwei genaue Mondortbestimmungen nötig: eine am Anfang und eine am Schluß der Beobachtung. Aus den beiden gefundenen Längen nimmt man das Mittel. Dieses muß man zu dem aus den Tabellen ermittelten Ort des Mondes hinzufügen oder von ihm abziehen, je nachdem der scheinbare Ort des Mondes vor (d. h. in der Reihenfolge der Tierkreiszeichen) oder hinter dem wahren, aus den Tabellen ermittelten steht. Man erhält so die wahre Längendifferenz zwischen Sonne und Mond. Aus der verfloßenen Zeit [eine Angabe, wie diese Zeit gemessen wurde, findet sich nicht] ist dann zu bestimmen, um wieviel Grad sich der Äquator „und daraus weiter, um wieviel Grad sich der Mond in seinem mittleren Lauf gedreht hat“ [d. h. man verwandelt die Äquatorgrade in Ekliptikgrade³⁾] seit Beginn der Beobachtung gedreht hat. Den so gefundenen Bogen addiert man zu der korrigierten Längendifferenz zwischen Sonne und Mond, wenn der Stern in der Reihenfolge der Zeichen hinter dem Mond ist, man subtrahiert ihn aber, wenn der Stern vor dem Mond (zwischen Sonne und Mond) ist.

Die Breite des Sterns findet man, indem man den inneren Beobachtungsring D — bei unveränderter Lage des Ekliptikringes A — auf den Stern richtet und ihn durch die beiden Absche anvisiert. Der mit der oberen Absche verbundene Zeiger zeigt dann auf der Gradteilung des inneren Beobachtungsringes D die Breite des Sterns an⁴⁾.

1) Almag. B. VII C. 2.

2) Über die Art der Anvisierung des Sterns siehe Aufgabe 4.

3) Die Art der Umwandlung ist hier nicht beschrieben, geht aber aus den späteren Aufgaben: Koordinatentransformation und Zeitaufgaben ohne weiteres hervor.

4) Die Aufgaben von 1—3 behandelt schon Ptolemäus in gleicher Weise.

4) Hat man so die Koordinaten eines Fixsterns bestimmt, so ändert man leicht die eines jeden andern (V), indem man den äußeren Beobachtungsring C auf den bekannten Längengrad des ersteren einstellt und den Ekliptikring A zusammen mit dem äußeren Beobachtungsring C so weit dreht, bis man den bekannten Fixstern längs einer Seitenfläche des Beobachtungsringes C erblickt. Dann visiert man durch die Absehn des inneren Beobachtungsringes D den zu bestimmenden Stern an und liest die Koordinaten in bekannter Weise an den betreffenden Ringen ab.

5) Um die Höhe der Sonne zu bestimmen (VI), dreht man den Höhenhalbkreis L so, daß er sich selbst beschattet; ebenso verfährt man mit dem Höhenbeobachtungsring K. Durch das obere Absechloch des letzteren geht dann ein schmales Strahlenbündel, dessen Verlauf sich auf der Gradteilung des Höhenhalbkreises L aufzeichnet und so die Höhe unmittelbar abzulesen gestattet.

In ganz entsprechender Weise findet man die Höhe eines Sterns. Nur muß man diesen einmal längs der Fläche des Höhenhalbkreises L und dann durch die beiden Absechlöcher des Höhenbeobachtungsringes K anvisieren¹⁾. Der Schnittpunkt der beiden Ringe, dessen Höhe über dem Horizont man an der Gradteilung des Höhenhalbkreises L abliest, gibt die Höhe des Sternes an.

6) Das Azimut der Sonne oder eines Sterns (VII) liest man am Schnittpunkt [der geteilten Fläche] des Höhenhalbkreises L mit dem Horizontring H auf letzterem ab.

Zur Charakterisierung der in den Libros üblichen Darstellungsweise, sei hier ein Kapitel (LVI) wörtlich mitgeteilt, das die Aufgabe behandelt,

7) die Schiefe der Ekliptik oder die Deklination der Sonne zu bestimmen (LVI)

Wenn du das wissen willst, so beobachte die Sonne an jedem Tage um Mittag. Wenn sie nahe am [aber noch nicht im] Kopfe [Anfang] des Steinbocks steht, bestimme ihre größte Höhe [Kulminationshöhe] an dem Mittagsring F. Du wirst merken, wie diese jeden Tag abnimmt, bis die Sonne im Kopfe des Steinbocks steht. Von da an wird die Höhe wieder zunehmen. Bestimme sie um Mittag, wenn die Sonne im Kopfe des Steinbocks steht; das ist die geringste Höhe im ganzen Jahre. Merke sie dir. Beobachtest du weiter, wenn die Sonne dem Kopfe des Krebses sich nähert, so wirst du merken, wie jeder Tag länger wird, bis sie (ganz) im Kopfe des Krebses steht; dort ist die größte Höhe im ganzen Jahre. Von da ab wird die Höhe wieder abnehmen. Merke dir die Höhe an dem Mittage, wo die Sonne im Kopfe des Krebses steht. Davon ziehe die Höhe des Kopfes des Steinbocks ab, die du dir merken solltest. Von dem Rest nimm die Hälfte; das ist die zu dieser Zeit beobachtete Deklination. Füge diese Deklination zu der Höhe des Kopfes des Steinbocks, die du dir merkest, oder ziehe sie von der Höhe des Kopfes des Krebses ab — denn diese beiden Verfahren ergeben dasselbe Resultat — und was bei der Rechnung herauskommt, ist die Höhe des Kopfes des Widlers in deiner Stadt.

B) Graphische Lösung sphärischer Aufgaben.

a) Allgemeine Aufgaben (die zugleich zur Klärung einiger Begriffe dienen können).

1) Umwandlung von Äquatorkoordinaten in Ekliptikkordinaten (XIV). Um zu einer gegebenen *ascensio obliqua* (Vergl. Beitr. IX S. 192 u. 193) den zugehörigen Grad des Tierkreises zu bestimmen, bringt man den betreffenden Grad des Äquators auf Ring G an den Horizontring H und sieht nach, welcher Grad des Tierkreises A ebenfalls am Horizontring H liegt; das ist der Grad des Tierkreises, dessen „Horizontaufsteigung“ (*ascensio obliqua*) gegeben war. Entsprechend findet man aus der *ascensio recta* den zu-

1) Man könnte den Stern auch längs der Fläche des Höhenbeobachtungsringes K anvisieren.

gehörigen Grad des Tierkreises, indem man den Rektaszensionsgrad des Äquators auf Ring G an den Meridianring F bringt und feststellt, welcher Grad des Tierkreisinges A ebenfalls an den Meridianring F fällt.

2) Umgekehrt findet man die *ascensio obliqua* und *ascensio recta* eines Grades der Ekliptik (XXIV), indem man den betreffenden Grad auf Ring A an den Horizontring H bzw. Meridianring F bringt und den Grad des Äquators G abliest, der gleichfalls an den Horizontring H bzw. Meridianring F fällt.

3) Aus dem kulminierenden Grad des Tierkreises oder aus seiner Rektaszension findet man den aufgehenden Grad¹⁾ und seine *ascensio obliqua* (XXXI), indem man den betreffenden Grad des Tierkreises auf Ring A oder des Äquators auf Ring G (wenn seine Rektaszension gegeben ist) an den Meridianring F bringt und feststellt, welche Grade des Tierkreisinges A und des Äquatorringes G dann an den Horizontring H fallen.

4) Die Morgen- oder Abendweite eines Grades oder eines Sternes findet man (XXII), indem man den betreffenden Grad an den Ost- oder Westhorizont bringt und seinen Durchgangspunkt durch den Horizont durch ein Zeichen auf dem Horizontring H markiert²⁾. Der Abstand des Zeichens vom Ost- bzw. Westpunkt bezeichnet die Morgen- bzw. Abendweite des betreffenden Grades. Handelt es sich um einen Stern, dessen Morgen- oder Abendweite zu bestimmen ist, so fixiert man den Ort des Sternes im Instrument, indem man den inneren Beobachtungsring D an den Grad der Ekliptik A, in dem der Stern in Länge steht, und die obere Absehe des Absehrings E auf der Gradteilung des inneren Beobachtungsringes D an den Grad seiner Breite bringt³⁾ und das innere System des Arm. Sph. so dreht, daß die obere Absehe in den Horizont fällt. Dann bezeichnet der an der Absehe liegende Grad des Horizontringes H den Abstand von dem Ost- oder Westpunkt, d. h. die Morgen- oder Abendweite.

5) Die Feststellung, ob ein Stern für einen bestimmten Beobachtungsort auf- und untergeht oder immer sichtbar ist (Zirkumpolarstern), geschieht (XXVII), indem man den Ort des Sternes darstellt, ein gewisses Azimut annimmt und den Höhenhalbkreis L auf dieses einstellt. Dreht man dann das innere Ringsystem so, daß die obere Absehe den Horizont schneidet oder nicht.

6) In ähnlicher Weise findet man, ob ein Stern zu einer bestimmten Stunde (auch am Tage) über der Erde, am West- oder Osthimmel steht (XXVIII).

7) Man lernt die einzelnen Sterne kennen, wenn man die Ringe nach den in den Sternkatalogen angegebenen Koordinaten einstellt und dann nach dem Himmel visiert: der in den Absehn erscheinende Stern ist der, den man kennen lernen wollte (LXVIII).

8) Das gleiche Verfahren wendet man an, um den Mond oder einen Stern gleich auf den ersten Blick anzuvisieren, ohne lange am Himmel herumzusuchen und die Ringe hin- und herdrehen zu müssen (LIII).

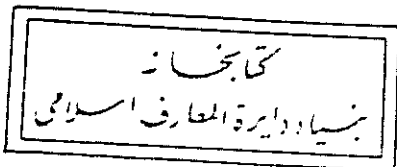
b) Koordinatentransformationen.

1) Aus der bekannten Länge und Breite, den Ekliptikkordinaten, eines Sterns findet man die Horizontkoordinaten Höhe und Azimut (VIII), indem man wie üblich den Ort des Sternes darstellt, ein gewisses Azimut annimmt und den Höhenhalbkreis L auf dieses einstellt. Dreht man dann das innere Ringsystem so, daß die obere Absehe M an den Höhen-

1) Unter „Grad“ ohne nähere Bezeichnung versteht man hier wie auch fernerhin stets „Grad des Tierkreises“.

2) Der Verfasser operiert stets mit solchen Zeichen: anstatt die Gradzahlen abzulesen und aufzuschreiben, wie wir es zu tun pflegen, macht er einen Strich auf den Ring und zählt von dem Strich aus die Grade ab.

3) Dieses Verfahren, das noch sehr oft wiederkehren wird, wollen wir kurz „den Ort des Sternes darstellen“ nennen.



halbkreis L fällt, so gibt der Grad des Höhenhalbkreises L, auf den die obere Absche M hinzielt, die Höhe des Sternes für das betreffende Azimut an.

2) Die größte Höhe eines Gestirns bestimmt man aus den Ekliptikkoordinaten (IX), indem man die obere Absche M, die wieder den Ort des Gestirns darstellt, durch Drehen des inneren Ringsystems an den Mittagerring F bringt. Der Grad, auf den die obere Absche hinzielt, bezeichnet die Deklination des Sternes. (Mit der Bestimmung dieser beschäftigen sich noch 2 besondere Aufgaben (XII und XXXVI), wobei sie einmal aus dem „Sonnengrad“ und dann aus dem Azimut und der Höhe der Sonne ganz ähnlich zu ermitteln ist.) Die Deklinationsgrade führt man in Höhengrade dadurch über, daß man den Höhenhalbkreis L in die Ebene des Mittagringes F stellt und abliest, welcher Grad auf letzterem in Richtung der oberen Absche M liegt.

3) Umgekehrt findet man aus der größten Höhe eines Sternes seine Deklination (XIII), wenn man den Höhenhalbkreis L in die Ebene des Meridianringes F bringt und auf letzterem den Grad abliest, der an dem auf dem Höhenhalbkreis L markierten Höhengrad liegt.

4) Aus Länge und Breite (oder der mitkulminierende (X) oder der mitauf- oder mituntergehende (XI) Grad des Tierkreises oder des Äquators ermitteln. Hat man wie üblich den Ort des Sternes dargestellt, so dreht man das innere Ringsystem, bis die obere Absche an den Meridianring F kommt; der dann ebenfalls am Meridianring F liegende Grad der Ekliptik A ist der mitkulminierende; der gleichzeitig an den Meridianring F fallende Grad des Äquators G gibt die *ascensio recta* des Tierkreisgrades an. Bringt man die obere Absche an den Horizontring H, so sind die gleichfalls an den Horizontring H fallenden Grade der Ekliptik A der mitaufgehende bzw. der mituntergehende, deren *ascensiones obliquae* die ebenfalls an den Horizontring H fallenden Grade des Äquatorringes G sind.

5) Der gerade aufgehende oder kulminierende Grad des Tierkreises oder des Äquators können zur Bestimmung der Höhe eines Sternes dienen, dessen Länge und Breite bekannt ist (XXXII). Man stellt den Ort des Sternes dar und dreht das innere Ringsystem, bis der gerade kulminierende Grad am Meridianring F oder der gerade aufgehende am Horizontring H liegt. Dann stellt man den Höhenhalbkreis L so, daß er die Richtung der oberen Absche M schneidet; der Grad, auf den diese dann hinzielt, ist die gesuchte Höhe des Sternes.

6) Aus dem mitkulminierenden Grad des Tierkreises (oder aus seiner *ascensio recta*) und seiner Deklination (oder seiner größten Höhe) läßt sich die Länge und Breite eines Sterns bestimmen (XXIII). Man stellt den mitkulminierenden Grad des Tierkreisringes A an den Meridianring F und trägt auf letzterem den Betrag der Deklination vom Äquator aus ab (oder unter Vermittlung des Höhenhalbkreises seine größte Höhe). Dann stellt man den inneren Beobachtungsring D so ein, daß er durch den auf dem Meridianring F angezeichneten Punkt geht und die obere Absche sich diesem Grad gegenüber befindet. Am Schnittpunkt des inneren Beobachtungsringes D mit dem Ekliptikring A liest man auf letzterem den Längengrad, an der oberen Absche M den Breitengrad des Sternes auf Ring D ab.

7) Den Längengrad eines Sternes, dessen *ascensio recta* und Breite bekannt ist, findet man (XXIV), indem man den Grad der *ascensio recta* an den Mittagerring F bringt und den inneren Beobachtungsring D, dessen obere Absche M zuvor an den gegebenen Grad der Breite gestellt wurde, so dreht, daß die obere Absche M in die Ebene des Mittagringes F fällt; dann zeigt der innere Beobachtungsring D den gesuchten Grad der Länge auf dem Ekliptikring A an.

8) Ähnlich wird die Aufgabe gelöst, die Länge eines Sternes aus seiner Breite und seiner *ascensio obliqua* zu bestimmen (XXV), ferner

9) die Breite aus der Länge und der *ascensio recta* oder *obliqua* (XXVI),

10) den aufgehenden oder kulminierenden Grad des Tierkreises oder dessen *ascensio obliqua* und *ascensio recta* aus dem Azimut und dem bekannten Ort der Sonne oder eines Sternes (XXXV).

C) Zeitaufgaben.

1) Einteilung des Tages in zeitliche und gleichmäßige Stunden.

Der Winkel, um den sich der Himmel seit einem bestimmten Augenblick, z. B. seit Durchgang der Sonne oder eines Sternes durch den Horizont oder den Meridian, gedreht hat, und den man in Äquatorgraden mißt (Umdrehungswinkel), ist ein Maß für die Zeit. Bei der Bestimmung der Zeit geht man stets von dem sogenannten Tag- oder Nachtbogen aus, der den Winkel angibt, den ein Gestirn von seinem Aufgang bis zu seinem Untergang bezw. vom Untergang bis Aufgang beschreibt. Man findet ihn für die Sonne (d. i. Tag im Gegensatz zur Nacht) (XV), indem man den Sonnengrad an den Osthorizont bringt, den mitaufgehenden Grad des Äquators abliest, dann das innere System so weit dreht, bis der Sonnengrad an den Westhorizont fällt, und den Grad des Äquators bestimmt, der jetzt an den Osthorizont fällt. Die Differenz zwischen diesem und dem mitaufgehenden Grad ist der Tagbogen der Sonne. Zieht man diesen von 360° ab, so erhält man den Nachtbogen.

2) Den Tag- und Nachtbogen eines Grades des Tierkreises oder eines in Länge und Breite bekannten Sternes kann man auch aus der Morgenweite bestimmen (IX). Dazu dreht man das innere Ringsystem so, daß sich der Polring B (der hier die Stelle eines Deklinationsskreises vertritt) mit dem Horizontring H an dem Grad der Morgenweite schneidet, und macht auf den Polring B ein Zeichen an dem Schnittpunkt. Gleichzeitig liest man den im Horizont liegenden Grad des Äquators G ab. Dann dreht man den Polring B, bis das Zeichen an den westlichen Horizontring H fällt, und ermittelt den jetzt am östlichen Horizontring H liegenden Grad des Äquators G. Die Differenz zwischen diesem und dem zuerst gefundenen ist der gesuchte Tagbogen, seine Ergänzung zu 360° der Nachtbogen.

3) Teilt man diese Bögen durch 15, so erhält man (XVI) die Zahl der gleichmäßigen Tag- oder Nachtstunden. (Denn 24 Stunden entsprechen 360° , eine Stunde also 15° .)

4) Zeitliche Stunden erhält man (XVII), wenn man den Tag- oder Nachtbogen in 12 gleiche Teile teilt).

$$\begin{array}{rcl} \text{Aus der Beziehung: } \text{Nachtbogen} & = & 360 - \text{Tagbogen} \\ \text{ergibt sich:} & \frac{\text{Nachtbogen}}{12} & = \frac{360}{12} - \frac{\text{Tagbogen}}{12} \end{array}$$

Also findet man aus Dauer 1 zeitlichen Nachtstunde = 30 — Dauer 1 zeitlichen Tagstunde die Dauer einer Nachtstunde, wenn man die Dauer einer Tagstunde kennt.

5) Nach dem Vorgehenden kann man die Zeit stets in Äquatorgrade verwandeln und so die Zeitaufgaben auf Transformation der Äquatorkoordinaten zurückführen. So ermittelt man den Umdrehungswinkel, d. h. den Winkel, um den sich der Himmel seit Aufgang der Sonne oder eines Sternes, dessen Länge und Breite ebenso wie der Ort der Sonne bekannt ist, gedreht hat, aus der Höhe der Sonne oder des Sternes (XVIII), indem man auf den Äquator G den mitaufgehenden Grad a und den Grad b bestimmt, der dann an den östlichen Horizont fällt, wenn das innere System genau der Lage der Sonne oder des Sternes entsprechend eingestellt ist²⁾. Die Differenz zwischen den beiden Graden a und b des Äquators G gibt den Umdrehungswinkel an.

6) Teilt man diesen Bogen durch 15, so erhält man die seit Sonnen- oder Sternaufgang verfloßenen gleichmäßigen Stunden (XIX); die zeitlichen Stunden dagegen, wenn man den Bogen durch die Dauer einer zeitlichen Stunde jenes Tages dividiert (XX).

1) Am Tage der Tag- und Nachtgleiche sind offenbar die zeitlichen Stunden gleich den gleichmäßigen Stunden. Im Sommer ist die Dauer einer zeitlichen Tagstunde länger und die einer solchen Nachtstunde kürzer als die einer gleichmäßigen Stunde, im Winter umgekehrt.

2) Diese Einstellung geschieht so, daß man den Höhenhalbkreis L und das innere Ringsystem so lange dreht, bis der „Sonnengrad“ oder der Ort des Sternes, der ja durch die obere Absehe des inneren Beobachtungsringes D dargestellt wird, mit dem gegebenen, auf dem Höhenhalbkreis L eingezeichneten Grade der Höhe der Sonne oder des Sternes zusammenfällt.

7) Die Umkehrung der zwei vorhergehenden Aufgaben ist, die Höhe der Sonne oder eines Sternes aus der seit Aufgang verfloßenen Zeit zu bestimmen (XXI). Man verwandelt zunächst die Zeit in den Umdrehungswinkel, den man von dem mitaufgehenden Äquatorpunkt des Sonnengrades oder Sternes aus in der der Drehung des Himmels entsprechenden Richtung auf dem Äquatorring G abträgt. Den so gefundenen Punkt des Äquators stellt man an den Horizontring H und dreht den Höhenhalbkreis L, bis er durch den Sonnengrad bzw. den Ort des Sternes geht, und liest auf seiner Teilung die Höhe ab.

8) Ähnlich löst man die Aufgabe, aus der seit Aufgang verfloßenen Zeit den kulminierenden Grad des Tierkreises und seine *ascensio recta* zu ermitteln (XXIX). Statt den Höhenhalbkreis L durch den Sonnengrad bzw. Ort des Sternes zu legen, sieht man hier einfach nach, welcher Grad des Tierkreises A oder Äquators G an den Meridianring F fällt, nachdem man das innere System wie bei der vorhergehenden Aufgabe um den Umdrehungswinkel gedreht hat, der den seit Aufgang des Sternes verfloßenen Stunden entspricht.

Diese Aufgabe wiederholt sich (XXXIII) mit der Erweiterung, auch den aufgehenden Grad des Tierkreises und des Äquators zu ermitteln.

9) Kennt man umgekehrt den kulminierenden Grad, so läßt sich daraus die Zeit bestimmen (XXX).

10) Aus der Ortszeit des Beobachtungsortes A läßt sich die Ortszeit eines anderen Ortes B, dessen Länge und Breite bekannt ist, ermitteln (LIIV). Dazu stellt man zunächst den Horizont des Ortes B dar, indem man den Höhenhalbkreis L in die Ebene des Mittagtringes F dreht und den Höhenbeobachtungsring K durch den auf dem Meridianring F abzulesenden Grad der Breite des Ortes B legt. Dann stellt man das innere Ringsystem entsprechend der vom Tage schon verfloßenen Stunden ein und macht ein Zeichen an den kulminierenden Grad des Äquators G. Zu diesem addiert oder von ihm subtrahiert man die Längendifferenz der beiden Orte A und B, je nachdem der Ort B westlich oder östlich von dem Ort A liegt. So findet man den in Bezug auf den Ort B kulminierenden Grad als den Grad des Äquatorringes G, der dann an den Mittagtring F fällt, wenn man den Äquatorring G um den Betrag der Differenz nach Osten oder Westen gedreht hat. Weiter ermittelt man die *ascensio obliqua* des Sonnengrades. Wenn dazu der betreffende Grad an den Horizontring H gebracht ist, so macht man an den Grad des Äquators G, der sich an dem Höhenbeobachtungsring K, dem „Horizont“ des Ortes B, befindet, ein Zeichen. Dann dreht man den Äquatorring G, bis sich der in Bezug auf den Ort B kulminierende Grad am Meridianring F befindet, und sieht nach, welcher Grad des Äquators G jetzt am östlichen Horizontring H liegt. Seinen Abstand von der *ascensio obliqua* in der Stadt A teilt man durch 15, um die seit Sonnenaufgang in der zweiten Stadt B verfloßenen gleichmäßigen Stunden zu finden¹⁾.

1) Es sei zunächst einmal angenommen, B habe die gleiche Länge wie A, dann schneiden sich die beiden Horizonte im Ost- und Westpunkt. Der Aufgang der Sonne erfolgt für B um die Zeit früher oder später, die die Sonne zum Zurücklegen des Weges zwischen den beiden Horizonten braucht. Diese Zeit, in Äquatorgraden ausgedrückt, ist der Bogen, der zwischen dem mit (dem Sonnengrade im Horizont von A aufgehenden Grade x und dem mit dem Sonnengrade im Horizont von B aufgehenden Grade y des Äquators liegt, also die Differenz $(x-y)$ der *sphaerae obliquae* des Sonnengrades in den beiden Horizonten. Hat sich im Augenblick der Beobachtung der Äquator seit Sonnenaufgang für A um α° gedreht, so hat er sich seit Sonnenaufgang für B um $(\alpha \pm (x-y))^\circ$ gedreht, je nachdem B südlich oder nördlich von A liegt.

Liegt B nun nicht auf dem gleichen Längengrad wie A, sondern um β° westlich oder östlich, so wird in B die Kulmination der Sonne um $\frac{\beta}{15}$ Stunden später oder früher stattfinden wie in A.

Die Ortszeit t_B von B ist demnach, wenn $\frac{\alpha}{15} = t_A$ die Ortszeit von A ist:

11) Aus der so ermittelten Zeit des Ortes B lassen sich leicht das aufgehende Haus und das zehnte Himmelshaus (die Erklärung und Einteilung der Himmelshäuser siehe unten) für diesen Ort finden (LV) als die Grade des Äquators G, die an dem Höhenbeobachtungsring K, d. h. dem Horizont des Ortes B, und an dem Meridianring F liegen.

12) Eine Gruppe Aufgaben beschäftigt sich mit der Zeit der Auf- und Untergänge von Gestirnen (LXIII: LXIV) und dem Eintritt und der Dauer der Dämmerung (LXVI, LXVII). Die Lösung dieser Aufgaben bietet nichts Neues. Bemerket sei nur, daß man als Anfang und Ende der Dämmerung den Augenblick annimmt, wo die Sonne 18" unter dem Horizont stand.

D) Geographische Aufgaben.

1) Das Azimut eines Ortes Q, dessen Länge und Breite bekannt ist, findet man für den Beobachtungspunkt P (XXXVII) folgendermaßen: Auf den Polring B, der genau in die Ebene des Meridianrings F gebracht ist, macht man ein der Breite des Ortes Q, die am Meridianring F abzulesen ist, entsprechendes Zeichen. Dann dreht man das innere Ringsystem um einem Bogen, gemessen auf dem Äquator, der gleich der Längendifferenz zwischen P und Q ist, nach Osten oder Westen je nach der Lage der Orte zueinander¹⁾. Steht man dann den Höhenhalbkreis L so, daß das Zeichen auf dem Polringe B an ihn zu liegen kommt, so kann man an seinem Schnittpunkt mit dem Horizontring H auf letzterem das Azimut des Ortes Q ablesen.

2) Läßt man von diesem Punkt ein Lot herabhängen, das bis dicht über den Boden reicht, so findet man die Azimutlinie (XXXVIII), indem man den durch das Lot angegebenen Punkt mit dem Mittelpunkt der Stange verbindet, auf der die Arm. Sph. befestigt ist. Diese Azimutlinie kann man auch auf eine besondere horizontale Fläche abseits vom Instrument zeichnen. Dazu zieht man auf eine ebene Fläche einen Kreis, durch diesen die Mittagslinie und die dazu senkrechte Ostwestlinie, so daß man die 4 Punkte Norden, Osten, Süden und Westen festgelegt hat. Die Quadranten teilt man entsprechend der Teilung des Horizontringes H am Instrument. Hat man dann am Instrument ein Azimut bestimmt, so kann man es ohne weiteres auf den neuen Kreis übertragen und die Azimutlinie ziehen.

3) Die Länge eines Erdortes läßt sich durch Beobachtung einer Mondfinsternis folgendermaßen bestimmen (XXXIX)²⁾. Man geht von den Konstanten einer Stadt aus, in der sich eine Sternwarte befindet, wie z. B. Toledo in Spanien, Alexandria in Ägypten oder Raqqa in Kleinasien. Für diese Städte sind genaue Tabellen vorhanden, aus denen man die vier Phasen der Finsternis entnehmen kann: nämlich Anfang der Finsternis, völlige Dunkelheit, Anfang der Aufhellung und völlige Helle. Beobachtet man nun in irgend einer anderen Stadt die Mondfinsternis, so werden die vier Phasen früher oder später als in der Tabelle an-

$$t_B = \frac{\alpha \pm (x - y) \pm \beta}{15}$$

Alfons X. stellt mit Hilfe der bekannten Ortszeit t_A die Arm.-Sph. ein und addiert oder subtrahiert zu dem für A kulminierenden Äquatorgrad die Längendifferenz β zwischen A und B, indem er den Äquatorring G um β° nach Westen oder Osten dreht, je nachdem B westlich oder östlich von A liegt. Dann steht der für B kulminierende Grad im Meridian. Bestimmt man dann die Differenz zwischen dem jetzt im Horizont von B liegenden Grad des Äquators und der ascensio obliqua des Sonnengrades für A, so ergibt der so gefundene und durch 15 zu teilende Äquatorbogen die Ortszeit für B in gleichmäßigen Stunden.

1) Dann nimmt nämlich der Ort Q die sphärisch richtige Stellung zu dem Ort P ein, der in diesem Fall im Meridian liegt.

2) Diese Aufgabe, zu deren Lösung die Arm. Sph. nicht nötig ist, zeigt, daß die Aufgabensammlung nicht einzig für die Zwecke dieses Instrumentes angelegt ist, sondern auf älteren Vorbildern beruht.

gegeben, eintreten. Multipliziert man die Differenzen mit 15, so erhält man die Längendifferenz zwischen dem Beobachtungsorte und der Stadt mit der Sternwarte, für die die Tabelle aufgestellt war. Diese Differenz muß man je nach der Lage der Orte zu der Länge des bekannten Ortes addieren oder von ihr subtrahieren, um die gesuchte Länge des Ortes zu finden, an dem die Mondkinsternis beobachtet wird.

4) Eine Aufgabe beschäftigt sich mit der Bestimmung der Entfernung zweier Punkte, sei es am Himmel, sei es auf der Erde, auf einem größten Kreise, d. h. ihres Winkelabstandes (XLI). Man zeichnet zunächst auf dem Meridianring F die beiden Breiten an, Eine von ihnen überträgt man auf den Polring B, der zu diesem Zwecke in die Ebene des Mittagsering F gebracht wird. Dann dreht man das innere Ringsystem, bis der zwischen Polring B und Meridian F liegende Bogen des Äquators G gleich der Längendifferenz der beiden Orte ist. Durch Drehen des Trägerringes J gibt man dann dem Höhenbeobachtungsring K eine solche Lage, daß er sowohl durch das nicht übertragene Zeichen auf dem Meridianring F als auch durch das auf den Polring B übertragene hindurchgeht¹⁾. An diesen beiden Stellen macht man auf dem Höhenbeobachtungsring K Zeichen. Um die Entfernung dieser beiden Zeichen voneinander festzustellen, bringt man den Höhenbeobachtungsring K (der keine Gradteilung hat) in die Ebene des Horizontringes H und liest an dessen Teilung die Entfernung der zwei Zeichen voneinander ab.

5) In diese Aufgaben-Gruppe gehört die Umkehrung einiger Aufgaben, die oben bei den sphärischen besprochen wurden, z. B. aus der Kulminationshöhe der Sonne oder eines bekannten Sterns (LVII, LVIII) oder aus der Morgenweite (LXI) die Breite des Beobachtungsortes zu finden.

E) Astrologische Aufgaben.

Diese beziehen sich auf die Ermittlung:

- 1) der 12 Himmelshäuser, 2) der Örter der Strahlenwerfung, 3) des *tasjir*²⁾, 4) des Ascendenten (*talīf*, Horoskop).

Die drei ersten Aufgaben werden nach verschiedenen Verfahren gelöst, als deren Erfinder Ptolemäus, Aben Mohat (Mub. Ibn Mu'ad al Gajjani, 10. oder 11. Jahrh. Vergl. Nallino Bd. I, S. 310), Hermes (Beitr. III) und Battāni bezeichnet werden.

1. Ermittlung der 12 Himmelshäuser³⁾.

a) Nach Ibn Mu'ad (XLI) stellt man den Trägerring J so, daß die Drehungsachse des Höhenbeobachtungsrings K in die Ebene des Meridianringes F und die Fußpunkte des

1) Man stellt also die Lage der beiden Punkte wie auf einer Kugel dar und legt einen größten Kreis, hier den Beobachtungsring K, durch sie, der den Äquator in einem Durchmesser schneidet.

2) Nallino I, 314: *directio seu prorogatio* (spanisch: *el atazir*) est *arcus aequatoris qui ascendit vel descendit arcui eclipticae inter significatorem* (span. *al hilech* — arab. *hailāq*) et *promisorem positio, respectu circuli positionis in quo alter eorum jacet.* (Vergl. zu den arabischen Ausdrücken Beitr. XLVII.)

3) Die Art, wie bei den Astrologen der gesamte Himmel in 12 Teile, „Häuser“ genannt, geteilt wird, ist verschieden. Doch darin stimmen alle überein, daß 6 größte Kreise, die sich in 2 gegenüberliegenden Punkten gegenseitig schneiden, und deren gemeinsamer Durchmesser im Meridian liegt, gedacht werden, die den gesamten Himmel in 12 Teile zerlegen. Aber die Enden des Durchmessers, in denen sich jene 6 Kreise schneiden, haben bei den einzelnen Astrologen verschiedene Lagen. Weiteres s. Nallino I, S. 346–347; hier seien lediglich die Verfahren mitgeteilt. Nähere Ausführungen darüber finden sich bei J. Frank in „Anwendungen des Astrolabs“ in den Abhandl. z. Geschichte d. Naturwissenschaften u. d. Medizin, Heft III, Erlangen 1922, wo auch die Namen der Häuser angegeben sind.

Höhenhalbkreis L demnach an den Ost- und Westpunkt des Horizontringes H fallen. Dann bringt man den aufgehenden Grad (der Ekliptik A) an den Horizontring H und zählt auf dem Äquatorring G vom östlichen und westlichen Horizont aus gegen den Meridianring F hin 30 und 60 Grad ab und macht an die so gewonnenen 4 Punkte Zeichen. Durch diese legt man dann der Reihe nach den Höhenbeobachtungsring K, dessen Schnittpunkt mit dem Ekliptikring A dann den zu jedem Zeichen auf dem Äquatorringe G gehörenden Grad des Tierkreises anzeigt. Diese letzteren bezeichnen die Mitten der Himmelshäuser. Vom Osthorizont aus gerechnet haben oberhalb des Horizontes die Himmelshäuser folgende Reihenfolge: 1. (aufgehendes), 12., 11., 10. (Mitte des Himmels), 9., 8., 7.; von den unter den Horizont fallenden Häusern liegt das 6., 5., 4. (Meridian), 3. u. s. f. bzw. gegenüber dem 12., 11., 10., 9. u. s. f.).

b) Bei dem zweiten Verfahren von Ptolemäus-Battāni (XLIII. Vergl. H. Suter, Chwārizmī S. 96—98, und Nallino I. S. 247—249) bringt man zunächst den aufgehenden Grad des Tierkreises A an den Horizontring H. Dann ermittelt man den Betrag einer Doppelstunde (a) und einer Doppelnachtstunde (b) jenes Grades. Zu dem gerade kulminierenden Grad (c) des Äquators addiert man a und erhält so die „Aufsteigung“ (Rektaszension) der Mitte des elften Hauses. Addiert man zu dieser wieder a, so findet man die Aufsteigung der Mitte des zwölften Hauses. Fügt man dazu wieder a, so ist der sich ergebende Grad die Aufsteigung der Mitte des ersten (aufgehenden) Hauses, die an den Horizontring H fallen muß. Ist das nicht der Fall, so ist die Einteilung nicht richtig und muß wiederholt werden. Dann addiert man zu der gefundenen Aufsteigung der Mitte des ersten Hauses b und erhält die Aufsteigung der Mitte des zweiten Hauses. Eine weitere Addition von b führt zur Aufsteigung der Mitte des dritten Hauses. Die nächste Addition muß den Grad am Meridianring F als Aufsteigung der Mitte des vierten Hauses ergeben. Hat man so den einen Halbkreis des Äquatorringes G eingeteilt, so dreht man den Äquatorring G so, daß die Aufsteigung des elften Hauses an den Meridianring F fällt: der dann ebenfalls am Meridianring F liegende Grad des Tierkreises A ist die Mitte des elften Hauses, der diametral gegenüberliegende die Mitte des fünften. In gleicher Weise findet man die Mitte des 12. und des ihm gegenüberliegenden 6., des 1. und 7., des 2. und 8., 3. und 9. und endlich des 4. und 10.).

2. Ermittlung der Örter der Strahlenwerfung.

Nach H. Suter (Chwārizmī S. 98—102) „war von ebenso großer oder noch größerer Wichtigkeit wie die Kenntnis der Verteilung der zwölf Häuser in der Astrologie die Bestimmung der projectiones radiorum, d. h. derjenigen Punkte der Ekliptik, die von einem bestimmten Punkt am Himmel, z. B. von einem Planeten, um 60, 90 oder 120° abstehen, oder also mit ihm im Sextil-, Quadrat- oder Trigonschein stehen. Zu diesen drei Aspekten kommen dann noch die Konjunktion und Opposition (Gegensein) hinzu.“ Zur Bestimmung dieser Ekliptikpunkte werden bei Alfons X. verschiedene Verfahren angegeben.

1) Nach diesen Verfahren gehen also alle Teilungskreise, dargestellt durch den Höhenbeobachtungsring K und von J. Frank „Grenzkreise“ genannt (s. J. Frank, Anwendung des Astrolabs), durch den Schnittpunkt des Meridians mit dem Horizont und teilen den Äquator in 12 gleiche Teile.

2) Bei dieser Art der Teilung entstehen 2 ungleiche Serien von Feldern: die durch die Äquatorpole gehenden Teilungskreise teilen das Viertel des Äquators zwischen Meridian (Mittag) und Ostpunkt und das ihm gegenüberliegende zum Nachtbogen gehörige Viertel zwischen Westpunkt und Meridian (Mitternacht) in 3 Teile, die nach Tagesstunden errechnet sind, während die Äquatorbögen zwischen Mitternacht und Ostpunkt und zwischen Mittag und Westpunkt die Teilung unter Zugrundelegung des Nachtbogens erhalten. Auf den hierin liegenden Widerspruch hat schon Delambre (Hist. du moyen âge, S. 502) hingewiesen.

a) Verfahren des Ptolemäus (XLIV).

Um die Strahlenwerfung im linken Sextil-, Quadrat- oder Trigonscheine zu erhalten, zählt man zu der ascensio recta des Sternes 60, 90 oder 120 Grad. Der zu dem so bei Zugrundelegung der ascensio recta gefundenen Grad des Äquators gehörende Grad der Ekliptik ist der Grad des ersten Strahles (a). Dann ermittelt man die ascensio obliqua des Sternes und addiert dazu 60, 90 oder 120 Grad. Zu dem dadurch neu gewonnenen Grad des Äquators sucht man wieder den bei Zugrundelegung der ascensio obliqua zugehörigen Grad der Ekliptik. Das ist der Grad des zweiten Strahles (b). Die Differenz zwischen den beiden Strahlen (a—b) multipliziert man mit dem Abstand (c) des Sternes vom zehnten Hause [das in den Meridiana fällt] (das ist die Differenz zwischen der ascensio recta des zehnten Hauses und der ascensio recta des Sternes, die man kurz als „Differenz“ bezeichnet). Nachdem man dieses Produkt noch durch den halben Tagbogen des Sternes (d), wenn der Stern über dem Horizont zwischen Ostpunkt und zehntem Hause steht, dividiert hat, addiert man dazu noch den kleineren, dem Ort des Sternes näheren Strahl und erhält so den Ort der Strahlenwerfung q (in Formel: $q = b + \frac{a - b}{d} \cdot c$).¹⁾

Um den Ort des rechten Sextil-, Quadrat- oder Trigonscheines zu erhalten, fügt man zu der ascensio recta des Sternes 300, 270 oder 240²⁾ Grad hinzu und verfährt im übrigen so wie oben³⁾.

Dieses Verfahren ist nur für Punkte in der Ekliptikebene anwendbar. Liegt der Stern, von dem man bei der Festlegung der Strahlung ausgeht, außerhalb der Ekliptik, so muß zur Ermittlung der ersten Strahlung statt der ascensio recta des Längengrades die des Punktes der Ekliptik genommen werden, der mit dem Stern kulminiert, und zur Ermittlung der zweiten Strahlung die ascensio obliqua des Punktes der Ekliptik, der mit dem Sterne gleichzeitig aufgeht. In seinem weiteren Gange ist das Verfahren, das der Verfasser mit vielen Worten beschreibt, das gleiche wie das für einen Punkt der Ekliptik.

b) Einfacher ist das Verfahren des Hermes (XLV). Nach ihm ermittelt man den dem „Horizont ähnlichen Kreis“ (Die Stelle eines solchen vertritt der Höhenbeobachtungsring K, der dazu so eingestellt wird, daß seine Drehungsachse in der Ebene des Meridians F liegt), auf dem der Stern in der betreffenden Stunde steht, und macht ein Zeichen an den Grad des Äquators G, der gleichfalls an dem dem „Horizont ähnlichen Kreis“ liegt. Zu diesem Zeichen addiert man bei linkem Sextilschein 60°, bei linkem Quadratschein 90° und bei linkem Trigonschein 120°. Den dadurch gefundenen Grad des Äquators stellt man wieder an den dem „Horizont ähnlichen Kreis“ und ermittelt den ebenfalls an diesen fallenden Grad des Tierkreises A. Dieser ist der Ort der Strahlenwerfung im linken Sextil-, Quadrat- oder

1) Wenn der Stern zwischen dem Osthorizont und dem „Erdwinkel“ (viertem Hause), also unterhalb des Osthorizontes steht, so muß man von dem Abstände c des Sterns vom Meridiana noch den halben Tagbogen abziehen und das Produkt aus Abstand und „Differenz“ durch den halben Nachtbogen dividieren. Steht der Stern zwischen „Erdwinkel“ und siebtem Hause, also unterhalb des Westhorizontes, so ermittelt man den Abstand c des Sterns vom „Erdwinkel“ und dividiert wie oben durch den halben Nachtbogen. Ist der Ort des Sternes schließlich zwischen Westpunkt und 10. Haus, so zieht man von dem Abstand c des Sterns vom Erdwinkel den halben Nachtbogen ab und führt dann erst die Division durch den halben Tagbogen aus. Den Quotienten addiert man stets zu dem kleineren, d. h. näher bei dem Stern gelegenen Strahl.

2) Im Text steht fälschlich 140.

3) Diese Regel läßt sich einfacher so aussprechen:

der rechte Trigonschein	ist der Nadir des linken Sextilscheines.
„ „ Quadratschein	„ „ „ „ Quadratscheines.
„ „ Sextilschein	„ „ „ „ Trigonscheines.

(H Suter, Chwärizmi S. 101.)

Trigonalschein. Sucht man den Ort der Strahlenwerfung im rechten Sexul-, Quadrat- oder Trigonalschein, so subtrahiert man von dem zuerst ermittelten Grad des Äquators 60°, 90° oder 120° und verfährt dann weiter so wie oben¹⁾.

c) Nach Battāni (XLVI) stellt man wie üblich den Ort des Sternes dar, macht an den Höhenbeobachtungsring K zwei um 60° (oder 90° oder 120°) voneinander abstehende Zeichen und bringt das eine dieser Zeichen durch Drehen des Trüger rings J in die Richtung der oberen Absche, das andere an die Ekliptik A. Der auf letzterer dadurch angezeigte Grad ist der Ort der Strahlenwerfung²⁾.

3. Ermittlung des *tasjir* (vergl. Nallino I, 313 ff.).

a) Nach Ptolemäus verfährt man folgendermaßen (L):

Man ermittelt den Abstand a des Sternes S. von dem man bei der Einteilung ausgeht, vom Meridian (d. i. asc. rect. des Meridians minus asc. rect. des Sternes) und die Dauer t einer Tagstunde des Sternes R, dessen *tasjir* man machen will. Die Zeit t multipliziert man mit obigem Abstände a und teilt das Produkt at durch die Dauer T einer Tagstunde des Sternes S. Zieht man von diesem Quotienten noch den Abstand b des Sternes R. vom Meridian ab, so findet man die gesuchte Einteilung. Also $\frac{a \cdot t}{T} - b = \text{tasjir (directio)}^3$.

b) Von Hermes soll folgendes Verfahren herrühren (LI): Die Aufsteigung des Grades (d. i. der mit dem Tierkreiszeichen über dem „Horizont ähnlichen Kreis“ mitaufgehende Grad des Äquators), der der *tasjir* sein soll, zieht man von der Aufsteigung des Grades ab, dessen *tasjir* man sucht. Der Rest ergibt die Grade des *tasjir*.

Hat der significator eine Breite, so zieht man die Aufsteigung des Grades, der mit dem significator mitaufgeht, von der Aufsteigung des Grades ab, dessen *tasjir* man sucht. Was bleibt, sind die Grade des *tasjir*.

Steht der significator oder der Grad, dessen *tasjir* man sucht, im Tierkreis, so zieht man die Aufsteigung des Grades des signifiators von der Aufsteigung des Grades ab, der mit dem Stern, dessen *tasjir* man sucht, mitaufgeht.

Wenn beide eine Breite haben, so zieht man die Aufsteigung des mit dem significator mitaufgehenden Grades von der Aufsteigung des mit dem Stern, dessen *tasjir* man sucht, mitaufgehenden Grades ab.

Das Verfahren wird an folgendem Beispiel erläutert: Der significator geht mit dem Anfang des Schützen auf und der Stern, dessen *tasjir* man sucht, mit dem Anfang des Wassermannes. Weil die Zählung der Aufsteigung am Anfang des Steinbocks beginnt, muß man zu der Aufsteigung, für die der *tasjir* gesucht wird, 360° zuzählen und von dieser Summe die Aufsteigung des signifiators abziehen. Dann ergibt der Rest die Grade des *tasjir*.

c) Das Kapitel (LII), das die Überschrift „Wie man den *tasjir* nach der Meinung des Äben Mohat macht“ trägt, enthält nur allgemeine Betrachtungen über die verschiedenen Verfahren. Der Verfasser sagt hier, daß seine Angaben

1) Das Verfahren des Hermes besteht in der Lösung der Aufgabe, mit Hilfe der Positionskreise, das sind Kreise, die sich alle im Meridian des Ortes schneiden, und den durch Ost- und Westpunkt gehenden Vertikalkreis teilen (vergl. J. Frank, Anwendung des Astrolabs) wissen; sie spielen beim *tasjir* eine Hauptrolle. Es soll dabei der Äquatorbogen gemessen werden, um den ein Stern sich drehen muß, wenn er von einem Positionskreis zum andern gelangen soll.

2) Nach Battāni hat also der Grad der Strahlenwerfung (Grad des Tierkreises) auf einem größten Kreise einen Abstand von 60, 90 oder 120 Grad von dem Ort des Sterns, während bei den vorigen Verfahren die ascensiones rectae oder obliquae um diesen Betrag von einander entfernt waren.

3) Die Formel stimmt mit der von Nallino I, 317 angegebenen überein.

aus einer Schrift Aben Mohats über diesen Gegenstand herrühren. Die dem Ptolemäus zugeschriebenen Verfahren habe er in dessen Schriften nicht gefunden, sondern er sei lediglich den Angaben von Abu Ma'shar und Zarqālī hierüber gefolgt. Doch gewünne man aus dem Tetrabiblion (III, 15) den Eindruck, daß das Verfahren, das Ptolemäus zur Ermittlung des *tasjir* angibt, dasselbe wie das des Aben Mohat sei.

4) Ermittlung des Ascendenten (*qulṭ*).

Um die Aufsteigung für die verschiedenen Positionskreise zu ermitteln (XLVII), stellt man den Ort des Sternes dar und dreht den Höhenhalbkreis L in die Ebene des Meridianringes F. Dann stellt man den Höhenbeobachtungsring K so, daß die obere Absche M in seiner Ebene liegt, und liest den Grad des Äquators G ab, der an den Höhenbeobachtungsring K fällt. Das ist die Aufsteigung des Sternes in dem dem „Horizont ähnlichen Kreise“.

Ähnlich findet man (XLIX) den mit einem Stern in dem dem „Horizont ähnlichen Kreise“ mitaufgehenden Grad des Tierkreises und (XLVIII) den Abstand des dem „Horizont ähnlichen Kreises“ von dem Mittagskreise.

Als letzte Aufgabe ist der Sammlung die Ermittlung der umbra recta und umbra (con)versa (LXX) angefügt, die nach des Verfassers eigenen Worten eigentlich nicht hierher gehört. Sie wird in bekannter Weise mit Hilfe einer beigegebenen Tabelle gelöst (vergl. Beitr. XVIII).

Diese Aufgaben zeigen deutlich, in welcher Richtung sich die Interessen bewegten, zu deren Befriedigung die alfonsinische Armillarsphäre bestimmt war: nur 7 Aufgaben behandeln direkte Beobachtungen am Himmel, während die anderen 62 sphärische und astrologische Fragen betreffen. Während bei den Arabern die Arm.-Sph. vorwiegend zur Gewinnung sicherer Beobachtungsdaten und so zur Weiterentwicklung der astronomischen Wissenschaft diente, tritt in den alfonsinischen Werken ein überwiegendes Interesse an astrologischen Fragen hervor, eine Richtung, die auch später noch im Abendlande eine besondere Rolle spielte.

d) In der Zeit des Humanismus und der Renaissance.

Wir sahen oben, wie Regiomontanus in Erkenntnis der bisher begangenen Fehler sich die Konstruktion genauer Beobachtungsinstrumente angelegen sein ließ. Er rekonstruierte die Ptolemäische Ekliptikarmille, die er selbst etwa folgendermaßen beschreibt (Scripta S. 20 u. 21)¹⁾.

„Das Instrument besteht aus 6 Ringen: der äußerste und größte stellt den Meridian dar, in dem sich die Pole der Welt befinden. Um diese ist ein kleiner Ring drehbar, der seinerseits einen unter rechten Winkeln an ihn angesetzten Ring von gleichem Durchmesser, die Ekliptik, trägt und daher „Trügering“ genannt wird. Die Ekliptik ist in die 12 Zeichen des Tierkreises geteilt. Zwischen dem Trügering und dem Meridian befindet sich der „äußere Anzeiger“. Dieser Ring ist um die Pole der Ekliptik drehbar, die um den Betrag der größten

1) Ich teile diese Stelle mit, da das Werk verhältnismäßig selten ist und nicht jedermann zugänglich sein dürfte. Ein Exemplar befindet sich im Germanischen Nationalmuseum zu Nürnberg.

Deklination der Sonne (der Schiefe der Ekliptik) von den Polen der Welt entfernt auf dem Trägerring festgelegt sind. Ein ähnlicher Ring, der „innere Anzeiger“, ist innerhalb des Träger- und Ekliptikringes, gleichfalls um die Pole der Ekliptik drehbar, angebracht. Beide Anzeiger dienen dazu, die Orte der Sterne in Länge anzuzeigen. Der innere Anzeiger aber hat eine Gradteilung, an der man die nördliche oder südliche Breite eines Sternes ablesen kann. Diese Ablesung wird ermöglicht durch einen schmalen in den inneren Anzeiger eingesetzten Ring, der in dessen Ebene drehbar ist und zwei durchlöcherete Blättchen gleich „Uhren“ trägt, wober auch der Name „Ohreuring“ (*orbis auritus*) rührt. An diese Blättchen sind über einen Ausschnitt zwei Fäden gespannt, die auf der Gradteilung des inneren Anzeigers gleiten und die Breite abzulesen gestatten.

Obwohl Regiomontanus aus dem arabischen Text des *Almagest* die Einrichtung des Dioptrilineals (*Alhidada*) kannte, wie sich aus einer Übersetzung: In Ptolemaei magnam compositionem, quam *Almagestum* vocant, libri tridecim conscripti a Jo. Regiomontano Nor. 1550 ergibt, benutzte er doch in unbedingter Anerkennung der Autorität des Ptolemäus dessen umständlichere Anordnung des Dioptrerringes. In der genannten Übersetzung wird auch für den Meridianring eine eigenartige Form angegeben: ein viereckiges Brett mit einem kreisförmigen Ausschnitt.

Aus dem Bild, das Regiomontanus seiner Beschreibung beifügt, erkennt man, daß er seiner Arm-Sph. eine Aufstellung auf einem Fußgestell gab, die eine Veränderung bzw. genaue Einstellung der Polhöhe für jeden Beobachtungsort ermöglicht. Der Meridianring wurde dabei von einem entsprechend ausgeschnittenen Brette zur Hälfte umfaßt.

Die mechanische Ausführung der Arm-Sph. des Regiomontanus scheint sehr mangelhaft gewesen zu sein. Jedenfalls klagt Bernhard Walther, der Freund und Gönner des Regiomontanus, daß Messungen mit den Ringen, deren Durchmesser 6 Fuß war, Fehler bis zu 10 Minuten zeigten (Weidler, *Gesch.* S. 323).

Die Ringinstrumente von Tycho Brahe sind durch seine *Astronomiae instauratae mechanica* allgemein bekannt geworden. Auch hat in neuerer Zeit Repsold in seinen „Astronomischen Meßwerkzeugen“ eine Beschreibung der einzelnen Instrumente und die zugehörigen Bilder veröffentlicht. Hier sei nur bemerkt, daß Tycho durch eine neue Art der Visiereinrichtung seine Instrumente wesentlich vervollkommnete. Durch einen Kunstgriff verlegte er den Visierpunkt in den gemeinsamen Mittelpunkt der Ringe: er verband die Pole in seinem Instrument durch einen röhrenförmigen Stab, der in seiner Mitte noch einen kurzen zur Fläche des Ringes, in dessen Ebene die Visierung erfolgen sollte, senkrechten Ansatz von gleicher Dicke trug. Dadurch wurde bei der besonderen Form seiner Absehen (es waren Schlitzvisiere, deren Schlitzte paarweise in einem Abstände gleich dem Durchmesser des durch den Ring gehenden Stabes einander parallel verliefen) eine sehr genaue Visierung möglich. Jede Absehe war für sich beweglich und wurde durch den Ring geführt, in dessen Ebene die Visierung erfolgte. Dadurch konnte Tycho bei seiner Zodiakal- (oder Ekliptikal-)armille den äußeren Beobachtungsring und den Absehring sparen. Diese Vereinfachung erleichterte die Konstruktion und erhöhte so die Genauigkeit der Messung, die

außerdem durch erhebliche Ausmaße der Instrumente und durch die bekannte Transversalenteilung der Grade aufs äußerste gesteigert wurde. In seinem Streben nach Vereinfachung ging Tycho schließlich so weit, daß er seine Äquatorial-armille baute, die nur noch aus einem vollen und einem halben Ringe von ca. 3 Meter Durchmesser bestand.

Unter Tycho Brahe ist wohl auch die Arm-Sph. Wilhelms 1 V von Hessen zu erwähnen, die vielleicht als einziges Originalinstrument erhalten ist und jetzt in Marburg aufbewahrt wird¹⁾. Eine Beschreibung und Abbildung von ihr, die sich in der „Beschreibung der Sammlung astronomischer, geodätischer und physikalischer Apparate im Königlichen Museum zu Cassel von A. Coester und E. Gerland befindet, sei hier mitgeteilt, da sie bisher kaum bekannt geworden ist. [Vergl. Repsold S. 20.]

Alte Armillarsphäre, sehr massiv aus Messing gearbeitet, etwa dem 16. Jahrhundert entstammend. In die obere Fläche eines kastenförmigen schwarz lackierten hölzernen Untersatzes (0,76 m hoch und 0,46 m lang und breit) ist eine schwere 0,34 m im Quadrat haltende Messingplatte und in diese sind 4 um ihr gemeinsames Zentrum drehbare Ringe eingelassen. Die Mitte der Bodenplatte nimmt ein Kompaß ein. Auf dem äußersten Ringe sind vier 0,24 m hohe Säulen angebracht, diese tragen 2 getrennte, aber in gleicher horizontaler Ebene liegende Kreise (Durchmesser = 0,34 m), deren 4 Quadranten in je 90 Grade geteilt sind. Auf dem 3., der in die Bodenplatte versenkten beweglichen Kreise stehen 2 Pfeiler 0,16 m hoch; sie tragen einen Vertikalkreis, dessen Mittelpunkt in gleicher Höhe liegt wie die beiden erwähnten horizontalen Ringe [und mit den Mittelpunkten dieser Ringe zusammenfällt]. In dem Raum zwischen diesen beiden Ringen läßt sich der Vertikalkreis ringsum drehen. Mit dem kleineren der beiden erwähnten Horizontalkreise und mit 2 einander gegenüberstehenden Säulen ist der Hauptmeridian fest verbunden: derselbe hat seine vertikale Drehachse im Zenith des großen Vertikalkreises und nimmt selbst die Achse des ringsum drehbaren Meridians (die Weltachse) auf, während Äquator und Ekliptik fest damit verbunden sind. Endlich drehen sich in der Ebene des Meridians und zwar um eine in der Äquinoxtiallinie liegende Achse noch zwei zueinander senkrechte Kreise, welche eine größere Zahl daran befestigter kleinerer oder größerer Weiser tragen, deren Spitzen die Stellung der hellsten Fixsterne andeuten und dieselben näher bezeichnen.

Der Apparat ist also aus 9 verschiedenen Kreisen (Ringern) zusammengesetzt, die alle mit Kreisteilung versehen sind. Die erwähnten 4, auf dem äußersten Ringe der Bodenplatte stehenden Pfeiler sind der Länge nach durchbrochen und haben vor dieser Öffnung je ein freihängendes ebenfalls durchbrochenes Plättchen (Dioptr?).

Eine besondere Bedeutung gilt diesem Apparat der Umstand, daß derselbe für eine Polhöhe von etwa 57 Grad nördlich ausgeführt ist. Für Cassel, dessen Breite = 51 $\frac{1}{2}$ Grad, war derselbe also nicht bestimmt. Dagegen lag bekanntlich Uranienburg unter 55° 55', und so drängt sich der Gedanke auf, daß das Instrument seiner Zeit vielleicht von Tycho Brahe selbst benutzt worden ist (dasselbe hat augenscheinlich fleißige Verwendung gefunden), und damit stimmt auch die ganze äußere Erscheinung sehr gut.

Nur kurz war die Blütezeit, die die Ringinstrumente unter Tycho Brahe erlebten. Ihr Ersatz durch einfachere Instrumente, wie ihn schon die Araber in der späteren Zeit angestrebt hatten, erfolgte - nun mit ungeahnter Schnelligkeit. Über das Torquetum des Regiomontanus ging die Entwicklung zu den parallaktischen Instrumenten. Dabei spielte vielleicht die neue Anschauung, die

1) Nach freundlichen Nachrichten aus Dänemark sind dort Instrumente von Tycho Brahe nicht mehr vorhanden.

von Kopernikus ausging, in dem Sinne eine gewisse Rolle, daß man vermöge Instrumente zu verwenden, die auf einer allzu speziellen Vorstellung von dem Weltall beruhten. Später hat man auch Systeme von Ringen zusammengesetzt, die die Vorgänge im heliozentrischen System veranschaulichen sollten, und diese auch Armillarsphären genannt wurden, obwohl sie mit den alten Beobachtungsinstrumenten nichts zu tun hatten.

Schluß.

Die Armillarsphären veranschaulichen in trefflicher Weise die verschiedenen Koordinatensysteme, auf die die Lagen und Bewegungen der Sterne bezogen werden können. Die Beschäftigung mit ihnen erscheint daher ganz besonders geeignet, Lernende mit den nicht immer ganz einfachen Verhältnissen bekannt zu machen.

Der
Arabische
Himmelsglobus

des Mohammed ben Muyid el-'Ordhi
vom Jahre 1279

im

Mathematisch-physikalischen Salon
zu Dresden

von

Adolph Drechsler

Zweite Auflage

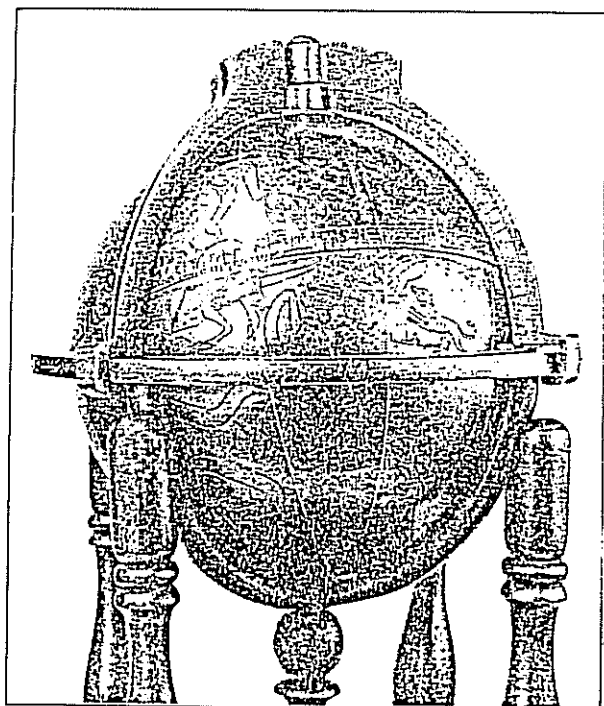
mit drei Abbildungen und acht Tafeln,

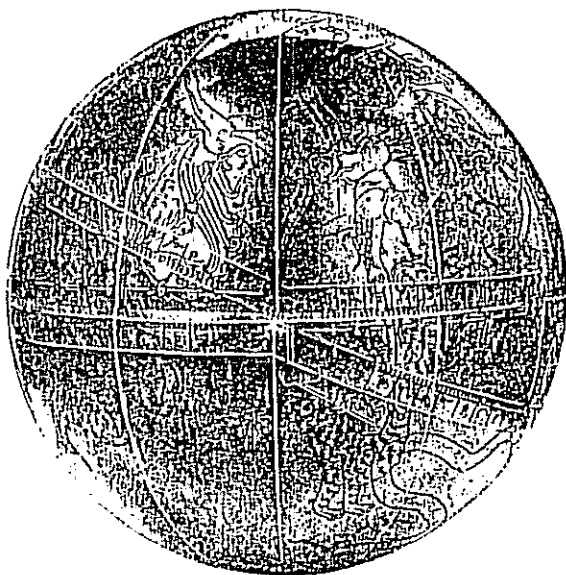
herausgegeben im Auftrage des Ministeriums des Kultus und öffentlichen Unterrichts
von der Direktion des Mathematisch-physikalischen Salons



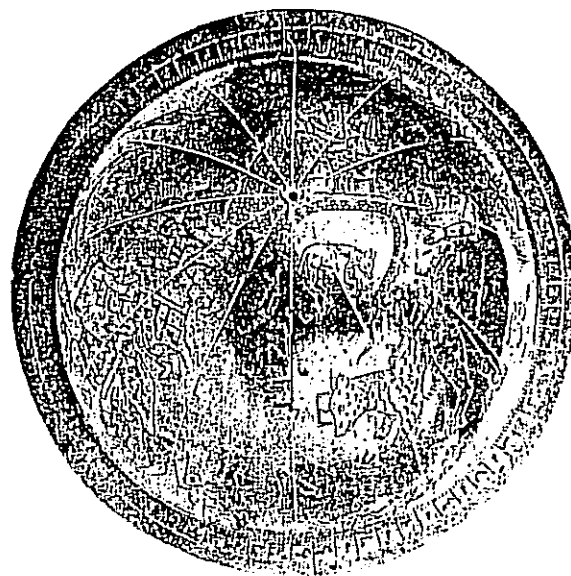
Dresden 1922

Buchdruckerei der Wilhelm und Bertha v. Baensch Stiftung





Mittelpunkt: Kreuzung von Ekliptik
und Äquator im Frühlingspunkt.



Mittelpunkt: Nordpol der Ekliptik.
Um den Globus der Horizontreif.

Vorwort zur zweiten Ausgabe.

Diese, vom damaligen Direktor des Mathematischen Salons, Hofrat Dr. Adolph Drechsler, 1873 bei Burdach, Dresden, herausgegebene Schrift hat viel Anklang gefunden. Der öfteren Nachfrage wegen entschloß sich die Direktion zu einer neuen Auflage. Die Lichtbilder-Ansichten und die Fußnoten wurden beigelegt. Sonst beschränkten sich die Änderungen des Wortlautes nur auf unwesentliche Berichtigungen hauptsächlich in der Rechtschreibung.

Es sind bisher acht arabische Himmelsgloben bekannt geworden. Der älteste stammt aus dem Jahre 1080 (Florenz), der jüngste aus dem Jahre 1701 (Petersburg). Der Dresdner Arabische Globus steht dabei dem Alter nach etwa an vierter Stelle. Von diesen erhaltenen arabischen Globen ist er der einzige auf deutschem Sprachgebiete und einer der besterhaltenen und bekanntesten. Wie schon die Schrift Drechslers zeigt, ist er auch am frühesten literarisch behandelt worden. Dieser wichtige Kulturzeuge hat zu den Erkenntnissen über die Araber, „dieser ehemals so bedeutenden, scharfsinnigen und geistreichen Nation, der einzigen Pfliegerin der Wissenschaften im Mittelalter“ (Beigel), Beachtliches beigetragen. Die mit dem Globus vermittelten astronomischen Kenntnisse des frühen Mittelalters sind und bleiben bedeutungsvoll. Seine klare und reine, dem abendländischen Stile zuneigende kufische Schrift (so nach der auf der hohen Schule der Stadt Kufa gepflegten Schreibweise benannt), der gleichen in welcher der erste Koran geschrieben wurde, hat zu Verbesserungen und Berichtigungen in der Wissenschaft der orientalischen Sprachen beigetragen. Der Astronom, wie der Orientalist, kommt in der Drechslerschen Schrift zu Worte. Es bleibt dagegen einschlägigen Kreisen noch vorbehalten, sich auch mit der Technik dieses Globus zu beschäftigen. Wir können leider nur ahnen, welche Werkzeuge und Hilfsmittel sich seine Verfertiger bedient haben. So ist es z. B. kaum denkbar, diese aus zwei hohlen Bronzehälften zusammengesetzte Kugel so „zügig“ ineinander zu passen, die ganze Kugel so vollendet zu runden, ohne eine maschinelle Einrichtung zu benutzen, die unserer heutigen Drehbank sehr nahe verwandt gewesen sein muß. Besser unterrichtet sind wir schon über die am Globus angewendete Technik des Tauschierens, die schon im 12. Jahrhundert im Orient z. B. in Nishâpûr blühte und im mesopotamischen Moçul zu hoher Vollendung gedieh.

Dieser Globus ist alter Dresdner Kunstkammerbesitz. Fiorini-Günther: Erd- und Himmelsgloben, Leipzig 1895, gibt in Anmerkung 8 S. 15 an, daß sich ein Schreiben des Kurfürsten August von Sachsen aus Schloß Moritzburg, datiert vom 26. August 1562, zweifellos mit diesem Globus beschäftige. Bis jetzt gelang es nicht, den angezogenen Briefbeleg in den Kopialen des Kurfürsten aufzufinden. Möglicherweise beziehen sich die Verfasser auf außerhalb Dresdens verwahrte Unterlagen. Nach Überlieferungen kaufte der Kurfürst den Globus von dem Coburger Mathematiker Nikolaus Valerius. Daß der Kurfürst ähnliche Geschäfte mit Nikolaus Valerius vor 1564 abschloß, geht aus einem sehr wohlwollenden Schreiben an ihn vom 24. September genannten Jahres hervor, in dem der Kurfürst Valerius „hinwieder 20 fl. zu einer Verehrung“ durch einen eigenen Boten nach Coburg für ein Planetarium schickt. (Hauptstaatsarchiv Dresden Cop. 326 Bl. 22a und b.) Dieses Planetarium nach ptolemäischem System wird gleichfalls noch im Mathematischen Salon verwahrt. Ist das Erwerbungsjahr 1562 für den Globus richtig, so gehört er zu dem frühesten Bestand der Dresdner Kunstkammer.

Nach der Drechslerschen Schrift hat sich noch in einer eigenen Abhandlung E. Kühnel mit dem Globus in den „Mitteilungen aus den Sächsischen Kunstsammlungen“ Jahrgang II Leipzig 1911 ab S. 16 beschäftigt. Kühnel weist zunächst auf den Umschwung

im Geistesleben der islamischen Völker seit dem achten Jahrhundert nach Christi hin, um den sich einige abbassidische Kalifen verdient machten. Dieser ersten großen Blüte folgte im 13. Jahrhundert eine zweite. Sie ist hauptsächlich mit dem Namen des Mongolenfürsten Hulagu, dem Begründer der 1259 errichteten persischen Sternwarte Merâgha verknüpft. Ihr erster Leiter war Naqir ed-din von Tûs (1201—1274), der große, namentlich um die Trigonometrie verdiente Mathematiker und Schöpfer der „Ikhânischen Tafeln“, dem wertvollsten Ergebnis der Arbeiten an der Merâgha-Sternwarte. Sie ist auch als Ursprungsort des Dresdner Globus anzusehen. Naqir ed-din zog als Mitarbeiter und Assistenten u. a. den Geographen Abulfeda, den Marokkaner Mohji ed-din und den Damaszener Muyid (oder Muwayed) ed-din el-'Ordhi heran. Dessen Sohn und vermutliche Nachfolger im Amte, Mohammed ben Muyid el-'Ordhi, ist der Verfertiger des Globus. Dieser dürfte eigens für die Zwecke der Ikhânischen Sternwarte in Merâgha hergestellt sein.

Kühnel bestätigt die Drechslerschen Untersuchungen und weist des weiteren an Hand der Ausführungen von Beigel, Schier und Drechsler die Einflüsse der Antike, insbesondere der griechischen astronomischen Erkenntnisse und ihrer Mythologie auf die persisch-arabische Astronomie nach, zu deren ehrwürdigsten Denkmälern der Dresdner Globus gehört.

Diese Einflüsse der griechischen Antike wies schon vor Kühnel Georg Thiele in seinem Buche: Antike Himmelsbilder, Berlin 1898, nach. Er sagt S. 44:

„Die mir vorliegende Drechslersche Abbildung des Globus lehrt, daß sämtliche Sternbilderfiguren von den griechischen abgeleitet sind, d. h. auf einen griechischen Globus zurückgehen. Vergleicht man die Lage der Sternbilder auf dem Äquator mit denen des Atlas Farnese, so ergibt sich keine genaue Übereinstimmung. Das Pferd liegt mit dem Kopfe im Äquator, bei Hipparchos berührt es ihn nur. Die Fische stimmen, der Widder liegt weit nördlich des Äquators, während Hipparchos die Hinterbeine hineinlegte. Der Kopf des Ketos, der bei ihm südlich des Äquators liegt, ragt auf dem Dresdner Globus über denselben hinaus. Orion stimmt, ebenso Hydros und Krater, Rabe nicht, Jungfrau nicht, da die eine Hand noch südlich des Äquators liegt; die ganze Figur ist aber überhaupt anders orientiert. Der Schlangenträger liegt im Ganzen zu tief, jedoch das von uns für Hipparchos erschlossene Motiv seiner Stellung, das auf dem Farnesischen Globus aus einem äußerlichen Grunde verdorben war, erhält durch den arabischen Globus eine sichere Bestätigung. Der Oberkörper ist tatsächlich ganz nach rechts hintenüber geneigt, wobei zugleich das linke Bein stark eingeknickt ist (*επιστρέφεται*) und nicht direkt auf, aber über dem Hinterleibe des Skorpions liegt. Adler und Delphin stimmen nahezu.

Die Differenzen erklären sich so, daß die Astrothesie, d. h. die Verteilung der Sterne, bei den Arabern anders war als die Hipparchische, trotzdem sie die Figurentypen den griechischen Globen entlehnten. Die alten Typen sind durch die arabische Stilisierung hindurch leicht zu erkennen. Die Stellung des Engnasin ist genau dieselbe wie bei Hipparchos, auch hier tritt er mit dem linken Fuß auf den Kopf des Drachen. Der Perseus ist barhäutig dargestellt, auch die Lage stimmt, die Beine nach Süden, der Oberkörper nach Nordwesten, der Kepheus mit bedecktem Haupte laufend. Unmöglich konnten diese Bilder, wie in der Beschreibung bei Drechsler hin und wieder angedeutet wird, aus dem bloßen Texte des Ptolemaios entstehen, sondern hier muß notwendigerweise eine bildliche Tradition vorliegen, und wir besitzen in diesen arabischen Himmelskugeln, was die Figuren betrifft, sehr späte Repliken eines auf Hipparchos basierten griechischen Globus; und wenn wir schon die Figur des Schlangenträgers auf dem Atlas Farnese nach dem arabischen Globus korrigierten, so wird auch die Lage und Figur des kleinen Hundes (*πικρὸν κύων*), der auf dem Farnesischen Globus durch die rechte Hand des Atlas verdeckt ist, mit Benutzung des arabischen herzustellen sein. — Obwohl also die Araber selbst, wie sämtliche Orientalen, alle einzelnen Sterne benannten und auch die Namen derselben einzeln auf dem Globus eintrugen, so hielten sie sich doch für verpflichtet, die Figuren der Griechen, deren Namen ihnen aus Ptolemaios vertraut waren, nachzubilden und mit ihrer eigenen Astrothesie so gut als möglich zu kombinieren.“

Dresden, im Januar 1922.

Die Direktion.

Geschichtliches über den Dresdner Arabischen Globus.

Der Arabische Himmelsglobus des Mathematisch-physikalischen Salons zu Dresden ist lange Zeit unter den übrigen zahlreich vorhandenen Globen aufgestellt gewesen, ohne einer besonderen Beachtung gewürdigt zu werden. Die früheste Nachricht über seinen wissenschaftlich hohen Wert findet man in einem Schreiben des Prof. Hindenburg zu Leipzig an den Königl. Astronomen Bernoulli zu Berlin, das Bode, Astronom der Akademie zu Berlin, im „Astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1785“ veröffentlicht hat. In diesem Schreiben ist einer Mitteilung über Himmelskarten die Bemerkung angefügt: „Vielleicht ist es auch Herrn Bode angenehm zu erfahren, daß auf dem Dresdener Salon der mathematisch-physikalischen Instrumente ein Himmelsglobus mit abweichenden Figuren von den gewöhnlichen und arabischer Schrift vorhanden ist, die Herr Niebuhr für ganz ächt soll erkannt und erklärt haben, und den auch schon längst vorher einige fremde reisende Sachverständige durch ein ansehnliches Gebot haben an sich kaufen wollen. Wie weit nun das alles gegründet sei, davon wird Herr Inspector Köhler¹ weitere Nachricht geben können.“ Bode bemerkt dazu: „Ich habe deswegen an Herrn Inspector Köhler geschrieben, auch bereits durch dessen freundliche Bemühung eine Abbildung von diesem alten Globus erhalten, die ich künftig mitzuteilen gedenke.“ Die Mitteilung ist nicht erfolgt, und es verlautet überhaupt nichts über diesen Globus, bis Bode im Astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1808 eine ihm von Legationsrat Beigel² zu Dresden zugekommene ausführliche Nachricht darüber abdruckt.

In dieser Nachricht beschreibt Beigel das Äußere des Globus, bestimmt sein Alter, bespricht die Sternbilder: Kleiner Bär, Herkules, Wage, Jungfrau, Leyer, nördliche Krone, Altar, Wassermann, Walfisch, veröffentlicht die Übersetzung eines Teiles aus der in Kazwinis „Merkwürdigkeiten des Naturreichs“ enthaltenen Astrognosie und knüpft hieran reichhaltige philologische und astrognostische Bemerkungen.

Über die Auffindung der Verfertigungszeit des Globus sagt Beigel: „Ich verglich die Länge einiger nahe an der Ekliptik stehenden Sterne dieses Globus mit Ulug Beighs Sternverzeichnis in Thomas Hydes Syntagma Dissert. Oxon. 1767, und berechnete daraus den Unterschied der Zeit nach Nasireddins Vorrückung des Äquinotialpunkts = 70 Jahre für 1 Grad.“ Die Benutzung der Örter von Aldebaran, Pollux, Regulus, Spica und Antares ergibt ihm das Jahr 1289 der christlichen Ära als ungefähr das Jahr, für welches der Globus verfertigt worden sei. Eine Bestätigung seiner näherungsweisen Zeitbestimmung findet er in der auf dem Globus vorhandenen Angabe der Namen des

¹ Joh. Gottfried Köhler, Inspektor des Mathematischen Salons, geb. 15. Dezember 1745, † 19. September 1809, Astronom und Konstrukteur astronomischer Instrumente.

² Georg Wilh. Siegmund Beigel, Philolog, Mathematiker und Astronom, ab 1813 Oberbibliothekar der Königl. Öffentlichen Bibliothek in Dresden, geb. zu Ippesheim in Franken 25. September 1753, † 25. Januar 1837 in Dresden, versuchte u. a. bereits 1803 das Meter und Kilogramm in Sachsen einzuführen.

Verfertigers und seines Vaters Muhammed und Muwajid. „Muwajed-el-ardhi“ war ein berühmter Astronom, aus Damaschk gebürtig, und Nasireddins Zeitgenosse. Diese beiden Astronomen, nebst einigen anderen, hatte der mongolische Khan Hulagu nach Maragha berufen, um daselbst ein Observatorium anzulegen. Hulagu starb im Jahre 1264. Ob Muwajed länger gelebt habe, ist mir unbekannt, aber durch den erwähnten Zeitumstand wird es begreiflich, daß sein Sohn Muhammed 25 Jahre später sich ebenfalls unter den Astronomen durch Verfertigung einer Himmelskugel auszeichnen konnte. Wahrscheinlich folgte Muhammed seinem Vater nach Persien und brachte auch dort diese Arbeit zustande.“ —

Beigel hatte bei Übersendung dieser Mitteilungen gegen Bode die Hoffnung ausgesprochen, es werde ein gelehrter Orientalist einstens einen vollständigen Abdruck der astrognostischen Stücke des Kazwini liefern, und schon im Jahre 1809 erschien: „Untersuchungen über den Ursprung und die Bedeutung der Sternnamen. Von L. Ideler.“

Der Verfasser gibt in diesem Werke nach griechischen, lateinischen und arabischen Quellen, mit Berücksichtigung ihrer bereits veröffentlichten Bearbeitungen, gründliche und umfassende Aufklärung über die Namen, die die Sternbilder und die einzelnen Sterne im Laufe der Zeit erhalten haben, indem er Kazwinis Gestirnsbeschreibung wörtlich übersetzt und eine Kritik der bereits vorhandenen Auslegungen nebst den Ergebnissen eigener Forschungen daran knüpft. Bei der Erklärung der hier in Betracht kommenden arabischen Namen fußt er hauptsächlich nach eigener Einschau auf Zakarija Kazwinis (vor 1283 niedergeschriebenen) „Merkwürdigkeiten des Naturreichs“ und „Almagestum etc. Venet. 1515“, nach Übersetzungen von Hyde und Golius auf Sufis, Dschewaris, Nasireddins, Firuzabadis, Echeteris und Ulug-beks Schriften. Bei den Sternpositionen benützt er Bayers Uranometrie (Ulmer Ausgabe 1640) und Bodes 1801 herausgegebene Uranographie; und von den ihm zugänglichen Behandlungen desselben Stoffes zieht er namentlich Victor Lachs „Anleitung zur Kenntnis der Sternnamen. Leipzig 1796“ in Erwägung. Wesentlich wurde, wie er selbst bemerkt, sein Werk durch Mitteilungen von Tychsen und von Beigel bereichert.

Auf diese zwar gelegentliche aber gründliche Besprechung der auf dem Dresdner Globus enthaltenen Sternbilder und Sternnamen folgte, nach Veröffentlichung eines Artikels: „Bericht über den Arabischen Himmelsglobus im Königl. Sächs. Mathematischen Salon zu Dresden von K. H. Schier“, in Koners „Zeitschrift für Erdkunde, Berlin 1864“, unter dem Titel „Globus coelestis arabicus, qui Dresdae in Regio Museo mathematico asservatur a C. H. Schier Dresdensi illustratus. Lipsiae 1865“¹ eine Monographie über diesen Globus, in der vom Verfasser die bisher über die arabische Astrognosie wesentlichen Erforschungen zum Verständnis der auf dem Globus enthaltenen Schrift benützt

¹ Jourdain, Mémoire sur les instruments employé à l'observatoire de Méragah, „Magasin Encyclopédique“ tome VI, Paris 1809, nimmt an, daß er der Verfasser einer in der Pariser Bibliothèque Nationale unter Ms. ar. no. 1157 aufbewahrten Abhandlung sei. In dieser Schrift über Quadranten, Globen, Astrolabien und trigonometrische Instrumente gibt der Verfasser selbst an, daß er solche Instrumente vor und nach dem Jahre 660 der Hedschra (1262 n. Chr.) für die Sternwarte in Merāgha verfertigt habe. Bei einem der trigonometrischen Hilfsmittel sagt er, daß er ein solches schon im Jahre 615 der Hedschra (1219 n. Chr.) in Damaskus fertiggestellt habe. (Kühnel a. a. O.)

² Karl H. Schier, Privatgelehrter, † Dresden 1869, bekannter Orientalist, gab seine Forschungen über den Dresdner Globus auch in einer eigener Broschüre in französisch unter dem Titel heraus: Ciel et Enfer ou Description du Globe Céleste Arabe qui est conservé au musée mathématique royal de Dresde, Dresden, Leipzig 1866.

und durch Ergebnisse eigener Untersuchungen vermehrt sind. Außer den vorgenannten Schriften leisteten diesem gelehrten Philologen namentlich noch die Beschreibungen des Londoner Arabischen Globus von Dorn¹ und des Pariser Arabischen Globus von Sédillot² durch ermöglichte Vergleichung gleichzeitiger Bezeichnungen in einzelnen Fällen wesentliche Dienste.

Im allgemeinen ist zu bemerken, daß der Verfasser sich hauptsächlich an Ideler anschließt, in nur wenigen Auffassungen ihm nicht beipflichtet. Außerdem ist der Globus in „Bulletin de la Société Impériale des Naturalistes de Moscou 1872, IV.“ von mir erwähnt. Darin wird bei Erwähnung der im Mathematischen Salon aufgestellten Himmelsgloben auch der Arabische Globus besprochen und nach anderen zugehörigen Bemerkungen die Zeit seiner Herstellung durch folgende Betrachtungen möglichst genau zu bestimmen versucht. „Durch Abmessung (der Entfernung der Sternörter von dem Frühlingspunkt) konnte, da 1 Grad, welcher 70 Jahre umschließt, auf dem Globus nur $1\frac{1}{4}$ mm beträgt, das Jahr selbst, für welches der Globus gefertigt ist, nicht ermittelt werden. Erwägt man aber, daß für Himmelsgloben, die nahe dem Ende eines Jahrhunderts gefertigt wurden, die Sternpositionen für das Säkularjahr aufgetragen zu werden pflegen, so wird man nicht abgeneigt sein, anzunehmen, daß dieser Globus für das Jahr 1279 unserer Zeitrechnung gefertigt ist, da es das Jahr 200 der Dschelalischen Ära bezeichnet. (Epochae celebriores etc. illustravit J. Gravius. Londini 1650.) In Persien herrschte im 11. und 12. Jahrhundert die Seldschucken-Dynastie. Der dritte Herrscher derselben war Dschehel-eddin. Sein die Wissenschaft pflegender Minister Nisan-el-Mulk berief 1079 unserer Zeitrechnung acht Astronomen zur Regulierung des Kalenders und setzte dieses Jahr als den Anfang einer Ära. Sie wurde nach dem Herrscher die Dschelalische genannt. (Ephemeridae Persarum etc. a. M. F. Beckio Aug. Vind. 1696.) Diese Zeitrechnung, in der das tropische Jahr zu 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten 53 Sekunden bestimmt war, galt damals auch in der wissenschaftlichen Folgezeit als die vorzüglichste. Wenn auch bei dem Wechsel der Dynastien der bürgerliche Kalender geändert wurde, so blieb doch dieser astronomische, mit festem Sonnenjahr, unverändert daneben bestehen. (Handb. der math. und techn. Chronologie von Dr. L. Ideler. 1826.) Die Seldschucken-Dynastie herrschte daselbst bis 151 der Dschel.-Ära. Auf diese folgte die Mongolen-Dynastie mit Dschingis Khan. Der dritte Mongolen-Herrscher war Hulagu. Dieser errichtete ein Observatorium zu Maragha im Jahre 180 der Dschel.-Ära und berief den berühmten Astronomen Muwajid aus Damaskus in dasselbe. Muhammed, der Verfertiger des Globus, ist nun höchst wahrscheinlich dieses Muwajid Sohn und sein Nachfolger im Amte. Die Verfertigung des Globus erfolgte daher nahe am Ende eines Jahrhunderts der Dschelalischen Ära, und wohl konnte Muhammed

¹ Dorn, Description of an Arabic Celestial Globe, London 1829. Dieser in London verwahrte Globus stammt vom Jahre 1275. Er ist im Besitz der Londoner Asiatischen Gesellschaft. In London wird jedoch noch ein zweiter arabischer Globus verwahrt, von dem wohl Drechsler keine Kenntnis besaß. Sein Alter ist noch nicht bestimmt. Siehe Rothman: Note on an Arabic Globe, belonging to the Astronomical Society, Athenaeum 1846 Nr. 650.

² Sédillot: Matériaux pour servir à l'histoire comparée de sciences mathématiques chez les Grecs et les Orientaux, Paris 1845, S. 334 und: Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes, Paris 1841, S. 117. Auch Paris besitzt zwei arabische Globen bisher noch nicht genau bestimmten Alters. Der älteste mit kufischer Schrift dürfte der Zeit des Dresdner Globus angehören und ihm verwandt sein. Der jüngere entstammt wahrscheinlich dem 16. Jahrhundert. Beide Globen befinden sich in der Bibliothèque Nationale und sind in Jomard, Monuments de la Géographie, Paris (1834), auf Tafel I — III abgebildet.

darin Veranlassung finden, ihn für das Jahr 200 der Dschetalischen Ära zu fertigen, die das Jahr 1279 der christlichen Ära ist.¹

Im Archiv des Mathematischen Salons finden sich nur drei den Arabischen Globus betreffenden Kundgebungen vor: eine Zeichnung nach ihm² und zwei Nachrichten über ihn in den Seyffertschen³ Tagebüchern. Die Zeichnung, ohne irgend welche Andeutung des Verfertigers, dürfte wohl ein Duplikat der von Köhler an Bode gesendeten Abbildung sein. Die Sternbilder und Kreise sind in ihr mit Tusche gezeichnet, Sterne und Schrift mit roter Tinte eingetragen. Die Bilder in diesen Karten sind zwar nicht völlig treue Nachbildungen und ohne kunsigemäße Ausführung, konnten aber doch von dem Lithographen Klahr, der mit größter Sorgfalt die Umrisse und Schattierungen der Figuren bis auf die kleinsten Strichlein durch Messen und Pausen vom Globus abgenommen hat, als Grundlage zu den anliegenden Tafeln I bis IV benützt werden. Die Sternnamen und Inschriften auf diesen Tafeln sind auch in den schadhaften Stellen genau dem Original nachgebildet worden. Um über die Genauigkeit der Nachbildung sicher zu sein, habe ich alle auf dem Globus vorhandenen Worte nochmals unmittelbar vom Globus abgeschrieben, auf Tafel VII zusammengestellt und in dieser Zusammenstellung mit den in der Zeichnung enthaltenen verglichen. Die zweite Kundgebung, die früheste Erwähnung des Globus in den Tagebüchern des Salons, findet man daselbst im Jahrgang 1803. Sie betrifft die Forschungen Beigels, deren Resultate in dem Bodeschen Astron. Jahrbuch 1808, wie bereits oben mitgeteilt wurde, abgedruckt sind. Die dritte Kundgebung, ebenfalls ein in den Tagebüchern niedergeschriebener Bericht, meldet, daß der „Russisch Kaiserliche Baron von Manteuffel“ im Februar 1806 die Sammlung des Salons besucht habe, um durch Vermittelung Seyfferts eine Kopie des Arabischen Globus zur Absendung nach Samarkand zu erlangen. Zuerst beabsichtigte man nun vom Graveur Leupold eine Kopie aus Metall (Kostenanschlag 300 Taler) fertigen zu lassen. Sie kam nicht zur Ausführung. Dann wurde vorgeschlagen, eine Holzkugel oder eine Metallkugel mit Papier zu überziehen und die Aufzeichnung von Bild und Schrift dem Leutnant Buschbeck anzuvertrauen. Auch diese Art der Nachbildung unterblieb. Endlich sollte der Kupferstecher Dornstedt durch Ätzen die Kopie herstellen. Da aber auch diese Anfrage ablehnend beantwortet wurde, so unterließ Seyffert, unter Klagen über den gehaltenen großen Zeitverlust, fernere Bemühungen in dieser Angelegenheit⁴.

Die vier aus dem 13. Jahrhundert stammenden ältesten bekannten Himmelsgloben (zu London, Paris, Velletri⁵ und Dresden) sind im allgemeinen nach Inhalt und

¹ Diese Zeichnungen scheinen nicht erhalten zu sein.

² Johann Heinrich Seyffert, Bergrat, ab 1801 Inspektor des Mathematischen Salons, geb. 7. September 1751, † 13. Januar 1818. Seyffert war korrespondierendes Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften zu London und Ehrenmitglied der Societät der Naturforscher in Moskau. Als vorzüglicher Chronometermacher erlangte er großen Ruf.

³ Zu einfachen Nachbildungen eignen sich die anliegenden Tafeln. Drechsler hat selbst damit einige Kopien hergestellt. Welche Schwierigkeiten sich bei einer getreuen Nachbildung in Metall noch heute ergeben, erfuhr die Direktion des Mathematischen Salons, als sie eine solche für das Deutsche Museum in München im Jahre 1913 besorgte. Dabei waren z. B. die Tauschierungen des Originals in Gold und Silber nur mittels Gold- und Silberamalgam des Zahnrechners nachzubilden.

⁴ Der Globus in Velletri stammt aus dem Jahre 1225, über ihn siehe Simone Assemano, *Globus coelestis eufico arabicus Veliterni Musei Borgiani*, Padua 1793. Über den ältesten dieser Globen vom Jahre 1080 hatte wohl Drechsler bei Herausgabe seiner Schrift noch keine Nachricht. Er ist in Valenzia, das damals zu dem blühenden spanisch-maurischen Kalifat von Cordova gehörte, gefertigt und in Florenz verwahrt. Meucci, *Il globo celeste arabico del secolo XI esistente nel gabinetto degli strumenti antichi di astronomia, di fisica e di matematica del R. Istituto di Studi Superiori*, Florenz 1878.

Darstellungsweise übereinstimmend. 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 (Tafel V und Tafel VI) 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.

Unter dem Horizontring, im Ostpunkt und im Westpunkt an ihm befestigt, ist noch ein halbkreisförmiger Ring angebracht. Der Horizontring liegt auf einem Holzgestell das nach seiner Gestaltung zu schließen, im 17. Jahrhundert gefertigt worden ist.

Es mögen noch einige Bemerkungen über die den Nachbildungen beigelegte Zugabe hier Raum finden. Tafel VIII ist für diejenigen Freunde astronomischer Wissenschaften beigegeben, die ohne Kenntnis der arabischen Sprache doch die Worte auf dem Globus abzulesen wünschen. Die tabellarische Übersicht enthält: 1. die (mit Silber ausgelegten) Namen der Sternbilder; 2. die Nummern der auf Tafel VII zusammengestellten Globusschriftzüge; 3. die Angabe der Örter der Schriftzüge auf dem Globus; 4. Andeutungen des Klanges der betreffenden arabischen Worte. Hierbei sei bemerkt, daß in vielen Fällen der richtige Klang ohne große Übung, genau weder nachgebildet noch mit dem Gehör in Unterscheidungen erfaßt werden kann, und daß man namentlich den Buchstaben *ih* in manchen Verbindungen gar nicht durch einen europäischen Buchstaben wiederzugeben vermag. In der Tabelle ist in diesen Fällen stets ein stärker hervortretendes *h* gedruckt worden; 5. den Sinn der Wörter, vornehmlich nach der Ideler'schen Übersetzung der Kazwinischen Astrognosie; 6. Bemerkungen, meistens über Punktierung oder über Auffassung überhaupt, wobei die abweichenden Auslegungen Schiars oder früherer Interpreten der Sternbezeichnungen mit Nennung des Namens angeführt sind. Einige von mir beigelegte Andeutungen sind stets mit einem Fragezeichen versehen. Dadurch soll hervorgehoben werden, daß es nur Vorschläge sind, die den Orientalisten von Fach zu entscheidender Prüfung mitgeteilt werden.

Erläuterungen zu der Kufischen Schrift auf dem Dresdner Arabischen Globus.

Sternbild	Zu Schnitt auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Der kleine Bär.	1.	Über dem Rücken.	szura eldub elazchrar.	Das Bild des kleinen Bären.	Zu 1. Das Wort szura, Bild, ist auf dem Globus 9 nördlichen und 8 südlichen Sternbildernamen vorgesetzt. Auf Tafel VII ist dieses Wort nur bei dem kleinen Bären angegeben. Die übrigen Sternbildernamen, denen dieses Wort voransteht, haben in diesen Bemerkungen die Bezeichnung „szura“ erhalten.
	2.	Über dem Schwanze.	benat nahsch elszochra.	Die Töchter der kleinen Bahre.	
	3.	Neben dem Schwanze.	elgedi.	Das Ziegenböckchen.	
	4.	Im Rücken.	eiferkadain.	Die beiden Kälber.	
Der große Bär.	5.	Über dem Rücken.	eldub eläkber.	Der große Bär.	Zu 2. Wie die Griechen ihre Mythologie den ägyptischen Sternbildern einfügten, so versetzten die syrischen (?) Christen Begebenheiten und Personen der christlichen Geschichte in den Sternenhimmel. (Kircher.)
	6.	Zwischen Bär und Bootes.	benat nahsch elkobra.	Die Töchter der großen Bahre.	
	7.	Im Rücken.	elnahsch.	Die Bahre.	Zu 3. Arabische Bezeichnungen einzelner Sterne wurden in den Ptolemäischen Sternbildern meistens unverändert gelassen.
	8.	Unter Schwanzende.	alpaid.	Der Statthalter.	
	9.	Unter Schwanzmitte.	elhanak.	Die Ziege.	Zu 6. Maria, Martha und die Magd.
	10.	Unter Schwanzanfang.	eldschaun.	Der Rappe.	Zu 7. Die Bahre des Lazarus.
	11.	Über dem Schwanze.	elsuha.	Der Vergessene.	Zu 8. alkaid der Sitzende, alkadi der Richter.
	12.	Unter rechter Hinterklaue.	elkafze elüwele.	Der erste Sprung.	Zu 9. Die Kamele. (?)
	13.	Unter linker Hinterklaue.	elkafze ettanie.	Der zweite Sprung.	Zu 10. elhawar die weiße Pappel oder das Weiße des Auges (Tizini). — blind. (?) — Schier punktiert algun, gibt aber die Bedeutung nicht an. — Ideler übersetzt: „der Rappe“.
	14.	Unter linker Vorderklaue.	elkafze ettalte.	Der dritte Sprung.	Zu 11. elsacha der dunkle. (?)
	15.	Zwischen Bär und Jungfrau.	el holba.	Das Haar.	Zu 12. Die Gazellen fliehen vor dem Löwen.
	16.	Vor dem Kopfe.	eldshiba.	Die Gazelle.	Zu 15. elhöbe ist der Name einer Körnerfrucht in Arabien, vielleicht gibt die Zeichnung, ihre Blüten- und Blüthengestalt auf dem Halme. (?)
	17.	Im Halse.	elchodh.	Der Teich.	Zu 16. eltoba die Antilope. (?)

Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Der Drache.	18.	Zwischen Drachen und Schwan.	eltinin.	Der Drache.	Zu 18. szura. Das Paar. (?)
	19.	Vor dem Rachen.	elrañdh.	Das weidende Kamel.	Zu 19. <i>Hyde</i> punktiert alraquesz, der Tänzer; <i>Kazwini</i> gibt diesen Beinamen dem auf das Knie gestürzten Herkules.
	20.	Im Kopfe.	elhawaid.	Die Kamel-Mütter.	Zu 20. Die Laurenschläger. <i>Hyde</i> . Zu 21. eldsabb die Hyäne. (?)
	21.	Zwischen Drachen und Herkules.	eldsich.	Die männliche Hyäne.	Zu 22. szura. — <i>Ideler</i> punktiert <i>kaikaus</i> , <i>Schier</i> <i>kaikaus</i> . Letzterer sagt, <i>kaikaus</i> bezeichne nicht den König Cepheus, sondern einen den Arabern bekannten persischen König früherer Zeit, welcher <i>Caicus</i> geheißen habe.
Cepheus.	22.	Über dem Kopfe.	qifaus.	Cepheus.	Zu 23. szura. — hawa heulen, schreien, das Geschrei. Die arabischen Übersetzer haben <i>boates</i> , statt <i>bootes</i> (schreiender statt Rinderhirt, oder nach gewöhnlicher Benennung „Bären-treiber“) gelesen. (<i>Ideler</i> .)
	23.	Neben rechtem Bein.	elrahi.	Der Hirt.	
	24.	Zwischen den Füßen.	kelb elrahi.	Hund des Hirten.	Zu 26. Der die Lanze werfende Simak. (?) <i>Ideler</i> faßt Simak als Stütze, Bein des vergrößerten Löwen auf, und nennt Arctur die bewaffnete Stütze, das andere Bein des Löwen, ist bei dieser Auffassung Spica.
Bootes.	25.	Zwischen Arm und Kopf.	elhauwa.	Der Bärenreiber. (Der Schreiende.)	
	26.	Zwischen den Beinen.	elsimak elramih.	Der bewaffnete Simak.	Zu 27. Der Sternkreis der Krone hat oben keinen Zusammenschluß, die Schüssel ist daselbst zerbrochen; der Kranz an dieser Stelle gebunden. Die griechische Krone verdrängt die arabische Schüssel und die Bruchstelle wurde zur Bandschleife des Kranzes. fekk lösen, brechen. (i)
Die Krone.	27.	Über den Ringen.	elfekka.	Die Krone. (Die Bertlerschüssel.)	
Herkules.	28.	Über rechtem Arm.	elgati hala rikberehu.	Herkules. (Der Knieende.)	Zu 28. szura. Der auf das Knie sich Stützende. Der Tänzer im Springen. <i>Kazwini</i> .
	29.	Auf der Brust.	elnasag elschami.	Die syrische Reihe.	Zu 29. Von <i>Ideler</i> hier nicht angeführt; <i>Schier</i> übersetzt: Die syrische Reihe. — innesq. (?)
Die Leier.	30.	In dem Bilde.	elsaljaq.	Die Leier.	Zu 30. Das Wort ist aus dem griechischen <i>cheiūs</i> , die Schildkröte, gebildet. (<i>Hyde</i> .) <i>Ideler</i> punktiert <i>elsaljaq</i> . — Das griechische <i>ostrakon</i> , bedeutend Schildkrötenschale und auch Topf, gab Veranlassung zu dem Bilde auf dem Globus. (<i>Schier</i> .)
	31.	Neben dem Bilde.	elnesr elwaqah.	Der fallende Adler.	Zu 31. Aus <i>elwaqah</i> ist Weg entstanden.
Der Schwan.	32.	Unter rechtem Flügel.	eldegage.	Der Schwan. (Die Henne.)	Zu 32. szura. Der Grieche nahm für ursprünglich „Vogel“ den mythologischen Schwan, der Araber das Haustier die Henne an. (<i>Schier</i> .)
	33.	Auf der Brust.	elfawaris.	Die Reiter.	

Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Der Schwan.	34.	Auf dem Leibe.	elridf.	Der Nachfolgende.	Zu 34. Der hintere Reiter heißt merduf; es bedeutet elridf nur das Hinterteil. (?)
Cassio- peja.	35.	Neben dem Kopfe.	dat elkursi.	Cassiopeja. (Dassitzende Weib.)	Zu 35. Die den Stuhl innehabende Frau. Bei den Arabern ist ab-elkursi oder abelkerasi ein Spitzname, und bezeichnet einen trügen Menschen, der immer auf dem Stuhle sitzt. (?)
Perseus.	36.	Neben linkem Arme.	hamil ras elhru.	Perseus. (Der Träger des Ungeheuerkopfes.)	Zu 36. Der den Kopf mit den Schlangen tragende Mann.
	37.	Neben dem Medusen- haupte.	ras elhru.	Der Ungeheuer- kopf.	Zu 37. Der Kopf mit den Schlangen. elhru die Schlange. (?)
	38.	Auf linker Seite.	gemb bersaus	Seite des Perseus.	
Fuhr- mann.	39.	Über dem Kopfe.	mumsik elahene.	Der Fuhrmann. (Der Zügelhalter.)	Zu 39. szura. — Der Übersetzer nimmt aus dem griechischen heniochos das Wort henia, die Zügel, arabisch gestaltet, in seine Übersetzung auf (Ideler).
	40.	Rechts neben dem Kopfe.	elhajuq.	Die Ziegen.	
	41.	Neben rechter Schulter.	elhanz.	Die Ziege.	Zu 40. Aus dem griechischen aix, die Ziege, ist das arabische elhajuq gebildet worden. (Boul-laud.) — Man könnte elhanuq, die Kamele, punktieren. (?)
	42.	Neben rechtem Arme.	elgedjan.	Die beiden Böc- lein.	Zu 41. elhanz die Ziege, ist in der Umgangssprache nicht im Gebrauche, aber im Koran in dieser Bedeutung enthalten. (?)
Ophi- uchus und Schlange.	43.	Neben dem Kopfe.	elhauwi welhaje.	Der Schlangen- träger und die Schlange.	Zu 43. szura. Schlangenbeschwörer (Goliath). In diesem Sternbild wird (nach Kazicini) von Ideler angeführt; nasag elschami, die syrische Reihe (die nördliche Reihe), welche aber auf dem Globus in das Bild des Herkules eingetragen ist.
	44.	Über rechter Schulter.	elrahi.	Der Hirt.	
	45.	Neben dem Kopfe der Schlange.	hanq elhaje.	Der Hals der Schlange.	
Der Pfeil.	46.	Über dem Pfeile.	elsehm.	Der Pfeil.	
Der Adler.	47.	Über dem Kopfe.	elhoqab.	Der Adler.	Zu 47. szura.
Der Delphin.	48.	Über dem Kopfe.	eldulfin.	Der Delphin.	Zu 48. Der Übersetzer hat das griechische delfhis beibehalten.

Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Das Füllen.	49.	Unter dem Bilde.	qorhat elfaras.	Das Füllen.	Zu 49. Das Gesicht des Pferdes. das Brustbild des Pferdes. (<i>Ideler</i> .) Ein Stückchen, ein Teil des Pferdes.
Pegasus.	50.	Zwischen Kopf und Brust.	elfaras elahathem.	Pegasus. (Das große Pferd.)	Zu 50. elahathem angewandt bei Vergleichung, bezeichnet das Größere, Mächtigere usw. (?)
	51.	Bei dem Kopfe der Andromeda.	sirat elfaras.	Der Nabel des Pferdes.	Zu 53. Ursprüngliche arabische Bezeichnungen sind die vordere und hintere Tille, Öffnungen zum Auslaufen des Wassers aus dem Schöpfbeimer. (<i>Ideler</i> .)
	52.	Unter dem Leibe.	menkeb elfaras.	Die Schulter des Pferdes.	Zu 55. Glückliches Gestirn für Lämmer, Böckchen, Kälber und Kamelfüllen. (<i>Ideler</i> .)
	53.	Zwischen Flügel und Mähne.	elfarg elmuqadem.	Die vordere Tille.	Zu 56. Glückstern des Erhabenen.
	54.	Zwischen Flügel und Leibende.	elfarg elmuacher.	Die hintere Tille.	Zu 58. Eine Vorrichtung zum An- bringen der Aufzugsrolle an dem Ort, wo die oberen Quer- hölzer des Eimergestelles sich kreuzen. (<i>Ideler</i> .) — Das Seil zum Aufziehen. (<i>Schier</i> .) — elkerb bedeutet auch Mißstim- mung, Unglück, es läßt sich aber dieser Gedanke nicht tüg- lich in die übrigen hier vor- waltenden Anschauungen ein- reihen. (?)
	55.	Im Kopfe.	sahd elbiham.	Glück der jungen Haustiere.	
	56.	Im Halse.	sahd elchomam.	Glück des Helden.	
	57.	Neben rechtem Vorderbeine.	sahd mathar.	Glück des Regens.	Zu 59. Man kann auch punktieren sahd barab, Glück des Groß- artigen und des von Allen Er- blickten, des Angestaunten. (?)
	58.	Auf dem Leibe.	elkerb.	Aufziehhaken.	
	59.	Auf der Brust.	sahd nazi.	Glück des nach Weide verlangen- den Kamels.	Zu 61. Auf dem Globus ist nur der Anfang des zweiten Wortes enthalten. <i>Ideler</i> ergänzt elardh und übersetzt wörtlich „die Erdrüge“. Es ist ein Raub- tier, eine Katze, braun mit schwarzen Ohren. (<i>Hyde</i> .) Es bedeutet hanaq, auch das Ka- mel. (?)
Andro- meda.	60.	Unter linkem Arme.	el mara elmuselseie.	Andromeda. (Die angekettete Frau.)	Zu 63. Auf dem Globus ist elanasin die Hauptbezeichnung des Sternbildes und elmutet die Nebenbezeichnung. Es ist dies dadurch angezeigt, daß das Wort elnasin mit Silber ausgelegt, das Wort elmutet nur einfach gra- viert ist. <i>Ideler</i> hat dieses Wort nicht angeführt; <i>Schier</i> punktiert alanisain, übersetzt „die Ge- nossen“, und führt es als Neben- bezeichnung an. — elanasin be- zeichnet Personen, die ange- nehm im Umgange sind, die Unterhaltung leiten. (?)
	61.	Neben rechtem Beine.	hanaq ela.	Schwarzohr.	
Triangel.	62.	Neben dem Dreieck.	elmutet.	Das Dreieck.	
	63.	Über dem Dreieck.	elanisin.	Die Genossen.	

Sternbild.	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Widder.	64.	In der Ekl. 0 — 30.	el hamel.	Der Widder.	Zu 64. Die Namen der Zeichen des Tierkreises, abwechselnd mit Gold und Silber ausgelegt, sind in größerer Schrift längs der Ekliptik eingetragen. Die Buchstaben sind so gestellt, daß man bei ihrem Lesen den Blick nach dem Südpol richtet. Über dem Worte elhamel stehen am Äquator die Zahlen: 5. 10. 5. 20. 5. 30. 5. — Der Widder heißt elkebsch; hamel der Tra- gende; hammil punktiert: Der Anreizende, der Anführende; das allen übrigen vorangehende Zeichen. (?)
	65.	Über dem Kopfe.	elsarathain.	Die Kennzeichen.	
	66.	Über dem Rücken.	elnathah.	Der mit den Hörnern Stoßende.	
	67.	Über dem Schwanz.	elbothain.	Der Magen.	
Stier.	68.	In der Ekl. 30 — 60.	eltor.	Der Stier.	Zu 65. Die beiden Anzeichen des Jahresanfangs. — Die Krebse. (?)
	69.	Bei dem Kopfe.	eidebaran.	Der Nachfolgende.	Zu 67. elbathin bedeutet auch: Der Pferdende. (?)
	70.	Auf dem Rücken.	eltorajja.	Die Plejaden. (Die Helleuchtenden.)	Zu 68. Über eltor stehen am Äquator die Zahlen: 40. 5. 20. 5. 60. 5. — Zu 69. Der Nachfolgende, weil er den Plejaden nachfolgt. — eide- baran hat auch die Bedeutung: „Der allmählich (vor der Sonne) verschwindende Stern“ im Ge- gensatz zu elkurud die schnell verschwindenden Sterne. (?)
Zwillinge.	71.	In der Ekl. 60 — 90.	elgoza.	Die Zwillinge.	Zu 70. eltorajja bezeichnet einen Leuchter mit Armen.
	72.	Über den Köpfen.	elderah.	Der Vorderarm.	Zu 71. Über elgoza stehen am Äquator die Zahlen: 70. 5. 80. 5. 90. — zog wird häufig in der Umgangssprache in goz umge- wandelt; es bedeutet: das Paar; goza die Hochzeit. (?)
	73.	Bei den Füßen.	eihenha.	Das Merkmal.	Zu 73. Schier nimmt die von Golius gegebene Erklärung an: Merkmal der Kamele auf den Hals eingebrannt. Ideler erklärt es als eine Reihe über einander befindlicher Dinge. — eihenha bezeichnet ein Kraut, das bei der Hochzeit zum Färben der Hände angewandt wurde. (?)
Krebs.	74.	In der Ekl. 90 — 120.	elserathan.	Der Krebs.	
Löwe.	75.	In der Ekl. 120 — 150.	eläsed.	Der Löwe.	
	76.	Vor dem Kopfe.	eltherf.	Der Blick.	Zu 74. Über elsarathan stehen am Äquator die Zahlen: 5. 100. 5. 10. 5.
	77.	Auf der Schulter.	elgibhe.	Die Stirn.	Zu 75. Über eläsed stehen am Äquator die Zahlen: 20. 5. 30. 5. 40. 5.
	78.	Auf dem Rücken.	elzubra.	Das Rückenhaar.	Zu 76. Die Schärfe der Augen. Das Ende, Äußerste.
	79.	Über dem Schweife.	elszerfa.	Die Veränderung.	Zu 78. Schier: Die Mähne. — elzebra bedeutet das Brüllen. (?) Zu 79. Umschlagen der Witterung bei heliakischem Auf- und Un- tergang des Sternes Denebola.

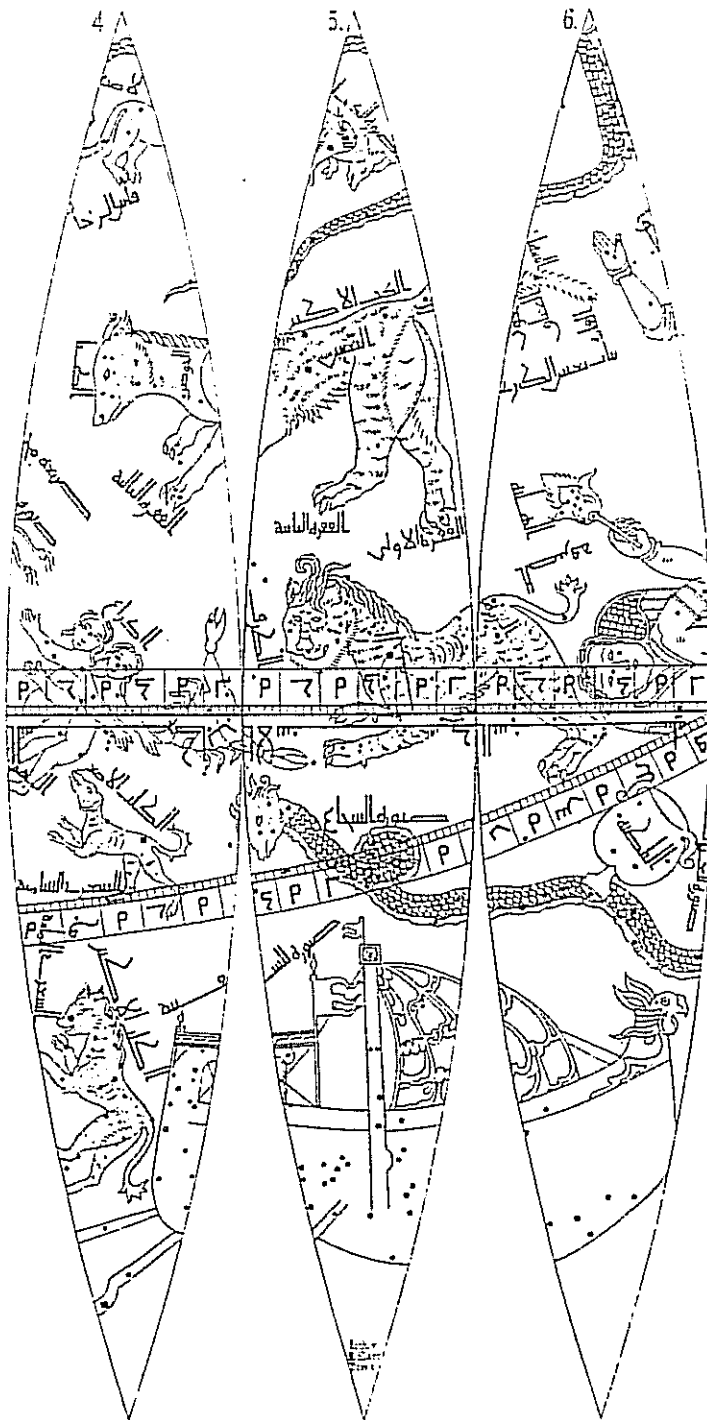
Sternbild.	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Jungfrau.	80.	In der Ekl. 150 — 180.	elsumbule.	Die Jungfrau. (Die Ähre.)	Zu 80. Über elsumbule stehen am Äquator die Zahlen: 50. 5. 60. 5. 70. 5. 80. — Die Ähre als Attribut der Jungfrau, Symbol der Ernte. —
	81.	Unter der rechten Hand.	elsimak elahazal.	Der unbewaffnete Simak.	Zu 81. Spica wird die unbewaffnete Stütze genannt im Gegensatz zu Arktur, neben welchem ein Stern dritter Größe, die Lanze, steht. (Ideler.)
	82.	Bei den Füßen.	elhafr.	Die Decke.	Zu 82. Verhüllte, wenig helle Sterne oder ein heller Stern, der die andern verdunkelt. (Ideler.)
Wage.	83.	In der Ekl. 180 — 210.	elmizan.	Die Wage.	Zu 83. Unter elmizan stehen am Äquator die Zahlen: 5. 90. 5. 200. 5. 10. 5.
	84.	In den Schalen.	elzubanu.	Die Schalen.	Zu 84. Die Scheren des Skorpions.
Skorpion.	85.	In der Ekl. 210 — 240.	eluhqrah.	Der Skorpion.	Zu 85. Unter elahqrah stehen am Äquator die Zahlen: 20. 5. 30. 5. 40. 5.
	86.	Bei dem Kopfe.	eliklil.	Die Krone.	Zu 86. elschauia Stachel des Skorpions. (Ideler.) Stachel überhaupt heißt elshoke.
	87.	Auf dem Rücken.	elqalb.	Das Herz.	Zu 87. Unter elquos stehen am Äquator die Zahlen: 50. 5. 60. 5. 70. — Der Bogen ist als Attribut des Schützen für diesen angeführt.
	88.	Bei dem Stachel.	elschauie.	Der Stachel.	Zu 88. Unter elgedi stehen am Äquator die Zahlen: 5. 80. 5. 90. 5. 300. — Die drei Punkte über dem Buchstaben Sin bezeichnen nicht Sterne, sondern sie gehören zu dem Buchstaben zur Unterscheidung der Zahl 300 von der Zahl 60, welche ebenfalls durch Sin dargestellt wird. (?)
Schütze.	89.	In der Ekl. 240 — 270.	elqos.	Der Schütze. (Der Bogen.)	Zu 89. Glück des Opfers. eldabeh. (?)
Steinbock.	90.	In der Ekl. 270 — 300.	elgedi.	Der Bock.	Zu 90. Glück der Nahrung gewährenden Erde (Beigel). — Man kann beschränken, Botschaft, oder naser, Sieger, punktieren. (?)
	91.	Über dem Horne.	sahd eldsabih.	Glück des Schlachtenden.	Zu 91. Unter eldälu stehen am Äquator die Zahlen: 5. 10. 5. 20. 5. — Der Schöpfleimer ist als Attribut des Wassermanns für diesen angeführt.
	92.	Im Schwanz.	sahd naschier.	Glück des Heilverkündenden.	Zu 92. Allerwelts-Glückstern. (Ideler.)
Wassermann.	93.	In der Ekl. 300 — 330.	eldälu.	Der Wassermann. (Der Schöpfleimer.)	Zu 93. Der hellere von zwei nahe bei einander stehenden wird der verschlingende genannt. (Kuznetz) — Beigel punktiert sah balg und übersetzt: Glück des Gelingens eines Vorhabens. —
	94.	Über linker Schulter.	sahd elmulk.	Glück des Besitzes.	
	95.	Unter rechter Schulter.	sahd elshud.	Glück des Glückes.	
	96.	Bei rechter Hand.	sahd bula.	Glück des Verschlingenden.	

Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angezeigt durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Wasser- mann.	97.	Bei linker Hand.	sahd elachbie.	Glück des Versteckes.	Zu 97. <i>Schier</i> führt nach 97 noch unter dem Sternbild des Wasser- manns an: alididah alawwal, der erste Frosch; es ist aber diese Schrift nicht auf dem Globus vorhanden.
Fische.	98.	In der Ekl. 330 – 360.	elhut.	Die Fische.	
	99.	Bei dem Kopfe des n. Fischers.	boihen elhut.	Bauch des Fisches.	Zu 98. Unter elhut stehen am Äquator die Zahlen: 30. 5. 40 5. 50. 5. 60. —
Der Walfisch.	100.	Über dem Rücken.	qairus.	Cetus.	Zu 100. szura. — Das griechische kairus ist vom Übersetzer bei- gehalten worden.
	101.	Im Leibe.	elnahamat.	Die Straußen.	
	102.	Bei dem Schwanz- ende.	eldhefih elhani.	Der zweite Frosch.	Zu 102. Nur „der zweite Frosch“ ist auf dem Globus angegeben.
Orion.	103.	Über dem Kopfe.	elgäbar.	Orion. (Der Riese.)	Zu 103. szura. — Orion wurde auch elgoza genannt. <i>Ideler</i> erklärt diesen Namen für den älteren. el goz heißt auch „die Nuß“ und wird auf die drei Sterne im Gürtel des Orion be- zogen, so daß nach denselben dann das griechische Sternbild benannt wurde. — Von den Astronomen wurde (nach <i>Nasir Eldin</i>) stets elgäbar gebraucht. (<i>Ideler</i> .)
	104.	Zwischen Kopf und Schild.	elhakha.	Die Blässe.	
	105.	Unter linkem Arme.	menkeb elgoz.	Die Schulter des Orion.	
Eridanus.	106.	Am Anfange des Flusses.	el nachar.	Eridanus. (Der Fluß.)	Zu 104. Ein kleiner Kreis weißer Haare unter Junkien. (<i>Hydr.</i>)
	107.	Am Ende des Flusses.	eldhalim.	Der Strauß.	
Der Hase.	108.	Unter dem Hasen.	elarneb.	Der Hase.	Zu 107. Die Bezeichnung „der Strauß“ ist arabischen Ur- sprungs und ist nach Einführung der griechischen Sternbilder bei- gehalten worden. (<i>Ideler</i> .) el- halim der Gewalttätige. (?)
Der große Hund.	109.	Über dem Kopfe.	elkelb eläkber.	Der große Hund.	Zu 108. szura.
	110.	Vor dem Kopfe.	elschahra eljemanije.	Der südliche Strahlende.	Zu 110. Die strahlige Erscheinung des Sirius wird mit struppigen Haaren verglichen. (<i>Ideler</i> .)
Der kleine Hund.	111.	Über dem Rücken.	elkelb elaszchra.	Der kleine Hund.	
	112.	Unter dem Leib.	elschahra elschamije.	Der nördliche Strahlende.	Zu 112. Die arabischen Astro- nomen nennen Prokyon auch schlechtin elschamije. (<i>Ideler</i> .)

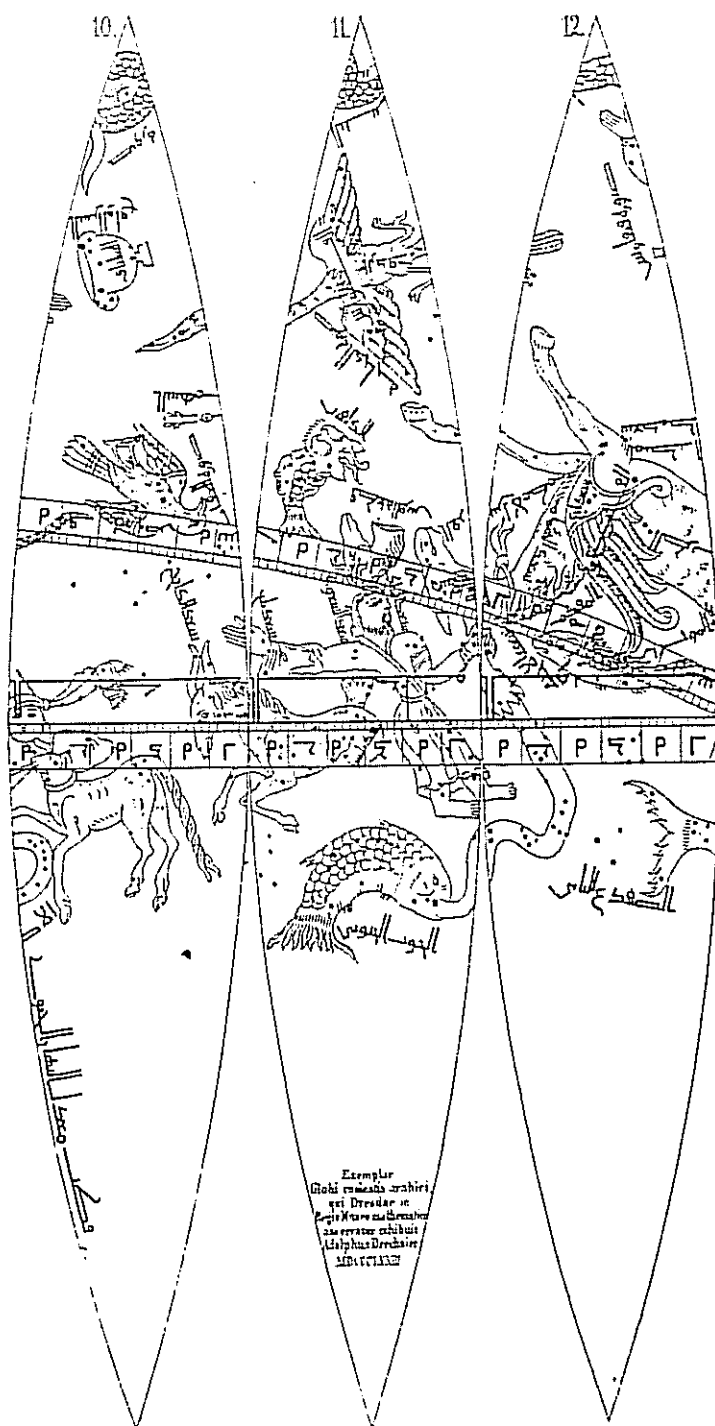
Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Das Schiff.	113.	Über dem Schiff.	elsefina.	Das Schiff.	Zu 113. szura.
Hydra.	114.	Vor dem Kopfe.	elschigah.	Die Hydra. (Lange, dünne Schlange.)	Zu 114. szura. — elschiga heißt auch der Tapfere, der Gewaltige. (?) Zu 115. elbathije. der zu spät Kommende. könnte wohl nach der griechischen Fabel, nach welcher Apollo den Raben für Verspätung durch Schlange und Trinkbecher bestraft, vom arabischen Übersetzer gewählt worden sein. (?) qadah oder kas, der Becher, lassen sich nicht aus den im Becher stehenden Buchstaben herauspunktieren. (?)
Becher.	115.	Im Becher.	elbathije.	Der Becher.	
Rabe.	116.	Unter dem Kopfe.	eihrab.	Der Rabe.	Zu 116. szura. Zu 117. szura. Das griechische Kentauros ist vom Übersetzer beibehalten worden.
Centaur.	117.	Über dem Rücken.	gentaurus.	Centaur.	Zu 118. Die beiden heißen Sterne im linken und rechten Vorderbein des Centaur, hadhar und wezen, wurden auch Schwursterne oder Meineidsterne genannt. (Auch zwei Sterne im großen Hund und zwei Sterne im Schiff haben diese Namen erhalten.) Sie sind bei ihrem Aufgange leicht zu verwechseln und könnten falschen Schwur veranlassen. Dies wird als Grund der Bezeichnungen angegeben (Kuzwini). Man übersetzte nun hadhar mit Erdboden und wezen mit Gewicht, bezog beide auf den Tiefstand (ursprünglich des Canopus) und deutete mögliche Verwechslung an. Eine völlig überzeugende Erklärung der Namen ist nicht vorhanden.
	118.	Unter linkem Vorderbein.	hadhar welwezen.	Hadar und Wezen.	
Wolf.	119.	Neben dem Rücken.	elsebeh.	Das wilde Tier.	
	120.	Auf Wolf und Centaur.	elschemariech.	Die Palmzweige.	
Krone.	121.	Unter der Krone.	eliklil.	Die Krone.	Zu 119. szura. Zu 121. eliklil wird nur selten, gewöhnlich elthag zur Bezeichnung der Krone angewendet; teklil, die Krönung, ist in Gebrauch. (?)

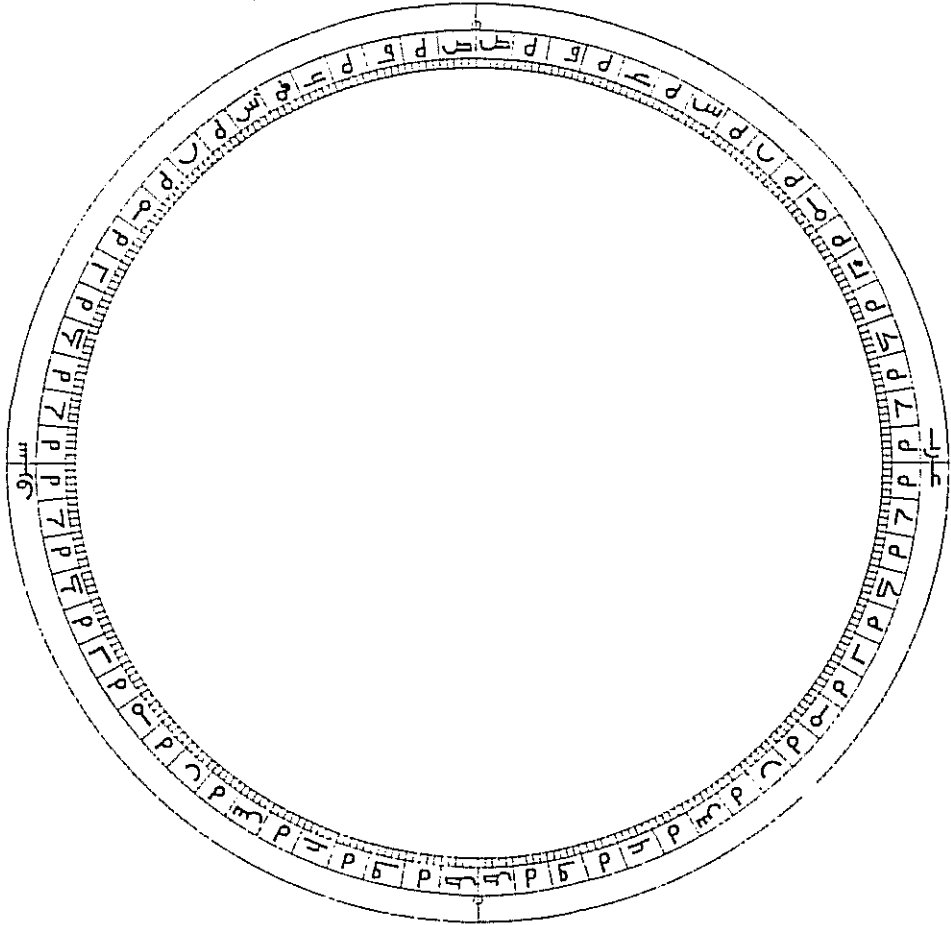
Sternbild	Zu Schrift auf Tafel VII	Ort auf dem Globus bei dem Bilde	Aussprache angedeutet durch europäische Buchstaben	Übersetzung nach den Sternbilder-Verzeichnissen	Bemerkungen
Altar.	121 ^b .	Unter dem Gefäß.	elmeqmare.	Der Altar. (Das Räuchergefäß.)	Zu 121 ^b . elmeqmareh bezeichnet den unteren Teil des Klöppelkissens, das namentlich auch zur Fertigung von Geweben aus Gold- u. Silberfäden im Harem in Gebrauch ist, u. die Räucherschale. Das Räuchern findet aber nicht bei der Gottesverehrung statt, sondern in den Häusern am Abend vor dem Freitage, dem Tage der Versammlung in der Moschee, und an den Kleidern vor dem Gange zu Verstorbenen, vor der Teilnahme an Beerdigungen und auch außerdem oft ohne besondere Veranlassung, nur zur Bewirkung des Wohlgeruchs. (?)
Der südliche Fisch.	122.	Unter dem Fisch.	elhur elgenubi.	Der südliche Fisch.	
In- schriften.	123.	Unter dem Schwanz des kleinen Bären.	elquthb elskemali.	Der Nordpol.	Zu 123. Das Mühleisen, der Mühlzapfen. (<i>Ideler</i> .)
	124.	Unter der südlichen Krone.	quthb mahadal elnahr elgenubi.	Südpol.	Zu 124. hadil, gerecht, gleich. elnahr, der Tag im Gegensatz zur Nacht. — Südpol des Taggleichers.
	125.	Über dem Drachenkopf.	quthb elberug elskemali.	Nordpol der Ekliptik.	Zu 125. elberug, die Burgen (Baracken). — Pol der nördlichen Häuser des Tierkreises.
	126.	Unter dem Ende des Flusses.	guthb elberug elgenubi.	Südpol der Ekliptik.	Zu 126. Pol der südlichen Häuser des Tierkreises.
	127.	Auf dem Horizontkreis.	scharq.	Osten.	Aufgang
	128.	Auf dem Horizontkreis.	harb.	Westen.	Untergang.
	129.	Auf dem Globus bei dem Nordpol.	fas elracha.	Ort des Nordpols.	Zu 129 — elracha, die Handmühle. fas die Spalte, die Öffnung, das Zapfenloch. (<i>Ideler</i> .) — qasr, das Fehlende, die Öffnung (?) —
	130.	Auf dem Globus zwischen dem Kopf des großen Bären und dem Fuhrmann.	szanahat Mhammed bin Muajid elhardhi.	Werk des Mhammed, des Sohnes des Muwajid Elardhi.	Zu 130. Die Araber pflegen bei Anführung eines Namens zugleich den Namen des Vaters und den des Stammes anzugeben.







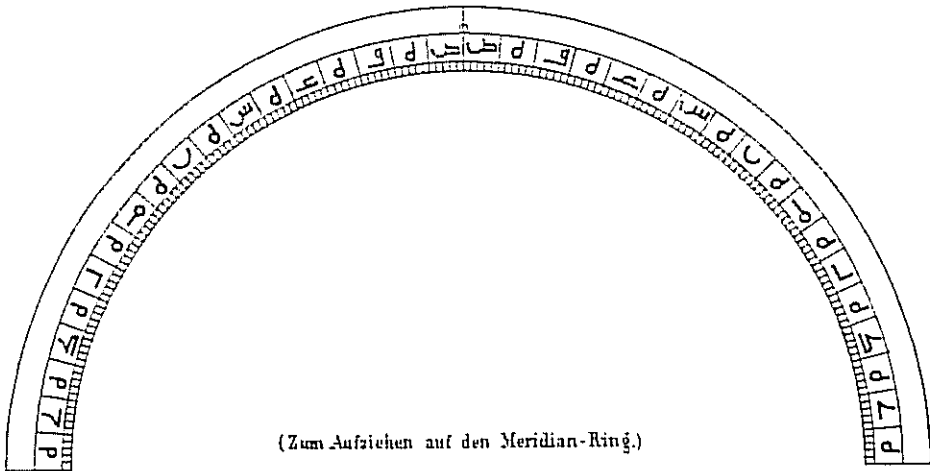




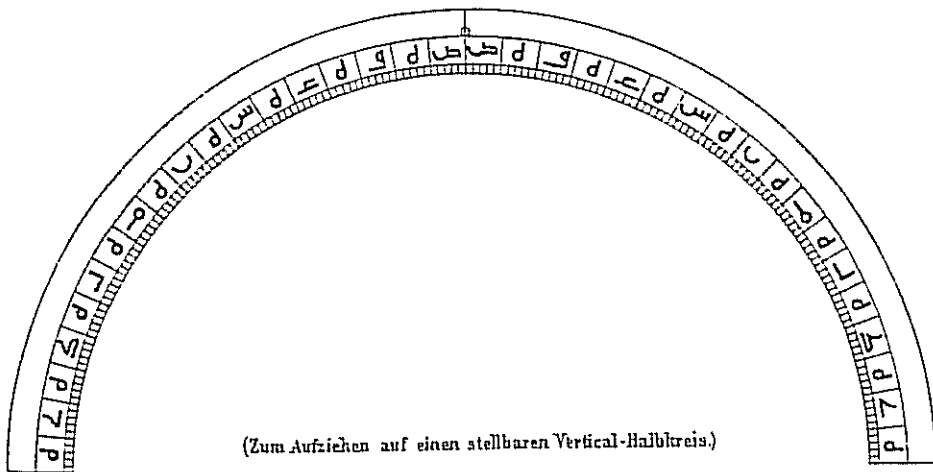
(Zum Aufziehen auf den Rand des Globus-Gestelles.)

Meridian-Halbkreis.

Taf. VI.



Höhen-Quadranten.



109. الكلب الأكبر	113. الفصه	37. رأس العول	1. صورة الكلب الأصغر
110. السعرة المماسه	114. السرطان	38. جنة ترشائوش	2. سادس الصخر
111. الكلب الأصغر	115. الأسك	39. ممسكة الأعنه	3. اليك 2.
112. السعرة السامه	116. الكرف	40. الصوق	4. القرفك
113. السعنه	117. الهنه	41. العبر	5. الكلب الأكبر
114. السجاع	118. الررمه	42. اليك ما	6. سادس الكرف
115. الناطه	119. الصرفه	43. البواو الهنه	7. النجس
116. العرب	120. السنبه	44. الرأعي	8. القايك
117. فيكوري	121. السمك الأعرك	45. عمو الهنه	9. الصباي
118. بصارو الورم	122. العفر	46. السقم	10. الجور
119. السبع	123. المبراب	47. الحباب	11. السها
120. السماريح	124. الرما نا	48. الك لعي	12. الفعره الأولى
121. الكلب الجني	125. العفر	49. فكه الفرس	13. الفعره الثانيه
122. الجود الجني	126. الأكلبا	50. الفرس الأعظم	14. الفعره الثالثه
123. العقد الشمالي	127. العاد	51. سره الفرس	15. الفله
124. فكه كد الشار	128. السوله	52. منكه الفرس	16. الكبا
125. الهو	129. القوس	53. القفع المعكم	17. الهو صر
126. فكه البرولم	130. اليك	54. للفع المودر	18. السس
127. السما لي	131. لسك الكايح	55. لسك النهم	19. الرافصر
128. فكه البرولم	132. لسك ماسر	56. لسك الهمام	20. العرايك
129. الهو	133. الكالو	57. لسك مكر	21. الكيم
130. نسرو	134. لسك الملك	58. الكرب	22. فيقاو ل
131. عرب	135. لسك السحوك	59. لسك مارع	23. الرأعي
132. صبعه مكمك	136. لسك بله	60. المراه المسلسله	24. كلب الرعي
133. برموك العرصي	137. لسك الأجه	61. صباو الأ	25. العوا
	138. الخوب	62. المبلد	26. السماك الرامح
	139. فخر الهوب	63. الألسس	27. الفكه
	140. فيكس	64. الهمل	28. الهان علي ركسه
	141. النعام	65. السر كس	29. النسو الساع
	142. الصعك الناسي	66. الناكيم	30. السلفا
	143. الهبار	67. النكس	31. السر الوافد
	144. الفقه	68. البور	32. الكبا نه
	145. منكه الجور	69. الكراب	33. القوارس
	146. النهر	70. الرما	34. الر كف
	147. الكليم	71. الجورا	35. كاد الكرسى
	148. الأرب	72. الكراغ	36. حامل رأس العول

Alphabet.

Taf. VII.

Namen.	Arabisch.	Kufisch.	Laut.	Bemerkungen.
älf	ا	ا	ä	W'al und schwacher Hauchlaut, wie hebr. א
be	ب	ب	b	vertritt auch p.
te	ت	ت	t	
tse	ث	ث	c	wie engl. th. Nur wie c vor e und i.
dëim	د	د	g	ein wenig härter als franz. g
hä	ه	ه	h	starker Hauchlaut, wie griech. spir. asp.
chä	ح	ح	ch	sehr starker Hauchlaut
dal	ذ	ذ	d	
dsal	س	س	ds	das s nur sehr schwach darin.
re	ر	ر	r	aus der Kehle, nicht mit der Zunge
ze	ز	ز	z	der l-Laut sehr schwach darin
sin	س	س	s	
schin	ش	ش	sch	
ssud	ص	ص	ss sz	sehr scharf, wie hebr. ש
dhad	ض	ض	dh	
the	ط	ط	th	sehr hart, wie hebr. ת
dshe	ظ	ظ	dsch	das s sehr schwach darin.
ähn	ع	ع	ch h	Kehl-Laut, wie hebr. ע
rähn	غ	غ	chr	zugleich mit ch Kehl-r
fe	ف	ف	f	
qaf	ق	ق	q	sehr hart, aus tiefer Kehle, q ohne u
kaf	ك	ك	k	
lam	ل	ل	l	
mim	م	م	m	
nun	ن	ن	n	
uau	و	و	u	Vokal und Konsonant
he	ه	ه	h	auch t-Laut, im Genitiv-Verhältniss (stat. constr.)
lammeluf	و	و	la	von den Arabern stets in das Alphabet eingereicht.
je	ي	ي	i	Vokal und Konsonant
Kufische Zahlen auf dem Globus	ا ب ج د ه و ز ح ط ظ ع ف ق ك ل م ن و	ا ب ج د ه و ز ح ط ظ ع ف ق ك ل م ن و	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 200 300	

LA MONTRE DU SULTAN NOÛR AD DÎN

(554 de l'Hégire = 1159-1160)

PAR

PAUL CASANOVA

Le titre de cet article semblera au premier abord paradoxal, puisque l'invention des montres telles que nous les connaissons ne paraît pas remonter au delà du xvi^e siècle ; mais quel autre nom donner à un instrument portatif qui sert à donner l'heure, comme celui que je vais décrire ? Il ne comporte, d'ailleurs, aucun mécanisme, et c'est, comme nous le verrons, une montre solaire.

L'objet se trouve au Cabinet des Médailles de la Bibliothèque nationale qui l'a acquis, sur mes indications, en août 1895, de M. Durighello de Beyrouth, lequel déclarait le tenir de M. Darricarrère, le négociant français bien connu de cette même ville ⁽¹⁾. Il est donc de provenance syrienne, ce que confirme l'inscription qui y est gravée.

C'est une plaquette rectangulaire de cuivre mesurant sur le petit côté 51 mm. ; sur le grand 86 mm. Le haut se termine en chapiteau multilobé percé de deux trous circulaires au centre, et portant un anneau mobile ou bélière. La longueur totale, y compris celle du chapiteau et abstraction faite de l'anneau, est de 98 mm. Sur le petit côté supérieur sont percés six trous rectangulaires. Le corps même de la pièce est divisé en six parties par sept lignes parallèles aux grands côtés ; sur la face principale cinq lignes courbes (nous verrons qu'il en faudrait six) traversent de gauche à droite les lignes droites, et dans les segments ainsi formés sont tracées par lignes parallèles trente divisions, cinq

⁽¹⁾ La photographie jointe à cet article a été faite d'après une galvanoplastie que M. Planchon, le regretté horloger d'art de Paris, avait

fait exécuter pour moi. La bélière y a été fixée après coup et n'est pas mobile comme dans l'original.

par segment. Au bas sont inscrits les noms arabes des douze signes du zodiaque deux par deux, dans les six grandes divisions, ainsi :

القوس ⁽²⁾	العقرب ⁽¹⁾	الميزان	السنبله	الاسد	السرطان
Le Sagittaire	Le Scorpion	La Balance	La Vierge	Le Lion	L'Ecrevisse
الجدي	الدلو	الوت ⁽³⁾	الحمل	الثور	الجوزا
Le Capricorne	Le Verseau	Les Poissons	Le Bélier	Le Taureau	Les Gémeaux

Sur la seconde ligne les caractères sont renversés de bas en haut, ce qui indique qu'il faut suivre la lecture en *boustrophédon*, ou plus exactement, suivant une courbe fermée qui représente le tour de la sphère céleste décrit par le mouvement annuel apparent du soleil.

Le même système est suivi dans la numérotation des six courbes dessinées sur l'instrument. On lit, en effet, les nombres disposés ainsi :

ز	ح	ط	ي	يا	ب ⁽⁴⁾ (renversés).
7	8	9	10	11	12
و	هـ	د	ج	ب	ا
6	5	4	3	2	1

Ceci nous indique bien qu'il doit y avoir six divisions, et par suite six courbes. La première, celle qui répond au n° 1, n'a pas été tracée sur la face principale (qui contient l'inscription au nom du sultan); on la retrouve sur l'autre face. En supposant la courbe tracée, on remarquera que les six premiers chiffres sont inscrits à droite des courbes, les six autres à gauche. C'est cette disposition qu'on constate sur l'autre face, mais le fabricant y a négligé de renverser les chiffres supérieurs.

Dans l'intervalle laissé libre entre la plus grande courbe et les noms des signes du zodiaque est gravée sur la même face l'inscription suivante,

(1) Pour : العقرب

(2) Pour : القوس

(3) Pour : الحوت

(4) Pour : يب. Les chiffres paraissent écrits

de haut en bas par rapport aux noms des signes du zodiaque, mais en réalité ils le sont de gauche à droite parallèlement aux grands côtés et aussi à l'inscription médiane dont il sera question plus loin.

dans le sens de la longueur (verticalement sur la photographie), en quatre lignes séparées par cinq des six grandes divisions de l'instrument.

[1] الملك العادل نور الدين محمود بن زنكى [2] لمعرفة الساعات الزمانية. وأوقات الصلوات (sic) [3] لعرض لو صنعة أبى الفرج. عيسى بليذ التسم [4] بن حبة الله الاصطرابي (sic) سنة تد

[1] *Al Malik al 'Adil Noûr ad din Maḥmūd ibn Zengui* [2] pour la connaissance des heures du temps et des moments de la prière [3] à la latitude de 36°. *Oeuvre d'Aboû-l Faradj 'Isâ, élève d'Al Ḳasim fils* [4] *de Hibat Allah l'astrolabiste, année 554.*

On remarquera tout de suite l'affectation d'archaïsme de l'inscription : le **ا** initial avec le trait inférieur à droite, le **ع** médian ouvert, le **ف** et le **ق** en lamage, etc., en même temps que, par certaines formes plus modernes, le graveur trahit son inexpérience. Des gaucheries, même des fautes d'orthographe, accentuent encore cette inexpérience et s'ajoutent aux erreurs déjà signalées dans les noms des signes du zodiaque. Au commencement de la quatrième ligne il faut noter la forme bizarre du **ا** initial que l'artiste voulait certainement graver ainsi :  Par maladresse, il a laissé un tel intervalle entre le commencement et la fin du trait, qu'au premier abord on pourrait lire deux lettres au lieu d'une, **كف** ou **كة**; mais le nom de **حبة الله** est seul possible ici, d'autant que c'est celui d'un astrolabiste célèbre de cette époque, comme nous allons le voir.

Telle est la face principale. L'autre présente les mêmes particularités; mais les signes du zodiaque y sont écrits correctement; les six courbes sont bien marquées; les chiffres de ces courbes sont ainsi disposés :

يب ⁽¹⁾	يا	ى	ط	ح	ز
12	11	10	9	8	7
ا	ب	ج	د	هـ	و
1	2	3	4	5	6

En travers, dans la 3^e division, on lit :

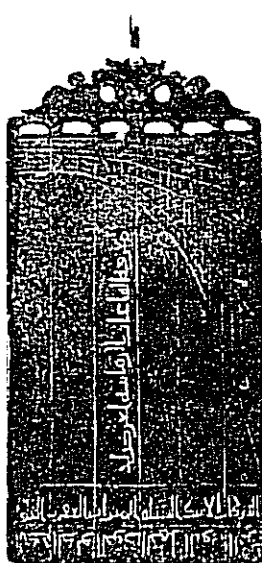
معرفة الساعات الزمانية لعرض لج

Connaissance des heures du temps à la latitude de 33°.

(1) C'est le seul chiffre renversé.



1 - Montre solaire de Foua addu (face)



2 - Montre solaire de Foua addu (revers)



3 - " jambe de sauterelle " d'après Abou-l Hasan 'Ali

Donc cet instrument a été fait par Abou-l Faradj 'Isâ, élève d'Al Kâsim fils de Hibat Allah, en 554 de l'Hégire. Il servait à Noûr ad din, sultan d'Alep et de Damas de 541 à 569, pour déterminer les heures à la latitude de 36°, qui est à peu près celle d'Alep, et à la latitude de 33°, qui est à peu près celle de Damas.

De l'artiste je ne puis rien dire, car je n'ai trouvé son nom dans aucun auteur. Quant à son maître, je pense qu'on peut y voir le personnage que Ibn al Kifî appelle : Abou Mouhammad al Kâsim ibn Hibat Allah al Hariri qui fut l'hôte d'un certain Mouhammad ibn 'Abd as Salâm, lequel mourut en 594⁽¹⁾. Ce Kâsim vivait donc vers la fin du vi^e siècle de l'Hégire. Mais était-il vraiment le fils du célèbre astrolabiste Hibat Allah surnommé « la Merveille du temps » *بدیع الزمان*, à qui Ibn Khallikân a consacré une notice biographique⁽²⁾ ? Ce fut, dit-il, le plus habile fabricant d'astrolabes parmi les Arabes ; à sa mort, il ne laissa personne capable de le remplacer. Nous voyons cependant que son fils dut hériter de son art et former des élèves, parmi lesquels l'artiste qui a travaillé pour le sultan Noûr ad din. Hibat Allah mourut en 534. Son fils a pu vivre jusque vers la fin du vi^e siècle et son identification avec le personnage nommé par Ibn al Kifî est plausible. Toutefois le titre de Hariri « marchand de soie » ne paraît guère convenir à un fabricant d'astrolabes, car il semble bien que le fils ait hérité, sinon du talent, au moins de la profession du père.

Si nous en sommes réduits aux conjectures pour ce qui concerne l'artiste et son maître, en revanche le possesseur est si connu qu'il est à peine nécessaire de rappeler les principaux traits de sa biographie.

Abou-l Kâsim Mahmoûd surnommé Noûr ad din était fils de Zengui, le premier atabek de Mossoul. Il naquit le 17 chawwâl 511 (11 février 1118) et mourut à Damas le 11 chawwâl 569 (15 mai 1174). Ce fut avant Salâh ad din le plus redoutable adversaire des Croisés ; il leur enleva toutes les villes et citadelles de la Syrie septentrionale. A la mort de son père, en 540, il avait hérité de la principauté d'Alep et pris le nom d'al Malik al 'Âdil ; il y joignit Damas en 551 et même l'Égypte en 564. Dans son histoire des atabeks de

⁽¹⁾ *Ta'rikh al houkamâ*, éd. Lippert, 4^e, Leipzig, 1903, p. 290, ligne 5.

⁽²⁾ Ed. Wûstenfeld, n° 779 ; trad. de Slane,

III, p. 580 ; éd. Doulâk, II, p. 244. Cf. Ibn Abou 'Ouçaïbi'at *'Ouyûn al anba fî jabakîl al a'ibbâ*, Le Caire, 1299, Hégire, p. 280-283.

Mossoul, Ibn al Athîr a fait de lui un magnifique portrait, auquel je renvoie le lecteur ⁽¹⁾.

J'en viens à l'instrument lui-même, dont, si je ne me trompe, on ne connaît aucun autre spécimen, et dont il convient d'expliquer le fonctionnement. Pour cela, nous nous reporterons d'abord à l'ouvrage d'Aboû-l-Hasan 'Alî le Marocain, qui a composé un ouvrage sur les instruments astronomiques des Arabes. Cet ouvrage a été traduit en français par J.-J. Sédillot et publié par son fils, L.-Am. Sédillot, d'après le manuscrit 1147 de la Bibliothèque nationale (n° 2507 du Catalogue de Slane) ⁽²⁾. Dans le second volume de cet ouvrage, on trouvera cet instrument décrit sous le nom bizarre de : ساق الجرادَة littéralement : jambe de sauterelle. Le traducteur fait très ingénieusement remarquer qu'aujourd'hui les ouvriers appellent *sauterelle* l'équerre composée de deux planchettes de cuivre mobiles autour de leur point d'attache. Si je ne me trompe, cette dénomination pittoresque vient de ce que la sauterelle présente un long corps posé presque perpendiculairement sur les pattes de derrière également très longues, d'où la comparaison avec l'équerre. Dès lors une partie de cet instrument sera naturellement le *corps de la sauterelle*, l'autre en sera la *patte* ou *jambe*. De là le nom de jambe de sauterelle donné aux plaquettes rectangulaires des astronomes.

Voici ce que dit l'auteur (2^e volume, page 440).

« Construction de la *jambe de sauterelle* pour une latitude déterminée.

« Cet instrument se construit de deux manières : par la première l'agnomon est mobile et se transporte à l'origine de chaque signe (du zodiaque) ; alors la construction est absolument la même que celle du cylindre propre à une latitude déterminée, sauf la différence d'une construction sur une surface cylindrique à une construction sur une surface plane. Les ombres dont nous nous sommes servi dans l'autre construction sont les mêmes que celles dont on doit se servir dans celle-ci, et il devient inutile d'entrer dans de nouveaux détails, l'inspection de la figure suffisant pour en donner l'intelligence ⁽³⁾. »

⁽¹⁾ Recueil des Historiens des Croisades publié par les soins de l'Académie des Inscriptions et belles-lettres. Historiens orientaux, t. II (2^e partie), Paris, 1876, p. 293-318.

⁽²⁾ Traité des instruments astronomiques des Arabes, Paris, 1834-1835, 2 vol. in-4^o.

⁽³⁾ Ms. 2507, f° 118, n° med. الفصل الخامس
في وضع ساق الجرادَة المخصوصة بعرض
واحد اعلم ان هذه الآلة تعمل على صنفين
صنف يتقل شخصه على أوایل البروج وعمله

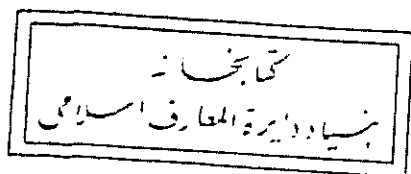
Reportons-nous à la figure 73 à laquelle renvoie le traducteur et dont nous donnons une photographie d'après l'original manuscrit ⁽¹⁾, nous y constaterons une analogie, il est vrai assez lointaine, dans le dessin de gauche, avec notre pièce. Nous ne nous occuperons pas du dessin de droite qui représente la jambe de sauterelle à gnomon fixe. Nous voyons dessinée une planchette rectangulaire sur laquelle sont inscrits deux par deux, en six divisions, les noms des signes du zodiaque (six sont renversés). Seulement ils sont placés en haut et non en bas de la planchette — détail qui ne peut avoir une réelle importance. Une seule courbe, indiquée comme la ligne du midi vrai, traverse, en les limitant, les six divisions; les autres courbes manquent. Les petites divisions ne sont qu'au nombre de dix-huit (au lieu de trente comme sur notre plaquette) ⁽²⁾.

Cette figure est incomplète, mais il nous est facile de la compléter en nous reportant, avec l'auteur, à la construction du cylindre. Si nous consultons dans la traduction la figure 71, laquelle correspond au cylindre construit pour une latitude donnée ⁽³⁾, nous remarquerons une bien plus grande analogie, qu'il est facile de ramener à l'identité en considérant que cette figure représente le développement d'un cylindre sur une surface plane, et que notre planchette représente la projection dudit cylindre sur un plan axial. Nous donnons ici un schéma de cette disposition, qui permet de voir comment du cylindre on passe à la plaquette (fig. 1). Si maintenant nous nous rappelons les six ouvertures rectangulaires de notre instrument qui correspondent aux six divisions, et par suite aux couples de signes du zodiaque, nous n'hésiterons pas à voir dans la pièce que nous étudions une montre solaire dite jambe de sauterelle à gnomon mobile « qui se transporte à l'origine de chaque signe ». Ce gnomon qui devait accompagner la montre de Noûr ad dîn, comme la clef de nos montres avant l'invention des remontoirs, a disparu. Nous pouvons nous le représenter

نصرفها في عمل هذه بعينها وإذا كان الامر
كذلك فيكفيك في عمله تامل صورته
كعمل الاسطوانة المخصوصة بعرض واحد
سواء لا فرق بينهما اكثر من ان
تلك يقع عملها على بسيط اسطوانتي ويقع
في هذا في بسيط مستو والظلال التي
صرفناها في عمل تلك هي الظلال التي

(1) Ms. 2507, f° 120 v° (notre pl. XLV, fig. 3).
(2) Nous parlerons plus loin du gnomon mobile
الشخص المتقال qui est dessiné dans le champ.

(3) Trad. t., II, p. 433; manuscrit, f° 118 r°
(notre pl. XLVI, fig. 1). Cf. la figure 72; ma-
nuscrit, f° 119 v° (notre pl. XLVI, fig. 2).





١ - Construction du cylindre d'après Abou-l Hasan 'Ali (toutes latitudes)



٢ - Construction du cylindre d'après Abou-l Hasan 'Ali (latitude donnée)

sous la forme que lui donne Aboû-l Hasan : un style monté sur une pince qu'on introduisait dans un des trous, de manière à bien fixer le tout et à maintenir l'aiguille perpendiculairement au plan de la plaquette.

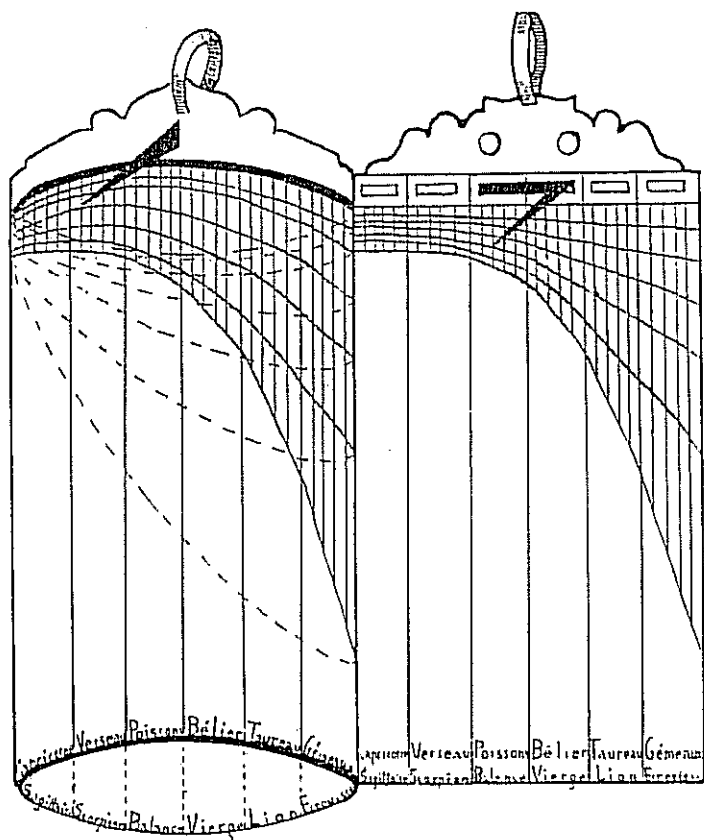


FIG. 1. — Cylindre et « jambe de santierelle ».

Ainsi nous définissons exactement la nature et l'origine de l'instrument : c'est la projection du cylindre sur lequel sont dessinées les courbes destinées à indiquer les heures à une latitude donnée.

Pour en expliquer le fonctionnement, il faut d'abord connaître celui du cylindre dont il est la projection.

Je résume ici, en essayant de lui donner plus de clarté, le chapitre III du livre II de l'ouvrage d'Aboû-l Hasan (trad. vol. II, p. 433), où il est traité de

la construction du cylindre pour une latitude donnée. J'en donnerai, d'ailleurs, le texte.

L'auteur choisit la latitude de 30° qui se rapproche de celle de notre instrument. D'après des calculs astronomiques que nous n'examinerons pas ici, on dresse une table des ombres verticales de la fin des heures du début de chaque signe du zodiaque, de leur moitié, de leurs tiers, etc. (Dans notre instrument le praticien est allé jusqu'aux cinquièmes). On détermine sur cette table l'ombre la plus longue ; d'après la table donnée par l'auteur cette ombre est celle de la fin de la 6^e heure du jour où commence l'Écrevisse (il en est de même dans notre instrument). On calcule combien la longueur de cette ombre contient de fois celle du gnomon, soit m fois. On choisit alors un gnomon de la longueur a , et la longueur am sera celle qu'on devra reporter sur le cylindre pour avoir la fin de la 6^e heure du jour choisi.

Ceci posé, sur le cylindre on écrit les noms des douze signes du zodiaque à partir du Capricorne de droite à gauche, de façon à terminer par l'Écrevisse. Des droites parallèles à l'axe correspondantes à ces signes divisent la surface du cylindre en 12 parties égales. On trace les divisions intermédiaires (soit pour le cylindre générateur de notre instrument par cinquièmes). On mène autant de lignes *occultes* correspondantes à ces divisions (c'est-à-dire que ces lignes n'apparaîtront pas sur la figure ; ce qui correspond aux pointillés de nos épreuves modernes). Sur le schéma que j'ai fait, une partie de ces lignes reste apparente. Nous allons voir comment on détermine la partie qui doit rester apparente.

Nos divisions ainsi déterminées sont les *lignes d'heures*. Nous prenons dans la table la longueur d'ombre correspondant à la fin de la 1^{re} heure du jour où commence le Capricorne, et nous la portons sur la division origine du Capricorne, d'après la proportion m établie plus haut. Portant successivement d'après la même proportion, toutes les longueurs d'ombre fournies par la table, sur toutes les divisions, et joignant les points ainsi obtenus par un trait continu, nous obtenons la ligne de la 1^{re} heure pour tous les signes et leurs divisions. Il en sera de même pour les 2^e, 3^e, 4^e, 5^e et 6^e heures. La dernière, qui est celle du midi vrai, détermine la longueur des lignes d'heure qu'il faudra rendre apparente sur la figure.

Le cylindre est surmonté d'un chapiteau, lequel tourne sur le cylindre et

entraîne le gnomon qui y est fixé. Pour se servir du cylindre, on tourne le gnomon, c'est-à-dire le chapiteau « de façon que le milieu de son épaisseur soit sur la ligne des heures du jour pour lequel se fait l'opération ; puis on suspend l'instrument par un anneau, et on le fait tourner au soleil jusqu'à ce que l'ombre du gnomon tombe sur la ligne des heures, et l'heure actuelle est celle sur laquelle tombe l'extrémité de l'ombre ⁽¹⁾. »

الفصل الثالث في
وضع الاسطوانة المخصوصة بعرض واحد
ويجب ان يكون العرض الذي يوقع له
الاسطوانة اقل من تمام الميل الاعظم
[116 ٧٥] فليكن هذا العرض عرض ٣٠
درجة في الشمال فاذا اردت وضع الاسطوانة
لهذا العرض استخرج الظلال المنكوسة لاول
ساعات ايام اوابل البروج وانصافها وانلائها
على قدر ما تريد من التحرير لهذا العرض
ورتب جميع ذلك في جدول ثم عين طول
الشخص الذي تريد اثباته في الاسطوانة
وليكن أب واعمل مسطرة كهيئة المسطرة
التي تقدم ذكرها وليكن طولها من امثال
أب مثل ما في الطول ظل يتضمنه الجدول
من قامه وهو بحسب هذا المثال ظل اخر
الساعة السادسة من نهار اول السرطان او
اكثر فليكن طولها مثل أب تسع مرات
وسدس واقسم هذه المسطرة على ما تقدم
ثم اتخذ اسطوانة قايمه من خشب صلب او
من نحاس واعمل الى محيط راسها وسه
الافق واقسم الافق ١٢ قسما متساوية وعين
قسما ثامنها لبرج الجدى والذي يليه لبرج
الدلو والذي يليه لبرج الحوت وهكذا الى

اخرها ثم اقم كل برج بالاجزا التي
قسمته بها في الجدول ثم اخرج من اول
كل برج خطا خفيا مستقيما الى القاعدة
بالمسطرة التي جرت عادة الصانع بها
اخراج الخطوط المستقيمة بها في الاساطين
وهذه الخطوط تكون اعمدة على القاعدة
وكذلك تخرج من اخر البروج خطوطا
مستقيمة خفية الى القاعدة وسم هذه
الخطوط كلها خطوط الساعات ثم خذ
من الجدول الظل المنكوس لآخر الساعة
الاوله من نهار اول برج الجدى وهو أنط
وخذ أنج من اجزا المسطرة بالبركار مثله
واتركه على فتحته وضع احد طرفيه في
الافق على اول خط ساعات اول برج
الجدى وعلمه بطرفه الاخر حيث بلغ من
خط ساعات اول برج الجدى علامة وهي
علامة اخر الساعة الاولى من نهار اول برج
الجدى ثم خذ بالبركار اجزا المسطرة
مثل الظل المنكوس لآخر الساعة الاولى من
نهار عشرة ادراج من برج الجدى وهو
أنط واتركه على فتحته وضع احد طرفيه
في الافق على خط ساعات نهار عشرة
ادراج من برج الجدى وعلم بطرفه

Nous appliquerons ces principes sur la jambe de sauterelle à gnomon mobile en déplaçant ce gnomon suivant les cas. Ainsi supposons que, à l'équinoxe du printemps, premier jour du Bélier, on fixe le gnomon sur la division correspondante. On suspend la planchette et on l'expose au soleil de façon que l'ombre du gnomon soit portée sur la division du 1^{er} jour du Bélier. Le point où aboutira l'ombre nous donnera l'heure. Supposons que ce soit entre la 5^e et la 6^e heure; ce sera 5 h. 1/2. ce qui correspond pour nous à 11 h. 1/2 du matin. Mais il convient de remarquer qu'on peut y lire aussi 12 h. 1/2, les ombres à partir de midi reprenant en sens inverse leurs longueurs. L'instrument pourra donc, avec quelque soin qu'il soit fait, induire en erreur pour les moments proches de midi. Pour les autres, la pratique suffit à faire la différence : on ne pourra confondre par exemple 9 heures du matin avec 3 heures du soir.

Dans le chapiteau de notre instrument j'ai noté deux trous circulaires ; on peut supposer qu'ils servaient à retenir un cordon auquel était suspendu le gnomon mobile.

١١٦٣ | الآخر حيث بلغ من هذا الخط علامة وهذه العلامة هي علامة آخر الساعة الأولى من نهار عشرة ادراج من برج الجدى وهكذا ارمس علامة الساعة الأولى في كل واحد من خطوط الساعات الباقية ثم صل بين كل واحدة من هذه العلامات وبين التي تليها فيكون الخط المركب من هذه الصلات هو آخر الساعة الأولى من جميع ايام السنة في العرض المفروض وهكذا ترسم باقى الساعات وخط العصر ثم اكتب على آخر الساعة ٦ خط الزوال واكتب على الساعات ما يستدل به عليها ثم اكتب اسما البروج على ما تراه في الصورة ثم اظهر الواقع من كل خط من خطوط الساعات بين الافق بين خط الزوال ثم اعمل

شخصا من نحاس وركبه في صلة جسم متصل بالاسطوانة اتصال الاحقاق باعطيتها ويكون قائما على الفصل المشترك من الجسم المتصل بالاسطوانة وبين الاسطوانة وهو الافق ويكون هذا الشخص ايضا بحيث اذا ادير الجسم المتصل بالاسطوانة احاط مع كل خط ينتهي اليه من خطوط الساعات بزاوية قائمة ولما كان سطح الاسطوانة لا يمكن تصويره في البسيط المستوي رايت ان امتع هذا في بسيط مستو ويتوهم ان هذا السطح هو سطح الاسطوانة وقد بسيط ويكون خط أب هو خط مد وخط أم محيط دائرة الافق وخط سد محيط دائرة القاعدة والله الموفق للصواب

Constatons enfin que le sultan Noûr ad din n'avait qu'un médiocre instrument. Outre les nombreuses négligences de gravure déjà signalées et l'oubli plus grave d'une des lignes d'heure sur la face principale, il est facile de voir que le tracé des courbes manque de précision. Il semble bien qu'il a été exécuté sur un modèle et par une sorte de routine plutôt que par calcul.

Très peu de temps après que le Cabinet des Médailles eut acquis cette curieuse plaquette, j'appris de Max de Nansouty que les bergers des Landes et des Pyrénées fabriquaient eux-mêmes des cadrans solaires portatifs conçus exactement sur le type du cylindre décrit par Abou-l Hasan. Il en donnait un dessin très précis et l'expliquait en ces termes :

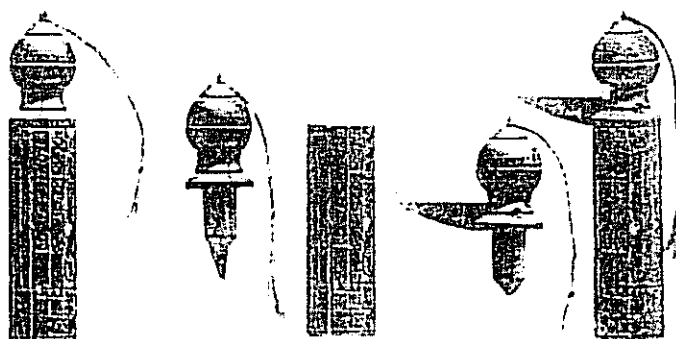
« L'artiste pastoral découpe tout d'abord une quille de bois, à tête mobile ; sur le pourtour du cylindre il grave des génératrices portant le nom des mois de l'année. Dans la tête de la quille, fixée par un clou, est emmanchée une petite feuille de fer-blanc : c'est le seul élément que le berger demande à l'industrie moderne pour achever son œuvre.

« La feuille étant bien placée à la date du jour, ce qui est facile, grâce aux génératrices tracées sur le cylindre, on suspend le petit instrument de telle sorte que l'ombre de la petite feuille de fer-blanc, du « style » pour employer le terme scientifique, se projette verticalement sur le cylindre : son extrémité marque l'heure. Il suffit ensuite de réunir les points ainsi marqués pour obtenir les courbes horaires qui donneront l'heure perpétuellement. Ces courbes peuvent être calculées ; mais nos bergers n'ont garde de les calculer, et pour cause. Ils se contentent de les construire point par point avec une patience que motivent leurs loisirs prolongés.

« Quelques-uns se contentent même de copier le cadran solaire du voisin ; mais, dans ce cas, l'instrument perd beaucoup de son charme. De plus le bon berger risque de copier un cadran établi pour une latitude différente de la sienne et qui lui fournira des indications absolument fantaisistes ⁽¹⁾. »

Sur cette précieuse indication, je recherchai, dans un voyage que je fis peu après dans les Pyrénées, ce produit de l'industrie pastorale, et je le retrouvai, en effet, pour la modique somme de 0 fr. 50 dans un bazar de Pau. Je l'ai

⁽¹⁾ Feuilleton du *Temps*, 31 octobre 1895.



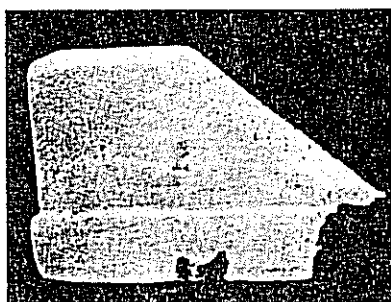
1 - Montre solaire
des Pyrenées

2 - Le style en position
verticale, retiré
du cylindre creux

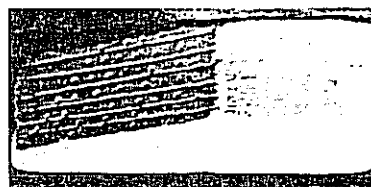
3 - Cylindre creux
où était renfermé
le style

4 - Style amené
en position verticale

5 - Style en position
verticale
adapté à l'appareil,
prêt à être utilisé



6 - Montre solaire égypto-grecque, vue d'ensemble



7 - Montre solaire égypto-grecque, vue du plan incliné

fait photographier sur la planche XLVII après la montre solaire du sultan Noûr ad din, pour en bien montrer la parenté, et dans ses diverses positions. Tout d'abord le style en fer-blanc est amené dans le prolongement de la tête ou chapiteau du cylindre, lequel est creux et reçoit le style quand l'instrument n'est pas utilisé. Pour l'utiliser on retire le chapiteau et le style, on relève celui-ci de façon à lui faire prendre la position perpendiculaire, et on replace le chapiteau sur le cylindre en le faisant tourner de façon à le faire coïncider avec le mois où l'on opère, et approximativement le jour de ce mois. On le suspend par la ficelle qui y est attachée et on observe l'ombre. Je pense que les bergers gravent leurs courbes par routine et d'après un modèle transmis d'âge en âge ; je ne crois pas qu'aucun s'amuse à noter, comme le veut Max de Nansouty, les différents points d'ombre. Il lui faudrait pour la vérification des moments avoir une montre, et alors à quoi bon ce rudimentaire cadran ?

Un pareil instrument n'est, d'ailleurs, pas inconnu des spécialistes. M. Bigourdan, dans son récent ouvrage, en donne la description et la théorie au chapitre xii (cadrons de hauteur, d'azimut ⁽¹⁾). Les figures 80 et 81 représentent, l'une, un cadran cylindrique de hauteur, exactement du même type que celui des bergers pyrénéens, et l'autre, le développement du cylindre de ce cadran, dont l'aspect est identique à celui de notre plaquette.

Nous y renvoyons le lecteur qui désirerait connaître complètement la théorie et la pratique de ces montres solaires.

Je voudrais, en terminant, dire quelques mots d'une autre forme, qui a été récemment découverte en Égypte, et qui est probablement l'origine de celle que fabriquaient les Arabes au moyen âge. Depuis longtemps, M. Bénédite, le savant conservateur des antiquités égyptiennes du Musée du Louvre, m'avait parlé du moulage d'un cadran solaire égyptien qu'il possédait, et dont l'original appartenait au savant égyptologue russe, M. Golenischef. Il a bien voulu m'en donner des photographies que je reproduis ici (planche XLVII).

C'est un tétraèdre allongé dont une face a été taillée en biseau ; la face opposée forme une base rectangulaire qu'on peut poser horizontalement. Les deux faces latérales sont alors verticales. L'ensemble représente un plan incliné d'environ 45° sur l'horizon ; la base horizontale est accentuée par un rebord, la hauteur en est de 13 mm., la longueur inférieure de 58 mm., mais

⁽¹⁾ *Gnomonique ou Traité théorique et pratique de la construction des cadrans solaires*, Paris, 1922, in-8°, p. 139 à 145.

une forte cassure indique qu'il manque à la pièce un prolongement qu'il nous sera facile de reconstituer grâce à une autre pièce que nous décrirons plus loin.

Les faces latérales en forme de trapèzes ont les dimensions suivantes : arête horizontale inférieure, 63 mm.; verticale, 27 mm.; horizontale supérieure, 16 mm.; oblique, 45 mm. La face taillée en biseau présente une petite plateforme carrée de 16 mm. de côté et un rectangle incliné. Sur la plate-forme sont écrits en abrégé les mois égyptiens (en transcription grecque) ainsi :

Khoia[k]	
Athy[r]	Tyb[i]
Phaô[phi]	Mekh[ir]
Thôt	Phame[nôth]
Mes[ori]	Pharm[ouli]
Epi[phi]	Pakhô[n]
Pay[ni]	

Dans l'ordre du calendrier le 1^{er} mois est Thôt, vient ensuite Phaôphi; il faut donc lire la première colonne de bas en haut à partir de Thôt, puis la seconde de haut en bas, et on revient à la première de bas en haut jusqu'à Mesori, dernier mois. Les noms sont donc disposés sur une courbe fermée. Ils répondent à la disposition suivante des signes du zodiaque :

Sagittaire	
Scorpion	Capricorne
Balance	Verseau
Vierge	Poissons
Lion	Bélier
Cancer	Taureau
Gémeaux	

Sur le plan incliné sont tracées six lignes parallèles aux arêtes obliques et formant ainsi sept compartiments correspondant aux sept mois de la première colonne. Dans chaque compartiment il y a six points et ils sont distribués dans leur ensemble suivant six courbes (non tracées) qui représentent les courbes

d'ombre. La ressemblance avec la plaquette arabe est absolue; mais la disposition des signes du zodiaque ou des mois correspondants est différente.

En 1913, M. Jean Clédat a publié un petit objet de même nature, découvert dans l'isthme de Suez, qu'il n'a pu identifier ⁽¹⁾. Mais deux autres égyptologues, MM. Sottas et Kuentz, y ont reconnu peu après, le premier, une petite horloge astronomique gréco-égyptienne ⁽²⁾, le second, guidé par M. V. Lorel, un gnomon portatif gréco-égyptien ⁽³⁾.

D'après la description qu'en a donnée M. Clédat et qui a été reprise par M. Kuentz ⁽⁴⁾, l'objet, dont il ne nous dit pas la matière, se compose d'un socle et d'une partie supérieure comprenant un dé et un prisme rectangulaire tronqué. C'est ce dé qui manque au monument Golenischef. Il porte sur une de ses faces latérales et sur sa face supérieure, deux cavités; sa hauteur est de 33 mm., les arêtes horizontales ont 30 mm. Le prisme a même hauteur et même largeur que le dé. Sur sa face supérieure (ou plate-forme) sont écrits en abrégé les noms des mois égyptiens (transcription grecque) ainsi :

Parinou[ti]	
Pame[not]	Pakh[on]
Mekhi[r]	Pay[ni]
Tybi	Epe[phi]
Khoia[k]	Me[sori]
Athyr	Thôt
Paophi	

La disposition des mois est semblable à celle que nous avons constatée plus haut, mais ils sont répartis autrement dans les deux colonnes. Thôt est dans la colonne de droite et Paophi dans celle de gauche, où les autres noms se lisent, dans l'ordre du calendrier, de bas en haut; puis on les lit, à la colonne de droite, de haut en bas, jusqu'à Mésori.

Autre différence : les lignes de division sont au nombre de sept et il y a

⁽¹⁾ *Recueil de travaux relatifs à la philologie et à l'archéologie égyptiennes et assyriennes*, t. XXXVII (1913), p. 38-39.

⁽²⁾ *Ibid.*, t. XXXVIII (1916), p. 4-17.

⁽³⁾ *Ibid.*, p. 70-84.

⁽⁴⁾ Nous reproduisons les dessins de M. Kuentz avec sa gracieuse autorisation et celle de ses éditeurs.

donc huit compartiments; les trous sont sur les lignes ou à très peu près, au lieu d'être dans l'intérieur.

La hauteur totale est de 53 mm.; le plan incliné en mesure 60; les dimensions sont donc un peu plus grandes que celles du précédent monument.

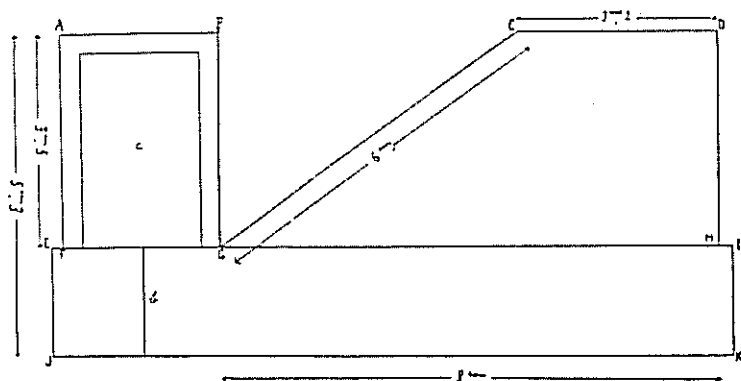


FIG. 2. — Élévation.

M. Sottas dit avec raison que, vu ses dimensions, on pourrait presque appeler l'objet une « pendule » portable ou même une « montre » égyptienne. Partant de la description donnée par M. Clédat, il s'efforce surtout de calculer la date de ce petit monument, en remarquant qu'à cette époque le solstice

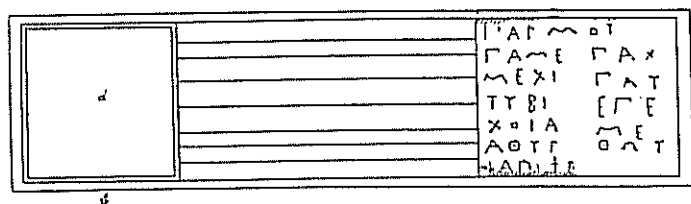


FIG. 3. — Plan.

d'été tombait en Pharmouti; il conclut à la période 375-255 (ou 285) avant Jésus-Christ.

Le style était, à son avis, constitué par une des arêtes du dé, et il entre à ce sujet dans une discussion assez longue où je ne le suivrai pas, d'autant qu'elle n'aboutit pas à une solution positive. Il termine par une critique justifiée des défauts de cette sorte d'instrument : 1° ambiguïté sur l'indication

fournie aux environs de midi; 2^e correction à apporter aux noms des mois quand l'horloge datait d'un certain nombre d'années; 3^e utilisation limitée à une latitude donnée. Le premier inconvénient ne peut être corrigé; les deuxième et troisième disparaissent si, comme le fabricant arabe, on note l'année et la latitude.

M. Kuentz, qui écrivait en même temps que le précédent égyptologue dont il ignorait l'article, commence par reprendre la description de M. Clédat et conclut à un gnomon, remplissant l'office d'une montre actuelle, d'un cadran solaire, destiné à l'évaluation du temps d'après la longueur d'une ombre sur la surface graduée du plan incliné; le dé regardait au sud, le prisme au nord, et le dé projetait une ombre variable suivant la hauteur du soleil. Pour assurer l'horizon-

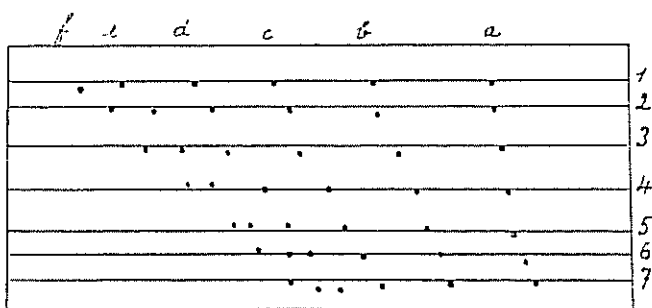


FIG 4. — Détail du plan incliné.

talité indispensable de l'appareil, il y avait un fil à plomb qui était soutenu, pense l'auteur, par une plaquette, aujourd'hui disparue, encastrée dans la cavité d'une des faces latérales du dé. Un trait vertical, tracé sur le socle, dans l'axe de cette cavité, marque la ligne de foi de ce fil à plomb. Cette ingénieuse hypothèse est corroborée par la comparaison entre la figure du gnomon ainsi complété avec le signe hiéroglyphique de basse époque , lequel sert de déterminatif à un mot que l'on traduit ordinairement par « cadran solaire » ou au mot qui signifie « heure ». La conclusion est donc que l'objet est bien un instrument qui indique l'heure, et que c'est un gnomon du même type que les deux gnomons reproduits par deux variantes hiéroglyphiques signalées par M. Loret, où Brugsch avait vu à tort des clepsydres.

De plus, le signe en question étant de basse époque, la date approxima-

tive que l'auteur avait établie par d'assez longs calculs s'y accorde parfaitement. Cette date est comprise entre 370 et 254 avant Jésus-Christ, limites qui se rapprochent d'une façon remarquable, ajouterons-nous, de celles qu'a proposées M. Sottas : 373-255 (ou 283).

Si j'osais ajouter quelques mots à ces savants articles, je dirais que l'instrument appelé par les Arabes *jambe de sauterelle* paraît dériver de ce gnomon égyptien, qui, à mon avis, devait être plutôt un gnomon étalon, servant à établir des tablettes rectangulaires plus portatives. Le fait que les courbes ne sont indiquées que par des points et non tracées me paraît prouver que ces points étaient obtenus par des observations rigoureuses. La présence du fil à plomb, qui n'est guère compatible avec un instrument de poche, si je puis dire, atteste le souci d'une exactitude mathématique. Ces gnomons étaient des régulateurs, de véritables chronomètres, toutes proportions gardées. Ils devaient servir à dresser les tables dont parle Aboû-l Hasan 'Ali.

Dans ces conditions, on peut se demander si ce n'est pas la jambe de sauterelle à gnomon mobile qui a donné naissance au cylindre, plutôt que l'inverse admis par nous au début de cette étude. Ce qu'il y a de certain, c'est que la forme ancienne la plus attestée est celle d'un cadran plan. M. Bigourdan nous donne la figure d'un fragment de très ancien cadran solaire égyptien, interprété par J.-B. Biot, auquel il l'a emprunté, sans donner de référence précise ⁽¹⁾. On y retrouve le dé et l'amorce du prisme; sur une face latérale du dé est une saillie, et l'auteur du dessin suppose une aiguille au sommet du dé, dont l'ombre se portait sur la saillie. C'est évidemment fantaisiste. En comparant ce dessin aux deux gnomons gréco-égyptiens connus, on aboutit à une interprétation bien plus sûre. Il manque malheureusement la partie la plus importante : la surface graduée. Les caractères hiéroglyphiques tracés sur ce fragment attestent son antiquité, et je le signale aux égyptologues qui pourront peut-être le retrouver dans quelque collection publique ou privée ⁽²⁾.

⁽¹⁾ *Op. laud.*, p. 11, fig. 7.

⁽²⁾ Grâce aux aimables indications de M. Kuentz, j'ai eu connaissance d'un travail très important de M. Ludwig Borchardt paru en 1920 : *Altägyptische Zeitmessung (Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren herausgegeben von E. von Bassermann-Jordan. Band*

I, Lieferung B. Berlin et Leipzig 4°). L'étude de ces petits monuments y est faite d'une manière très complète, pages 43 à 48. L'auteur en mentionne quatre; celui qu'a publié M. Clédat, et dont nous avons parlé plus haut; celui que Legrain a décrit dans *Collection H. Hoffmann*, 3^e partie, *Antiquités égyptiennes*,

On voit que la montre du sultan Noûr ad din, malgré ses particularités remarquables, n'est pas isolée dans l'histoire de la gnomonique, qu'elle se rattache à une conception égyptienne assez ancienne et que de son type dérive celui du cylindre conservé jusqu'à nos jours dans les Pyrénées françaises.

Paris, 30 août 1923.

P. CASANOVA.

p. 147-148, un à Londres à l'University College dont un dessin lui a été communiqué par Schäfer, enfin celui de Turin, sur lequel il donne des renseignements bibliographiques très exacts. En les reprenant et en les complétant, on arrive aux résultats suivants.

Champollion l'avait signalé dans une lettre à son frère, datée de Turin, 30 juillet 1825 (H. HAUTEFEN, *Lettres de Champollion le Jeune*, 2 vol. dans *Bibliothèque égyptologique publiée sous la direction de G. Maspero*, t. XXI-XXII. Paris 1909, 8°, tome I^{er}, p. 246-247). Il y vit : une Méridienne, une montre polaire [sic] « donnant le moment précis de midi, lorsqu'elle était en place. C'est lui qui a eu l'idée de supposer un style dans les trous placés en haut du dôme. Cette erreur de l'illustre archéologue, très excusable en présence d'un instrument incomplet et, d'ailleurs, si voisine de la vérité, a été reprise et aggravée par Biot qui s'est complu dans son interprétation fantaisiste au point d'y revenir jusqu'à trois fois dans ses écrits (1^{re} *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, t. XIII, 1835 — *Mémoire lu à l'Académie des Inscriptions* le 30 mars et à l'Académie des Sciences le

4 avril 1831. *Recherches sur l'année vague des Égyptiens*, pages 678-681 ; pl. IV : règle gnomon ; 2^e *Traité élémentaire d'astronomie physique*, 3^e éd., 5 volumes de texte et 7 d'atlas, t. 1^{er}, Paris, 1811, page 62-63 ; t. VI (atlas), pl. 3, fig. 30 : c'est là probablement que M. Bigourdan en a trouvé la mention ; 3^e *Mémoires de l'Académie des Sciences* t. XX, 1849, pages 53-55 ; planche 1 : règle-gnomon). Je ne l'ai pas trouvé mentionné dans ORCARI, *Catalogo illustrato dei monumenti egizii del R. Museo di Torino*, Turin 1852 ; mais il est décrit par Lanzone (*Catalogo generale dei Musei... Serie prima. Piemonte. Regio Museo di Torino*, Fabretti, Rossi e Lanzone, Torino 1882. *Antichità egizie* n° 7353 : « Gnomone in basalto nero »).

M. Dorchardt n'a pas connu le fragment Golenischef dont il a été question plus haut.

J'ajouterai que dans le même volume de *Geschichte der Zeitmessung*, livraison F, a paru en 1923 : KANT SCHOR, *Gnomonik der Araber*. Il y est parlé p. 53 de la « patte de sauterelle » assez succinctement, et seulement d'après la traduction de J. J. Sédillot que nous avons également utilisée.

EARLY SCIENCE
IN OXFORD

BY

R. T. GUNTHER

VOL. II

ASTRONOMY

OXFORD

PRINTED FOR THE SUBSCRIBERS

1923

263

ORIENTAL ASTROLABES

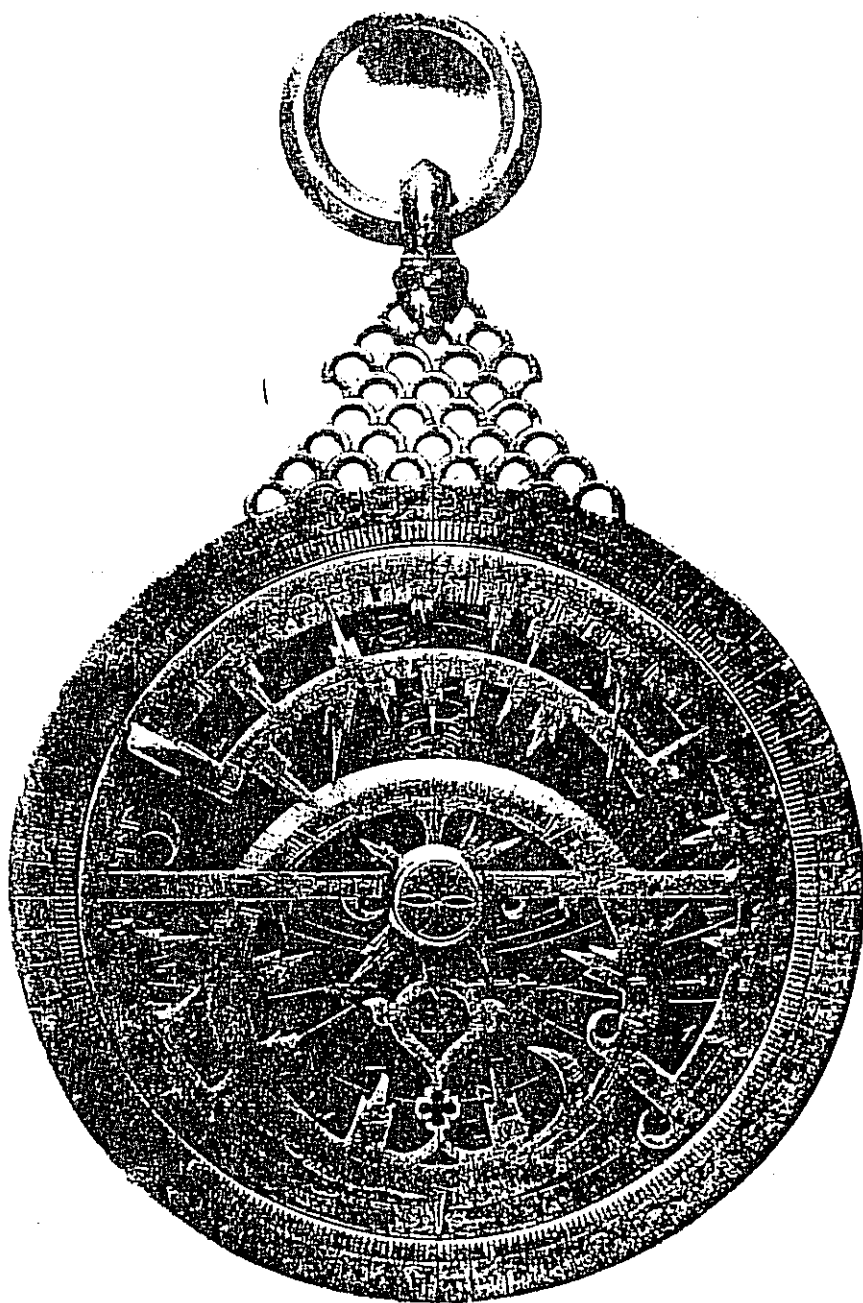
The early use of the astrolabe among the Persians and Arabs has been discussed by W. H. Morley. In some localities the instruments were made in large numbers and were widely used. In the city of Cambulac alone there were 5,000 astrologers and soothsayers who were reported by Marco Polo to have a kind of astrolabe, on which were inscribed the planetary signs, the hours, and critical points of the whole year. And in some places even the barbers had them; witness the story of the tailor of the Arabian Nights,¹ who described in detail the manner in which his loquacious barber took an observation with it.

A high standard in the knowledge of practical astronomy was preserved by means of the astrolabe among those favoured peoples who dwelt under the enduring clearness of the Chaldean sky. I, myself, have seen one in use in the old Persian town of Maragha, quite near the spot where Hulagu, the grandson of the great conqueror Genghis Khan, founded an astronomical observatory and equipped it with modern instruments of large size. A degenerate type of astrolabe, still to be purchased in the bazaars, serves the pious Mussulman as a means of observation for determining the hours of prayer and the direction of Mecca.

The modern instruments are in general between four and six inches in diameter, and are held up by a loop of cord passed through the ring during an observation.

Although Arabian astronomers made great use of

¹ Lane's 1889 edition, p. 332.



ASTROLABE OF AHMAD AND MAHMUD, A. D. 984

Lewis Evans collection

astrolabes, they do not seem to have effected any essential improvement in the method of observation. Their instruments were in general larger and better constructed than the armillary rings of the Greeks, and greater precautions appear to have been observed to ensure the accuracy of results, especially by the improvement of instruments for angular observation.

What is remarkable is the almost simultaneous diffusion by the Arabs of the mathematical and natural sciences in countries so widely apart as Bagdad and Cordova. It is owing to this extended distribution that so much of the early learning of the Greeks and Indians has escaped destruction.

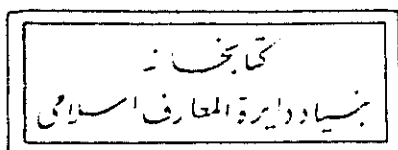
As there are two fine oriental astrolabes in the Oxford collections, it is of interest to note what the great biographer, Ibn Abi Jakub an-Nadim, had to say, about A.D. 987, concerning the history of the instrument and its makers. Moreover, we have at present on exhibition in Oxford the earliest dated astrolabe known, dated A.H. 374 or A.D. 984, the 'Astrolabe of Ahmad and Mahmud, the sons of Ibrahim the Astrolabist of Ispahan'.¹

Treatise on the (astronomical) Instruments and their Makers

Translated from the *Kitab al-Fihrist* (= Book of the Record) of Ibn Abi Jakub an-Nadim (c. A.D. 987). Suter, *Zeit. Math. Phys.*, xxxvii, Suppl. 1892.

There were Astrolabes in early times (even Planispheres), and the first man to make them was Ptolemy; but it was also reported that even before him instruments of this kind had been made, but this cannot be affirmed with certainty: the first maker of a flat astrolabe [in modern times] was called Apion (?) the Patriarch. These instruments were [at first only] made in the town Harrân, later their manufacture was more widely extended and better understood; however, they increased in number and work, for craftsmen extended [first largely] under the dominion of the Abbasides from the days of Al Mamun until our own time; for when Al Mamun

¹ This instrument, together with the rest of his unrivalled collection, Mr. Lewis Evans has offered to the University of Oxford.



undertook to support observing, he applied to Ibn Chalaï al-Marwarudi and he constructed the Armillary Sphere for him, and it is still in the possession of a learned man of our country; Marwarudi had also constructed Astrolabes at an earlier date.

THE NAMES OF THE INSTRUMENT MAKERS

IBN CHALAF AL-MARWARUDI; AL FAZARI.
 ALI BEN ISA (AL-ASTURLABI), servant or apprentice of
 AL-MARWARUDI.
 CHAFIF, pupil of ALI BEN ISA, a clever and excellent man.
 AHMED BEN CHALAF, pupil of ALI BEN ISA.
 MUHAMMED BEN CHALAF, pupil of ALI BEN ISA.
 AHMED BEN ISHAK AL-HARRANI.
 AR-RABI BEN FARRAS AL-HARRANI.
 KATASTULUS (?), pupil of CHAFIF.
 ALI BEN AHMED, the geometer, pupil of CHAFIF.
 MUHAMMED BEN SCHADDAD AL-BALADI.
 ALI BEN SURAD AL-HARRANI.
 SCHUDSCHA BEN . . . , pupil of BATULUS (?).
 IBN SALAM, pupil of BATULUS.
 AL-ADSCHLA, maker of Astrolabes, pupil of BATULUS.
 AL-ADSCHLAJJA, his daughter, also a pupil of BATULUS.

The pupils of AHMED and MUHAMMED, the sons of
 CHALAF.

DSCHABIR BEN SINAN AL-HARRANI.
 DSCHABIR BEN KURRA AL-HARRANI.
 SINAN BEN DSCHABIR AL-HARRANI.
 FARRAS BEN AL-HASAN AL-HARRANI.
 ABU'R RABI HAMID BEN ALI, pupil of ALI BEN AHMED, the
 geometer.

The pupils of HAMID BEN ALI.

IBN NADSCHIJJA, his name was . . .
 AL-BUKI, his name was AL-HUSAIN, but was also called
 ABDASSAMAD.

To the preceding [eminent?] makers of instruments
 belong—

ALI BEN JAKUB AR-RASSAS.
 ALI BEN SAID, the Euclidian.
 AHMED BEN ALI BEN ISA of recent times.

ORIENTAL ASTROLABES

191

TABLE OF DATED ASTROLABES BY EARLY MAKERS

Those marked L.E. are at present in Oxford.

<i>Date.</i>	<i>Name of Maker.</i>	<i>Place.</i>	<i>Owner.</i>
PERSIAN			
undated	AHMED-IBN-KHALAF c. 950		Bibl. nat. Paris.
undated	HAMED-IBN-ALI c. 964		Palermo.
984	AHMAD AND MAHMUD, sons of Ibrahim the Astrolabist	Isfahan	L. Evans.
1223-4	MOHAMMAD IBN ABI BEKR IBN MOHAMMAD AL RASHIDI	Isfahan	"
1227-8	ABD AL-KARIM AL-MISRI AL-USTURLABI	Syriac	"
1235	ABD AL-KARIM AL-MISRI AL-USTURLABI	Damascus	Brit. Mus.
1288	SHEMS AL DIN MOHAMMED SAFAR	? Mosul	L.E.
1400-50	MEHDI of Yazd	Yazd	"
1647	{ MUHAMMAD SHAFI, astronomer of Janabad { MUHAMMAD of Yazd	{ Yazd	{ L.E.
1651	IBRAHIM? IBN SHARAF UD-DIN HUSAIN	Meshed	"
MOORISH			
1029	MOHAMMED IBN AL SAAL	Toledo	Berlin R. Library.
1066-7	IBRAHIM IBN SAID	"	Madrid Mus.
1067-8	IBRAHIM IBN SAID ASSOHLI	"	L.E.
1197	IBRAHIM IBN SAID	Valenza	Mus. Kircher, Rome.
1208	ABOO BEKR IBN YOUSEFF	Morocco	Desc. by Sar-rus.
1212	MOHAMMAD IBN FOUTOUH AL-KHEMAIRI	Seville	M. H. Sauv-vaire.
1221	MOHAMMAD IBN FOUTOUH AL-KHEMAIRI	"	L.E.
1224	MOHAMMAD IBN FOUTOUH AL-KHEMAIRI	"	"
c. 1400	ABDULLAH IBN SASI	African	"
1494	MUHAMMAD IBN AHMAD AL-BATUTI	Arabian	"
INDIAN			
1644	MOHAMMAD IBN ISA IBN AL-HADDAD	Lahore	L.E.
EGYPTIAN			
1282-3	AHMAD IBN ALI	Cairo	L.E.

MANUSCRIPT AUTHORITIES

Of the several treatises on the Astrolabe that have come down to us from the Arabians, one of the earliest and most important is that of the astronomer MESSAHALA, c. A.D. 780. His work was known through Latin translations, and four of his works were afterwards made still more widely known by being printed at Nuremberg in 1549.

Of manuscripts of Messahala's *Compositio et Operatio Astrolabie*, the Cambridge University Library possesses four, of which li. 3. 3, dated 1276, is the best. The second part, beginning 'Nomina instrumentorum sunt hec', is reprinted in full in Skeat's edition of Chaucer's *Astrolabe*. The first part, beginning 'Scito quod astrolabium sit nomen Graecum', deals with the method of constructing the instrument, and is illustrated with excellent drawings of an astrolabe 5 in. in diameter.

In the Bodleian both MS. Canonici 61, *Opus Astrolabii secundum Mescallath*, and MS. Ashmole 1522, ff. 80-95^a (temp. Edw. II), *Prohemium in Astrolabium Messehahach*, are illustrated with good diagrams. The stars marked upon the rete of the latter, shown on p. 185, are :

Libedeneb.			
Denebkaitos.			
Batenkaitos.			
P menkar.			
Finis flux.	Menkar.	hu ⁹ . eq.	Yed.
Alg.	Aldebar.	Alfazade.	Aladil.
Rigil.	Alg.	Algo.	Alhaue.
Alhabre.	Algomeiza.	all.	Vega.
Nackor.	Cor lois.	Bene.	Ursa.
Corvus.	Alfart.	Elfa.	Taurus.
Algenab.	Alchimech.	Alra ^o .	
Cor Scorpii.			

Among other Arabian descriptions of the astrolabe may be mentioned—

Ali ben Isa, *Treatise on the Astrolabe and its use*. c. 700.
Brit. Mus. MS.

Baha al-Din Muhammad al Amili, *Treatise on the Astrolabe*, which he called a 'Safhah' or 'plate' because the whole of it may be written on a plate of the astrolabe.
Brit. Mus. MS.

Shams al-Din Muhammad ben Ahmad ben 'Abd al Rahim al-Mizzi, b. before 1291, d. 1349. Studied in Cairo: settled in Damascus, where he invented several ingenious and highly valued astronomical instruments.

Ali (Abu al Hasan) Al Marrakushi (of Morocco), *Treatise on astronomical instruments of the Arabs*. Translated into French by J. Sédillot. (With plates.) 1834.

For notices and illustrations of early oriental astrolabes, see the following:

W. H. Morley, *Description of a Planispheric Astrolabe, constructed for Shan Sultan Husain Safawi, King of Persia*. 1856. c. 1700.

Article 'Astrolabe' in the *Penny Cyclopaedia*.

L. Sédillot, *Mémoires sur les instruments astronomiques des Arabes*. Paris, 1841.

F. Sarrus. Figured an Astrolabe of 1208 in *Mém. Soc. Mus. hist. nat. Strasbourg*, 1853. Figured in Repsold.

Almerico da Schio, *Di due Astrolabi in caratteri cufici occidentali*. With 6 plates. Venice, 1880.

Lewis Evans, *Some European and Oriental Astrolabes*, 'Archaeological Journal', 1911.

G. R. Kaye, *The Astronomical Observatories of Jai Singh*. Calcutta, 1918.

G. R. Kaye, *Astronomical Instruments in the Delhi Museum*. 1920.

THE OXFORD INSTRUMENTS

Three instruments in the Oxford collections represent the astrolabe in its eastern form. Two of them have a special interest for their personal associations; the one with Archbishop Laud, the other with John Selden, the latter having been the first to point out the source of Chaucer's thorough knowledge of the astrolabe. These oriental instruments indicate the type from which the western and English astrolabes were copied and evolved. Indeed, the earlier western instruments differ from their Arabian prototypes in little save the lettering being in western instead of Arabic script. A comparison of the fine astrolabe of 1208, described by Sarrus, with the Laudian instrument, with one of the Merton instruments, and with others in the unrivalled collection of Mr. Lewis Evans, shows how little the construction of the instrument has changed in the course of years.

It was from the East that the astrolabe received the decorative quality which it never lost; even after being

reproduced for centuries by European craftsmen. It has always been the most artistic of common scientific instruments.

78. Arabian Astrolabe.

Type of 1224.

Bodleian Library, MS. Arch. Seld. A. 72 (1).

Diameter $7\frac{1}{2}$ inches.

With eight tablets; one made for the latitude of Morocco.

This beautifully finished instrument came to the University with the Library of John Selden in 1659.

Suspension is by a ring of round metal connected with the bracket by a swivel and shackle. A grummet for a cord with an eyesplice has also been attached to the ring.

In front the raised rim of the mother is constructed of a ring of cast brass brazed on to the thin disk that forms the back of the instrument. It is graduated into 360 degrees, numbered in groups of five. The inside of the mother has been left plain. Of the 8 tablets, 6 are engraved for various altitudes, but have no lettering; one is lettered on both sides; and one is engraved with a projection of the celestial sphere, with latitudes and longitudes traversed by the ecliptic which cuts the peripheral circle of 360° at 23° 50' from the poles. The other side of this tablet is engraved with the double or bipolar series of almucantars and azimuths so usual in oriental, though rare in European astrolabes.

The tablets are marked for the following latitudes:

0°	and	15°	[Sana is on lat. 15°]
22° 50'	"	25°	[Mecca is on lat. 21°].
28°	"	32°	
30°	[Cairo]	"	34°
31° 30'	[Morocco]	"	33°
37°	[Granada]	"	45°
40°	"	48°	[Paris is on lat. 49°]

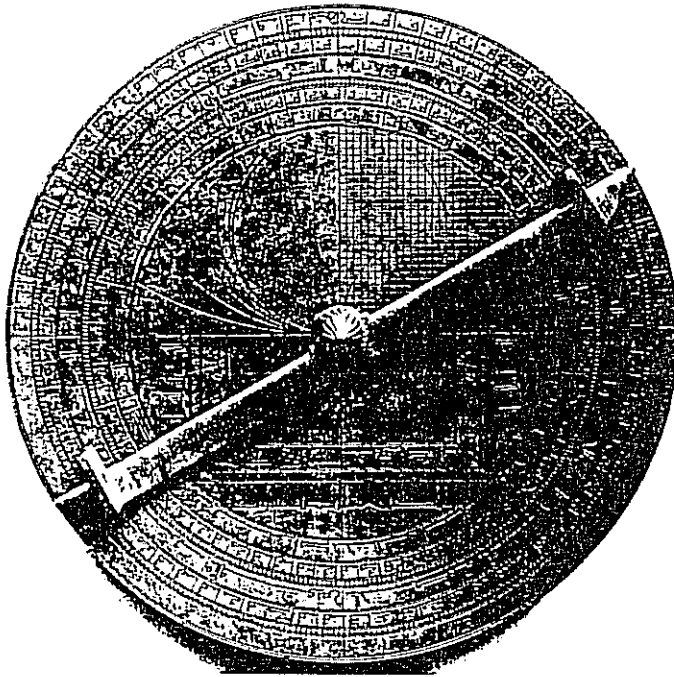
With the exception of the third and seventh tablets which have almucantars for every 6th degree ('sudsi'), the almucantars are drawn and numbered for every 3rd degree: the astrolabe is therefore 'thulthi' or tripartite.

The fifth tablet is inscribed 'li-'ardh Marākish', for the latitude of Morocco 31° 30'. The range of tablets is suitable for use between the latitude of Paris and the Equator.

The finely designed rete is provided with pointers for 29



NO. 78. SELDEN'S ARABIAN ASTROLABE (FACE)



NO. 78. SELDEN'S ARABIAN ASTROLABE (BACK)

named stars, 15 being within and 14 outside the zodiac circle. A list of the stars is given in the table on p. 222. The zodiac circle is attached to the outer rim by the middle bar and by very slender straps. Its bevelled edge is divided into 120 divisions, 10 to each sign. In design the star-pointers closely resemble those of an instrument made at Seville in A.D. 1224 and now in the collection of Mr. Lewis Evans.¹ In both instruments 29 stars are marked upon the rete.

The rete is provided with 4 knobs for moving it, as was not infrequent among instruments of the Moorish type. The first point of Aries corresponds to the $10\frac{1}{2}$ of March.

The *back* is engraved with a border of seven concentric circles surrounding four quadrants containing (1) an instrumentum horarum with the hours numbered in Arabic 1-6 on the outer side, and 7-12 nearer the middle; (2) a quadrant divided into squares, for the sake of clearness every fifth line being dotted (cf. some modern squared papers); such a quadrant was used as a graphical table of sines. It was called the Quadrant of the *destūr* by the Arabs. It is crossed by 30 horizontal lines (*mabsūt*) and by 30 vertical (*menkūs*). When used by itself such a quadrant was usually fitted with a thread, with a moving bead, fixed to the centre of the quadrant, but in our instrument, its place would be taken by the revolving alidade. (3) and (4) scales of 'al-dal al-ka'im' or umbra recta and 'al-dal al mabsūt' or umbra versa, each divided into 12 parts and numbered 3 6 9 12, 12 9 6 3.

The lettering is in the style known as Western Culic, or *magrebin*, which remained in use for such inscriptions for many years after it had been superseded by the *neschi* script for ordinary purposes.

In order from without inwards the circles are :

1. Circle of numbers of degrees numbered in fives from 0 on the horizon to the pole at the point of suspension : 5. 10. 5. 20. 5. 30., &c., to 90.
2. Circle of 360 degrees.
3. Numbers of degrees in each sign of the Zodiac : 5. 10. 5. 20. 5. 30.
4. Names of 12 signs of the Zodiac.
5. Circle of days of the months.
6. Numbers of days in each month.
7. Names of the months. An interesting feature is that these names are in Latin transliterated into Arabic characters. The first point of Aries in circle 3 corresponds to $10\frac{1}{2}$ March in circle 5.

¹ L. Evans, *Arch. Journal*, 1911, lxvi, No. 27.

79. Arabian Astrolabe.

Writing of c. 1400.

Diameter $6\frac{1}{2}$ inches.

Bodleian Library.

Presented in 1636 by Archbishop Laud, whose arms, impaling Canterbury, are engraved on the back of the bracket. It is believed to have been given to Laud by John Selden, who gave the Library a second astrolabe in 1659.

An instrument of fair design but of imperfect execution. The divisions of the scales are unequal, the ornaments unfinished, the tablet circles rudely scratched and the lettering with a rough burr that shows both the lack of finish and that the instrument has never seen much service. Were it modern, one would say that it was of cheap manufacture made to be sold in a bazaar to tourists. It is a rough copy of a good class of instrument: it is also quite perfect.

Suspension is by ring and shackle, pivoted to a large bracket. In section the ring is square, so that the instrument, like a modern balance, must hang on a knife-edge.

The mother is all cast in one piece, and has been turned out in a lathe. The front has a rim $\frac{1}{4}$ in. wide, divided into 360 divisions numbered by fives. On the inside of the 'womb', as the sunken centre is called by Chaucer, are engraved six concentric circles of names of 50 eastern towns, with their several longitudes and latitudes, 31 in the outer circles, 19 in the inner circles.

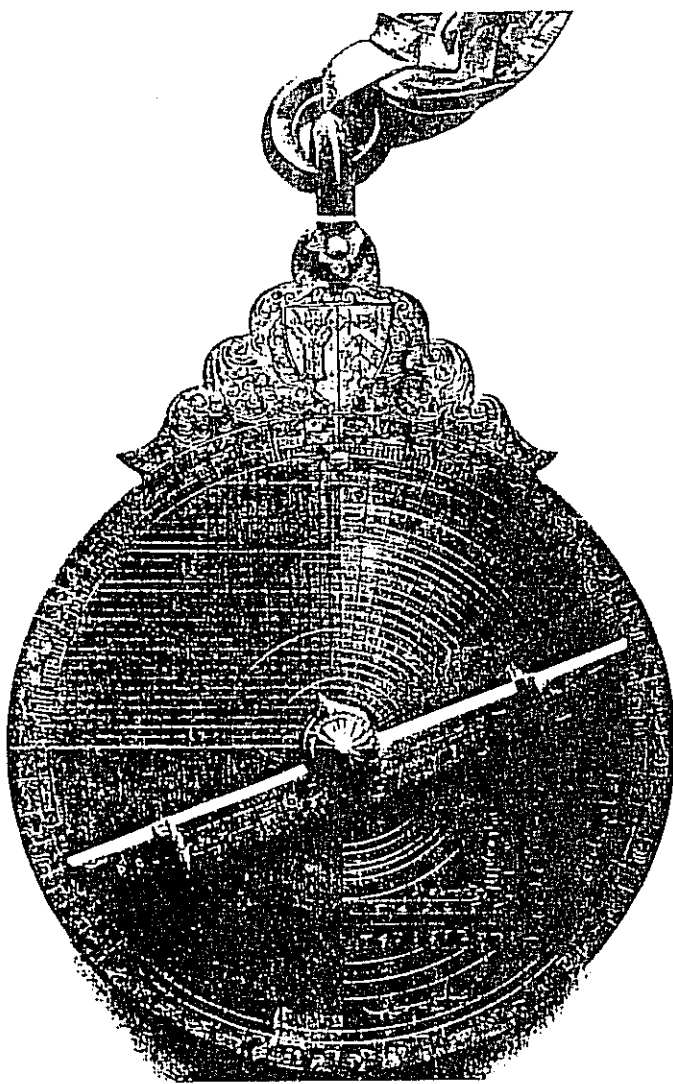
The changeable tablets are 5 in number. They are notched for engaging with a stop on the inside of the rim, and are so kept from revolving with the rete. Almucantars are drawn one for every 6th degree (*sudsi*), so that there are only 15 of them: they are numbered on most of the plates. The tablets are engraved on both sides: some are double ended. The inscribed tablets are for latitudes 22° and 27° , 26° , and for 28° and 40° .

The rete, furnished with a single brass knob, is inscribed with the names of 287 stars, 15 within and 13 outside the Zodiac. The list is given in the table on p. 222.

The alidade or 'rewle', carrying a pair of pin-hole sights, rather out of alinement, is roughly graduated with two scales. One, a scale of declination, starts from the centre and is numbered 5. 10. 5. 20. 5. 30., &c., to 60 in a length of $2\frac{1}{4}$ in.; the divisions on the other half are numbered from the end to the middle, 1 to 6 and back again to the same end, 7 to 12, along the fiducial edge of the rewle.



NO. 79. LAUD'S ARABIAN ASTROLABE (FACE)



NO. 73. LAUD'S ARABIAN ASTROLABE (BACK)

The Back.

The back is divided into four quadrants, the rim of the two upper quadrants is divided into degrees, numbered in groups of six from the horizontal 6, 12, 18, &c., up to 90 at the zenith. The left upper quadrant is divided into squares by cross-lines $\frac{1}{2}$ in. apart; the right upper quadrant is divided by 15 radii and arcs of concentric circles.

The rim of the two lower quadrants is divided into 30 divisions only, by lines drawn at every third degree, and numbered as in the upper hemisphere, 6, 12, 18, &c., downwards to 90 at the nadir. The left lower quadrant is ruled with vertical parallel lines (about $8\frac{1}{2}$ to the inch); the right lower quadrant contains, as is usual, the scales of umbra recta and umbra versa, inscribed in Arabic 'lines equal' and 'lines reversed'. The 12 divisions of the scales are all numbered: this is never the case in the corresponding scales on European instruments.

Proceeding from left to right the towns enumerated are:

On the outer circles.			On the inner circles.		
<i>The Towns.</i>	Longi- tude.	Lati- tude.	<i>The Towns.</i>	Longi- tude.	Lati- tude.
Cairo	68° 20'	30° 20'	Balkh	101° 41'	36° 41'
Aden	76 41	11 41	Badhassan	104 34	34 10
City of the Apostle. (Me- Peace be dina) upon him)	75 20	25 41	Negara ¹	94 30	35 50
Mecca	74 10	21 40	Samarkand	99 56	39 34
Taif	74 30	21 20	Khojend	105 35	41 55
(Temple) Jeru- salem	66 30	31 50	Cashgar	106 30	44 41
Damascus	70 41?	38 25	Khotan	104 41	42 41
Aleppo	72 10	35 50	? Hormuz	92 41	24 41
Nakh	81 55	38 40	Cabul	104 40	35 41
Tabriz	82 41	38 41	Cashmir	108 41	35 41
Bardaa. Barder on equator	88 41	40 30	Tibet	110 41	40 41
Bulgar	? 95 41	49 30	Kandahar	104 40	38 41
Kufa	79 30	31 30	Lahore	104 35	29 40
Maaden	72 41	38 10	Delhi	109 20	31 50
Bagdad	80 41	38 34	Agra	108 35	28 41
Basrah	84 41	30 41	? Serandib	115 41	24 8
Firozabad	84 30	28 10	Achnadabad	108 40	28 55
Schiraz	88 41	29 36	? Kanbait	104 41	10 41
Jeyd	89 41	22 40	? Khanahibad	109 20	22 20
Hamadan	88 41	25 10			
Sava	85 41	25 41			

¹ ? Nagar N. of Srinagar = Cashmir.

On the outer circles (*continued*).

<i>The Towns.</i>	Longi- tude.	Lati- tude.
Kaswin	85 41	36 41
Ispahan	86 40	52 25
Kashan	86 41	34 41
Kum	85 40	34 45
Rai	86 20	35 41
Astrabad	89 25	30 50
Sawer	91 30	36 5
Nizapur. Nisha- poor	92 30	36 21
Tus ¹	92 30	34 41
Herat	94 20	34 30

Note. The frequent occurrence of the number '41' may indicate that the engraver, when in doubt as to the exact number, cut '41'.

80. Indian Astrolabe. Dated Sambat 1730 = A.D. 1673.

Diameter $4\frac{1}{2}$ inches.

Pitt-Rivers Museum.

Inscribed in Prakrit characters 'Jos'i Indraji-Kasya Yantram'.

(= Diagram of the astronomer Indraji.)

A pretty little instrument with a large bracket for suspension decorated with lightly chased foliated ornament on the face and inscribed on the back. Centre pin lost.

The face has a rim $\frac{2}{10}$ in. wide with degrees numbered in groups of 6. Inside the womb are engraved in six concentric circles the names of 20 eastern towns not readily decipherable with their latitudes and longitudes, 4 spaces being left blank.

My friend Mr. Gambier-Parry has read the names as follows:

Outer circle: Vadāvar 21.22, 114.55; Delhi 28.0, 113.0; Lahore 31.50, 108.20; Mulattā (? = Mooltan) 30.40, —; Ajame (= Ajmeer) 26.0, 111.9; Amadā (= Armadabar) 23.0, 108.90; Pambhāi 22.0, 108.0; Murāt (= Surat) 21.30, 110.0; P 28.11, 113.9; Kurute 30.10, 112.0; Syābre 33.0, 106.0; Sechar (= Sukkur); Nag . . tri; . . . la 20.0, 111.0; Ahmadabad 12.0, 115.0; Gotaku 18. . . , 115.10; Bijapur 19.10, 114.40; Yara . . . 21.20, 112.0; Ujjaya (= Ujain) 23.30, 110.50; Gavāler (? = Gwalior) 25.22, 114.0; Āgarā (Agra) . . . 115.0; Kaśī (= Benares) 26.15, 117.20; . . . ; Apo . . .

Inner circle: Ahmad; . . . ; Vijāpur; . . . ; Ujaya; Gavaler; Kasi;

¹ In Khorassan.

There are 4 tablets engraved for latitudes, 'aksham', for

18° and 26°

20° and 23°

24° and 27°

29° and 32°.

A tablet of the horizons (*al-Ṣafīḥat al-āfāqiyah*) is also included. The horizons are arranged in four groups with 8 in each, and by each group are two scales giving the total obliquity (northern or southern).

The rete is inscribed with the abbreviated names of 23 stars, 8 within and 15 outside the zodiac circle.

The back is divided into 4 quadrants. As in the Laudian Arabian instrument the left upper quadrant (1) is a 'quadrant of the *destūr*' of sines, but the right upper quadrant (2) is engraved as an *instrumentum horarum*. The left lower quadrant (3) is inscribed 'Paramakranti' (= Highest). The right lower quadrant (4) contains scales of *umbra recta* and *versa* with the customary 12 divisions.

The acquisition of the Evans collection would raise the number of Oriental Astrolabes in Oxford from 3 to 33. Of these the most important are the oldest dated instrument known of A. D. 984, the astrolabes made for Abool Fehih Moosa, son of King Aboo-Bekr (1227-8), and for Shah Abbas II (1642); a Mesopotamian instrument with a geared calendar-movement in it; a very early Moorish example dated A. H. 460 or A. D. 1067; and an Egyptian variety, perhaps the only one of its kind known.

Das Observatorium des Taqī ed-dīn zu Pera.

Von

J. H. Mordtmann.

In seinem an wichtigen Urkunden so reichen Werke über die Zustände in Stambul im 10. Jahrh. der Hidschra hat Aḥmed Refiḡ den folgenden Erlaß an den Kaḡi von Stambul vom 13. Šafer 986 (= 21. April 1578) veröffentlicht (S. 53 Nr. 6):

»Wie mir gemeldet, befinden sich die astronomischen Werke, die der verstorbene Luḡfullah gestiftet hat, im Besitze des Imams und Mū'ezzins des Viertels Mi'mār Sinān in Stambul; ich habe nun angeordnet, daß man diese Bücher übernehme und dem Observatorium übergebe, und befehle: sobald man an dich herantritt, wirst du ungesäumt die Bücher des genannten Verstorbenen, die von der Stern- und Himmelskunde und Geometrie handeln, einerlei obsiesich bei dem Vorgenannten oder bei sonst jemand befinden, zutage fördern und veranlassen, daß sie sämtlich dem Leiter des Observatoriums, dem Mevlānā Taqī ed-dīn übergeben werden. (Ausgehändigt dem Molla Mūsā Efendi.)«

Hierzu begnügt sich der Herausgeber mit der Bemerkung, daß das Observatorium sich damals im Galata Serai befunden habe.

Dies veranlaßt mich hier zusammenzustellen, was sonst noch über das merkwürdige Unternehmen aus osmanischen und abendländischen Quellen bekannt geworden ist — soweit augenblicklich meine literarischen Hilfsmittel reichen¹⁾.

Die Biographie des Taqī ed-dīn steht bei 'Aṭā'ī, *Zeil ul-schaḡā'iq* S. 286 der Stambuler Ausgabe. Danach war er im J. 927 (beg. 12. 12. 1520) in Kairo²⁾ als Sohn des Scheich Meḡammed b. Ma'rūf geboren, studierte dort Theologie, brachte es bis zum *müderriś*, und kam dann

¹⁾ Vgl. v. HAMMER, *Gesch. d. Osm. Reiches* IV 43, der aber von den hier herangezogenen Quellen nur das *Rewzat ul-ibrār* und das Tagebuch des Stephan Gerlach benutzt hat; ferner: H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke* (Leipzig 1900). S. 191, Nr. 471 (kurze biographische Daten und Aufzählung der Schriften des Taqī ed-dīn nach Kjaṭib Tschelebi's *Lexicon bibliographicum*; kennt nicht 'Aṭā'ī's Biographie); Meḡammed Surejā, *Sidschillī 'Osmānī* s. v. (vol. 2 S. 52; ganz kurzer Auszug aus 'Aṭā'ī). Über das *Rewzat ul-ibrār* s. Anm. unten S. 83.

²⁾ H. SUTER, a. a. O., gibt als Geburtszeit das Jahr 932 H. (1525/6) und als Geburtsort Damaskus an.

nach Stambul, wo er Nachfolger des im Šafer 979 (25. 6. — 25. 7. 1571) verstorbenen *müneddšim baschi* Mustafa Tschelebi wurde. Er gewann die Gunst des berühmten und einflußreichen Sultanlehrers, Sa'd ed-dīn, wurde unter die ägyptischen Kādīs eingereiht und wegen seiner Kenntnisse und Leistungen in den mathematischen und astronomischen Wissenschaften mit einem reichen *zi'ūmet* belohnt. Auf seine Vorstellung bei dem Diwan, daß die bisherigen Methoden der Astronomen veraltet seien «wie ein vorjähriger Kalender» und durch neue Beobachtungen ersetzt werden müßten, erhielt er im J. 987 (beg. 28. 2. 1579) die Genehmigung auf der Höhe oberhalb Top-Hānē auf Staatskosten ein Observatorium zu errichten. Der Bau des «astronomischen Brunnens» war schon fast beendet und Schauplatz von wundersamen Dingen, wie der Brunnen Nachscheb, aus dem el-Muqanna' seinen Mond aufsteigen ließ, als der bekannte Scheich ul-islām Kādizādē von der Sache erfuhr und dem Sultan in einer Eingabe vorstellte, daß die Beobachtung der Sterne unglückbringend sei; daß es eine unheilvolle Vermessenheit sei, mit frevler Hand den Schleier zu lüften, der die Geheimnisse der Sphären verhüllt; daß kein Reich von Bestand gewesen, in dem ein solches Observatorium errichtet worden. Die Eingabe machte Eindruck auf den Sultan; Donnerstag, den 4. Zilhiddschē 987 (21. Januar 1580) erging der Befehl an den Kapudan Pascha das Werk zu zerstören; das Personal des Observatoriums wurde hinausgesetzt, die Saiten (*ewtār*), die dazu dienten, die Sonnenhöhe und die Bewegung der Sterne zu bestimmen, durchschnitten und der Brunnen mit Schutt und Steinen ausgefüllt ¹⁾.

Im Anschluß hieran ergeht sich 'Aṭā'ī noch in langen Ausfällen gegen die Astronomen und schließt seinen Bericht mit der Angabe, daß Taqī ed-dīn im J. 993 H. (beg. 3. 1. 1585) verstorben sei; anscheinend hat man sich mit der Zerstörung des Observatoriums begnügt, ihm selber aber weiter nichts zuleide getan.

¹⁾ In der Übersicht über die Regierung Murads III. S. 375 (Z. 5) wird dies Ereignis noch einmal kurz erwähnt, aber als Datum der Zerstörung unrichtig der 15. Zilhiddsche = 2. Februar 1580 angegeben. Allerdings stimmt auch der 4. Zilhiddsche nicht genau, da der 1. des Monats (nach WÜSTENFELD's Tabellen) auf einen Dienstag fiel. Jedenfalls steht durch das unverdächtige Zeugnis des Budowitz fest, daß die Sternwarte im Januar zerstört wurde; es kommt also neben dem 4. nur noch der 11. Zilhiddsche in Frage. Der Verf. des *Rewzat ul-ubrār* (S. 462 des Bulāqer Druckes) erzählt die Geschichte des Taqī ed-dīn und die Vernichtung seines *tschāh-i-rašād* unter den Begebenheiten des J. 988 (beg. 17. Februar 1580), übrigens nur in wenigen Zeilen und sonst übereinstimmend mit 'Aṭā'ī. Was v. HAMMER a. a. O. (GOR IV 43) über andere berühmte Sternwarten der Abbasiden, Fatimiden und Timuriden in Bagdad, Kairo und Merāgha anführt, steht nicht im *Rewzat ul-ubrār*.

Aber der Zauberbrunnen des Kairiner Astronomen beschäftigte noch lange Zeit die Geister und gab Anlaß zu allerlei Legenden. Evlijâ, der phantasiereiche Reisende des 17. Jahrh., führt unter den Spaziergängen von Top-Hâné das »Bassin« (*hawuz*) des Ajâs Pascha, das *sâmsûnhâné* (d. h. das Gebäude, wo die Doggen des Kaisers untergebracht waren) und »den Astronomen-Brunnen« an. Dieser befand sich, wie E. sagt, in der Nähe des *Sâmsûnhâné*: »dort hat ein sternkundiger Mann, namens 'Alî Kuschdschi, um die Sterne zu beobachten, einen Brunnen gegraben. Hinterher aber berieten die 'Ulema darüber und berichteten dem Padischah: es steht fest, daß in welchem Lande solch' eine Sternwarte gebaut wird, die Pest in der Stadt herrschen wird; woraufman den 'Alî Kuschdschi zwang, von seinen Beobachtungen abzulassen. Zu unserer Zeit fragte Sultan Murad IV. in der Absicht, den Brunnen ausfüllen zu lassen, beim Mufti Jahjâ Efendi schriftlich an: »Sollen wir diese Sternwarte zerstören? usw.« Hier flucht Evlijâ eine Anekdote ein, wie der Mufti die Frage nicht verstanden hatte, bis ein einfältiger *Kapudschi* (Türhüter) ihm den Text entzifferte; dann gab der Mufti sein Gutachten dahin ab, daß der Brunnen mit Sand auszufüllen sei, worauf der Sultan den Kapudan Pascha Redscheb entsprechend anwies und der Brunnen zugeschüttet wurde. »Noch jetzt ist er rings von Blumenwiesen umgeben und ein besuchter Spazierplatz,« schließt E. seinen Bericht (I 443 der Stambuler Ausgabe).

Hier ist Wahrheit stark mit Dichtung gemischt. 'Alî Kuschdschi, ein Schüler des Ulugh bej, war der berühmte Astronom Mehemeds II., des Eroberers von Konstantinopel, und ist am 2. Scha'bân 879 (17. 12. 1474) gestorben (vgl. VON HAMMER, *Gesch. d. Osm. Reiches* I 240; 591). Nirgendwo anders, namentlich auch nicht in seiner ausführlichen Biographie, die in den *Schaqâ'iq* vier Folioseiten füllt (I, 180—184), lesen wir, daß er in Stambul oder sonstwo eine Sternwarte eingerichtet habe. Evlijâ hat hier wieder einmal seiner Phantasie die Zügel schießen lassen. Ebenso aus der Luft gegriffen ist es, wenn er die Zerstörung des Brunnens unter Murad IV. verlegt und die unter Murad III. beteiligten Personen, den Mufti Kâdizâde und den Kapudan Pascha Kilidsch 'Alî durch entsprechende Beamte aus der Zeit des vierten Murad ersetzt. Unser Autor flunkert mit einer gewissen Konsequenz; trotzdem müssen wir ihm dankbar sein für seine weiteren Angaben, die uns ermöglichen, die Lokalität, wo der »Sternseherbrunnen« gelegen war, genau zu bestimmen.

Dann redet erst nach langer Zeit wieder eine Quelle von Taqî ed-din und seinem Werke, 'Alî Sâti' Efendi, in seinem schätzbaren

Garten der Moscheen, 2, S. 57 der Stambuler Ausgabe ¹⁾). Er berichtet von dem Galataturm — der bekanntlich von den Genuesern erbaut ist —, daß nach einer Überlieferung ein Astronom, namens Taqī ed-dīn, ihn als Sternwarte erbaut habe; aber der Sultanslehrer Hodscha Sa'd ed-dīn Efendi habe dem Sultan vorgestellt, daß die Staaten, in denen man sich mit astronomischen Beobachtungen befaßt habe, in kurzer Frist untergegangen seien, worauf im Zilhiddsché 987 Befehl erging, die Sternwarte zu entfernen und zu zerstören; den Turm aber ließ man stehen. Nach anderer Überlieferung sei der Galataturm ein Bau der Gjauren, und die Sternwarte habe sich oberhalb Top-Hané befunden; sie sei um die genannte Zeit vollständig niedergerissen, den Turm habe man stehen lassen; Taqī ed-dīn sei dann im J. 993 in Stambul verstorben.

Auch hier ist Wahres mit Falschem gemischt: offenbar kannte der Autor die Biographie des Taqī ed-dīn, aus der wir oben Auszüge gegeben, daneben hatte er aber auch irgendwo gelesen oder gehört, daß zu einer Zeit geplant gewesen war, auf dem Galataturm ein Observatorium einzurichten. Tatsächlich wissen wir aus einem französischen Memoirenwerke des 18. Jahrh., daß der im J. 1703 hingerichtete Scheich ul-Islām Feizullāh die Absicht hatte, den Galataturm mit Hilfe europäischer Astronomen zu dem gedachten Zwecke zu verwenden; sein Tod hat die Ausführung dieses Planes verhindert. Daß der Autor an Stelle des Mufti Kādizādé den Sultanslehrer Sa'd ed-dīn, den Gönner des Taqī ed-dīn, zum Ankläger dieses letzteren macht, ist eine arge Flüchtigkeit ²⁾.

Wir gehen nun zu den abendländischen Quellen über, welche die einheimischen Berichte in erfreulicher Weise berichtigen und ergänzen.

Stephan Gerlach, der Seelsorger des kaiserlichen Gesandten von Ungnad, hat unter dem 13. November 1577 folgendes in sein *Türkisches Tagebuch* (Frankfurt a. M. 1674) eingetragen:

Der Sultan Murad hat einen Sternseher von Cair verschrieben, der auff des Kaysers Unkosten, außerhalb Galata, auff einem Hügel,

¹⁾ 'Alī Sāti' bearbeitete das Werk des Hāfiẓ Husein von Aiwanserai, das Ende des 18. Jahrh. abgefaßt wurde, indem er es bis Mahmūd II. vervollständigte. Ausführliche Auszüge bei v. HAMMER, *GOR* X, 47—144, der die erste Kunde von diesem wichtigen Werke gab.

²⁾ Nachträglich sehe ich, daß auch Mehemed Surejā a. a. O. den Taqī ed-dīn seine Sternwarte auf dem Galataturm einrichten läßt. Offenbar hat er die Worte seiner Vorlage ('Aṣ' i) *tophāne üstünde qullei d'schebelde* »oberhalb Top-hané auf dem Gipfel des Hügels« mißverstanden, indem er *qulle* als Turm auffaßte und in dem Hügel-Turme den Galataturm zu erkennen glaubte.

da des Venedischen Andreas Gritt Hausz gestanden, einen Thurn bauen solle, der etliche Klaffter tieff unter der Erden und unten etliche Klaffter weit sey, dasz er auch die Sterne am Himmel darausz bei Tage sehen möge. Er hat auch ein grosz Messing Rad auß Ehren-Säulen machen lassen, und wil inner 7. Jahren ein Werck verfertigen, ausz welchem er hernach dem Kayser all sein Glück, ausz [sol l. auch?] Unglück, Freund und Feind ausz des Himmels Lauff, erforschen wil. Seine Bestallung ist Jährlich 3000. Ducaten, ohne seine andere Auszgaben, die ihm alle wieder erstattet werden. Wenn das Werck fertig ist, sollen ihm 6000 Ducaten gegeben werden.

Er hat auch einen andern Sternseher, so ein Jud, von Salonick holen lassen, der dem Perser König zu seinem Werck helfen, und itzt des Sultans Lehrmeisters Sohn [also den Sohn des Hodscha Sa'd ed-din, und nicht wie v. HAMMER, GOR IV 43, schreibt, des Sultans Sohn] in der Sternkunst unterweisen soll. . .

In des M. Crusius *Turcograecia* (Basel 1584) S. 501 lesen wir dieselbe Geschichte in einem Briefe Gerlachs an Crusius vom 29. 9. 1577 mit einigen Varianten: *paucos ante menses*, heisst es da, *ex Halepo* (Hierapoli) *Syriae urbe Constantinopolim vocatus est astrologus quidam: qui Sultanum de fortuna sua ex astris praemoneat. Ideo in Galatensi colli extruxit profundam detectamque turrim: cuius summo imposuit Astrolabium, et multos circulos ex Orichalco magnos: inde praedicturus scilicet quas gentes amicas, quas inimicus [sol], habiturus sit Murates. Operi perficiendo septennium sumpsit, quotannis stipendio trium millium ducatorum: eius duplum, finito opere, a Rege accepturus. Adiutor ei est Iudaeus quidam Thessalonicensis.*

Als Gerlach einige Wochen nach diesem Briefe seine Tagebucheintragung niederschrieb, war er über einige Punkte besser informiert; statt Aleppo nennt er richtig Cairo als Herkunftsort des Astrologen, und die irrige Angabe, daß dieser erst *paucos ante menses* nach Stambul berufen sei, ist weggelassen.

Am ausführlichsten aber verbreitet sich über das Werk des Taqī ed-dīn der Nachfolger Gerlach's in Konstantinopel, Salomon Schweigger, der sich vom 1. Januar 1578 bis 3. März 1581 als Seelsorger des Gesandten von Zinzendorf dort aufgehalten hat. In seiner *Reyszbeschreibung nach Constantinopel* widmet er ihm ein besonderes Kapitel (c. XXIII, S. 90 ff. der Nürnberger Ausgabe vom J. 1608), das die Überschrift trägt »Wie der Türckisch Keyser von einem nichts-wertigen Astronom in grossen unkosten geführt worden«, und das wir hier in seinem ganzen Wortlaute folgen lassen.

»Ungefährlich drey Jahr zuvor, als wir gen Constantinopel

kommen, hat ein Araber den Sultan Murath, welcher den guten Künsten sonderlich geneigt, beredt, So man im vergünnen und darzu behülflich seyn wolt, so wolt er sich eines solchen Wercks unterstehn, daraus er dem Sultan möcht zukünftige Ding, aus Anschawung des Gestirns weissagen, jedoch werd ein solches Werck mächtigen Verlag erfordern, derhalben sey vonnöthen, daß im der Sultan mit vnkosten verholffen sey, welches er da leichtlich erlangte, ihm war auch ein bestallung gemacht, von einem Tag auff den andern, nach ihrem Brauch, vnd wie man sagt, so ging jaehrlich in die 3000 Ducaten mit diesem Künstler auff, man hielt ihm auch zwölff gefangene Christen, die ihm solten allerley Arbeit helfen fertigen, man bauet im ein eigne behausung in der Einöde ausserhalb der Stadt Galata, darinn der Fantast seine Weissagung solt auszbrüten, damit er also vnverhindert von menniglich, auff betrug vnnnd tandt könnit trachten, etliche Werkstätten von Brettern waren auch auffgeschlagen, er war für sich selbst ein Kunstloser heiloser Tropff, der vor etlich Jahren zu Rom gefangen gelegen, bey einem Mathematico, dessen Diener er gewesen, daselbst er sein Kunst gesogen, vnd zu einem solchen Himmelskünstler vñ Gestirngaukler worden ist, er bracht zu wegen Ptolemei, Euclidis, Procli und anderer berühmter Astronomorum Schrifften in Arabischer Sprach, vnnnd hielt heimlich ein Juden, der ihm diese Schrifften solt erklaren, letztlich brütet er zwo Sphas oder Kuglen aus, deren eine die Weltkugel, die andere die Himmelskugel war, wie man solche in den Schulen in unsern Landen braucht, vnnnd eine jede einer Elen hoch war, Weiter machte er von Glockenspeis Ring, bey fünffthalb Elen hoch, einer Hand dick, einer hing hoch in der Lufft an einem dicken Seyl, das war der Meridianus, an einem andern ort der Aequinoctialis, vnnnd an einem andern der Horizon etc. dann er im vielleicht fürgenommen die Spheram grosz vnnnd starck genug zu machen, darinn er für die lange weil möcht spacieren, wie in einem Wasserrad, oder wie die Eichhorn im Rädlein umblauffen, mit diesen dingen hat er bey nahe sieben Jahr zugebracht.

Diueil aber nach desz Sultans verhoffen, vnd nach desz Gaucklers fürgeben kein Weissagung von zukünftigen dingen, von Glück vnd Unglück folgen wolt, war nicht allein der Sultan, sondern auch der Muphti, der Türcken Bapbst, sehr vnlustig darüber, der gab dem Sultan den rath, er solt desz Gauckelwercks müssig gehen, dann von der Zeit an, als er nach dem Gestirn gen Himmel gegaffet, hatte er aus der acht gelassen, wie es auff Erden zugieng, darumb er auch die schantz in Persia oft überschien, da hingegen der Kisel-

wasch, der Perser König den Himmel hat an seinem ort stehen lassen, vnnd die Augen auff die Erden gericht, daher er manchen Sieg an ihnen, als den Ginnaffen, erlangt hett.

Darauff der Sultan alsbald befohlen disz Werck zu zerstören, da wurd das Gebeu alles durch die Janitscharen geschleiff, vnnd das Werck zertrümmert, Also hat diese neue, vnd bey den Türcken zuvor vnbekannte Astronomia ein end genommen. Der Werckmeister aber hat gleichwol am Gestirn so viel gesehen, dasz er sich soll vn sichtbar machen, sonst wers dem Meister gangen wie dem Werck, ist hernach nicht mehr gesehen, vnnd vielleicht vnter die Sidera gezehlt worden.«

Über das Ende der Sternwarte erfahren wir noch einiges Nähere aus der schon vorher angeführten *Turcograecia*. Im Anschluß an Gerlachs Brief fährt der Herausgeber fort:

«Exitus vero tandem hic fuit (sicut D. Wenceslaus Budowezius à Budowa 10. Mart. 1580 Gerlachio scripsit) quod sphaericum illud opus, mense Januario spatio, unius horae, omne solo aequatum est: quod vulgo crederetur, id omnis hactenus mali (bello in Persia infelicitè gesto) causam fuisse¹⁾.«

Die angeführten abendländischen Berichte weichen in mehreren Punkten von den Angaben der türkischen Quellen ab.

Was die Zeit anlangt, wo Taqī ed-dīn nach Stambul kam, bzw. vom Sultan dahin berufen wurde, werden wir uns an die Biographie des 'Aṭā'ī halten; aber die Angabe des 'Aṭā'ī, daß der Bau der Sternwarte erst 987 H. (beg. 28. 2. 1579) »zu Anfang von Sultan Murads Regierung« begonnen habe, kann nicht richtig sein. Aus Gerlachs Tagebuch und seinem Briefe an Crusius geht mit Sicherheit hervor, daß im Herbst 1577 ein Teil des Werkes mit den Instrumenten fertiggestellt war. Außerdem wird in dem Erlasse vom 13. Šafer 986 (21. 2. 1578) die Sternwarte als bestehend erwähnt. Es dürfte daher mit Schweigger das Jahr 1575 als der Zeitpunkt anzunehmen sein, wo der Bau begonnen hat; nach Gerlach hatte Taqī ed-dīn sich anheischig gemacht, das Werk in 7 Jahren auszuführen, und nach 'Aṭā'ī war es zur Zeit der Zerstörung im Januar 1580 »seiner Vollendung nahe«; es ist kaum anzunehmen, daß die Errichtung der Sternwarte in nicht ganz einem Jahre so weit gefördert worden war, daß man sie als nahezu vollendet bezeichnen konnte.

¹⁾ Der von Crusius angeführte Gewährsmann wird öfter von Gerlach erwähnt (*Tag-Buch* 418, 421, 424, 427, 480); er war »ein Böhmischer vom Adel« (so S. 418, nicht »Römischer vom Adel«, wie S. 427 verdruckt ist) und »Hoffmeister« des Gesandten von Zinzendorf.

Im Datum der Zerstörung — 21. Januar 1580 — stimmt 'Aṭā'ī mit dem Bericht des Budowitz (oben S. 88) überein. Dahingegen besteht ein wesentlicher Widerspruch in der Beurteilung, die Taqī ed-dīn's Bestrebungen bei seinen Zeitgenossen gefunden haben.

Gerlach und Schweigger schildern ihn als Schwindler, der den Aberglauben des Sultans zu seinem persönlichen Vorteil ausbeutete und seine Sternwarte lediglich zu astrologischen Zwecken eingerichtet hätte.

'Aṭā'ī und die sonstigen türkischen Autoren schweigen von seinen Voraussagen aus den Sternen und verurteilen sein Treiben lediglich deshalb, weil sie die Erkundung der Wunder des Sternenhimmels als ein frevles Unternehmen betrachten, in die dem Menschen verschlossenen Geheimnisse der Schöpfung einzudringen, und weil ein solches Beginnen den Reichen, die es gefördert, zum Verderben gereicht hätte. Der unglückliche Verlauf des Krieges mit Persien gab ihnen scheinbar Recht, und es ist nicht ausgeschlossen, daß der Mufti Kādizāde sich dem Sultan gegenüber hierauf berufen hat, wie dies bei Schweigger angedeutet wird und auch Budowitz bei Crusius ausdrücklich sagt.

Gerlach und Schweigger geben uns offenbar die Meinung der großen Menge wieder, die in dem Astronomen lediglich den Astrologen sah. Was sie sonst über die Ausrüstung des Observatoriums mit wissenschaftlichen Instrumenten berichten, läßt uns dagegen darauf schließen, daß es sich tatsächlich um ein ernsthaftes Werk gehandelt hat. In diesem Zusammenhang verdient Beachtung, daß Taqī ed-dīn nach Schweigger bei einem »Mathematicus« in Rom seine Kunst gelernt und die Schriften des Ptolemaeus, Euklides, Proklos und anderer berühmter Astronomen mit Hilfe eines Juden studiert habe. Da Taqī ed-dīn in Cairo seine Ausbildung genossen hatte, wo die astronomischen Studien von jeher gepflegt worden waren, so hatte er allerdings nicht nötig, dazu nach Rom zu gehen ¹⁾. Was er aber im Frankenlande fand, das waren moderne Instrumente und neue Methoden, und allem Anscheine nach ging seine Absicht dahin, diese in Stambul einzuführen: nach 'Aṭā'ī erklärte er die bisherigen Methoden seiner Vorgänger für veraltet; Schweigger bezeichnet seinen Betrieb als die »neue Astronomia«. Es handelte sich also um den ersten Versuch, abendländische Wissenschaft nach dem Orient zu verpflanzen; aber die Zeit war noch nicht gekommen, und wenn er an dem Widerstande der Orthodoxie gescheitert ist, so haben wir das zu bedauern, und uns nicht mit Gerlach und Schweigger darüber aufzu-

¹⁾ Der Kürze wegen sei auf den Aufsatz von A. HAUBER, *Islam* VIII, 48 ff., und die dort angeführte Literatur verwiesen.

halten ¹⁾. Vielleicht trägt Taqī ed-dīn selber einen Teil der Schuld an dem Mißlingen seiner Pläne durch sein selbstbewußtes Auftreten gegen die angesehene Zunft der *müneddschims*; dazu mochte noch der Umstand kommen, daß er als Araber und outsider seinen Kollegen von der herrschenden Rasse nicht besonders genehm war ²⁾. Diesen Einflüssen gegenüber konnte auch das Wohlwollen des Sultans und des Hodscha Sa'd ed-dīn ihn nicht halten.

Fünfzig Jahre später beginnt die europäische Erdkunde mit ihren modernen Kartenwerken sich in Stambul einzubürgern, bis Kjätib Tschelebi sie in der zweiten Hälfte des 17. Jahrh. wissenschaftlich verwertete und dadurch ihre Rezeption in der Türkei entschied; nach weiteren 100 Jahren hielt die Buchdruckerkunst ihren Einzug in Stambul. Aber erst im 19. Jahrh. unter dem großen Reformler Mahmūd II. und seinem Nachfolger 'Abdulmedschid kam wieder die Reihe an die Astronomie und wurde eine Sternwarte nach europäischem Muster eingerichtet.

Es erübrigt noch, zu untersuchen, wo sich der Bau des Taqī ed-dīn befunden hat.

Wie wir oben S. 83 gesehen, war er nach Gerlach »ausserhalb Galata, auff einem Hügel »da des Venedischen Andreas Gritti«) Hausz

¹⁾ Etwas gerechter und richtiger urteilt Schweigger an einer andern Stelle seines Werkes, wo er auf die wissenschaftlichen Interessen des Sultans Murad III. zu reden kommt: er schreibt (S. 144):

Er war darinn lernemlich zu loben, daz er sein gröste Freud vnd kurtzweil in den Buchern suchte, sonderlich aber grossen fleis auff ihr vermeinte heilige Schrift wendete, deszgleichen auff die Historien, daz er ihm seiner Voreltern Thaten einbildete, ihrem Exempel vnd Fuszstapfen nach zu folgen, so hatte er auch grossen lust zu der Astronomia, wie er dann grosser vnkosten angewandt hat ein Spheram materialem zu zu richten, davon ich oben meldung gethan, es waren auch gelehrte Leut der irigen wol gewölbt bey ihm, sein Praeceptorem [d. i. Hodscha Sa'd ed-dīn] hatt er lieb, vnd hielt ihn in großen ehren, der ihn auch täglich in Schriften vnterrichtete, vnd gebrauchte sich seiner Rathschlag in allen wichtigen Handeln.

Hierzu erinnert mich F. BAUNGEN an die Ausgabe von »*Euclidis Elementorum geometricorum libri XIII ex traditione doctissimi Nasir-iddini Tusini, nunc primum arabice impressi*« Romae in typogr. Medicea 1594, wo am Schlusse eine Verfügung Murads III. abgedruckt ist, durch die die Verbreitung dieser Ausgabe in seinem Reiche ausdrücklich gestattet wird (s. BAUNGEN, *Stambuler Buchwesen im 18. Jahrh.* Lpz. 1919 S. 5, Anm.).

²⁾ Vgl. die Anekdote bei v. HAMMER a. a. O. IV 107 (sein großer Turban erregte das Mißfallen des Hofimams Kurdizâdê, der ihn deshalb öffentlich beschimpfte).

³⁾ Von Andrea Gritti, dem Günstlinge Sultan Solimans I. und dessen allmächtigen Großveziers İbrâhîm Pascha berichten ausführlich die gleichzeitigen Relationen der venezianischen Bâili und der kaiserlichen Abgesandten, danach v. HAMMER *GOR* Bd. 2 und ZISKREIN. Bei den Türken hieß er der *بک اوغلی* *bej oghlu*, des Prinzen (Dogen)

gestanden«, errichtet. Aus einer andern Stelle (*Tag-Buch* S. 34, Eintragung vom 20. Oktober 1573) können wir diese Örtlichkeit genau feststellen. Nach der Bestattung des Uhrmachers der Gesandtschaft auf dem Friedhofe »weit über Galata oder Pera hinaus«, besah er »ganz nahe dabey des Griten, eines venetianischen Bürgers, vor diesem prächtiges und an einem sehr lustigen Ort, gelegenes Hausz Nachden er gestorben, hat man das Hausz gar lassen abgehen, auch zum Theil eingerissen, und es niemandem zu kauffen geben wollen. Ein Türck hat 1000 Ducaten alleine für die Steine gebotten, aber sie nicht erhalten können: Zwo Staffeln oder Stiegen von schönem weiszem Marmelstein, gehen zusammen und ein weiter Saal, so schön gemahlt gewesen, ist noch vorhanden, darbey hat er ein schön Bad gehabt und ein trefflich Hausz zu seinem Frauenzimmer, darinnen jetzunder des Kaysers Hunde verwahret werden.«

Von dort kam er dann auf dem Rückwege nach Stambul zum Galata Serai, wo an 7000 'Adschemoghlan untergebracht waren.

Der Friedhof, in dessen unmittelbarer Nähe das Haus des Gritti lag, ist in den 60er Jahren des vorigen Jahrh. geräumt und an seiner Stelle der Municipalitätsgarten von Pera angelegt worden; ebenso steht die Lokalität von Galata Serai fest, und Gerlachs Angaben genügen allein, um Ahmed Refîq's Annahme zu widerlegen, daß das Observatorium sich dort erhoben habe. Es wird vielmehr am Taqsim gelegen haben, vielleicht auf dem Platze der heutigen Medschidié-Kaserne oder in dessen Nähe.

Hierzu stimmen die Angaben bei Evlijâ (oben S. 84), der unter den Spaziergängen von Top-Hâné anführt:

1. das Bassin (*hawuz*) des Ajās Pascha;

Ajās (Ajāz) Pascha heißt noch heute die Gegend jenseits des Taqsimplatzes auf dem Wege nach Dolmabahçtsche, an dem auch die Deutsche Botschaft liegt. Das »Bassin des A. P.« ist sicherlich identisch mit dem Garten dieses Großvezirs unter Soliman d. Gr.; er wird, so viel ich sehe, sonst nur noch in der Relation des Pietro Bragadino vom J. 1526 (bei Alberi, *Relazione* usw. III S., v. 3, 104) erwähnt: (Ajās Pascha) ha un bel giardino in Constantinopoli appresso dove si tien le bombarde [d. i. Top-Hâné], dove ei va spesso, vgl. ebenda 108;

2. das *Sāmsūn-hāne'* (Doggenzwinger, oder Hundskotter, wie v. HAMMER dies Worte übersetzt);

Sohn. Danach heißt noch heute die fränkische Vorstadt Pera im Türkischen *bej oghlu*. Das Haus des Gritti war offenbar als *mesch'üm* (behext) verschrien und wurde daher dem Verfall überlassen.

Gerlach sagt, daß die Hunde des Sultans in einer Dependenz des ehemals Grittischen Hauses untergebracht waren;

3. den »Brunnen des Astronomen« in der Nähe des Sâmsûn-hâné: der befand sich, wie Gerlach angibt, auf dem Platze, wo Gritti sein Haus sich gebaut hatte.

Zu Gerlach's und Evlijâ's genauen Angaben paßt die Ortsbezeichnung »auf dem Gipfel des Hügels oberhalb Top-hâné« bei 'Aṭā'i und dessen Ausschreibern.

Ganz abzuweisen ist die Angabe, daß die Sternwarte im Galata-turm sich befunden habe; sie ist dadurch entstanden, daß Taqī ed-dīn über seinem 'Brunnen' einen Turm errichtet habe.

Über zwei Punkte bin ich leider nicht in der Lage, dem Leser ausreichende Auskunft zu geben: über den Juden aus Saloniki, der dem Taqī ed-dīn bei seinen astronomischen Studien beigestanden haben soll, und über die in der Sternwarte aufgestellten Instrumente. Es ist bekannt, daß in der Judenschaft von Saloniki im 16. Jahrh. eine lebhafte geistige Bewegung geherrscht hat, und es wäre möglich, daß sich aus der jüdischen Literatur jener Zeit noch die Persönlichkeit fest stellen läßt, die an dem Werk des Taqī ed-dīn beteiligt war; dies muß ich den auf diesem Gebiete kompetenten Forschern überlassen. Astronomen von Fach gelingt es vielleicht die von Taqī ed-dīn konstruierten Instrumente aus den darüber überlieferten Angaben näher zu bestimmen. Möglicherweise ruhen sie noch an Ort und Stelle unter der Erde und ein glücklicher Zufall bringt sie einst zutage.

Nachtrag.

Herrn BABINGER verdanke ich den Hinweis auf die von PERTSCH im V. Bande der *Arabischen Handschriften der Herz. Bibliothek zu Gotha* S. 544 verzeichnete Gothaer Handschrift türk. 156, welche Bl. 6r. die Abschrift eines Erlasses des Sultans Murād III. für Taqī ed-dīn enthält; BABINGER beschaffte ein Lichtbild dieses Blattes und überließ mir die Veröffentlichung, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen besonderen Dank aussprechen möchte.

In dieser Urkunde liegt der *zi'āmet berāti*, d. i. Lebensbrief für den ägyptischen Astronomen vor.

Leider hat der Abschreiber den Schluß seiner Vorlage, der die genauere Beschreibung des Lebens enthielt, weggelassen; ihn interessierte wohl hauptsächlich der mit allen Blumen orientalischer Rhetorik ausgeschmückte Eingang der Urkunde; hätte er uns wenigstens

das Datum überliefert! Außerdem ist die Abschrift durch eine Menge Fehler verunstaltet: gleich zu Anfang, im sog. *nischān*, fehlen mehrere Wörter (vgl. die vollständigen Beispiele bei v. KRAELITZ, *Osmanische Urkunden in türk. Sprache*, S. 26), و und die *İzāfe* werden wiederholt verwechselt (z. B. Z. 3: بالنعون والربنى) und an sonstigen Verschreibungen mangelt es auch nicht. In der Übersetzung habe ich versucht, einzelnes zu bessern; anderes ist in der Umschreibung angemerkt worden; die Lesung ist sicher; durch beige gesetzte Fragezeichen habe ich Wörter bezeichnet, die ich nicht zu deuten oder zu verbessern vermochte.

Der Konzipient des Berät zeigt seine Kunst darin, daß er mit Rücksicht auf den Beliehenen, mit Vorliebe astronomische Fachausdrücke und Vergleiche verwendet; ähnlich wie Nerkesī in der *Vaqfiye* der Hamzabey-Moschee in Salonik mit seiner Phraseologie auf den Stand des Stifters, der ein wohlhabender Kaufmann war, anspielt. Es war nicht immer möglich diese Ausdrücke in der Übertragung adäquat wiederzugeben.

مرحوم ومغفور له سلطان مرآة خان عليه الرحمة والغفران حضرتلرينك ايدى
 رصد پيدا ايدن تقى الدين حضرتلرينك براتى صورتلرينك ايدى نشان شريف
 عاليشاتي ومكان طغراى غراى جېانستان ختاتى نفذ بالنعون والربنى
 والمن المنانى ايدى حكى اولدركه چون اشعه صيت مكرمتم وبارقه علو
 حتم حجاب سحاب ارتيابدن مانند خورشيد ايدى رشيد نيزى وكوكب
 مستنير شيب تارى عامده خلق عالم وكائده بنى آلم واضح وييدا
 ولايه هويدا ايدى اولمشدر بناء على هذا ارتفاع افتاب شرع وسنت واجمع
 امت اداء فرايى ربانى ايچون ايدى ضبط اوقات وساعات اعم ميمندن اولوب
 سوابق ايامده وسوائف ازمانده كلان فضلاء متقدمين ايدى وحكماء متبحرينك
 ايازيج (?) نيله الى يومنا هذا استخراج تقاديم (تقاويم I. so!) اولوب رصد
 جديد امر بعيد فتم ايدى اولمغله بنم زمان سلطنت اترانده كلنجده اجداد
 عظامندن بر پادشاهه مقرر وبر شهنشاهه ايدى ميسر اولميوپ نكن بدايع
 (?) بدايع اوقات وساعات وواضع مواضع دقيق ودرجات جلت ايدى حكمته وعلت
 قدرته طلعت خورشيد جېانتاب روز افزونى مشرق صبح وعدالتدن (?)
 ايدى ساطع وكوكبه كواكب ابدى الظهور خلافت هميونى افق سعادتدن
 طالع قلوب التذات ايدى خاطر افتاب مائر شاعتم جمله عالمه ضياكستر

واضواء لمعات ضمير منير خورشید تنوير¹⁴ پادشاهنم زمزمه بنی آدمی مشرف
 ومنور ایلشدر فلذک قونید سناجده ارکلی¹⁵ ناحیهسندده اشبور غرق
 التی بیک اقچید زعامت متوفی محمد تحویلندن محلول در دیور بولندن
 16 اقدم یوز آلی اقچید ایلده رشید قضیسی ایکن روم ایلنده یتیش
 بیک اقچید زعامته امر شریف ویریلوب 17 هنوز میسر اولمیدن قدوة الامرجد
 اسمیه اصحاب البیئة والنجم زبده ارباب 18 الحکمة والتقویم عرف معارف
 احکام منزل وشمس وقرن واقف مواقف نقوش حقائق⁽²⁾ 19 بروج اتنی
 عشر کاشف مکشف سعد ونجم راصد مراصد صبح واصل المختص بعنیت
 20 الملك الزوف تقی الدین ابن معروف زید توفیقهدک علم نجموده منبرقی
 اولوب رصد خدمتده اولمق اوزره 21 کندوبه ویرلک ببنده عنایت رجا
 ایلمکن اول حکم انوب محلول لی⁽²⁾ نقصتی تکمیل اولمق اوزره توجیه
 ایدهسن 22 دیو قرمن بکلریکسند حکم شریف ویرلکدنسکره تذکرهسنی
 باب سعادتندن اخراج اولمق ثنائیم اولمغین زعامت 23 متوفی محمد
 تحویلندن بولکندن⁽²⁾ یکرمی لرت بیک اقچید نقصانلده بر وجه تکمیل
 یتیش بیک اقچید اوزره توجیه اولنوب 24 سده سعادتندن لایق کوروب
 ویردم که ذکر اونور تمت برات تقی الدین

Übertragung.

(1) Abschrift des Beräts (Diploms) des seligen usw. Sultan Murad (folgt die Eulogie) (2) für den Begründer der astronomischen Beobachtung Taqī ed-dīn. (3) Dieses ist der Befehl des Allerhöchsten usw. Handzeichens und der kaiserlichen usw. Tuğra: (4) indem der Glanz meiner ruhmvollen Gnade und der Wetterstrahl meiner Hochherzigkeit aus dem Wolkenschleier dunklen Zweifels gleich der tageshellen Sonne und dem Meteorfeuer des funkelnden Sternes über alle Geschöpfe der Welt und die gesamte Menschheit leuchtet (6) und nachdem zur Förderung des heiligen Gesetzes und Brauches und der Einigkeit der Gemeinde sowie im Interesse der Befolgung der göttlichen Gebote (7) die Feststellung der Zeiten und Stunden von der größten Wichtigkeit ist, andererseits jedoch in den vergangenen Zeiten selbst die hervorragendsten Gelehrten (8) und die gründlichsten Weisen bis auf den heutigen Tag nur mit Hilfe astronomischer Tafeln die Kalenderdaten berechneten, während die neue Methode astronomischer

Beobachtung dem Verständnis entrückt blieb, (9) nun aber, was bis auf die Zeit meiner Regierung keinem Herrscher unter meinen glorreichen Ahnen beschieden war, (10) der Schöpfer der Zeiten und Stunden und Ordner der Minuten und Grade (folgt Eulogie) (11) die weiterwärmende Sonne meiner langwährenden Herrschaft strahlender als die Morgenröte gemacht (12) und die Pracht der ewigen Sterne meines Chalifats über dem Horizonte des Glückes hat aufgehen lassen (13 f.), so daß der Glanz Meiner Huld über die ganze Welt sich verbreitet und die Strahlen von meinem der Sonne gleich leuchtenden Sinn über alle Menschen scheinen, so habe Ich denn (20) auf die Bitte des (16 f.) Vorbildes der Edlen, des Musters der Astronomen und Sternkundigen, des Ausbundes der Weltweisen und Chronologen, des Ergründers der Gesetze der Stationen von Sonne und Mond, des Erforschers der Standorte (18) der zwölf Bilder des Tierkreises, des Deuters der Vorzeichen von Glück und Unglück, des Beobachters der Zeitwarten von Morgen und Abend, der da ausgezeichnet ist durch die Gnade (19) des Herren, des Allgütigen, Taqī ed-dīn, Sohn des Ma'rūf — möge sein Erfolg sich mehren! —, (16 f.) welchem vorher, da er Kādī von Raschīd (Rosette) mit 150 *aqtsche* Gehalt war, auf kaiserlichen Befehl ein Lehen von 70 000 *aqtsche* in Rumelien angewiesen war, das er aber bisher nicht erhalten hat, (14 f.) ihm das vorliegende, im Sandjaq Konia, Nahije Eregli belegene Lehen von 46 000 *aqtsche*, das, wie er angibt, nach dem Ableben des Inhabers, Namens Mehmed, vakant geworden ist, zu verleihen, damit er auf Grund seiner Erfahrung in der Sternkunde, zu astronomischen Beobachtungen angestellt werde, durch Erlaß an den Beilerbey von Karaman angeordnet, ihn (den Taqī ed-dīn), wie schon vorher verfügt, vorbehaltlich der Ergänzung des Fehlbetrages, in das vakante Lehen einzuweisen und weiter befohlen das dazu gehörige *tekkere* in meiner Residenz auszufertigen. Dementsprechend ist ihm das vakante Lehen des verstorbenen Mehmed, zuzüglich des noch zu ergänzenden Fehlbetrages von 24 000 *aqtsche*, im ganzen 70 000 *aqtsche*, angewiesen, und Ich befinde es für recht, ihm dies zu verleihen, wie es hier beschrieben wird. Ende des Berät des Taqī ed-dīn.

Diese offizielle Urkunde bestätigt in erfreulicher Weise die Nachrichten der osmanischen Quellen über Taqī ed-dīn: der Sultan rechnet es sich als besonderes Verdienst an, die »neue Astronomie« eingeführt zu haben, welche es ermöglicht, die für den Kultus so wichtigen Daten und Zeiten genau festzustellen; sie steht also nicht im Widerspruch mit den Grundsätzen des mohammedanischen *Scher'*, im Gegenteil, sie dient dazu, die Erfüllung der religiösen Pflichten zu

erleichtern, indem sie die Zweifel (daher wohl das Bild Z. 4) über die richtige Bestimmung der Fastenzeiten, der Gebetstunden usw. beseitigt. Allerdings ist auch von Astrologie die Rede: Z. 19 wird Taqī ed-dīn als der Enthüller der guten und schlechten Vorzeichen gerühmt; das ist eine Konzession an den herrschenden Glauben jener Zeit — auch im Abendlande — und T. ed-dīn war ja nebenbei *mūnaddjīm baschī* und als solcher verpflichtet, auch in seinen verbesserten Kalendarern die Tage und Stunden anzumerken, die für die Vornahme gewisser Handlungen günstig oder ungünstig waren.

Sein Amt als Kādī von Rosette (Z. 16) hat er wohl nicht persönlich verwaltet, wie auch der Ausdruck der *Schaqā'iq*, daß er unter die ägyptischen Richter eingereiht wurde, anzudeuten scheint. Mit Verleihung des *si'āmet's* von 70 000 Aspern (= ca. 1500 Dukaten) dürfte diese *Sinecure* ein Ende gefunden haben. Anscheinend hat er längere Zeit warten müssen, ehe er in den Genuß des Lehens trat: in Rumelien, wo es ihm zuerst angewiesen war, gab es zunächst kein vakantes Lehen, und so mußte er sich vorläufig mit einem solchen in Anatolien, und dazu mit einem minderwertigen, begnügen.

Über den jüdischen Astrologen, mit dessen Hilfe T. ed-dīn seine neue Sternwarte einrichtete, schreibt mir Dr. BABINGER:

„Herr Dr. PORGES [in Würzburg] erklärt, daß nur Daniel Perachja hakohen in Betracht kommt: er hat das wichtige astronomische Werk des Josef b. Schemtob (auch Josef Vecinho, Jose de Vinseu genannt) *שארית יוסף* *sche'erith Josef*, in Salonik 1568 in zweiter Auflage herausgegeben, und war ein berühmter Sternkundiger; vgl. STEINSCHNEIDER, *Catalogus libr. Hebr. in bibl. Bodl.* S. 1527.“

Endlich trage ich noch nach, daß aus CH. SCHEFERS Nachlaß eine Handschrift des Taqī ed-dīn in die Bibliothèque nationale gelangt ist, die von BLOCHET, *Catalogue de la collection de manuscrits Orientaux . . . formée par Mr. CHARLES SCHEFER*. Paris 1900, S. 185, wie folgt beschrieben wird:

Nr. 1126 *رسالة رمضان في تأليف مولانا تقي الدين* *Traité d'astro- nomie de Taki ed-dīn*, avec des figures.

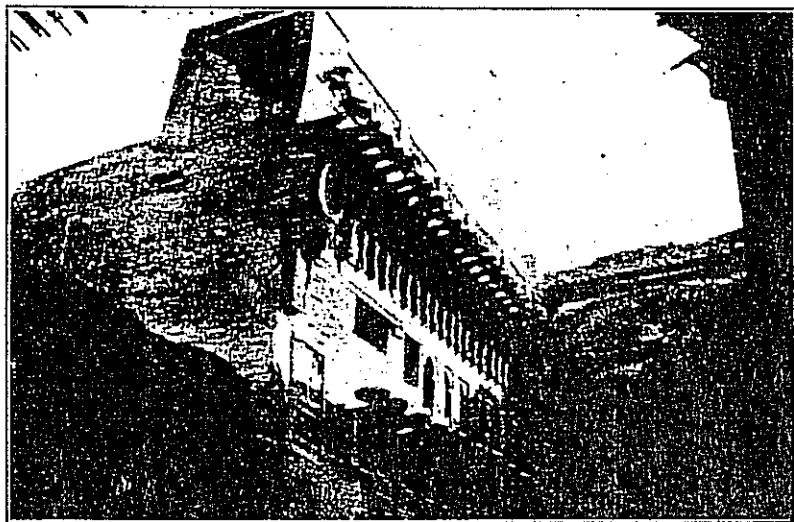
Suivant une notice écrite au recto du premier feuillet *الات الرصدية لأتية الشينشاعية*, ces dessins sont empruntés aux « Tables impériales ». Cet ouvrage a été composé pour le douzième sultan de la dynastie d'Osman, Mourad III, fils de Selim II, fils de Soliman. XVII siècle. 15 feuillets.

Anscheinend Unikum und von der Hand des Vfs.; die Handschrift verdiente näher untersucht zu werden; denn sie enthält vielleicht die Beschreibung der von Taqī ed-dīn in seinem Observatorium aufgestellten Instrumente.

LA MAISON AUX TREIZE COUPES A FEZ

Lorsqu'en partant de la porte des Français (1), qui sépare Fez-el-Bâli du quartier de Bou-Jeloûd, on se dirige vers la rue de Tala, on arrive au haut de cette artère étroite, mais importante du vieux Fez, qui doit son nom à sa pente rapide (2). En descendant cette rue, immédiatement après avoir traversé un passage voûté, comme il s'en trouve fréquemment dans la vieille cité, on remarque à gauche une antique demeure à étages d'un aspect très frappant et qui est désignée à Fez même sous le nom de maison aux treize vases.

Au premier étage de cet ancien édifice, qui date du XII^e siècle, on voit une rangée de treize consoles fixées dans le mur et qui supportent treize vases en bronze, ayant exactement la forme de grandes coupes au bord peu relevé, comme on en peut en juger par la planche ci-jointe, qui a été faite d'après une photographie que j'ai prise en août 1914.



LA MAISON AUX TREIZE COUPES A FEZ

(1) Cette porte est ainsi nommée, parce qu'elle a été construite par les Français ; on l'appelle aussi porte neuve du Mèzlès, ou porte municipale, le Mèzlès étant, sous l'administration française, le conseil municipal de Fez.

(2) Le nom de Tala vient du verbe arabe *tala* a qui signifie gravir, monter. Le Tala, c'est la rue qui monte.

La photographie a été très difficile à prendre. La maison se trouvant exactement à l'issue de la partie voûtée de la rue, l'opérateur doit se placer à l'ouverture même du passage, mais sous la voûte, et braquer à gauche l'appareil sans avoir un éloignement suffisant ; de là les imperfections de l'image.

La maison passe pour avoir été, au Moyen Age, celle du célèbre rabbin Maïmonide (1) né à Cordoue en 1135 et qui résida à Fez un temps assez long. On sait que Moïse ben Maïmoun, qui écrivit en arabe, s'est illustré par ses travaux sur la Michnâh et le Talmud ; il fut aussi le grand vulgarisateur en Israël de la philosophie d'Averroes.

On n'a pu me donner à Fez aucune explication satisfaisante de la signification de ces treize coupes et je suis parti de cette ville en considérant comme une véritable énigme à déchiffrer la solution de ce problème d'archéologie.

Il est vrai de dire qu'on a émis l'hypothèse que ces treize coupes mystérieuses représenteraient une horloge d'un caractère tout-à-fait extraordinaire. Dans un article très intéressant de M. A. Péretié sur les Médersas de Fez (2), nous lisons en effet : « A main gauche de Talaa, en face de la Medrasa (Bou Inania), se trouve le grand mtaher, endroit pour les ablutions. Sur la façade de ce mtaher on remarque, à cinq ou six mètres de hauteur, plusieurs disques d'environ cinquante centimètres de diamètre et ressemblant à de grands plats creux.

« On raconte qu'il y a de longues années, des aiguilles se trouvaient dans ces assiettes, qui auraient été des cadrans d'horloge. Les pendules étaient mises en mouvement par un magicien au moyen d'un raad (3), c'est-à-dire qu'il réglait sans doute les pendules par des observations astronomiques. Un magicien juif, dont le pouvoir était supérieur à l'autre (c'est toujours la légende qui parle) détruisit l'influence du raad et depuis ce temps, les horloges du mtaher de la Medrasa Bou Inania ne marchent plus. »

(1) La rue de Tala se trouve dans la ville musulmane. Au XII^e siècle, à l'époque où Maïmonide a pu habiter la maison aux treize vases, le Mellah (quartier juif) n'existait pas encore à Fez. Lorsqu'au XIII^e siècle la dynastie des Mérinides créa le Mellah, de nombreux juifs, pour n'être pas obligés d'abandonner leurs demeures de Fez Bâli, embrassèrent l'Islam. Il n'est pas rare aujourd'hui de voir à Fez Bâli, en particulier chez les grands commerçants musulmans, des Fâçis qui ont conservé le type juif, très frappant encore.

(2) Archives marocaines, vol. XVIII p. 282, Paris, 1912.

(3) Ce mot signifie « observation », dans l'acception générale du mot.

On remarquera que dans la légende rapportée il est question d'un magicien juif d'une grande autorité. Est-ce un souvenir confus du célèbre rabbin Maïmonide, qui a habité la maison au XII^e siècle ?

Enchérissant sur la légende, que M. Péretié mentionne avec toutes les réserves voulues, l'auteur du « Guide bleu du Maroc », paru en 1921 (1), ne craint pas d'écrire :

« L'horloge de la Bou Anania compte 13 grands timbres de bronze encore existants et reposant sur des consoles. Au-dessus de ces timbres s'étend un décor mural de plâtre et de bois sculpté où s'alignent 13 petites fenêtres portant encore quelques traces (?) d'organes de transmission. On ne sait rien de précis sur le fonctionnement de cette curieuse machine qui date de 1357. »

Il est à noter qu'il n'y a aucune correspondance entre les fenêtres, de formes diverses, du haut de la maison (voir la photographie), ni entre les ornements en bois qu'on remarque sur la photographie et qui sont en plus grand nombre que treize et les treize coupes.

La date de 1357 (la Médersa Bou Inania a été construite postérieurement au 21 juin 1351) attribuée à l'établissement de cette prétendue horloge est aussi hypothétique que l'affirmation qu'il s'agit d'une horloge.

En fait, il s'agirait non d'une horloge unique mais, d'après la légende, d'une série d'appareils à mesurer le temps, au nombre de treize.

Pourquoi treize cadrans, à supposer qu'il s'agisse de cadrans ? Autant d'énigmes, autant d'obscurités insolubles. Le fait qu'une rue voisine, longeant le mtaher et débouchant dans l'artère de Tala, porte actuellement le nom de « rue de l'horloge » (Derb el-Magâna) n'apporte aucun éclaircissement sur la question posée, car nous ignorons à quelle époque la rue a été ainsi nommée. Il est possible en effet que ce soit la légende qui ait fait donner à la rue le nom qu'elle porte.

La solution que nous proposons de l'origine et de la signification des treize coupes est tout autre que celle que nous venons d'exposer ; elle se fonde sur la tradition en vertu de laquelle l'édifice aux treize vases a été, au XII^e siècle, la maison de Maïmonide.

Et nous reportant à l'œuvre de l'illustre rabbin et en considérant le rôle de premier ordre qu'il a rempli dans les recherches qu'il a faites sur les écrits talmudiques, nous sommes arrivé à penser que les treize

(1) p. 253, Paris, Hachette.

coupes, qui donnaient à sa demeure un caractère si original, avaient une valeur symbolique et qu'elles représentaient les treize règles de l'herméneutique rabbinique.

Ces treize règles sont célèbres dans la théologie juive du Moyen-Age ; on les appelait en hébreu *Middôt* (mesures) et on interprétait ce terme « modes ou méthode d'exégèse » (1). On en faisait remonter la première formule au fameux rabbin Ismaël, contemporain du R. Tarphôn et du R. Atiba, qui tous trois appartenaient à la troisième génération (V-180-160 après J.-C.) des Tanna'im (2) dont la première comptait les deux écoles illustres de Hillel et de Chammaï, qui ont vécu au dernier siècle avant l'ère chrétienne.

C'est ainsi que, d'après l'hypothèse que nous proposons, serait résolue l'énigme de la maison aux treize vases. Comme on peut le remarquer, cette solution rend seule compte du nombre treize et résoud ainsi la difficulté la plus grande peut-être du problème.

Edouard MONTET.

Professeur à l'Université de Genève.

(1) On trouvera l'exposé très complet de ces treize règles dans F. Weber, *Jüdische Theologie auf Grund des Talmud und verwandter Schriften*, 2^e Aufl. Leipzig, 1897, p. 100 ss.

(2) Sur les Tanna'im voyez H. L. Strack, *Einleitung in den Talmud*, Leipzig 1908, p. 84 ss. Le Tannâ' (de l'hébreu rabbinique *tannâ'* raconter, enseigner) est le maître, le professeur, très souvent l'auteur d'une *mišnâh* ou de la *Michnâh*. Voy. J. Levy *Neuhebraisches und chaldaisches Wörterbuch*, t. IV, p. 654 s., Leipzig, 1876.

L'Horloge de la Médersa Bou-Anania de Fès

Dans le *Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord*, n° 94, 2^e trimestre 1923, p. 182 à 185), M. Edouard Montet, Professeur à l'Université de Genève, publie un article qu'il intitule : « La Maison aux Treize coupes à Fès ».

M. E. Montet donne, de la façade de cet immeuble, une photographie qu'il prit en août 1914. Il rappelle que la maison passe pour avoir été, au moyen-âge, celle du célèbre rabbin Maïmonide (XII^e s.). Il déclare qu'on ne put alors lui donner aucune explication satisfaisante de la signification des treize coupes de la façade et qu'il partit « en considérant comme une véritable énigme à déchiffrer la solution de ce problème d'archéologie ».

Il fait mention de l'article de M. A. Péretié (Archives marocaines, vol. XVIII, p. 282), qui rapporte que les vases auraient appartenu à une horloge mise en mouvement par un magicien et arrêtée, selon la légende, par un magicien juif d'un pouvoir supérieur à l'autre.

Et il ajoute : « Enchérisant sur la légende, que M. Péretié mentionne avec toutes réserves voulues, l'auteur du « Guide bleu du Maroc » paru en 1921 (p. 253, Paris, Hachette) ne craint pas d'écrire :

« L'horloge de la *Bou Anania* compte 13 grands timbres de « bronze encore existants et reposant sur des consoles. Au-dessus de « ces timbres s'étend un décor mural de plâtre et de bois sculpté où « s'alignent 13 petites fenêtres portant encore quelques traces (?sic) « d'organes de transmission. On ne sait rien de précis sur le fonctionnement de cette curieuse machine, qui date de 1357. »

« Il est à noter, continue M. Montet à la suite de cette citation, qu'il n'y a aucune correspondance entre les fenêtres, de formes diverses, du haut de la maison (voir la photographie), ni entre les ornements en bois qu'on remarque sur la photographie et qui sont en plus grand nombre que treize et les treize coupes. »

M. Montet dit encore : 1^o que la date 1357, attribuée à l'établissement de cette prétendue horloge, est aussi hypothétique que l'affirmation qu'il s'agit d'une horloge ; 2^o qu'en fait, il s'agirait non d'une horloge unique, mais, d'après la légende, d'une série d'appareils à mesurer le temps, au nombre de treize ; 3^o que la dénomination de « rue de l'horloge » (Derb el Magâna) donnée à la ruelle qui longe l'édi-

fice à l'ouest n'apporte aucun éclaircissement sur la question posée. S'appuyant sur la tradition en vertu de laquelle l'édifice aux « treize vases » a été, au XII^e siècle, la maison du Maïmonide, et se rapportant à l'œuvre de l'illustre rabbin, M. Montet est arrivé à penser que les treize coupes « avaient une valeur symbolique et qu'elles représentaient les treize règles de l'herméneutique rabbinique ».

Mis en cause, à titre d'auteur du *Guide Bleu du Maroc*, je ne puis laisser s'accréditer chez les nombreux lecteurs du *Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord*, l'idée que le *Guide Bleu du Maroc* (Hachette) a été établi à la légère.

Je m'explique. Tout d'abord, on ne connaît pas à Fès la dénomination spéciale de « Maison aux treize coupes ». La rumeur publique, qu'elle soit peu ou prou lettrée, ou illettrée, désigne l'édifice sous le nom de *mâgâna*, horloge, ou de son pluriel *mouâguene*, qui s'applique plutôt aux timbres. *Derb el Mâgâna*, rue de l'horloge, est bien le terme qui désigne l'impasse perpendiculaire à l'artère dite Tâlâ. Mais cette impasse longe la face latérale ouest du monument et non le mtaher extérieur de la Médersa Bou Anania, comme le dit M. Montet, car le monument est compris entre ce mtaher et l'impasse. Mais ce n'est là qu'une erreur insignifiante.

Comment fonctionnait l'horloge ? Les habitants de Fès n'en savent rien. Depuis quand ne fonctionne t-elle plus ? Il y a très longtemps, répondent-ils. Et quelques-uns rapportent la légende notée par M. Péretié, ou en donnent la variante suivante : Les timbres sonnaient très fort, en faisant un grand bruit. Un jour, une juive, qui était enceinte, passait par là pour la première fois : lorsqu'elle arriva à hauteur de l'horloge, le carillon se fit entendre soudain. La femme, surprise, prit peur. Elle avorta. C'était la femme d'un *hakim*, docteur et sorcier juif, qui se vengea en exorcisant la machine. Celle-ci n'a jamais plus fonctionné depuis. Nous sommes en pleine légende.

Interrogés à ce sujet, les Juifs du mellah de Fès déclarent que la *mâgâna* occupe l'emplacement de l'habitation de Sidi Mimoun, le Maïmonide dont parle M. Montet. Les mânes de Sidi Mimoun sont encore visité par certaines juives de Fès, qui, ainsi que je le mentionne dans mon *Guide*, sont désireuses de devenir mères. On peut voir, dans des renforcements d'une chambre du premier étage, séparée de la façade de l'horloge par un couloir, des traces de noir de fumée et de cierges brûlés par les visiteuses.

La légende et la tradition s'accordent donc à situer, exactement au même endroit, et la maison du Maïmonide, qui vivait au XII^e s. et l'horloge construite à une date postérieure. Il n'y a à cela rien d'éton-

nant, puisque ce n'est que dans la seconde moitié du XIII^e siècle que les Juifs de Fès El Bali durent quitter la ville pour se rendre au mellah construit à Fès El Jedid. Mais, ainsi qu'on va le voir, il s'agit de deux faits distincts, séparés l'un de l'autre par un certain laps de temps et qui ne peuvent être confondus.

Guidé par la tradition et la légende, j'ai observé le monument dès 1915. Celui-ci, d'après l'ordonnance décorative de sa façade, se place au milieu du XIV^e siècle. Ses ornements de plâtre, son auvent sur consoles de bois sculpté appartiennent, sans discussion possible, au style de la médersa Bou Anania qui date, ainsi qu'en témoigne l'inscription de fondation, de 751 à 756 h. (1350 à 1355 J.-C.).

J'ai ensuite recherché, dans les pièces supposées affectées à l'horloge, des traces d'un mécanisme quelconque ; je n'ai rien trouvé, si ce n'est un plan très particulier, tout à fait étranger aux locaux d'habitation habituels (fig. 1). Une chambre principale, M, relativement vaste, de 9 mètres de long et de 4 mètres de large, s'ouvre sur le couloir H de l'horloge, large de 1 mètre, par trois baies, puis une pièce latérale L, donnant sur un recoin surmonté de deux voûtes V, V, percées chacune d'une sorte de cheminée. La chambre principale L, sorte d'entresol, donne sur une cour intérieure sans portiques. Le couloir, H, est surélevé de près de 3 mètres ; son parquet correspond au niveau extérieur des timbres. Ses fenêtres, régulièrement espacées, donnent sur la rue Tâlâ ; des poutres espacées, sans plancher, la traversent à mi-hauteur au niveau des grandes consoles de l'auvent. On y monte pour atteindre le niveau des petites fenêtres, autrefois abritées par l'auvent. Ces dernières fenêtres, masquées par l'auvent, ne pouvaient donner de lumière et devaient par conséquent être consacrées à un autre usage. Mais six lucarnes, dont trois de 30 cm. sur 40 et trois autres de 12 cm. 5 sur 40, éclairaient le couloir vers les combles.

Des indices certains m'ont cependant fait découvrir que le terme *Mâgâna* horloge, pouvait être laissé au monument, car la correspondance est réelle entre les fenêtres, de diverses formes, qui s'étagent sur la façade. Cette correspondance se poursuit entre les timbres et les ornements en bois (consoles) qui supportent l'auvent.

Le croquis ci-joint (fig. 2) en est la preuve indiscutable. Il figure une fraction verticale de la façade, avec, à partir du bas :

1^o Une rangée horizontale de timbres, T, de 45 cm. de diamètre, posés sur consolettes, 1^{re} ;

2^o Une rangée horizontale de fenêtres F, de 58 cm. d'ouverture sur 75 cm. de hauteur ;

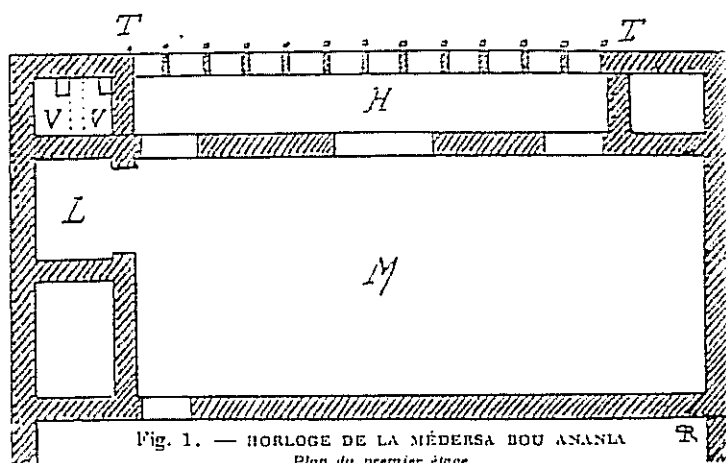


Fig. 1. — HORLOGE DE LA MÉDESA DOU ANANIA
Plan du premier étage

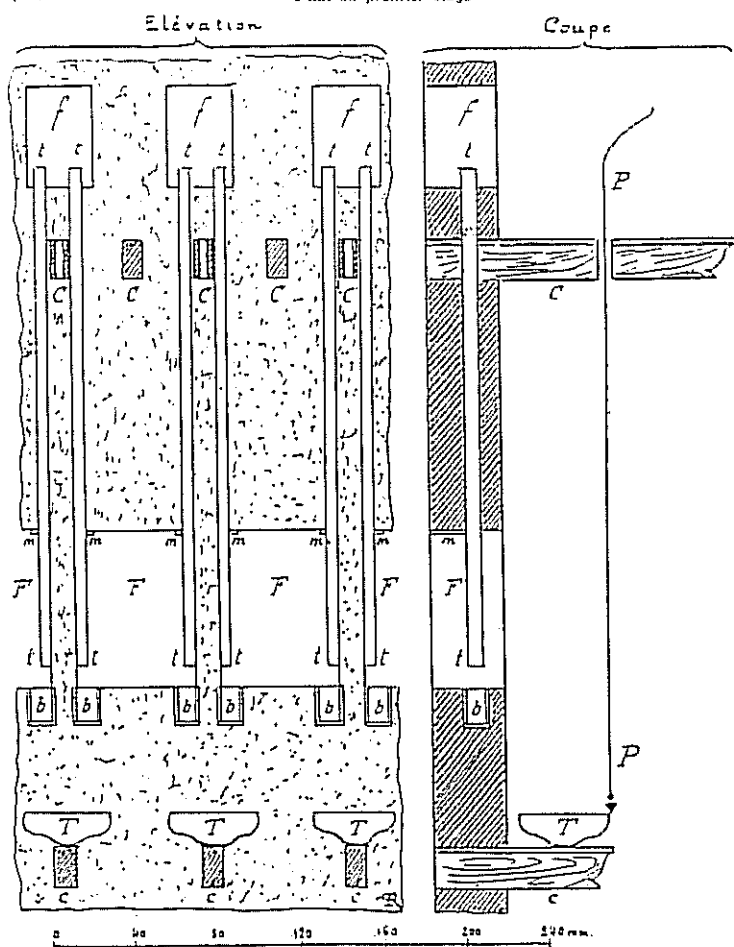


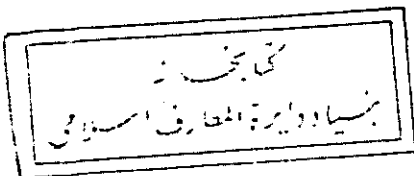
Fig. 2. — HORLOGE DE LA MÉDESA DE DOU ANANIA
Elevation et coupe des étages des fenêtres

3^o Une rangée horizontale de grandes consoles C, à raison de deux consoles par fenêtre correspondante, destinées à supporter l'auvent aujourd'hui délabré et à assurer, à raison d'une sur deux, ainsi qu'on va le voir, un rôle mécanique ;

4^o Une rangée horizontale de fenêtres plus petites que les précédentes /, de 32 cm. d'ouverture sur 50 cm. de haut. Je ne tiens pas compte des six fenêtres inégales supérieures qui, sans doute, ne servaient qu'à l'éclairage.

La correspondance des deux étages de fenêtres est clairement établie. Des tubes quadrangulaires *t*, faits de lattes en bois de 1 cm. d'épaisseur, naissent à quelque distance du seuil des fenêtres, ils longent les montants de ces fenêtres, pénètrent dans le mur pour émerger du seuil des baies de l'étage supérieur. On remarquera que la paire de tubes, appliquée de part et d'autre d'un montant d'une fenêtre du bas ressort du seuil d'une même fenêtre du haut. A quoi servaient ces tubes ? De passages à de l'air, à de l'eau ou à un cordage ? Je ne saurais répondre. Dans le seuil des fenêtres du bas est enfin scellée, au-dessous de chaque départ de tube, une boîte carrée, en bois, *b*, de 10 cm. de section et de 18 cm. de profondeur, d'un calibre uniforme. A l'intérieur plus de traces d'attaches, s'il y en eût jamais. Les fenêtres inférieures devaient se fermer au moyen de volets : dans les angles supérieurs, droite et gauche, on voit encore de petites plaques percées de trous, enfoncées dans des tasseaux, *m*, sur lesquels pouvaient s'articuler de minuscules vantaux. D'autre part, les grandes consoles de l'auvent C, à raison d'une sur deux et de celles qui se trouvent sur l'axe vertical des fenêtres du haut, sont percées d'un trou vertical fretté par lequel j'ai eu la curiosité de faire passer un fil à plomb, PP. A mon grand émerveillement, le plomb a heurté le rebord externe du timbre correspondant en le faisant sonner. Le son, certes, n'a rien d'argentin : les vénérables timbres sont oxydés et à demi-remplis de poussière accumulée et peu propres à provoquer par leur choc des accidents du genre de celui de la légende ! mais il était très net et si parfaitement perçu que les passants, toujours nombreux en cet endroit, levèrent tous la tête. De là à supposer que les organes de communication, de transmission, émanant des fenêtres du haut venaient, sous l'auvent protecteur, passer dans les trous des consoles pour tomber perpendiculairement, par la simple force de la pesanteur, et frapper le rebord externe des timbres, il n'y a qu'un pas.

Toutes raisons pour lesquelles je n'hésitais pas, dès 1916-17, époque où je préparais la première édition du *Guide Bleu du Maroc*, parue fin 1918, à qualifier d'*horloge* le monument en question, à le



dater du XIV^e siècle, et à dire que ses fenêtres portaient des organes de transmission.

Si mes observations personnelles avaient pu me tromper, d'autres études aussi importantes qu'autorisées, auraient dissipé mes derniers doutes. Et c'est ici, vraiment, que ma surprise est grande. Comment en effet admettre que M. E. Montet, Professeur à l'Université de Genève, qui s'est fait un nom dans les questions islamiques, qui exerce dans la patrie du célèbre arabisant Max Van Berchem, aussi regretté qu'il fut savant, puisse ignorer des travaux de tout premier ordre sur une question qui l'intéresse ?

On ne peut faire grief à M. E. Montet de ne pas connaître l'Album du Commandant Laribe (1917) auquel une préface et des légendes de M. Alfred Bel, Directeur de la Médersa de Tlemcen, donnent une portée qui dépasse considérablement son titre. Mais il devrait être informé de la longue série d'articles publiés, de 1917 à 1919, toujours par M. Bel, dans le « Journal asiatique » sur les *Inscriptions de Fès* et réunis, il y a quatre ans déjà, en un volume qui est un modèle du genre. La chapitre consacré à la médersa Bou Anania est décisif. J'y renvoie les lecteurs, p. 275 et suivantes et pour la photographie, qui est très supérieure à celle de M. Montet et pour l'hypothèse du fonctionnement de la machine, enfin pour la date de construction (758 H. 1357 J.-C.) reproduite dans l'édition incriminée (2^o) du « Gui de bleu du Maroc » (1920).

Cette fois, ce n'est plus la légende qui parle, ni même la tradition : c'est la chronique (p. 276 et 277) :

« Le texte le plus complet que j'aie trouvé pour me renseigner sur cette horloge, dit M. Bel, est un court passage du *Kitābu Zahratī L — As fi bināi madīnati Fas*. En voici la traduction d'après la copie manuscrite que je possède de ce livre :

« Abū Inān — qu'Allah lui accorde sa miséricorde ! — fit construire une *majāna* (sic) avec des coupes et des écuelles (des timbres) de bronze. Elle se trouvait en face de sa médersa récente située au Sūq El Qasr de Fès. Pour marquer chaque heure, un poids tombait dans une des coupes et une fenêtre s'ouvrait.

« Cela (fut construit) dans les derniers jours de la médersa, le 14 jūmāda 1^{er} de l'an 758 (6 mai 1357), par les soins du *muLaqqil* du roi, Abū-l-Hasan Ali Ben Ahmed Et-Tilimsāni, le *mu'addil* (l'homme versé dans la science de la détermination des moments astronomiques) ».

« La date donnée ici a son importance, ajoute M. Bel, car elle nous montre que ce bâtiment de l'horloge ne fut construit que postérieure-

ment au corps principal des bâtiments de la médersa et au grand Dâr El-Udû, achevés en 756. Il semble bien au surplus que pour ces détails on puisse ajouter foi aux dires de cet auteur qui vivait à Fès sous les Mérinides successeurs d'Abû Inân ».

M. A. Bel note encore que ce passage a été copié ou abrégé par quelques autres chroniqueurs musulmans postérieurs, dans la *Jadwat-uligtibds* et *El-Lisânu-L-mo'rib an tohfati-L-mu'ammariin haula-L-Magrib*.

J'ajouterai que la *Zahrat El As* d'Abou-I-Hasan Ali El Djaznâi vient d'être publiée en entier, texte arabe et traduction annotée par M. Bel (Alger, Carboneil, 1923) qu'on y retrouve le passage ci-dessus reproduit (p. 96), ainsi que des considérations fort curieuses et suggestives sur deux autres horloges de la grande mosquée El Qarouiyine (p. 91 à 96), construites en 685 et 717 H. (1286 et 1317 J.C.) et dont l'une d'elles, la dernière, pourrait peut-être avoir quelques points communs avec celles de la Bou Anania.

Au dire de quelques indigènes de Fès, son armature en bois, avec ses treize fenêtres, existerait encore.

Je m'arrête. Les lecteurs sont maintenant à même d'apprécier ce que valent, les critiques de M. E. Montet en ce qui concerne l'explication donnée par le *Guide Bleu du Maroc*. Quant à l'hypothèse de la représentation symbolique des treize règles de l'herméneutique juive, je m'abstiens de la critiquer et de la juger.

Prosper RICARD,

*Membre correspondant du Ministère
de l'Instruction publique.*

HEIDELBERGER AKTEN DER



VON-PORTHEIM - STIFTUNG

13.

ARBEITEN AUS DEM INSTITUT FÜR GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFT

III.

EIN ASTROLAB
AUS DEM
INDISCHEN MOGULREICHE

VON

JOSEF FRANK
UND
MAX MEYERHOF

MIT VIER TAFELN IN LICHTDRUCK

HEIDELBERG 1925
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG

Verlags-Nr. 1391.

307

Es gereicht uns zur besonderen Freude, mit diesem Heft zum erstenmal auch einen Beitrag auswärtiger Fachgelehrter in den „Arbeiten aus dem Institut für Geschichte der Naturwissenschaft“ veröffentlichen zu können. Ob wir auf die Dauer in den Akten der von-Portheim-Stiftung eine Stelle werden schaffen können, an der historische Quellenforschung zu Wort kommt, ist allerdings nicht nur von unserem guten Willen, sondern auch von dem Grad der Teilnahme und Unterstützung abhängig, die wir in den Kreisen finden, die die Naturwissenschaften in die Praxis umsetzen. Daß mit verhältnismäßig geringen Mitteln Wertvolles und Dauerndes geschaffen werden kann, hoffen wir gezeigt zu haben.

V. Goldschmidt.

J. Ruska.

Vorwort.

In der folgenden Abhandlung soll ein Astrolab beschrieben werden, das sich seit 1914 im Kestner-Museum zu Hannover befindet (Katalognummer 1914, 61). Es wurde vom früheren Direktor Dr. A. BRINKMANN für das Museum erworben und uns zur Bearbeitung in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt. Ihm, wie seinem Nachfolger Direktor Dr. C. KÜTHMANN, sei für das gewährte Entgegenkommen auch an dieser Stelle bestens gedankt.

Wir haben uns in die Arbeit so geteilt, daß die Erklärung der geographischen und astronomischen Inschriften von M. MEYERHOF, die Bibliographie, die Beschreibung des Instruments und die Angaben über seine Verwendung von J. FRANK verfaßt wurden.

Die Umschrift der arabischen und persischen Ausdrücke ist nach den im Heft II dieser Arbeiten festgelegten Grundsätzen erfolgt. Größere Schwierigkeit bereiteten die indischen Städtenamen. Vollkommen konsequente Schreibung schien uns weniger dringlich als Anpassung an die im Deutschen bzw. Englischen geläufige Umschrift. Hier ist ohne Kompromisse nicht durchzukommen, wenn man auch dem Nichtorientalisten annähernd richtige Aussprache ermöglichen will.

Herr Prof. Dr. J. HOROVITZ in Frankfurt a. M. hatte die Güte, die Wiedergabe der persischen Inschriften zu überprüfen, wofür ihm an dieser Stelle bestens gedankt sei, ebenso Herrn Prof. Dr. J. RUSKA für manch wertvolle Hinweise, die Zusammenstellung des Registers und die Mitwirkung bei der Korrektur.

Ganz besonderen Dank schulden wir der von-Porthheim-Stiftung, die uns in liberalster Weise die Mittel zur Drucklegung dieser Arbeit zur Verfügung stellte.

Josef Frank, Weihenstephan b. München.
Max Meyerhof, Kairo.

Inhalt.

	Seite
Vorwort	3
I. Bibliographische Einleitung (J. FRANK)	7
1. Arabische Handschriften	8
2. Abhandlungen über das Astrolab	9
II. Beschreibung des Astrolabs (J. FRANK)	12
1. Beschreibung der Mutter	12
2. Beschreibung der Scheiben	16
3. Beschreibung der Spinne	26
4. Die Alhidade und die Achse	28
III. Die Inschriften des Astrolabs (M. MEYERHOF)	30
1. Vorbemerkungen	30
2. Geographische Inschriften	34
3. Astronomische Inschriften	40
IV. Verwendung des Astrolabs (J. FRANK)	42

Register.

I. Verzeichnis der griechischen Fachwörter	47
II. Verzeichnis der arabischen Fachwörter	47
III. Klassische und orientalische Autoren	48

Ein Astrolab aus dem indischen Mogulreiche.

I. Bibliographische Einleitung.

Wohl mit wenigen Problemen haben sich die muslimischen Astronomen so eingehend beschäftigt wie mit der Theorie und der Konstruktion des Astrolabs.¹ Zahlreiche Abhandlungen finden sich aus den verschiedensten Zeiten in den Sammlungen arabischer Handschriften, von denen die eine und andere später ins Lateinische, Hebräische usw. übertragen wurden. Die muslimischen Forscher zogen nicht nur die einfachsten Formen des Astrolabs in den Kreis ihrer Betrachtungen, sie ersannen auch neue Konstruktionsarten, die z. T. auf ganz anderen Grundlagen aufgebaut waren. So zählt alBirūnī² in seinem كتاب في استيعاب الوجوه *Kitāb fi isti'āb alwuǧūh almuḥkina fi san'at al-aṣṭurlāb*³, Eingehende Behandlung aller möglichen Methoden für die Her-

¹ Das Astrolab dürfte wohl griechischen Ursprungs sein. Wenigstens berichtet Vitruv in seiner *Architectura* (A. RÖDE, *Mar. Vitruvii Pollionis de architectura*, 1809, S. 220) bei der Aufzählung der Zeitmesser, daß den Zeitmesser „Spinne“ — einen Vorläufer des Astrolabs — der Sternkundige Eudoxus, nach anderen Apollonius erfunden haben soll. P. TANNERY (*Recherches sur l'histoire de l'astron. ancienne*, Mém. de la soc. des sc. phys. et nat. de Bordeaux, Sér. IV, Bd. 1, 1893, S. 54) vermutet, daß die Spinne des Eudoxus Kugelgestalt hatte. Sie wäre also als ein Vorläufer des Kugelastrolabs anzusehen. Als älteste Schrift über das Astrolab ist uns die Abhandlung von Ptolemaeus über das Planisphärium (s. Literaturverzeichnis) bekannt, der aber seine Armillarsphäre (s. F. NOLTE, *Die Armillarsphäre*, Abhdig. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Med., Heft II, 1922, S. 12) τὸ ἀστρολάβον ὄργανον nannte. Über Harrān dürfte das Astrolab zu den Arabern gekommen sein; denn alHamadānī († 945) berichtet in der Beschreibung Arabiens (S. 132, Z. 22), daß Harrān der Ort sei, an dem die Instrumente zum Messen hergestellt werden, wie das Astrolab und andere. Siehe auch J. FRANK, *Zur Geschichte des Astrolabs*, Erlanger S.-B., Bd. 50/51, 1918/19, S. 278.

² Über ihn und seine Schriften berichten ausführlich E. WIEDEMANN und H. SUTER, *Über alBirūnī und seine Schriften*, Beiträge LX, Erlanger S.-B., Bd. 52/53, 1920/21, S. 55.

³ Leidener Hs. Nr. 1066. Siehe auch E. WIEDEMANN und J. FRANK, *Allgemeine Betrachtungen von alBirūnī in einem Werk über die Astrolabien*, Beiträge LXI, Erlanger S.-B., Bd. 52/53, 1920/21, S. 97 und E. WIEDEMANN und H. SUTER, Beiträge LX, S. 83.

stellung des Astrolabs, nicht weniger als zwanzig verschiedene Formen auf.¹ Dazu kommen noch andere Astrolabien, wie die Universalscheibe², die Zarqālische Scheibe³, das Linearastrolab des alTūsī⁴ und einige, von denen wir nur den Namen⁵ kennen.

Im folgenden soll eine Zusammenstellung der benutzten Handschriften und von Abhandlungen über das Astrolab gegeben werden, soweit sie nicht in der Arbeit selbst aufgeführt sind.

1. Arabische Handschriften.

كتاب الكامل للفرغانى في الاستrolاب *Kitab alkamil lilFargāni fīlāsturlāb*, Buch des Vollkommenen über das Astrolab, von alFargānī. Handschriftenverzeichnisse der Kgl. Bibliothek zu Berlin XVII, Verzeichnis der arabischen Handschriften von W. AHLWARDT, Bd. V, Nr. 5790. Über den Autor vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen*, Nr. 39, und E. WIEDEMANN, *Einleitungen zu arab. astron. Werken*, Das Weltall, Bd. 20, 1919, S. 21.

¹ Ein Teil dieser Astrolabien ist von J. FRANK in den Abhandlungen „Zur Geschichte des Astrolabs“, a. a. O., S. 281 und „Das Beobachtungsastrolab der Araber“, Zschr. f. Instrumentenkunde. Bd. 42, 1922, S. 201, beschrieben. Vgl. auch H. SUTER, *Beiträge zur Geschichte der Mathematik bei den Griechen und Arabern*, herausgegeben von J. FRANK, Abhdlg. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Med., Heft IV, 1922, S. 79 ff.

² Diese Scheibe ist beschrieben in den Werken des Königs Alfons X., *Libros del saber de astronomia del Rey D. Alfonso X. de Castilla*, cop. p. D. MAN. RICOY SINOBAS, Bd. III, 1863/67.

³ Über Zarqālī vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke*, Abhdlg. z. Gesch. d. math. Wiss., Heft X, 1900, Nr. 255. Eine Beschreibung seines Astrolabs findet sich in den Werken des Königs Alfons X., a. a. O., Bd. III, S. 135 ff. Ein noch heute vorhandenes Instrument beschreibt F. WOEPCKE, *Über ein in der Kais. Bibliothek in Paris befindliches arabisches Astrolabium*, Bulletin de l'Académie imp. des Sciences de Saint-Petersbourg, Sér. VII, Bd. 7, 1864, S. 220 ff.

⁴ Vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker usw.*, Nr. 333. Beschreibungen des Instrumentes gaben CARRA DE VAUX, *L'astrolabe linéaire ou bâton d'El-Tousi etc.*, Journ. Asiat., Sér. 9, Bd. 5, 1895, S. 464 ff. und H. SUTER, *Nochmals der Jakobstab*, Bibl. math., Neue Folge, Bd. 10, 1896, S. 13.

⁵ Die Namen solcher Astrolabien sind aufgezählt von E. WIEDEMANN in *Definitionen verschiedener Wissenschaften und über diese verfaßte Werke*, Beiträge LVII, Erlanger S.-B., Bd. 50/51, 1918/19, S. 28, und *Zur Trigonometrie und Geodäsie*, Beiträge XVIII, Erlanger S.-B., Bd. 41, 1909, S. 34 und von E. DORN in der Abhandlung *Drei astronomische Instrumente*, Mém. de l'Académie imp. des Sciences de Saint-Petersbourg, Sér. VII, Bd. 9, 1866, S. 84 ff.

رسالة في العمل بالاطرلاب *Risāla fi'l'amal bi'l'asturlāb*, Abhandlung über die Anwendung des Astrolabs, von Abū Šalt. Katalog W. AHLWARDT, Bd. V, Nr. 5798. Vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen*, Nr. 272.

كتاب تحفة اولى الالباب في العمل بالاطرلاب *Kitāb tahfat alī 'albab fi'l'amal bi'l'asturlāb*, Buch des Geschenkes der Verständigen über die Anwendung des Astrolabs, von Muḥammad ibn Muḥ. ibn Sulaimān alMağribī alRūdānī, Katalog der Herzogl. Bibliothek zu Gotha von W. PERTSCH, Bd. III, Nr. 1415. Vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen*, Nr. 527.

كتاب صناعة الاطرلاب بالبرهان *Kitāb ṣanā'at al'asturlāb bilburhān*, Buch über den Bau des Astrolabs, begründet auf den Beweis, von Abū Sahl Waigān b. Rustem alKūhī; Catalogus Codd. or. Bibl. Lugduno-Bat. von R. P. A. DOZY, Nr. 1058. Vgl. H. SUTER, *Die Mathematiker und Astronomen*, Nr. 175.

2. Abhandlungen über das Astrolab.

F. COMMANDINI, Cl. Ptolemaei sphaerae a planetis projectio in planam, Venedig 1558. Siehe auch: J. L. HEIBERG, Cl. Ptolemaei opera quae exstant omnia Vol. III, Opera astronomica minora, CLXXX, S. 227 ff., Leipzig 1907.

B. HERMANNI CONTRACTI Monachi Augiensis de Ord. S. Bened., De mensura astrolabii und De utilitatibus astrolabii, in B. PEZIUS, Thesaurus Anecdotorum Novissimus, Augustae Vindelicorum 1721, Bd. III, Pars II, S. 94—140.

HENRICUS BATES, Magistralis compositio astrolabii henrici bate ad petitionem fratris Wilhelmi de morbeka. Venetiis 1485.

ANONYMUS, Astrolabii, quo primi mobilis motus deprehenduntur Canones.¹

J. M. POBLACION, De usu astrolabii compendium. Paris 1546.

CHR. CLAVII, Bambergensis e Soc. Jesu, Astrolabium. Rom 1593.

CLAUDIUS-FRANCISCUS MILLIET DECHALLES, Cursus seu Mundus mathematicus. Lugduni 1690, Bd. IV, S. 161 ff.

¹ Vgl. J. FRANK, *Chirārizmī*, a. a. O., S. 20 und A. FATARO, *Intorno ad un trattato anonimo sull' Astrolabio riconosciuto opera di Prodocimo de Beldomandi*, Bibl. math., Neue Folge, Bd. 4, 1890, S. 81 ff. und P. RICCORDI, *Intorno ad un trattato di Prodocimo de Beldomandi sull' Astrolabio*, Bibl. math., Neue Folge, Bd. 4, 1890, S. 113 ff.

- L. M. FRAEHN, *Antiquitatis Muhammedanae monumenta varia explicata*. Petropoli 1822, P. II, S. 73.
- F. E. DANTI dell'Ord. di San Domenico, *Trattato dell'uso et della fabbrica dell'Astrolabio etc.* Fiorenza 1569 u. 1578.
- J. FOCARD, *Paraphrase de l'astrolabe*, Lyon 1546, 2. Aufl. Lyon 1555.
- A. TACQUET, *Opera Mathematica; Optik*. Bd. 3, S. 179 ff. Antwerpen 1669 u. 1707.
- PH. DE LA HIRE, *L'usage des astrolabes, tant universels que particuls*, in NIC. BIONS, *Traité de la construction et des principaux usages des instr. de math.* Paris 1702. Deutsch: J. G. DOPPELMAYER, N. BIONS, *Mathem. Kunst- und Werkschule*, Nürnberg 1765. Kap. III.
- ANONYMUS, *Erklärung vund Gründtliche vnderweysung, alles nutzes, so in dem Edlen Instrument, Astrolabium genannt, usw.* Augsburg 1525.¹
- JOH. COPP, *Wie man diß hochberumpt astronomischer oder geometrischer Kunst-Instrument Astrolabium brauchen soll usw.* Bamberg 1525.^{1 u. 2}
- M. F. RITTER, *Astrolabium oder nützlicher Bericht von dem Astrolab.* Nürnberg, ca. 1620.
- H. HASE, *Joannis Alexandrini cognomine Philoponi de usu astrolabii eiusque constructione*. Rhein. Mus. für Philologie, Bd. 6, 1839, S. 127 ff.³
- B. DORN, *Kurze Nachricht von zwei Astrolabien mit morgenländischen Inschriften*, *Bulletin scientifique publ. par l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Petersbourg*, Bd. 5, 1839, S. 81 ff.
- B. DORN, *Über ein drittes in Rußland befindliches Astrolabium mit morgenländischen Inschriften*, *Bulletin scientifique publ. par l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Petersbourg*, Bd. 9, 1842, S. 60 ff.

¹ Vgl. J. FRANK, *Chucārizmī*, a. a. O., S. 5. — ² Ebenda S. 32.

³ Eine lateinische Übersetzung der Schrift des Philoponus, der ältesten auf uns gekommenen genauen Beschreibung des Astrolabs und seiner Anwendung — die Abhandlung des Ptolemaeus hat mehr theoretischen Charakter —, findet sich in G. VALLA, *Placentini viri clarissimi de expetendis et fugiendis rebus opus*, Venedig 1501, 18. Buch, Kap. V—XXIII. Die Abhandlung führt den Titel: *De astrolabii fabrica usuque*, ist aber um vier Aufgaben erweitert. P. TANNERY berichtet in *Notes critiques sur le traité de l'astrolabe de Philopon*, *Revue de Philologie de littérature et d'histoire anciennes*, Nouv. sér., Bd. 12, 1888, S. 62, daß G. VALLA einer Abhandlung des Nicephorus Gregoras aus dem Anfang des 14. Jahrhunderts über das ebene Astrolab und der Schrift des Proclus über die Armillarsphäre die lateinische Übersetzung der Abhandlung des Philoponus unmittelbar anschloß (*Nicephori [Blemmydae], Logica cum aliis aliorum operibus* G. VALLA interprete, Venet. 1498).

- B. DONX, Über ein viertes in Rußland befindliches Astrolabium mit morgenländischen Inschriften. Bulletin de la Classe des Sciences Hist., Philol. et Polit. de l'Académie imp. des Sciences de Saint-Petersbourg, Bd. 1, 1844, S. 353 ff.
- P. T. SARRUS, Description d'un astrolabe constr. à Maroc en l'an 1208. Mémoire de la Société du Museum d'histoire naturelle de Strasbourg, 1853, 2. et 3. livraisons.
- E. SAAVEDRA, Astrolabios Arabes que se conservan en el Museo Arqueologico Nacional etc., Museo Español de Antigüedades, Bd. 6, 1875, S. 325 ff.
- H. SAUVAIRE et J. DE REY PAILHADE, Sur une mère d'astrolabe arabe du XIII^e siècle (609 de l'hégire) portant un calendrier perpétuel avec correspondance musulmane et chrétienne, Journ. Asiatique, Sér. 9, Bd. 1, 1893, S. 5 ff. und S. 185 ff.
- F. NAU, Le Traité sur l'astrolabe plan de Sévère Sabokt, Journ. Asiatique, Sér. 9, Bd. 13, 1899, S. 56 ff. und S. 238 ff.
- L. CHEIKHO S. J., كتاب العمل بالاصطرلاب لعلي بن عيسى *Kitāb al'amal bi'l-asturlāb li'Alī b. 'Isā* (Buch der Anwendung des Astrolabs von 'Alī ibn 'Isā), alMachriq, Bd. 16, 1913, S. 29—46.
- R. WOLF, Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Literatur, Bd. 2, Zürich 1892, S. 70 ff.
- J. A. REPSOLD, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge von Purbach bis Reichenbach, 1450—1830, Leipzig 1908, S. 6.
- S. GÜNTHER, Astrolabium und Kartenprojektion. Kartographische und schulgeographische Zeitschrift, 1921, S. 33 ff.
- G. KAUFFMANN, Artikel *Astrolab* in PAULY-WISSOWA, Real-Encyclopädie der klassischen Altertumswissenschaften, 1896, S. 1798 ff.
- C. A. NALLINO, Artikel *Asturlāb* in der Enzyklopädie des Islam, Bd. I, S. 520 ff.

II. Beschreibung des Astrolabs.

Die wesentlichen Bestandteile des Astrolabs (ὁ ἀστρολάβος, ὁ ἀστρολάβος, *الاسترلاب* *al-aṣṭurlāb*, *الاسترلاب* *al-aṣṭurlāb*¹, *astrolabium*) sind die Mutter, die Scheiben, die Spinne, die Alhidade.

1. Beschreibung der Mutter.

Die Mutter *أم* *umm*, auch *بطن* *baṭn* Bauch (δοχεῖον, mater) genannt ist ein rundes, schachtelförmiges niedriges Gehäuse (Fig. 1), meist aus Metall, gewöhnlich aus Messing gefertigt, und von handlicher Größe. Unser Instrument hat einen Durchmesser von 84 mm und ist 8 mm hoch. Es gehört zu den mittelgroßen Instrumenten dieser Art. Der ringförmige Rand des Gehäuses, der bei unserem Instrument 5,5 mm breit ist, ist mit einer Gradteilung versehen. Die Teilstriche gehen vom inneren Begrenzungskreis aus. Jeder 5. und 10. Teilstrich ist durch seine Länge vor den anderen hervorgehoben und durch Zahlbuchstaben bezeichnet. Der geteilte Ring heißt *حجرة* *ḥuġra* Einfriedung, *طوق* *ṭauq* Kragen, Kreisring, *كفة* *kuffa* Rand (περιφέρεια, margilabrum, margo, limbus). An einer breiteren Stelle geht er in ein mehr oder minder kunstvoll gearbeitetes dreieckiges Ansatzstück über *كرسي* *kursijj*, Thron (armilla fixa) genannt, das auf der Vorder- und Rückseite zuweilen auch mit Inschriften versehen ist. Durch die Spitze des Ansatzes ist senkrecht zur Fläche ein Stift *مسمار* *mismār* gesteckt, um den sich ein Bügel *عروة* *urwa*, *حبس* *ḥabas* (armilla reflexa) bewegen kann. In ihm ist ein Ring *حلقة* *ḥalqa* (ἄρτηρα, armilla suspensoria. rotunda) drehbar. Dadurch stellt sich das Instrument.

¹ Über die Entstehung und Bedeutung des Namens vgl. F. WÜSTENFELD, *Ibn Chalikani Vitae illustrium virorum*, Nr. 779, fasc. IX, S. 94; M. GUCKIN DE SLANE, *Ibn Khallikan's Biographical Dictionary*, Vol. III, S. 581; E. WIEDEMANN, *Zur Trigonometrie und Geodäsie*, Beiträge XVIII, Erlanger S.-B., Bd. 41, 1909, S. 33 und *Definitionen verschiedener Wissenschaften und über diese verfaßte Werke*, Beiträge LVII, Erlanger S.-B., Bd. 50/51, 1918/19, S. 29.

wenn es an dem Ring aufgehängt wird, genau vertikal ein. Der Boden des Gehäuses ist bei manchen Instrumenten mit Linien, ähnlich denen auf den Scheiben (s. u.) versehen, oder wie bei unserem Astrolab, in einzelne Kreissektoren geteilt, die verschiedene Angaben geographischer oder auch astrologischer Art tragen.

Die Seite mit dem Limbus heißt *وجه* *wagh*, Gesicht (facies, antica). Die andere Seite des Gehäuses, der Rücken *ظهر* *zahr* (dorsum, postica) des Astrolabs, zeigt nicht auf allen Instrumenten das gleiche Bild. Es würde zu weit führen, auf die Abweichungen einzugehen. Hier mögen nur die Zeichnungen auf unserem Astrolab besprochen werden, die sich übrigens auch auf einer ganzen Reihe anderer Instrumente finden.

Die Kreisfläche des Rückens ist durch zwei zueinander senkrechte Durchmesser (Fig. 2) in vier Quadranten geteilt. Der durch die Mitte der Aufhängung gehende Durchmesser *خط الانتصاب* *ḥaṭṭ alintiṣāb*, Linie der Aufrichtung (*μεσημβρινός*, linea meridiei et mediae noctis, septentrionalis) genannt, stellt die Vertikale zum Zenit, der dazu senkrechte *خط الافق* *ḥaṭṭ alufuqī*, die Linie der Horizontalität (*ὁρίζων*, linea horizontis), den Horizont des Beobachtungsortes dar. Der Begrenzungskreis der beiden oberen Quadranten ist in ähnlicher Weise wie der Limbus in Grade geteilt. Für beide Quadranten beginnt die Zählung an dem horizontalen Durchmesser. An dieser Gradteilung, der Höhentheilung, wird die Höhe der Gestirne gemessen. Im linken oberen Quadranten sind in gleichen Abständen voneinander 30 zum horizontalen Durchmesser parallele Linien gezogen. Sie teilen die obere Hälfte des vertikalen Durchmessers in 30 gleiche Teile. Dadurch kann man die Größe des sinus eines Winkels in zwei Sechzigsteln ausdrücken, wobei der $\sin 90^\circ$ 60 Sechzigstel mißt, eine bei den Alten übliche Teilungsart. Natürlich kann man auch den $\sin$ vers. eines Winkels, also die Größe $1 - \cos \varphi$, ablesen. Dieser Quadrant, in dem bei großen Instrumenten 60, aber auch 30 solcher Parallellinien gezogen sind, heißt *الربع المجيب* *alrub' almuḡajjub* „das gesinuste Viertel“ oder der Sinusquadrant. Im rechten oberen Quadranten sind fünf zum Mittelpunkt der Kreisfläche konzentrische Viertelskreise in gleichen Abständen voneinander gezogen. Dadurch wird die Quadrantenfläche in sechs gleichbreite Streifen zerlegt. Jedem dieser Streifen — der innerste ist allerdings ein Viertelskreis — sind diejenigen zwei Tierkreiszeichen zugewiesen, die den gleichen nördlichen, bzw. den gleichen südlichen Abstand vom Himmelsäquator haben. Der eine der zwei Grenzkreise eines solchen Streifens entspricht dem An-

fang des einen und dem Ende des zweiten Zeichens, der andere Grenzkreis dem Ende des ersteren und dem Anfang des zweiten Zeichens. So kommt der innere Begrenzungskreis des Quadranten dem Anfang des Steinbocks und zugleich dem Ende des Schützen zu, der nächst folgende Viertelskreis dem Ende des Steinbocks und dem Anfang des Schützen. Bei manchen Instrumenten sind an die Endpunkte der Viertelskreise die Namen der Tierkreiszeichen, und zwar auf dem horizontalen Durchmesser die der einen, auf dem vertikalen die der entsprechenden anderen Zeichen angeschrieben. Bei der Mehrzahl der Instrumente, wie auch bei dem vorliegenden, erfüllen Zahlbuchstaben diesen Zweck. So bedeutet die Zahl 11 am horizontalen Endpunkt des vierten von außen gezählten Kreises den Anfang des Widders und 1 am entsprechenden Ende des folgenden kleineren Kreises das Ende dieses Zeichens und zugleich den Anfang des Stiers, dessen Ende zugleich mit dem Anfang der Zwillinge auf den folgenden Kreis mit der Zahl 2 fällt. Ihr Ende kann wegen der Durchbohrung ebensowenig bezeichnet werden, wie der damit zusammenfallende Anfang des Krebses.¹ Die Zahl 3 am vertikalen Ende des folgenden Kreises, dessen horizontaler Endpunkt mit 2 bezeichnet ist, stellt das Ende des Krebses und den Anfang des Löwen dar, 4 das Ende dieses Zeichens und den Anfang der Jungfrau usw. Da bei unserem Astrolab der genannte Begrenzungskreis des Quadranten nur eine Ziffer — nämlich 8 am vertikalen Endpunkt — trägt, finden sich auf dem Quadranten nur 11 statt 12 Buchstaben. In diesem Quadranten haben wir also eine Art Abbildung des Tierkreises unter Berücksichtigung seiner Lage zum Himmelsäquator. Dieses System wird vor allem zur Konstruktion der Mittagslinie verwendet, d. h. einer Kurve, aus der man die Kulminationshöhe der Sonne im Laufe des Jahres entnehmen kann. Zu ihrer Konstruktion berechnet man sich z. B. aus einer Tabelle die Kulminationshöhe der Sonne für ihre Stellungen in den verschiedenen Tierkreiszeichen und verbindet den der Höhe entsprechenden Höhengrad auf der rechten Höhentheilung mit dem Mittelpunkt des Quadranten. Der Schnittpunkt dieser Linie mit dem Viertelskreis, der dem betreffenden Tierkreiszeichen zugewiesen ist, ist ein Punkt der gesuchten Kurve. Sie muß auf dem Höhenkreis in demjenigen Grad endigen, dessen Ordnungszahl gleich der Kulminationshöhe der Sonne im Anfang des Steinbocks ist, dem ja der Höhenkreis selbst zugewiesen ist. Auf unserem Astrolab

¹ Dieser Mißstand wird bei anderen Instrumenten dadurch vermieden, daß diesem Punkt des Tierkreises nicht der Mittelpunkt des Quadranten, sondern ein besonderer Viertelskreis zugewiesen ist, was eine ungleich größere Genauigkeit im Messen ermöglicht, als sie hier erreicht werden kann.

ist die Mittagslinie für die Breite 32° , allerdings nicht mit großer Genauigkeit, eingezeichnet.¹ Natürlich kann man in ähnlicher Weise auch die anderen Stundenlinien eintragen. AlBiruni gibt im *Kitab alisfarab* die Methode dazu an. W. M. Morley² beschreibt ein Instrument, auf dem außer den Mittagslinien für verschiedene Orte auch Linien eingezeichnet sind, um die Sonnenhöhe an einigen Orten während des Jahres zu ermitteln, wenn sie gerade in der Richtung nach Mekka steht.

Im linken unteren Quadranten ist das Schattenquadrat ظل السَّمّ *alsullam* (scala altimetra) und der Schattenquadrant eingezeichnet, die beide zur Bestimmung von Winkeln aus der Schattenlänge (tang. bzw. cotang. eines Winkels) dienen. Ihre Konstruktion und Benutzung haben E. Wiedemann und J. Frank³ besprochen. Gewöhnlich sind je ein Schattenquadrat und ein Schattenquadrant in den beiden unteren Quadranten des Astrolabrückens eingetragen, und zwar ist auf der einen Seite der Fuß, auf der anderen der Finger als Maßeinheit genommen. Auf unserem Astrolab sind diese beiden Schattenquadrate und -quadranten nur auf einer Seite, und zwar untereinander gezeichnet. Als Gnomonlänge sind zwölf Finger bzw. sieben Fuß gewählt.⁴ Auf dem Schattenquadranten sind die Maßeinheiten nur bis zum 30. Fuß bzw. bis zum 40. Finger fortlaufend abzulesen, von da ab nur mehr die Fünfer bzw. Zehner, da die Teilstriche immer mehr und mehr zusammenrücken.

Im rechten unteren Quadranten sind die Namen der zwölf Tierkreiszeichen und der 28 Mondstationen aufgeführt, die sich auf dem Rücken der meisten Astrolabien aufgezeichnet finden, sich aber nur in der Form der Anordnung unterscheiden. Auf unserem Astrolab sind vier konzentrische Streifen abgegrenzt. Der äußerste ist in sechs Teile geteilt, in die die Namen der sechs nördlichen Tierkreiszeichen eingetragen sind. Der anschließende Streifen enthält 14 Teile mit den Namen der 14 bei den nördlichen Zeichen gelegenen Mondstationen. In den sechs Teilen des folgenden Streifens stehen die südlichen Zeichen und in den 14 Feldern des innersten die übrigen Mondstationen. Diese Darstellung dient astrologischen Zwecken. Auf die einzelnen Inschriften der Mutter wird später eingegangen werden.

¹ Für diese Breite findet sich auch eine Scheibe: vgl. S. 20.

² W. M. Morley, *Description of a Planispheric Astrolab*, Tafel XVII. London 1856.

³ E. Wiedemann und J. Frank. Beiträge LXI. S. 117.

⁴ Vgl. wegen anderer Einteilungen E. Wiedemann. Beiträge XVIII. S. 48.

2. Beschreibung der Scheiben.

In die Mutter des Astrolabs wird eine mehr oder minder große Zahl von kreisförmigen Platten gelegt, deren Durchmesser so gewählt ist, daß sie genau in die Vertiefung passen. Sie sind alle mit einem kleinen Einschnitt versehen, in den ein im Innern der Mutter angebrachter Vorsprung eingreift (in Fig. 1 unten). Dadurch wird eine Drehung der Scheiben in der Mutter verhindert. Jede Seite einer Platte, die Scheibe *ṣaṭiḥa* (τύμπανον, tympanum, tabula regionum), trägt eine große Zahl von Kreislinien und Geraden, die alle die stereographischen Projektionen von Himmelskreisen sind. Beim einfachen Astrolab werden diese Kreise bzw. die Himmelskugel von einem der Weltpole, den wir Projektionszentrum nennen wollen, auf eine zur Weltachse senkrechte Ebene projiziert. Die Projektion des anderen Weltpols bildet in ihr den „Mittelpunkt der Projektion“, um den sich die einzelnen Projektionspunkte und -linien gruppieren. Da die in der Nähe des Projektionszentrums gelegenen Himmelspunkte auf der Projektionsebene in unendlicher Entfernung vom Mittelpunkt sich abbilden, so begrenzt man die abzubildende Himmelsphäre durch den dem Projektionszentrum zunächst gelegenen Wendekreis, also durch den des Steinbocks, wenn der Südpol Projektionszentrum ist, und durch den des Krebses, wenn dazu der Nordpol gewählt wird. Im ersten Fall wird die nördliche Halbkugel ganz abgebildet und das Astrolab heißt dann ein nördliches *ṣamālī* (septentrionale), im anderen Fall ein südliches *ḡanabī* (meridionale). Auf die Scheibe selbst werden nur ganz bestimmte Kreise der Himmelskugel projiziert. Es sind dies zunächst der Himmelsäquator und die Wendekreise des Krebses und des Steinbocks¹, die sich als Kreise mit dem Mittelpunkt der Projektion als gemeinsamem Mittelpunkt, jedoch mit ver-

¹ Diese Kreise führen im Arabischen verschiedene Namen. Der Äquator heißt دائرة الاستدال *al-irāt al-ʿitidāl* Kreis der Gleichheit, معدل النهار *muʿaddil al-nahār* Gleichmacher des Tages, κύκλος ἰσημερινός *muʿaddil allail waʿl-nahār* Gleichmacher der Nacht und des Tages, مدار رأس الحمل *madār raʿs al-ḥamal* Kreis des Kopfes des Widlers, مدار أوّل الحمل وأوّل الميزان *madār awwal al-ḥamal waʿ-awwal al-mizān* Kreis des Anfangs des Widlers und der Waage. — Dem τροπικὸς θερινός entspricht المتقلب *almunqalib alsāfi* der sommerliche Wendekreis, tropicus aestivus, auch مدار رأس السرطان *madār raʿs al-saraṭān* Kreis des Kopfes des Krebses, circulus cancri; dem τροπικὸς χειμερινός entspricht المتقلب *almunqalib al-sūtaʿī* der winterliche Wendekreis, tropicus hiemalis, brumalis, auch مدار رأس الجدي *madār raʿs al-jadī* Kreis des Kopfes des Steinbocks, circulus capricorni.

schiedenen gegenseitigen Abständen abbilden. Auf dem nördlichen Astrolab, wie auf dem unseren, entspricht der äußerste von ihnen dem Wendekreis des Steinbocks, der innerste dem des Krebses und der dazwischen liegende dem Himmelsäquator. Ferner ist das Horizontkoordinatensystem projiziert. Der Ortsmeridian bildet sich als ein Durchmesser der Scheibe ab, der durch die Mitte der Aufhängung geht. Der dazu senkrechte Durchmesser ist die Projektion des durch den Ost- und Westpunkt sowie durch die Weltpole gehenden Großkreises, also zugleich die Projektion des Horizonts am Erdäquator. Der Ortshorizont und die zu ihm parallelen Kreise, die Höhenparallelen *المقاربات* *almuqanṭarāt*, die Brücken (*κύκλοι παράλληλοι*, *circuli progressionum*, *coronae*, *pontes*), stellen sich als Kreisbögen oder ganze Kreise dar, deren Mittelpunkte auf der Meridiangeraden liegen und deren Radien mit zunehmender Höhe der Höhenparallelen kleiner werden. Innerhalb des kleinsten Kreises liegt die Projektion des Zenits. Die Höhenzahl ist an die betreffende Höhenlinie längs der Meridiangeraden bzw. gleichlaufend mit dem Begrenzungskreis der Scheibe angeschrieben. Sind die Höhenparallelen für jeden Grad gezeichnet, so nennt man ein solches Astrolab ein „eingradiges“ oder „vollständiges“ *تام* *tāmm* (*μονομοιρίασιον*, *solipartium*); ist nur jede zweite von ihnen gezogen, so heißt es ein „hälftiges“ oder „zweigradiges“ *نصفی* *nisfī* (*διμοιρίασιον*, *bipartium*) usw. Unser Astrolab ist ein „sechsegradiges“ oder „gesechsteltes“ *سدسی* *sudsi*, denn es ist jede sechste Höhenparallele gezeichnet. Das zu den Parallelkreisen vertikale Kreissystem, die Vertikal- oder Azimutalkreise *دوائر السموت* *ḍawā'ir alsumūt* (*circuli verticales*, *circuli altitudinum*, *circuli reclinutionum*) projizieren sich als Kreise, die alle durch die Projektionen von Zenit und Nadir gehen. Bei manchen Astrolabien ist dieses Kreisbüschel in das Liniensystem der Höhenparallelen eingezeichnet, bei anderen, wie bei unserem, ist nur der auf die untere Seite der Horizontlinie fallende Teil eingetragen. Damit sollte wohl eine Verwechslung der beiden Kreissysteme hintangehalten werden. Sind jedoch, wie bei unserem Astrolab, in dem Raum unter der Horizontlinie auch noch andere Linien gezogen, so ist die Übersichtlichkeit in diesem Teil der Scheibe stark beeinträchtigt. Die Zahl der eingezeichneten Azimutalkreise ist auf den einzelnen Astrolabien verschieden. Bei dem eingradigen ist der Azimutalkreis Grad für Grad gezeichnet, beim zwei- bis fünfgradigen schreiten die Kreise gewöhnlich von sechs Grad zu sechs Grad weiter. Bei unserem ist jeder zehnte Azimutalkreis auf die Scheibe projiziert. Hier ist der durch den Ost- und Westpunkt gehende Vertikal-

kreis ganz gezeichnet, also auch der in den Raum oberhalb der Horizontlinie fallende Teil, wodurch die vier Himmelsquadranten wiedergegeben sind. Dieser Kreis ist zur leichteren Unterscheidung von den anderen Linien punktiert. Die Ordnungszahlen der Vertikalkreise sind auf unserem Instrument an die einzelnen Kreisbögen symmetrisch zur Meridiangeraden eingetragen. Die Zählung beginnt beim Ost- und Westpunkt — den Schnittpunkten der Projektionen von Horizont, Himmels- und Erdäquator — und läuft bis zur Meridianlinie. Bei diesen Punkten steht *مشرق masriq*, Aufgang (ἀνατολή, ortus), bzw. *مغرب majrib*, Untergang (δύσις, occasus).¹

In den Raum unterhalb der Horizontlinie sind die Linien für die zeitlichen *زمانية zamāniyya* oder krummen *معرجة mu'waǧǧa* Stunden (ῥωμαϊκαὶ καί, horae temporales, inaequales) gezeichnet. Eine zeitliche, besser gesagt, örtliche Tagesstunde ist der zwölfte Teil des jeweiligen Tagbogens der Sonne und eine örtliche Nachtstunde der zwölfte Teil des zugehörigen Nachtbogens. Ihre Länge wechselt im Laufe des Jahres und ist von Ort zu Ort verschieden. Eine Tag- und eine Nachtstunde machen zusammen den zwölften Teil des täglichen Umlaufs der Sonne, also 30 Grad aus. Diese Stunden werden gewöhnlich vom Sonnenaufgang bzw. -Untergang gezählt. Sie werden nach arabischer Vorschrift gezeichnet, indem man die unterhalb der Horizontlinie liegenden Teile der Umlaufkreise von Steinbock, Widder und Krebs, also ihre Nachtbögen, in zwölf gleiche Teile teilt und die entsprechenden Teilpunkte auf jedem der drei Kreise

¹ Die Meridiangerade (μσημβρινός, linea medii coeli) wird in ihrer Ausdehnung unterhalb der Horizontlinie *خط الأرض hatt watad alarḍ*, Linie des Pflocks der Erde (angulus terrae) oder *خط نصف الليلة hatt nisf allaila*, Linie der Nachthälfte (linea mediae noctis), in ihrem oberen Teil *خط وسط السماء hatt wasat alsamā*, Linie der Mitte des Himmels oder *خط نصف النهار hatt nisf alnahār*, Linie der Taghälfte (linea mediae diei) genannt. Die Lage des Trennungspunktes auf der Meridiangeraden wird in der arabischen Literatur nicht einheitlich angegeben. Manchmal gilt der Mittelpunkt der Scheibe als Grenzpunkt. Al-Bīrānī nimmt im *Istī'āb* (Leyden. Nr. 1066) diesen Punkt, im *Taḥḥim* (Amsterdam. Katalog Nr. 5665) den oben genannten Punkt. Die beiden Linien spielen in astrologischer Hinsicht bei der Bestimmung der zwölf Häuser eine wichtige Rolle. Vgl. hierzu J. FRANK, *Chwārizmī*, a. a. O. S. 23. Der horizontale Durchmesser *خط الاستواء hatt alistiwa'*, Linie der Gleichheit (Äquator) oder *خط افق الاستواء ufq alistiwa'*, Horizont der Gleichheit (ὀριζων, finitor rectus), auch *خط الاعتدال hatt al'itidāl*, Linie der Gleichheit und *معدل النهار mu'addil alnahār*, Gleichmacher des Tages genannt, heißt von der Scheibenmitte nach links *خط المشرق hatt almasriq*, Ostlinie (linea ortus, orientalis), nach rechts *خط المغرب hatt almajrib*, Westlinie (linea occasus, occidentalis).

durch einen Kreisbogen verbindet, der eine Stundenlinie ist. Die sechste fällt mit der „Linie des Pflocks der Erde“ zusammen und trägt den Namen خط الزوال *ḥaṭṭ al-zawal*; die anderen Stundenlinien liegen dazu symmetrisch. Sie werden vom westlichen Teil des Horizonts gezählt, der östliche ist die zwölfte Stundenlinie. Man nahm an, daß durch die so konstruierten Stundenlinien auch alle anderen Nachtbögen in gleiche Teile geteilt werden. Dies ist aber nur angenähert richtig, was auch der eine und andere arabische Gelehrte, wie z. B. al-Bīrūnī, erkannt hat.

Auf manchem Astrolab, so auch bei dem vorliegenden, finden sich auch noch die Linien für die äquinoktiale مستوية *mustawijja* und متدلة *musta'dila* Stunde (χρόνος ἰσημερινός, hora aequinoctialis, aequalis), von denen jede 15 Äquatordgrade umfaßt. Zu ihrer Zeichnung werden auf den drei gezeichneten Nachtbögen vom Westhorizont aus immer je 15 Grad abgetragen und durch die entsprechenden Teilpunkte Kreisbögen gezogen, die vom Westhorizont aus gezählt werden; oder es werden, wie in unserem Fall, auf jeder Hälfte der Nachtbögen vom Horizont aus immer je 15 Grad abgetragen und die Teilpunkte entsprechend verbunden. Der Nachtbogen des Steinbocks enthält naturgemäß mehr Teilpunkte als der des Krebses. Diese Stundenlinien liegen symmetrisch zur „Linie des Pflocks der Erde“. Sie sind auf unserem Astrolab durch Punktierung hervorgehoben, aber nicht numeriert.¹

Je nach der geographischen Breite des abgebildeten Horizontes ändern sich die Lagen der einzelnen Linien, abgesehen von den drei konzentrischen Kreisen und den beiden Durchmesser. Es muß also streng genommen für jeden Ort eine besondere Scheibe konstruiert werden.

¹ Die Mehrzahl der arabischen Astrolabien enthält in dem Raum unter dem Horizont, in dem die Stundenlinien gezeichnet sind, mehrere Linien, die zur Bestimmung der muslimischen Gebetszeiten dienen. Zwischen der Linie der ersten und zweiten örtlichen Stunde, also unter dem westlichen Teil der Horizontlinie, liegt die Linie der Abenddämmerung, mit شفق *ṣafaq* bezeichnet, zwischen der siebenten und achten Stunde die für das Mittagsgebet ظهیر *ẓuhr*, zwischen der achten und neunten die für das Nachmittagsgebet عصر *'aṣr*, zwischen der neunten und zehnten die für das Ende desselben آخر العصر *āḥar al-'aṣr*, endlich zwischen der zehnten und elften, also unter dem östlichen Teil der Horizontlinie, die Linie der Morgendämmerung فجر *fajr*. In den lateinischen Schriften des Mittelalters finden sich naturgemäß nur die Linien für die Morgen- und Abenddämmerung (linea semirepusculina matutina, orientalis; linea semirepusculina vespertina, occidentalis), die für die Bestimmung des Beginns und des Endes des hellen Tages von Wichtigkeit sind. Auffallenderweise enthält keine der Scheiben unseres Astrolabs eine dieser Linien. Vgl. u. a. E. WIEDEMANN und J. FRANK, *Zirkel zur Bestimmung der Gebetszeiten*, Beiträge LXII, Erlanger S.-B., Bd. 52/53, 1920/21, S. 122 und J. FRANK, *Chirāzmi*, a. a. O., S. 14.

Die Zahl der Scheiben, von denen jede für einen bestimmten Ort verwendet wird, und die Wahl der Orte richtet sich nach der Verwendungsbestimmung des Instrumentes. Nicht selten ist die eine oder andere Scheibe für einen berühmten Ort wie Mekka, Medina usw. konstruiert, die anderen für eine Reihe von Breiten, die für einen größeren Bereich von Benutzern in Betracht kommen. Unser Astrolab enthält fünf Platten, also zehn Scheiben für verschiedene Breiten. Die Breite ist in dem Raum zwischen Horizontlinie und innerem Wendekreis rechts der „Pflöcklinie“ angegeben, links von dieser Linie die Dauer des längsten Tages an diesem Ort in Äquinoktialstunden, z. B. *للعرض كذا ساعاته يوم كذا* *li'arḍ kz sa'atuhu jg md* „für die Breite 27 sind ihre Stunden 13 · 44 (= $13^h 44^m$)“. Die Breitenangabe läßt sich auch aus den Linien der Scheibe selbst ablesen. So muß ihr Mittelpunkt, die Projektion eines Weltpoles, auf die Höhenparallele fallen, deren Höhe der des Pols entspricht, und andererseits muß der Äquatorkreis die Höhenparallele berühren, deren Höhe gleich der des Äquators ist. Daraus kann man auch auf die Genauigkeit der Konstruktion schließen, worauf verschiedene arabische Schriftsteller hinweisen.

Unser Astrolab enthält Scheiben für die Breiten 18° ($13^h 6'$); $21^{\circ} 40'$ ($13^h 18'$); 24° ($13^h 31'$); 27° ($13^h 44'$); 32° ($14^h 8'$); 35° ($14^h 25'$); $39^{\circ} 37'$. Die Scheibe für die Breite $21^{\circ} 40'$ ist für Mekka bestimmt; auch die Scheibe für $39^{\circ} 37'$, bei der übrigens die Angabe der Dauer des längsten Tages fehlt, dürfte für einen Ort bestimmt sein, vielleicht für Bucharā, dessen Breite in *Ā'in-i-Akbarī* zu $39^{\circ} 30'$ angegeben ist. Außer diesen Scheiben von mehr lokaler Bedeutung besitzt unser Astrolab wie manch anderes Instrument auch Scheiben von allgemeinerem Interesse. Die eine von ihnen ist in ihrer einen Hälfte für die Orte am Erdäquator und in der anderen Hälfte für den Nordpol bestimmt. Wie schon erwähnt, ist die Projektion des Horizonts am Erdäquator der horizontale Durchmesser der Scheibe. An ihm schließen sich die Projektionen der Höhenparallelen als Kreisbögen und ganze Kreise an. Zenit und Nadir fallen in der Projektion auf den Äquatorkreis. Auf dieser Scheibe sind die Projektionen der Vertikalkreise oberhalb des Horizonts in die Linien der Höhenparallelen eingezeichnet, weil in dem Raum unter dem Horizont die entsprechenden Linien für den Nordpol eingetragen sind. Daher ist auch die Anordnung der Ordnungszahlen der Vertikalkreise nicht die gleiche wie auf den anderen Scheiben. Auffallenderweise sind die südlichen Azimute vom Meridian aus gezählt und ihre Ordnungszahlen etwa parallel mit dem Steinbockkreis angeordnet, während die für die nördlichen Azimute in dem Raum zwischen dem sechsten

und zwölften Höhenkreis stehen. Die Ordnungszahlen der Parallelkreise finden sich abweichend von der Anordnung auf den anderen Scheiben in dem Raum zwischen den zehnten und zwanzigsten nördlichen Azimuten. Die Stundenlinien sind gerade Linien, da am Erdäquator jeder Tag- und jeder Nachtbogen 180° umfaßt. In dem Raum zwischen Äquator- und Wendekreise des Krebses stehen unmittelbar unterhalb des horizontalen Durchmessers die Worte „Keine Breite“, daneben wie auf den andern Scheiben „Aufgang, Untergang“. G. R. KAYE¹ hebt hervor, daß das Lahore-Museum ein Astrolab mit einer solchen Scheibe besitzt. Drei von W. M. MORLEY (a. a. O.) beschriebene Instrumente zeigen eine solche Scheibe für die Breite 0° . Die Projektion des Horizonts am Nordpol fällt mit der des Himmelsäquators zusammen. Die Projektionen der zugehörigen Höhenparallelen sind mit ihm konzentrische Kreise und liegen in seinem Innern. Ihre Radien nehmen mit zunehmender Höhe ab. Die Ordnungszahlen sind abwechselnd rechts und links von der Meridiangeraden angeschrieben. Nur die eine Hälfte dieser Kreise konnte gezeichnet werden, da die andere in das Liniensystem für den Erdäquator übergreifen würde. Es genügt aber die eine Hälfte, da sie beide kongruent sind. Der Zenit fällt in den Mittelpunkt der Projektion. Die Vertikalkreise, die sich als Radien projizieren, sind nicht gezeichnet, wohl um eine Verwechslung mit den Stundenlinien für den Erdäquator zu vermeiden. AlRūdānī, der Verfasser des *Tuhfat al-ʿalbab*, verlangt, daß bei der Scheibe für die Breite 90° die Vertikalkreise unterhalb des Horizontes, also außerhalb des Äquatorkreises, gezeichnet werden. Eine solche Anordnung wäre aber ungenügend. Die Zeichnung der Vertikalkreise ist für die Breite 90° gar nicht nötig, weil die Azimute auf dem geteilten Rand der Mutter abgelesen werden können, ähnlich, wie die Aszension in der Sphaera recta.² Außerhalb des Äquatorkreises findet sich zwischen der fünften und siebenten Stundenlinie für den Erdäquator die Angabe: Breite neunzig.

Die Projektionen der Höhenparallelen am Nordpol sind zugleich die Projektionen der zum Himmelsäquator parallelen nördlichen Kreise. Auf diesen Teil der Scheibe sind aber auch die südlichen zwischen Himmelsäquator und Wendekreise des Steinbocks gelegenen Parallelkreise projiziert, die sich als konzentrische Kreise außerhalb des Äquatorkreises abbilden. Der Steinbockkreis ist als 24. Kreis gezählt, die Ekliptikschiefe demnach zu 24° angenommen. Diese Hälfte der Scheibe dient daher auch

¹ G. R. KAYE, *The Astronomical Observatories of Jai Singh, Archaeological Survey of India*, New Imp. Ser. Vol. XL, 1918, S. 19.

² Vgl. hierzu J. FRANK, *Chacārizmī*, S. 3.

zu unmittelbarer Bestimmung der Deklination eines nördlich vom Wendekreis des Steinbocks gelegenen Punktes am Himmel. Seine Rektaszension kann in der oben angegebenen Weise gefunden werden.

Diese außerhalb des Äquators gelegenen konzentrischen Kreise sind ferner auch die Projektionen der Höhenparallelen, die unterhalb des Horizonts für den Nordpol sich befinden.

Eine weitere Scheibe enthält die Projektionen des Ekliptikkordinatensystems. Sie wird, worauf alBīrūnī im *Istī'āb* hinweist, ebenso konstruiert wie die Scheibe für einen Horizont, der mit der Ekliptik zusammenfällt, also für einen Ort, dessen Breite gleich dem Komplement der Ekliptikschiefe ist. Die Ordnungszahlen der Parallelkreise stehen im Wechsel auf beiden Seiten der Meridiangeraden, und zwar sowohl oberhalb wie unterhalb des Ekliptikpols; die der Vertikalkreise, gezählt von den Schnittpunkten des Ekliptik- und Äquatorkreises und zu je 30 zusammengefaßt, längs der Ekliptik. An diese sind auch die Namen der zwölf Tierkreiszeichen angeschrieben. Die ein Tierkreiszeichen abgrenzenden Vertikalkreise sind punktiert gezeichnet. Außer den Worten „Aufgang, Untergang“ findet sich beiderseits des „Pflocks der Erde“ und außerhalb des Äquatorkreises die Inschrift *صفحة ميزان المكبوت* *ṣafḥa mizān al'ankabūt*, Scheibe des Maßes der Spinne (s. Fig. 1). G. R. KARE (a. a. O.) erwähnt, daß die meisten von ihm untersuchten Astrolabien eine solche Scheibe enthalten.

Viele Astrolabien enthalten noch weitere Scheiben, die vornehmlich astrologischen Zwecken dienen, die *صفحة الأثرية* *alṣafḥa aluṯariyya*, die Scheibe der Horizonte, *صفحة التيسير* *ṣafḥat altusjir*, die Positionsscheibe, sowie *صفحة تسمية البيوت* *ṣafḥa taswījat albiyūt*, die Scheibe für die Anordnung der Häuser.

Scheibe der Horizonte. Für den Astrologen ist die Bestimmung des Horoskops, des gerade aufgehenden Grades des Tierkreises *الطالع* *alṭālī*¹ (ἀνατολή, τὸ ὑποσκοποῦν, horoscopus, ortus gradus ascendens). „das Aufsteigende“, von größter Wichtigkeit. Sehr oft wird er ihn ermitteln wollen an einem Ort, für den sein Astrolab keine Scheibe enthält. Die Araber konstruierten daher eine besondere Scheibe, auf der die Horizontlinien für alle Breiten konstruiert sind. Sie gehen alle durch den Ost-

¹ J. FRANK, *Chivārizmī*, a. a. O., S. 20. Der deutsche Fachausdruck ist entnommen J. W. PFAFF, *Astrologie*, Nürnberg 1816, S. 150.

und Westpunkt. Eine solche Scheibe findet sich abgebildet in der lateinischen Übersetzung der Abhandlung über das Astrolab von Māschāllāh bei G. REISCH, *Margarita philosophica*.¹ Da sich die Horizontlinien im Ost- und Westpunkt sehr stark zusammendrängen, ist diese Zeichnungsmethode von wenig Wert. In der Figur sind auch nur die Horizonte von 10 zu 10° gezeichnet. Eine ähnliche Horizontscheibe findet sich bei dem von A. DA SCHIO² beschriebenen Astrolab, wo die Horizonte von 6 zu 6° eingetragen sind.³ Auch KAYE gibt die Abbildung einer solchen Scheibe in der oben S. 21 genannten Abhandlung. Den oben erwähnten Übelstand vermeiden einige arabische Gelehrte, indem sie nicht sämtliche Horizontlinien durch einen einzigen Ostpunkt ziehen, sondern die vier Schnittpunkte des Äquatorkreises als je einen Ostpunkt ansehen und auf sie die Horizontlinien verteilen. Dabei wird nur die eine Hälfte der Horizontlinie, die östliche, gezeichnet, die für die Bestimmung des Horoskops ausreicht. Da für die Araber nur die Breiten des damals als bewohnt angenommenen Erdteils von Interesse waren,

¹ G. REISCH, *Margarita philosophica nova*, Basel 1583. Es ist nicht sicher, ob die Figuren Originalnachbildungen sind, wie auch anzunehmen ist, daß mancher Teil der Schrift erst später eingeschoben wurde.

² A. DA SCHIO, *Di due astrolabi etc.*, Venedig 1880.

³ Der linke oder rechte Teil dieser Scheibe kann auch als Scheibe für den Erdäquator angesehen werden, wenn man die Meridianlinie der Scheibe der Horizonte als Horizont des Erdäquators, ihren Ost- oder Westpunkt als Zenit am Erdäquator auffaßt. Die der Meridianlinie der Scheibe sich anschließenden Kreisbögen sind die Höhenparallelen und das Kreisbüschel durch den Ost- oder Westpunkt die Vertikalkreise, die durch Zenit und Nadir gehen. Die Horizonte für sämtliche Breiten bei einem angenommenen Meridian gehen durch den Ost- und Westpunkt, durch zwei Punkte, die vom Pol um 90° entfernt sind; sie stehen senkrecht auf dem Meridian, einem Großkreis durch den Pol, und schneiden ihn in Punkten, die vom Himmelsäquator gleichweit abstehen. Sie berühren also im Meridian die ihrer Äquatorhöhe entsprechenden Parallelkreise. Dieselben Verhältnisse finden wir bei der stereographischen Projektion, wie die Scheibe zeigt. Die Vertikalkreise auf den Horizont am Erdäquator gehen durch seinen Zenit und Nadir, wiederum durch Punkte auf dem Himmelsäquator, die vom Pol 90° entfernt sind, stehen senkrecht auf dem Horizont, einem Großkreis durch die Pole, und schneiden diesen in Punkten, die vom Himmelsäquator, der hier selbst ein Vertikalkreis ist, gleich weit abstehen. Für die stereographische Projektion haben wir in beiden Fällen die gleiche Lage der Kreise am Himmel; die Projektionen müssen also identisch sein. Die Parallelkreise zum Horizont am Erdäquator schneiden ihren Meridian, den Großkreis durch die Pole, in Punkten, die vom Himmelsäquator um das Komplement ihrer Höhe abstehen. Diese Verhältnisse bleiben in der Projektion erhalten. Aus der Scheibe geht dies in der Tat hervor. Diese Erklärung der verschiedenen Linien dürfte mehr Wahrscheinlichkeit für sich haben als die von A. DA SCHIO.

kamen nur die Breiten 0° bis 66° für die Horizontlinien¹ in Betracht. AlBīrūnī, der bei Besprechung dieser Scheibe im *Istī'āb* den ungewöhnlichen Scharfsinn, die feine Entdeckung und die treffliche Anlage ihrer Konstrukteure mit Recht rühmt, drückt die Zahl der Horizonte noch weiter herunter, indem er es für genügend erachtet, wenn man von der Mitte des ersten Klimas bis zum Ende des siebenten Klimas geht, also von $16^\circ 19'$ bis $50^\circ 25'$.² Da die beiden Seiten einer Platte zur Verfügung stehen, so sind nach alBīrūnī auf jeder Seite nur 33 Horizontlinien zu zeichnen, wenn man von 0° bis 66° gehen will. Durch jeden der vier Schnittpunkte werden Horizonte gezogen für Breiten, die um je 8° voneinander absteigen, so daß die einzelnen Horizontlinien genügend weit voneinander entfernt liegen. AlBīrūnī weist noch darauf hin, daß manche Konstrukteure auf der Scheibe zwei weitere senkrechte Durchmesser ziehen, die 45° von den ersteren absteigen, und somit acht Ostpunkte erhalten. Auf diese Weise wird die Rückseite der Scheibe entbehrlich, da die auf ihr gezeichneten Horizontlinien durch die vier neuen Punkte gelegt werden. AlBīrūnī gibt an, daß manchmal nicht der ganze Osthorizont, sondern nur der Teil gezeichnet wird, der zwischen Krebs- und Steinbockkreis liegt. Der durch jeden der vier Schnittpunkte gehende Durchmesser ist nach „Deklinationsgraden“ geteilt. Die Teilpunkte sind die Schnittpunkte des Durchmessers mit den Projektionen der zum Äquator parallelen Kreise, die zwischen den beiden Wendekreisen liegen (s. oben S. 21) und um einen oder zwei und mehr Grade voneinander absteigen. Ein bestimmtes Vielfaches dieser Teilpunkte ist angeschrieben. Auf unserer Horizontscheibe (Fig. 4) sind die Projektionen nur der Horizonte gezeichnet, deren Breite eine gerade Zahl ist; der Horizont für Breite 2° fehlt jedoch. Durch den linken Ostpunkt gehen die Horizonte für die Breite 4, 12, 20, 28, 36, 44, 52, 60, durch den oberen die für 6, 14, 22, 30, 38, 46, 54, 62, durch den rechten die für 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64 und durch den unteren die für 10, 18, 26, 34, 42, 50, 58, 66 Grad Breite. Durch letzteren Punkt sollte auch der Horizont für 2° Breite gezogen sein. Er fehlt wohl, weil er bei dem kleinen Instrument zu nahe an den Durchmesser fallen würde. Die betreffenden Ordnungszahlen sind an die Horizontlinien sowohl in dem Raum zwischen Steinbock- und Äquatorkreis wie auch im Innern des Krebskreises in senkrechter Richtung zu der zugehörigen Ost-West-

¹ An dem Ort mit der Breite 66° wird der Krebs zirkumpolar. Hier ist schon nach Parmenides (ca. 480 v. Chr.) die Grenze der nördlichen kalten Zone.

² Vgl. E. WIEDEMANN, Beiträge XXVII, Erlanger S.-B., Bd. 44, 1912. S. 11.

linie geschrieben. Der Äquatorabstand der Wendekreise ist auch hier zu 24 Grad genommen.

Eine dritte Form der Horizontscheibe habe ich in der Abhandlung *Das Beobachtungsastralab der Araber*¹ besprochen.

W. M. MORLEY² gibt verschiedene Instrumente an, die diese Scheibe besitzen, und zählt Verfasser auf, die sie erwähnen. Auf der von ihm abgebildeten Scheibe sind alle Horizonte von 6 bis 66° gezeichnet. L. AM. SÉDILLOT³ gibt außer dem Namen nur eine Skizze. Auch sei auf die Beschreibung in der Arbeit von KRZIZ⁴ hingewiesen.

Positionsscheibe. Diese Scheibe nennt alBīrūnī im *Istīʿāb* Scheibe des *tasjir*, die auch unter dem Namen *مطرح الشعاع*, *maṭraḥ al-ḥaʾiʿ* „Ort des Strahlenwurfs“ bekannt sei. L. AM. SÉDILLOT und andere haben den ersteren Namen übernommen, ich möchte sie aber „Positionsscheibe“ nennen, wegen der auf ihr gezeichneten Kreise, der Positionskreise. Sie sind Großkreise, die durch die Schnittpunkte des Horizonts mit dem Meridian, also durch den Nord- und Südpunkt gehen und den Äquator in Grade teilen (Fig. 6). Zu diesen Kreisen gehören demnach Meridian und Horizont. Daraus geht hervor, daß eine solche Scheibe nur für einen bestimmten Ort brauchbar ist. Meist liegt nur der eine der Schnittpunkte der Horizontlinie mit der Meridiangeraden auf der Scheibe. Um diesen Punkt ist ein kleiner Kreis gezogen, in den die einzelnen Linien nicht eintreten. In diesem leeren Raum ist die Breite des Ortes angegeben, für den die Scheibe konstruiert ist. Außer den Positionskreisen zeigt die Scheibe die Umlaufkreise von Steinbock — Widder und Wage — Krebs und die Ost-Westlinie. L. AM. SÉDILLOT, der auf S. 162 mit ein paar Worten auf diese Scheibe eingeht, gibt in Fig. 41 nur eine schematische Zeichnung davon, die auch W. M. MORLEY übernommen hat. Zu unserem Astrolab gehört keine solche Scheibe. Die Fig. 6 ist die von F. WOEPCKE⁵ gegebene Abbildung.

¹ J. FRANK, *Das Beobachtungsastralab* usw., S. 205.

² W. M. MORLEY, *Description of a Planispheric Astrolab*, S. 12, 28. Tafel XV.

³ L. AM. SÉDILLOT, *Mémoire sur les Instruments astronomiques des Arabes*. Mém. prés. à l'Acad. R. des Inscr. et Belles Lettres. 1. Sér., T. I., 1844. S. 163, Fig. 42.

⁴ A. KRZIZ, *Das persisch-arabische Astrolabium des Abdal Aimeh*, Das Weltall, Bd. 5. 1905. S. 121 ff., S. 144 ff. Siehe auch J. FRANK, *Chicārizmī*, S. 4, Anm. a.

⁵ F. WOEPCKE, *Über ein in der K. Bibliothek zu Berlin befindliches arabisches Astrolabium*. Mathem. Abhandlung d. K. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 1858, S. 1 ff.

Scheibe der zwölf Häuser. Auch eine Scheibe für das astrologische Problem der Bestimmung der zwölf Häuser besitzt unser Astrolab nicht. Diese Scheibe habe ich in der Abhandlung *Chwārizmī*, S. 21, beschrieben. Die in Fig. 5 gegebene Abbildung ist dem Werke JOH. STÖFFLERS¹ entnommen. In den von JAC. KOEBEL² abgebildeten Scheiben sind die Linien zur Abteilung der zwölf Häuser zugleich mit den Parallel-, Vertikal- und den anderen Kreisen und Linien gezeichnet, was die Deutlichkeit der Scheiben stark beeinträchtigt.

Doppelscheibe. Unser Astrolab besitzt sie nicht, doch sei der Vollständigkeit halber darauf hingewiesen, daß manchmal, gerade bei indischen Astrolabien, auf einer Scheibe die Liniensysteme für zwei Breiten gezeichnet sind, wohl in dem Bestreben, die Zahl der Scheiben zu vermehren, ohne die Anzahl der Platten zu vergrößern. Die „Linie der Mitte des Himmels“ für den einen Horizont ist die „Linie zum Pflock der Erde“ für den anderen. Die Liniensysteme liegen also beiderseits des Horizonts am Erdäquator. Die Stundenlinien fehlen in der Regel. W. M. MORLEY und G. R. KARE geben Abbildungen von solchen Scheiben.

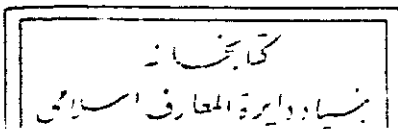
Sämtliche Scheiben werden in die „Mutter“ des Astrolabs gelegt und dort für den Gebrauch aufbewahrt.

3. Beschreibung der Spinne.

Die Spinne شبکة 'ankabat' (ἀράχνη, aranea) oder das Netz شبكة šabaka (volvellum, rete) zeigt die stereographische Projektion des gestirnten Himmels. Die Zahl der abgebildeten Sterne ist natürlich sehr beschränkt und hängt von der Größe des Instrumentes ab. Vor allem ist der Tierkreis abgebildet und die bekannteren Fixsterne, die beim nördlichen Astrolab nördlich des Wendekreises des Steinbocks liegen. Die Zahl der Unterteile eines Tierkreiszeichens richtet sich nach der Zahl der gezeichneten Höhenparallelen. Beim eingradigen Astrolab ist jedes Zeichen in 30 Teile geteilt. Beim zweigradigen mißt der Raum zwischen zwei Teilstrichen zwei, beim sechsgradigen, wie in unserem Fall (Fig. 1), sechs Grade. Da der gestirnte Himmel sich über dem Horizontsystem hinwegdreht, so muß, um diese Bewegung mit dem Astrolab nachzuahmen, die Spinne über der Scheibe drehbar sein. Um dabei die Lage eines

¹ JOH. STÖFFLER. *Elucidatio fabricae ususque astrolabii*. S. 8b. Oppenheim 1524. Die Abhandlung STÖFFLERS erlebte fünf Auflagen (siehe J. FRANK, *Chwārizmī*, n. a. O., S. 31) und dürfte damals das bedeutendste Werk auf diesem Gebiete gewesen sein.

² JAC. KOEBEL. *Astrolabii declaratio, eiusdemque usus etc.* S. 4—6. Moguntiae 1535.



bestimmten Himmelspunktes zum Horizontsystem verfolgen zu können, darf die Spinne keine massive Scheibe sein. Sie ist daher durchbrochen gearbeitet, so daß man die Linien auf der Scheibe durch die Spinne sehen kann. Über die Konstruktion und das Ausschneiden der Spinne berichten ausführlich an Hand von alBirūnī's *Istī'āb* E. WIEDEMANN und J. FRANK.¹ Den beim Ausschneiden stehengebliebenen Teilen, besonders denjenigen, die in die „Spitzen. Splitter“ (شَاطِئَة , شَطِئَة الْكَوَاكِب) *schatijja, schatijja alkawakib*, Splitter der Sterne, اِبْرَة الْكَوَاكِب *ibrat alkawakib*, Nadel für die Sterne. رَاس الْكَوَاكِب *ra's alkaukab* (مُحَدَّدَة *muhaddada* (alkaukab) die Zugespitzte des Sterns, *ra's alkaukab*, Kopf des Sternes, *μοιρογώνιον τοῦ ἀστέρος*, *acuti denticuli. acumen*), das sind die Projektionen der Sterne, auslaufen, geben die Verfertiger oft die kunstvollsten Formen wie die von Blättern, Tierköpfen usw. (vgl. u. a. W. M. MORLEY, Tafel XVI). Vor allem muß der Tierkreis stehen bleiben, der auf einem schmalen Ring abgebildet ist. Sein äußerer Rand ist bei guten Instrumenten schneidenförmig abgeschrägt. Auf dieser schiefen Kante sind die Teilstriche eingeritzt. Zur Vermeidung von Parallaxe ist die auf der Scheibe aufliegende Kantenlinie die Projektion der Ekliptik. Der Zeiger der Spinne *مُرِّي* *mūrī* (*μοιρογώνιον*, *index*), ein am Anfang des Steinbocks spitz zulaufender Vorsprung, darf nur so lang sein, daß er die innere Wand der Mutter leicht berührt. Wenn die Scheiben und die Spinne in sie gelegt werden, so fällt der Zeiger genau in die Ebene der Gradteilung auf dem Rand der Mutter, so daß seine Stellung zu ihr ohne Fehler abgelesen werden kann. Da die Gerade, die die Spitze des Zeigers mit dem Mittelpunkt des Astrolabs verbindet, als Projektion eines Deklinationskreises angesehen werden kann, so kann mit dem Zeiger die jeweilige Drehung des Himmels um die Weltachse bestimmt werden. Den gleichen Zweck erfüllt auch ein um den Mittelpunkt des Astrolabs drehbares Lineal, eine einfache Alhidade (s. w. u.) ohne Absehen, dessen Mittellinie (*linea fiduciae*) wiederum die Projektion eines Deklinationskreises ist. Besonders die Astrolabien der westlichen muslimischen Völker besitzen diese Alhidade auf der Vorderfläche des Astrolabs, deren Spitze bzw. Ablesekante im Mittelalter *index. ostensor, calculator, ponella* hieß.

Die Drehung der Spinne erfolgt um eine Achse (s. w. u.), die durch eine Durchbohrung *مَحْن* *maḥan* (foramen) in ihrer Mitte und durch die

¹ E. WIEDEMANN und J. FRANK. *Vorrichtungen zur Teilung von Kreisen und Geraden usw. nach Birūnī*, Zschr. f. Instr.-Kunde. Bd. 41, 1921, S. 232.

gleiche in den Scheiben und der Mutter geht. Die Namen der auf unserer Spinne verzeichneten Sterne sind weiter unten bei den astronomischen Inschriften mitgeteilt.

4. Die Alhidade und die Achse.

Alhidade. Die Alhidade *المضادة* *al-'iḡādu* (διόπτρα, regula, verticulus, mediclinium, radius; wörtlich: Pfeiler, Pfosten. Seite) ist ein auf dem Rücken des Astrolabs um dessen Achse drehbares Lineal von der Länge des Durchmessers der Rückfläche (Fig. 2). Die eine Kante des Lineals geht durch den Mittelpunkt der Durchbohrung. Sie dient zugleich als Zeiger für die verschiedenen Lagen auf dem Höhenkreis bzw. den Schattenfiguren. Die andere Linealkante ist an den Enden gegen die erste Kante hin zugespitzt. Zu beiden Seiten der Durchbohrung ist in einiger Entfernung von der Mitte je ein Plättchen *لبنة* *libna*, Ziegel, *دفة* *daffa*, Brett, Türflügel, *هدفه* *hadafa*, Ziel, Visier (tabula, pinna) senkrecht zur Breitseite des Lineals befestigt. Jedes der Plättchen ist mit einem größeren und einem kleineren Loch (*ثقب* *tuqba*) in entsprechend gleichen Abständen vom Fußpunkt versehen, so daß die Visierlinie durch ein zusammengehöriges Paar dieser Löcher parallel zu der Linealfläche ist. Diese Absehen dienen zum Anvisieren z. B. eines Gestirnes, dessen Höhe am Höhenkreis mittels der Zeigerkante abgelesen wird. Bei unserer Alhidade liegen die Visierlöcher nicht gerade über der Zeigerkante, was beim Messen von unendlich weiten Gegenständen ohne Bedeutung ist, bei nahen dagegen zu Fehlern führt. Unsere Alhidade gehört zu den einfacheren Formen. Manche tragen noch verschiedene Teilungen, die zum Messen verschiedener trigonometrischer Größen¹ oder zur Zeitbestimmung durch Messen der Schattenlänge der Absehen² dienen, andere zeigen besondere Gestalt.³ AlBīrūnī berichtet im *Ist'āb*, daß bei manchen Alhidaden zwischen die Löcher der Absehen eine Röhre gelegt ist zur Erleichterung des Anvisierens. Vgl. u. a. die Hinweise von F. Nolte⁴ und W. M. Morley.⁵

¹ Vgl. E. Wiedemann, Beiträge XVIII, S. 42.

² F. Woepcke, *Über ein in der K. Bibl. zu Berlin befindl. arab. Astrolabium*, S. 24.

³ E. Wiedemann und J. Frank, *Vorrichtungen z. Teilung v. Kreisen*, S. 219.

⁴ F. Nolte, *Die Armillarsphäre*, S. 23.

⁵ W. M. Morley, a. a. O., S. 21.

Achse. Die Achse *قطب qutb*, Stift, *واتد watad*. Zeltpflock (clavis, vectis teres. rotundus, axis), auch *محور miḥwar*, Rolle genannt, die durch die Durchbohrungen der Alhidade, der Mutter, der Scheiben und der Spinne geht, hält das ganze Instrument zusammen. Dazu ist sie an dem einen Ende mit einem Nagelkopf *مسار mismār*, der auf der Alhidade aufsitzt, an dem anderen Ende mit einem Schlitz versehen, der am zusammengesetzten Instrument noch über die Spinne hinausragt. Zu ihrem Schutz ist auf sie noch eine Unterlagsscheibe *فلس fils*, Geldmünze) gelegt. Durch den Schlitz wird ein Bolzen gesteckt, der wegen seiner Form *فرس faras*, Pferd (equus, caballus) heißt. Der Bolzen ist bei unserem Instrument verloren gegangen. Unser Astrolab gehört, was die Ausführung anbetrifft, gerade nicht zu den kunstvollsten Instrumenten, im Gegensatz zu manchen, die wahre Meisterwerke der künstlerischen Feinmechanik sind, wie das von W. M. MORLEY beschriebene oder wie z. B. zwei im Besitze von Prof. Dr. BASSERMANN-JORDAN, München, befindliche. Auch die Genauigkeit der geometrischen Konstruktion der einzelnen Linien und Kreise läßt beim vorliegenden Astrolab zu wünschen übrig. Allerdings ist nicht zu vergessen, daß die Zeichnung des Astrolabs ein großes Maß von Fertigkeit verlangt. Daher wurden bei den Arabern die Konstrukteure der Astrolabien mit dem Ehrentitel *al-ḥisṭur-labī* bedacht. Um so reicher ist unser Astrolab an Inschriften, wodurch sein Wert bedeutend erhöht wird.

III. Die Inschriften des Astrolabs.

1. Vorbemerkungen.

Das Ansatzstück (vgl. oben S. 12) trägt auf der Vorderseite eine *Nasḥī*-Inschrift, aus welcher hervorgeht, daß das Astrolab im Jahre 1018 d. H., d. i. 1609 n. Chr., von den beiden Söhnen des 'Isā b. Allāhdād zu Lāhōr, also in der Hauptstadt und unter der Regierung des vierten Mogulkaisers aus dem Hause der Timuriden, Dschehāngīr 1605—1627, des Sohnes des großen Akbar (1556—1605) gefertigt worden ist. Aus den neueren Veröffentlichungen des englisch-indischen Astronomen KAYE¹ geht hervor, daß die Verfertiger einer offenbar bekannten Familie von Astrolabmachern aus dem 16.—17. Jahrhundert angehören. Auf anderen Astrolabien und Armillarsphären in Dschaipūr (Jaipūr) und Delhi sind sie mit den Namen Mullā Qāsim Muḥammad und Muḥammad Muqīm bezeichnet, ihr Vater als Ḥāfiẓ 'Isā, und dessen Vater als Schaiḥ Allāhdād-i-Aṣṭurlābī-i-Humājūnī. Demnach ist die Familie bis in die Regierungszeit Humājūns (1530—1556) zurückzuverfolgen. Wo Allāhdād, der erste, welcher den Ehrentitel Aṣṭurlābī führte, seinen Wohnsitz gehabt hat, läßt sich nicht mehr feststellen. Seine Nachkommen, die Erben seiner Kunst, haben sämtlich in Lāhōr gelebt. Nach KAYE sind noch folgende Instrumente aus der Familie Allāhdād nachweisbar: 1. Von Muḥ. Muqīm ein Astrolab im Besitze von Mr. Lewis Evans, datiert 1053 (1643²). 2. Von demselben ein Astrolab im British Museum, datiert 1070 (1660). Demnach hat Muḥ. Muqīm ein hohes Alter erreicht, und das hannoversche Astrolab ist ein Jugendwerk von ihm und seinem Bruder (b. Qāsim Muḥammad). Von dessen Sohn Zijā alDīn stammen ferner: 3. Ein Astrolab in Dschaipūr, aus dem 31. Regierungs-

¹ G. R. KAYE, *The Astronomical Observatories of Jai Singh*, Calcutta 1918, S. 16—17, und G. R. KAYE, *Astronomical Instruments in the Delhi Museum*, Memoirs of the Arch. Survey of India, Calcutta 1921, S. 1.

² Die zweite Zahl gibt das christliche Jahr an und ist zur bequemen Orientierung des Lesers beigelegt.

jahr des Kaisers Schāh Dschehān 1067 (1657). 4. Ein Zarqālī-Astrolab in Dschaipūr aus dem 23. Regierungsjahre des Aurangzēb 1091 (1680) und eine Armillarsphäre im Museum zu Delhi vom Jahre 1087 (1676). Diese letzteren Instrumente von der Hand des Zijā alDīn sind von vollendeter Feinheit und Schönheit. Ihre Abbildungen finden sich in den Veröffentlichungen von KAYE. Der Ahnherr Allāhdād trägt einen persischen Namen, und mag vielleicht erst mit dem Kaiser Humājūn nach Nordindien gekommen sein. Seine Enkel waren offenbar der arabischen Sprache nicht hinreichend mächtig, um in der kurzen Inschrift auf dem *Kursī* des Astrolabs Fehler zu vermeiden. In den zeitgenössischen Chroniken, z. B. der Autobiographie des Kaisers Dschehāngīr und im zweiten Teile des *ʿĪm-i-Akbarī*, wo eine Menge indisch-islamischer Gelehrter aufgezählt werden, ist über die Familie Allāhdād nichts zu finden. Möglich, daß sie zeitweilig Hofastrologen¹ waren, wie sie der französische Arzt FRANÇOIS BERNIER² um 1665 am Hofe des Kaisers Aurangzēb humorvoll schildert.

Von den Inschriften, mit welchen das Astrolab bedeckt ist, sind diejenigen auf dem Ansatzstück in *Nasḥī*-Schrift eingraviert, diejenigen auf der *kuḡra* (Rand, Limbus) in persischem *Taʿlīq*. Es ist fraglich, ob sie von den Söhnen des ʿIsā b. Allāhdād herkommen.³ Es sind 37 Namen von Städten, teils der westislamischen Welt, teils des indischen Mogulreichs aus der Zeit Akbars und Dschehāngīrs. Über jedem Namen ist die geographische Länge, unter ihm die Breite in arabischen Buchstabenzahlen angegeben. Die Voranstellung der Länge, entgegen dem heutigen Brauche, erklärt sich wohl daraus, daß für die Griechen und Araber die bewohnte Welt eine bedeutend größere Ausdehnung von Osten nach Westen, als von Norden nach Süden besaß. Die Zahl 0 ist durch das Zeichen ٠ wiedergegeben, während sie in gleichzeitigen indisch-persischen Chroniken durch ein ٥ oder das gleichbedeutende ٥ vertreten ist. Bei der Verschiedenheit des Schriftcharakters ist es sehr möglich, daß diese Namen erst von einem späteren Besitzer

¹ Im *Akbar-nāma* (Ed. BEVERIDGE, Vol. I, S. 69—70) wird ein Inder Maḡlānā Ūnd als Hofastrologe von Akbar und Dschehāngīr genannt.

² FR. BERNIER, *Voyages*. Amsterdam 1699. T. I, S. 213—216. T. II, S. 12—14.

³ Indessen tragen auch die anderen Astrolabien der Söhne des ʿIsā b. Allāhdād reichlich geographische Namen, das prächtige Instrument Dschaipūr B (KAYE) z. B. nicht weniger als 210, ein anderes aus Lāhōr davon 36. Auf manchen Astrolabien ist auch der *ihīrāf* (Mekka-Richtung) und die *ḡīḥa* (Mekka-Horizont-Viertel) bei jedem Orte verzeichnet.

in das Astrolabium eingegraben worden sind. Die Verschiedenheit der Schreibung des Namens der Hauptstadt, zuerst Lahāur, dann Lāhōr, spricht sehr dafür; die erstere Form findet sich in den arabischen, die letztere mehr in den persisch-indischen, geographischen Aufschriften. Endlich sind im Inneren, auf dem Boden des Gehäuses, noch 27 Namen, in drei Kreisen angeordnet, in einer anderen Form persischer Schriftführung eingraviert. Nur vier von ihnen tragen indo-arabische Zahlzeichen. Es sind nord- und mittelindische, auch einige afghanische und persische Städtenamen. Vielleicht sind sie von einem dritten Besitzer hinzugefügt worden, nachdem weitere Teile des Dekhan, das Gebiet des heutigen Haidarābād, von 1637 an dem Mogulreiche einverleibt worden waren.

Die Entzifferung der Städtenamen stieß auf Schwierigkeiten, weil die diakritischen Punkte nur selten gesetzt waren. Für die weniger bekannten Namen konnte mir Herr Dr. ŞİDDİQÎ durch Vermittlung von Prof. E. LITTMANN einige Anhaltspunkte geben.¹ Die fast restlose Lesung gelang aber erst, nachdem uns Herr Prof. J. HOROVITZ auf die Darstellung der Verwaltungsbezirke des Mogulreiches in dem persischen *Ā'in-i-Akbār* des Abu'l Faḍl-i-ʿAllāmī², des Ministers, Freundes und Chronisten des Kaisers Akbar hingewiesen hatte. Hier waren im dritten Buche die meisten noch zweifelhaften Städtenamen nebst ihrer administrativen Zugehörigkeit, im vierten Buche auch ihre geographischen Längen und Breiten zu finden. Dabei konnte eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den geographischen Zahlen unseres Astrolabiums und des persischen Chroniktextes festgestellt werden. Einige Schreibfehler auf dem ersteren und sehr viele Schreib- und Druckfehler in letzterer werden durch die Vergleichung berichtigt. Wir hatten leider keine Möglichkeit, zu prüfen, ob die Liste des hannoverschen Astrolabs etwa derjenigen des Ulūğ Beg entnommen ist, wie die große des Astrolabs Dschaipūr B des Muḥammad Muqīm.

Was die Zahlenwerte der angegebenen Längen- und Breitengrade anbetrifft, so sind dieselben für Mekka, Medīna, ʿAden, Bağdād usw. offenbar einfach aus älteren arabischen Geographen übernommen, traditionell und daher recht fehlerhaft, für die indischen Orte aber sicher erst nach der Zeit des al-Bīrūnī und des Ibn Baṭṭūṭa bestimmt und

¹ NUNDO LAL DEVS *Geographical Dictionary of Ancient and Medieval India*. Calcutta 1899, I u. II, enthält leider keine Ortsbestimmungen.

² *The Ā'in-i-Akbār by Abul-Faḍl-i-ʿAllāmī*. Edited in the Original Persian by H. BLOCHMANN. Calcutta, Vol. I, 1872. Vol. II, 1877. Kürzlich gelangte ich auch in den Besitz der Lucknower 3. lithographischen Ausgabe des Werkes von 1893.

verhältnismäßig genau, wenigstens für die Breiten. Die Längengradmessung lag ja auch in Europa im 17. Jahrhundert noch im argen und wurde erst durch die vollkommeneren Meßinstrumente und Chronometer des 18. Jahrhunderts auf eine sichere Stufe gestellt. Die vielen Schriften der europäischen Indienreisenden des 17. Jahrhunderts geben für die Küstenorte ganz verschiedene und meistens falsche Längen- und Breitenwerte an. Die Längenmessung auf unserem Astrolabium ist, wie bei Ptolemaeus, von den Inseln der Glücklichen (Μακάριον Νήσοι, Insulae Fortunatae der Römer) an gerechnet, die 10° westlich von der äußersten Westspitze Afrikas, also dem grünen Vorgebirge, liegen sollen¹, während z. B. Abu'lFidā von letzterem an zählt und Jerusalem auf 51° 30' östlicher Länge angibt, wohingegen es auf dem Astrolabium mit 60° 30' verzeichnet ist. Vielfach stimmen die Längen indischer Städte nicht untereinander, aber die groben Fehler des *Kitāb alaṭwāl w'al'urūd* und des *Qānūn* des alBīrūnī, welche z. B. zwischen Multān und Dihlī fast 34° Längenunterschied angeben, während es nur 2° sind, werden hier sowohl, wie im *I'm-i-Akbarī* verbessert. Zur Kontrolle fügen wir bei jedem Namen in der Anmerkung die im 19. Jahrhundert festgestellte Länge und Breite der indischen Orte hinzu. Leider konnten wir für viele nicht die neuesten Werte geben, da uns weder der *Imperial Gazetteer of India* noch der *Account of the Operations of the Great Trigonometrical Survey of India* zur Verfügung stand. Daher mußten wir die meisten Angaben dem Anhang der *Firišta*-Übersetzung von Briggs² entnehmen, der nur die von 1805—25 gewonnenen Messungsergebnisse enthält. Doch konnten wir einige Angaben nach H. von MẒIK, *Die Reise des Arabers Ibn Baṭṭa durch Indien und China*, Hamburg 1911, verbessern.

¹ Ebenso wie die Alten halten die Araber von diesen Inseln der Glücklichen جزائر السعادات *Ḡaẓā'ir alsa'ādāt* oder der Ewigen الخالدات *alḫālīdāt* nur eine vage Vorstellung. Sie wurden bald getrennt, bald zusammengeworfen, bald zu sechs, bald zu 24 an der Zahl angegeben. Wir wissen daher nicht, ob man sie als die kanarischen oder die kapverdischen Inseln ansehen soll. KAYE, *The Astron. Observ. of Jai Singh*, S. 25, findet bei Vergleichen, daß die Längenzahlen der Araber von den heutigen durchschnittlich um 34—35° differieren, daß also der arabische Nullmeridian etwa durch die Azoren ging.

² JOHN BRIGGS, *History of the Rise of the Mahomedan Power in India till the Year A. D. 1612, translated from the Original Persian of Mahomed Kasim Ferishta*, Vol. IV, London 1829, Appendix II.

Wir lassen nunmehr den Text mit Übersetzung folgen:

2. Geographische Inschriften.

A. Vorderseite des Ansatzstücks.

Seine Herstellung	(lies صنعه) صنع
ward vollendet durch die beiden Hände der schwächsten der Knechte,	تمت بأيدي اضعف العباد
der beiden Söhne des 'Isā ibn Allāhdād	ابني عيسى ابن الهمدان
im J. 1018 in der Stadt des Kalifenhauses	سنة ١٠١٨ في بلد دار الخلافة
Lahaur. Gott d. E. bewahre sie vor den Wechselfällen der Schicksale	ليأور صانه الله تع عن افات الدهور
Lāhōr ¹	قطاك لان [لهاور]

B. Rückseite des Ansatzstücks.

Mekka ²	77° 0'	21° 40'	مكة	عزقة	كام
Medina ³	75° 20'	25° 0'	مدينة	عده	كهة
Jerusalem ⁴	66° 30'	31° 50'	بيت المقدس	سور	لان

C. Ränder des Ansatzstücks.

Kūfa ⁵	79° 30'	31° 30'	كوفة	عطال	لال
Baṣra ⁶	84° 0'	30° 0'	بصرة	فدة	ل
Baḡdād ⁷	82° 0'	33° 25'	بغداد	فب	لج كه
'Aden ⁸	76° 0'	11° 0'	عدن	عرة	يا

¹ D. h. Länge und Breite von Lāhōr. Der Name der Stadt ist nicht eingetragen; die heutigen Werte sind nach Kave 74° 20' östl. L., 31° 35' nördl. Br.

² Im *Ī'in-i-Akbari* (II, 32) ist die Länge von Mekka fehlerhaft zu 70° anzunehmen. Bei den arabischen Geographen schwankt sie zwischen 67° (*Qānān*), d. h. 77°, und 78° (*Jāqūt*). Heute wird sie auf 40° 41' ö. L., die Breite auf 21° 20' n. Br. geschätzt.

³ Heute auf 39° 58' ö. L., 24° 25' n. Br. geschätzt. Während des Krieges mögen die genauen Maße durch englische Ingenieure ermittelt worden sein.

⁴ Heutige Maße: 33° 15' ö. L., 31° 47' n. Br.

⁵ Heutige Maße: 44° 20' ö. L., 32° 4' n. Br.

⁶ Heutige Maße: 47° 50' ö. L., 30° 30' n. Br.

⁷ Heutige Maße: 45° 20' ö. L., 33° 20' n. Br. Im *Ī'in-i-Akbari* Länge falsch 70°.

⁸ Heutige Maße: 45° 10' ö. L., 12° 17' n. Br.

Dschidda ¹	76° 0'	21° 0'	ق	كا	ع	جده
Jemen ²	77° 0'	15° 30'	ل	يه	عز	يمن

D. Rand (*hujra*) des Astrolabs.

Ahmedābād ³	108° 40'	23° 15'	ك	چ	م	ق	احمدآباد
Kambājat ⁴	109° 20'	22° 20'	ك	ب	ب	ق	كبايت
Sōmnāt ⁵	106° 0'	17° 0'	ع	ز	ق	ق	سمرنات
Tānēsar ⁶	112° 25'	30° 10'	ل	ي	ك	ق	تانيسر
Pānīpat ⁷	113° 10'	28° 52'	ب	ك	ي	ق	پانیپت
Adschmēr ⁸	111° 5'	24°	ك	د	ق	ق	احمير
Agra ⁹	117° 0'	26° 35'	ل	ك	ق	ق	اگره

¹ Heutige Maße: 32° 30' ö. L., 20° 45' n. Br. (BRIGGS). Im *Ā'in-i-Akbari* Länge fehlerhaft zu 70° 10' angegeben.

² Die Maße sind noch nicht festgestellt. Bei den arabischen Geographen fehlen die Maße der Stadt (?) Jemen. Für die Hauptstadt Šan'ā wird im *Ā'in-i-Akbari* (II, 30) 76° 0' ö. Länge, 14° 40' n. Breite angegeben.

³ Hauptstadt der Provinz Gujarāt (Gudscharāt). Heutige Maße 72° ö. L., 23° n. Br. Der Ostindienreisende von MANDELSLOH gibt im 17. Jahrhundert die Lage der Stadt zu 109° ö. L., 24° n. Br. an.

⁴ Auch كنبات oder كنبات geschrieben. Cambay oder Kambāja. Hafenstadt am gleichnamigen Gulf. Im Mogulreiche im Regierungsbezirk (*sarkār*) Ahmedābād der Provinz (*šūba*) Gujarāt gelegen. Die heutigen Maße sind nach v. MĀZIK 72° 40' ö. L., 22° 18' n. Br.

⁵ Im nördlichen Gujarāt an der See gelegen. Heute nach BRIGGS 70° 30' ö. L., 21° 45' n. Br. Die Angabe 17° Breite auf dem Astrolabium ist falsch und nach dem *Ā'in-i-Akbari* in 21° 15' zu verbessern.

⁶ Besser Thānēsar تانیسر geschrieben. Ort in der Provinz Dīhlī (Delhi), durch viele Entscheidungsschlachten der indischen Geschichte bekannt. Heute zu 29° 55' n. Br., 76° 48' ö. L. bestimmt.

⁷ Uralter, schon aus dem *Mahābhārata* bekannter Schlachtort im Pendschāb (engl. Punjab), nördlich von Delhi. Maße nach BRIGGS 76° 45' ö. L., 29° 25' n. Br. Im *Ā'in-i-Akbari* Länge verdruckt zu 103° 10' angegeben.

⁸ Ajmere. Ajmeer, Adschmīr, Hauptstadt von Radschpūtāna, 1559 von Akbar erobert und der gleichnamigen Provinz (*šūba*) vorgesetzt. Mittelpunkt zahlloser Kämpfe. Heutige Maße 74° 44' ö. L., 26° 27' n. Br. Die Breite 24° auf dem Astrolabium ist verschrieben und muß 26° كر lauten. So richtig im *Ā'in-i-Akbari* (II, 32).

⁹ Hauptstadt des Mogulreiches unter Akbar und einigen seiner Nachfolger. Heutige Maße: 75° 3' ö. L., 27° 10' n. Br.

Dihli (Delhi) ¹	113° 20'	28° 12'	دہلی	قیچ	ک	کچ	یب
Gwāliar ²	115° 0'	26° 29'	گوالیر	قید	ق	کر	کٹا
Kanaudsch ³	112° 50'	26° 36'	کنوج	قیب	ن	کو	لر
Kora ⁴	107°(?) 6'	26° 36'	کڑہ	قر (?)	و	کو	لر
Benāres ⁵	117° 20'	26° 15'	بنارس	قیز	ک	کو	ید
Badā'ōn ⁶	114° 19'	27° 37'	بداون	قید	یٹا	کنز	لر
Baran ⁷	114° 0'	28° 45'	برن	قید	ق	کچ	مد
Dschaunpūr ⁸	119° 6'	26° 36'	جونپور	قیٹا	و	کو	لر
Audh ⁹	118° 6'	27° 21'	اودھ	قیچ	و	کنز	کب

¹ Im *Ā'in-i-Akbarī* ist die Länge zu 114° 35', die Breite zu 28° 15' angegeben. Maße heute: 77° 13' ö. L., 28° 38' n. Br.

² Gewöhnlich Gwālijār, گوالیار geschrieben. Festung Gwalior, eine der Hauptstützen des Mogulreichs, damals Bezirkshauptstadt in der Provinz Agra. Heutige Maße: 75° 26' ö. L., 26° 18' n. Br.

³ Meist Qannōṣ, قنوج, von den Arabern Qinnanḡ geschrieben. Alte Brahmanenstadt, dem Ptolemaeus (VII, 2) als Kavōrīza bekannt. Im Mogulreiche Bezirks- hauptstadt der Provinz Agra. Maße heute: 79° 56' ö. L., 27° 3' n. Br. Heute Canowj, Kanodsch usw. transkribiert.

⁴ Da die Gradmaße des Astrolabiums hier nicht mit denen des *Ā'in* (II, 33) übereinstimmen — letzteres gibt 101° 40' L., wohl Druckfehler für 111°, bei gleicher Breite an —, so ist es nicht ganz sicher, welcher von den vier bis fünf Orten namens Garra, Karra oder Gurra gemeint ist, vermutlich ist es aber Karra (Kurrah) am rechten Gangesufer, in der Provinz Allāhābād, heute zu 81° 25' 40'' ö. L. und 25° 41' 50'' n. Br. bestimmt (v. Máz), unweit Benāres.

⁵ Die berühmte Gangesstadt ist im *Ā'in* zu 119° 15' L., 26° 17' Br. angegeben; heute 83° 0' ö. L., 25° 18' n. Br.

⁶ Im *Ā'in* auch بداون und بداون geschrieben. Bezirkshauptstadt in der Mogul- provinzen Dihli, Geburtsort des 'Abd alQādir Badā'oni, eines der Geschichtsschreiber Akbars. Die Gradmaße fehlen im *Ā'in* und bei Briggs. Heutige Maße (v. Máz): 75° 36' 30'' ö. L., 28° 35' 5'' n. Br.

⁷ Stadt im Regierungsbezirk Dihli, heute Bulendshahr in den Vereinigten Provinzen von Agra und Oudh, Geburtsort des Geschichtsschreibers Zijā aldin Baranī. Im *Ā'in* ist die Länge verdruckt, es muß قید lauten; die Breite ist auf 25° 48' angegeben. Bei Briggs fehlt der Ort.

⁸ Im Text verschrieben جونپور, die Zahlen verwischt. Joonpoor, Jawnpur usw. transkribiert. Im Mogulreiche Bezirkshauptstadt in der Provinz Allāhābād. Maße (Briggs): 82° 40' ö. L., 25° 44' n. Br.

⁹ Meist Oudh transkribiert. Hauptstadt der gleichnamigen Provinz. Maße im *Ā'in*: 116° 25' Länge, 26° 55' Breite; die alte Stätte gehört heute zum Stadtgebiete von Faizābād, liegt in 82° 12' ö. L., 26° 48' n. Br.

Sonnām ¹	110° 0' (?) 30° 30'	ل	ق	ق	سنام
Sambhal ²	113° 15' 28° 20'	ك	ق	س	سنبھل
Hānsī ³	112° 25' 29° 15'	ك	ق	س	هانسی
Kōl ⁴	114° 19' 28° 0'	ك	ق	س	كول
Gopāmao ⁵	116° 38' 26° 45'	ك	ق	س	گوپامو
Lāhōr ⁶	109° 20' 31° 50'	ك	ق	س	لاهور
Multān ⁷	107° 35' 29° 40'	ك	ق	س	ملتان
Daulatābād ⁸	102° 0' 20° 30'	ك	ق	س	دولتآباد

¹ Im Mogulreiche kleiner Ort des Bezirks (*sarkār*) Sirhind in der Provinz Dillī. Maße bei Bauges: 75° 53' ö. L., 30° S' n. Br.

² Auch سنبھل geschrieben, Sumbhul, Sanbul usw. transkribiert. Bezirkshauptstadt in der gleichen Provinz. Maße im *Ā'in-i-Akbārī* verschrieben in 105° 30'; heute 78° 36' ö. L., 28° 35' n. Br.

³ Stadt im Regierungsbezirk Hişār Fīrāza der gleichen Provinz des Mogulreiches. Maße heute: 75° 55' ö. L., 50° 7' n. Br.

⁴ Cole, Coil, Koil, Kowil transkribiert. Bezirkshauptstadt der Provinz Agra, das heutige 'Alīgarh. Längenmaße im *Ā'in* verdruckt. Heutige Maße: 78° 4' ö. L., 27° 53' n. Br.

⁵ Im *Ā'in* گوبامو geschrieben, als Festung (*qal'a*) im Regierungsbezirk Khairābād der Provinz Audh bezeichnet. Die Gradmaße fehlen sowohl im *Ā'in* wie bei Bauges.

⁶ Von den arabischen Geographen Lahāwur und Luhāur oder Luhaur geschrieben, heute Lahore. Unter dem Kaiser Dschehāngīr die Hauptstadt des Mogulreiches und der gleichnamigen Provinz. Heute Hauptstadt des Fünfstromlandes (Pangab, Punjab, Pendschab). *Ā'in* gibt die gleiche Länge wie unser Astrolabium an, aber eine etwas kleinere Breite (31° 15'), falls nicht ein Abschreibfehler vorliegt. Gradmaße heutiger Bestimmung: 74° 20' ö. L., 31° 35' n. Br.

⁷ Häufiger ملتان Multān geschrieben, den arabischen Geographen wohlbekannt. Hauptstadt der gleichnamigen Provinz der Nordwestgrenze des Mogulreiches. Länge bei den Arabern zu 96° 25', im *Ā'in* dementsprechend zu 106° 25' angegeben, Breite wie oben. Heute Ruinenstätte. Maße: 71° 31' ö. L., 30° 12' n. Br.

⁸ Hier ist von den etwa fünf Städten dieses Namens diejenige in der Provinz Gujarāt (Bezirk Sūrāṭa, nicht Sūrāt) gemeint. *Ā'in* gibt als Maße 101° Länge, 25° Breite, die für eine Stadt in Sindh stimmen, Bauges 75° 20' ö. L., 19° 53' n. Br.

E. Rückseite, rechts oben.

Ahmednagar ¹	107° 0'	19° 0'	قَرِ	يَا	عَ	احمدنگر
Rādschgarh(?) ²	109° 15'	18° 20'	يَح	كَي	قَتَا	راحدگر
Burhānpūr ³	—	—	—	—	—	برهانپور
Uddschain ⁴	112° 0'	22° 30'	كَب	ل	قَب عَ	اوجين

F. Im Innern der Mutter.

Mongair⁵, Paṇḍwa⁶, Sonnārgāoṇ⁶, } منگير پندوا سناړگانو
 Satgāoṇ⁶

¹ Festung im Bezirk Ahmedābād der Provinz Gujarāt. im Weltkriege 1914—20 Internierungsort der deutschen Zivilgefangenen. Maße fehlen im *Ā'in*. Bei Briggs 74° 50' ö. L., 19° 8' n. Br.

² Diese Deutung ist unsicher. Der Name ist auf dem Astrolabium sehr deutlich eingraviert. Im *Ā'in* findet sich ein راجگر oder راجده im Regierungsbezirk Berār der gleichnamigen Provinz, doch stimmen die Gradmaße nicht. So ist wohl eher an Rādschūri (Rajoory) راجورى zu denken, das bei Briggs mit 74° 40' ö. L., 17° 58' n. Br. figured, oder an Rājagiri oder ähnliches (das alte Rājagriha).

³ Da die Maße fehlen, so ist nicht sicher zu sagen, ob Burhānpūr in Bengalen oder der gleichnamige Ort in der kleinen zentralindischen Mogulprovinz Dandīs (سویہ داندیس) gemeint ist. Das letztere ist wahrscheinlicher. *Ā'in* (I, 473) gibt an, daß es am Ufer des Tapti-Flusses in 21° 40' Breite gelegen sei. Nach Briggs 73° 40' ö. L., 23° 0' n. Br.

⁴ Sonst أُجَيْن geschrieben, Oojain, Ojjein, Udschdschen usw. transkribiert. Altindische Gelehrtenstadt (sansk. Ujjāyini), Geburtsort des größten indischen Dichters Kālidāsa. Bei Ptolemaeus (VII, 1) 'OZḗvη, davon bei den Arabern ازين und später zu *Arīn* ارين verstümmelt. Da für die alten Inder der Meridian von Ujjain der mittelste Längengreis der Erde war, so verlegten die arabischen Geographen die Kuppel der Erde (qubbat alarḍ) nach dem sagenhaften *Arīn*, dem Kreuzungsort des 90. Meridians mit dem Äquator (REINARD, *Géographie d'Aboulféda*, I, S. CCXXXIII ff.). Im Mogulreiche war Ujjain die Hauptstadt der Provinz Mālwa. Maße im *Ā'in* falsch angegeben; heute: 75° 47' ö. L., 23° 10' n. Br.

⁵ Mongir, Mongheir, Monghyr, Bezirkshauptstadt in der Provinz Bihār, nach *Ā'in* etwa 121° 31' Länge, 26° 16' Breite (fehlerhaft).

⁶ Alle drei in der Provinz Bengalen (سویہ بنکال), Paṇḍwa im Bezirk Sulaimān-ābād, nach *Ā'in* 128° Länge, 25° Breite, Sonnārgāoṇ und Satgāoṇ ساتگان (Sutgam) Bezirkshauptstädte. Gradmaße im *Ā'in* verdruckt. Bei Briggs ersteres 89° 27' ö. L., 23° 17' n. Br., letzteres 91° 48' ö. L., 24° 15' n. Br.

Khairābād¹, Śūrat², Bīdschā- } خیرآباد صورت بیجاپور کولکندہ
pūr³, Gōlkonda³

Amarkōt⁴, Sultānkōt⁵, Ilāhābād⁶ امرکوت سلطانکوت الیاباد

Hañdja 67 75 12 15, } ہندہ ۶۷۷۵ ۱۲۱۵ ۱۱۴۰ ۶۷۵۵
Sārangpūr⁷ 67 55 11 40

Sirōndsch⁸ 67 83 14 55, } سیرونج ۶۷۸۳ ۱۴۵۵ ۱۵۳۵ ۶۸۴۵
Narwar⁹ 68 45 15 25

Kālindschar¹⁰, Schukrpūr¹¹ کالنجر شکرپور

¹ Bezirkshauptstadt der Provinz Audh. Gradmaße 80° 46' ö. L., 27° 32' n. Br.

² Śūrat, Sarut usw., auch صورت geschrieben, bekannter Seehafen, Bezirkshauptstadt in Gujarāt. Nach Ā'in 110° Länge, 21° 30' Breite. Beejapoor im Bezirk Patan der gleichen Provinz. Baiges: 75° 48' ö. L., 16° 50' n. Br.

³ Golkanda, Golkonda, alte Hauptstadt des zentralindischen Königreichs, welches heute dem Nizamat von Ĥaidarābād entspricht. Es wurde erst 1672 von dem Mogul-kaiser Aurangzēb unterworfen. Baiges: 82° 31' ö. L., 17° 39' n. Br.

⁴ Amarkōt, meist امرکوت geschrieben, am Indus, Stadt im Bezirk Nagīrpur der Provinz Multān, Geburtsort des Kaisers Akbar. Nach Ā'in 100° Länge, 24° Breite, nach Baiges 70° 3' ö. L., 25° 36' n. Br.

⁵ Sultānkōt war nicht zu ermitteln, da in der Verwaltungseinteilung des Ā'in fehlend. Im geographischen Teil dieses Werkes ist es aber (II, 36) als Stadt in Hindustān mit 28° 30' n. Breite vermerkt.

⁶ Auch Ilāhābās الیاباس geschrieben, Hauptstadt der Provinz Ilāhābād (Allahabad), am Ganges gelegen. Im Ā'in (II, 33) zu 118° 25' Länge, 26° 0' Breite angegeben. Bei Baiges fehlt diese wichtige Stadt merkwürdigerweise. Heutige Gradmaße nach Encyclopedia Britannica 81° 50' ö. L., 25° 26' n. Br.

⁷ Beide Bezirkshauptstädte in der Provinz Mālwa. Nach Baiges Maße von Ĥañdja 82° 10' ö. L., 25° 20' n. Br., von Sārangpūr 76° 35' ö. L., 21° 38' n. Br. Die beigelegten indo-arabischen Zahlen sind auf dem Astrolabium kunstlos eingekratzt. Ihre Bedeutung ist wahrscheinlich Inḥirāf- (Qibla-)Richtung und größte Tageslänge. Es ist also zu lesen 65° 55' und 12° 15'.

⁸ Auch Sirōnē سرونج geschrieben. Stadt im Bezirk Cānderi von Mālwa. Nach Ā'in 104° 59' Länge, 27° 22' Breite (falsch!). Fehlt bei Baiges.

⁹ Bezirkshauptstadt der Provinz Agra. Gradmaße im Ā'in verdrückt, vermutlich 108° 5' Länge, 25° 33' Breite. Bei Baiges 78° 3' ö. L., 23° 24' n. Br.

¹⁰ Kalinjur usw. transkribiert. Bergfestung und Bezirkshauptstadt in der Provinz Ilāhābād, Schauplatz vieler Kämpfe. Nach Ā'in Länge 116° 30', Breite 26° 0'; nach Baiges 80° 27' ö. L., 25° 4' n. Br.

¹¹ Im Ā'in sind zwei kleine Orte dieses Namens angegeben, der eine in der Provinz Lāhor, der andere in Dihli. Vermutlich ist aber Schikārpur, eine bedeutendere Stadt in Sindh an der Westgrenze Indiens, gemeint.

Bidar, Gulbargā ¹ , Pareñda ¹ ,	بیدر کلبرگا پرندہ
Tschaul(?) ² , Kābul, Peschawar	جیل کابل پشور
Qandahār, Herāt, Meschhed. Teheran ³	قندھار هرات مشهد طهران

3. Astronomische Inschriften.⁴

A. Auf der Spinne: Der den Tierkreis darstellende Ring, *niṭaq alburāq*, trägt die Namen der zwölf Tierkreiszeichen. In der Nähe der die wichtigsten Fixsterne darstellenden Spitzen des Netzes sind deren Namen in feiner Lupenschrift eingraviert (vgl. Fig. 1). Die nördlichen Sternbilder liegen innerhalb des Tierkreisgürtels. Die bezeichneten Fixsterne sind folgende: *nasr-i-nasr* رأس النسر *rā's alḡāṭi* (α Herculis), *ta'ir* (α Aquilae), *nasr-i-wāqī* نسر واقع (α Lyrae), *simāk-i-rāmiḥ* سماك رامي (α Bootis), *najjir-i-fakka* نجر فكة (α Coronae borealis), *tau'am-i-muqaddam* توام مقدم und *rū's* رأس (α. β Geminorum), *kaff alḥadīb* كف الحذيب (β Cassiopeiae), *danab aldaḡāḡa* ذنب الدجاجة (α Cygni). Die südlichen Sternbilder sind außerhalb des Tierkreisgürtels dargestellt; die bezeichneten Sterne sind: *qalb al'aqrab* قلب العقرب (α Scorpii), *simāk-i-a'zal* سماك اعزل (α Virginis), *qā'idut albaṭija* قاعدة الباطية (α Crateris), *fard šajāc* فرد شجاع

¹ Alle drei größere Orte im Reiche Golkonda (Haidarābād). Nach BRIGGS Bidar (Bidur) 77° 34' ö. L., 17° 55' n. Br., Gulbargā (Koolburga) 76° 54' ö. L., 17° 23' n. Br., Pareñda (Purainda) 76° 52' ö. L., 18° 45' n. Br.

² Die Lesung ist unsicher. Herr Prof. HOROVITZ schlägt die obige vor, da Čaul چول auch zuweilen Čaul gesprochen wird. Es ist ein Ort in Gujarāt nahe den vorigen, heute im Kolaba-Distrikt von Bombay. Maße nach BRIGGS 73° 0' ö. L., 18° 33' n. Br.

³ Kābul war unter Akbar und Dschehāngīr eine Provinz des Mogulreiches, Qandahār (Kandahar) Bezirkshauptstadt. Peschawar پشاور Stadt in dieser Provinz, im A'in stets Pirāw پیراوار geschrieben. Gradmaße daselbst für Kābul 104° 40' L., 34° 30' Br. (BRIGGS 69° 12' ö. L., 34° 7' n. Br.), Qandahār 107° 50' L., 28° 20' Br., Peschawar 103° 40' L., 28° 25' Br. (falsch, BRIGGS: 71° 41' ö. L., 34° 5' n. Br.). Die drei letzten Städte (Tīhrān = Teheran) gehörten damals zum Reiche 'Abbās des Großen von Persien.

⁴ Vgl. dazu NALLINO, *AlBattāni sive Albatēnii opus astronomicum*, Milano 1907, Bd. 2, S. 148—161.

fard-i-šugā' (α Hydrae), ذراعین *dirā'ain* und ساق *sāq* (zwei Sterne im Cancer), رجل جورا اليرى *rigl-i-Ğauza aljusrā* (β Orionis), فم القيطس *famm alqitūs* (γ Ceti?), بطن حوت *baṭn-i-ḥaut* (ζ Ceti?), ذنب قيطوس سمالي *danab qitās-i-šamālī* (ι Ceti), ذنب الجدى *danab alğadi'* (δ Capricorni).

B. Auf der Rückseite des Astrolabgehäuses: Im rechten unteren Quadranten steht am Rande eine persische Inschrift, welche uns Herr Prof. H. RITTER freundlichst gelesen hat:

تقسیم منازل در بروج بشرط که پانزده درجه را سی درجه گیرند

„Verteilung der Mondstationen in den Ekliptikhäusern unter der Voraussetzung, daß 15 Grade 30 Grade umfassen.“

Unter dieser Inschrift stehen die Namen der zwölf Tierkreiszeichen, unter diesen diejenigen der 28 Mondstationen¹ in je zwei Kreisquadranten angeordnet.² Die anderen Quadranten der Rückseite zeigen nur die oben erwähnten geographischen Inschriften und die üblichen mathematischen Zeichnungen mit den dazu gehörigen Zahlzeichen und den Wortbezeichnungen für den vertikalen und horizontalen Schatten. Diese Dinge sind bereits im ersten Teile dieser Arbeit S. 13—15 erörtert worden.

Im ganzen darf das in Hannover befindliche indisch-islamische Astrolabium, wenn es auch nicht sehr kunstvoll gearbeitet ist, doch nach Herkunft, Ausführung und Beschriftung als höchst eigenartig bezeichnet werden. Es lohnt daher vielleicht, dieses unseres Wissens einzige Astrolab aus dem Mogulreiche, das sich in deutschem Besitz befindet, genauer zu beschreiben.

¹ Vgl. NALLINO (a. a. O., Bd. 1, S. 125, 295), ferner E. WICKMANN, Beitr. z. Gesch. d. Naturwiss. XLVII, S. 292.

² Daher die oben übersetzte Inschrift. Der Tierkreisgürtel und die Mondstationen umfassen hier nur 180° statt 360°.

IV. Verwendung des Astrolabs.

Die Vorderseite des Astrolabs wird zur mechanischen Lösung astronomischer, geographischer und astrologischer Probleme verwendet. Die Rückseite dient im Verein mit der Alhidade zur Messung von Sternenhöhen, zur Bestimmung trigonometrischer Größen und zur Durchführung geodätischer Aufgaben. Das Astrolab diente ferner nicht in geringem Maße zur Zeitbestimmung besonders auf Reisen. Die letztere Verwendungsart werde ich noch besonders eingehend besprechen in einem Band des Werkes „*Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren*“, mit dessen Herausgabe E. v. BASSERMANN-JORDAN beschäftigt ist. Die geodätischen Messungen und trigonometrischen Bestimmungen hat E. WIEDEMANN¹ veröffentlicht. Die Lösung der übrigen Probleme habe ich an der Hand einer Handschrift von alChwārizmī² ausführlich behandelt. Hier sei nur auf einige Probleme eingegangen, von denen in dieser Handschrift nicht die Rede ist, auf die Bestimmung der Kulminationshöhe aus der Mittagslinie und auf die Benutzung der Scheibe der Horizonte und der Positionsscheibe. Die letzten beiden Scheiben dürften zur Zeit von alChwārizmī auch schon bekannt gewesen sein. Denn der mit ihm gleichzeitige al-Fargānī bespricht die Positionskreise in seinem Buch *alKāmil*, und die Scheibe der Horizonte wird in der lateinischen Übersetzung des Werkes von Māschāllāh (s. o.) erwähnt. Ob alChwārizmī schon die Scheibe der zwölf Häuser gekannt hat, ist zweifelhaft, da er ihre Verwendung in seiner Schrift nicht angibt, sondern sich einer anderen Methode zu dem gleichen Zweck bedient. Allerdings benutzt alChwārizmī überhaupt keine Spezialscheibe. Die Benutzung dieser Scheibe habe ich in der genannten Schrift S. 22 angegeben.

Bestimmung der Kulminationshöhe aus der Mittagslinie. Um diese Höhe an irgendeinem Tag zu messen, ermittelt man den Schnitt der Mittagslinie (s. S. 14) mit dem Viertelskreis, der dem Punkt des Tierkreises zugewiesen ist, in dem die Sonne an diesem Tage steht. Diesen Punkt kann man aus Tabellen entnehmen. Die durch den Schnittpunkt

¹ E. WIEDEMANN, Beiträge XVIII, Erlanger S.-B., Bd. 41, 1909, S. 61.

² J. FRANK, *Chwārizmī*, S. 6 bis 30.

gelegte Zeigerkante der Alhidade gibt am Rand der Gradteilung die Kulminationshöhe.

Scheibe der Horizonte. Wie schon erwähnt, dient sie zur Ermittlung des „Aufsteigenden“ an einem Ort, für den keine besondere Scheibe konstruiert ist. Ihre Verwendung entnehmen wir einer Schrift von alBīrūnī.¹ Vor allem kommt es dabei darauf an, in einem gegebenen Zeitpunkt den Äquatorbogen zu bestimmen, den die Sonne an dem betreffenden Tag über dem angenommenen Horizont seit ihrem Aufgang bis zu dem betrachteten Zeitpunkt durchlaufen hat. alBīrūnī¹ gibt dazu die Regel an, die in eine Formel gekleidet lautet:

$$\sin \text{vers } t = \sin \text{vers } P - \frac{\sin h \cdot \sin \text{vers } P}{\sin H};$$

hierin bedeutet t den gesuchten Äquatorbogen, P den halben Tagbogen der Sonne, h ihre augenblickliche Höhe und H ihre Kulminationshöhe an dem betreffenden Tag. Die letzten drei Größen können mit dem Astrolab ermittelt werden. Um P zu finden, sucht man den Grad des Tierkreises, in dem gerade die Sonne steht, auf der Spinne und legt ihn auf die Linie des Horizontes, dessen Breite φ gleich der des betreffenden Ortes ist. Dann liest man auf dem geteilten Randkreis der Mutter die Stellung des Zeigers auf der Spinne ab, dreht die Spinne, bis der Sonnengrad auf die zur Horizontlinie gehörige Meridianlinie fällt und liest die neue Zeigerstellung ab. Die Differenz der Ablesungen gibt P (vgl. Aufg. 5 in J. FRANK, *Chwārizmī*, a. a. O.). Die Ermittlung von h ist in Aufg. 1 des *Chwārizmī* besprochen. H findet man aus der Äquatorhöhe am betreffenden Ort ($= 90 - \varphi$) und der augenblicklichen Deklination der Sonne. Zur Auffindung der letzteren dient der nach Deklinationsgraden geteilte Durchmesser auf der Scheibe. Dazu legt man auf ihn den Sonnengrad auf der Spinne und liest an ihm den Wert der Deklination ab. Zugleich ersieht man, ob sie nördlich oder südlich ist. Je nachdem ist ja die Deklination zur Äquatorhöhe zu addieren oder davon zu subtrahieren. alBīrūnī behandelt hier auch noch den Fall, daß die Summe größer wie 90° ist, also für Orte, deren Breite kleiner als die Ekliptik-schiefe ist. In diesem Fall hat man den Überschuß über 90° von 90° abzuziehen. Die Kulmination ist nördlich. Den Beweis der obigen Formel gibt C. A. NALLINO in *al-Battānī*.² Nach Berechnung von t legt man den

¹ alBīrūnī, *Risāla fī'l-asturlāb* (Abhandlung über das Astrolab), Katalog Antwardt, Bd. V, Nr. 5794, S. 38*.

² C. A. NALLINO, *al-Battānī, sive Albatēnī opus astronomicum*, Pubblicazioni del R. Osservatorio di Brera in Milano, N. XL, Bd. 1, 1903, S. 30, 90.

Sonnengrad auf der Spinne auf die Horizontlinie des betreffenden Ortes, liest die Zeigerstellung ab und dreht die Spinne, bis der Zeiger auf einem Punkt der Randteilung steht, der um t^0 von der Ausgangslage entfernt ist. Nun zeigt die Spinne die Lage zur Horizontlinie, die der augenblicklichen Stellung des Himmels zum Osthorizont entspricht. Der Grad des Tierkreises, den die betreffende Horizontlinie nunmehr abschneidet, ist das gesuchte Aufsteigende.

Positionsscheibe. Der *tasjir* (ἄφεσις, directio, prorogatio, Hinführung¹⁾) bildet die Grundlage zur Vorausberechnung der Zeit des Eintritts eines Ereignisses. Es ist der Äquatorbogen, um den sich die Himmelskugel drehen muß, wenn ein bestimmter Stern القاطع *alqati'* (ἀναπέτης, intersector, promissor, Alchocodin¹⁾) den Positionskreis erreichen soll, auf dem ein anderes Gestirn, der اليا لاج *alhailaj* (ἀφέτης, κύριος τῆς ζωῆς, dimissor, dominus vitae, significator, Lebensbeherrscher¹⁾), sich befindet. Wegen der astrologischen Begriffe sei verwiesen auf C. A. NALLINOS Artikel „Astrologie“ in der Enzyklopädie des Islam bzw. auf *al-Battānī*.²

Die Bestimmung der „Hinführung“ mittels der Positionsscheibe entnehmen wir wiederum dem Buch von al-Bīrūnī über das Astrolab. Zunächst gibt man der Spinne die der Lage der Himmelskugel entsprechende Stellung zu irgendeinem gewählten Zeitpunkt, z. B. dem der Geburt eines Menschen, indem man das zutreffende „Aufsteigende“ auf den Osthorizont der Scheibe legt. Man beachtet, auf welchem Positionskreis der „Lebensbeherrscher“ steht und liest die Stellung des Zeigers auf der Spinne ab. Dann dreht man sie, bis der „Alchocodin“ diesen Positionskreis erreicht und liest die neue Zeigerstellung ab. Die Differenz der Ablesungen an dem zum Himmelsäquator konzentrischen Randkreis gibt den gesuchten Äquatorbogen und damit die „Hinführung“. Handelt es sich bei der „Ausdeutung“ um Menschenschicksale, so gibt die Zahl der Äquatorgrade die Zahl der Jahre bis zum Eintritt des betreffenden Ereignisses an.

Die „Hinführung“ läßt sich auch ohne Positionsscheibe ermitteln. al-Bīrūnī gibt in der genannten Abhandlung (S. 31^b u. 32^a) dazu ein Verfahren an, das in der mechanischen Lösung der modern ausgedrückten Beziehung: $\text{tasjir } \overline{ac} = \alpha \pm (\beta - \alpha) \frac{t}{T}$ besteht. Dabei bedeutet — in der Wahl der Bezeichnung lehne ich mich an die von C. A. NALLINO im

¹ Vgl. J. W. PFAFF, *Astrologie*, S. 176, 211.

² C. A. NALLINO, *al-Battānī, sive Albatēnii opus astronomicum*, Bd. 2, S. 313 ff.

al-Battānī benutzten an — $\overline{ac}$ den gesuchten Äquatorbogen. α die Differenz der *ascensio recta* des „Lebensbeherrschers“ und der des „Alchocodin“, β die Differenz der *ascensio obliqua* des ersten und der des zweiten Gestirnes. t den in Äquatorgraden ausgedrückten Abstand des „Lebensbeherrschers“ vom Ortsmeridian und T seinen halben Tagbogen. Bei der Ausführung mit dem Astrolab ist der Spinne die dem Zeitpunkt entsprechende Lage zu geben, indem man das zutreffende „Aufsteigende“ auf den Osthorizont der gewöhnlichen Scheibe des Beobachtungsortes legt. Zugleich liest man die Stellung des Zeigers an der Spinne auf dem geteilten Rand ab. Man dreht sie, bis der „Lebensbeherrscher“ auf die Meridiangerade fällt und liest die neue Zeigerstellung ab. Die Differenz der Ablesungen gibt t (vgl. S. 27). Dann dreht man die Spinne von links nach rechts, bis das zweite Gestirn auf die Meridiangerade fällt und beobachtet, um wieviel Grade der Zeiger sich fortbewegt hat. Diese Zahl gibt α . Um β zu erhalten, legt man den „Lebensbeherrscher“ auf die östliche Horizontlinie und dreht die Spinne, bis der zweite Stern eben aufgeht. Die Zahl der Grade, die sich zwischen diesen beiden Stellungen des Zeigers befinden, gibt β . (Vgl. hierzu J. FRANK, *Chwarizmi*, Aufg. S u. 9.) Die dort besprochene Aufg. 20 zeigt die Ermittlung von T (siehe auch S. 43). Wenn bei der Ausgangslage der Spinne der „Lebensbeherrscher“ westlich von dem Meridian liegt, so ist bei der Bestimmung von β statt des östlichen der westliche Teil der Horizontlinie zu wählen, und wenn er sich unter dem Horizont befindet, so ist statt seines Tagbogens sein Nachtbogen und bei der Ermittlung von α die „Linie zum Pflock der Erde“ (S. 18) statt der „Linie der Taghälfte“ zu nehmen. Ergibt sich α größer als β , so ist mit dem Minuszeichen vor der Klammer zu rechnen.

Anschließend daran löst *al-Bīrūnī* diese Aufgabe auch mit der Scheibe der Horizonte. Die Durchführung ist im Prinzip die gleiche wie die mit der Positionsscheibe. Die einzelnen Kreise auf ihr sind nämlich nichts anderes als die Projektionen von Horizonten, die mit dem Äquator Winkel bilden zwischen 90° und der Äquatorhöhe an dem betreffenden Ort. Denn mit dem Äquator bildet der eine Positionskreis, der Meridian, 90° und der von diesem um 90° abstehende Positionskreis, der Horizont, schließt mit dem Äquator einen Winkel gleich der Äquatorhöhe ein. Diese beiden Positionskreise haben demnach eine Breite 0° bzw. φ° , wenn φ° die des Beobachtungsortes ist. Die dazwischen liegenden Positionskreise haben eine zwischen 0° und φ° liegende Breite, sind also Horizonte mit diesen Breitengraden. Daraus erklärt sich das von *al-Bīrūnī* angegebene Verfahren. Nach diesem legt man das „Auf-

steigende“ auf die Ostlinie des Horizontes der Horizontenscheibe, der dem Beobachtungsorte entspricht, und stellt den Tierkreispunkt auf der Spinne fest, der auf den dazugehörigen Erdäquator fällt. Das entspricht im ersten Verfahren dem Ablesen der ersten Zeigerstellung. Sodann legt man diesen Punkt nacheinander auf die verschiedenen Radien, die ja immer die Projektion des Erdäquators darstellen, bis der „Lebensbeherrscher“ auf eine der zugehörigen Horizontlinien zu liegen kommt. Diese ist nach obigen der Positionskreis im ersten Verfahren. Die Stellung des Zeigers wird wie in diesem Verfahren ermittelt, dann die Spinne gedreht, bis das zweite Gestirn auf diese Horizontlinie zu liegen kommt, dann wird die zweite Zeigerlage abgelesen. Die Differenz der Ablesungen gibt wie oben die „Hinführung“. Man nimmt den um 180° vom „Lebensbeherrscher“ entfernten Himmelspunkt, wenn er bei der Ausgangslage unterhalb des Horizonts sich befindet.

Wir dürfen uns nicht verhehlen, daß mit unserem kleinen Instrument die Genauigkeit der gewonnenen Resultate nur sehr gering ist. Selbst bei dem großen Instrument, das W. M. MORLEY beschreibt und auf dem die Höhenparallelen usw. für jeden Grad gezeichnet sind, lassen sich die Bestimmungen höchstens auf einen halben bis viertel Grad genau durchführen, wenn man auch berücksichtigen muß, daß das geschärfte Auge der alten Muslime die Genauigkeit der Ablesung steigerte. Es ist ferner nicht zu vergessen, daß das Astrolab vornehmlich den oben genannten Zwecken und nur in letzter Linie rein astronomischen Messungen diene.

Register.

I. Verzeichnis der griechischen Fachwörter.

ἀναιρέτης 44	διόπτρα 28	ὀρίζον 13, 18
ἀνατολή 18, 22	δοχείον 12	περιφέρεια 12
ἀράχνη 26	δύσις 18	τροπικός θερινός 16
ἄρτημα 12	κύκλοι παράλληλοι 17	— χειμερινός 16
ἀστρολάβον ὄργ. 7	κύκλος ἡσημερινός 16	τύμπανον 16
ἀστρολάβος 12	κύριος τῆς ζωῆς 44	χρόνος ἡσημερινός 19
ἄφρεις 44	μεσημβρινός 13, 18	ῥαι καιρικά 18
ἀφρέτης 44	μοιρογνωμόνιον 27	ψροσκοποῦν 22.
διμοιρίαιον 17	μονομοιρίαιον 17	

II. Verzeichnis der arabischen Fachwörter.

(Mit Ausschluß der Sternnamen Seite 40 und 41.)

āḥar alaṣr 19	ḥabas 12	libna 28.
al'iqāda 28	ḥailāḡ 44	
'ankabūt 22, 26	ḥalqa 12	madār 16
'aṣr 19	ḥaṭṭ alintisāb 13	maḡrib 18
asṭuriāb 12	— alistiwā' 18	maḥan 27
— ḡanabī 16	— alitidāl 18	muṣriq 18
— niṣfī 17	— almaḡrib 18	maṭraḥ aldu'ā' 25
— šamālī 16	— almaṣriq 18	miḥwar 28
— sudsī 17	— alufuqī 13	mismār 12, 29
— tāmm 17.	— alzawāl 19	mu'addil alnabār 16, 18
	— niṣf allaila 18	muḥaddada 27
baṭn 12.	— — alnabār 18	munqalib 16
	— wasaṭ alsamā' 18	muqanṭarāt 17
daḥḥa 28	— watad alarq 18	maḡrī 27.
dā'irat alitidāl 16	ḥuḡra 12, 31.	
dawā'ir alsumūt 17.		qālī' 44
	ḥbrat alkawākib 27	qibla 39
faḡr 19	ḡlāda 28	quṭb 28.
faras 29	inḥirāf 31, 39.	
ḡls 29.		ra's alkaukab 27
	kuffa 12	rub' muḡajjab 13.
ḡiha 31.	kursij 12, 31.	sa'a musta'dila 19

sā'a mustawijja 19	šaṣijja 27	'urwa 12.
— mu'waḡḡa 18	šaṣijja 27.	
— zamānījja 18	ṭāli' 22	waḡb 13
šafaq 19	taṣjir 25, 44	watad 28.
ṣafiḥa 16, 22	ṭauq 12	
— altaṣjir 22	ṭuqba 28.	ẓahr 13
— taṣwījjat 22	umm 12	ẓill alsullam 15
— ufuqijja 22		ẓuhr 19.

III. Klassische und orientalische Autoren.

Abu'lfaḍl 'Allāmi 32	alFargānī 8, 42.	Parmenides 24
Abu'lfiḍā 33, 38	Gregoras 10.	Philoponus 10
Abu Ṣalt 9	Ḥāfiẓ 'Isā 30	Proclus 10
Alī ibn 'Isā 11	alHamadānī 8	Ptolemaeus 7, 10, 33, 36, 38.
Allahdād 30, 31	alḤwārazmī s. Chwārizmī.	Qāsim Muḥammad 30.
Apollonius 7.		
Badā'onī 36	Ibn Baṭṭūṭa 32, 33	alRudānī 9, 21.
Baranī 36	Ibn Khallikan 12	
alBattānī 43, 44, 45	'Isā b. Allahdād 30, 31, 34.	Severus Sabokht 11.
alBirūnī 7, 15, 18, 19, 22,	Kalidāsa 38	alṬusi 8.
24, 25, 27, 28, 32, 33,	alKuhī 9.	Uluḡ Beg 32.
42—46		
Blemmydes 10.	Māsāllah 23, 42	Vitruv 7.
	Maulānā Čand 31	
Chwārizmī 26, 42, 43.	Muḥammad Muqīm 32.	alZarqālī 8, 20
Eudoxus 7.	Nicephorus 10.	Zijā aldīn 30, 31.

Das Astrolab des Kestner-Museums.



Fig. 1. Vorderseite mit der Spinne und der Scheibe
für das System der Ekliptik-Koordinaten.

Das Astrolab des Kestner-Museums.

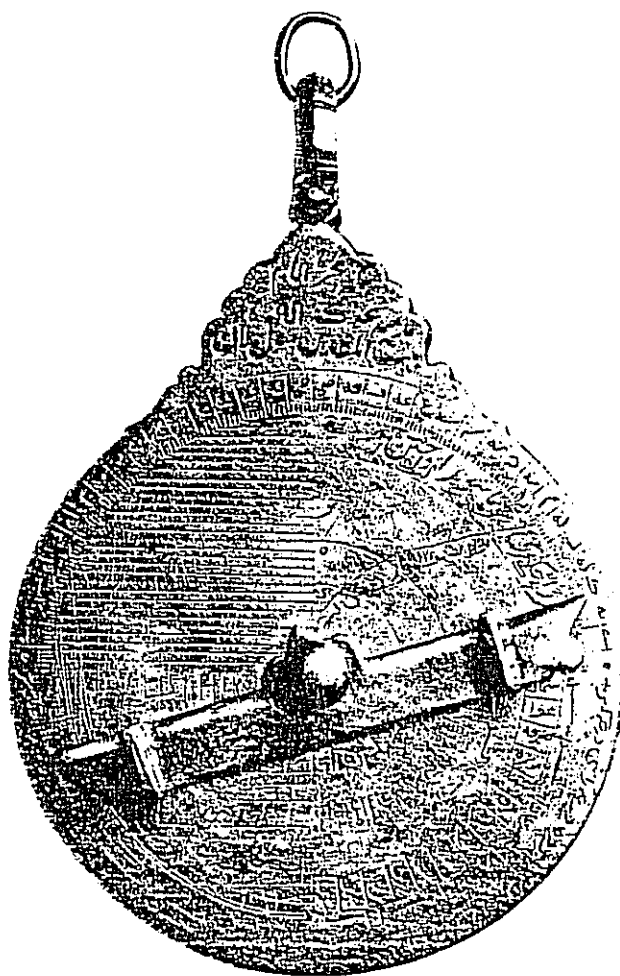


Fig. 2. Rückseite mit der Alhidade.

Das Astrolab des Kestner-Museums.

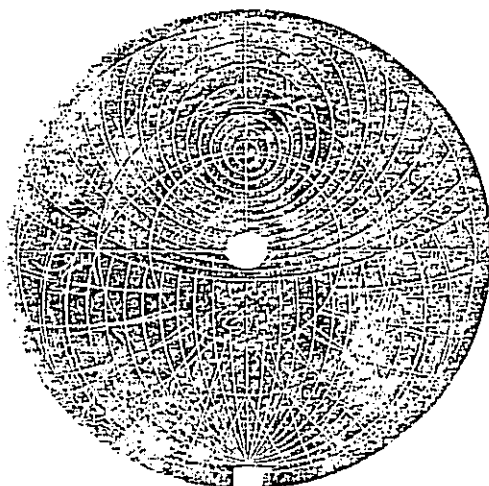


Fig. 3. Scheibe für die Breite von Mekka.

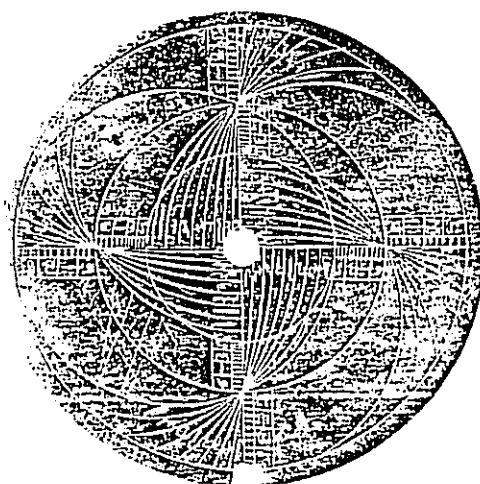


Fig. 4. Scheibe der Horizonte.

Das Astrolab des Kestner-Museums.

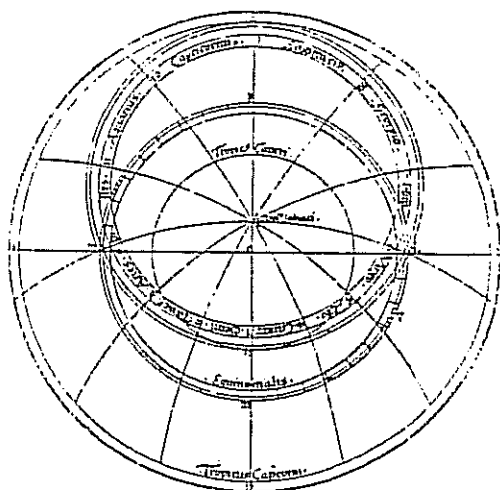


Fig. 5. Scheibe der Häuser, nach J. Stöffler.

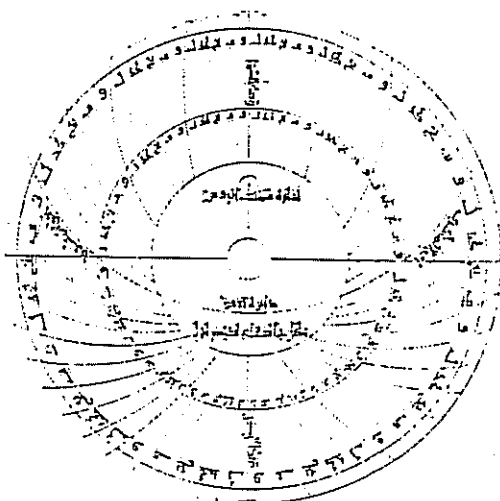
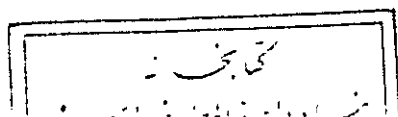


Fig. 6. Positionsscheibe, nach F. Woepcke.



Frank, J. und Meyerhof, M. Ein Astrolab aus dem indischen Mogulreiche.

Heidelberg, Carl Winter, 1925. 48 S. 8°, 4 Tafeln (III. Stück d. Heidelb.

Akten der von Portheim-Stiftung). 4 M.

Die Verfasser haben sich in die Arbeit so geteilt, daß *Meyerhof* die Entzifferung und Erklärung der ungewöhnlich zahlreichen astronomischen, namentlich aber geographischen Beischriften, mit denen Teile dieses Astrolabs des Kestner Museums zu Hannover bedeckt sind, gab — und hierin liegt der Hauptwert der Studie über dieses indische Erzeugnis (des einzigen in deutschem Besitz) aus dem 16.—17. Jahrh.) —, während *Frank* die Bibliographie, die Beschreibung und die Angaben über den Gebrauch des Astrolabs im allgemeinen bearbeitet hat. *Meyerhofs* Arbeit ist trotz der Schwierigkeit sehr gut gelungen. Sämtliche Breiten- und Längenangaben hat er durch kritische, auch in historischer Hinsicht höchst wertvolle Anmerkungen und Zitate erläutert. — Die Beiträge *Franks* umfassen folgende Kapitel: I. Bibliographische Einleitung, II. Beschreibung des Astrolabs, IV. Verwendung des Astrolabs. Diese sind, schon in Hinsicht auf das Literaturstudium, aber auch rein sachlich, weniger günstig zu beurteilen. Es sei aber nur folgendes erwähnt. Zu I: Die hier vertretene Ansicht *P. Tannerys*, die unter den von *Vitruvius* aufgeführten Sonnenuhren genannte Arachne des *Eudoxus* (oder des *Apollonius*) sei ein Vorläufer des Astrolabs gewesen, ist eine durch nichts begründete Vermutung. Viel wahrscheinlicher ist es, daß diese Arachne eine ebene Sonnenuhr war, auf der außer den radienförmigen Stundenlinien auch noch die 7 Hyperbelzweige gezeichnet waren. Hierdurch entsteht die größte Ähnlichkeit mit einem Spinnennetz. Dann wird die Conarachne dieselbe Zeichnung in einer Hohlkegelfläche bilden; so erklärt sich zwanglos der Name Kegelspinne. — Unrichtig ist, daß es eine lateinische Übersetzung der Schrift des *Philoponos* gibt. *Valla* übersetzte die Abhandlung des *Nicephorus Gregoras*, und was er daran anschießt, ist nicht die Arbeit des *Philoponos*, sondern die eines anonymen

Aegyptus. Frank hätte den Irrtum vermieden, wenn er nur die Einleitung in die von ihm zitierte Arbeit Hases gelesen hätte, der das Werk des Philoponos zum erstenmal (griechisch) zum Druck gebracht hat. — Zu II. Zu der „Scheibe der Häuser“ (S. 26) sei bemerkt, daß diese bei den meisten Arabern, besonders auch bei *al-Churārazmī*, den der Verfasser oft zitiert, gebildet werden durch Stundenkreise, die für das 1., 2., 3. und 7., 8., 9. Haus den halben Nachtbogen des Horoskopus, für das 4., 5., 6. und 10., 11., 12. Haus den halben Tagesbogen in 3 gleiche Teile teilen, wie Frank in einer früheren Arbeit richtig angibt. Aber eine Scheibe mit den Grenzlinsen dieser Häuser kann es gar nicht geben, weil sich diese Grenzkreise nicht nur mit der Polhöhe, sondern auch mit jedem Tage ändern. Das in Fig. 5 dargestellte mit der Überschrift „Scheibe der Häuser nach J. Stöffler“ ist keine Scheibe der Häuser, sondern gibt die durch den Ekliptikpol gehenden Kreise, die die Ekliptik in 12 gleiche Teile teilen. Stöffler gibt an deren Stelle (Prop. 7) eine Scheibe der Häuser nach der Art des *Regionontan*, bei dem die Positionskreise den Äquator in 12 gleiche Teile teilen. Diese Teilung kannten die Araber nicht. Bei ihr wie bei der des *Campanus* (die Positionskreise teilen hier den 1. Vertikel in 12 gleiche Teile) ist natürlich eine solche Scheibe für eine bestimmte Polhöhe möglich. — Zu IV: Mit Recht nimmt in diesem Teil das Astrologische den größten Raum ein; es bleibt aber an manchen Stellen unklar. Unter „Hinführung“ (statt Direktion!) versteht man den Äquatorbogen, um den sich der Himmel drehen muß, damit ein bekannter Stern den Positionskreis eines anderen erreicht. Der erste Stern heißt Promissor oder Sequens, der zweite Signifikator oder Praecedens. Nun aber gibt Frank für den Promissor auch noch den Namen *ὑπαίετης*, intersector (sic!). Das sind aber keine allgemeinen Bezeichnungen für den Promissor, ebensowenig wie Dominus vitae und Alchocodin ein Synonym für Signifikator ist. Der *Interfector* (Mörder) ist ein ganz bestimmter Stern oder auch ein Aspekt eines Sterns, der nur für die Berechnung der Lebensdauer gebraucht wird.

J. Drecker (Dorsten) und C. Schoy (Essen).

Abhandlungen
zur Geschichte der Naturwissenschaften
und der Medizin.

Schriftleiter: Prof. Dr. Oskar Schulz, Erlangen.
Heft VIII.

Das kugelförmige Astrolab
nach den Mitteilungen von Alfons X.
von Kastilien und den vorhandenen
arabischen Quellen

von

Dr. Hugo Seemann

unter Mitwirkung von

Dr. Th. Mittelberger.



Erlangen
Kommissionsverlag von Max Mencke.
1925.

Meinen lieben Eltern

gewidmet.

Vorwort.

Die Anregung zu der folgenden Arbeit verdanke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Professor Dr. E. Wiedemann in Erlangen. Er hat die Arbeit von den Anfängen bis zur endgültigen Fertigstellung durch Rat und Tat mit seltener Hingabe gefördert und mir ferner die einschlägigen arabischen Übersetzungen in liebenswürdiger Weise überlassen. Für die viele Zeit und Mühe, die er mir gewidmet hat, spreche ich ihm meinen verbindlichsten Dank aus.

Herr Dr. Th. Mittelberger, Assistent am physikalischen Institut der Universität Erlangen, hat bei der endgültigen Ansarbeitung und Erweiterung in wertvoller Weise mitgewirkt. Er hat mich insbesondere bei der Klarlegung der Methoden zur Lösung astronomischer und astrologischer Probleme mittels des Kugelastrorabts unterstützt; er hat ferner die im Nachtrag wiedergegebenen Rekonstruktionen ausgeführt. Ich spreche ihm an dieser Stelle für seine wertvolle Mitarbeit meinen verbindlichsten Dank aus.

Wenn hinsichtlich der Ausgestaltung des Ganzen vielleicht mancher Wunsch unerfüllt blieb, so darf der Hinweis auf die misslichen Zeitverhältnisse, die den Verfasser zu äußerster Sparsamkeit bewogen, als Entschuldigung gelten.

Würzburg, im Mai 1925.

Hugo Seemann.

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	1
a) Prinzip und allgemeine Beschreibung des Instrumentes	2
b) Geschichte und Entstehung des Kugelastrolahs	3
Beschreibender Teil:	
I. Das kugelförmige Astrolab nach den „Libros del Saber de Astronomia“ von König Alfons X. von Kastilien	7
II. Das kugelförmige Astrolab nach <i>al Faql ben Hätim al Nairizi</i>	32
III. Das kugelförmige Astrolab nach <i>al Biruni</i> und <i>Gabir ben Sinan</i> u. a.	40
IV. Das kugelförmige Astrolab nach <i>al Marräkusehi</i>	44
V. Das kugelförmige Astrolab nach <i>Qustä ben Lügei</i>	46
Schlussbetrachtungen und Ergebnis	50
Anhang: Über den Stand der technischen Kenntnisse zur Zeit von König Alfons X.	51
Anmerkungen und Ergänzungen	58
Nachtrag	67

Verzeichnis

der zitierten Werke und Abhandlungen nebst den für sie benutzten Abkürzungen, die in ()
beigelegt sind.

1. Alfons X. von Kastilien, *Libros del saber de astronomia*. Ed. Man. Rico y Sinolas, 1863/67 (Libros).
2. A. Wegener, in Anm. 9 zitiert.
3. Cl. Ptolemäus, *Megale Syntaxis* ed. J. L. Heiberg. Übersetzt von C. Manitius 1912 (Almagest).
4. E. Wiedemann, *Beitr. z. Gesch. d. Naturwissenschaften*, Sitzungsber. d. phys.-med. Soz. in Erlangen (E. W., Beitr. bezw. Beitr.).
5. H. Suter, *Die Mathematiker und Astronomen der Araber* (Abh. z. Gesch. d. math. Wissensch. X. und Nachtr. XIV) (Suter).
6. Theodosii Tripolitae *Sphaericorum Libri tres*. I. Buch („Sphaerica“).
7. Zeitschrift der Deutsch-Morgenländischen Gesellschaft (Z. D. M. G.).

Druckfehler-Berichtigung.

- S. 32, statt Restborn — Besthorn.
S. 41, Fig. 10 b statt A — t.

Einleitung.

Unter den mannigfachen, sinnreichen Instrumenten, die im Altertum und Mittelalter zu Winkelmessungen am Himmel, vor allem aber zur mechanischen Lösung astronomischer Aufgaben dienten, hat das ebene Astrolab oder Planisphärium¹⁾ eine ganz besondere Rolle gespielt. Es ist schon dadurch weiteren Kreisen bekannt geworden, dass es in zahlreichen Stücken aus der muslimischen und christlichen Zeit erhalten ist und eine Reihe von Schriften darüber aus der damaligen Zeit vorhanden sind. Die ihm besonders eigentümlichen Teile sind: in einem geeigneten Gehäuse festliegende Scheiben, auf die die Projektion des Horizontsystems von einem Weltpol aus für je eine bestimmte geographische Breite eingezeichnet ist, und eine über erstere hin drehbare, durchbrochene Scheibe, „Spinne“ genannt, mit der Projektion der Ekliptik und wichtiger Fixsterne. So war es möglich, zu einer bestimmten Zeit den Himmel mit Ekliptik und Fixsternen in die gerade vorhandene Lage zum Horizontsystem zu bringen und eine Reihe von astronomischen Aufgaben zu lösen.

Ausser diesem ebenen Astrolab existiert aber auch ein kugelförmiges, das genau dieselben Kreise wie das ebene enthält und deshalb auch dieselbe Verwendung fand. Während aber das ebene Astrolab neben manchen anderen astronomischen Instrumenten (Himmelskugeln, Armillen etc.) schon in der Antike, wenn auch in einfacherer Form, verwendet wurde, ist das Kugelaströlab nach dem Stand unseres Wissens als ein Erzeugnis arabischen Schaffens anzusehen (näheres hierüber s. S. 5). Allerdings sind die von den Arabern uns erhaltenen Nachrichten über dieses Instrument nur sehr spärlich und knapp im Vergleich zu der Fülle von noch vorhandenen Beschreibungen anderer astronomischer Instrumente. Es ist daher sehr wichtig, dass uns in den „Libros del Saber de Astronomía“ von König Alfons X. von Kastilien eine ausführliche und vortreffliche Beschreibung eines Kugelaströlabs erhalten ist, dessen Verfertiger ohne Zweifel Anregungen von den Arabern erhalten hat. Die spärlichen Nachrichten machen es begreiflich, dass das Kugelaströlab in Geschichtswerken und Abhandlungen über antike und mittelalterliche astronomische Instrumente fast unbekannt ist. Hinweise oder nur ganz kurze Andeutungen konnte ich ausser in den Spezialstudien über Alfons von A. Wegener nur finden bei R. Wolf: „Geschichte der Astronomie“ S. 207 und bei J. Frank: „Zur Geschichte des Astrolabs“. Ausserdem hat L. Am. Sédillot eine Beschreibung des Kugelaströlabs nach einer Handschrift des Arabers *al Murräkuschî* gegeben (s. S. 6). Doch hat *al Murräkuschî* aller Wahrscheinlichkeit nach seine Angaben anderen Werken entnommen.

a) Prinzip und allgemeine Beschreibung des Instrumentes.

Die anschaulichste Vorrichtung, mittels deren 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.

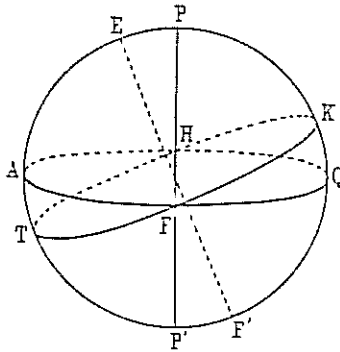


Fig. 1

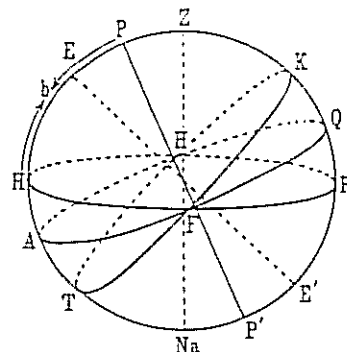


Fig. 2

Ohne zunächst auf Einzelheiten einzugehen, haben wir uns auf Grund der vorhandenen Quellen eine derartige Vorrichtung in ihrer einfachsten Form folgendermassen vorzustellen. 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; auf der anderen Halbkugel ein System von sog. Stundenlinien, die zur Bestimmung der Zeit dienen. Fig. 4 stellt die Kugel des Alfonsinischen Kugelastronoms dar, auf der die erwähnten Kreise eingezeichnet sind; die wagrechte Linie O W ist der Horizont, die senkrechte Linie Z Na der Meridian.

Von der beweglichen Himmelskugel ist aus Gründen der besseren Uebersichtlichkeit der Vorrichtung in der Regel nur eine Hälfte als dünne, halbe Hohlkugel (halbkugelige Schale) ausgeführt, welche die Spinne genannt wird. — In Fig. 1 ist die Himmelskugel besonders gezeichnet; sie wird durch den Grosskreis des Aequators A Q, dessen Pole P und P' die die Welpole (P Weltnordpol, P' Weltsüdpol) sind, in zwei Hälften geteilt: in die obere nördliche und in die untere südliche Himmelshälfte. Ferner trennt die gegen die Ebene des Aequators um $23\frac{1}{2}$ Grad geneigte Ekliptik auf der Himmelskugel die Sterne mit positiver astronomischer Breite von denen mit negativer Breite. Als Spinne, die, wie oben erwähnt, in der Regel eine halbkugelige Schale ist, wird entweder die Hälfte der Himmelskugel mit positiven astronomischen Breiten (in der Figur die Fläche T A E P K) oder diejenige mit negativen astronomischen Breiten (in der Figur die Fläche T P' E' Q K) gewählt, wobei dann stets die Ekliptik dem Randkreis der halbkugeligen Schale entspricht. Im ersten Falle enthält die Spinne den Weltnordpol P, den Ekliptiknordpol E und die Hälfte des Aequators A F H (F Frühlingspunkt, H Herbstpunkt), im zweiten Fall den Weltsüdpol P', den Ekliptiksüdpol E', und die Hälfte des Aequators Q F H. Die Spinne enthält also stets nur die eine Hälfte des Aequators. Auf der Spinne ist ferner das Ekliptikkoordinatensystem der astronomischen Längen- und Breitenkreise eingezeichnet, die zur Festlegung der Oerter der Sterne dienen, von denen eine Anzahl auf der Spinne angebracht sind.

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 kommen¹⁾. Man kann eine ganze Reihe derartiger Lächerpaare auf der Kugel anbringen und dadurch die Vorrichtung für verschiedene geographische Breiten verwendbar machen.

Um die Achse $P'P'$ lässt sich die Spinne über der Kugel drehen²⁾. Wir haben hiermit eine Vorrichtung, die in einfachster Weise den täglichen (scheinbaren) Lauf der Tierkreiszeichen und der auf der Spinne verzeichneten Sterne veranschaulicht und eine grosse Anzahl damit zusammenhängender astronomischer Aufgaben zu lösen gestattet, das sphärische oder kugelförmige Astrolab. Seine wesentlichen Bestandteile sind die feststehende Kugel und die darüber drehbare Spinne, die durchbrochen sein muss, damit die Kreise auf der Kugel, über denen sie sich dreht, sichtbar sind³⁾. Je nachdem nun die Spinne Sterne mit positiver bezw. negativer astronomischer Breite besitzt, sprechen wir von einem nördlichen bezw. südlichen Kugelaströlab⁴⁾. (Es decken sich dabei in Fig. 2 P und G , bezw. P' und G). Ersteres eignet sich vorzugsweise für Beobachter mit nördlicher geographischer Breite, letzteres für solche mit südlicher geographischer Breite. Davon, dass man an der Spinne des nördlichen Kugelaströlabs durch Anbringen passender Verbindungsbogen auch Sterne mit negativer Breite und umgekehrt an der Spinne des südlichen Kugelaströlabs Sterne mit positiver Breite anbringen könnte, ist nirgends etwas erwähnt.

Wir haben hiermit das Prinzip des Kugelaströlabs erläutert, indem wir von seiner Grundform ausgingen. Diejenigen Kugelaströlabien, von denen wir Originalbeschreibungen besitzen und von denen im beschreibenden Teil die Rede sein wird, sind zum Teil mit einer Reihe sinnreicher Einrichtungen versehen, die die Verwendungsmöglichkeit der Instrumente zu den verschiedensten Zwecken bedeutend erhöhen. Mit den Kugelaströlabien sind in der Regel wie beim ebenen Astrolab Höhenmessvorrichtungen verbunden, die verschiedene Formen aufweisen.

Das Kugelaströlab besitzt im allgemeinen keine feste Aufstellung. Wie aus den Beschreibungen hervorgeht, wurde es in mässigen Dimensionen und möglichst leicht gebaut, da es ein tragbares Instrument sein sollte, das vor allem auch zu astrologischen Zwecken benützt wurde.

b) Geschichte und Entstehung des Kugelaströlabs.

Ueber das Alter und die Entstehung des kugelförmigen Astrolabs fehlt uns jede sichere Nachricht. Während aus dem Altertum Quellen über das Instrument selbst überhaupt nicht vorhanden sind, tritt dort merkwürdigerweise bereits dessen Namen auf. Die Alten bezeichneten nämlich häufig die von Hipparch konstruierte und von Ptolemäus beschriebene Armillarsphäre (s. *Almagest* 5. Buch, 1. Kap.) als Astrolab, wie es Ptolemäus selbst tut (s. R. Wolf: „Gesch. der Astronomie“ S. 160). Um nun Verwechslungen mit dem im Altertum bekannten ebenen Astrolab oder Planisphärium zu vermeiden, wurde häufig für die Armillarsphäre der Name „sphärisches Astrolab“ gewählt, wie P. Tannery in seinem Werk: „Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne“, S. 50, Anm. 6 angibt. So kommt es auch wohl, dass in dem bekannten *Fihrist* des Arabers *Ja'qûb al Nadîm* (übersetzt von H. Suter in: „Abhandlungen zur Geschichte der mathematischen Wissenschaften“ 6, 19, 1892) Ptolemäus irrigerweise als erster Verfertiger eines sphärischen Astrolabs genannt wird, wobei es sich aber wohl nur um jene oben erwähnte, in seinem *Almagest* beschriebene Armillarsphäre handeln kann.

Da damals das eben erwähnte Instrument den Namen sphärisches Astrolab führte, scheint die Annahme berechtigt, dass ein Kugelaströlab in

unserem Sinn im Altertum noch nicht existierte. Wohl wurden Kugeln, z. B. Himmelsgloben usw., zu Demonstrationszwecken sowie zur Lösung einfacher Aufgaben verfertigt (vgl. hierzu auch E. W. Beiträge LVII, S. 29). Jedoch kugelförmige Astrolabien, die auf Grund des im vorhergehenden Abschnitt entwickelten Prinzips konstruiert waren, scheinen noch nicht bekannt gewesen zu sein. Alfons X. von Kastilien berichtet zwar in dem Vorwort zu den Astrolabbüchern, dass Hipparch in Alexandrien schon sphärische Astrolabien benutzte und dass Ptolemäus diese wegen ihrer Unhandlichkeit in ebene Astrolabien verwandelte; er bringt aber für diese Behauptung keine Nachweise, wie er es sonst in seinen „Libros“ tut. Alfons hat offenbar die für die Ptolemäische Armillarsphäre eingeführte Bezeichnung „Kugelaströlab“ aus der damaligen Literatur übernommen, wie es auch der oben erwähnte *al Nūlīm* tat. In den zahlreichen uns erhaltenen Werken des Ptolemäus findet sich auch nirgends ein in unserem Sinn als Kugelaströlab zu bezeichnendes Instrument erwähnt.

Zweifellos ist jedoch das Prinzip des Kugelaströlabs schon so alt wie die Kenntnis der sphärischen Beziehungen zwischen Himmelskugel und Erdkugel und deren gegenseitiger Bewegung und es bildet daher die Grundlage für die Konstruktion der meisten astronomischen Instrumente jener Zeiten. Dass man, wie wir annehmen müssen, erst sehr spät dazu überging, ein Instrument zu bauen, das diese Verhältnisse in naturgetreuer Weise darstellte, liegt wohl nicht zuletzt an den technischen Schwierigkeiten seiner Herstellung und ferner daran, dass man durch die Entdeckung der stereographischen Projektion ein Mittel hatte, die Linien auf der Kugel auf die Ebene zu übertragen und ein auf dieser Projektion beruhendes Instrument, das ebene Astrolab, zu bauen, das dieselben Dienste wie das kugelförmige Astrolab leistete und einfacher herzustellen war.

In diesem Zusammenhang sind die folgenden Vermutungen von P. Tannery bemerkenswert. In seinem oben zitierten Werk S. 53 bis 55 stellt Tannery im Anschluss an die Beschreibung der schon seit dem 7. Jahrhundert v. Chr. bekannten halbkugelförmigen Sonnenuhr (vgl. hierzu auch F. Nolte: „Die Armillarsphäre“ S. 9), welche Eudoxus arachne nennt (es ist die „Skaphe“), Betrachtungen an über die Erweiterungen dieser Sonnenuhren zu handlichen Instrumenten, die direkt auf das Problem des Kugelaströlabs führen, ohne dass indessen Tannery den Namen des Instrumentes erwähnt. Er führt u. a. aus: „Nachdem das Prinzip gefunden war, konnte man den Apparat umändern und bequemer gestalten. So konnte man eine vollständige Kugel benutzen, welche die Sternbilder trug, indem man sie im Innern einer halbkugelförmigen Spinne, die den Horizont und Stundenlinien trug, bewegen liess; man konnte auch die Kugel unbeweglich lassen und die Spinne sich um sie drehen lassen“. Tannery fügt dann noch hinzu, „dass es nicht darauf ankomme, auf unsichere Angaben hin derartige Instrumente zu rekonstruieren, sondern zu zeigen, wie einfach das Prinzip des ebenen Astrolabs sei, wenn man es auf sphärische Oberflächen angewandt auffasst“. (Tannery stellt diese Betrachtungen im Zusammenhang mit der Entstehung des ebenen Astrolabs an.)

Wir können den Ausführungen Tannerys entnehmen, dass man wohl durch die Benutzung dieser Sonnenuhren die sphärischen Verhältnisse am Himmel kennen lernte, womit das Prinzip, wie er sagt, gewonnen war und dass man dann durch sinngemässe Umgestaltung und Erweiterung dieser Sonnenuhren ein handliches und anschauliches Instrument erhalten kann. Ob dieser

eigentlich sehr naheliegende Schritt im Altertum getan wurde, müssen wir mangels jeglicher darauf bezüglichen Quellen bezweifeln.

Beschreibungen von Kugelaströlabien besitzen wir erst aus der Zeit der Araber. Das älteste uns bekannte Kugelaströlab ist das nach Mitteilung von *al Biruni* durch *Gäbir ben Sünn al Harräni* verfertigte. Dieser *Gäbir* stammte aus *Harrän*²⁾. Die *Harränier* spielten als Vermittler der griechischen Wissenschaften an die Araber eine wichtige Rolle. Sie hatten auch als Verfertiger von astronomischen Instrumenten einen bedeutenden Ruf; ihre Erzeugnisse auf diesem Gebiet galten in der ganzen orientalischen Welt als die weitaus besten. (Ein Verzeichnis der bekanntesten *Harränischen* Verfertiger von Instrumenten findet sich in dem oben schon erwähnten *Fihrist* in der Suterschen Uebersetzung, S. 41 und 42). Einer von ihnen war jener *Gäbir*³⁾. Das von ihm konstruierte Kugelaströlab, auf welches wir später ausführlicher zurückkommen werden, hatte nun eine Besonderheit. Es stellt ein Mittelding zwischen der Armillarsphäre und dem eigentlichen Kugelaströlab dar. An Stelle der Spinne sind nämlich drei Ringe an ihm angebracht, die in geeigneter Weise mit der Kugel durch eine Achse verbunden sind, die in der oben auseinander-gesetzten Weise an zwei diametral gegenüberliegenden Löchern in die Kugel gesteckt wird. Sprechen wir dem *Gäbir* die Originalität in der Konstruktion des Instrumentes zu, so dürfen wir annehmen, dass er hierbei von dem Gedanken ausging, an Stelle der Armillarsphäre ein körperliches Instrument zu schaffen, das die sphärischen Verhältnisse besser veranschaulicht⁴⁾. — Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, dass es sich bei diesem *Gäbir*schen Kugelaströlab nicht um eine Verbindung von Himmelsglobus und Armillarsphäre handelt, die auch mitunter vorkam, denn seine Kugel hat genau dasselbe Aussehen wie bei den übrigen eigentlichen Kugelaströlabien. Eine solche Verbindung von Himmelsglobus und Armillarsphäre konstruierte *al Battäni*⁵⁾, der wahrscheinlich der Sohn *Gäbir*s war und wie sein Vater auch auf dem Gebiet der Instrumentenherstellung Bedeutendes leistete. Dieses Instrument ist beschrieben in dem Werk von C. A. Nallino: „*Al Battäni sive Albatēni opus Astronomicum*“, Kap. 57 mit Anm. von G. V. Schiaparelli, Bd. 1, S. 319.

Der nächste Schritt, um zum eigentlichen Kugelaströlab zu gelangen, war der, das Ringsystem durch eine über der Kugel drehbare Spinne zu ersetzen. Wer ihn ausführte, ist uns nicht bekannt; möglicherweise war es auch ein *Harränier*. Von dieser Zeit an finden wir das Kugelaströlab in der arabischen Literatur einigemal erwähnt neben den anderen astronomischen Instrumenten.

Die Kugelaströlabien wurden im Laufe der folgenden Jahrhunderte zu immer vollkommeneren und leistungsfähigeren Instrumenten verbessert. Ihren Höhepunkt und Abschluss erreicht diese Entwicklung in dem „*Aströlabio redondo*“, das in den schon erwähnten „*Libros del Saber de Astronomia*“ des Königs Alfons X. von Kastilien beschrieben wird. Wenn, wie es manche Autoren, z. B. A. Wegener⁶⁾ tun, den in den *Libros* beschriebenen astronomischen Instrumenten jegliche Originalität des Verfassers abgesprochen wird, und deren Beschreibungen als zum Teil umgearbeitete Uebersetzungen aus arabischen Quellen hingestellt werden, so trifft diese Behauptung wohl keinesfalls bei dem Alfonsinischen Kugelaströlab zu, wie auch R. Wolf in seiner „*Gesch. der Astronomie*“ S. 207 bestätigt, wo er sagt: „Originell ist dagegen, das, wie es scheint, durch den Mechaniker *Ibucach Arsaquiel*⁷⁾ von Toledo ausgedachte „*Asirolabio redondo*“. Dieses Instrument übertrifft, besonders

was Ausführung und Reichhaltigkeit der auf ihm vorhandenen und zu den verschiedensten Zwecken verwendbaren Einrichtungen anlangt, alle, auch die gleichzeitigen Kugelaströlabien der Araber bei weitem und ist in den „Libros“ trefflich beschrieben. Wir wollen es daher bei der im nächsten Abschnitt folgenden Beschreibung der verschiedenen Formen des Kugelaströlabs an die Spitze stellen.

Es folgen nun die im Original vorhandenen Quellenschriften nach der zeitlichen Reihenfolge ihrer Abfassung mit Angabe der Verfasser. Diese Reihenfolge konnte jedoch im beschreibenden Teil, wo diese Originalschriften zur Besprechung kommen werden, aus nachher auseinanderzusetzenden Gründen nicht beibehalten werden.

Die Quellenschriften sind:

1. *Qusfā ben Lūqā al Bū'albekī* († etwa um 912, s. H. Suter, Math. Nr. 77): „Ueber den Gebrauch des sphärischen Astrolabs“. Benutzt wurde die Handschrift Leiden Nr. 1053. Es ist allerdings fraglich, ob diese Schrift auch wirklich von *Qusfā* herrührt.

2. *Abū'l 'Abbās al Fadl ben Hātim al Nairizī* († etwa 922, s. H. Suter, Math. Nr. 88): „Ueber den Gebrauch des sphärischen Astrolabs“. Benutzt wurde die im Escorial (956,6) befindliche Handschrift.

3. *Abū'l Rihān al Birūnī* (973—1048, s. H. Suter, Math. Nr. 218): „*Kitāb al Isti'āb*“ usw. (Das Werk über die gründliche Behandlung der Astrolabiformen.) Benutzt wurde die Handschrift Leiden 1066. In dem Abschnitt des Werkes, der über das kugelförmige Astrolab handelt, beschreibt *al Birūnī*, wie oben schon bemerkt (s. S. 5), auch das Kugelaströlab von *Gibir ben Sinān*. — Stücke aus dem Werk sind von E. Wiedemann und J. Frank vielfach veröffentlicht worden.

4. *Al Hasan ben 'Alī 'Omar al Marrākuschī* († etwa 1262, s. H. Suter, Math. Nr. 363): „Das Kompendium der Anfänge (Prinzipien) und der Enden (Resultate)“. L. Am. Sédillot hat aus diesem Buch den Abschnitt über das Kugelaströlab übersetzt in seinem Werk: „*Mémoires sur les instruments astronomiques des Arabes*“. (*Mémoires présentés par divers Savants à l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres* [1] Bd. 1. Paris 1844.)

5. Das schon wiederholt erwähnte Werk von König Alfons X. von Kastilien: „*Libros del Saber de Astronomia*“, herausgegeben von Rico y Sinobas.

Von diesen Beschreibungen des Kugelaströlabs werden wir zuerst die Alfonsinische besprechen; dabei lernen wir das Instrument in seiner grössten Vervollkommenheit und vor allem seine praktische Verwendungsmöglichkeit kennen. Hieran schliesst sich eine vergleichende Besprechung der übrigen Formen des Kugelaströlabs an Hand der arabischen Quellen an; zunächst die bei *al Nairizī* und *al Birūnī* beschriebenen Formen, wobei besonders auch auf das Kugelaströlab von *Gibir* eingegangen wird. Danach folgt eine Besprechung der Besonderheiten des bei *al Marrākuschī* beschriebenen Kugelaströlabs und ganz zum Schluss wird auf die Schrift von *Qusfā ben Lūqā* eingegangen. Letztere enthält nur einige, zum Teil schwer verständliche Aufgaben über die Anwendung eines in gewisser Hinsicht noch ziemlich primitiven Kugelaströlabs. Deshalb wurde die Schrift an letzter Stelle besprochen.

Beschreibender Teil.

1. Das kugelförmige Astrolab nach den „Libros del Saber de Astronomia“ von König Alfons X. von Kastilien.

Das Buch über das kugelförmige Astrolab befindet sich im 2. Band der Ricoschen Ausgabe der Libros anschliessend an das Buch über die Armillarsphäre. Es zerfällt in zwei Teile, von denen der erste die Konstruktion, der zweite die Anwendung des Instrumentes behandelt. In dem von ihm selbst geschriebenen Vorwort zum ersten Teil erwähnt Alfons, dass er, da er kein Buch gefunden habe, das über die Herstellung des Kugelastrolabs handelte, den bekannten *Isuak Ibn Sid* beauftragt habe, ein solches zu verfassen, das jedem Leser zur Herstellung und Anwendung des Instrumentes genüge.

Erster Teil.

Beschreibung des Instrumentes.

Das kugelförmige Astrolab wird in 27 Kapiteln beschrieben. Dem Text sind zahlreiche, in grossem Masstab gehaltene und vielfach verzierte Figuren beigegeben. Dafür, dass Alfons wie bei seinen anderen Schriften so auch hier arabische Quellen benutzt hat, spricht die stets sich wiederholende, echt arabische Wendung am Anfang der einzelnen Kapitel: „Wenn du dies wissen willst“ u. s. w.

Die Beschreibung schildert in der den Alfonsinischen Büchern eigenen Ausführlichkeit den Aufbau des Instrumentes von dem zur Verarbeitung empfohlenen Rohmaterial bis zum letzten Kreisbogen. Die rein technischen Fragen, von denen in den ersten 8 Kapiteln die Rede ist, werden von mir im Zusammenhang mit dem Stand der Technik zu jener Zeit gesondert behandelt werden. Wir weichen ferner bei der Besprechung der einzelnen Teile des Astrolabs von der Reihenfolge der Beschreibung im spanischen Text ab, wenn dadurch das Verständnis erleichtert wird.

A. Beschreibung der Astrolabkugel.

Die Astrolabkugel ist aus zwei Hohlhalbkugeln zusammengesetzt; sie soll leicht sein, damit man das Instrument, das keine feste Aufstellung besitzt, bei Beobachtungen in der Hand halten kann. Die sogenannten „Pole“ (polos¹¹⁾), die aber nicht den Polen des Horizontsystems auf der Astrolabkugel, nämlich Zenit und Nadir entsprechen, findet man geometrisch nach Theodosius¹²⁾

folgendermassen: Der eine Pol wird beliebig angenommen. Man beschreibt um ihn auf der Kugel mit beliebiger Öffnung eines sog. Rundzirkels (s. S. 34) einen Kreis, halbiert ihn, und legt über den Pol und die Halbierungspunkte, die man vorher durch Zeichen festgelegt hat, einen dünnen Kreisring aus Kupfer, Messing oder Eisen, der senkrecht auf der Kugeloberfläche steht und dessen eine ebene Fläche poliert ist; sein innerer Durchmesser ist nur sehr wenig grösser als der Kugeldurchmesser, sodass er genau auf die Kugel passt. Längs der polierten Fläche des Rings zieht man auf der Kugel einen Kreis, und zwar ist dies ersichtlich ein Grosskreis¹²⁾. Diesen Kreis halbiert man vom einen Pol aus; der entstehende Halbierungspunkt ist der gesuchte zweite Pol.

Auf die Kugel werden nun folgende 3 Grosskreise eingezeichnet, nämlich der Meridian, der erste Azimutalkreis und der Horizont. Dazu dient wie bei der Bestimmung der „Pole“ ein dünner Metallring, der in 360 Grad geteilt ist. Ich nenne ihn „Masskreis“ M. Er wird an den den Teil-

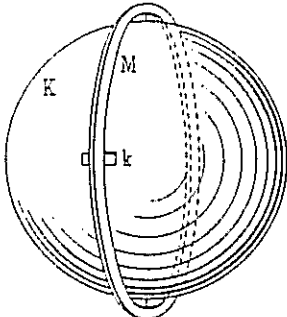


Fig. 3

weiteren Grosskreis auf ihrer Oberfläche beschreiben. Es ist der erste Azimutalkreis (im Text Ost-West-Zenitkreis genannt), der durch die noch zu bestimmenden Punkte Zenit und Ost- und Westpunkt geht. Man trägt auf ihm von dem einen seiner Schnittpunkte mit dem Meridiankreis aus nach beiden Seiten mittels des Rundzirkels je einen Grosskreisquadranten ab und legt die entsprechenden Teilpunkte fest; damit ist der erste Azimutalkreis in 4 Quadranten geteilt. Dann legt man den Masskreis über die erwähnten Teilpunkte des ersten Azimutalkreises und ritzt mit dem Stahlstift, nachdem man vorher wie oben beim Einzeichnen des Meridians Kugel und Masskreis durch die Klammer gegeneinander festgestellt hat, längs der polierten Fläche des letzteren den Grosskreis des Horizontes auf der Kugel ein.

An den einen Schnittpunkt des Meridiankreises mit dem ersten Azimutalkreis schreibt man Zenit; sein Gegenpol, der Nadir, wird im Text nicht erwähnt. An die Schnittpunkte des ersten Azimutalkreises mit dem Horizontkreis schreibt man Ost- bzw. Westpunkt und an die Schnittpunkte des Horizontkreises mit dem Meridiankreis Nord- bzw. Südpunkt, und zwar in der Reihenfolge, bei der man, wenn man den Horizont im Uhrzeigersinn (entsprechend der täglichen Drehung des Himmels, die ja auch in dieser Richtung erfolgt) vom Zenit aus betrachtet durchläuft, vom Ostpunkt über Südpunkt, Westpunkt zum Nordpunkt gelangt.

Man erkennt ferner, dass die oben eingeführten „Pole“ dem Nord- und Südpunkt des Horizontes entsprechen (s. Fig. 3).

Den Bogen des ersten Azimutalkreises zwischen Zenit und Ostpunkt teilt man in 90 Grad und schreibt die bezüglichen Zahlen an die Teilpunkte; die Teilung beginnt am Horizont. Um den Zenit beschreibt man dann mit dem Rundzirkel die dem Horizont parallelen Höhenparallelkreise¹³⁾, die durch die Teilpunkte des erwähnten Quadranten gehen, und ritzt sie auf der Kugel ein; je nach der Grösse der Kugel werden sie für jeden Grad der Teilung des obigen Azimutalkreisquadranten oder je den zweiten, dritten, vierten oder fünften Grad eingezeichnet. (s. Fig. 4, wo sie von 10 zu 10 Grad eingezeichnet sind.) Der Horizont wird in 360 Grad geteilt; die Teilung beginnt hier am Ost- bzw. Westpunkt und wird jedesmal nach beiden Seiten bis zum Meridian hin fortgesetzt, sodass der Nord- bzw. Südpunkt des Horizontes des Teilpunkt 90 erhalten. Hierauf werden die Azimutalkreise auf der Kugel eingeritzt; sie sind halbe Grosskreise, die durch je 2 diametral auf der Kugel gegenüberliegende Teilpunkte der Horizontteilung gehen und die sich alle im Zenit schneiden, also senkrecht zum Horizont stehen. Der Meridian entspricht ersichtlich dem Azimutalkreis durch Nord- und Südpunkt des Horizontes. (s. Fig. 4.)

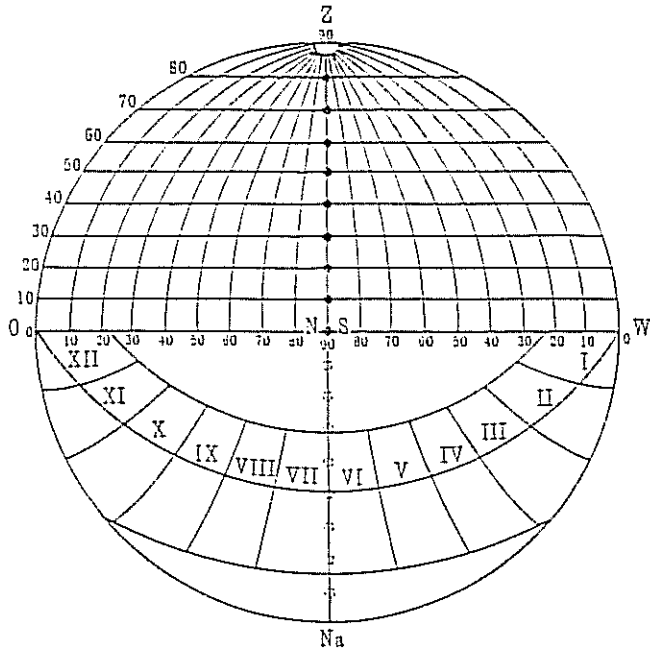


Fig. 4

stellt die Astrolabkugel dar. Die Abbildung ist der Alfonsinischen nachgezeichnet, jedoch sind die Stundenlinien, die bei Alfons falsch gezeichnet sind, berichtigt. Bemerkenswert ist, dass bei Alfons die Projektionen der Höhenparallelen äquidistant gezeichnet sind, was ja bei der Parallelprojektion, um die es sich hier handelt, nicht zutrifft. — Es bedeuten in der Fig.: Z Zenit, Na Nadir; O Ost-, W Westpunkt; N Nord-, S Südpunkt, die hier in einen Punkt zusammenfallen; wagrechte Linie OW den Horizont, senkrechte Linie Z Na den Meridian. Auf letzterer sind die den Breiten entspr. Löcher angedeutet; (die auf der unteren Hälfte punktiert vermerkten Ringe entsprechen den diametral gegenüberliegenden Löchern, die hier natürlich auf der nicht sichtbaren Seite der Kugel sich befinden.) Auf der oberen Kugelhälfte sieht man ferner noch die Wendekreisbogen und die Stundenlinien mit den Ordnungsnummern der temporalen Stunden in ihren Zwischenräumen, die gleichsam das Zifferblatt einer Uhr darstellen (s. w. u.).

Durch die Azimutalkreise werden die Höhenparallelen in derselben Weise wie der Horizont geteilt; andererseits erhalten die Azimutalkreise durch die Höhenparallelen die Teilung des oben besprochenen ersten Azimutalkreisquadranten.

Die Konstruktion der Kreise der temporalen Stunden kann erst nach der Beschreibung der Spinne besprochen werden.

Um die Kugel für verschiedene geographische Breiten verwenden zu können, werden in bestimmten Teilpunkten des Meridiankreisquadranten vom Nordpunkt des Horizontes bis zum Zenit und den ihnen auf der Kugel diametral gegenüberliegenden (am Meridian um 180 Grad entfernten) Punkten Löcher gebohrt. Das Loch am Meridianquadranten vom Nordpunkt des Horizontes bis zum Zenit entspricht dem Punkt G in Fig. 2, das am diametral gegenüberliegenden dem Punkt G' in Fig. 2 1^a).

B. Beschreibung der Spinne und der Alhidade.

Die Spinne ist eine dünne halbkugelige Schale, deren (innerer) Durchmesser nur sehr wenig grösser als derjenige der Kugel ist. Sie wird innen und aussen sorgfältig geglättet und mit ihrer inneren, konkaven Seite auf die äussere konvexe Seite der Kugel gestülpt. Nach den Angaben des Textes soll die Spinne, wenn die Kugel aus Messing ist, ebenfalls aus Messing, wenn die Kugel aus Holz ist, aus Papier gefertigt werden.

Die Spinne des Kugelaströls nach Alfons enthält die Ekliptik, den Aequator, ein Kalendarium, einen Höhenquadranten und eine Vorrichtung zum Messen des Schattens, welche die Form eines Quadranten besitzt, und eine Reihe von Fixsternen. Erwähnt sei schon hier, dass das Kalendarium und die Schattenmessvorrichtung dem Alfonsinischen Typus des Kugelaströls eigentümlich sind; sie sind bei den anderen Typen des Instrumentes nicht erwähnt.

Nach den einleitenden Betrachtungen (s. S. 2) entspricht der Randkreis der Spinne der Ekliptik. Der Pol (oder der sphärische Mittelpunkt) des Randkreises, welcher von allen Punkten desselben den Winkelabstand 90 Grad besitzt, wird im Text „Pol der Spinne“ genannt. Wir wollen ihn aber wegen seiner sieben anschnander gesetzten Bedeutung „Ekliptikpol“ nennen ¹⁾.

Ehe wir uns zu den auf der Spinne verzeichneten Kreissystemen wenden, beschreiben wir zuerst die Alhidade, welche zur Teilung einiger Kreissysteme benötigt wird. Selbstverständlich kann die Alhidade erst dann auf der Spinne befestigt werden, wenn die weiter unten besprochenen Kreise auf der Spinne eingetragen sind. Es sei dies, um Missverständnisse zu vermeiden, besonders hervorgehoben.

Die Alhidade mit den Abschen.

Die Alhidade besteht aus einem dünnen, schmalen Messingstreifen von der Länge eines halben Grosskreises der Spinne, der halbkreisförmig gebogen ist, so-

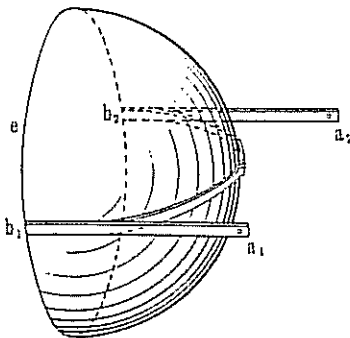


Fig. 5

man benutzt sie stets beim Ablesen und Eintragen von Teilungen auf der Spinne. (s. Fig. 5a).

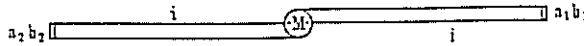


Fig. 5a

An die Enden der Alhidade sind tangential zur Kugel nach oben (d. h. nach der Seite, wo die Alhidade befestigt ist, nämlich nach dem Ekliptikpol zu) und parallel zueinander zwei

Metallstreifen a_1 , b_1 und a_2 , b_2 angelötet, die sog. Abschen (span. *asataba*, arab. *hulafa*), die beim ebenen Astrolab ebenso heissen. Sie sind etwas länger als der Radius der Spinne; an ihren oberen freien Enden sind sie durchbohrt. (s. Fig. 5). Aus den Angaben bei den Aufgaben ergibt sich, dass bei der Beobachtung der Sonne das Instrument so eingestellt wird, dass deren Strahlen beide Löcher durchsetzen, bei der Beobachtung eines Sterns, dass der Beobachter diesen durch beide Löcher erblickt. Davon, dass man gegebenenfalls zwischen die Abschen ein Rohr legt, wie man öfters in der Instrumentenbeschreibung jener Zeit findet, ist im Alfonsinischen Text nichts erwähnt¹²⁾.

Die auf der Spinne angebrachten Kreissysteme, Sterne und Messvorrichtungen.

Die Ekliptik: Dem Randkreis der äusseren Fläche der Spinne entspricht, wie bekannt, die Ekliptik. Parallel zu ihm zieht man um den Ekliptikpol in geringem Abstand voneinander drei Kreise, sodass vom Rand der Spinne aus drei schmale Streifen auf der äusseren Fläche der Spinne entstehen. Den äusseren Streifen teilt man in 360 Grad, wobei jeder Teilstrich eingetragen wird (vergl. hierzu und zu dem folgenden Fig. 6). Der mittlere Streifen wird in Abschnitte von je 5 Grad der äusseren Teilung eingeteilt; an die Teilstrieche werden die zugehörigen Zahlen 5, 10 usw. bis 360 geschrieben. Dabei ist es gleichgültig, wo die Teilung beginnt. Den innersten Streifen teilt man in die Felder für die 12 Tierkreiszeichen und trägt deren Namen in sie ein, wobei man am Nullpunkt der mittleren Teilung im Sinne zunehmender Gradzahlen mit dem Widder beginnt bis zu den Fischen im 12. Feld. — Erwähnt sei noch, dass bei Alfons der Rand der Spinne nicht abgeschrägt ist, wie es z. B. bei *al Marrākushi* der Fall ist.

Auf dieselbe Weise wie die Höhenparallelen und Azimutalkreise des Horizontsystems konstruiert man auf der Spinne um den Ekliptikpol die der Ekliptik parallelen astronomischen Längskreise und die im Ekliptikpol sich schneidenden astronomischen Breitenkreise. Die astronomischen Breitenkreise werden nach den Ekliptikgraden, von denen sie ausgehen, benannt; so heisst z. B. der durch den Widderanfang gehende der Breitenkreis des Anfangs des Widders. Die astronomischen Längen- und Breitenkreise stellen das System der Ekliptikkoordinaten für die auf der Spinne eingezeichneten Sterne dar. — Bemerkenswert ist, dass in der Alfonsinischen Beschreibung des Kugelastrals für die astronomischen Längen- und Breitenkreise die gleiche Bezeichnung wie für die Höhenparallelen und Azimutalkreise des Horizontsystems (nämlich *empotizos* und *zontes*) gewählt ist, was leicht zu Verwechslungen führt.

Die Fixsterne: In dem so gewonnenen Ekliptikkoordinatensystem trägt man dann eine Reihe von besonders hellen Fundamentalsternen ein, indem man den der gegebenen astronomischen Breite bzw. Länge entsprechenden astronomischen Breiten- bzw. Längskreis aufsucht und den Schnittpunkt der beiden Kreise durch ein Zeichen festlegt; dieses gibt den Ort des Sterns auf der Spinne an. Die Namen der auf der Spinne verzeichneten Fixsterne mit den zugehörigen astronomischen Koordinaten finden sich in einer dem einschlägigen Kapitel des Textes angefügten Tabelle¹³⁾, die auf Veranlassung von König Alfons durch Beobachtung in Toledo aufgestellt wurde. Hier folgen sie:

- Cabeça de la serpiente (Kopf der Schlange = α Serpentis).
- El ramec (der Lanzenträger = α Bootis = *al rāmah*).
- Alfaça (α coronae, Gemma = *al fakka*).
- Beytre cayente (der fallende Adler = α Lyræ, Wegn).
- Arridî (der hinter dem Reiter sitzt = α cygni).
- Cabeça dalgol (Kopf des Dämon; *ghûl* = Algol).
- Alayoc (die Ziege = α Aurigæ = *al 'ajjûg*).
- Beytre volante (der fliegende Adler).
- Cabeça de mugier (Kopf der Frau = α Andromedæ).
- Ala del cavallo (Flügel des Pferdes = α Tauri).
- La cabeça de la entrada de gemini (der Kopf des Eintritts der Zwillinge = Pollux).
- Alfarfa (β Leonis = *al farfa* d. h. der Wechsel).
- Corayon del leon (das Herz des Löwen = α Leonis).
- Aklebaran.

Der Aequator: Der eigenartigste Teil der Spinne des Alfonsinischen Kugelastrolabs ist der Aequator. Während er bei allen anderen Typen*) des Kugelastrolabs ein Grosskreis, und zwar ein halber Grosskreis ist, da ja die Spinne stets eine Halbkugel ist, wird er bei Alfons durch ein System von vollen Kleinkreisen dargestellt, die den Ekliptikpol der Spinne umschliessen. Es sei hier schon bemerkt, dass es beim Gebrauch des Kugelastrolabs unwesentlich ist, ob nun der Aequator ein Gross- oder ein Kleinkreis der Spinne ist, da er fast ausschliesslich zur Messung der Drehung der Spinne benutzt wird, wie sich bei der Besprechung der Anwendung des Instrumentes ergeben wird. Der Grund zur Einführung eines Kleinkreises als Aequator lag jedenfalls in den Raumverhältnissen der Spinne, auf der ja der Aequator nur als halber Grosskreis Platz finden würde, wie es bei den übrigen Formen des Astrolabs der Fall ist. Dadurch, dass man wie bei Alfons den Aequator als Kleinkreis wählt, hat man den Vorteil, ihn als Vollkreis auf die Spinne bringen zu können. Im Text ist der Grund, warum der Aequator ein Kleinkreis ist, nicht angegeben.

Der Pol des Aequatorsystems (Punkt P bzw. P' in Fig. 1) wird auf den astronomischen Breitenkreis, der durch den Anfang des Krebses geht, im Abstand gleich dem Winkelwert der Schiefe der Ekliptik***) von deren Pol aus abgetragen und in ihn ein Loch gebohrt. Um ihn beschreibt man in geringen Abständen voneinander 3 Kleinkreise, die den Ekliptikpol umschliessen und nach dem Rand der Spinne zu einen Raum freilassen, in den nachher das Kalendarium und der Höhen- und Schattenquadrant eingezeichnet werden. Durch diese 3 Kreise werden zwei schmale Streifen abgegrenzt, in die man folgende Teilungen einträgt: Den äusseren Streifen teilt man in 360 Grad, den inneren in Abschnitte von je 15 Grad der äusseren Teilung und schreibt die Zahlen 5, 10, usw. an die Teilpunkte. Die Teilung beginnt am Breitenkreis durch den Anfang des Steinbocks.

Wie beim ebenen Astrolab ist auch beim kugelförmigen Astrolab nach Alfons durchweg das System der Deklinationskreise fortgelassen. — Erwähnt sei noch, dass die Lage der Kreise des Aequatorsystems wie auch der übrigen Kreise auf der Spinne so zu wählen ist, dass dieörter der auf der Spinne verzeichneten Sterne nicht auf die Teilungen fallen. Eine diesbezgl. Bemerkung fehlt im Text. (s. Fig. 6.)

Das Kalendarium: Das Kalendarium wird in den Raum auf der Spinne, der zwischen dem Aequator und der Ekliptik liegt, eingezeichnet. Sein Pol (sphärischer Mittelpunkt) wird auf dem astronomischen Breitenkreis, der durch die Stelle des Apogäums*) geht, im Abstand gleich dem Winkelwert der Exzentrizität der Sonnenbahn vom Ekliptikpol aus abgetragen. Man kommt so zu einem Punkt, der nahe bei letzterem liegt. Um den Pol des Kalendariums beschreibt man in geringem Abstand von einander 4 Kleinkreise, die zwischen der Ekliptik und dem Aequator liegen und ebenso wie dieser den Ekliptikpol umschliessen; dabei bleibt zwischen Ekliptik und Kalendarium ein Raum für den Höhen- und Schattenquadranten frei. Durch die erwähnten 4 Kreise werden 3 schmale Streifen abgegrenzt. Auf den innersten (nach dem Pol des Kalendariums zu gelegenen) bringt man Abschnitte für die 12 römischen Monate an: Dazu legt man die Alhidade mit ihrer inneren Kante auf 19 Grad der Fische und zieht längs der inneren Kante der betr. Alhidadenhälfte eine Linie durch die 4 Kreise des Kalendariums. Dasselbe geschieht bei 19 Grad des Widlers. Dadurch hat man den Abschnitt für den Monat März abgeteilt und schreibt dessen Namen in den innersten Streifen. Im Tierkreis weiterbreitend, begrenzt man in gleicher Weise an den Abschnitt für den Monat März anstossend bei 18 Grad des Stiers den Abschnitt für den April, bei 18 Grad der Zwillinge den für den Mai, bei 17 Grad des Krebses den für den Juni, bei 16 Grad des Löwen den für den Juli, bei 16 Grad der Jungfrau den für den August, bei 16 Grad der Waage den für den September, bei 17 Grad des Skorpions den für den Oktober, bei 18 Grad des Schützen den für den November, bei 18 Grad des Steinbocks den für den Dezember, bei 21 Grad des Wassermanns den für den Januar; der letzte Abschnitt, der im innersten Streifen übrigbleibt, gehört dem Februar zu. Hierauf teilt man die Abschnitte der Monate in die ihnen entsprechende Anzahl ihrer Tage und trägt die bezüglichen Teilstriche im mittleren Streifen ein. Ausserdem teilt man die Abschnitte der Monate in Unterabschnitte von 5 zu 5 Tagen der Tagesteilung des mittleren Streifens ab. Bei den Monaten, die eine Division durch 5 nicht zulassen, verfährt man so, dass man z. B. beim Januar, der 31 Tage hat, 5 Unterabschnitte zu 5 und einen zu 6 Tagen abgrenzt und beim Februar, der 28 Tage hat, 5 Unterabteilungen zu 5 Tagen und einen zu 3 Tagen; die hierdurch gewonnene Teilung trägt man im äussersten Streifen ein. (s. Fig. 6.)

*) Mit der auf das Kugelastrolab von al Nairizi bezüglichen Einschränkung, bei dem dies nicht sicher feststeht.

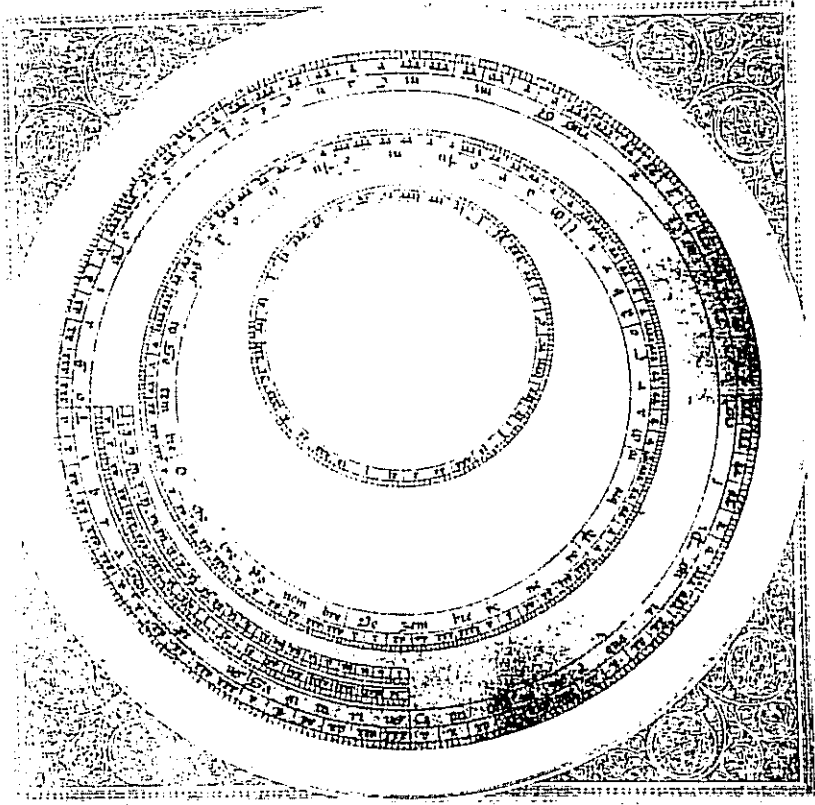


Fig. 6

stellt die Spinnne in stereographischer Projektion ohne Abbildung von oben gesehen dar. Die Fig. ist eine photographische Aufnahme der Alfonsinischen Abbildung. Das äussere Kreissystem stellt die Ekliptik dar. Konzentrisch zu ihr liegen nach innen der Höhen- und Schattenquadrant. Dann folgt weiter nach innen das zur Ekliptik exzentrische System des Kalendariums als Kreiskreis und ganz innerhalb schliesslich das ebenfalls aus Kreiskreisen bestehende System des Aequators.

Der Höhen- und Schattenquadrant: In dem vom Breitenkreis durch den Anfang der Wage bis zum Breitenkreis durch das Ende des Schützen sich erstreckenden Raum zwischen Ekliptik und Kalendarium auf der Spinne konstruiert man den Höhen- und Schattenquadranten. Durch 6 konzentrisch um den Ekliptikpol in geringem Abstand voneinander gezogene Viertelkreisbogen grenzt man zweimal zwei schmale Quadrantenstreifen ab, von denen die beiden äusseren für den Höhenquadranten, die beiden inneren für den Schattenquadranten bestimmt sind. Von den beiden Streifen des Höhenquadranten teilt man den äusseren in 90 Grad, den inneren in Abschnitte von je 5 Grad mit angeschriebenen Zahlen 5, 10 bis 90 ab. (s. Fig. 6.)

In den Schattenquadranten trägt man für Winkel von 0—45 Grad die Schattenlängen des sog. umgekehrten Schattens, für Winkel von 45—90 Grad die Schattenlängen des sog. ausgebreiteten Schattens ein⁷²⁾, indem man die Alhidade auf die Winkelwerte des Höhenquadranten legt und die entsprechenden Schattenlängen an ihrer inneren Kante im Schattenquadranten einträgt. Man benutzt hierzu eine dem einschlägigen Kapitel des Textes beigegebene Schattentabelle⁷³⁾, worin für Winkel von 0—45 Grad die Schattenlängen des umgekehrten Schattens in Fingerlängen und deren Unterteilen, Minuten, angegeben sind. (Zu Grunde gelegt ist ein den Schatten werfender Stab von 12 aneinandergelegten Fingern). Da die Schattenlängen des umgekehrten Schattens gleich den Schattenlängen des ausgebreiteten Schattens für die Komplementwinkel der den ersteren entsprechenden Winkel sind, so kann man der Tabelle auch die Schattenlängen des ausgebreiteten Schattens für Winkel von 45—90 Grad entnehmen, indem man dort jeweils die Komplementwinkel einsetzt. Die Fingerlängen trägt man in das innere, die halben Fingerlängen (30 Minuten) in das äussere der für den Schattenquadranten bestimmten Quadrantenstreifen ein. (s. Fig. 6.)

Nachdem alle Kreise eingezeichnet sind, wird die Spinne so ausgeschnitten, dass nur noch die auf ihr eingezeichneten Kreise, die Sterne und Verbindungsstücke, die das Ganze zusammenhalten, übrigbleiben. Als ein solches Verbindungsstück dient z. B. der Bogen, der den Ekliptikpol, den Aequatorpol und den Anfang des Steinbocks verbindet. Die Lächer am Ekliptikpol und am Aequatorpol umgibt man mit kreisringförmigen Scheiben. Die Oerter der Sterne auf der Spinne sind die Spitzen kleiner Vorsprünge, die an den Kreisteilungen oder an den Verbindungsstücken angebracht sind. Die fertige Spinne erhält hiermit ähnlich wie die Spinne des ebenen Astrolabs ein netzartiges Aussehen, daher ihr Name; durch ihre Zwischenräume sind die Teilungen auf der Astrolabkugel, über welcher sie sich bewegt, sichtbar.

Die Weltachse: Als Weltachse dient ein dünner, runder Messingstab, der etwas länger als der Durchmesser der Kugel und so dick ist, dass er ohne zu wackeln in die Löcher am Meridiankreis der Kugel und am Pol des Aequators auf der Spinne passt. Diese Weltachse, wie wir sie abweichend vom Text, wo sie einfach der Stab heisst, nennen, verbindet Spinne und Kugel und dient als Drehachse des Astrolabs; sie entspricht der Achse des Weltalls, um die sich das Himmelsgewölbe über das Horizontsystem hindreht; eine Bewegung, die durch das Kugelastrolab naturgetreu dargestellt wird. Der Weltachse entspricht, wenn man will, beim ebenen Astrolab der im Mittelpunkt seiner Vorderseite befestigte Stift, um den sich die scheibenförmige Spinne dreht (vergl. hierzu J. Frank: „Das Astrolab nach al Chwārizmī“). Das eine Ende der Weltachse wird ähnlich dem Kopf eines Nagels verbreitert. Mit ihrem anderen Ende steckt man sie in das Loch am Aequatorpol der Spinne und dann durch irgend ein Löcherpaar im Meridiankreis der Kugel, und zwar so, dass sie bei dem Loch auf der geteilten Hälfte des Meridians (der Mittagslinie) ein- und am gegenüberliegenden aus der Kugel austritt. In das aus der Kugel herausragende Ende der Weltachse wird ein sog. „Vorreiber“ gesteckt, dem in der Fig. des Textes wie bei den ebenen Astrolabien die Form eines Pferdekopfes nebst Hals gegeben ist. Die mit ihrer konkaven Fläche über die Kugel gestülpte Spinne bedeckt diese jeweils zur Hälfte und ist durch das verbreiterte Ende der Weltachse, welches den Aequatorpol der Spinne bedeckt, auf der Kugel festgehalten. Damit ist das Instrument gebrauchsfertig. Um die Weltachse lässt sich die Spinne über die Kugel hindrehen. — Ausdrücklich sei zur Vermeidung von Irrtümern darauf hingewiesen, dass der Drehpunkt der Alhidade im Ekliptikpol der Spinne ist; dagegen geht die Drehachse des Astrolabs, um die sich die Spinne über der Kugel dreht (die Weltachse), durch den Aequatorpol. Kugel und Spinne einerseits und Alhidade andererseits drehen sich also um verschiedene Achsen.

In der besprochenen Verbindung von Spinne und Kugel kann man das Astrolab in den verschiedenen geographischen Breiten, für welche die Kugel mit Löchern versehen ist, zu verschiedenen Zwecken verwenden; man bringt die durch den Aequatorpol der Spinne gesteckte Weltachse in die entsprechenden Löcherpaare auf der Kugel und verbindet sie mit letzterer durch den Vorreiber. Diese Art der Einrichtung des Instrumentes wird bei den

Anwendungen vorwiegend benutzt; nur bei einigen Aufgaben benötigt man andere Arten der Verbindung von Spinne und Kugel, auf die wir im Einzelfalle näher eingehen werden.

Die Stundenlinien und die Positionskreise. Wir haben noch die Konstruktion der Stundenlinien und der Positionskreise, der sog. Kreise des *atacir* zu behandeln, die im Text merkwürdigerweise schon vor Beschreibung der Spinne erwähnt werden. Diese Kreise müssen für jede geographische Breite besonders eingetragen werden, weshalb man sie auch nicht wie die unveränderlichen, seither besprochenen Kreise auf Spinne und Kugel mittels des Rundzirkels einträgt, sondern mit Tinte oder dergl. einzeichnet. Man kann sie dann jederzeit wieder entfernen, wenn man das Astrolab für eine andere Breite verwenden will.

Zunächst konstruiert man die Wendekreisbogen des Krebses, des Steinbocks und den Äquatorbogen auf der unter dem Horizont befindlichen Kugeihälfte. Man setzt das Astrolab, wie oben beschrieben, für die betr. Breite, für welche die Wendekreise auf der Kugel eingetragen werden sollen, zusammen. Dann befestigt man an der Ekliptik nacheinander am Anfang des Krebses, des Widlers bzw. der Waage und des Steinbocks eine Schreibvorrichtung¹¹⁾, die beim Drehen der Spinne einen Kreisbogen, den Nachtbogen des betr. Gestirns unter dem Horizontkreis auf der nicht eingeteilten Hälfte der Kugel beschreibt. So entstehen drei Nachtbogen, die dem Äquatorbogen und den beiden Wendekreisen angehören.

Um die Stundenlinien, die sog. Kreise der temporalen Stunden, einzuzichnen, teilt man jeden der drei Kreisbogen in 12 gleiche Teile und verbindet die entsprechenden Teilpunkte durch Kreisbogen; es sind angenähert die gesuchten Stundenlinien. Sie grenzen die Felder der temporalen Stunden ab, deren Ordnungszahlen in ihre Zwischenräume eingetragen werden. Dabei gehört das Feld, das an die den Westpunkt enthaltende Hälfte des Horizontes anstösst, der ersten temporalen Stunde, das an die andere Hälfte des Horizontes anstossende Feld der zwölften temporalen Stunde zu. Die Stundenlinien selbst zeigen den Schluss der vorhergehenden abgelaufenen temporalen Stunde und den Anfang der folgenden beginnenden temporalen Stunde an. (s. Fig. 4.)

Die Linien der äquatorialen Stunden sind beim Kugelastrolab nach Alfons nicht eingetragen. Die äquatorialen Stunden ergeben sich hier, wie wir später sehen werden, ohne weiteres durch Ablesen am Äquator. Auf der Kugel sind ferner verzeichnet die Positionskreise¹²⁾. Es sind dies halbe Grosskreise, die durch Nord- und Südpunkt des Horizontes gehen. Sie werden folgendermassen konstruiert: Man ergänzt den unter dem Horizont befindlichen Äquatorbogen zu einem Vollkreis. Seinen über dem Horizont auf der geteilten Hälfte der Kugel gelegenen Bogen teilt man in 6 gleiche Teile und legt durch jeden Teilpunkt halbe Grosskreise, die sich im Nord- und Südpunkt des Horizontes schneiden. Die bereits auf der Kugel eingezeichneten Grosskreise des Horizontes und des Meridians gehören ebenfalls zu den Positionskreisen, da sie sich wie diese im Nord- und Südpunkt des Horizontes schneiden.

Bei Alfons findet sich keine Unterscheidung zwischen nördlichem und südlichem Kugelastrolab; die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf ein nördliches Astrolab, wie aus der Sterntabelle hervorgeht, die nur Sterne mit positiver astronomischer Breite enthält.

Um schliesslich das Astrolab bei Höhenmessungen geeignet aufzuhängen, ist am Rand der Spinne an der Stelle, die dem Teilpunkt 90° des Höhenquadranten entspricht, ein Ring R befestigt, an dem das Instrument frei hängend gehalten wird. Die Abseher, durch deren Löcher man visiert, liegen dabei horizontal. — Fig. 7 stellt die Spinne von vorne gesehen, Fig. 5 von der Seite gesehen dar.

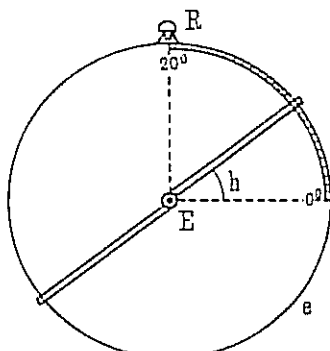


Fig. 7

Zweiter Teil:

Anwendung des Instrumentes.

Der zweite Teil des Buches über das Kugelastrolab behandelt in 135 Kapiteln die Anwendung des Instrumentes. Merkwürdigerweise erwähnt Alfons in dem kurzen Vorwort nicht, wie er sonst tut, den Namen des Verfassers der Aufgabensammlung. Dies lässt darauf schliessen, dass *Ibn Sid* auch die Aufgabensammlung, freilich unter teilweiser Benutzung arabischer Vorbilder, zusammengestellt hat.

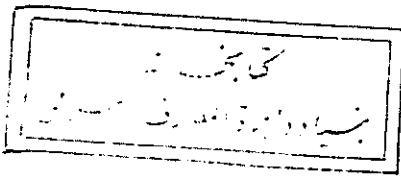
In dem einleitenden Kapitel (1) werden nochmals die Kreise und Kreissysteme auf der Kugel und der Spinne aufgezählt und ihre Teilung und ihre Lage zu einander kurz erläutert. Ferner werden einige Begriffe und Bezeichnungen eingeführt, die bei den sich anschliessenden Aufgaben öfters gebraucht werden. Es sind die folgenden: Der Ost- bzw. Westhorizont ist diejenige Hälfte des Horizontkreises vom Meridiankreis aus, auf welcher der Ost- bzw. Westpunkt liegt. Dementsprechend teilt man auch die Höhenparallelen in östliche und westliche ein²⁶⁾. Die 4 Quadranten der Horizontteilung, von der die Azimutalkreise ausgehen, nennt man Ostnord-, Ostsüd-, Westsüd- und Westnordquadrant. Die Bezeichnung der Quadranten ist gerade umgekehrt wie bei uns. Dementsprechend werden auch die Azimutalkreise, die vom Horizont ausgehen, eingeteilt. Die geteilte Hälfte des Meridiankreises, die sich auf der über dem Horizont gelegenen Halbkugel befindet, heisst „Mittagslinie“, die andere Hälfte „Mitternachtslinie“. Der Pol des Aequators auf der Spinne wird ebenfalls, wie wir es auch heute tun, Welpol genannt.

An dieser Stelle sei eine Bemerkung über die Verwendung der Koordinatensysteme eingefügt. Auf der über dem Horizont befindlichen Kugelhälfte ist das Horizontkoordinatensystem der Höhenparallelen und Azimutalkreise eingezeichnet, welches den täglichen Lauf des Tierkreises und der auf der Spinne verzeichneten Sterne nach Höhe und Azimut zu messen gestattet. Auf der Spinne befindet sich das Ekliptikalkoordinatensystem, welches die Sternörter nach Länge und Breite festlegt. Ein drittes Koordinatensystem, das des Aequators, dient zur Messung von Deklination und Rektaszension. An unserem Astrolab wird es dargestellt durch den Aequatorkreis auf der Spinne und durch den Meridiankreis auf der Kugel als Deklinationskreis²⁷⁾. Letzterer bleibt fest, während sich der Aequator bei der Drehung der Spinne über ihn bewegt. Zu dem Aequatorsystem kann man auch, wenn man will, die Wendekreise und die Linien der temporalen Stunden rechnen.

An das einleitende Kapitel reihen sich 134 Aufgaben (im Text Kapitel 2 bis 135) an, die mit Hilfe des kugelförmigen Astrolabs gelöst werden. Die Aufgaben sind nicht sachlich geordnet; vorherrschend ist die Neigung, mit den einfachsten Aufgaben zu beginnen und der Reihe nach zu den verwickelteren Aufgaben aufzusteigen. Manche Aufgaben wiederholen sich mit nur kleinen Abweichungen und Umkehrungen. Wir wollen die Aufgaben nach einheitlichen Gesichtspunkten etwa in folgende Gruppen einordnen, wobei freilich bei einzelnen zweifelhaft ist, wohin sie zu rechnen sind.

A) Messende Beobachtungen am Himmel: 2—4, 6, 12, 16, 108, 109, 111, 112, 115.

B) Graphische Lösung sphärischer Aufgaben:



- a) Allgemeine Aufgaben: 58, 61—66, 79, 90, 91, 102—104, 110, 114.
- b) Koordinatenaufgaben: 5, 7, 10, 14, 24, 72, 73, 75, 76, 84, 86, 87, 92, 94.
- C) Zeitaufgaben: 8, 9, 11, 13, 15, 17—19, 20—23, 25, 26—56, 71, 74, 75, 77, 78, 85, 88, 93, 95—101, 105—107, 113.
- D) Geographische Aufgaben: 67—70, 80—83, 89.
- E) Astrologische Aufgaben: 59, 60, 116.
- F) Schattenaufgaben: 117—122.
- G) Vermessungsaufgaben: 123—133.

Die Aufgaben 57, 134, 135, die sich in keine Gruppe einordnen lassen, sind zuletzt besprochen.

Diese Aufgaben sind im folgenden in großen Zügen und unter sachlicher Zusammenfassung der denselben Gegenstand behandelnden besprochen. Die entsprechenden Kapitelnummern sind am Schlusse der einzelnen Absätze angegeben. Die Lösungen und die Ueberschriften zu den Aufgaben sind oft unklar angegeben. Ergänzungen, die zur Erleichterung des Verständnisses beitragen sollen, sind durch Klammern oder als eigene Absätze durch die Angabe — Bemerkung — kenntlich gemacht.

A. Messende Beobachtungen am Himmel.

In diesem Abschnitt sollen einige grundlegende Aufgaben besprochen werden, in deren Ueberschriften im Text ausdrücklich vermerkt ist, dass sie mit Hilfe der Beobachtung zu lösen sind. Diese Unterscheidung ist allerdings etwas willkürlich, denn auch bei vielen später zu besprechenden Aufgaben, die rein mechanisch gelöst werden, ist man letzten Endes auf vorhergehende Messungen am Himmel angewiesen. Die besondere Art jener Aufgaben im Vergleich zu den im gegenwärtigen Abschnitt besprochenen rechtfertigt indessen diese Unterscheidung, wie wir später sehen werden.

1. Von grundlegender Bedeutung für die Lösung der allermeisten astronomischen Aufgaben ist die Bestimmung des stets als Sonnengrad bezeichneten Ortes der Sonne im Tierkreis an einem bestimmten Tag des Jahres²⁾. Man legt dazu die Alhidade mit ihrer inneren Kante auf den betreffenden Tag im Kalendarium der Spinne; die Stelle des Tierkreises, auf die das Ende der entsprechenden Alhidadenhälfte fällt, ist der Sonnengrad. Ebenso bestimmt man umgekehrt bei gegebenem Sonnengrad den zugehörigen Jahrestag. — Bei der messenden Festlegung der Sonne während ihres täglichen Laufes in bezug auf eines der Koordinatensysteme am Astrolab legt man stets den Sonnengrad zugrunde (2).

Bemerkung: Die innere Kante der Alhidade entspricht dem Breitenkreis, der durch den Sonnengrad geht, auf dem das betreffende Ende der Alhidade jeweils liegt. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass die Alhidade im Ekliptikpol der Spinne befestigt ist.

2. Zur Bestimmung der Höhe der Sonne und der Sterne hält man das Astrolab mit der linken Hand an dem am Rand der Spinne angebrachten Ring R. (s. Fig. 7). Dann visiert man durch die Absehn das Gestirn an, wobei man mit der rechten Hand die Alhidade in entsprechender Weise dreht, und zwar bei der Sonne, bis ihre Strahlen durch die Löcher beider Absehn gehen, und bei den Sternen, bis der vom Auge des Beobachters durch die Löcher der Absehn gehende Sehstrahl den Stern trifft, (d. h. also, bis der Stern in der Blickrichtung sichtbar wird). Die Alhidade gibt dann die gefundene Höhe im Höhenquadranten. (Bruchteile von Graden wurden bei der Ablesung der Höhe am Höhenquadranten offenbar nicht berücksichtigt, wie überhaupt alle diese Messungen keinen Anspruch auf Genauigkeit machen konnten). Findet man durch zwei kurz aufeinanderfolgende Beobachtungen der Höhe der Sonne, dass die Höhe zugenommen hat, so ist es Vormittag; nahm die Höhe ab, so ist es Nachmittag (3) (4) (16).

3. Um das Astrolab auf die durch die Beobachtung gefundene Sonnen- oder Sternhöhe einzustellen, bringt man den Sonnengrad bzw. die Spitze des Sterns (sofern dieser auf der Spinne verzeichnet ist) auf die der gefundenen Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele (vergl. Anm. 26), je nachdem die Höhe vor oder nach der

Kulmination gemessen wurde. Sind die Höhenparallelen nicht von Grad zu Grad auf der Kugel eingetragen, und kommt hierbei der Sonnengrad bzw. die Spitze eines Sternes zwischen zwei Höhenparallelen zu liegen, so verfährt man folgendermaßen: Man bringt den Sonnengrad auf die in bezug auf die gegebene Höhe nächstniedere Höhenparallele, macht gleichzeitig am Äquator auf der Spinne in dessen einem Schnittpunkt mit dem Meridian der Kugel eine Marke; dann bringt man durch Drehen der Spinne den Sonnengrad auf die nächsthöhere Höhenparallele und liest am Äquator den Winkel ab, um den sich die Marke gedreht hat. Der durch diesen Winkel dargestellte Äquatorbogen entspricht der Differenz zwischen den beiden benachbarten Höhenparallelen. Dann bildet man das Verhältnis des Abstands der gegebenen Höhe und der nächstniederen Höhenparallelen zu dem Abstand der beiden benachbarten Höhenparallelen, zwischen denen die gegebene Höhe liegt. Dieses Verhältnis mit dem vorhin gefundenen Äquatorbogen multipliziert gibt denjenigen Äquatorbogen, welcher dem Abstand der nächstniederen Höhenparallelen von der gegebenen Höhe entspricht. Bringt man den Sonnengrad oder die Spitze des Sternes wieder auf die nächstniedere Höhenparallele und dreht die Spinne im Sinne zunehmender Höhe des Sonnengrades bzw. des Sternes, bis sich hierbei der Äquator um den vorher berechneten Bogen gedreht hat, so liegt der Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes auf der gegebenen Höhe am Astrolab (6). — Zum besseren Verständnis ist der betr. Aufgabe im Text ein Zahlenbeispiel angefügt.

4. Will man einen auf der Spinne verzeichneten Stern B am nächtlichen Himmel aufsuchen, wenn die Lage eines anderen ebenfalls auf der Spinne verzeichneten Sternes A am Himmel zu der betr. Zeit bekannt ist, so misst man die Höhe des letzteren und bringt die ihn auf der Spinne darstellende Spitze durch deren Drehung auf die entsprechende Höhenparallele; dann ist die Lage des Sternenhimmels am Beobachtungsort zu der betr. Zeit festgelegt. Man sieht zu, auf welche Stelle der Kugel die Spitze des Sternes B fällt und liest seine Horizontkoordinaten (Höhe und Azimut) ab. Die Höhe stellt man im Höhenquadranten mittels der Alhidade ein und visiert durch die Abseher in der durch das Azimut gegebenen Richtung nach dem Himmel. Derjenige Stern, der hierbei durch die Abseher sichtbar wird, ist der gesuchte Stern B. (12.)

5. Aus der Beobachtung der Kulminationshöhe der Sonne am Mittag lässt sich der Sonnengrad ermitteln. Man bringt den Quadranten des Tierkreises, den die Sonne in der betr. Jahreszeit durchläuft, über die Mittagslinie. Derjenige Grad, der auf die Mittagslinie durch eine Marke bezeichnete Kulminationshöhe fällt, ist der gesuchte Sonnengrad. (108.)

6. Befindet sich der Mond oder ein Planet im aufsteigenden oder absteigenden Knoten seiner Bahn, d. h. hat ein solches Gestirn zu der betreffenden Zeit keine astronomische Breite, so findet man den Ekliptikgrad, mit dem er in astronomischer Länge zusammenfällt, indem man die Kulminationshöhe des Wandelsternes misst und sie an der Mittagslinie durch eine Marke festlegt. Ueber letztere dreht man den Tierkreis hinweg; der Ekliptikgrad, der hierbei auf die Marke fällt, ist der gesuchte. (111.)

Bemerkung: Es gibt zwei solche Ekliptikgrade. Um zu entscheiden, welcher der passende ist, muss man wissen, in welchem Quadranten des Tierkreises der Mond bzw. der Planet steht. — Die Knotenpunkte des Mondes heißen bei Alfons Kopf und Schwanz des „Drachens“ (span. „dragon“), die Knotenpunkte der Planeten heißen Kopf und Schwanz ihrer „lauzalhares“, arabisch „al Gauzahar“, welches Wort aus dem Persischen stammt und auch „Drache“ heisst (vergl. E. W., Beiträge XLVII, S. 224, 33). — Bei Alfons findet man häufig für dieselben Grössen oder Begriffe verschiedene Bezeichnungen, je nachdem sie sich auf den Mond bzw. die Sonne einerseits und die Planeten andererseits beziehen.

7. Den mit dem Mond oder einem Planeten oder einem nicht auf der Spinne verzeichneten Stern kulminierenden Grad des Tierkreises ermittelt man, indem man (zur Zeit der Kulmination des betr. Gestirnes) die Höhe eines anderen, auf der Spinne verzeichneten Sternes bestimmt und dessen Spitze auf die der gefundenen Höhe entsprechende östliche bzw. westliche Höhenparallele bringt. Der Ekliptikgrad, der gleichzeitig auf der Mittagslinie liegt, ist der gesuchte mitkulminierende Grad. (109.)

Bemerkung: Die Bestimmung der Kulminationshöhe des Gestirns, wie im Text angegeben ist, erübrigt sich offenbar. — Der mitkulminierende Grad des Tierkreises ist derjenige, der dieselbe Rektaszension wie der betr. Stern besitzt, denn beide liegen zu gleicher Zeit am Meridian, der ja Deklinationskreis ist.

8. Zur Bestimmung des mit dem Mond oder einem Planeten oder einem nicht auf der Spinne verzeichneten Stern aufgehenden Grades des Tierkreises, falls das betr. Gestirn (im Falle der Planeten) sich nicht im Knoten seiner Bahn befindet, stellt man ähnlich wie im vorhergehenden Abs. 7 durch Bestimmung der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten

Sternes das Astrolab auf den Sternenhimmel zur Zeit der Kulmination des Planeten etc. ein. Weiter bestimmt man die Kulminationshöhe des Mondes oder des Planeten und bezeichnet sie an der Mittagslinie der Kugel durch eine Marke a. Desgleichen bezeichnet man die Stelle der Spinne, die sich mit jener Marke deckt, ebenfalls durch eine Marke b. Fällt hingegen die Marke a an der Mittagslinie in einen Zwischenraum der Spinne, so befestigt man auf letzterer eine Marke b' aus Wachs, welche genau auf der Marke a an der Mittagslinie liegt. Die an der Spinne angebrachte Marke b bezw. b' gibt den Ort des Mondes oder des Planeten an. Dann löst man die Spinne und dreht sie, bis jene Marke auf den Osthorizont kommt. Der Ekliptikgrad, der dabei gleichzeitig auf dem Osthorizont liegt, ist der gesuchte mitaufgehende Grad. (112)

9. Die recht- oder rückläufige Bewegung eines Planeten erkennt man dadurch, dass man nach Abs. 7 seine Kulminationshöhe und den mitkulminierenden Grad des Tierkreises bestimmt und dies in der drittfolgenden Nacht wiederholt. Ergibt sich hierbei eine Verschiebung des mitkulminierenden Grades nach solchen Stellen des Tierkreises, die die Sonne in dem betr. Jahr bereits durchlaufen hat, so ist der Planet rückläufig. (In entsprechender Weise ergibt sich die rechtläufige Bewegung.) (113).

B. Graphische Lösung sphärischer Aufgaben.

a) Allgemeine Aufgaben.

1. Zur Bestimmung der Deklination eines Grades des Tierkreises oder eines auf der Spinne verzeichneten Sternes bringt man den betr. Grad bezw. die Spitze des Sternes durch Drehen der Spinne auf die Mittagslinie der Kugel und liest an deren Teilung die Kulminationshöhe ab; ebenso bestimmt man die Aequatorhöhe für die Breite des Beobachtungsortes, die gleich der Kulminationshöhe des Widlers ist. Bei den Planeten und den nicht auf der Spinne verzeichneten Sternen erhält man die Kulminationshöhe durch Beobachtung. Für einen nördlichen Stern oder ein nördliches Tierkreiszeichen ist die Kulminationshöhe grösser als die Aequatorhöhe, für einen südlichen kleiner. Die Deklination der nördlichen Tierkreiszeichen und der nördlichen Sterne ergibt sich daher durch Subtraktion der Aequatorhöhe von der Kulminationshöhe des Gestirns. — die Deklination heisst in diesem Fall nach Alfons nördlich (heutzutage positiv) — die Deklination der südlichen Tierkreiszeichen und der südlichen Sterne ergibt sich durch Subtraktion ihrer Kulminationshöhe von der Aequatorhöhe — die Deklination heisst in diesem Fall bei Alfons südlich (heutzutage negativ). (58, 61, 102, 110.)

Bemerkung: Obige Bestimmung gilt nur für nördliche Breiten und, wenn der Stern auf der Südhälfte des Meridians kulminiert.

2. Um zu bestimmen, welche Grade des Tierkreises die gleiche gegebene Deklination besitzen, ermittelt man zunächst die Kulminationshöhe des Sonnengrads, dem diese Deklination zukommt, indem man letztere zur Aequatorhöhe am Beobachtungsort addiert, bezw. die gegebene Deklination von der Aequatorhöhe subtrahiert, je nachdem die Deklination positiv oder negativ ist. An dem Grad der Teilung der südlichen Hälfte der Mittagslinie, der der so erhaltenen Kulminationshöhe entspricht, macht man eine Marke und dreht darüber den Tierkreis. Derjenige Ekliptikgrad, der auf die Marke fällt, besitzt die gegebene Deklination. Der andere Ekliptikgrad, dem dieselbe Deklination zukommt, ist derjenige, der ebenso weit vom Anfang der Wage wie der erste vom Anfange des Widlers (bezw. umgekehrt nach derselben Seite an der Ekliptik entweder nach dem Steinbock oder nach dem Krebs zu) entfernt ist. (62).

3. Die örtlichen und geraden Aszensionen²⁹⁾ speziell eines Tierkreiszeichens oder eines beliebigen Ekliptikbogens bestimmt man folgendermassen: Um die örtlichen Aszensionen zu ermitteln, legt man den einen Endpunkt des Ekliptikbogens, dessen örtliche Aszensionen zu bestimmen sind, auf den Osthorizont und macht gleichzeitig am Aequator in dem einen seiner beiden Schnittpunkte mit dem Meridian der Kugel eine Marke. Dann dreht man die Spinne, bis der andere Endpunkt des Ekliptikbogens auf den Osthorizont kommt, und liest am Aequator den Betrag ab, um den sich jene Marke von dem entsprechenden Schnittpunkt des Aequators mit dem Meridian, wo sie sich vor der Drehung befand, gedreht hat. Damit hat man die örtlichen Aszensionen. Nimmt man statt des Ost- den Westhorizont, so spricht man von westlichen statt von östlichen Ortsaszensionen. — Bei den geraden Aszensionen tritt an Stelle des Horizonts die Mittagslinie. Man bringt den einen Endpunkt des Ekliptikbogens auf die Mittagslinie, dreht die Spinne, bis der andere Endpunkt des Bogens auf die Mittagslinie kommt und findet auf dieselbe Weise wie bei den örtlichen die gesuchten geraden Aszensionen aus den Drehungswinkeln des Aequators.

2 *

Die Umkehrungen der beiden Aufgaben lauten, bei gegebenen Werten der örtlichen bezw. geraden Aszensionen den Ekliptikbogen zu bestimmen, der gleichzeitig vom Horizont bezw. der Mittagslinie sich erhebt, wenn sich der Äquator um einen den gegebenen Aszensionen entsprechenden Winkel dreht. (Aus den Ausführungen des Textes geht hervor, dass Alfons in dem Buch über das Kugelastralat den gesuchten Bogen gewöhnlich vom Widderanfang aus rechnete, wie wir es auch heute bei der Rektaszension tun, die durch die geraden Aszensionen dargestellt wird.) Demzufolge kann man die Umkehrung auch so fassen: Den Ekliptikgrad vom Widderanfang aus zu bestimmen, der nach der den gegebenen Aszensionen entsprechenden Äquatorumdrehung auf dem Horizont bezw. auf der Mittagslinie liegt. — Bei gegebenen geraden Aszensionen legt man den Widderanfang auf die Mittagslinie, macht eine Marke am Äquator und dreht diese um den Betrag der gegebenen geraden Aszensionen und sieht nach, welcher Ekliptikgrad auf die Mittagslinie kommt; diesem kommt die gegebene gerade Aszension zu und der Tierkreisbogen vom Widderanfang aus, der sich gleichzeitig mit der Drehung des Äquators über die Mittagslinie bewegt hat, ist der zu den gegebenen geraden Aszensionen gehörige. — Bei gegebenen örtlichen Aszensionen legt man den Widderanfang auf den Horizont, dreht den Äquator um den Betrag der gegebenen örtlichen Aszensionen und sieht zu, welcher Ekliptikgrad auf dem Horizont liegt; er ist der Aszendent und der Ekliptikbogen von ihm bis zum Widder ist derjenige, der sich bei der Drehung des Äquators über dem Horizont erhoben hat.

Bei der Bestimmung der Aszensionen am Erdäquator (Breite Null) ist es einerlei, ob man die Äquatorumdrehung am Horizont oder an der Mittagslinie abliest. (Hier besteht auch kein Unterschied zwischen örtlichen und geraden Aszensionen, was Alfons jedoch nicht hervorhebt.) (63 bis 66.)

Zu den Aszensionen vergl. u. a. E. W., Beitr. IX, S. 192 und J. Frank: Das Astrolab nach al Chwārizmī S. 18.

4. Zur Bestimmung der Morgen- und Abendweite eines Gestirns bringt man die ihm entsprechende Stelle der Spinne auf den Ost- bezw. Westhorizont. Der am Horizont gemessene Winkelabstand vom Ost- bezw. Westpunkt aus gibt die gesuchte Morgen- bezw. Abendweite. Liegt das Azimut der Morgenweite nach Süden zu, so nennt man sie bei der Sonne entsprechend der Jahreszeit „winterlich-südlich“, liegt es nach Norden, „sommerlich-nördlich“. (79, 90, 114.)

5. Die Entfernung zweier Sterne am Horizont findet man, indem man die Spitzen der beiden Sterne nacheinander auf den Osthorizont bringt und dort jedesmal die Stelle bezeichnet, wo die Spitzen der Sterne liegen. Die am Horizont gemessene Differenz der beiden Zeichen gibt die gesuchte Entfernung. Ebenso bestimmt man die Entfernung zweier Sterne an der Mittagslinie. — Während die Entfernung an der Mittagslinie, die den Unterschied der Deklination der beiden Sterne darstellt, unveränderlich ist, wird die Entfernung am Horizont in jeder Breite eine andere. (91.)

6. Den mit einem auf der Spinne verzeichneten Stern kulminierenden Grad des Tierkreises (den Grad, in dem der Himmel halbiert wird) bestimmt man, indem man die Spitze des Sternes auf die Mittagslinie bringt; der Ekliptikgrad, der gleichzeitig auf der Mittagslinie liegt, ist der gesuchte. Den mit einem auf der Spinne verzeichneten Stern auf- bezw. untergehenden Grad des Tierkreises findet man, indem man die Spitze des Sternes auf den Ost- bezw. Westhorizont bringt und zusieht, welcher Grad des Tierkreises auf dem Ost- bezw. Westhorizont liegt. (103, 104.)

Bemerkung: Die Bestimmung des mit einem Planeten oder einem nicht auf der Spinne verzeichneten Stern kulminierenden, auf- bezw. untergehenden Grades des Tierkreises haben wir bereits in dem Abschnitt „Messende Beobachtungen am Himmel“ behandelt.

b) Koordinatenaufgaben.

In diesem Abschnitt sind solche Aufgaben zusammengefasst, bei denen die gegebenen und gesuchten Stücke verschiedenen Koordinatensystemen angehören. Diejenigen Aufgaben dieser Art, die unter ihren Bestimmungsstücken die Zeit enthalten, werden im nächsten Abschnitt: „Zeitaufgaben“ behandelt. Wir wollen hier wie im folgenden alle Stücke, die zur sphärischen Bestimmung einer Aufgabe dienen können, ob sie nun gegeben oder gesucht sind, kurz „Bestimmungsstücke“ nennen. Als solche treten hier und bei den Zeitaufgaben auf: Der Sonnengrad oder ein auf der Spinne verzeichneter Stern,

der Aszendente (Ekliptiksystem); Höhe und Azimut (Horizontsystem); Zeit (Aequatorsystem).

1. Bei sehr vielen Koordinaten- und Zeitaufgaben kommt als Bestimmungsstück der Aszendente vor, d. i. derjenige Tierkreisgrad, der zu einer bestimmten Zeit im Osten aufgeht. Obwohl diese Aufgaben ihrem Zweck nach zu den astrologischen Aufgaben gehören, wollen wir sie dennoch des Zusammenhangs und der Uebersichtlichkeit halber hier behandeln.

Der Aszendente lässt sich aus dem Sonnengrad und der Höhe der Sonne bestimmen, indem man erstere durch Drehen der Spinne auf die der gegebenen Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele bringt; der Grad des Tierkreises, der auf dem Osthorizont liegt, ist der Aszendente. Der auf dem Westhorizont liegende, der Descendente (der untergehende Grad) heisst auch der Gegengrad des Aszendenten; in der letzteren Bedeutung spielt er bei den Zeitaufgaben eine wichtige Rolle. — Bei der Nacht bestimmt man den Aszendente aus der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes, indem man dessen Spitze auf die der gegebenen Höhe entsprechende östliche bzw. westliche Höhenparallele bringt. Der Aszendente ist dann der Tierkreisgrad, der auf dem Osthorizont liegt. Auch kann man nahe an der Ekliptik liegende Sterne benutzen, wobei man näherungsweise den Tierkreisgrad nimmt, der der astronomischen Länge des betr. Sternes entspricht. — Umgekehrt lassen sich ermitteln: a) Die Höhe der Sonne bzw. eines Sternes aus dem Aszendente, wenn gegeben ist der Sonnengrad bzw. der Stern auf der Spinne angebracht ist. Man bringt den Aszendente auf den Osthorizont und liest die Höhe der Sonne bzw. des Sternes an der Höhenparallelen ab, auf der der Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes liegen. — b) Der Sonnengrad aus seiner Höhe und dem Aszendente, indem man letzteren auf den Osthorizont bringt und nachsieht, welcher Ekliptikgrad auf der der gegebenen Höhe entsprechenden östlichen oder westlichen Höhenparallelen liegt; er ist der gesuchte. (5, 7, 10, 14, 24, 94).

2. Das Azimut der Sonne und der auf der Spinne verzeichneten Sterne findet man: a) indem man den Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes auf die seiner Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele bringt. Das zugehörige Azimut liest man dann an dem durch die betr. Stelle der Kugel gehenden Azimutalkreis auf der Horizontteilung ab. b) indem man den Aszendente auf den Osthorizont bringt und an dem durch den Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes gehenden Azimutalkreis das Azimut abliest. — Umgekehrt lassen sich ermitteln: a) Die Höhe der Sonne bzw. eines Sternes und der Aszendente, wenn der Sonnengrad gegeben bzw. der Stern auf der Spinne angebracht und deren Azimut bekannt ist. Man bringt den Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes auf den dem gegebenen Azimut entsprechenden Azimutalkreis, und liest an der Höhenparallelen, die durch den Sonnengrad bzw. die Spitze des Sternes geht, die Höhe und am Osthorizont den Aszendente ab. b) Sind Azimut und Höhe der Sonne an einem bestimmten Tag gegeben, so findet man den zugehörigen Sonnengrad, indem man den Schnittpunkt des betr. Azimutalkreises mit der betr. östlichen oder westlichen Höhenparallelen auf der Kugel durch eine Marke festlegt und darüber den Tierkreis dreht. Der Grad, der auf das Zeichen kommt, ist der gesuchte Sonnengrad. Es gibt zwei Stellen des Tierkreises, denen die gegebene Höhe und das gegebene Azimut zukommen. Dem gesuchten Sonnengrad entspricht diejenige Stelle, die zu der Jahreszeit gehört, in der man sich jeweils befindet. (72, 73, 75, 76, 84, 86, 87.)

3. Aus der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes A findet man die Höhe eines anderen auf der Spinne verzeichneten Sternes B und den Aszendente, indem man den Stern A auf die seiner Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele bringt. An der Höhenparallelen, auf welcher die Spitze des Sternes B liegt, liest man dann dessen Höhe ab. Der gleichzeitig auf dem Osthorizont liegende Tierkreisgrad ist der Aszendente. (92.)

C. Zeitaufgaben.

In dieser Gruppe von Aufgaben tritt als Bestimmungsstück die Zeit auf, die mit Hilfe der täglichen Umdrehung der Sonne durch die Äquatorialen bzw. temporalen Stunden gemessen wird. Alle diese Aufgaben werden wie die der vorangegangenen Gruppe mechanisch gelöst. Die grosse Fülle dieser Zeitaufgaben beweist, dass das kugelförmige Astrolab vor allem auch als „Uhr“ verwendet wurde. Das häufige Vorkommen der Aszendenten als Bestimmungsstück weist auf die astrologische Bedeutung dieser Zeitaufgaben hin.

1. Grundlegend für die Zeitmessung ist die Bestimmung des Tag- und Nachtbogens des Sonnengrads. Den Tagbogen erhält man, indem man den Sonnengrad auf den Osthorizont bringt, am Äquator in dem einen seiner beiden Schnittpunkte mit dem Meridian eine Marke anbringt und die Spinne über den Horizont dreht, bis der Sonnengrad auf den Westhorizont kommt. Der Äquatorbogen, um den sich jene Marke gedreht hat, ist der Tagbogen. Den zu dem betreffenden Sonnengrad gehörigen Nachtbogen erhält man durch Subtraktion des Tagbogens von 360 Grad oder auch durch Drehen des Sonnengrades unter dem Horizont von Westen nach Osten und durch Ablesen der Drehung am Äquator. Die Dauer des Tages bzw. der Nacht in äquatorialen (gleichen) Stunden und Minuten erhält man durch Division des Tag- bzw. Nachtbogens durch 15. (Denn 24 Stunden entsprechen 360 Grad = einem vollen täglichen Umlauf der Sonne; eine äquatoriale Stunde entspricht also 15 Grad; 4 Minuten entsprechen einem Grad.)

Bei den temporalen Stunden, deren Länge je nach der geographischen Breite und dem Datum sich ändert, ist der Tag und die Nacht je in 12 gleiche Teile geteilt; infolgedessen sind im allgemeinen die temporalen Tages- und Nachtstunden verschieden. Die Länge einer temporalen Tagesstunde ergibt sich durch Division des Tagbogens durch 12; die Länge einer temporalen Nachtstunde durch Division des Nachtbogens durch 12. Die Länge einer temporalen Tages- bzw. Nachtstunde kann man auch unmittelbar am Ästrolab an den Linien der temporalen Stunden bestimmen, wie wir weiter unten sehen werden.

Kennt man die Länge einer temporalen Tagesstunde für einen bestimmten Sonnengrad, so geht daraus die Dauer der zugehörigen temporalen Nachtstunde hervor durch Subtraktion der ersteren von 30 und umgekehrt. (Denn ist x die Dauer der temporalen Tagesstunde, y die der zugehörigen Nachtstunde, so muss sein: $12x + 12y = 360$ oder $x + y = 30$.)

In derselben Weise wie bei der Sonne kann man auch bei den Sternen deren temporale Stunden aus ihrem täglichen Umlauf bestimmen. Den Tag- und Nachtbogen der Sterne bestimmt man wie beim Sonnengrad; bei den nicht auf der Spinne verzeichneten Sternen und den Planeten benutzt man hierbei den mitaufgehenden (und mituntergehenden) Grad des Tierkreises. (46, 53, 105, 106, 113.)

Bemerkung: Die alleinige Benutzung des mitaufgehenden Grades, wie der Text vorschreibt, würde zu falschen Ergebnissen führen. Man muss auch den mituntergehenden Grad benutzen; an dessen Stelle lässt sich auch der mitkulminierende Grad verwenden.

2. Um die äquatorialen in temporale Stunden und umgekehrt zu verwandeln, verfährt man folgendermassen: Man multipliziert die Anzahl der äquatorialen Stunden mit 15 und dividiert das Produkt durch die Länge der betr. temporalen Tages- und Nachtstunden in Äquatorgraden; damit hat man die Anzahl der betreffenden temporalen Stunden, die den gegebenen äquatorialen entsprechen. — Umgekehrt erhält man aus einer bestimmten Anzahl temporalen Stunden die ihnen entsprechenden äquatorialen, wenn man die temporalen Stunden mit ihrer Länge in Äquatorgraden multipliziert und das Produkt durch 15 dividiert. (48.)

Die verflorenen temporalen Stunden des Tags und der Nacht an einem Ort, für dessen Breite die Linien der temporalen Stunden auf die Kugel eingezeichnet sind, bestimmt man auf verschiedene Weise.

3. Die verflorenen temporalen Stunden des Tages bestimmt man aus dem Grad und der Höhe der Sonne. Man bringt den Sonnengrad auf die seiner Höhe entsprechende östliche bzw. westliche Höhenparallele und sieht zu, auf welche temporale Stunde der Gegengrad³⁰⁾ des Sonnengrads fällt. — Liegt der Gegengrad in dem Zwischenraum zwischen zwei temporalen Stundenlinien, was meistens der Fall ist, so bestimmt man zuerst durch Ablesen an den temporalen Stundenlinien die verflorenen ganzen Stunden. Den Bruchteil der angefangenen Stunde erhält man auf folgende Weise: Ist der Sonnengrad auf die seiner Höhe entsprechende Höhenparallele eingestellt, so macht man am Äquator in dessen einem Schnittpunkt mit dem Meridian ein Zeichen (1), bringt dann den Gegengrad des Sonnengrads auf die Stundenlinie, die dem Anfang der betreffenden Stunde entspricht und diese von der vorhergehenden, bereits ganz abgelaufenen temporalen Stunde trennt und bestimmt den Äquatorbogen, um den sich das Zeichen (1) gedreht hat, er entspricht dem Bruchteil, der von der betreffenden angefangenen Stunde verfloren ist. In dieser Lage macht man am Äquator ein Zeichen (2) in dessen Schnittpunkt mit dem Meridian und bringt dann den Gegengrad des Sonnengrads auf die temporale Stundenlinie, die dem Ende der betreffenden angefangenen Stunde entspricht. Der Äquatorbogen, um den sich Zeichen (2) gedreht hat, entspricht der Länge der temporalen Stunde in Äquatorgraden. Das Verhältnis des zuerst bestimmten Äquatorbogens zu dem eben bestimmten ist der Bruchteil, der von der betreffenden temporalen Stunde verfloren ist und wird ebenfalls wie bei den äquatorialen Stunden in Minuten ausgedrückt, wobei eine temporale Stunde in 60 temporale Minuten eingeteilt ist.

Die Umkehrungen der Aufgabe sind: a) Die Höhe der Sonne zu bestimmen, wenn der Sonnengrad und die verfloßenen temporalen Stunden gegeben sind. Man bringt den Gegengrad des Sonnengrads auf die verfloßenen temporalen Stunden und liest an der durch den Sonnengrad gehenden Höhenparallelen dessen Höhe ab. — b) Den Sonnengrad aus der Höhe der Sonne und den verfloßenen temporalen Stunden des Tags zu bestimmen. Zu diesem Zweck merkt man sich an den temporalen Stundenlinien die gegebenen Stunden, die von dem Tage verfloßen sind. Dann dreht man von dem Quadrant des Tierkreises, welcher der Jahreszeit entspricht, in der man sich befindet, einen Grad nach dem anderen über die der gegebenen Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele hin, bis man zu einem Grad kommt, dessen Gegengrad auf den verfloßenen temporalen Stunden liegt, während der betreffende Ekliptikgrad selbst auf der der Höhe entsprechenden Höhenparallelen liegt. Er ist der gesuchte Sonnengrad. Aus ihm und der Höhe läßt sich dann leicht der Aszendente ermitteln. (8, 9, 13, 20, 21.)

4. Die verfloßenen temporalen Tagesstunden kann man auch aus dem Sonnengrad und dem zugehörigen Azimut bestimmen und umgekehrt auch a) den Sonnengrad aus Azimut und Stunden, b) das Azimut aus Sonnengrad und Stunden. — Die Lösung dieser Aufgaben gestaltet sich wie bei den unter 3) besprochenen; nur tritt jetzt an die Stelle der Höhe das Azimut. (74, 75, 77, 78.)

5. Die verfloßenen temporalen Stunden der Nacht bestimmt man: a) Aus der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sterns und dem Sonnengrad, indem man die Spitze des Sterns auf die seiner Höhe entsprechende östliche oder westliche Höhenparallele bringt und zusieht, auf die wievielte temporale Stunde der Sonnengrad fällt; dort liest man in der oben angegebenen Weise die verfloßenen temporalen Stunden und eventl. Minuten ab, wobei man den Sonnengrad selbst benutzt.

Ohne Schwierigkeit löst man dann die Umkehrungen dieser Aufgabe, nämlich die Bestimmung des Sonnengrads aus der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sterns und den verfloßenen temporalen Nachtstunden und die Bestimmung der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sterns aus den verfloßenen temporalen Nachtstunden und dem Sonnengrad.

b) Aus dem Azimut eines auf der Spinne verzeichneten Sterns und dem Sonnengrad. Die Lösung ist die gleiche wie im Fall a); nur tritt an Stelle der Höhe das Azimut des betr. Sterns. Auch die Umkehrung zu dieser Aufgabe, aus dem Sonnengrad und den verfloßenen temporalen Nachtstunden das Azimut eines auf der Spinne verzeichneten Sterns zu ermitteln, ist nach dem Vorangegangenen leicht zu lösen. (11, 85, 88, 93, 95.)

6. Die verfloßenen temporalen Tagesstunden können auch aus der Höhe der Sonne und dem Aszendente bestimmt werden, indem man zunächst aus der Höhe der Sonne und dem Aszendente den Sonnengrad (s. S. 21, 1) und dann aus Sonnengrad und Höhe wie in 3) die gesuchten verfloßenen temporalen Tagesstunden bestimmt. (25.)

7. Die verfloßenen temporalen Stunden sowohl des Tages als auch der Nacht lassen sich bestimmen aus Sonnengrad und Aszendente, indem man letzteren auf den Osthorizont bringt und zusieht, auf die wievielte temporale Stunde der Gegengrad bzw. der Sonnengrad selbst fällt, je nachdem es Tag oder Nacht ist; damit hat man die verfloßenen temporalen Stunden bestimmt.

Umgekehrt lassen sich ermitteln: a) Der Aszendente aus dem Sonnengrad und den verfloßenen temporalen Stunden des Tags oder der Nacht; b) der Sonnengrad aus den verfloßenen temporalen Stunden des Tags oder der Nacht und dem Aszendente, indem man den Aszendente auf den Osthorizont bringt und den Sonnengrad bzw. dessen Gegengrad bestimmt, der auf die verfloßenen temporalen Stunden der Nacht bzw. des Tags fällt. Hat man den Sonnengrad gefunden, so ermittelt man aus ihm und den verfloßenen Stunden des Tags die Höhe der Sonne oder eines auf der Spinne verzeichneten Sterns. (15, 19, 22, 23.)

Wie wir oben sahen, bestimmt man die Zeit aus der Umdrehung der Sonne und damit des Himmels um die Erde; der Winkel dieser Drehung wird in Äquatorgraden gemessen. Da man die Zeit daher stets in Äquatorgrade verwandeln kann, so kommt es im Prinzip auf dasselbe hinaus, wenn man an Stelle der in temporalen oder äquatorialen Stunden angegebenen Zeit mit dem in Äquatorgraden gemessenen Drehungswinkel des Himmels rechnet, wie es bei den folgenden Aufgaben geschieht. Alfons unterscheidet hierbei

einen Drehungswinkel seit Sonnenaufgang und einen solchen seit Sonnenuntergang, je nachdem es Tag oder Nacht ist.

Hier folgen die verschiedenen Arten der Bestimmung dieses Drehungswinkels.

8. Den Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang bestimmt man aus dem Grad und der Höhe der Sonne: Man bringt den Sonnengrad auf die seiner Höhe entsprechende westliche oder östliche Höhenparallele und macht gleichzeitig am Äquator in dessen einem Schnittpunkt mit dem Meridian ein Zeichen. Dann dreht man die Spinne entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, bis der Sonnengrad auf den Osthorizont kommt; der Äquatorbogen, um den sich jene Marke von dem entsprechenden Schnittpunkt mit dem Meridian, wo es sich zuerst befand, gedreht hat, ist der gesuchte Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang.

Die Umkehrungen dieser Aufgabe sind: a) die Bestimmung des Sonnengrads aus dessen Höhe und dem Drehungswinkel seit Sonnenaufgang. Man bringt hierzu von dem Quadrant des Tierkreises, der der betr. Jahreszeit entspricht, der Reihe nach einen Grad nach dem anderen auf die gegebene Höhe am Astrolab und bestimmt jedesmal den zugehörigen Drehungswinkel wie vorher angegeben. Der Ekliptikgrad, für den der zugehörige Drehungswinkel gleich dem gegebenen ist, ist der gesuchte Sonnengrad. — b) Die Bestimmung der Höhe der Sonne aus dem Sonnengrad und dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang. Man bringt den Sonnengrad auf den Osthorizont, dreht die Spinne im Sinne der täglichen Drehung des Himmels um den gegebenen Drehungswinkel und sieht zu, auf welche Höhenparallele der Sonnengrad fällt. (26, 27, 28.)

9. Den Umdrehungswinkel des Himmels seit Sonnenauf- bzw. -untergang bestimmt man bei gegebenem Sonnengrad und Aszendenten, indem man den Aszendenten auf den Osthorizont bringt und die Spinne entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels dreht, bis der Sonnengrad am Tage auf den Osthorizont, bei der Nacht auf den Westhorizont fällt; den zugehörigen Drehungswinkel des Himmels ermittelt man wie in 8).

Die Umkehrungen zu dieser Aufgabe sind: a) die Bestimmung des Sonnengrads aus dem Aszendenten und dem Drehungswinkel des Himmels. Man bringt den Aszendenten auf den Osthorizont und dreht die Spinne entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels um den gegebenen Betrag. Der Ekliptikgrad, der nach erfolgter Drehung der Spinne auf den Ost- bzw. Westhorizont kommt, ist der gesuchte Sonnengrad. — b) die Bestimmung des Aszendenten aus Sonnengrad und Drehungswinkel. Diese Aufgabe lässt sich nach dem Vorhergehenden leicht lösen. (30, 31, 32.)

10. Eine weitere Bestimmung des Drehungswinkels geschieht mit Hilfe des Sonnengrads und der verfloßenen temporalen Stunden. Man bringt den Gegengrad bzw. den Sonnengrad selbst auf die verfloßenen temporalen Stunden des Tags bzw. der Nacht und bestimmt wie oben den Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenauf- bzw. -untergang entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, bis der Sonnengrad am Tag auf den Osthorizont, bei der Nacht auf den Westhorizont fällt.

Umgekehrt lassen sich ermitteln: a) der Sonnengrad, wenn der Umdrehungswinkel des Himmels seit Sonnenauf- bzw. -untergang und die zugehörigen verfloßenen temporalen Tages- bzw. Nachtstunden gegeben sind. Man bringt von dem zu der betr. Jahreszeit gehörigen Tierkreisquadranten einen Grad nach dem andern auf die temporalen Stunden und bestimmt jedesmal den zugehörigen Umdrehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang bzw. -untergang, wobei man im ersteren Fall jeweils den Gegengrad, im letzteren Falle den betr. Grad selbst benutzt, bis man endlich zu einem Grad gelangt, für den der zugehörige Umdrehungswinkel wie der gegebene wird. Dieser Ekliptikgrad ist, wenn die gegebenen Größen sich auf die Nacht beziehen, der gesuchte Sonnengrad; am Tage sein Gegengrad der gesuchte Sonnengrad. — b) Die verfloßenen temporalen Stunden aus der Drehung des Himmels und dem Sonnengrad sowohl bei Tag als auch bei Nacht. Die Lösung ist nach dem Vorhergehenden leicht auszuführen. (33, 34, 35.)

11. Der Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang bzw. -untergang kann auch bestimmt werden aus dem Aszendenten und den verfloßenen temporalen Stunden des Tags bzw. der Nacht. Man bringt den Aszendenten auf den Osthorizont und merkt sich den Ekliptikgrad, der auf die verfloßenen temporalen Stunden fällt. Dann dreht man die Spinne entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, bis dieser Grad auf den Westhorizont fällt bzw. sein Gegengrad auf den Osthorizont, je nachdem es Nacht oder Tag ist, und erhält dann aus dem entsprechenden Äquatorbogen den Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenuntergang bzw. -aufgang.

Die Umkehrungen zu dieser Aufgabe sind: a) Die vergangenen temporalen Stunden des Tags bzw. der Nacht aus dem Aszendenten und dem Drehungswinkel zu bestimmen. Man bringt den Aszendenten auf den Osthorizont, dreht die Spinne entgegengesetzt der täglichen Drehung um den gegebenen Drehungswinkel und merkt sich den Ekliptikgrad, der nach erfolgter Drehung der Spinne auf dem Westhorizont liegt; (es ist am Tage der Gegengrad, bei Nacht der Sonnengrad selbst). Dann dreht man die Spinne im Sinne der täglichen Drehung, bis der Aszendent neuerdings auf den Osthorizont kommt, und sieht zu, auf welche temporale Stunde der Ekliptikgrad fällt, den man sich vorher gemerkt hat; dort liest man die verfloßenen temporalen Stunden des Tags oder der Nacht ab. — b) Den Aszendenten aus den vergangenen temporalen Tages- bzw. Nachtstunden und dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang bzw. -untergang zu bestimmen. Man ermittelt zunächst wie oben den Sonnengrad aus Drehungswinkel und verfloßenen Stunden und dann aus dem Sonnengrad und dem Drehungswinkel den Aszendenten. (36, 37, 38.)

12. Zur Bestimmung der Drehung des Himmels seit Sonnenaufgang können auch der Aszendent und die Sonnenhöhe dienen. Man bestimmt zunächst aus den gegebenen Stücken den Sonnengrad (s. S. 21), und aus dem Sonnengrad und der Höhe nach 8) den Drehungswinkel. Ebenso löst man mit Hilfe früherer Aufgaben die hierher gehörigen Umkehrungen: a) Bestimmung des Aszendenten aus dem Drehungswinkel und der Sonnenhöhe. b) Bestimmung der Höhe der Sonne aus dem Drehungswinkel und dem Aszendenten. (39, 40, 41.)

13. Mit Hilfe der Lösung früherer Aufgaben führt man auch die Bestimmung des Drehungswinkels seit Sonnenaufgang durch, wenn die Höhe der Sonne und die vergangenen temporalen Tagesstunden gegeben sind. Man bestimmt zunächst aus den gegebenen Stücken den Sonnengrad nach 3) und dann mit Hilfe des Sonnengrads und der Sonnenhöhe den Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang nach 8).

Ohne Schwierigkeiten lassen sich auch die Umkehrungen lösen, nämlich: a) Die vergangenen temporalen Stunden des Tags aus dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang und der Sonnenhöhe zu bestimmen. — b) Die Sonnenhöhe aus dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenaufgang und den vergangenen temporalen Stunden zu bestimmen. (42, 43, 44.)

14. Der Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenuntergang lässt sich bestimmen aus dem Sonnengrad und der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes, indem man zunächst die Spitze des Sternes auf die seiner Höhe entsprechende östliche bzw. westliche Höhenparallele bringt und dann die Spinne entgegengesetzt der Drehung des Himmels dreht, bis der bei Nacht unter dem Horizont befindliche Sonnengrad auf den Westhorizont kommt; die ausgeführte Drehung liest man wie früher am Äquator ab und erhält damit den gesuchten Drehungswinkel seit Sonnenuntergang.

Darnach lassen sich leicht die Umkehrungen zu dieser Aufgabe wie die entsprechenden Aufgaben unter 8) lösen. a) Die Bestimmung des Sonnengrads bei Nacht aus dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenuntergang und der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes, b) die Bestimmung der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes aus dem Sonnengrad und dem Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenuntergang. (96, 97, 98.)

15. Schliesslich kann man den Drehungswinkel des Himmels seit Sonnenuntergang aus den vergangenen temporalen Nachtstunden und der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes bestimmen, indem man die Spitze des letzteren auf die seiner Höhe entsprechende östliche bzw. westliche Höhenparallele bringt und dann den Ekliptikgrad (es ist der Sonnengrad), der auf den verfloßenen Stunden liegt, zum Westhorizont dreht; der zugehörige Bogen, um den sich hierbei der Äquator gedreht hat, gibt den gesuchten Drehungswinkel.

Die Umkehrungen lauten: a) Bestimmung der verfloßenen temporalen Nachtstunden aus dem Drehungswinkel und der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes. Man bestimmt nach 14) den Sonnengrad aus den gegebenen Stücken und dann nach 5) die Stunden aus Sonnengrad und Sternhöhe. — b) Bestimmung der Höhe eines auf der Spinne verzeichneten Sternes aus den verfloßenen temporalen Nachtstunden und dem Drehungswinkel. Man bestimmt hier wieder zunächst den Sonnengrad aus den gegebenen Stücken nach (10) und dann die gesuchte Sternhöhe aus Sonnengrad und Stunden nach 5.) (99, 100, 101.)

16. Eine Reihe von Aufgaben, bei denen sich vieles mehrfach wiederholt, behandelt die Bestimmung der verfloßenen äquatorialen Stunden seit Sonnenaufgang oder -unter-

gang mit Hilfe des zugehörigen Drehungswinkels des Himmels, der durch 15 dividiert die äquatorialen Stunden liefert. Alle diese Aufgaben mit ihren Umkehrungen bieten nach den vorausgegangenen Besprechungen nichts Neues mehr; wir begnügen uns daher mit ihrer blossen Erwähnung. (43, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55.)

17. Als Anfang der Morgendämmerung und Ende der Abenddämmerung nimmt Alfons den Zeitpunkt an, wo die Sonne 18 Grad unter dem Horizont steht. Die Dauer der Dämmerung findet man, indem man den Gegengrad des Sonnengrads auf die Höhenparallele 18 Grad östlich im Fall der Abenddämmerung, westlich im Fall der Morgendämmerung bringt und den Gegengrad im ersteren Fall entgegengesetzt der täglichen Drehung des Himmels, im letzteren Falle im Sinne dieser Drehung dreht, bis der Gegengrad auf den Ost- bzw. Westhorizont kommt; der am Äquator abgelesene Drehungswinkel durch 15 dividiert gibt die Dauer der Dämmerung in äquatorialen Stunden. Die Dauer der Dämmerung in temporalen Stunden der Nacht liest man bei der temporalen Stunden-Linie ab, wo der Sonnengrad liegt, wenn sein Gegengrad gleichzeitig auf der Höhenparallele 18 sich befindet. — Ohne Schwierigkeit bestimmt man dann auch die Zeit, die verflossen ist seit Beginn der Abenddämmerung bzw. Morgendämmerung u. ä. (17, 18, 56.)

18. Der Unterschied zwischen zwei Tagen (der Zeit vom Sonnenaufgang bis -untergang) an einem Ort ist die Differenz der Tagbögen, die von den zugehörigen Sonnengraden beschrieben werden. Die beiden Tage sind einander gleich, wenn die betr. Sonnengrade im Tierkreis vom Anfang des Kreises oder des Steinbocks nach verschiedenen Seiten gleichweit entfernt sind, z. B. Ende des Steinbocks und Anfang Schütze. (Dieser Fall tritt also dann ein, wenn die zu den beiden Tagbögen gehörigen Sonnengrade dieselbe Deklination haben; s. S. 19, 2.) (71.)

19. Um zu bestimmen, zu welcher Stunde ein auf der Spinne verzeichneter Stern oder irgend ein Grad des Tierkreises aufgeht, bringt man den Stern bzw. den betr. Ekliptikgrad auf den Osthorizont und merkt auf den Sonnengrad, der gegeben ist. Liegt er über dem Horizont, so sieht man zu, auf welcher temporalen Stunde sein Gegengrad liegt, womit die Aufgabe gelöst ist. Liegt der Sonnengrad unter dem Horizont, so gibt er selbst die verflossenen temporalen Stunden an. (107.)

D. Geographische Aufgaben.

1. Die geographische Breite eines Ortes ergibt sich: a) durch Subtraktion der Äquatorhöhe von 90 Grad. (Betr. der Äquatorhöhe s. S. 19, graphische Lösung sphärischer Aufgaben I.) — b) aus dem arithmetischen Mittel der grössten und kleinsten Höhe (oberen und unteren Kulmination) eines Zirkumpolarsterns. (67, 68.)

Bemerkung: Zur Lösung dieser Aufgaben kann man das Astrolab nicht wie sonst für die betr. Breite einstellen, da letztere ja selbst gesucht ist. In der Tat sind aber die zur Lösung der Aufgaben notwendigen Messungen von der Einstellung des Astrolabs unabhängig, denn die Kulminationshöhen misst man am Höhenquadranten und die Deklination des Sonnengrads ermittelt man, wenn das Astrolab für eine ganz beliebige Breite eingestellt ist, da sie immer dieselbe bleibt.

2. Die geographische Länge eines Ortes bestimmt man durch Beobachtung einer Mondfinsternis. Man geht von einem Ort A aus, dessen Länge bekannt ist, und beobachtet dort und an dem Ort B, dessen Länge gesucht wird, alle 4 Phasen einer Mondfinsternis, nämlich Anfang der Finsternis, volle Dunkelheit, Anfang der Aufhellung, Ende der Finsternis. Die Differenz der Zeiten, zu denen an beiden Orten gleiche Zustände beobachtet werden, gibt mit 15 multipliziert die Längendifferenz der beiden Orte. Tritt die Finsternis am Ort B zuerst ein, so liegt er östlich vom Ort A; die gesuchte Länge vor Ort B ergibt sich dann durch Subtraktion seiner Längendifferenz von der bekannten Länge des Ortes A. Wenn Ort B westlich von Ort A liegt, ergibt sich seine geographische Länge durch Addition der Längendifferenz zu der Länge des Ortes A. (69.)

Bemerkung: Die 4 Phasen können selbstverständlich nur bei totalen Mondfinsternissen beobachtet werden. — Bei der Zählung der geographischen Länge ist vorausgesetzt, dass diese von einem Ort aus vorgenommen ist, der östlich von den beiden Orten A und B liegt; das ist bei den Arabern Bagdad.

3. Die durch 15 dividierte Differenz der an zwei Orten gemessenen Tagbögen der Sonne an einem bestimmten Tag gibt den Unterschied der betr. Tageslänge an den beiden Orten in äquatorialen Stunden. Je grösser der Unterschied der Breiten, desto grösser ist

auch die Differenz der Tagbogen. Um deren Messung auszuführen, hat man das Astrolab erst für die eine, dann für die andere Breite einzustellen. (70.)

4. Um die 4 Himmelsrichtungen am Beobachtungsort zu bestimmen, verbindet man Spinne und Kugel folgendermassen: Man entfernt (was aus dem Text nicht klar hervorgeht) den Stift, mit dem die Alhidade für gewöhnlich im Ekliptikpol der Spinne befestigt ist. Hierauf steckt man die Weltachse durch das Loch in der Mitte der Alhidade, durch den Ekliptikpol und schliesslich durch ein beliebiges Paar von Löchern an der Kugel und steckt das Astrolab mit dem auf der anderen Seite aus der Kugel herausragenden Ende der Weltachse senkrecht in den Boden, sodass der Randkreis (Ekliptik) der Spinne parallel zum Horizont des Beobachtungsortes ist. Die Ekliptik wird also selbst zum Horizont und die Alhidade zu einem beweglichen Azimutalkreis der Vorrichtung. Auf diesem Horizont legt man den Ostpunkt fest, indem man den Anfang des Widders auf der Spinne mit dem Ostpunkt des Horizonts der Kugel zusammenfallen lässt. Entsprechend verfährt man bei der Festlegung der übrigen Kardinalpunkte des Horizontes. Hierauf stellt man die Alhidade an der Ekliptiktheilung auf das vorher bestimmte Azimut der Sonne ein, hält die Alhidade an dem betr. Teilpunkt der Ekliptik fest und visiert durch Drehen des Astrolabs um die Weltachse die Richtung an, in welcher die Sonne steht. (Durch die Absehen würde die Sonne nur dann sichtbar, wenn sie am Horizont steht, also bei Sonnenaufgang oder -untergang.) Man legt dann einen an seinen Enden mit Senkeln versehenen Faden, der bis auf den Erdboden reicht, über den Ekliptikpol (den Zenit im gegenwärtigen Fall) und den Ost- und Westpunkt des Horizontes. Die durch die Senkel angegebenen Punkte des Bodens werden durch eine Linie verbunden; es ist die Ostwestlinie des Beobachtungsortes. Die darauf senkrecht stehende, durch den Fusspunkt der Weltachse gehende Linie gibt die Nordsüdrichtung an, womit die Aufgabe gelöst ist. — Ebenso bestimmt man bei Nacht die 4 Himmelsrichtungen mittels der Höhe und des Azimuts eines auf der Spinne verzeichneten Sterns. Die Aufgabe ist im Text etwas anders dargestellt wie die Bestimmung am Tage. (80, 89.)

5. Die Bestimmung der Azimutlinie eines Ortes B von einem Beobachtungsort A aus geschieht folgendermassen: Man stellt das Astrolab für den Beobachtungsort A ein, dessen Aequatorhöhe auf bekannte Weise bestimmt wird. Durch Addition der gefundenen Aequatorhöhe und der geographischen Breite des Ortes B erhält man dessen Zenithöhe am Beobachtungsort, die man auf dem Meridian der Kugel, der die Azimutlinie des Beobachtungsorts A darstellt, abträgt und durch eine Marke (1) festlegt. An derjenigen Stelle der Spinne, die sich mit der Marke (1) auf der Kugel deckt, bringt man ebenfalls eine Marke (2) an. Dann dreht man die Spinne um den Betrag der geographischen Längendifferenz λ der beiden Orte A und B, die am Aequator abgelesen wird und sieht zu, auf welchen Azimutalkreis der Kugel die an der Spinne angebrachte Marke (2) nach Ausführung der Drehung kommt. Er entspricht der gesuchten Azimutlinie des Ortes B. (81, 83.)

Fig. 8a

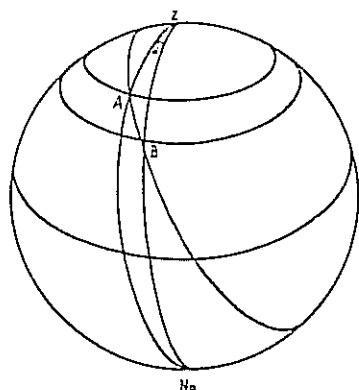
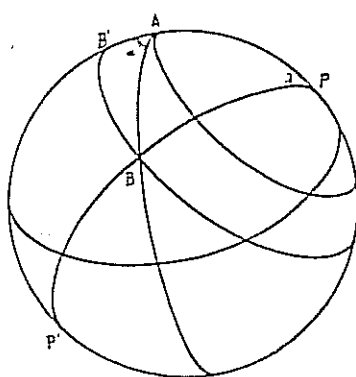


Fig. 8b



Bemerkung: Fig. 8a stellt die Erdkugel dar; auf ihr sind die beiden Orte A (Breite b_1) und B (Breite b_2) eingezeichnet, die durch einen Grosskreisbogen miteinander verbunden sind, der die Azimutlinie des Ortes B von A aus vorstellt. Der Grosskreis der Erdkugel,

der A mit B verbindet, ist nun aber am Kugelaströlab nicht eingetragen; man kann daher den Winkel zwischen dem Meridian des Ortes A und der Azimutlinie zum Orte B auf die in Fig. 8a dargestellte Weise nicht ablesen. Alfons verfährt daher folgendermassen: Auf der Mittagslinie der Astrolabkugel, die dem Meridian des Ortes A entspricht, wird, wie in der Aufgabe beschrieben ist, die Zenithöhe des Ortes B abgetragen. Der Vorgang ist aus Fig. 8b ersichtlich. Denkt man sich nämlich an der Himmelskugel die Zenite der beiden Orte, so liegen diese in Bezug auf den Himmelsnordpol P und den Himmelsmeridian genau ebenso, wie die Orte selbst in Bezug auf den Erdmeridian und den Erdnordpol. P ist der Weltnordpol, A der auf dem Meridian der Himmelskugel abgetragene Zenit des Ortes A und B' P ist gleich der Entfernung des Zenites des Ortes B vom Pol P. Durch die erwähnte Drehung um den Weltpol P legt man den Zenit des Ortes B vom Ort A aus fest; man dreht B' um die durch P gehende Weltachse um die Längendifferenz λ der beiden Orte A und B. Der Winkel α bei A in Fig. 8b entspricht dann dem gesuchten Winkel und $\angle B$ ist die gesuchte Azimutlinie des Ortes B selbst, wie man sich leicht vorstellt, wenn man nun die Verhältnisse von der Himmelskugel, wie sie Fig. 8b zeigt, auf die Erdkugel überträgt.

6. Hat man die Azimutlinie eines Ortes am Kugelaströlab gefunden, wie in der vorhergehenden Nummer ausgeführt wurde, so überträgt man sie auf den Boden, indem man am Boden einen Kreis zieht, ihn in 360 Teile teilt und in diesen als Durchmesser die Ost-west- und Nordsüdlinie am Beobachtungsort A zeichnet, welche letztere in 4) gefunden wurden. An der Teilung des am Boden gezeichneten Kreises trägt man den Winkelwert ab, den die Azimutlinie des Ortes B mit der Nordsüdlinie (der Azimutlinie des Ortes A, das ist der Meridiankreis der Astrolabkugel) bildet, und zieht durch den betr. Punkt einen Durchmesser. Dieser gibt die Richtung nach dem Ort B vom Beobachtungsort A aus an. — Man kann die Azimutlinie des Ortes B auch mittels des Astrolabes zeichnen. Dazu muss man letzteres wie in 4) aufstellen; das Weitere ergibt sich dann aus dem Vorhergehenden. (62.)

E. Astrologische Aufgaben.

Ausser der Bestimmung des Aszendenten, die wir früher (s. Abschnitt: Koordinatenaufgaben S. 21) besprochen haben, gehören hierher noch die Bestimmung der 12 Himmelshäuser und der Umwandlung der Geburtsjahre.

1. Zur Ermittlung der 12 Himmelshäuser sind zwei Methoden angegeben, die eine von Ptolemäus und Veles, die andere von Hermes und *al Zargäli*²¹⁾. Hierzu bringt man nach der ersten Methode den Aszendenten (der stets dem Anfang des ersten Hauses entspricht) auf den Osthorizont. Der Ekliptikgrad, der gleichzeitig auf der Linie der zehnten temporalen Stunde liegt, entspricht dem Anfang des zweiten Hauses. Der Ekliptikgrad, der auf der Linie der achten temporalen Stunde liegt, entspricht dem Anfang des dritten Hauses usw. Der auf der Linie der zweiten temporalen Stunde liegende Ekliptikgrad entspricht dem Anfang des sechsten Hauses. Die Anfänge der übrigen sechs Häuser entsprechen bezw. den Gegengraden der ersten sechs Himmelshäuser, so der Anfang des siebenten Hauses dem Deszendenten, der Anfang des achten Hauses dem Gegengrad des Ekliptikgrades, der das erste gegen das zweite Haus trennt usw. — Der Ekliptikgrad, der zwei Häuser trennt, gehört stets zum folgenden Haus.

Bei der Bestimmung der zwölf Himmelshäuser nach Hermes und *al Zargäli* benutzt man die Positionskreise (s. S. 15). Man bringt wieder den Aszendenten, der dem Anfang des ersten Hauses entspricht, auf den Osthorizont; sein Gegengrad, der Deszendent, entspricht wieder dem Anfang des siebten Hauses. Die gleichzeitig auf dem Westhorizont liegenden Sterne gehören ebenfalls zum siebten Haus. Derjenige Ekliptikgrad, welcher auf dem Westhorizont nächstgelegenen Positionskreis liegt, entspricht dem Anfang des achten Hauses, sein Gegengrad dem Anfang des zweiten Hauses usw. Der auf der Mittagslinie liegende Ekliptikgrad entspricht dem Anfang des zehnten Hauses; sein Gegengrad, der auf der Mitternachtslinie liegt, dem Anfang des vierten Hauses. (59, 60.)

Bemerkung: Näheres über dieses Gebiet findet man bei E. W., Beitr. XLVII, S. 233—242.

2. Betreffs der Umwandlung der Geburtsjahre sei auf J. Frank: „Das Astrolab nach *al Chwārizmī*“ S. 13 und 25 verwiesen. Die Aufgabe ist dort in derselben Weise wie bei Alfons gelöst und durch ausführliche Anmerkungen erläutert. (116.)

F. Schattenaufgaben.

Bei den folgenden Aufgaben kommt ausser den schon bekannten Bestimmungsstücken noch der zu einem gegebenen Höhenwinkel gehörige umgekehrte bzw. ausgebreitete Schatten vor. (Das Nähere über den Schatten und die zugehörigen Winkelfunktionen findet sich auf S. 14 und den zugehörigen Anmerkungen.) Die Schattenaufgaben werden ebenfalls mechanisch gelöst.

1. Um den zu einem gegebenen Höhenwinkel zugehörigen Wert des umgekehrten bzw. ausgebreiteten Schattens zu erhalten, legt man die innere Kante der Alhidade auf den Höhenwinkel im Höhenquadranten und liest an ihr im Schattenquadranten den zugehörigen Wert des Schattens ab; ebenso verfährt man umgekehrt. Aus dem Wert des einen Schattens erhält man den des anderen Schattens für denselben Höhenwinkel, indem man jenen Wert in 144 dividiert. (117, 118, 122.)

Bemerkung: Ist x der Wert des einem Höhenwinkel η entsprechenden umgekehrten Schattens, so ergibt sich der Wert r des zu η gehörigen ausgebreiteten Schattens und auch umgekehrt auf Grund der Beziehung $\cotg \eta = 1 / \tan \eta$ oder, da man die Funktionen $\tan$ und $\cotg$ durch Division der Werte des umgekehrten und ausgebreiteten Schattens durch 12 (12 ist die Länge

des den Schatten werfenden Stabs in Fingern, s. S. 14) erhält: $\frac{r}{12} = \frac{1}{\frac{x}{12}} = \frac{12}{x}$ oder $r = \frac{144}{x}$

und auch $x = \frac{144}{r}$.

2. Den Wert des umgekehrten oder ausgebreiteten Schattens ermittelt man (außer durch direkte Messung) mittels des Astrolabs, indem man den Höhenwinkel

a) aus den verfloßenen Stunden und dem Sonnengrad,

b) aus dem Aszendenten und dem Sonnengrad,

c) aus dem Azimut und dem Aszendenten (s. Abschnitt: Koordinatenaufgaben S. 21) und daraus in der vorhin angegebenen Weise den zugehörigen Schattenwert ermittelt.

Umgekehrt lassen sich aus dem Sonnengrad und dem Schatten die verfloßenen Stunden, das Azimut und der Aszendent bestimmen. Man ermittelt zunächst den zu dem gegebenen Schattenwert gehörigen Höhenwinkel und aus ihm und dem Sonnengrad die gesuchten Stücke wie früher. (119 bis 121.)

G. Vermessungsaufgaben.

In dieser Gruppe werden einige einfache geodätische Messungen behandelt. Hierzu werden gewöhnlich Quadranten und Astrolabien mit Schattenmessvorrichtungen gebraucht. Das Alfonsinische Kugelaströlab ist das einzige Kugelaströlab, mit dem man derartige Messungen vornehmen kann, da es das einzige ist (s. S. 10), das mit einer Schattenmessvorrichtung versehen ist.

Eine übersichtliche Darstellung über geodätische Aufgaben und Messmethoden der Araber mittels des ebenen Astrolabs findet man bei E. W., Beitr. XVIII, S. 59—78. Unter den zahlreichen dort besprochenen Aufgaben sind auch einige der im Alfonsinischen Buch über das Kugelaströlab angeführten enthalten.

1. Zur Bestimmung der Höhe eines Baumes oder einer Mauer u. dergl. bei veränderlichem Standort stellt man die Alhidade im Höhenquadrant auf 45 Grad ein und sucht die Stelle, von der aus man den höchsten Punkt des Gegenstandes unter 45 Grad durch die Abseben erblickt. Die abgemessene Entfernung d der Beobachtungsstelle von dem Fuss des Baumes usw. + der Augenhöhe des Beobachters über der Erde ist gleich der gesuchten Höhe des Gegenstandes.

Um dieselbe Messung von einem unveränderlichen Standort aus vorzunehmen, visiert man den höchsten Punkt des Gegenstandes an und liest am Schattenquadranten den zu dem entsprechenden Höhenwinkel gehörigen Schattenwert im Schattenquadranten ab und ermittelt durch Division mit 12 die zugehörigen Winkelfunktionen (für Winkel kleiner wie 45 Grad

erhält man die lang, für Winkel grösser wie 45 Grad die $\cotg$). Ist d die Entfernung vom Fusspunkt des Gegenstandes, a die Augenhöhe des Beobachters, φ der Höhenwinkel, dann ist entweder die gesuchte Höhe $h = d \cdot \tg \varphi + a$ oder: $h = d / \cotg \varphi + a$. — Danach ist die Entfernung zweier senkrecht übereinander liegender Punkte a und b sowohl bei veränderlichem als auch bei unveränderlichem Standort des Beobachters leicht zu finden. (123, 125, 127, 131.)

Bemerkung: Die Messungen ergeben natürlich nur dann genaue Werte, wenn der Boden in der Umgebung des betreffenden Gegenstandes eben ist. Zum besseren Verständnis gibt Alfons Zahlenbeispiele.

2. Um die Entfernung des Standortes a von einer Stelle b jenseits eines Flusses oder dergl. zu bestimmen, visiert man b an. Der entsprechende Höhenwinkel sei φ . Unter demselben Winkel visiert man dann in der Umgebung von a , bis man einen leicht erkennbaren Punkt c durch die Absehn erblickt, zu dem man gelangen kann. Die abgemessene Entfernung $a c$ ist gleich der gesuchten $a b$. (129.)

Bemerkung: Auch hier gilt die Voraussetzung, dass der Boden in dem Bereich, wo die Messungen vorgenommen werden, eben ist.

3. Um die Entfernung zweier Punkte A und B auf einer Horizontalen an einer Mauer zu bestimmen, zieht man auf dem Boden eine Linie parallel zur Mauer. Dann sucht man längs dieser Linie diejenigen beiden Stellen a und b , von denen aus die Visierrichtung nach A und B senkrecht zur Mauer liegt. Die Entfernung $a b$ auf der am Boden gezogenen Linie ist gleich der gesuchten Entfernung $A B$. — Ähnlich findet man die Entfernung zweier Punkte an einem Dach, wobei man unter 90° visiert. (132.)

Bemerkung: Diese Aufgabe findet sich bei anderen Schriftstellern nicht.

4. Zur Ermittlung der Tiefe des Wasserspiegels eines Wassergrabens (unter der Voraussetzung, dass er rechteckigen Querschnitt besitzt, was im Text nicht angegeben ist) legt man quer über ihn eine Latte, die gleich der Breite b des Grabens ist, und auf deren eines Ende das Astrolab. (Der Beobachter muss sich dann offenbar beim Visieren auf den Boden legen und das Astrolab geeignet halten.) Dann visiert man auf der Wasserfläche die Linie an, längs welcher der Wasserspiegel und die gegenüberliegende Begrenzungsfläche des Grabens am anderen Ufer zusammenstossen. Ist der hierbei an der Alhidade abgelesene Winkel kleiner als 45 Grad und der zugehörige Schattenwert des umgekehrten Schattens gleich x , so ist die Tiefe $d = \frac{x}{12} \cdot b = b \cdot \tg \varphi$, die Tiefe also kleiner als die Breite. Im andern Fall, wenn der Winkel grösser wie 45 Grad und y der zugehörige ausgebreitete Schatten ist, so ist $d = \frac{12}{y} \cdot b = b / \cotg \varphi$, und die Tiefe ist in diesem Fall grösser als die Breite. (126.)

5. Zur Bestimmung der Entfernung zweier Punkte $A B$ auf einer ebenen Bodenfläche stellt man sich in A auf und visiert von da aus B an. Aus der Augenhöhe des Beobachters a und dem gefundenen Schattenwert ergibt sich die gesuchte Entfernung b nach der Formel: $b = a \cdot \frac{12}{x} = \frac{a}{\tg \varphi}$ (x = umgekehrter Schatten) oder: $b = a \cdot \frac{y}{12} = a \cdot \cotg \varphi$ (y = ausgebreiteter Schatten). (128.)

6. Die interessanteste der Vermessungsaufgaben ist die Bestimmung der Höhe eines Berges. Man macht auf dessen Gipfel bei Nacht ein Feuer an, das einem Beobachter in der Ebene als leuchtender Punkt L erscheint. L visiert man von zwei Stellen A und B der Ebene aus an. Dabei unterliegt die Wahl dieser Stellen folgender Bedingung: Es sei $d_1 = O A$ der Abstand des beliebig angenommenen Standortes A vom Fusspunkt der durch L gelegten Vertikalen h , die gleich der Höhe des Berges ist; $d_2 = O B$, α_1 und α_2 die Winkel, unter denen L von A bzw. B aus anvisiert wird, x_1 und x_2 die zugehörigen Werte des umgekehrten Schattens. (Der ausgebreitete Schatten kommt hier

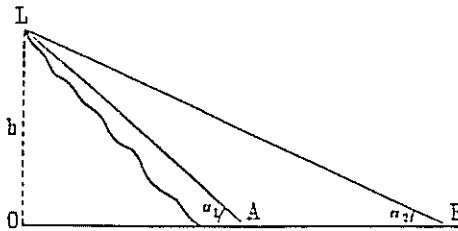


Fig. 9

nicht in Betracht, da es sich wohl meistens um Winkel kleiner als 45 Grad handelt. Wir nehmen ferner an, dass d_2 grösser als d_1 sei.) Nun soll der Abstand $d_2 - d_1$, den man am

Boden abmisst, gleich h sein. Dies tritt ein, wenn $d_2 - d_1 = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha_2} - \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha_1} = h$ ist oder:

$$\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \text{ oder } \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{1 - \operatorname{tg} \alpha_2}, \text{ wo } \operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{x_1}{l_2}, \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{x_2}{l_2} \text{ ist; man muss}$$

also B so wählen, dass der Winkel, unter dem man L von B aus anvisiert, in der angegebenen Beziehung zu dem in A gefundenen Winkel steht. A und B müssen dabei so hintereinander liegen, dass sie mit dem Fusspunkt O von h in gerader Linie liegen. (130.)

7. Bei der Aufgabe, die Höhe eines senkrechten Gegenstandes zu ermitteln, wenn der Boden in der Umgebung uneben ist, handelt es sich offenbar um eine Verwechslung. Denn man überzeugt sich leicht, dass die Aufgabe im allgemeinen Fall etwa nach der in 1) auseinandergesetzten Weise nicht zu lösen ist. (121.)

Zum Schluss besprechen wir einige Kapitel der Aufgabensammlung, die praktische Bemerkungen über die Einrichtung des Kugelastrolabs für bestimmte geographische Breiten enthalten, und die eigentlich zum beschreibenden Teil gehörten.

Will man das Astrolab in einer Breite verwenden, die von einer anderen Breite, für die Löcher in die Kugel gebohrt sind, um weniger als $1\frac{1}{2}$ Grad abweicht, so kann man, ohne einen grossen Fehler zu begehen, jene Löcher für die in Frage kommende Breite benutzen. (Dies ist angesichts der Ungenauigkeit, mit welcher die Messungen, die mit Hilfe astronomischer Instrumente der damaligen Zeit wie des Kugelastrolabs ausgeführt wurden, verständlich. Andererseits verdient hierbei das Bestreben hervorgehoben zu werden, alle Angaben zahlenmässig zu belegen und dadurch glaubwürdiger zu machen.)

Will man für eine gewisse Breite Löcher in die Kugel bohren, die, besonders wenn das Astrolab klein ist, zu nahe an benachbarte Löcher, die bestimmten Graden zugehören, kämen und mit diesen fast zusammenfielen, so schliesst man letztere in geeigneter Weise (es ist nicht näher angegeben, wie dies gemacht wurde) und vervollständigt die Höhenparallelen und Azimutalkreise. Daraus kann man schliessen, dass man nicht von vorneherein für eine bestimmte Anzahl von Breiten Löcher bohrt, sondern je nach Bedarf. (57, 134.)

Das letzte Kapitel (135) behandelt im Anschluss an die eben besprochenen Darlegungen eine ähnliche Frage für das ebene Astrolab, die von Herrn Prof. Frank an anderer Stelle ausführlich besprochen werden soll. Es handelt sich um Methoden zur Interpolation von Grössen.

Nachdem wir an Hand der ausführlichen Beschreibung des Alfonsinischen Kugelastrolabs in das Wesen und die praktische Verwendung des Instrumentes einen genügenden Einblick gewonnen haben, gehen wir im folgenden auf die übrigen Formen des Kugelastrolabs ein, von denen wir Originalbeschreibungen besitzen (s. S. 6).

II. Das kugelförmige Astrolab von *al Faḥl ben Ḥatīm al Nairizī*.

Das Werk von *al Nairizī* stammt aus sehr früher Zeit. Der Verfasser starb 922, war also ein Zeitgenosse von *al Battānī* (gest. 929). Da er aus *Nairiz*, einer Stadt in der Nähe von *Schirāz* gebürtig war, so gehört er also wie *Qusṭā ben Lūqā*, *al Battānī*, *Gābir ben Sinān*, *al Birinī* zu den im Osten der muslimischen Welt tätigen Gelehrten. Das Werk verdient ein besonderes Interesse auch dadurch, dass *al Nairizī* einen der bedeutendsten Kommentare zum Euklid verfasst hat, den Restborn und Heiberg zum Teil herausgegeben haben. Unsere Schrift von *al Nairizī* über das Kugelaströlab ist nach zwei Seiten hin sehr wertvoll, einmal wegen der kulturhistorisch wichtigen Einleitung, der Kritik früherer Instrumente und dann wegen der reichhaltigen Aufgabensammlung, der einzigen, welche die erhaltene arabische Literatur über das Kugelaströlab aufweist, wenn man von der recht dürftigen Schrift von *Qusṭā ben Lūqā* absieht. Daneben verdient die im allgemeinen recht klare Beschreibung des Instrumentes hervorgehoben zu werden. Die Schrift von *al Nairizī* dürfte wohl die beste und ausführlichste unter den noch vorhandenen arabischen Schriften über das Kugelaströlab sein.

Die Schrift zerfällt in vier Bücher (*Maqāla*). Die erste *Maqāla* bildet die Einleitung des Werks. Wir ersehen aus ihr, dass, wie es auch heute manchmal vorkommen soll, die Gelehrten eine grosse Neigung besessen haben, die Mängel anderer Werke kräftig zu tadeln, deren Vorzüge aber totzuschweigen. Nach den üblichen Segenssprüchen entwickelt der Verfasser die Gründe, aus denen er sich auf Bitten eines Freundes trotz mancher Bedenken entschlossen hat, ein Werk über das Kugelaströlab zu verfassen. Seine Ausführungen, bei deren Bearbeitung uns Herr Dr. Rost in Erlangen auf das freundlichste unterstützt hat, lauten etwa:

„Im Namen Allāhs des Allbarmherzigen. Oh Allāh! Segne Muhammed, seine Familie und seine Gefährten und gib Frieden! Deine Frage hinsichtlich der Abfassung eines Werkes über die Anwendung des Kugelaströlabs habe ich verstanden. Wie Du erwähnt hast, gibt es kein solches von einem früheren Verfasser, und dabei sehe ich, wie sehr Du und andere der Keutnis von der Anwendung dieses Instrumentes bedürfen; ist es doch eine grosse Hilfe bei dieser Wissenschaft. Mit der Sache verhält es sich aber so, wie Du erwähnt hast. Ich sehe davon ab, dass, wenn jemand nach Wissen strebt, es sich anzu eignen sucht und es hochschätzt und sich deshalb hineinversteift und darüber eifrig nachsinnt, dass dieses Streben ihn davon abhält, Bücher abzufassen und sich an ähnliche Dinge zu machen. Auch ist dem einen diese, dem andern jene Gabe verliehen. Was mich aber ganz besonders vom Abfassen eines Werkes abhalten könnte, ist etwas, das ganz allgemein bei den Verfassern von Werken in unserer Zeit zutrifft. Wenn sie dies gut machen, so kommt es anderen zu nütze; machen sie es aber schlecht, so fällt es ihnen selbst zur Last. Hierin liegt für mich ein ganz gewaltiger Hinderungsgrund, dasjenige, um das Du mich ersucht hast, auszuführen. Ich weiss recht wohl, welches Verdienst sich Verfasser von Werken erwerben, vor allem, wenn sie dabei Dunkles enthüllen oder Schwieriges klar machen. Auch sage ich nicht, dass das Schweigen trefflicher sei als die Erklärung. Freilich, da der Mensch Fehlern nicht entrinnen kann und keinen Schutz vor Abwegen hat, so sind die Verfasser von Werken verloren; sind doch diejenigen, die es auf die Verleumdung der Menschen absehen, zahlreich und spielen sich diejenigen, die die Fehler aufspüren, als die grossen auf; daher ist das Schweigen für den Menschen das klügere. Mit derartigen Dingen beschäftige ich mich nicht (d. h. sie sollen mich nicht stören). Siehe, mein ganzes Streben geht aber dahin, Dich zu erfreuen und Deine Liebe zu gewinnen. Du weisst ja, dass ich selbst leicht verstimmt werde durch Dinge, die mir unbequem (wie das Verfassen von Büchern) sind. Ich habe eine Last auf mich genommen, vor der man sonst zurückscheut, da es mir am Herzen liegt, Dir eine Freude zu

machen. Zu dem, was es mir weiter erleichtert, Ausführungen über diesen Gegenstand nieder zu schreiben, gehört einmal, dass ich selbst ein lebhaftes Bedürfnis (nach einem solchen Werk) habe und dann, weil meine Fachgenossen immer wieder und wieder mir zureden, ein Werk zu verfassen, das die Anwendung dieses Instrumentes erschöpfend darstellt. Ich habe nämlich weder von einem früheren noch einem späteren ein Werk gesehen, das die Anwendung des Instrumentes erschöpfend behandelt. In den Händen der Leute ist nur ein Werk, das *al Maricāzī*³²⁾ verfasst hat; es enthält aber nur wenig darüber, wie man die wunderbaren Dinge ermittelt, die bei diesem Instrument zu Tage treten, wenn man es auf die fernsten (nördlichsten) Breiten anwendet.

Dies Instrument gehört durchaus nicht zu denen, die nur eine geringe Bedeutung haben. Man kann mit ihm alles kennen lernen, was man mit dem ebenen Astrolab und den anderen astronomischen Instrumenten kennen lernt. Es hat aber vor dem ebenen Astrolab und den anderen astronomischen Instrumenten wesentliche Vorzüge. Vor dem ebenen Astrolab hat es nach zwei Richtungen einen Vorzug. Der eine liegt darin, dass es uns die Dinge in der Art näher bringt, dass die Gestalt des himmlischen kugelförmigen Ringes (d. h. der Kreise, die sich auf der Kugel des Himmelsgewölbes finden) beibehalten wird und nicht in einer Art, die mit dem Ring gar nichts mehr zu tun hat, wie bei dem ebenen Astrolab. Und der andere Vorteil und zwar der wichtigste von beiden ist der, dass man mit ihm alles das ermitteln kann, was man mit dem ebenen Astrolab ermittelt und zwar (beim Kugelastrolab) unter allen Breiten und an allen Orten, ohne dass man bei ihm zahlreicher Scheiben bedarf, selbst wenn man auf verschiedene Breiten übergeht; es ist ferner sehr kompendiös und genau. Man ermittelt alle in Betracht kommenden Größen an ihm selbst in vollkommener Weise in allen Breiten (d. h. ohne Zuhilfenahme von Scheiben).

In dem ersten Kapitel der zweiten *Maqāla* gibt *al Nairizī* gerade wie dies *Ibn Sīnā* bei der Beschreibung eines Instrumentes³³⁾ (einem Beobachtungsinstrument) tut, eine eingehende Besprechung der Vorzüge des Kugelastrolabs gegenüber anderen astronomischen Instrumenten, mit der eine Kritik der letzteren verbunden ist. Eine Kritik des Kugelastrolabs selbst findet sich leider nicht. Die betreffenden Ausführungen von *al Nairizī* geben wir nachstehend in enger Anlehnung an die Uebersetzung:

„Ueber den Vorzug des kugelförmigen Astrolabs über das ebene Astrolab und alle astronomischen Instrumente.“

Ich habe bereits in der ersten *Maqāla* dieses Werks den Grund angegeben, der mich veranlasst hat, dieses Werk zu verfassen. Ich behaupte, dass das kugelförmige Astrolab eine Reihe von Vorzügen über das ebene besitzt. Einige von ihnen beziehen sich auf seine theoretischen Grundlagen, andere auf seine Anwendung. Bei seiner Anwendung bedarf es keiner Rechnung und keiner Tabellen, auch keiner schwierigen Operationen, die sich aus der Geometrie ergeben und diese rufen oft Irrtümer bei demjenigen hervor, der die Geometrie beim ebenen Astrolab anzuwenden hat. Bei seiner Konstruktion bin ich so verfahren, dass es Rechenoperation, Tabellen und Geometrie in sich vereinigt; dabei liefert es doch richtige Resultate und ist auch leicht zu benutzen. Die Richtigkeit ist dadurch gewährleistet, dass man keine Rechnung und keine Tabellen braucht, bei denen man Irrtümer begehen könnte. Seine Herstellung ist dadurch erleichtert, dass bei ihm nur zum Horizont parallele Höhenparallelen verwandt werden. Die Spinne ist eine Halbkugel; auf ihr kann man die Tierkreiszeichen u. a. besonders leicht einzeichnen. Darüber habe ich für Dich (d. h. *al Nairizī*s Freund) ein Werk³⁴⁾ verfasst. In Bezug auf die Anwendung bestehen die Vorzüge dieses Instrumentes darin, dass es ohne weiteres für alle neunzig Breiten verwendet werden kann, was beim ebenen Astrolab nur möglich ist, wenn man für dieses 45 Scheiben³⁵⁾ herstellt. Wenn dies auch ausführbar ist, so kann es doch nur mit viel Mühe und Not geschehen, aber auch dann ist das ebene Astrolab gegenüber dem kugelförmigen sehr im Nachteil. Man kann, mit dem ebenen Astrolab (ohne weiteres) keine Resultate erzielen, wenn es sich um eine Breite von $\frac{1}{2}$ Grad, $\frac{1}{3}$ Grad oder $\frac{2}{3}$ Grad handelt oder um Breiten, die einer ganzen Anzahl von Graden und solchen Bruchteilen entsprechen, etwa $30\frac{1}{2}$ Grad oder um die Breite von Bagdad von 33 Grad 25 Minuten. Dasselbe gilt auch von Breiten, die

grösser oder kleiner als diese Breiten und deren Bruchteile sind; hier ergibt das ebene Astrolab auch nicht einmal angegebene Resultate. Dies macht sich besonders geltend, wenn die Sonne sich am Anfang des Steinbocks³⁶⁾ befindet; besonders treten bei der Bestimmung der Stunden und der Aszensionen für die hohen Breiten und bei entsprechenden anderen Aufgaben Fehler auf. Beim kugelförmigen Astrolab ergeben sich aber nur Fehler von einer Minute oder noch weniger, denn wir bohren dazu bei Anwendung grosser Sorgfalt mit sehr geringer Mühe in die Kugel ein Loch entsprechend den Grad und Minuten der betreffenden Breite. Will aber jemand entsprechend mit dem ebenen Astrolab verfahren, so muss er Tausende von Scheiben verwenden.

Zu den Vorzügen des kugelförmigen Astrolabs gehört ferner, dass bei ihm die Kreise auf der Himmelkugel wieder als Kreise erscheinen, während dies beim ebenen Astrolab nicht der Fall ist. Das kugelförmige Astrolab hat eben die Gestalt der Sphäre. Vieles, was man sich in der Astronomie und auf der Kugel vorstellen will, das führt das Kugelastrrolab ohne weiteres vor Augen und kann aus ihm abgeleitet werden. Einen Vorzug über die Kugel mit dem Schemel (vgl. Ann. 3) besitzt das kugelförmige Astrolab insofern, als erstere — obgleich sie für verschiedene Breiten hergestellt ist — doch nur verwendbar ist, wenn sie fest aufgestellt ist und ihre Orientierung in keinerlei Weise von dem Meridian des Beobachtungsortes abweicht³⁷⁾. Das kugelförmige Astrolab dagegen wird aufgehängt und ist transportfähig. Die Aufgaben, die mit ihm gelöst werden können, sind zahlreicher als diejenigen, die mit der Kugel mit dem Schemel zu lösen sind. Ebenso hat das Astrolab einen Vorzug vor der Armillarsphäre, schon weil es einen solchen vor der Kugel mit dem Schemel hat und ganz besonders auch wegen des komplizierten Aufbaues der Armillarsphäre. Ein Nachteil ist ferner, dass man die Ringe der Armillarsphäre nicht im Kreise drehen kann, dass sie im Meridian³⁸⁾ aufgestellt werden muss und dass die Beobachtung mit ihr unbequem ist. Ich habe hiermit den Mangel dieser beiden Instrumente zusammengestellt, nämlich der Kugel mit dem Schemel und der Armillarsphäre. Den Vorzug des Kugelastrrolabs vor den anderen astronomischen Instrumenten wie den Linealeo (Mistari), Quadranten, Platten (Laul) brauchen wir nicht zu erwähnen. Das Kugelastrrolab hat noch andere Vorzüge hinsichtlich der Genauigkeit seiner Teilung, der Art seiner Aufstellung und der Schnelligkeit, mit der man mit ihm Aufgaben lösen kann sowie hinsichtlich der geringen Anzahl seiner Einzelteile. Alles dies bleibt dem nicht verborgen, der es herstellt und anwendet. Unsere Absicht ist durch diese Uebersicht (über die Vorzüge) genügend erfüllt.“

Beschreibung des Instrumentes.

(2., 3., 4. und 5. Kapitel der 2. Maqāla.)

An das eben wiedergegebene erste Kapitel der 2. Maqāla reiht sich in vier weiteren Kapiteln eine Beschreibung des Instrumentes. Hierauf werden wir jedoch nur da näher eingehen, wo es sich um die Hervorhebung der Besonderheiten des Kugelastrrolabs nach *al Nairīzī* gegenüber den übrigen Formen des Kugelastrrolabs handelt.

Die Astrolabkugel besitzt fast genau dasselbe Aussehen wie diejenige der übrigen Formen des Kugelastrrolabs. Wir begnügen uns daher mit einigen Bemerkungen. Man unterscheidet nach *al Nairīzī* ein 6er, 3er, 2er und ein vollständiges Astrolab, je nachdem die Höhenparallelen von 6 zu 6 Grad, 3 zu 3 Grad, 2 zu 2 Grad oder von Grad zu Grad auf der Kugel eingezeichnet sind. Die Azimutalkreise sind von 10 zu 10 Grad oder von 5 zu 5 Grad eingetragen. Von Stundenlinien sind wie bei Alfons nur diejenigen der temporalen Stunden vorhanden. Zum Gebrauch in den verschiedenen Breiten sind wie bei Alfons an der Kugel Löcher angebracht. Die Beschreibung der Astrolabkugel ist gegenüber derjenigen bei Alfons sehr kurz gehalten; es fehlen auch Angaben über das Material, aus dem das Instrument hergestellt ist.

Die Beschreibung der Spinne, die wie in allen übrigen Fällen eine halbkugelige Schale ist, ist verhältnismässig kurz.

Erwähnenswert sind die drei sogenannten „*Kursi*“; es sind dies Ansatzstücke von nicht näher geschildertem Aussehen, die auch bei anderen Instrumenten vorkommen (vergl. hierzu E. W. Beiträge XVIII, S. 33). Am Ekliptikpol der Spinne wird der „grösste *Kursi*“ angebracht. Es handelt sich wohl dabei um eine durchbohrte Kreisscheibe, die um den Ekliptikpol der Spinne befestigt ist ähnlich wie bei Alfons. Ein weiterer, der sogenannte „kleine *Kursi*“, ist an der Stelle des Pols des Aequators der Spinne angebracht und ist wohl ebenso wie der grosse *Kursi* am Ekliptikpol eine durchbohrte Kreisscheibe. Auf ihn kommt ein sogenannter „Aufhänger“ (arab. *ʿIlīqa*), der im Prinzip wohl nichts anderes ist als das verbreiterte Ende der Weltachse, die hier wie bei *Qustā ben Lūqā* „Nagel“ genannt wird; vielleicht ist mit Aufhänger auch die Weltachse selbst gemeint.

Aus den Ausführungen über die Zusammensetzung des Instrumentes geht klar hervor, dass sie die gleiche ist wie bei den übrigen Formen des Kugelastrolabs, sodass wir nach den ausführlichen Angaben bei Alfons nicht näher darauf eingehen brauchen.

Der Winkelabstand der Pole des Aequators und der Ekliptik ist zu 23 Grad 35 Minuten angegeben (bei Alfons $23\frac{1}{2}$ Grad, s. Anm. 20). Der Aequator (Gürtel, *Minṭaq*) ist in 360 Grad geteilt und vertritt nach den Angaben des Verfassers den Limbus (*Ḥuḡra*) des ebenen Astrolabs. Ob der Aequator ein Grosskreis oder ein Kleinkreis ist, geht aus der Beschreibung nicht hervor.

Die Oerter der Sterne auf der Spinne werden wie üblich durch die Spitzen (Splitter) kleiner Vorsprünge auf der ausgeschnittenen Spinne dargestellt. Es sind, wie ausdrücklich vermerkt, wie bei Alfons nur nördliche Sterne auf der Spinne vorhanden (nördliches Kugelastrolab). Ein breiter Ring, über dessen Lage nähere Angaben fehlen, dient dazu, die Teile der Spinne zusammenzuhalten und ist zu nichts anderem bestimmt, wie ausdrücklich vermerkt ist.

Zur Höhenmessung ist am Randkreis der Spinne eine Vorrichtung angebracht, im Text *magrāʾ**) genannt (wir bezeichnen sie als Höhenquadrant). Es ist ein Quadrantenstreifen^{3a)} mit einer als Führung dienenden Aussparung in der Mitte. Die Streifen zu beiden Seiten der Führung sind in 90 Grad geteilt. Am Teilpunkt 90 Grad, am einen Ende des Quadranten, befindet sich der sogenannte „*Kursi* der Höhe“, ein 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. — Ueber die Art der Höhenmessung geben die Aufgaben 1 und 31 Aufschluss, die wir des Zusammenhangs halber hier besprechen wollen. Die Spinne wird im Ekliptikpol auf den Polen des Horizonts auf der Kugel befestigt, sodass der Randkreis der Spinne, an dem der Höhenquadrant angebracht ist, sich mit dem Horizontkreis der Kugel deckt (dies ist im Text nicht beschrieben; die Anordnung wird aber die eben angegebene sein). Ob zur Verbindung von Spinne und Kugel in diesem Falle die Weltachse benutzt wird, ist nicht ersichtlich. 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^{3b)}. Das Astrolab wird dann nach der Sonne gerichtet, wobei es an dem *Kursi* der Höhe freihängend gehalten wird und das Gnomon solange verschoben, bis es keinen Schatten wirft und das

*) Rinne.

Sonnenlicht in die Vertiefung des Gnomons fällt^{12a)}). 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^{12b)}).

Anwendung des Instrumentes.

(3. und 4. *Maqāla*.)

Die 3. und 4. *Maqāla* behandeln die Aufgaben, die mit dem Instrument gelöst werden.

3. *Maqāla*. Die 3. *Maqāla* enthält deren 65, von denen wir die Ueberschriften in einer Uebersicht zusammenstellen. Die allermeisten dieser Aufgaben finden sich bei Alfons mehr oder weniger übereinstimmend und brauchen nach der ausführlichen Behandlung der Alfonsinischen Aufgaben nicht von Neuem besprochen werden. Wir werden nur auf diejenigen Aufgaben kurz eingehen, die bei Alfons nicht vorkommen und von gewissem Interesse sind. Alle übrigen Aufgaben sind in der nun folgenden Zusammenstellung durch beigefügtes (A) bezeichnet. Die Ueberschriften zu den Aufgaben sind nicht in der wörtlichen Uebersetzung gegeben, sondern des leichteren Verständnisses halber den Alfonsinischen entsprechend gefasst.

1. Bestimmung der Sonnenhöhe (A). 2. Bestimmung des Aszendenten, Deszendenten und des Grades der Mitte des Himmels (A). 3. Bestimmung der vom Tage verflassenen temporalen Stunden (A). 4. Bestimmung des Umdrehungswinkels des Himmels seit Sonnenaufgang (A). 5. Bestimmung der vom Tag verflassenen äquatorialen Stunden (A). 6. Bestimmung des Tag- und Nachtbogens der Sonne (A). 7. Bestimmung der äquatorialen Tagesstunden (A). 8. Bestimmung der Dauer einer temporalen Stunde in Aequatorgraden (A). 9. Bestimmung der geraden Aszensionen der Tierkreiszeichen (A). 10. Bestimmung aller Aszensionen der Tierkreiszeichen für irgend eine Breite (A). 11. Bestimmung des Azimuts der Sonne (A). 12. Ermittlung des Mittelpunkts der 12 Himmelshäuser (A). 13. Bestimmung der Deklination der Sonne und deren Richtung (A). 14. Bestimmung der Ostweite des Sonnengrads (A). 15. Bestimmung der Mittagshöhe der Sonne (A). 16. Bestimmung der Höhe des Anfangs irgend eines Tierkreiszeichens^{*)}). 17. Bestimmung des Aszendenten aus den verflassenen temporalen Stunden (A). 18. Bestimmung des Aszendenten aus dem Umdrehungswinkel des Himmels (A). 19. Bestimmung der Höhe der Sonne aus dem Aszendenten (A). 20. Bestimmung der Höhe der Sonne aus dem Umdrehungswinkel des Himmels (A). 21. Bestimmung der Höhe der Sonne aus den verflassenen temporalen Stunden des Tages (A). 22. Bestimmung der Höhe der Sonne aus dem Azimut (A). 23. Bestimmung des Aufgangs des *Fagr* (Morgendämmerung) und des Untergangs des *Schafaq* (Abenddämmerung) (A). 24. Bestimmung der Breite eines Ortes durch Beobachtung der Mittagshöhe der Sonne (A). 25. Umwandlung der Grade der Aszensionen in Ekliptikgrade und der Ekliptikgrade in Grade der Aszensionen (A). 26. Wie man zu einem Ekliptikbogen vom Widder aus die zugehörigen Aszensionen in irgend einer Breite ermittelt (A). 27. Wie man zu einem Ekliptikbogen vom Widder aus die zugehörigen geraden Aszensionen ermittelt (A). 28. Bestimmung des Sonnengrads aus der Beob-

^{*)} Es handelt sich hier um die Kulminationshöhe, die leicht zu bestimmen ist.

achtung der Mittagshöhe der Sonne (A). 29. Bestimmung des *Buht* der Sonne. 30. Bestimmung des Sonnengrads aus der Ostweite. (Diese Aufgabe findet sich zwar nicht bei Alfons, ist aber leicht zu lösen. Vergl. Abschnitt: Koordinatenaufgaben S. 21.) 31. Bestimmung der Höhe der Fixsterne (A). 32. Bestimmung des Aszendenten, Deszendenten, des Grades der Mitte des Himmels und des Pflocks der Erde (A). 33. Bestimmung der verflossenen temporalen Stunden der Nacht durch die Sterne (A). 34. Bestimmung des Umdrehungswinkels des Himmels seit Sonnenuntergang (A). 35. Bestimmung der Mittagshöhe der Fixsterne. (Diese Aufgabe findet sich zwar nicht wörtlich bei Alfons, bietet aber offenbar nichts Neues.) 36. Bestimmung des mit einem Stern auf- und untergehenden Grads des Tierkreises (A). 37. Bestimmung der Deklination der Fixsterne und deren Richtung (A). 38. Bestimmung des Tagbogens der Fixsterne (A). 39. Bestimmung des Zenitabstandes der Fixsterne und dessen Richtung. 40. Bestimmung des Ekliptikgrades, der sich mit einem Stern auf demselben Parallelkreis dreht (A). 41. Bestimmung, für welche Sterne die Höhe nördlich und für welche sie südlich vom Zenit ist. 42. Bestimmung der Höhe einiger Sterne aus dem Aszendenten bei Nacht (A). 43. Bestimmung der Höhe einiger Fixsterne aus den verflossenen Stunden der Nacht (A). 44. Bestimmung des Azimuts der Fixsterne (A). 45. Bestimmung des Grads des Durchgangs durch den Meridian für diejenigen Fixsterne, die auf der Spinne nicht verzeichnet sind (A). 46. Ermittlung, welche Sterne nördlich und welche südlich vom Tierkreis liegen. 47. Bestimmung, welcher Stern bei Tag und welcher bei Nacht aufgeht. 48. Bestimmung, nach wieviel Nachtstunden ein Fixstern aufgeht, wenn er bei Nacht aufgeht (A). 49. Bestimmung, nach wieviel temporalen oder äquatorialen Stunden ein Stern aufgeht, wenn er bei Tag aufgeht (A). 50. Wie man dasselbe in bezug auf den Untergang ermittelt (A). 51. Bestimmung der zwischen einer bekannten Tages- und Nachtzeit liegenden äquatorialen Stunden. (Diese Aufgabe findet sich zwar nicht bei Alfons, ist aber nach dem Früheren leicht zu lösen und bietet nichts Neues.) 52. Bestimmung der äquatorialen Stunden des Tages der Sterne (A). 53. Bestimmung der äquatorialen Stunden der Nacht der Sterne (A). 54. Bestimmung, wieviel äquatoriale oder temporale Stunden zwischen den Aufgängen zweier Sterne liegen*). 55. Bestimmung, welche Fixsterne gleichzeitig aufgehen, untergehen oder kulminieren*). 56. Bestimmung, welche Fixsterne in einer Nacht untergehen und aufgehen und unter welcher Breite dies geschieht. 57. Bestimmung der geographischen Breite eines Ortes mit Hilfe von Zirkumpolarsternen (A). 58. Bestimmung der Ostweite der Fixsterne (A). 59. Wie man durch Messung der Fixsterne ermittelt, ob ein Aufgang des *Fagr* und ein Untergang des *Schafaq* an irgend einem Ort eintreten muss (A). 60. Wie man durch Beobachtung der Fixsterne bestimmt, was bleibt bis zum Aufgang des *Fagr* und dem Untergang des *Schafaq* an temporalen und äquatorialen Stunden (A). 61. Wie man bestimmt, welche Fixsterne mit der Sonne aufgehen, den ganzen Tag mit ihr über dem Horizont sind und mit ihr untergehen (A). 62. Bestimmung der geographischen Länge (A). 63. Bestimmung, welcher Stern mit einem bestimmten Ekliptikgrad aufgeht und welcher nach diesem aufgeht. 64. Bestimmung, welcher Stern mit einem bestimmten Ekliptikgrad untergeht und welcher nach diesem Grad und vor diesem Grad untergeht. 65. Bestimmung, welcher Stern mit

*) Diese beiden Aufgaben kommen zwar bei Alfons nicht vor, sind aber leicht zu lösen. Gemeint sind in all diesen Fällen Sterne, die auf der Spinne verzeichnet sind.

einem bestimmten Ekliptikgrad kulminiert, welcher Stern vor ihm und welcher nach ihm kulminiert.

Besprechung der Aufgaben (nach *al Nairizi*).

1. Unter *Buht* der Sonne versteht man ihre ausgeglichene (wahre ungleichförmige) Bewegung an einem Tag (vergl. hierzu E. W. Beitr. XLVII, S. 226). Man bestimmt hierzu den Ort der Sonne im Tierkreis und wiederholt dieselbe Bestimmung nach 24 Stunden. Die Differenz der beiden Sonnenörter im Tierkreis stellt das *Buht* dar an dem Tag (29).

2. Zur Bestimmung des Abstandes der Fixsterne vom Zenit legt man ihre Spitzen auf die Mittagslinie und liest an deren Teilung den Abstand vom Zenit ab (39).

3. Um zu bestimmen, bei welchen auf der Spinne verzeichneten Sternen die Kulminationshöhe nördlich und bei welchen sie südlich ist, bringt man die Spitze (Zeiger) des Sterns auf die Mittagslinie; wenn sie nach Süden zu fällt, dann ist der Zenitabstand südlich, andernfalls nördlich. (41.)

4. Um zu bestimmen, welche Sterne nördlich und welche südlich vom Tierkreis liegen, beobachtet man die Sterne (d. h. man stellt ihren Ort in bezug auf die Spinne fest). Diejenigen Sterne, die „innerhalb“ des Tierkreises liegen (also auf der Spinne), sind nördlich; die „ausserhalb“ des Tierkreises liegenden Sterne sind südlich (*al Nairizi* denkt hier an ein nördliches Kugelaströlab). (46.)

5. Um zu bestimmen, welche auf der Spinne verzeichneten Sterne bei Tag und welche bei Nacht aufgehen, bringt man den Sonnengrad auf den Westhorizont. Diejenigen Sterne, die zwischen dem Sonnengrad und dessen Gegengrad auf dem östlichen Horizont liegen, gehen bei Tag auf, der Rest bei Nacht (47).

6. Um festzustellen, welche Fixsterne in einer Nacht in irgendeiner Breite unter- und aufgehen, muss man wissen, dass dies nur eintritt bei Sternen, die nahe beim Nordpol (nördl. Astrolab) liegen und deren (Kulminations)höhe vom Zenit aus nach Norden zu liegt; freilich ist dies nicht der Fall in hohen Breiten. Ist die (nördliche) Kulminationshöhe des Sterns = der doppelten geogr. Breite des Beobachtungsortes, so geht der Stern nicht unter, sondern berührt gerade den Horizont. Ist die geogr. Breite etwas kleiner, so kann dieser Stern (bei entspr. Lage der Sonne im Tierkreis) in derselben Nacht unter- und aufgehen. (56.)

7. In der Ekliptik befindliche Sterne (mit der astron. Breite null) geben mit dem Ekliptikgrad, in dem sie stehen, auf und unter und kulminieren mit ihm.

Sterne innerhalb der Ekliptik mit nördl. astron. Breite (vgl. Nr. 4) geben in nördlichen geogr. Breiten vor, in südlichen geogr. Breiten nach dem Ekliptikgrad auf, der die gleiche astronom. Länge wie der Stern hat. (Dies gilt jedoch nicht für geogr. Breiten kleiner als $23\frac{1}{2}^{\circ}$, solange sich der Ekliptiknordpol unterhalb des Horizonts befindet.) Umgekehrt ist es bei Sternen ausserhalb der Ekliptik (mit südl. astron. Breite). Beim Untergang sind die Verhältnisse die entgegengesetzten (bei der Kulmination verhalten sich die Sterne wie beim Aufgang in der geogr. Breite null). (63—65.)

4. *Maqāla*. In der 4. *Maqāla* behandelt *al Nairizi* die vorzügliche Eignung des Kugelaströlabs als Demonstrationsinstrument, womit er bei seinen Zeitgenossen ganz besonderes Interesse erregen wollte, wie aus seinen Ausführungen in der einleitenden ersten *Maqāla* hervorgeht (s. S. 33). In 30 Kapiteln werden „Die wunderbaren Dinge“ geschildert, die man mittels des Kugelaströlabs zeigen kann. Es handelt sich um die eigenartigen Erscheinungen, die bei der Bewegung der Tierkreiszeichen vor allem in hohen geographischen Breiten zutage treten und die von grosser Bedeutung für den Wechsel von Tag und Nacht und damit für das menschliche Leben überhaupt sind. Dabei handelt es sich erstens um die Fälle, bei denen die Tierkreiszeichen nicht in der gewöhnlichen Reihenfolge auf- und untergehen, zweitens, dass Tag und Nacht ungewöhnliche Längen annehmen und drittens um Eigentümlichkeiten in den Kulminationshöhen der Tierkreiszeichen. Die Schrift von *al Nairizi* beweist, dass diese Fragen wie zahlreiche andere von den Arabern mit grossem Interesse studiert wurden ¹⁰⁾.

Im folgenden geben wir eine gekürzte Uebersicht über die 30 Kapitel der 4. *Maqila* und fügen die von *al Nairizi* angegebenen, zum Teil berichtigten Zahlenangaben in Klammern bei. Anschliessend folgen dann noch einige zusammenfassende Bemerkungen. Die Einzelheiten der Ausführung am Instrument macht man sich leicht klar^{*)}.

Der Inhalt der einzelnen Kapitel^{*)} ist folgender:

1. Es gibt einen Ort, an dem zu einer bestimmten Stunde alle 12 Tierkreiszeichen im Horizont liegen (Breite 66 Grad 25 Min.). 2. Dreht man dann die Spinne um einen Grad, dann geht die Hälfte der Tierkreiszeichen (Steinbock, Wassermann, Fische, Widder, Stier, Zwillinge) auf, und die andere Hälfte geht unter. 3. Es gibt Orte, an denen der Widder vor den Fischen aufgeht, während „bei uns“ (d. h. in niederen Breiten) das Umgekehrte der Fall ist (Beisp. 78 Grad). 4. An solchen Orten geht auch das Ende des Widders vor dessen Anfang auf (auch hier Beisp. 78 Grad). 5. An solchen Orten geht auch zuerst die Wage, dann die Aehre unter, während in niederen Breiten das Umgekehrte der Fall ist (wieder Beisp. 78 Grad). 6. Es gibt einen Ort, an dem der Steinbock, der Bogen und der Skorpion überhaupt nicht aufgehen (Beisp. 78 Grad). 7. Es gibt einen Ort, an dem einige Grade des Widders nicht aufgehen, während alle übrigen Grade des Widders aufgehen^{*)}. 8. Es gibt einen Ort, an dem von den Fischen zuerst deren Ende und dann deren Anfang aufgeht (Breite 78). 9. Es gibt einen Ort, an dem die Aszensionen von 6 Tierkreiszeichen einen Grad betragen (Breite 66 Grad 4 Min. Dieser Fall tritt in dem Beispiel des Kap. 2 ein). 10. Es gibt einen Ort, an dem die Aszensionen von 6 Tierkreiszeichen 360 Grad betragen (Breite 78 Grad 25 Min.).

11. Es gibt einen Ort, an dem die Länge des Tages 400 äquatoriale Stunden beträgt (Breite 68 Grad. Dies tritt ein, wenn die Sonne den Ekliptikbogen von 22 Grad der Zwillinge bis 22 Grad des Krebses durchläuft, wobei sie also immer über dem Horizont steht. Diese Zeit beträgt ungefähr 16 Tage, also nahezu 400 äquatoriale Stunden). 12. Es gibt einen Ort, an dem es zu einer bestimmten Zeit 1000 äquatoriale Stunden lang Tag ist, d. h. eine *Targahāra*^{*)}, die bei uns für eine Stunde hergestellt ist, in der Länge dieses Tages 1000 mal untersinkt (Breite 69 Grad. Dies tritt ein, wenn die Sonne den Ekliptikbogen von 5 Grad der Zwillinge bis 25 Grad des Krebses durchläuft, wobei sie sich also immer über dem Horizont befindet. Diese Zeit beträgt ungefähr 42 Tage, das sind ungefähr 1000 äquatoriale Stunden). 13. Es gibt einen Ort, an dem die äusserste Länge der Nacht 1 äquatoriale Stunde beträgt (Breite 65 Grad 30 Min. Man nimmt hierzu den Anfang des Steinbocks und misst dessen Nachtbogen). 14. Es gibt einen Ort, an dem es 3000 äquatoriale Stunden lang Tag ist (Breite 78 Grad. In dieser Breite befindet sich der Bogen des Tierkreises vom Anfang des Stiers bis zum Ende des Löwen stets über dem Horizont. Die Sonne durchläuft diesen Bogen in 126 Tagen, das sind ungefähr 3000 äquatoriale Stunden). 15. Am Pol (Breite 90 Grad) ist es ein halbes Jahr lang Nacht und ein halbes Jahr lang Tag.

16. Es gibt ferner einen Ort, an dem die Höhe des Widders gleich ist der Höhe des Stiers (Breite $5\frac{1}{2}$ Grad. Die Höhe (es handelt sich hier wie bei den ähnlichen folgenden Aufgaben stets um die Kulminationshöhe) des Anfangs des Widders beträgt dabei 84 Grad südlich (s. Aufgabe 5), diejenige

^{*)} Breite nicht angegeben.

des Anfangs des Stiers 84 Grad nördlich). 17. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Stiers gleich ist der Höhe des Anfangs der Zwillinge (Breite 16 Grad, Höhe des Anfangs des Stiers dabei 85 Grad südlich, Höhe des Anfangs der Zwillinge 85 Grad nördlich). 18. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs der Zwillinge gleich ist der Höhe des Anfangs des Krebses (Breite 22 Grad, Höhe des Anfangs der Zwillinge dabei 88 Grad südlich, Höhe des Anfangs des Krebses 88 Grad nördlich). 19. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Krebses gleich ist der Höhe des Anfangs des Steinbocks*). 20. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Widders gleich ist der Höhe des Anfangs des Krebses (Breite 11 $\frac{1}{2}$ Grad**). Widderanfang dabei auf Höhe 78 Grad südlich, Höhe des Anfangs des Krebses auf Höhe 78 Grad nördlich). 21. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Steinbocks einen Grad südlich beträgt (Breite 65 $\frac{1}{2}$ Grad nördlich). 22. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Krebses einen Grad nördlich beträgt (Breite 65 $\frac{1}{2}$ Grad südlich). 23. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Krebses 90 Grad beträgt (Breite 23 Grad 35 Min.). 24. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Anfangs des Steinbocks 90 Grad beträgt (Breite 23° 35' südlich). 25. Es gibt einen Ort, dessen Breite gleich der Höhe des Anfangs des Krebses ist (Höhe des Krebsanfangs 56° 48'). 26. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Widderanfangs grösser ist als diejenige des Krebsanfangs (Breite 23 Grad 35 Min. nach Süden). 27. Es gibt einen Ort, an dem Wage, Skorpion, Bogen, Steinbock, Wassermann und Fische nicht aufgehen (Pol, Breite 90 Grad). 28. Es gibt einen Ort, an dem die Höhe des Widders einen Grad beträgt (Breite 89 Grad). 29. Es gibt einen Ort, an dem der Anfang des Steinbocks nie über den Horizont kommt (Breite 66 Grad 25 Min.). 30. Es gibt einen Ort, an dem die Sonne mit dem Meridian 5 mal zusammenfällt (Breite 67 Grad 30 Min.; Sonne stets sichtbar).

Alle diese Aufgaben lassen sich ebenso mit der Kugel mit dem Schemel behandeln (vergl. die kurze Beschreibung derselben in Anm. 3).

III. Das kugelförmige Astrolab nach *al Birûnî* und *Gâbir ben Sînân* u. a.

Al Birûnî (s. S. 6, Nr. 3) beschreibt in seinem Werk: *Kitâb al Istî'âb* „(Ueber die gründliche Behandlung aller möglichen Methoden für die Konstruktion des Astrolabs)“⁴⁴⁾ ein Kugelastrolab, das dem bei Alfons beschriebenen in vieler Hinsicht ähnlich ist. Die in vorliegender Arbeit benutzte Uebersetzung, die mir Herr Geheimrat Prof. Dr. E. Wiedemann überlassen hat, entspricht der Leidener Handschrift Nr. 1066 (fol. 85a—87a) (s. S. 6).

Die Beschreibung in der Leidener Handschrift ist im Allgemeinen einfach und klar abgefaßt, sodass die Wiedergabe der Uebersetzung zum Verständnis des Instrumentes genügen wird. Die grundlegenden Definitionen an der Kugel etc. gibt *al Birûnî* in einem anderen Werk, wie er am Schlusse des vorliegenden Abschnittes erwähnt.

*) Breite null.

**) Nicht 60°, wie im Text.

Den Horizont sowohl als auch den Meridian teilen wir in je 360 gleiche Teile und schreiben von den zugehörigen Zahlen jeweils die Fünfter an. Zunächst am Horizont beginnen wir bei jedem der beiden Pole des Meridians (das sind Ost- und Westpunkt) nach beiden Seiten und endigen am Meridian. Am Meridian beginnen wir bei seinen beiden Schnittpunkten mit dem Horizont nach beiden Seiten und endigen bei den Polen des Horizontes³⁹⁾.

Hierauf ziehen wir um den einen Pol des Horizontes je mit dem Abstand der einzelnen Grade der Meridianteilung vom Pol aus Kreise bis zum Horizont. Man erhält so im Ganzen 90 parallele Kreise; es sind die Höhenparallelen (arab. *Muganzara*). Um auf dem Astrolab die Azimutalkreise zu ziehen, machen wir jeden Grad des Horizontes zum Pol und ziehen um ihn mit der Seite des Quadrats einen Kreis; alle diese 180 Kreise schneiden sich in den beiden Polen des Horizontes.

Hierauf zählen wir von dem einen Schnittpunkt des Horizontes mit dem Meridian (es muss der Nordpunkt des Horizontes sein) auf der Seite der Höhenparallelen (nämlich der geteilten Halbkugel) den Betrag der Breite des Ortes ab, für den wir das Astrolab herstellen und gelangen zum Nordpol (genauer Weltnordpol) und auf der diametral entgegengesetzten Seite (nämlich auf der nichtgeteilten Halbkugel) entsprechend zum Südpol (Weltaüdpol)⁴¹⁾.

Mit dem Abstand der Seite des Quadrates beschreiben wir um den Weltnordpol die Hälfte des Kreises des Äquators auf der den Höhenparallelen entgegengesetzten Seite der Kugel (unter dem Horizont). Wir ziehen ferner mit dem Abstand des Komplements der grössten Neigung⁴²⁾ das Stück des Breitenkreises des Krebses, das auf die Seite fällt, auf der wir die Hälfte des Äquators konstruiert haben. Weiter zeichnen wir um den Südpol mit dem Abstand des Komplements der grössten Neigung von dem Breitenkreis des Steinbocks das Stück, das auf dieselbe Seite wie die vorher beschriebenen Kreisbogen fällt (vergl. S. 15). Nun teilen wir jedes dieser drei Stücke in 12 gleiche Teile. Durch die entsprechenden Teilpunkte legen wir Kreise. Diese geben die zeitlichen Stunden wie beim ebenen Astrolab. Für die Kreise der Äquatorialen⁴³⁾ Stunden begnügen wir uns damit, den Äquator in 12 gleiche Teile zu teilen und ziehen durch die Teilpunkte Kreise, die vom einen der beiden Pole (dem Weltnord- oder -südpol) ausgehen; sie sind mit der Seite des Quadrates konstruiert. Eingraviert werden von ihnen nur die Stücke zwischen den beiden Wendekreisen, unter dem Horizont. (Hier fehlt eine Angabe, wo die Zählung der Stunden beginnt, vergl. hierzu S. 15).

Jetzt machen wir uns erneut an die Arbeit, und stellen eine Halbkugel her, die (gleichsam) die Kugel des Astrolabs verschlingt, wenn erstere sie bedeckt und die Hälfte von letzterer taucht in sie, und zwar so, dass sie sich an die Kugel anschliesst, dass zwar eine Bewegung ohne Mühe erfolgt, dass aber doch kein Wackeln eintritt. Das erreicht man dadurch, dass die innere Fläche der Halbkugel die äussere Fläche der Kugel durchweg gleichmässig berührt; dabei soll die innere Fläche der Halbkugel vollständig glatt sein. Wir ermitteln den Pol des Randes dieser Halbkugel (halbkugelförmigen Schale). Er ist der Pol des Tierkreises, (welch letzterer durch den Randkreis dargestellt wird. Vergl. hierzu stets die Beschreibung des Alfonsinischen Kugelastronauts). Wir teilen den Randkreis in die 12 Tierkreiszeichen und jedes Tierkreiszeichen in 30 Grad; an die Tierkreiszeichen schreiben wir deren Namen und an die Grade jeweils die Fünfter. Den Anfang des Widder nehmen wir als Mittelpunkt, und ziehen um ihn mit der Seite des Quadrats (s. S. 41) einen Kreis; er geht durch den Pol des Tierkreises und die Anfänge von Steinbock und Krebs. Wir nehmen von den Tierkreisgraden den Betrag der grössten Neigung in den Zirkel. Die Spitze des einen Schenkels setzen wir auf den Pol des Tierkreises und die andere auf die Stelle, wo sie den vorhin erwähnten Kreis trifft. Dort machen wir ein Zeichen, das wir einritzen. Es ist der Pol des „All“ (Weltall), um den die Bewegung des All stattfindet⁴⁴⁾.

Um den Pol des All beschreiben wir mit dem Abstand der Seite des Quadrats einen Halbkreis vom Anfang der Wage bis zum Anfang des Widder; er gehört zum Äquator⁴⁵⁾.

Dann wenden wir uns zu den Fixsternen, die für die betr. Zeit korrigiert sind⁴⁶⁾. Wir wählen einen von ihnen aus und machen auf dem ihm (d. h. dem seiner astronomischen Länge) entsprechenden Grad des Tierkreises ein Zeichen a. Dann zählen wir von ihm aus nach einer der beiden Seiten auf dem Tierkreis 90 Grad; das Ende nehmen wir zum Pol und zeichnen um ihn mit der Seite des Quadrats einen Kreis k, der aber nicht eingeritzt wird (es ist der durch den Stern gehende astronomische Breitenkreis). In den Zirkel nehmen wir in Tierkreisgraden die Breite des Sterns nach Norden (d. h., wenn der Stern positive Breite hat, s. oben S. 2)⁴⁷⁾. Die eine Spitze des Zirkels setzen wir auf a, die andere dahin, wo sie den Kreis k trifft, und zwar auf der Seite, die der Breite des Sterns entspricht. Dort machen wir ein Zeichen b; es ist der Ort des Sterns (auf der Spinne).

Haben wir dies in gleicher Weise für alle Sterne durchgeführt, so wenden wir uns nun zum Ausschneiden⁴⁸⁾ der Spinne. Wir lassen um den Pol des All eine kreisrunde Scheibe übrig. Dann setzen wir alles daran, auf der Halbkugel (Spinne) netzförmige Gebilde so herzustellen, dass sie allgemeines Lob finden; dabei hält ein Teil den anderen fest. An ihnen

bringen wir die Sterne so schön an, wie wir das können. Wollen wir von den netzförmigen Gebilden absehen, so ziehen wir um den Anfang jedes Tierkreiszeichens mit dem Abstand der Seite des Quadrates einen Kreis und befestigen an ihm die Sterne so schön als möglich. Dann schneiden wir in den ebenen Rand der Spinne einen Spalt, nachdem wir um den Pol des Tierkreises wiederum eine Scheibe übriggelassen haben, auf der sich die Kreise treffen, die durch die Anfänge der Tierkreiszeichen gehen und bringen bei jedem Kreis Stücke von passender Grösse an, an denen die Sterne befestigt werden⁴²⁾.

Hierauf setzen wir die Spinne auf die Kugel und verbinden mit dem übriggelassenen Stück an dem Spalt mit der auf der Spinne befindlichen Hälfte des Aequators⁴³⁾ ein Stück Messing, durch das der Aequator (nach der anderen Seite der Spinne bezw. der Ekliptik) zu einem Vollkreis ergänzt wird⁴⁴⁾. Ebenso löten wir an den Kreis, der durch den Anfang des Krebses und des Steinbocks geht, ein Stück Messing, durch welches jener Kreis zu einem Vollkreis ergänzt wird. Die Kugel bleibt dann in der Mitte der Spinne, ohne sich von ihr zu entfernen; sie kann sich nur kreisförmig innerhalb von ihr drehen⁴⁵⁾.

Die Kugel wird dann bei dem Weltnordpol (s. S. 42) und (was im Text nicht angegeben ist) auf dem diametral gegenüberliegenden Weltsüdpol durchbohrt und ebenso auch der Pol des All auf der Spinne. Die beiden Löcher am Weltnordpol und dem Pol des All der Spinne werden zur Deckung gebracht und durch sie eine lange Achse gesteckt, die aus der Kugel bei dem Loch am Weltsüdpol austritt. Diese Achse hält die Spinne auf der Kugel fest. Das Astrolab ist so für die betr. Breite fertig.

Soll das Instrument so hergestellt werden, dass es für jede Breite passt, so dürfen wir unter dem Horizont weder Wendekreisbogen noch Stundenlinien ziehen⁴⁶⁾. Wir müssen bei jedem Teilstrich zwischen dem Zenit und dem Schnittpunkt des Horizonts mit dem Meridian (dem Nordpunkt) feine runde Löcher bohren und denselben entsprechende Löcher an dem Quadrant anbringen, der dem ersten gegenüberliegt; diese Löcher liegen jenen ersten Löchern diametral gegenüber. (Vergl. wieder das Alfonsinische Kugelaströlab.)

Um das Astrolab für eine gegebene Breite zu verwenden, zählen wir auf dem Meridian (vom Nordpunkt des Horizonts ab) einen Betrag gleich dieser Breite ab und stecken die Achse in das Loch beim Pol des Alls auf der Spinne, und durch das Loch an der Kugel, das jener abgezählten Zahl entspricht und führen sie (d. h. die Achse) durch die Kugel durch bis zu dem diametral gegenüberliegenden Loch.

In dieser Weise wird das nördliche Kugelaströlab hergestellt. Das südliche Kugelaströlab unterscheidet sich von ihm durch die Spinne, nämlich darin, dass der halbe Aequator, der auf der Halbkugel der Spinne liegt, vom Anfang des Widders bis zum Anfang der Waage genommen wird, und dass wir auf dem südlichen Kugelaströlab 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, sodass sie infolgedessen an den über dem Horizont befindlichen Löchern aus der Kugel heraustritt⁴⁷⁾. Dann ist das Verfahren bei beiden Astrolabien das gleiche. Von den Verfertignern von Astrolabien gibt es solche, die sich damit begnügen.

Wir teilen ausserdem noch eine Vorrichtung zur Höhenmessung mit. Derjenige, welcher die Höhe bestimmen will, muss das Astrolab an dem Zenit aufhängen, sodass die Höhenparallelen parallel sind zum Horizont der Welt⁴⁸⁾. Dann stellen wir auf den Sonnengrad ein kleines Gnomon⁴⁹⁾ auf, das senkrecht 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 wirft⁵⁰⁾. Dann fällt der Aszendent mit dem östlichen Horizont zusammen. Diese Anordnung bringt man passender auf der Kugel an, als auf dem kugelförmigen Astrolab⁵¹⁾. Unter den Künstlern 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, sodass seine Innenfläche die Aussenfläche der Spinne berührt. Auf dem Ende der Achse befestigt man eine Albidade, deren Zeiger den Umfang des Halbkreises berührt, welcher der Kreis ist, mit dem man die Höhe nimmt⁵²⁾. Dann machen sie sich von neuem an die Anwendung dieses Astrolabs. (Das soll heissen, nachdem die Höhenmessvorrichtung am Instrument angebracht ist, können die Aufgaben gelöst werden, bei denen eine Höhenbestimmung notwendig ist.) —

Ich habe ein Astrolab gesehen, das *Gābir ben Sindh al Harrāni* 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 Aequator, wurde auf dem anderen Aequator⁵³⁾ auf der Kugel befestigt, der andere war der Tierkreis, der gegen

den Aequator um denselben Betrag geneigt ist wie der Tierkreis gegen den Aequator; 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 Aequators 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.

Dies sind die verschiedenen Arten des kugelförmigen Astrolabs. Die Zeichnung der Kreise auf der Kugel und der auf ihr befindlichen Bilder sind in einem anderen Werk⁷⁰⁾ behandelt, das sich besser dafür eignet. Denn der, der das, was vorangegangen ist, gut überlegt, der kann sie nach diesen Winken herstellen, falls er sich die Kenntnisse über die Lage der Sterne, der Breite und der Grössen und des sonst noch Notwendigen erworben hat.

IV. Das Kugelaströlab nach *al Marräkuschî*.

Von einem hervorragenden arabischen Astronomen, *al Marräkuschî*, wird in seinem bekannten Werk: „Das Kompendium der Anfänge (Prinzipien) und der Enden (Resultate)“ (s. S. 6) ein Kugelaströlab beschrieben. Da *al Marräkuschî* († ungefähr 1262) und Alfons (1226—1284) ungefähr zur selben Zeit lebten, so besitzen die bei ihnen beschriebenen Instrumente ungefähr das gleiche Alter. L. Am. Sédillot hat in seinen: „Mémoires sur les instruments astronomiques des Arabes“ (s. S. 6, Nr. 4) aus dem oben erwähnten Werk des *al Marräkuschî* die Stelle über das Kugelaströlab übersetzt. Da dieses im Prinzip mit den seither behandelten Formen übereinstimmt, so begnügen wir uns damit, die Stellen hervorzuheben, die auf gewisse Eigentümlichkeiten des Kugelaströlabs nach *al Marräkuschî* hinweisen. Vorausgeschickt sei, dass sich technische Angaben bei *al Marräkuschî* äusserst spärlich finden.

Die Kugel des Astrolabs, die aus Kupfer hergestellt wird, hat hier im wesentlichen dieselbe Einrichtung wie bei den früher besprochenen Formen. Sie besitzt die Höhenparallelen und Azimutalkreise auf der Halbkugel mit dem Zenit; wie bei Alfons ist auch hier die Bemerkung zugefügt, dass je nach der Grösse der Kugel alle oder nur ein Teil dieser Kreise eingezeichnet sind. Auf der unter dem Horizont befindlichen Halbkugel sind eingezeichnet: Die Wendekreisbogen und der zugehörige Aequatorbogen, die Begrenzungslinien für die 12 temporalen Stunden und wie bei *al Birünî* die auf dem Aequatorbogen senkrecht stehenden Deklinationskreisbogen als die Begrenzungslinien für die 12 äquatorialen Stunden. Die temporalen Stunden zählt man wie bei Alfons vom Westhorizont aus. Die äquatorialen Stunden kann man nach *al Marräkuschî* entweder vom Meridian aus nach Osten und Westen⁷¹⁾ zu oder wie die temporalen Stunden vom Westhorizont ab zählen. Für den letzteren Fall macht *al Marräkuschî* folgende Angaben: „Aber wenn man die äquatorialen Stunden am Westhorizont beginnen lässt, d. h. wenn man nur die äquatorialen Stunden bezeichnet, die den 12 temporalen Stunden entsprechen, so muss man jeden der drei Bögen (Aequatorbogen und Wendekreisbögen) entsprechend der Zahl der Grade teilen, die den äquatorialen Stunden der Nacht entsprechen, an dem betr. Ort und zwar so oft dies möglich ist⁷²⁾. Dabei beginnt man die Teilung auf der Westseite des Horizonts. Dann legt man durch die ersten Teilpunkte der drei parallelen Bogen einen Kreisbogen (hier ist nicht angegeben, dass er ein Grosskreisbogen sein muss), der die erste äquatoriale Stunde begrenzt. Ebenso bestimmt man die Begrenzungslinien der übrigen äquatorialen Stunden, dann schreibt man die entsprechenden Zahlen an,

indem man im Westen beginnt.“ — Technisch ist bemerkenswert, dass nach *al Marrākuschī* die Wendekreisbögen und der Aequatorbogen mittels der Drehbank⁷²⁾ auf der Kugel eingezeichnet werden. Dazu wird die Kugel in den für die betr. Breite abgetragenen und diametral gegenüberliegenden Punkten auf der Achse der Drehbank eingespannt.

Zur Benutzung des Astrolabs in verschiedenen Breiten werden in der bekannten Weise Löcher in die Kugel gebohrt. Nach *al Marrākuschī* empfiehlt es sich, entsprechend jeder 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 Birūnī* betreffs des Fortfalls der Stundenlinien für den Fall, dass das Astrolab für den Gebrauch in verschiedenen Breiten hergerichtet ist, findet sich bei *al Marrākuschī* ebenso wenig wie bei *Alfons*.

Die Spinne ist ebenfalls wieder eine halbkugelige Schale. Ihr ebener Randkreis, der die Ekliptik darstellt, wird zu einer scharfen kreisförmigen Kante zugefeilt. Zur Bestimmung des Pols der Ekliptik zieht man um die 4 Teilpunkte der 4 Ekliptikquadranten mit der einem solchen Quadranten entsprechenden Zirkelöffnung 4 Halbkreise auf der konvexen Fläche der Spinne. Schneiden diese sich in einem Punkt, so ist er der Pol der Ekliptik. Schneiden sie sich in 4 Punkten, so ist der Mittelpunkt des aus ihnen gebildeten sphärischen Vierecks der Ekliptikpol. Dazu zieht man mit einem gekrümmten Lineal (arab. *Misṭarū*)⁷⁴⁾ die Diagonalen des sphärischen Vierecks.

Der die Ekliptik darstellende sphärische Randkreis der Spinne ist in die 12 Tierkreiszeichen und dann jedes Zeichen in 30 Grad geteilt. Der Pol des Aequators wird in bekannter Weise auf der Spinne abgetragen und um ihn der halbe Aequator als halber Grosskreis auf der Spinne wie bei *al Birūnī* konstruiert und in 180 Grad geteilt⁷⁵⁾.

Die Sterne werden in der bekannten Weise auf der Spinne eingezeichnet. In die Pole der Ekliptik und des Aequators werden Löcher gebohrt, die dieselbe Weite besitzen wie die auf der Kugel für die Breiten vorhandenen Löcher.

Die Spinne wird ähnlich wie bei den übrigen Abarten des Kugelaströls ausgeschnitten; jedoch fehlt jede Angabe, wie dies ausgeführt wird. Spinne und Kugel werden in der bekannten Weise durch einen Stab, den wir die Weltachse genannt haben, miteinander verbunden.

Die Höhenmessvorrichtung ist wieder anders geartet wie in den bisher besprochenen Fällen. Die eigentliche Messvorrichtung besitzt die Form einer sehr schmalen, gleichschenkeligen sphärischen Dreiecksfläche (s. Fig. 11); ihre konkave Fläche berührt die konvexe Oberfläche der Spinne. Sie heisst arabisch *Ṣafiha* (Scheibe). Die Halbierungslinie von der Spitze zur Mitte der Basis soll gleich einem Grosskreisquadranten der Spinne sein. In die beiden Endpunkte 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 *Ṣafiha* wird in dem Loch bei der Basismitte auf dem Aequatorpol der Spinne drehbar befestigt. Auf das Loch bei der Spitze der *Ṣafiha* wird ein kleines, zylindrisches Gnomon gesteckt, das stets nach dem Mittelpunkt der Kugel gerichtet ist. Die Spitze der *Ṣafiha* mit dem Gnomon

gleitet dann über der in 180 Grad geteilten Aequatorhülle²²⁾ auf der Spinne. Um das Astrolab bei Höhenmessungen mit Hilfe der besprochenen Vorrichtung geeignet aufzuhängen, wird an dem Teilpunkt 90 der Teilung des Aequators auf der Spinne eine Aufhängevorrichtung angebracht. Darüber, wie man mit



Fig. 11.

dieser Vorrichtung Höhenmessungen ausführt, erwähnt *al Marrākuschī* nichts. Er verfährt aber jedenfalls dabei im Prinzip genau so wie Alfons. Statt jedoch die Sonne mittels der Alhidade anzuvisieren, dreht man hier die *Safiha* 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 Aequators an der Stelle ab, an der die Spitze der *Safiha* mit dem Gnomon liegt. Ueber die Methode zur Bestimmung von Sternhöhen, die mit dem Gnomon nicht auszuführen ist, ist leider nichts erwähnt, obwohl *al Marrākuschī* auch von der Bestimmung von Sternhöhen spricht. — Zum Schlusse bemerkt *al Marrākuschī*, dass man in derselben Weise wie den Aequator 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 *Safiha* am Ekliptikpol befestigen und die Aufhängevorrichtung an der Ekliptik geeignet anbringen.

V. Das kugelförmige Astrolab nach *Qustā ben Lūqā*.

Von den handschriftlich erhaltenen arabischen Werken über das Kugelastrolab ist noch eine kleine Abhandlung von *Qustā ben Lūqā* (s. S. 6, Nr. 1) zu besprechen. Sie ist, falls sie wirklich von *Qustā* herrührt, die älteste uns bekannte Schrift über das Kugelastrolab. Sie enthält allerdings, wie der Titel: „Ueber den Gebrauch des sphärischen Astrolabs“ besagt, nur die Lösung einiger Aufgaben mittels eines Kugelastrolabs sowie Demonstrationen, aber keine Beschreibung des Instrumentes. Dies ist auch der Grund, weshalb wir die Schrift am Schlusse unserer Mitteilungen über das Kugelastrolab besprechen, obwohl sie dem Alter nach an die erste Stelle gehörte.

Ueber das Aussehen des Instrumentes, das *Qustā* benutzt, ist zu sagen, dass es, soweit die Abhandlung darüber Aufschluss gibt, in den Grundzügen mit den übrigen Formen des Kugelastrolabs übereinstimmt.

Die Kugel ist von der gewöhnlichen Art, mit dem Horizontkoordinatensystem, dem Meridian, den Linien der temporalen Stunden und Löchern für die verschiedenen Breiten versehen.

Die Spinne, für die *Qustā* nebeneinander die Bezeichnungen „Netz“ und „Spinne“ gebraucht, ist wohl auch eine halbkugelige Schale. Sie trägt eine Anzahl von Fixsternen, deren Namen ebensowenig wie bei den übrigen Arabern angegeben sind, ferner die Ekliptik und den Aequator. Darüber, wie letzterer an der Spinne angebracht ist, fehlt eine Angabe, er wird wohl wie bei den anderen Kugelastrolabs der Araber ein halber Grosskreis sein.

Die Drehachse des Astrolabs für den Fall, dass dieses für eine bestimmte Breite eingestellt ist, ist wohl auch ein Stab, den *Qustā* stets „Nagel“^{*)}

*) Wie *al Naīrīzī* (s. S. 35).

nennt; es geht dies aus einer Bemerkung bei der Aufgabe über die Bestimmung der Rektaszension hervor. Bestimmte Anhaltspunkte über die Art der Verbindung von Spinne und Kugel, besonders auch bei der Höhenmessung, können aus den knappen Ausführungen von *Qustā* leider nicht entnommen werden.

Wie man aus der Beschreibung der Sonnenhöhenmessung (vgl. w. u.) entnehmen darf, muss ausser in den Äquatorpol auf der Spinne auch in den Ekliptikpol ein Loch von passender Grösse gebohrt sein. Ferner muss die Astrolabkugel ausser den Löchern, die den verschiedenen geographischen Breiten entsprechen, zwei diametral am Horizontkreis angebrachte Löcher enthalten, die zur Höhenmessung benötigt werden. Vielleicht benutzt *Qustā* die beiden Löcher, die am Nord- und Südpunkte des Horizonts (entsprechend der Breite null) angebracht sind und die zur Messung der Rektaszension benutzt werden, wie aus der diesbezüglichen Aufgabe hervorgeht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Kugelastronach nach *Qustā* *ben Lūqī* demjenigen von *al Nairīzī* am meisten ähnlich ist, besonders hinsichtlich der Vorrichtung zur Messung der Sonnenhöhe. Diese Tatsache ist ja auf Grund der zeitlichen Reihenfolge der Verfasser begreiflich (s. S. 6).

Ueber die eigenartige Höhenmessvorrichtung und -methode gibt uns wie bei *al Nairīzī* die Aufgabe über die Bestimmung der Sonnenhöhe Aufschluss. Diese Aufgabe ist leider wie verschiedene andere Stellen der Abhandlung sehr schwer verständlich. *Qustā* wird wohl so verfahren sein: Die Spinne wird derart auf die Kugel gelegt, dass sich ihr Randkreis mit dem Horizontkreis der Kugel deckt. Die Drehachse muss hierbei durch den Ekliptikpol der Spinne und den Zenit der Kugel gehen, welche beiden Punkte hierbei sich decken (wie bei *al Nairīzī* S. 35). Das Instrument muss dann wohl (worüber jede Angabe fehlt) an einem am Rand der Spinne angebrachten Ring frei aufgehängt werden und zwar ersichtlich am Teilpunkt 90° des Quadranten, an dem die Höhe gemessen wird. Hierbei liegt die Ebene des Randkreises der Spinne, der sich mit dem Horizontkreis der Kugel deckt, vertikal. Ob für die Höhenmessung ein Quadrant der wohl sicher unterteilten Ekliptik oder (wie bei *Alfons*) ein besonderer am Rand der Spinne angebrachter Höhenquadrant benutzt wird, geht aus der Beschreibung nicht hervor (vgl. oben S. 15). An Stelle der Alhidade treten zwei am Horizontkreis der Kugel angebrachte, diametral gegenüberliegende Löcher. Zur Höhenmessung wird das Instrument nach der Sonne gerichtet und die Kugel innerhalb der Spinne so lange gedreht, bis die Sonnenstrahlen durch die längs des Randkreises der Spinne gleitenden Löcher hindurchgehen, was dadurch kenntlich wird, dass in dem Schatten, den das Instrument auf den Erdboden wirft, eine helle Stelle entsteht. (Der Rand der Spinne darf hierbei die beiden Löcher nicht verdecken, worauf zu achten ist.) Die Sonnenhöhe wird dann am Höhenquadranten an der Stelle abgelesen, wo sich das obere der beiden Löcher befindet, das der Sonne zugewendet ist.

Zu bemerken ist, dass die Drehachse, von der wir oben sprachen, nicht ein Stab sein kann, da ein solcher den Gang der Sonnenstrahlen durch das Innere der Kugel in deren Mittelpunkt verdecken würde. — Die oben geschilderte Methode ist objektiv und dabei genauer wie diejenige mittels der Alhidade, was angesichts der primitiven Anordnung der Vorrichtung zu beachten ist.

Als zweite, leichtere Methode zur Bestimmung der Sonnenhöhe empfiehlt *Qustā* ein Gnomon, das man in das eine der beiden vorhin erwähnten Löcher steckt. Man verfährt dann ebenso wie im ersten Fall; bei der richtigen Ein-

stellung muss das Gnomon sich selbst beschatten, also wie bei *al Nairizi* (s. S. 35). *Qustā* nennt das Gnomon merkwürdigerweise ebenfalls „Nagel“.

Ueber die Art der Bestimmung der Sternhöhen bei Nacht geben die recht dürftigen Ausführungen, die *Qustā* bei der Aufgabe über die Bestimmung der verflissenen temporalen Stunden der Nacht gibt, leider kein klares Bild. Seine Ausführungen lauten etwa so: „Wir nehmen die Höhe (des Sterns) mittels der Kugel, dadurch dass wir nach dem Stern blicken auf der rechten Seite der Kugel, wie wir verfahren mit der Alhidade des Astrolabs.“ *Qustā* wird wohl genau so verfahren sein wie *al Nairizi* (vergl. S. 36).

Die bei *Qustā* behandelten Aufgaben, die jedoch nicht systematisch geordnet sind, sind folgende: Die Messung der Sonnenhöhe (die wir bereits besprochen haben); die Bestimmung der verflissenen temporalen Stunden (von Äquator, Stunden ist nie die Rede); die Bestimmung des Aszendenten sowie des Grades der Mitte des Himmels und des Pflocks der Erde; die Bestimmung des Azimuts; die Bestimmung der Linie des Mittags; die Uebertragung der Azimutlinie eines Ortes auf den Boden, wenn der Winkel bekannt ist, den jene Azimutlinie mit der Mittagslinie des Beobachtungsortes bildet; die Bestimmung der örtlichen und geraden Aszensionen.

Alle diese Aufgaben kommen auch bei Alfons und *al Nairizi* vor und werden dort ebenso gelöst wie bei *Qustā*. Wir brauchen daher nur auf einige Eigentümlichkeiten bei *Qustā* hinzuweisen, die bemerkenswert sind.

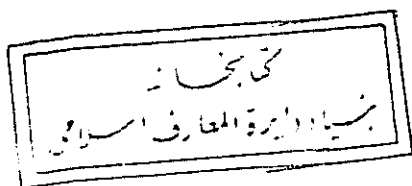
Qustā behandelt nicht das Problem, bei gegebenen Aszensionen die zugehörigen Tierkreisbögen zu ermitteln (vgl. Alfons S. 20). Ausführlich weist er nach, dass die geraden Aszensionen in allen Breiten die gleichen seien.

Die Bestimmung der Mittagslinie am Beobachtungsort ist im Gegensatz zu der ziemlich verständlichen Beschreibung der übrigen Aufgaben recht unklar wiedergegeben. *Qustā* löst diese Aufgabe im Prinzip ebenso wie Alfons (vgl. S. 27, Nr. 4). Ueberflüssig ist bei *Qustā* die Spinne, obgleich er von ihr spricht. Alfons benutzt bei dieser Aufgabe die Spinne nur wegen der auf ihr angebrachten Alhidade, die bei *Qustā* wegfällt. Demgemäss verfährt *Qustā* anders, um das Instrument auf das Azimut der Sonne einzustellen, das vorher bestimmt werden muss (vgl. S. 27, Nr. 4). Er benutzt an Stelle der Alhidade ein sog. „Blatt“, über dessen Aussehen jedoch jede nähere Angabe fehlt. Wir werden uns darunter etwa einen dünnen Streifen (aus Metall oder Papier) vorzustellen haben, von dem ein Kreisbogen vom Radius der Kugel ausgeschnitten ist, so dass er sich gut auf die Kugel senkrecht zu deren Oberfläche aufsetzen lässt.

Diesen Streifen setzt man auf den dem Azimut der Sonne entsprechenden Azimutalkreis der Kugel, etwa auf dessen Bogen zu beiden Seiten des Zenitpunktes. Dabei muss der Streifen senkrecht auf der Kugeloberfläche stehen. Die Kugel wird dann solange gedreht, bis der Streifen sich selbst beschattet bzw. seinen Schatten auf den Azimutalkreis wirft. Das Weitere ergibt sich dann aus der Beschreibung bei Alfons.

Betont sei ausdrücklich, dass im Vorstehenden nur das Prinzip wiedergegeben ist, nach dem wohl *Qustā* verfahren sein wird. Dafür, dass unsere Beschreibung sich auch in den Einzelheiten der Ausführung mit *Qustā* deckt, haben wir in dessen Beschreibung keine Gewähr.

Der zweite Teil der Schrift von *Qustā* behandelt die gleichen Probleme wie der zweite Teil der Aufgabensammlung von *al Nairizi*, jedoch nicht wie bei letzterem systematisch nach Kapiteln geordnet, sondern im fortlaufenden Text. Dieser Teil der Schrift von *Qustā* erinnert ganz besonders an *al Nairizi* und zeigt wieder die beliebte Verwendung des Kugelastrrolabs als Demon-



strationsinstrument. Dies lässt darauf schliessen, dass *Qustā* in Vielem das Vorbild für *al Nairizi* ist.

Qustā betrachtet zunächst die Grösse der Tag- und Nachtbögen der verschiedenen Tierkreiszeichen. Ausführlich weist er die Gleichheit von Tag und Nacht am Erdäquator (Breite null) aus der Gleichheit der Tag- und Nachtbögen aller Tierkreiszeichen in dieser Breite nach.

Die entsprechenden Verhältnisse in höheren Breiten bespricht er an Beispielen. Er wählt zunächst die Breite 66° . (Genauer müsste es die Breite $66\frac{1}{2}^{\circ}$ sein, d. i. die Breite des nördlichen Polarkreises, die dem Komplement der Schiefe der Ekliptik entspricht.) *Qustā* ordnet diese Breite einer „Stadt Tule im Nordwesten von Byzanz“ zu. Es handelt sich aber fraglos um die von Pytheas um 330 n. Chr. entdeckte und fälschlich, so auch hier von *Qustā*, auf den Polarkreis verlegte Insel Thule des nördlichen Atlantischen Ozeans, die als nördlichster Punkt der bekannten Erde galt. Die Bewegung der Tierkreiszeichen in dieser Breite behandelt auch *al Nairizi* in mehreren Kapiteln des zweiten Teils seiner Aufgabensammlung, so dass wir diese Stelle übergehen können.

Dagegen seien die folgenden Ausführungen von *Qustā* gekürzt wiedergegeben, die am Schluss der Schrift stehen. Obwohl auch in diesen Ausführungen Manches enthalten ist, was bei *al Nairizi* vorkommt, so fesseln sie doch derart durch die Lebendigkeit und Anschaulichkeit der Sprache, dass vor allem ihr kulturgeschichtlicher Wert eine Wiedergabe besonders der interessanten Stellen erfordert. Sie lauten etwa so:

„Und wenn Du von ihnen (den Leuten der Breite 66°) 10 *Parasangen* (22.4) nach Norden reist, so kommst Du zu einer Stelle der Erde, wo, wie bei uns, Tag und Nacht wechseln, bis die Sonne in den 23ten Grad der Zwillinge eintritt; dann haben die Leute dieser Breite 15 Tage lang Tag und dies dauert so lange, bis die Sonne in den 8ten Grad des Krebses eintritt. Dann wechseln wieder Tag und Nacht, bis die Sonne in den 23ten Grad des Schützen eintritt. Von hier ab ist 15 Tage lang Nacht, bis die Sonne in den 8ten Grad des Steinbocks eintritt. Das bleibt so, wenn man von dieser Gegend 2 bis 3 *Parasangen* (2° — 3°) weiter nach Norden reist. Dann erlebt man in der Grösse des Unterschieds in den Längen von Tag und Nacht ein Wunder. Und wer dies will, der setze die Spinne auf die Breite von *Jägug* und *Mägug* (22.b) (hier die nördlichsten Wohnorte), nämlich die Breite 78° (genau $78\frac{1}{4}^{\circ}$). Dann drehe die Tierkreiszeichen, die an diesem Ort nicht untergehen, nämlich Stier, Zwillinge, Krebs und Löwe. Es ist hierbei 120 Tage hindurch Tag. Dann siehst Du, dass in dieser Breite nicht aufgehen Skorpion, Schütze, Steinbock und Wassermann. Es ist hierbei 120 Tage hindurch Nacht. Dann sieh zu, wie sich Tag und Nacht unterscheiden für Fische, Widder, Jungfrau und Wage. (Es folgen einige Ausführungen, die eine erweiterte Darstellung des Vorhergehenden geben.) Dann siehst Du, wie der Widder und die Fische in umgekehrter Reihenfolge aufgehen, aber in richtiger Reihenfolge untergehen; wie die Jungfrau und die Wage in richtiger Reihenfolge aufgehen, aber in umgekehrter Richtung untergehen und dies ist ein Wunder.

Dann bringst Du die Spinne auf die Kuppel; es ist der Ort mit der Breite 90° und der Pol an diesem Ort ist in der Richtung des Zenits. Du bewegst das Netz und blickst auf den Widder, den Stier, die Zwillinge, den Krebs, den Löwen und die Jungfrau; sie sind stets sichtbar. Sie gehen für die Leute dieser Gegend nicht unter und sie drehen sich um sie herum wie die Mühle um ihren Pol und die höchste Höhe, die man bei ihnen erreicht, ist 24° (genau $23\frac{1}{2}^{\circ}$). Und wenn die Höhe der Sonne zu irgend einer Zeit irgend einen Betrag hat, so ist das ihre Höhe, bis der Himmelskreis einen vollen Umlauf gemacht hat und nimmt nicht zu und nicht ab. 6 Monate sehen diese Leute die Sonne über sich. Dies ist der Fall, wenn die Sonne im Widder bis zur Jungfrau steht. Wenn sie in die Wage kommt, so ergreift sie die Nacht und sie bleiben dauernd in der sie umgebenden Nacht. Sie sehen niemals etwas von den Tierkreiszeichen Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. Es erscheint ihnen kein Tag, bis die Sonne den Widder erreicht und es geht für sie nicht unter. Dort ist kein Anfang und Untergang der Tierkreiszeichen, keine Aszension und kein Kulturland. Und gepriesen ist Gott, der diese Wunder macht.“

Schlussbetrachtungen und Ergebnis.

Wir haben im Vorstehenden an Hand der vorhandenen Quellen versucht, unsere Kenntnisse vom kugelförmigen Astrolab in Form einer historisch-kritischen Studie darzustellen. Zur Einführung in Wesen, Aufbau und Anwendung des Instrumentes diente uns die den Libros entnommene, ausgezeichnete Beschreibung des Alfonsinischen Kugelastronauts.

Zweifelloos ist beim Kugelastronaut wie bei den übrigen astronomischen Instrumenten der arabischen Zeit eine mit der Zeit fortschreitende Verbesserung des Instrumentes festzustellen. Diese Entwicklung fand im Alfonsinischen „Astrolabio Redondo“ ihren Abschluss.

Das Kugelastronaut diente zur Messung von Grössen, zur Beobachtung sowie zur Demonstration von Problemen aus der mathematischen Geographie. Durch diese Vereinigung verschiedener Eigenschaften ist es dem ebenen Astrolab und den übrigen astronomischen Instrumenten überlegen, besonders in der vollkommenen Form des Alfonsinischen Kugelastronauts (vgl. Anm. 3).

Nach den Libros sind für die Kenntnis des Instrumentes besonders wertvoll die Schriften von *al Nairizi* und *Qustā ben Lūyā* wegen ihrer Aufgabensammlungen. Sie zeigen neben Messungsaufgaben die Verwendung des Kugelastronauts als Demonstrationsinstrument. Offenbar erregte die letztere Art der Verwendung des Instrumentes bei den Zeitgenossen sehr grosses Interesse. Der Schrift von *al Birūnī* verdanken wir einmal die Kenntnis seines eigenen Astrolabs, diejenige des Astrolabs von *Gābir ben Sīnān* und anderer ungenannter Künstler.

Ein vergleichender Blick auf die verschiedenen Formen des Kugelastronauts lässt vor allem die Mannigfaltigkeit der Höhenmessvorrichtungen erkennen, die bei jeder Form ein anderes Aussehen besitzen. Wir sehen daraus, dass auf diesen mehr technischen Gebieten schon damals immer wieder Neuerungen ersonnen wurden, wobei auch der Ehrgeiz der Konstrukteure eine Rolle gespielt haben mag.

Die Tatsache, dass überhaupt derartige Betrachtungen über Instrumente, besonders was deren Zusammensetzung und Genauigkeit anlangt, mit allgemeinen technischen Fragen zusammenhängt, veranlasste mich, im folgenden Anhang technische Fragen der damaligen Zeit zu besprechen, die mit der Instrumentenherstellung zusammenhängen. Hierzu ist uns ebenfalls in den Libros eine ausgezeichnete Quelle erhalten.

A n h a n g.

Ueber den Stand der technischen Kenntnisse zur Zeit von König Alfons X.

Das Alfonsinische Werk: „Libros del Saber de Astronomia“ enthält mannigfache technische Angaben, die über die einzelnen Bücher zerstreut sind. Obgleich sie ihrem Zweck entsprechend in der Hauptsache nur das Gebiet der Verfertigung von astronomischen Instrumenten, Uhren etc. betreffen, so sind sie dennoch geeignet, uns einen trefflichen Einblick in den Stand der Technik im mittelalterlichen Spanien zur Zeit König Alfons X. und damit auch des kurz vorhergehenden muslimischen Zeitalters zu bieten. Es erscheint deshalb angebracht, in einer kurzen, nach einheitlichen Gesichtspunkten geordneten Uebersicht die in dem Alfonsinischen Werk gemachten technischen Bemerkungen zusammenzufassen. Das Wesentlichste in dieser Hinsicht findet sich in den Uhrenbüchern, in dem Buch über den Himmelsglobus und vor allem in dem Buch über das kugelförmige Astrolab, das wir weiter oben zur Einführung in das Wesen dieses Instrumentes ausführlich besprochen. Die in den Uhrenbüchern enthaltenen technischen Angaben sind zum Teil auch in der Arbeit von W. Rump: „Uhren im Altertum und im Mittelalter“, Erlanger Dissertation 1920 erwähnt.

Wir behandeln nacheinander die Stoffe, die als Materialien Verwendung fanden, dann die zu ihrer Bearbeitung dienenden Werkzeuge und Werkzeugmaschinen und zuletzt die Methoden zur Anfertigung der Gegenstände.

I. Materialien (Metalle, Holz, Papier, Leder, Leim, Klebstoffe, Dichtungsmaterial, Kreide, Farben, Lacke).

Metalle.

Hier sind vor allem die verschiedenen Metalle zu erwähnen, die man damals verarbeitete. Bemerkenswert ist, dass in den einleitenden Kapiteln zu den Beschreibungen der verschiedenen Instrumente bei der Aufzählung der zu ihrer Verfertigung benutzten Stoffe vielfach dieselben Metalle angegeben sind, wohl mehr der Vollständigkeit als der praktischen Verwendung halber. Es sind dies Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Stahl, Blei, Zinn; dazu kommt noch das Quecksilber. Gold und Silber wurden als Material zur Herstellung astronomischer Instrumente wegen ihres hohen Wertes und ihrer physikalischen Eigenschaften wohl kaum für sich verwendet; dagegen fanden sie in der Instrumententechnik Verwendung zum Vergolden und zum Versilbern z. B. der

4 *

Sterne am Himmelsglobus, wie in Kapitel 3 des einschlägigen Buches erwähnt ist.

Kupfer, Zinn und Blei wurden verarbeitet beispielsweise zu Wasserkesseln bei Wasseruhren und zu den verschiedensten Gefässen und Gegenständen. Bleilötze dienten als Gewichte zum Beschweren und als Senkel. Blei und Zinn wurden aber vor allem auch als Lötmetalle benutzt. Nähere Angaben über das Löten, besonders über Weich- und Hartlot finden sich leider nicht⁷⁰⁾.

Das Eisen, das unter den erwähnten Metallen einen verhältnismässig kleinen Raum einnimmt, bildete wohl hauptsächlich das Material für die Werkzeuge. Stahl wurde zu scharfen Spitzen verarbeitet, die als Schenkelspitzen bei den Zirkeln und zum Einritzen von Linien auf Metalloberflächen Verwendung fanden (s. S. 8). Das Quecksilber diente bei den Quecksilberuhren zugleich als treibendes Gewicht und zum Regulieren der Bewegung.

Von den Legierungen ist die am meisten erwähnte und verarbeitete das Messing, das sich auch am besten zur Verarbeitung auf der Drehbank eignet. In Kapitel 1 des Buches über das Kugelastrolab sind bei der Aufzählung der Metalle für Messing drei Namen angegeben: *arambre amariello* (gelbes Kupfer), *fuslera* und die in den übrigen Teilen des Alfonsinischen Werks allgemein übliche Bezeichnung *laton*. Dies lässt darauf schliessen, dass man in der damaligen Zeit nach dem Prozentgehalt der legierten Stoffe Kupfer und Zinn genau unterschiedene und demgemäss auch in ihren physikalischen Eigenschaften verschiedene Messingsorten herstellte, von denen man zur Verfertigung bestimmter Gegenstände wohl die geeignetsten auswählte. So wird zur Herstellung der Ringe für die Armillarsphäre (s. F. Nolte: „Die Armillarsphäre“ S. 27) eine Legierung von Messing empfohlen, die man wohl durch Kupferzusatz „kupfern“ gefärbt hat. Das *arambre amariello* oder Gelbkupfer entspricht vielleicht dem modernen, ebenso benannten Gelbguss oder Gelbkupfer mit 20—50 % Zinn. Das Messing wurde entweder in den zu verfertigenden Gegenständen entsprechenden Formen gegossen (wie wir weiter unten sehen werden), oder zu Blech verarbeitet. Aus Messing wurden z. B. Kannen, Töpfe zum Sieden, Mörser und Wasserhähne hergestellt; dann fast ausnahmslos die Kugeln und Ringe der Himmelsgloben und Kugelastrolabien, die Ringe der Armillarsphären, die Scheiben der ebenen Astrolabien etc. mit Zubehör, sofern diese Instrumente nicht aus Holz oder dergl. gefertigt wurden; und ferner viele Gegenstände, die in der Uhrenfabrikation verwendet wurden.

Einige Male ist in dem Alfonsinischen Werk noch eine zweite Legierung mit dem aus dem Arabischen stammenden Namen „*Ceni*“ erwähnt, die, wie Alfons erwähnt, zu Becken, Kannen und Weihkesseln verarbeitet wurde, jedoch sonst in der Instrumententechnik nicht vorkommt. Es handelt sich wohl um eine Bronzelegierung. Ob *cenì* mit „*sīnī*“ (chinesisch) zusammenhängt, mag dahingestellt bleiben.

Holz.

Von Holzarten sind erwähnt Eichenholz, Nussbaumholz, Buxbaumholz und Jujuba(Brustbeerbaum)holz. Letzteres wurde besonders zu Drechslerarbeiten verwendet. Aus Holz wurden die Hauptbestandteile vieler Instrumente verfertigt, wenn man nicht zu ihrer Herstellung Metalle vorzog. Nähere Angaben, welche Holzarten in den einzelnen Fällen vorzugsweise zur Verwendung kamen, fehlen.

Papier.

Papier benutzte man für die Zifferblätter der Uhren. Aus entsprechend dickem Papier (Pappe) wurden auch mitunter die Spinnen und Scheiben der Astrolabien hergestellt (s. z. B. die Bemerkung über die Herstellung der Spinne S. 10 und im „Buch über den Atacir“, Bd. 2 der Libros. S. 298). Auch Pergament ist erwähnt, so im Kapitel 1 des Buches über den Himmelsglobus, wo gesagt wird, dass man die Kugel aus wiederholt zusammengelegtem Pergament herstellen könne.

Leder.

Von Ledersorten wird Pferde- oder Eselleder genannt und zu den verschiedensten Zwecken gebraucht. Aus Holz gefertigte Gegenstände wurden vielfach mit Pferde- oder Eselleder unter Verwendung von Leim überzogen, z. B. die Kugeln der Kugelastralabien (s. weiter unten S. 57) und Röhren von Uhren.

Leim, Klebstoffe, Dichtungsmaterial, Kreide.

Es sind zwei Sorten von Leim angegeben, der wohl aus Abfällen der Gerberei, aus Häuten, Leder, Knochen und dergl. gewonnene sogen. Lederleim (*engrud de cuero*) und der aus Käsestoffen gewonnene sogen. Käseleim (*engrud de queso*). Ersterer wurde vom Schreiner und Zimmermann bei der Holzbearbeitung und zum Aufkleben von Leder auf Holz benutzt. Der Käseleim entspricht wohl unserm heutigen, als Leimsurrogat gebrauchten Kleberleim und diente zum Leimen von Papier und Pergament.

Kleister wurde zum Verschmieren von Holzfugen benutzt (s. weiter unten S. 57).

Zum Dichten von Röhren, Flüssigkeitsbehältern, Ansatzstellen, besonders bei den Uhren benutzte man Kitt, Pech, Wachs, Harz. — Aus Wachs wurden Kerzen mit Baumwollendochten verfertigt. Sie wurden in runden Stangen hergestellt, die entweder auf der Drehbank gedreht oder, solange das Wachs noch in plastischem Zustand war, mittels eines scharfen Stahlrings überzogen und dann mit einem Holzring geglättet wurden.

Zifferblätter von Uhren, sofern sie nicht mit Papier beklebt waren, die Oberfläche der Astrolabkugeln, die Scheiben der ebenen Astrolabien usw. wurden mit Gips und Kreide (wohl einer Art Pastellkreide, wobei als Bindemittel jedenfalls Leim benutzt wurde) wie die Schilde (Waffen) geweißt. Diese Kreide heisst im Text „Kreide der Waffenschmiede“ (*gesso de los armeros*).

Farben, Lacke.

Zur Herstellung von Aufschriften dienten Tinte, Zinnober oder nicht näher angegebene Farben⁷⁷⁾. Mit Tinte oder nicht näher angegebenen Farben wurden häufig gewisse Linien auf Astrolabien eingetragen, um sie wieder wegwischen zu können (s. S. 15). Wie oben erwähnt, wurden die Linien auf den Instrumenten, die dauernd darauf blieben, mit Stahlspitzen eingeritzt. Als Aufstrichmittel fand auch Firnis Verwendung.

II. Werkzeuge und Zeicheninstrumente.

Wir müssen uns bei den Werkzeugen mit deren blossen Aufzählung begnügen, da im Alfonsinischen Text keine näheren Angaben über deren Art

und Zusammensetzung zu finden sind. Von den gebräuchlichsten Werkzeugen sind erwähnt: Hammer, Messer, Meissel, Sägen von verschiedener Grösse, Hobel, Feilen (Rundfeilen und Kantfeilen) für Holz- und Metallbearbeitung, Hohlbohrer, Scheren. In den Uhrenbüchern ist ein Instrument zur Holzverarbeitung (*la Llana*) genannt, vielleicht ein doppelgriffiges Schnitzmesser. Häufig ist auch von Polieren und Glätten die Rede; jedoch fehlen Angaben über die dabei benutzten Hilfsmittel. Die im Kapitel 3 des Buches über das Kugelaströlab beschriebene grosse Meniskuslehre, die weiter unten an geeigneter Stelle besprochen wird, sei hier der Vollständigkeit halber erwähnt.

Von Werkzeugmaschinen ist die Drehbank wiederholt genannt, und zwar gab es Drehbänke von den grösseren Dimensionen für Holz- und Metallbearbeitung. Nähere Angaben fehlen auch hier.

Schliesslich seien die nicht näher angegebenen Sorten von Holz- und Eisennägeln und Eisenstiften nicht vergessen. Auch Nähnadeln und Schrauben sind erwähnt.

Von Zeicheninstrumenten sind vor allem Lineal und Zirkel zu nennen. Ersteres wurde meistens aus Messing hergestellt und war oft mit einer Mass-
teilung versehen. Ueber das Aussehen der gebräuchlichen Zirkel fehlen Angaben. Dagegen sind in Kapitel 3 und 5 des Buches über das Kugelaströlab

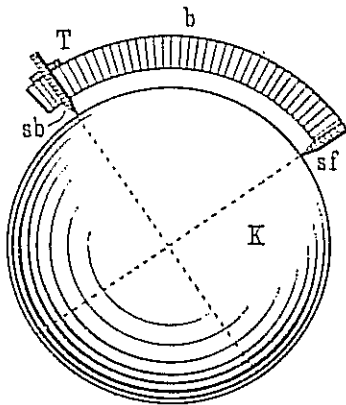


Fig. 12.

besondere Arten von Zirkeln beschrieben. Der eine ist der zum Ziehen von Kreisen auf Kugeloberflächen dienende sogen. Rundzirkel (*compas redondo*); s. Fig. 12. Er besteht aus einem dünnen Streifen *b* aus Eisen von der Gestalt eines Viertelkreises, dessen Begrenzungsbogen zum Grosskreis der Kugel *K* konzentrische Quadranten sind. Die Schenkelspitzen müssen so gewählt sein, dass sie bei voller Schenkelöffnung (wie in der Fig. angegeben) gerade einen Grosskreisquadranten der Kugel *K* fassen*). Daraus geht hervor, dass man für jede Kugel einen besonderen, der Grösse ihres Durchmessers entsprechenden Rundzirkel anzu fertigen hatte. Der eine Schenkel *sf* ist fest, der andere *sb* beweglich und lässt sich über dem Streifen *b* verschieben, sodass man durch Einstellen auf eine passende Zirkelöffnung alle möglichen Kreise auf der zugehörigen Kugel *K* einritzen kann. Zu letzterem Zweck sind die Schenkel mit Stahlspitzen versehen. Der bewegliche Schenkel besitzt eine schmale rechteckige Aussparung von der Dicke des Streifens, die etwas länger als die Breite des Streifens ist, sodass man ihn bequem über letzteren verschieben kann. Zur Befestigung des beweglichen Schenkels bei einer bestimmten Zirkelöffnung wird in den freibleibenden Teil der Aussparung ein Eisenstück *T* gesteckt.

Der andere der obenerwähnten Zirkel besteht aus einem Lineal und genau wie beim Rundzirkel aus mit Stahlspitzen versehenen Schenkeln, einem beweglichen und einem festen, welcher letzteren man in derselben Weise wie

*) Eine Angabe darüber, ob sich die Schenkel in Richtung des Radius verschieben lassen, fehlt.

beim Rundzirkel über das Lineal verschiebt und in jeder gewünschten Zirkelöffnung auf dem Lineal festhalten kann. Dieser Zirkel fand Verwendung im Schreiner- und Zimmermannshandwerk.

In den Uhrenbüchern ist ein wohl ebenfalls im Schreiner- und Zimmermannshandwerk benutztes Winkelmass angegeben (*el angulo de los carpenteros a que dicen cartabon*). Zur Uebertragung von Gradeinteilungen auf Kugeln diente der von uns sogen. „Masskreis“ (s. S. 8).

In diesem Zusammenhang sei auch die S. 15 erwähnte Schreibvorrichtung zum Ziehen von Kreisen (*señalador*) erwähnt.

Vergl. zu den Zeicheninstrumenten E. Wiedemann: „Ueber geometrische Instrumente bei den muslimischen Völkern“. Zeitschr. f. Vermessungswesen, Heft 22 und 23, 1910.

III. Methoden zur Anfertigung der Gegenstände.

Hierfür liefert das Buch über das Kugelaströlab weitaus die meisten und interessantesten Beiträge.

Bei der Blechverarbeitung (zu Gefässen bei Uhren u. dergl.) ist das Vernieten und Falzen wiederholt erwähnt; leider ist über die Art der Ausführung nichts Näheres angegeben.

Einen interessanten Beitrag giesstechnischer Art liefert die Beschreibung des Gusses von Hohlkugeln aus Messing in Kapitel 3 des Buches über das Kugelaströlab.

Zur Herstellung von Metallhohlkugeln werden zwei halbe Hohlkugeln (halbkugelige Schalen) gegossen.

Der Vorgang des Giessens, sowie die Herstellung der Form sind sehr unvollständig beschrieben; gerade die wesentlichsten Punkte sind mitunter weggelassen. Wir können uns den ganzen Prozess auf Grund der knappen Beschreibung ungefähr folgendermassen vorstellen:

Man nimmt einen harten Stein²⁴⁾, der die Form eines Prismas mit quadratischer Grundfläche besitzt; die Seite des Quadrates muss etwas länger als der Durchmesser der herzustellenden Kugel und die Höhe des Prismas etwas länger als deren Radius sein²⁵⁾. Man stellt diesen Stein auf die eine seiner Grundflächen und zieht auf der anderen Grundfläche mit dem äusseren Radius der herzustellenden Hohlkugel einen Kreis und höhlt den Stein²⁶⁾ innerhalb dieser Kreisfläche halbkugelförmig aus, wobei man die oben erwähnte grosse Meniskuslehre (im Text „Form von Eisen“ genannt) benutzt. Diese Meniskuslehre ist eine dünne Eisenplatte, welche die Form einer halben Kreisfläche besitzt, deren Radius ungefähr so gross wie der Kugelradius ist und die an einem Stiel gehalten wird (s. Fig. 13).

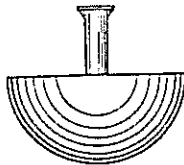


Fig. 13.

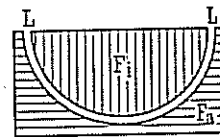
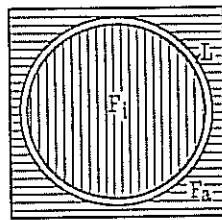


Fig. 14.

Hierauf verfertigt man aus Lehm (tierra) eine Halbkugel (F_1 in Fig. 14), deren Durchmesser etwas kleiner als derjenige der halbkugelförmigen Höhlung im Stein ist und dem inneren Durchmesser der Hohlkugel entsprechen soll. Wir nennen diese Halbkugel nach der modernen Bezeichnung den „Kern“. Diesen Kern bringt man derartig in die Höhlung im Stein (F_2 in Fig. 14), daß zwischen der konkaven Fläche der Höhlung und der konvexen Fläche des Kerns ein Hohlraum L in Form einer halben Hohlkugel entsteht, in welchen

nachher das flüssige Messing eingegossen wird. Damit der Kern diese Lage zur Höhlung beim Eingiessen des flüssigen Metalls beibehält, muss er auf irgend eine Weise mit dem oberen Rand der Höhlung unverrückbar verbunden sein⁴⁾. Beim Eingiessen des flüssigen Messings muss darauf geachtet werden, dass dieses gerade den oberen Rand der Höhlung erreicht⁵⁾.

Ist das Messing erkaltet, so wird der Kern entfernt, die fertige Hohlhalbkugel jedoch in der Höhlung gelassen; unter Benutzung der obigen Form von Eisen werden etwaige Rauheiten des fertigen Gusses mit dem Hammer entfernt⁶⁾. Der Rand der fertigen halbkugeligen Schale, an dem das Messing zuerst erkaltet ist, wird sorgfältig abgefeilt, damit er genau eben und glatt ist.

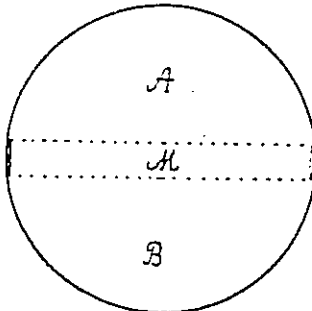


Fig. 15.

Auf dieselbe Weise stellt man eine zweite halbkugelige Schale her. Beide Schalen werden dann zu einer vollen Hohlkugel vereinigt und zwar mit Hilfe eines dünnen, schmalen Messingstreifens M, der ungefähr so lang wie der Randkreis der halbkugeligen Schalen ist. Man biegt ihn zu einem Kreis zusammen und legt ihn an den inneren Rand der einen Schale A (innerhalb derselben) und zwar so, dass die eine Hälfte seiner Fläche über den Randkreis der Schale A vorsteht. Die vorstehende äussere Fläche des Streifens bestreicht man mit der Lötmasse und stülpt dann die andere Schale B von aussen darüber⁷⁾. Nach dem Erkalten der Lötmasse nimmt man dann die nur lose auf dem Streifen befindliche Schale A herunter und bestreicht nun die aus der bereits verlöteten Schale B vorstehende äussere Hälfte des Streifens mit Lötmasse und stülpt sodann die Schale A von aussen darüber; dadurch sind beide Schalen zu einer vollen Hohlkugel vereinigt. Die Randkreise der beiden Hohlkugeln sollen genau einen Kreis bilden und keinen Zwischenraum zeigen, durch welchen der Messingstreifen sichtbar wäre (s. Fig. 15).

Ueber die Giessmethoden bei den Arabern, deren weitgehender Einfluss auf die gesamte spanische Kultur des Mittelalters sich natürlich auch in der Technik geltend machte, findet man Näheres in der Schrift von E. Wiedemann und F. Hauser: Ueber eine Palasttüre und Schlösser nach *al Gazari* in der Zeitschrift „Der Islam“, Bd. XI, S. 227—231. Das arabische Werk, auf das sich die erwähnte Schrift bezieht, stammt aus dem Jahre 1206, also aus der Zeit kurz vor Alfons. Es werden darin hauptsächlich der Herdguss und die Wachstformerei beschrieben, während die im vorstehenden beschriebene Methode in dem Werk von *Gazari* nicht ausgeführt ist.

Herstellung von Hohlkugeln aus Holz.

Kap. 6 des Buches über das Kugelastrolab enthält eine ausführliche Beschreibung der Verfertigung von Hohlkugeln aus Holz, wozu Alfons bemerkt, dass diese Methode viel einfacher und praktischer sei, als die des Gusses von Messinghohlkugeln.

Wie beim Messingguss stellt man auch hier 2 halbe Hohlkugeln (halbkugelige Schalen) dazu her, für die man zunächst je ein aus Halbkreisbogen zusammengesetztes Gerippe konstruiert.

Ein solches Gerippe wird folgendermassen hergestellt: Man sägt aus dünnen Holzbrettern von der Dicke d vier gleiche kreisringförmige Reifen aus. Der Unterschied zwischen dem inneren und äusseren Radius des Streifens ist b . Ebenso gross ist dann die Wandstärke der Hohlkugel. An einem der Reifen R bringt man 12 um 30° voneinander abstehende radiale rechteckige Einschnitte E an von der Länge b , der Breite d und der Tiefe $\left(\frac{d}{2}\right)$. Nun teilt man einen weiteren Holzreifen in zwei Hälften, sägt an beiden Enden jeder Hälfte

⁷⁾ Bei der Zusammensetzung muss wohl alles entspr. soweit erhitzt werden, dass das Lot fliesst.

Stücke von der Höhe $\left(\frac{d}{2}\right)$ ab und bringt in der Mitte der beiden Halbreifen ineinander passende Ausschnitte an, entsprechend a_1 und a_2 in Fig. 16, so dass sie, bei a_1 und a_2 aneinander befestigt, senkrecht aufeinander stehen. Die 4 freien Enden des so entstandenen halbkugelförmigen Hohlkreuzes leimt man in vier um 90° voneinander abstehende Einschnitte E des Reifens R fest. Die noch vorhandenen zwei Reifen teilt man in je 4 Teile und sägt an dem einem Ende jedes dieser Viertelreifen Stücke von der Höhe $\left(\frac{d}{2}\right)$ ab. Die andern Enden schrägt man so ab, dass sie sich — beim Einsetzen der abgeägten Enden in die noch übrigen S Einschnitte E des Reifens R — in der Mitte des bereits vorhandenen Hohlkreuzes gut aneinanderschmiegen und zwar je zwei in einem der Quadranten. Dort und am Reifen R werden sie gut verleimt. (Fig. 17 stellt eine Orthogonalprojektion dieses Gerippes der Halbkugel von oben gesehen dar. Die radialen Streifen der Figur entsprechen also Viertelkreisbogen.)

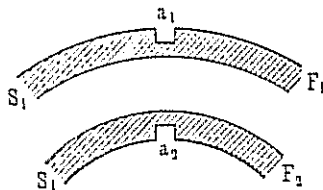


Fig. 16.

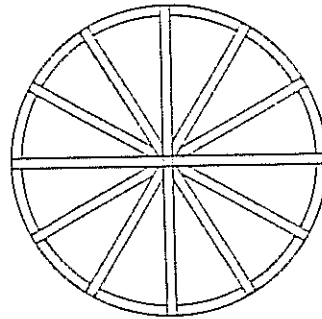


Fig. 17.



Fig. 17 a.

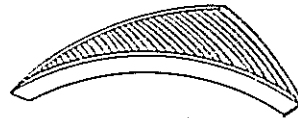


Fig. 17 b.



Fig. 17 c.

Diese Gerippe vervollständigt man folgendermassen zu halbkugelförmigen Schalen: Man füllt die jetzt noch vorhandenen 12 Zwischenräume in ähnlicher Weise durch entspr. lange Holzreifenstücke aus, wie oben die zuerst entstandenen 4 Quadranten durch die 8 Viertelreifen. Damit führt man so lange fort, bis schliesslich die immer kleiner werdenden Lücken vollständig geschlossen sind. Die Schichten sind also hier senkrecht zum Reifen R (siehe Fig. 17 a).

Man versteht den Text vielleicht richtiger, wenn man zum Reifen R parallele Kreisringstücke nimmt und damit die Lücken des Gerippes (s. Fig. 17 b) ausfüllt. Man beginnt am Reifen R und leimt dann Kreisringstücke von immer kleiner werdendem Radius aneinander, bis schliesslich alle Lücken ausgefüllt sind. (Fig. 17 c stellt ein solches Kreisringstück dar.)

In genau der gleichen Weise stellt man für die andere Halbkugel deren Gerippe her.

Hat man auf diese Weise die Oberflächen der halben Hohlkugeln ausgefüllt, so erhält man die volle Hohlkugel, indem man die ebenen Flächen der Randkreise der beiden Schalen mit Leim bestreicht und sie aufeinanderpresst. Vorher muss man aber in die ebenen Flächen der Randkreise an je 2 diametral gegenüberliegenden Stellen halbkreisförmige Vertiefungen sägen, wodurch, wenn man beim Verleimen der Schalen letztere passend aufeinander legt, zwei diametral gegenüberliegende Löcher auf der vollen Kugel entstehen, in die man einen runden Holzstab von passender Dicke steckt, welcher nach Alfons Angaben im Arabischen „al Achs“ (zu deutsch Achse) heisst.

Um diesen Stab als Achse lässt sich die Kugel drehen.

Um eine möglichst glatte und gleichförmige Oberfläche zu erhalten, wird zum Schlusse auf die Kugel Pferde- oder Eselleder geleimt, das mit Kreide geweißt wird.

Anmerkungen und Ergänzungen.

1) Beim kugelförmigen Astrolab (arab. Name: *al Aṣṭurlāb al kūrī* oder *al ukūrī*) sind sämtliche auf ihm eingezeichneten Linien Kreise auf einer Kugelfläche, während diese Linien beim ebenen Astrolab auf eine Ebene projiziert sind.

Eine Darstellung des ebenen Astrolabs, das oft kurz „Astrolab“ genannt wird, findet man u. a. bei J. Frank: „Die Verwendung des Astrolabs nach *al Chwārizmī*“, Abhandl. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Medizin, Heft 3. Erlangen 1922. Von demselben Verfasser rührt auch „Zur Geschichte des Astrolabs“ her. (Sitz.-Ber. der phys.-medizin. Sozietät zu Erlangen 50, 51, S. 275 ff., 1918. 1919.) Dort sind sämtliche Formen des Astrolabs, die von den Arabern konstruiert wurden, aufgezählt. — Herr Prof. Frank beabsichtigt übrigens, so bald als möglich eine eingehende Darstellung unserer Kenntnisse von dem ebenen Astrolab zu geben. Dabei wird auch die vorhandene Literatur berücksichtigt werden (vergl. hierzu S. 31).

2) Diese beiden Arten der Verbindung von Spinne und Kugel, wobei das eine Mal die Spinne Sterne mit positiver, das andere Mal solche mit negativer Breite enthält, sind sinngemäß und rechtfertigen unsere Unterscheidung „nördliches bzw. südliches Kugelastrrolab“. Dabei entspricht diese Unterscheidung den Verhältnissen beim ebenen Astrolab (s. J. Frank: „Das Astrolab nach *al Chwārizmī*“ S. 3). Dagegen spricht *al Bīrūnī* dann von einem südlichen Kugelastrrolab, wenn in Fig. 2 P' und G' zur Deckung gelangen, wobei die Spinne natürlich Sterne mit negativer Breite enthält (vergl. S. 43).

3) Bei der Kugel mit dem Schemel dreht sich die volle Himmelskugel unter dem Horizont- und dem Meridiankreis. Der Horizont H ist hier ein feststehender Ring, der auf 4 Füßen ruht; der Meridian ist ein Ring von gleicher Größe, der an den beiden (Welt) Polen auf der Kugel befestigt ist (P u. P' in Fig. 1 u. 2). Den Meridianring M kann man in seiner Ebene drehen und so der Achse A₁A₂ verschiedene Neigungen geben und damit das Instrument für verschiedene Breiten verwenden (s. Fig. 18). Die Kugel mit dem Schemel, über die Alfons v. Kastilien ebenfalls eine ausführliche Beschreibung gibt, wurde von H. Schnell in einer besonderen Arbeit behandelt (s. H. Schnell, Erlanger Diss. 1924). — Beim Kugelastrrolab dreht sich die Spinne über der mit dem Horizontkoordinatensystem versehenen festen Kugel. Da letzterer Vorgang den natürlichen Verhältnissen entspricht, so ist das Kugelastrrolab, besonders was Anschaulichkeit betrifft, dem Himmelsglobus einerseits bedeutend überlegen, andererseits hat es wieder den Nachteil, dass seine Spinne jeweils nur die halbe Himmelskugel darstellt.

4) Die Kugel des sphärischen Astrolabs entspricht der Vorderseite des feststehenden Teils („Mutter“) des ebenen Astrolabs. Die auf der feststehenden Vorderseite des ebenen Astrolabs für die verschiedenen geographischen Breiten einzusetzenden Scheiben entsprechen den Projektionen der auf der Kugel des sphärischen Astrolabs eingezeichneten Kreissysteme für die betr. geogr. Breite. — Erwähnt sei hier noch eine kurze Aufzählung der Bestandteile des Kugelastrrolabs von C. A. Nallino in der Enzyklopädie des Islams unter Astrolab.

5) Ueber *Ḥarrān* und die *Ḥarrānīer* findet man Näheres in dem ausführlichen Werk von Chwolson: „Die Ssabier und der Ssabismus“. Petersburg 1850.

6) In einem Abschnitt über die astronomischen Instrumente und deren Verfertiger erwähnt der oben S. 3 zitierte Fihrist unter den Schülern von *Aḥmed* und *Muḥammed*, den Söhnen von *Chalaf*, auch *Gābir ben Sinān al Ḥarrānī* (s. Fihrist in der Suterschen Übersetzung S. 41 ff.; arab. Text S. 285).

7) Die Armillarsphäre ist behandelt von F. Nolte (Abhandl. zur Gesch. der Naturw. u. der Medizin, Heft 2. Erlangen 1922).

8) *Al Battānī* heisst vollständig *Muhammed ben (Sohn) Gābir ben Sinān* und stammte ebenfalls aus *Harrān*. Stimmt die Vermutung, dass *al Battānī* der Sohn des auf S. 5 erwähnten *Gābir* ist, so hat der Vater sicher einen Einfluss auf den Sohn ausgeübt. *Gābir* hätte dann etwa um 850 gelebt.

9) A. Wegener in seiner historisch-kritischen Abhandlung: „Die astronomischen Werke Alfons X.“ *Bibliotheca Mathematica* [3], 6. 129—185, 1905.

10) Bezüglich des Verfassers der Schrift über das sphärische Astrolab ist Wolf ein Irrtum unterlaufen. Danach wäre dieser kein anderer als der bekannte *al Zarqālī*, der Verfertiger der Zarqālischen Scheibe, während Alfons als Verfasser *Rabizag* von Toledo angibt, wie es auch Wegener tut. *Rabizag* ist identisch mit *Isaac ibn Sid*, dem Hauptverfasser der Alfonsinischen Tafeln (s. das in Anm. 9 angegebene Werk von A. Wegener S. 148 u. 149). Wegener nennt ihn immer *Ibn Sid*; diesen Namen habe ich ebenfalls bei der Besprechung des Alfonsinischen Vorworts zum Buche über das Kugelaströlab (s. o. S. 7) beibehalten.

Kugel mit dem Scheitel

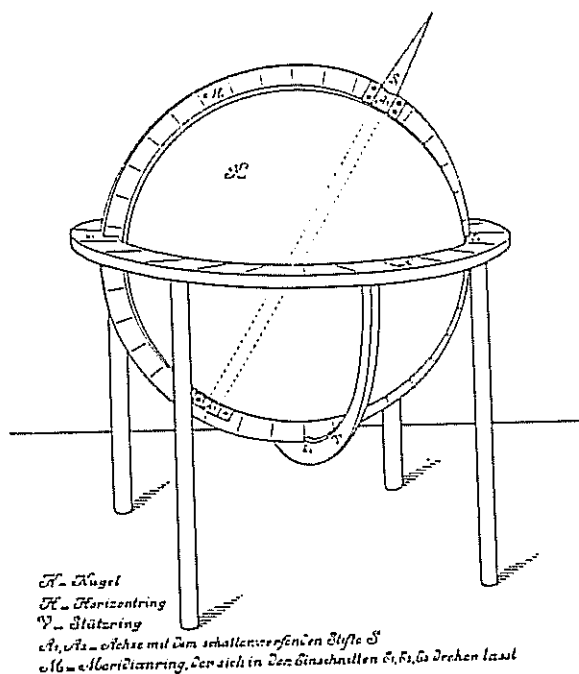


Fig. 18.

11) Die sogenannten „Pole“ dienten zunächst zur Befestigung des Masskreises und zum Einzeichnen einer Reihe von Grosskreisen auf der Kugel, wie aus dem folgenden Text zu ersehen ist. — Wie an dieser Stelle bemerkt sei, wurden in der damaligen Literatur die sphärischen Mittelpunkte, um welche die Kreise auf Kugeloberflächen konstruiert wurden, als Pole bezeichnet ohne Rücksicht auf ihre etwige astronomische Bedeutung. Diese Bezeichnung wird auch jetzt noch in der Mathematik benutzt.

12) Es fehlt bei Alfons eine Angabe, welchem Werk des Theodosius die Bestimmung der „Pole“ entnommen ist. Es kann sich aber nur um das Buch über die Kugeln, die

„Sphaerica“, handeln; es bezieht sich auch *al Birûnî* darauf. Im Theorem 21 dieses Werkes wird die Bestimmung des Pols eines beliebigen, auf der Kugel befindlichen Kreises behandelt (*Circuli circuli in sphaera dati polum invenire*). Die dort angewandte Konstruktionsmethode wurde wohl von *Alfons* zur Bestimmung der „Pole“ benutzt. Von einer Benutzung des Kreisrings zum Einzeichnen des Grosskreises ist indessen bei *Theodosius* nichts erwähnt. Die ausführlichen geometrischen Beweise, die *Theodosius* gibt, sind bei *Alfons* fortgelassen gemäss dem vielfach auch in der astronomischen Literatur der Araber beliebten Brauch, auf mathematische Beweise zu verzichten.

Historisch sei noch erwähnt, daß die Schriften des *Theodosius*, darunter auch die *Sphaerica*, von den Arabern übersetzt und viel gelesen wurden (vergl. M. Steinschneider, Z. D. M. G. 50, 343, 1896). Sie gehören zu den sogenannten mittleren Büchern, weil sie zwischen den Elementen des Euklid und dem *Almagest* des Ptolemäus gelesen werden sollten. (Vergl. hierzu M. Steinschneider: „Die mittleren Bücher der Araber und ihre Bearbeiter“ in der Zeitschrift für Math. u. Phys. 10, 456, 1865.)

13) Nach *Theodosius*, Theorem 14, ist der Kreis, der einen beliebigen auf der Kugel gezogenen Kleinkreis (wie wir zur Unterscheidung von den Grosskreisen alle übrigen Kreise auf Kugeloberflächen nennen) halbiert, immer ein Grosskreis, der auf dem Kleinkreis senkrecht steht. Er geht daher durch die Pole des Kleinkreises, dessen Peripherie er halbiert. — Grosskreise halbieren sich stets.

14) Um dies auszuführen, wird man die Kugel in geeigneter Weise irgendwie befestigen, etwa auf einer Drehschale, worüber jedoch Angaben fehlen.

15) Ausser den drei mit dem Masskreis auf der Kugel eingezeichneten Grosskreisen werden alle übrigen Kreise auf der Kugel und der Spinne mittels des Rundzirkels eingeritzt, sofern nicht eine besondere Konstruktionsmethode vorgeschrieben ist (s. S. 15).

16) Zur Ergänzung sei erwähnt, dass das Loch am Meridiankreisquadranten zwischen Nordpunkt des Horizonts und Zenit, das dem Punkt G in Fig. 2 entspricht, bei *Alfons* wie bei *al Birûnî* der Nordpol der betr. Breite und entsprechend das unter dem Horizont befindliche, diametral gegenüberliegende Loch, G' in Fig. 2, Südpol der betr. Breite genannt wird. Dabei deckt sich der Weltnordpol P der Spinne mit Punkt G in Fig. 2. Diese Verhältnisse gelten beim nördlichen Kugelastrolab, welches *Alfons* behandelt. Beim südlichen Kugelastrolab muss das dem Punkt G in Fig. 2 entsprechende Loch am Meridiankreisquadranten zwischen Südpunkt des Horizonts und Zenit angebracht werden, da in südlichen Breiten die Weltachse mit dem Südpol nach oben zeigt. Hier wäre G Südpol, G' Nordpol der betr. südlichen Breite; der Weltsüdpol P' der Spinne würde sich mit G decken.

17) Die Bezeichnung „Pol der Spinne“ an Stelle des besseren „Eklipstipol“ findet sich nur bei *Alfons*.

18) Eine Zusammenstellung der älteren Angaben über die Verwendung von Röhren (ohne Linse) zur Beobachtung der Himmelskörper etc. gibt C. A. Nallino in seinem schon oben S. 5 erwähnten Werk, S. 272. *Al Birûnî* beschreibt die Verwendung eines solchen Rohres ausführlich in seinem *Kitâb al Isti'âb* (s. S. 6). Vergl. hierzu E. W., Beitr. XVIII, S. 38. Hier heisst das Rohr *Andûb*. Auch sonst finden sich bei arabischen Schriftstellern Röhren; sie heissen auch *Bûq*, Trompete.

19) Die anderen Beschreibungen von Kugelastrolabien, von denen später die Rede sein wird, enthalten leider keine Tabellen der Sterne, die auf der Spinne verzeichnet sind.

20) Die Schiefe der Ekliptik (im Text „Neigung“ genannt) ist bei *Alfons* zu $23\frac{1}{2}$ Grad angegeben und zwar auf S. 47 des Buches über die Universalscheibe (3. Band der Riccoschen Ausgabe der *Libros*).

21) Mit Rücksicht auf das Kalendarium seien hier folgende historische Bemerkungen eingefügt: Apogäum heisst Erdferne, Perigäum Erdnähe der exzentrischen Sonnenbahn. Die Beobachtung der Jahreszeiten veranlasste Hipparch zur Entdeckung der Exzentrizität der Sonnenbahn. Um die gleichförmige Kreisbewegung der Sonne um die Erde, wie es die damalige Anschauung gebot, beibehalten zu können, musste er das Zentrum des Sonnenkreises von der Erde aus gegen den 6. Grad der Zwillinge um $\frac{1}{21}$ seines Radius zur damaligen Zeit verschieben. (Apogäum in 66 Grad und Perigäum in 246 Grad Länge). Albatagnius (*al Battânî*) entdeckte später die Bewegung des Apogäums. Näheres hierüber findet man bei R. Wolf: „Geschichte der Astronomie“. Angaben über die Lage des Apogäums und den Wert der Exzentrizität zur Zeit König Alfons finden sich im ersten und zweiten Buch der *Libros*. Im ersten Buch, das die Planetenscheiben behandelt, ist das Apogäum in den 25. Grad der Zwillinge verlegt; im zweiten, das die Uebersetzung des Werkes von *al Zarqâlî* enthält, in 26 Grad 8 Min. 47,6 Sek. der Zwillinge (für das Jahr 1081). — Man kann also mit Rücksicht auf die

Tatsache, dass das Apogäum sich im Laufe der Jahre verändert, auf das Alter eines Instrumentes schliessen.

Wenn man für die Exzentrizität den damals gebräuchlichen Wert zu $\frac{1}{120}$ nimmt, findet man in unserem Falle, wo es sich um die Uebertragung auf die Kugel handelt, den Mittelpunkt des Kalendariums am bequemsten dadurch, dass man den Bogen zwischen Ekliptikpol und äusserstem Begrenzungskreis der Ekliptik auf dem durch das Apogäum gehenden astronomischen Breitenkreis der Spinne in 31 Teile teilt und den ersten vom Pol der Ekliptik entfernten Teilpunkt zum Mittelpunkt des Kalendariums nimmt. Die exzentrische Verlegung des Kalendariums tritt auf der Kugel durch die Neigung seiner Ebene gegen die Ekliptikebene (Randkreisebene) in Erscheinung.

22) Der *inver-o* Schatten (*sombra conversa*) ist der Schatten eines horizontalen Stabes auf eine vertikale Fläche, sein Verhältnis zur Stablänge ist gleich der Tangente des Höhenwinkels (s. Fig. 17). Der ausgebreitete Schatten (*sombra espankida*) ist gleich dem Schatten

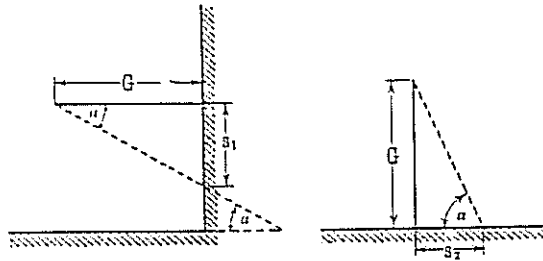


Fig. 19.

eines vertikalen Stabes auf eine horizontale Fläche; sein Verhältnis zur Stablänge ist gleich der Cotangente des Höhenwinkels. Ueber die Verwandlung der Schatten ineinander s. S. 29.

1 Spanne = 12 Finger = 12×60 Minuten (partes). In der Minutenteilung des Schattenquadranten sind, wie schon erwähnt, nur die Teilstriche für die halben Finger = 30 Minuten eingetragen; zum Schatten s. E. W., Beitr. XVIII, S. 40.

23) Ueber die Genauigkeit der Werte der Funktionen tang und cotang, die sich aus der Schattentabelle bei Alfons errechnen lassen, geben einige Beispiele Aufschluss:

Höhenwinkel nach der Alfons. Tabelle	Schattenlänge nach der Alfons. Tabelle		hieraus errechnetes tang x	wirkliches tang x (natürl. Wert)
	Finger	Min.		
6° 21'	1	45	0,146	0,1468
10° 19'	3	30	0,292	0,2928
27° 35'	6	15	0,521	0,5225

Man ersieht daraus, dass die Werte in den 2 bzw. 3 ersten Dezimalen übereinstimmen.

24) Ueber diese Schreibvorrichtung fehlen nähere Angaben. Es handelt sich wahrscheinlich um einen Stift, der auf irgend eine Weise an den erwähnten Stellen der Ekliptik befestigt wurde.

25) Es handelt sich um Kreise, „mit denen man das *atazir* (*taxir*) macht“, auch Positionskreise oder nach Frank auch Grenzkreise genannt (s. J. Frank: Das Astrolab nach al Chwārizmī, S. 21, Anm. 31). — Diese Kreise dienen astrologischen Zwecken und werden uns später bei den astrologischen Aufgaben begegnen.

26) Die Einteilung in östliche und westliche Höhenparallelen kommt bei den Aufgaben häufig vor. Die Sonne bzw. ein Stern erreicht eine bestimmte Höhe zweimal, vormittags und nachmittags bzw. vor oder nach der Kulmination; ein Gestirn schneidet also bei seinem täglichen Lauf eine bestimmte Höhenparallele zweimal, und zwar die östliche Höhenparallele vor, die westliche nach der Kulmination.

27) Dadurch, daß der Aequator mitsamt der Spinne über dem Meridiankreis drehbar ist, ersetzt letzterer das ganze System der Deklinationskreise. Man erkennt hierbei den grossen Vorteil, dass der Aequator ein Vollkreis ist, was bei den übrigen Kugelastrolabien nicht der Fall ist. Es ist dadurch möglich, beliebig grosse Bogen des Aequators durch Drehung desselben am Meridian abzulesen, welche beiden Kreise stets zueinander senkrecht sind, wie aus der Zusammensetzung des Instrumentes ohne weiteres hervorgeht (s. Fig. 2). Darüber, wie

man in diesem Koordinatensystem am Kugelastronach verfährt, wird bei der Besprechung der Aufgaben, besonders bei den Zeitaufgaben, die Rede sein.

29) Im Alfonsinischen Buch über das ebene Astrolab (2. Band der Ausgabe von Rico, S. 291/292) befindet sich eine Tabelle, die für alle Tage des Jahres (nach Monaten zusammengestellt) den zugehörigen Sonnengrad angibt.

29) Die örtlichen Aszensionen werden durch denjenigen Aequatorbogen v B dargestellt, der gleichzeitig mit dem zugehörigen Ekliptikbogen v A über dem Horizont des Beobachtungsorts aufsteht (s. Fig. 20 a). Sie sind in jeder Breite verschieden.

Die geraden Aszensionen werden durch denjenigen Aequatorbogen v B dargestellt, der gleichzeitig mit dem zugehörigen Ekliptikbogen v A über dem Meridian des Beobachtungsorts aufsteht. Nur in der Breite null kann man sowohl den Horizont als auch den Meridian verwenden, da beide Kreise in diesem Fall auf dem Aequator senkrecht stehen (s. Fig. 20 b, wo dieser Fall dargestellt ist).

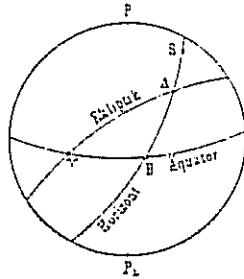


Fig. 20 a.

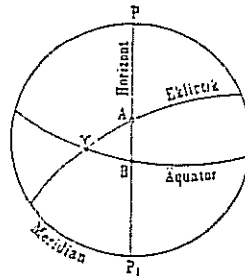


Fig. 20 b.

30) Der Gegengrad des Sonnengrads ist der von diesem um 180° in der Ekliptik entfernte; er liegt auf dem Westhorizont, wenn der Sonnengrad selbst auf dem Osthorizont liegt, oder mit anderen Worten: Der Gegengrad ist der Descendent, wenn der Sonnengrad Aszendent ist und umgekehrt. Den Gegengrad benutzt man zur Bestimmung der temporalen Stunden des Tags, weil der Sonnengrad sich am Tage über dem Horizont befindet. Bei der Bestimmung der temporalen Stunden der Nacht benutzt man natürlich den Sonnengrad selbst, da er sich dann unter dem Horizont bewegt, wo sich die Stundenlinien befinden.

31) Der Name Hermes, dessen Werke ins Arabische übersetzt wurden, wird bei den Arabern öfters erwähnt; die Person des Hermes ist jedoch in tiefes Dunkel gehüllt. Näheres hierüber s. bei M. Steinschneider: „Die arabischen Uebersetzungen aus dem Griechischen“. Z. D. M. G. 50, 1896, S. 187 (§ 109).

Betr. al Zargālī s. H. Suter, Math. S. 199.

Ueber Veles konnte ich nichts finden. Veles ist vielleicht Valens (s. M. Steinschneider, Z. D. M. G. 50, 342, 1896).

Ptolemäus' Werk war wohl Alfons nur durch die arabischen Uebersetzungen und Kommentare bekannt. (Vergl. M. Steinschneiders bereits zitierte Arbeit a. a. O. S. 103.)

32) Unter den bei H. Suter genannten al Marwāzī kommen in diesem Fall wohl zwei in Betracht. Der eine ist Habās al ḥāsib al Marwāzī, gest. zwischen 864 u. 874, s. H. Suter, Math. S. 12, Nr. 22; der andere ist Abū Jahjā al Marwāzī (auch Māwardī), gest. zwischen 932 u. 942, s. H. Suter, Math. S. 48, Nr. 96.

33) Demnächst herausgegeben von E. Wiedemann und J. Juynboll.

34) Dieses Werk ist nicht bekannt.

35) Jede Scheibe kann man für zwei Breiten verwenden, indem man auf die Vorder- und Rückseite die Projektionen für je eine Breite einträgt.

36) Dies trifft, wie al Nairīzī auch bemerkt, besonders für die hohen Breiten zu, da dort die Wendekreisbogen sehr flach zum Horizont liegen; kleine Aenderungen der Breite rufen dann schon wesentliche Aenderungen in den Resultaten hervor. Allerdings gilt dies nicht nur für den Wendekreis des Steinbocks, wie al Nairīzī meint, sondern ebenso für den Wendekreis des Krebses.

37) Die Angabe erklärt sich vielleicht so, dass die Armillarsphäre, weil viel mehr wie das Kugelastrolab zu Messungen am Himmel benutzt und zum Transport weniger geeignet, wohl vielfach im Meridian fest aufgestellt wurde.

38) Leider fehlt eine nähere Angabe, wie dieser Quadrant am Rand der Spinne angebracht ist. Gerade die Deutung der Höhenmessvorrichtung auf Grund der unzureichenden und zuweilen irreführenden Beschreibung von *al Nairizi* machte grosse Schwierigkeiten.

39) Die Messung geschieht nach demselben Prinzip wie bei Alfons (vgl. Fig. 7). Statt die Alhidada über dem Höhenquadrant zu verschieben und durch sie die Sonne anzuvisieren, verschiebt man hier das Gnomon in der Führung längs des Höhenquadranten. Die Vorrichtung könnte man sich ebensogut ohne Führung denken; die Anordnung bei *al Nairizi* macht so einen kunstvollen Eindruck.

39 a) Das Gnomon hat offenbar an seiner Spitze eine mit seiner Achse konzentrische Vertiefung. Steht das Gnomon in der Richtung nach der Sonne, so fällt der Schatten in diese Vertiefung; dies entspricht dem sonst gebräuchlichen Ausdruck: „Das Gnomon beschattet sich selbst.“

39 b) Vgl. hierzu die Bemerkungen über die Höhenmessvorrichtung bei *Qusṭā ben Lūqā*. S. 47 u. 48 oben.

40) Wie sehr die Araber sich für die in diesen Kapiteln behandelten Fragen interessierten, ergibt sich daraus, dass *Abū Ga'far al Chāzinī* eine Schrift verfasste, wie man diejenigen Horizonte zeichnet, an denen die Tierkreiszeichen umgekehrt aufgehen und dass *al Birānī* veranlasst wurde, eine Abhandlung zu verfassen über die Orte, wo ein (astronomischer) Tag ein ganzes Jahr beträgt. Diese von *al Birānī* verfasste Schrift ist betitelt: „Erwägung über die Länge der Nacht und des Tages auf der gesamten Erde, um ohne Schwierigkeit zu zeigen, dass das Jahr unter dem Pol einen Tag bildet“ (vgl. H. Suter u. E. Wiedemann, Beitr. LX, S. 72, Nr. 18). Man vgl. hierzu eine Erzählung bei *Jāqūt* in dessen biographischem Wörterbuch (s. J. Hell u. E. Wiedemann bei „Mitteilungen zur Geschichte der Medizin u. Naturwissenschaften“, Bd. 11, S. 317). Danach hat *al Birānī* die Schrift für den Sultan *Mahmūd von Gana* verfasst, dem die Tatsache von den eigentümlichen Verhältnissen von Tag und Nacht in den hohen Breiten durch die Erzählung eines Boten bekannt geworden war. Auch für den Sohn von *Mahmūd*, *Mas'ūd*, hat *al Birānī* das Problem behandelt.

41) Man verfährt bei diesen Aufgaben mit *al Nairizi* in der Art, dass man das Kugelastrolab auf eine bestimmte Breite einstellt, dann etwa die Ekliptik in eine bestimmte Lage zum Horizont bringt, sie um einen gewissen Winkel dreht und die dann auftretenden Lageänderungen der Tierkreiszeichen untersucht. Gegebenenfalls sucht man diejenige Breite auf, bei der solche Veränderungen eintreten bzw. bei der gewisse Tierkreiszeichen gleiche Höhe haben u. s. f.

42) Die Ueberschriften der Kapitel beginnen sämtlich mit den Worten: „Wie man mit diesem Astrolab erkennt, dass es einen Ort gibt etc.“ Wir lassen diese Wendung in den Ueberschriften der Kürze und der Uebersichtlichkeit wegen fort.

43) Die *Targahāra* ist eine Wasseruhr und zwar ein Gefäss mit einer unten befindlichen Oeffnung. Meist wird das Wort für solche Uhren benutzt, die auf Wasser gesetzt werden und infolge des Eindringens von Wasser untersinken. Die Zeitdauer bis zum vollständigen Untersinken beträgt in unserem Fall 1 Äquator. Stunde. Es wird das Wort auch in dem Sinn angewandt, dass das Gefäss sich in 1 Stunde entleert.

Vgl. hierzu E. Wiedemann u. F. Hauser: „Ueber die Uhren im Bereich der islamischen Kultur“. Nova acta der Leopold. Akademie, Bd. 100, S. 20, 1915.

44) Vergl. hierzu E. Wiedemann: „Einleitung zu arabischen astronomischen Werken“. Das Weltall 20, 21, 1919/20.

45) Das Astrolab diente ja als „Uhr“ und wurde von den Straßenastronomen auf Märkten u. s. w. benutzt. Daher mußte es leicht mitzunehmen sein (vergl. auch S. 21 unten).

46) Die Bestimmung des Durchmessers einer Kugel ist im 18. und 19. Theorem (nicht im 19. und 20., wie *al Birānī* angibt) der „Sphärica“ durchgeführt. Ihre Wiedergabe durch *al Birānī* entspricht dem Original von Theodosius. Die geometrischen Beweise sind jedoch fortgelassen, wie *al Birānī* dies allgemein tut. Die Ueberschriften der beiden Theoreme lauten: 18) „Lineam describere aequalum diametro circuli cuiuslibet in sphaera dati“; und 19): „Lineam describere aequalum diametro datae sphaerae“.

47) d und t sind die Endpunkte eines Durchmessers des auf die Ebene übertragenen Kugelschnittes g d z. t findet man nach dem Satz des Thales, — wonach die Sehne eines Peripheriewinkels, der gleich einem Rechten ist, ein Durchmesser des Kreises ist — als Schnitt der auf den Seiten g d und d z senkrecht gezogenen Schenkel der rechten Winkel bei g und z

(in der Fig. 10 b gestrichelt). Dadurch, dass man auch den Punkt k auf die Ebene überträgt, erhält man drei Punkte d k t eines Grosskreises auf der Kugel. Auf dieselbe Weise wie bei dem Kleinkreis g d z findet man auch den Durchmesser jenes Grosskreises und hat damit den Durchmesser der Kugel.

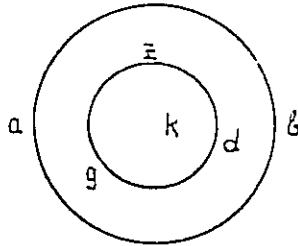


Fig. 10 a.

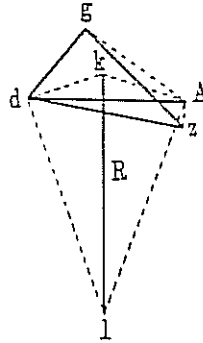


Fig. 10 b.

48) Der Rundzirkel (arab. *al birkār al mu'aggaf al riḡl*) diente zum Einzeichnen von Kreisen auf Kugelflächen und entspricht dem Alfonsinischen Rundzirkel. Näheres über ihn ist nicht angegeben.

49) Unter „Seite des Quadrats“ ist die Seite des Quadrats zu verstehen, das aus den zu den 4 Quadranten eines Grosskreises gehörigen Sehnen gebildet wird. Um den Betrag dieser Seite des Quadrats muss man den Zirkel öffnen, wenn man einen Grosskreis auf der Kugel beschreiben will. Die Bezeichnung findet sich auch in der *Sphærica* von Theodosius.

50) Die 4 Kardinalpunkte des Horizonts sind merkwürdigerweise bei *al Birūnī* nicht erwähnt.

51) Genau wie bei Alfons, vergl. Anm. 16.

52) Unter „grösster Neigung“ (heutzutage „Ekliptikschiefe“) ist der grösste Betrag der Deklination zu verstehen, den die Sonne zur Zeit der Solstitien, wenn sie die Wendekreise durchläuft, besitzt.

53) Die Linien der äquatorialen Stunden sind Deklinationskreisbogen und daher im Gegensatz zu den Linien der temporalen Stunden Grosskreisbogen. Das Kugelastronach von *al Birūnī* besitzt also Deklinationskreise ebenso wie das von *al Ma'rākuschi*, wie wir später (S. 44) sehen werden (vergl. hierzu Alfons S. 15).

54) Gemeint ist natürlich der Äquatorpol. Es ist nicht angegeben, auf welchem astronomischen Breitenkreis der Äquatorpol abgetragen werden soll. Beim nördlichen Kugelastronach muss er auf dem vom Ekliptiknordpol (E in Fig. 1) ausgehenden astronomischen Breitenkreis des Krebses abgetragen werden (wie bei Alfons, s. S. 12), beim südlichen Kugelastronach auf dem vom Ekliptiksüdpol (E' in Fig. 1) ausgehenden Breitenkreis des Steinbocks.

55) Wenn Spinne und Kugel in der bekannten Weise für eine bestimmte geogr. Breite vereinigt sind, so macht man sich leicht klar, dass die Hälfte des Äquators auf der Spinnwand und die auf der unter dem Horizont der Kugel für die betr. Breite eingetragene Äquatorhälfte (vergl. S. 15) sich zu einem vollen Kreis ergänzen bzw. dass sich die Äquatorhälfte auf der Spinnwand bei der Drehung der letzteren über der unbeweglichen Äquatorhälfte (auf der Kugel) verschiebt. Daher ruht wohl auch die Wendung bei *al Birūnī*: „Er gehört zum Äquator“.

56) Die Fixsternörter verändern sich im Lauf der Jahre infolge der Präzession und zwar nach Ptolemäus (vergl. dessen *Almagest*, Bd. 2 in der Ausg. v. Manitius) in 100 Jahren um 1° astronom. Länge in der Richtung der Tierkreiszeichen. Diesen Wert gibt auch Hipparch an. *Al Battānī* bestimmte die Zahl genauer und fand 1° in 60 Jahren. Etwa um 1260 erhielt der Perser *Nasīr al Dīn* den nahezu richtigen Wert von 1° in 70 Jahren. Vergl. R. Wolf: „Gesch. d. Astronomie“ S. 158.

57) Diese Bezeichnung ist verständlich, weil bei den Arabern der Aequator gegenüber der Ekliptik bei der Einteilung der Himmelskugel eine untergeordnete Rolle spielte. (Vergl. näheres hierüber bei J. Frank: „Das Astrolab nach al Chwārizmī“, S. 19, Anm. 12.)

58) Betreffs des Ausschneidens der Spinne s. E. Wiedemann und J. Frank: „Vorrichtungen zur Teilung von Kreisen und Geraden etc. nach al Birūnī“ in Z. f. Instr.-Kunde, 11, 232—234, 1921.

59) In Kürze zusammengefasst ist der Inhalt des Abschnittes folgender: Entweder lässt man um den Pol des Alt auf der Spinne eine runde Scheibe übrig und befestigt daran und an passend gewählten Verbindungs-tücken die Sterne, so dass dem Auge wohlgefällige netz-ähnliche Gebilde entstehen, wobei darauf zu achten ist, dass der Aequator und die Ekliptik erhalten bleiben. — Oder man kann auch so verfahren, dass man unter Verzicht auf solche netzähnliche Gebilde der Spinne ein anderes Aussehen gibt, indem man um den Ekliptikpol der Spinne eine kreisrunde Scheibe übriglässt und diese mit der Ekliptik durch Bogen verbindet, die den astronomischen Breitenkreisen durch die Anfänge der Tierkreiszeichen entsprechen. An dieser Scheibe und den erwähnten Bogen befestigt man die Sterne. Bei dem erwähnten Spalt handelt es sich wahrscheinlich um eine kreisförmige Aussparung in dem ebenen Rand der Spinne (dem Randkreis).

60) Von einer Teilung des Aequators ist nichts erwähnt.

61) Die Enden dieses Bogens wurden in den Spalt eingelötet.

62) Die beiden Kreisbogen bilden also zwei Bänder, die die Spinne auf der Kugel festhalten. Sie werden wohl auch zu diesem Zweck am Instrument angebracht sein; eine Bedeutung hinsichtlich der Verwendbarkeit des Instruments werden sie kaum gehabt haben.

63) Zu beachten ist der Fortfall der Stundenlinien, falls das Astrolab für den Gebrauch in verschiedenen Breiten eingerichtet ist; eine derartige Bemerkung findet man in den übrigen Beschreibungen von Kugelastrolabien nicht.

64) Vergl. hierzu S. 3 und Anm. 2.

65) „Horizont der Welt“ bedeutet hier soviel wie Horizont des Beobachtungsortes. Der Horizontkreis der Kugel sowie die Höhenparallelen sollen parallel zur Horizontalebene am Beobachtungsort sein.

66) Das Gnomon wurde mit Wachs am Sonnengrad angebracht.

66a) Die zugehörige Sonnenhöhe wird hierbei an der Höhenparallelen abgelesen, auf der das Gnomon liegt, wenn es sich selbst beschattet.

67) Das Gnomon wurde meist bei den Himmelsgloben (vergl. Anm. 3) zur Höhenmessung benutzt.

68) Al Birūnī bespricht eine zweite Höhenmessvorrichtung, die wohl hauptsächlich zur Messung von Sternhöhen bestimmt war. Er braucht 2 Halbkreisbogen (etwa aus Messing) a und b, die die Hälfte eines Grosskreises der Spinne entsprechen und sich genau an die Oberfläche der Spinne anlegen lassen. Der eine Bogen a ist in 180° geteilt; der andere wird nicht geteilt. Je zwei Enden der Bogen a und b werden so miteinander verlötet, daß die Bogen senkrecht aufeinander stehen. Bogen b wird dann in seiner Mitte auf dem aus dem Aequatorpol der Spinne herausragenden Ende der Weltachse befestigt. Man überzeugt sich nun leicht, dass sich hierbei der Halbkreis-Bogen a mit dem Aequatorkreis der Spinne deckt, denn beide Kreise sind halbe Grosskreise und beide um den Quadrant eines Grosskreises vom Aequatorpol entfernt (Bogen a um die beiden Quadranten von Bogen b). Al Birūnī wird wohl deshalb so verfahren sein, weil sein Aequator nicht geteilt ist (s. Anm. 60). Auf dem aus dem Aequatorpol herausragenden Ende der Weltachse wird dann eine Alhidade befestigt, deren eines Ende jeweils auf dem Bogen a gleitet und die betr. Höhe des Sterns an dessen Teilung abzulesen gestattet. Dazu muss das Astrolab in der Mitte des Bogens a freibügend gehalten werden. Im übrigen ist das Verfahren das gleiche wie bei Alfons (s. S. 13) mit dem einzigen Unterschied, dass dort die Höhe an dem am äusseren Rand der Spinne (parallel zur Ekliptik) angebrachten Höhenquadrant abgelesen wird, wobei die Alhidade am Ekliptikpol befestigt ist.

69) Damit ist die Hälfte des Aequators auf der unter dem Horizont befindlichen Kugelhälfte gemeint, die für die entspr. Breite eingetragen wird (s. S. 15).

70) Es handelt sich offenbar um das kleine Werk: „Ueber den Gebrauch des sphärischen Astrolabs“, das nach dem von al Birūnī selbst verfaßten Verzeichnis seiner Werke 10 Blätter umfasst. Vergl. E. Wiedemann u. H. Suter, Beitr. LX, S. 74.

71) Das entspräche in gewisser Hinsicht unserer heutigen Einteilung.

72) Man teilt jeden der drei Bögen in so viel Teile, als die Nacht zur Zeit der Solstitien und Äquinoktien an Äquatorialen Stunden hat. Der Aequatorbogen wird hierbei wie immer in 12 gleiche Teile geteilt.

73) Die Drehbank wurde von den Arabern vielfach zur Zeichnung von Kreisen auf der Kugel benutzt. S. E. Wiedemann und J. Frank: „Vorrichtung zur Teilung von Kreisen und Geraden u. s. w. nach *al Birûnî*“, Z. f. Instr.-Kunde 41, 225—236, 1921 und *Ibn Sînâ*: „Abhandlung über ein astronomisches Instrument“.

74) Es handelt sich um ein biegsames Messinglineal, das bei den Arabern vielfach Verwendung fand. Vergl. E. Wiedemann: „Ueber geometrische Instrumente bei den muslimischen Völkern“, Z. f. Vermessungswesen Heft 22 und 23, 9, 1910.

75) Der Äquator auf der Spinne besitzt also hier eine Teilung im Gegensatz zu *al Birûnî*. Vergl. Anm. 60.

75 a) Hier kann unmöglich *Parasunge* ein Längenmass bedeuten, sondern ist mit Grad zu übersetzen.

75 b) Während sonst 46° 4' als die nördlichsten Gegenden angegeben werden, verlegt sie *Qusfâ* viel weiter nördlich und läßt auch die sogenannten Türkenstämme *Jägûg* und *Mägûg* sehr weit im Norden leben. Bekanntlich sollen sich die weiter südlich wohnenden Völker durch eine Mauer gegen sie geschützt haben.

76) Ueber das Lüten und Giessen (s. weiter unten S. 55) bei den Arabern findet sich näheres bei E. Wiedemann: „Ueber Lote, Lüten und Giessen bei den Arabern“ in der Zentralzeitung f. Optik und Mechanik 1923, sodann vor allem in dem ausführlichen Werk von E. Wiedemann und F. Hauser: „Ueber die Uhren im Bereich der islamischen Kultur“, Nova acta, Abhdl. der Leopold-carol. Akademie der Naturforscher Bd. 100, Nr. 5, 1915. In letzterem Werk finden sich an verschiedenen Stellen Angaben über das Lüten und zwar sowohl über Weich- und Hartlüten (Lüten in Feuer). Die bezügl. Stellen des Werkes findet man auf S. 46, 107, 187—189, 196, 199.

77) Ueber die bei den Arabern benutzten Farben finden sich Angaben auf S. 95 des in Anm. 76 zitierten Werkes von E. Wiedemann und F. Hauser. Es findet sich dort auch gefärbtes Glas erwähnt.

In diesem Zusammenhang möge auch die folgende Bemerkung Platz finden: In der Auferstehungskirche zu Jerusalem befinden sich Gemälde von Abraham, Ismael, Isak, Jakob und ihren Kindern. Sie sind mit einem Lack von Sandaracköl bedeckt und jedes Gemälde mit Glas. S. Sefer Naneh: „Relation du voyage de Nassiri-Chosrau“, publié par Charles Schefer 1, 108, 1881.

78) Näheres über die Beschaffenheit dieses Steins ist nicht angegeben. Nicht jede Gesteinsart ist wegen des hohen Schmelzpunktes der meisten Metalle brauchbar. Aus diesem Grund müssen hierzu geeignete Arten von Steinen genommen werden, z. B. Ton, Schiefer, Speckstein etc., die man heutzutage zur Herstellung von bleibenden Formen für den Metallguss verwendet.

79) Bei derartigen technischen Angaben schreibt Alfous häufig genaue Masse vor.

80) Wie der Stein ausgehöhlt wird, ist nicht näher angegeben.

81) Der Stein mit der halbkugelförmigen Höhlung, welche der äusseren Form für das Gussstück entspricht, entspricht dem heutigen Formkasten; der aus Erde geformte Kern, der den Raum ausfüllt, welcher nachher von dem flüssigen Metall ausgefüllt werden soll, ist heute auf dem sog. Kernkasten angebracht.

82) Wie dies gemacht wurde, ist aus der lückenhaften Beschreibung nicht ersichtlich.

83) Vergl. hierzu E. Wiedemann und J. L. Heiberg: „*Ibn al Haitam* über Herstellung von parabolischen und sphärischen Hohlspiegeln“ in Bibl. Math. [3] 10, 201 u. 293, 1909—1910, wo auch derartige Meniskuslinsen erwähnt sind.

84) Dieser Stab entstammt arabischen Vorbildern. Er hat mit dem Kugelnastrolab als solchem wohl nichts zu tun.

Nachtrag.

Im folgenden sollen räumliche Skizzen der Spinnen von vier der in der Abhandlung beschriebenen Kugelaströlabien gegeben werden. Zum Vergleich und zum besseren Verständnis der in den Skizzen nur zum Teil sichtbaren Kreissysteme auf der Spinne ist in Fig. 1 das Bild eines ebenen Astrolabs wiedergegeben. Es findet sich hier ein großer Teil der Linien, die auch das

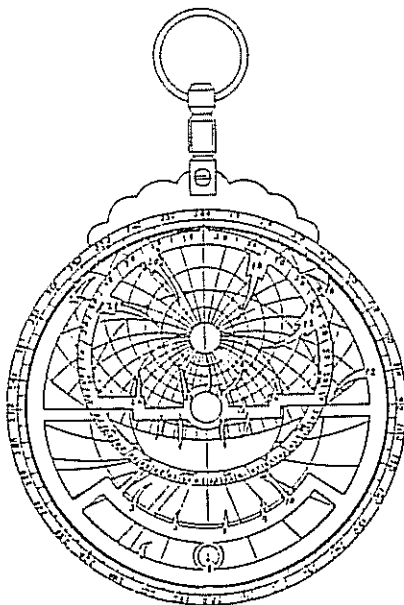


Fig. 1.

kugelförmige Astrolab aufweist, projiziert vom Südpol des Aequators auf eine zu diesem parallele Ebene. Man sieht hier zunächst ein netzförmiges Gebilde, die Spinne, mit dem Tierkreis als exzentrischem Kreis, eine Reihe von Spitzen, die projizierten Sternörter und Verbindungsstücke, die das ganze Netz geeignet zusammenhalten. Die Spinne ist über einer Scheibe mit einem anderen System von Linien drehbar. Auf dem oberen Teil der Scheibe befinden sich zwei sich senkrecht schneidende Kreissysteme, die Azimutalkreise und die Höhenparallelen, unten Linien zur Zeitbestimmung, die Stundenlinien; außerdem ist parallel zum Rand der Scheibe der Aequator.

Diese Linien auf der Scheibe befinden sich fast alle beim kugelförmigen Astrolab auf dessen Kugel (vgl. Fig. 4, S. 9). Sie sind in den folgenden Skizzen nicht gezeichnet. Die Kugel selbst ist durch ihren Randkreis angedeutet. Eingezeichnet sind die Liniensysteme der Spinne, am wichtigsten ist auch hier der Tierkreis. Die

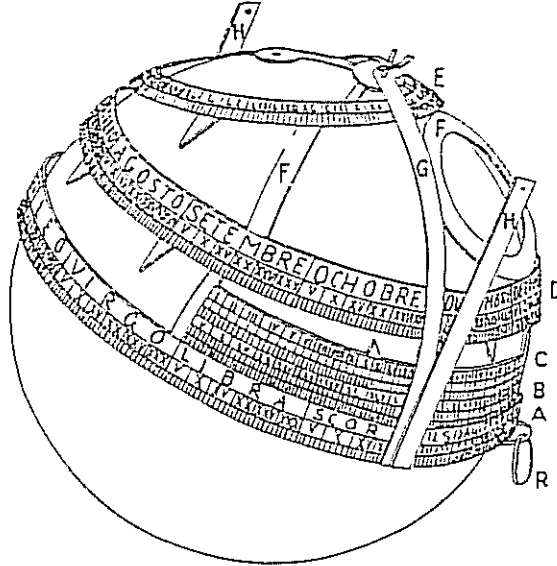
Spitzen für die Sternörter und die Verbindungsstücke haben beliebige Lagen, zumal sich nur bei Alfons nähere Angaben bzw. Figuren finden. Besonderer Wert wurde auf die Höhenmeßvorrichtungen gelegt, die besonders interessant und für die einzelnen Astrolabien charakteristisch sind.

Es folgen nun die Figuren der Spinnen mit Angabe ihrer Bestandteile.

1. Spinne des Astrolabs von Alfons von Kastilien
(vgl. S. 10—14).

Fig. 2.

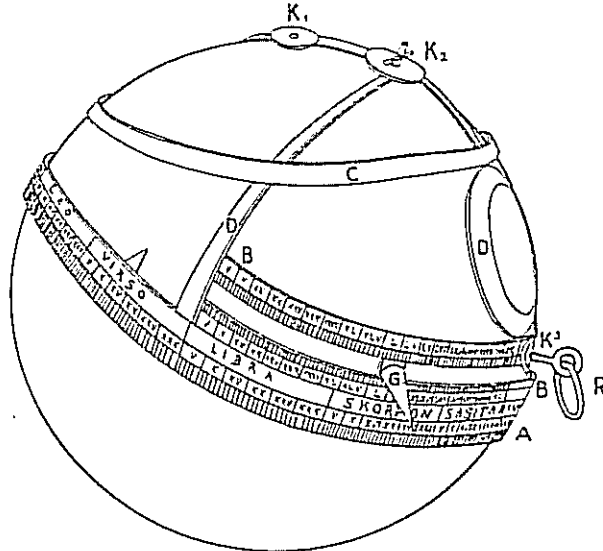
- A: Tierkreis,
- B: Höhenquadrant,
- C: Schattenquadrant,
- D: Kalendarium,
- E: Aequator,
- F: Verbindungsstücke,
- G: Alhidade,
- H: Absehen,
- R: Haltering bei Höhen-
- messungen.



2. Spinne des Astrolabs von al Nairizi (vgl. S. 35).

Fig. 3.

- A: Tierkreis,
- B: Höhenquadrant,
- C: Aequator, ohne Teilung (in der Figur willkürlich als Kleinkreis gezeichnet, da nähere Angaben fehlen),
- D: Verbindungsstücke,
- K₁, K₂, K₃: Drei sog. *Kursi*,
- G: Gaomon zur Höhenmessung, auf der Kugel befestigt und in der Aussparung zwischen den beiden Höhenquadranten gleitend,
- R: Haltering für Höhenmessung.



3. Spinne des Astrolabs von *al Birûnî* (vgl. S. 43).

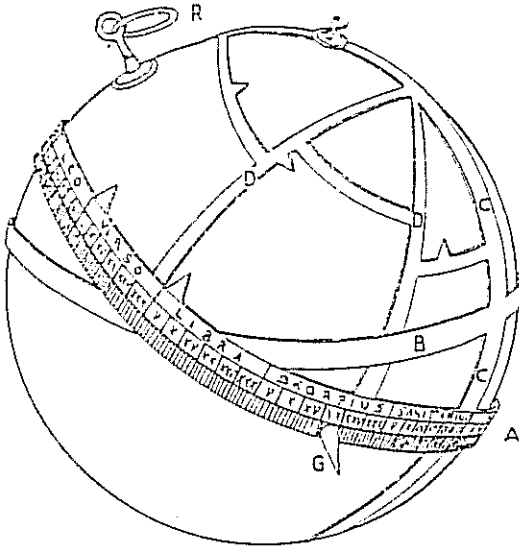


Fig. 4.

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

4. Spinne des Astrolabs von *al Marrâkuschî* (vgl. S. 45, 46).

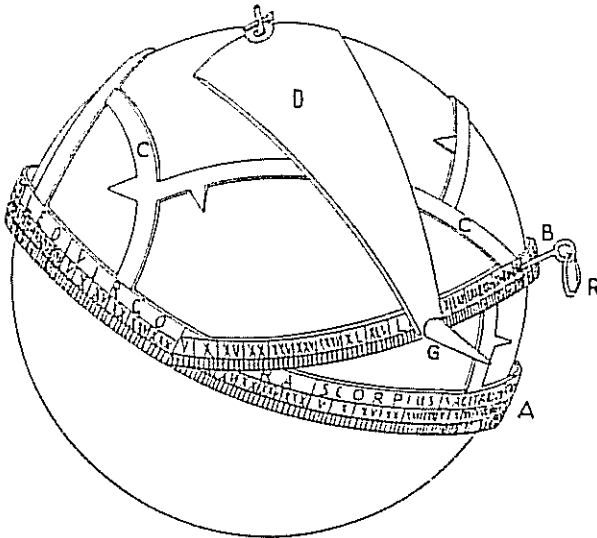


Fig. 5.

- 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 verschieben läßt,
- G: Gnomon für Höhenmessung,
- R: Haltering für Höhenmessung.

- ١٦٢ نولته، فريدريش: آلة ذات الحلق
- ٢١٥ دريكسلر، آدولف: الكرة السماوية العربية التي صنعها محمد بن مؤيد الدين العرضي سنة ٦٧٨هـ الموجودة في الجمعية الفيزيائية الرياضية في دريزدن
- ٢٤٢ كازانوفا، بارل: ساعة السلطان نور الدين (١٥٥٤هـ)
- ٢٦٢ جوتر، ر. ت.: الاشتغال بالعلوم في أكسفورد في عهد مبكر. المجلد الثاني: الفلك. ص ١٨٨-١٩٩: الأسطرابات الشرقية
- ٢٨١ موردمان، ي. ه.: دار الرصد لتقي الدين في منطقة بيرا (في استانبول)
- ٢٩٦ موته، إدوارد: البيت ذو الصحن الثلاثة عشر في فاس
- ٣٠٠ ريكارد، بروسبر: ساعة المدرسة البوعنانية في فاس
- ٣٠٧ فرانك، جوزيف؛ مايرهوف، ماكس: أسطراب من مملكة المغول الهندية
- ٣٥٧ دريكر، جوزيف؛ شري، كارل: تقرير حول: فرانك، جوزيف؛ مايرهوف، ماكس: أسطراب من مملكة المغول الهندية
- ٣٥٩ سيمان، هوجو باشتراك. ت. متليبرجر: الأسطراب الكروي تبعاً للفونمو العاشر القشتالي والمصادر العربية المعروفة

فهرس المحتويات

- ١ ثورشميت، جوزيف: آلة ربع تركية عربية
- ١٦ ريسولد، ي. ا: حول تاريخ آلات القياس الفلكية، إضافات للمجلد الأول (١٩٠٨م). ٢) الآلات العربية القديمة
- ٢٢ ثورشميت، جوزيف: استخراج خطوط الساعات المنحنية للزوال وأوقات الصلاة بواسطة الأسطرلابات
- ٢١ فرانك، جوزيف: حول تاريخ الأسطرلاب
- ٦٢ فرانك، جوزيف: حول آلتين عربيتين فلكيتين
- ٧١ كايه، ج. ر.: الآلات الفلكية في متحف دلهي
- ١٠٢ ستيشنسون، إدوارد لوثر: الكرات السماوية والأرضية. تاريخها وتركيبها مع اعتبار أهميتها لدراسة الجغرافيا والفلك. المجلد الأول، القسم الثالث: الكرات التي صنعها العرب
- ١١٧ فرانك، جوزيف: الأسطرلاب المستعمل للرصد الفلكي عند العرب
- ١٢٥ فرانك، جوزيف: العمل بالأسطرلاب عند الخوارزمي
- شوي، كارل: تقرير حول:
- ١٦٠ فرانك، جوزيف: العمل بالأسطرلاب عند الخوارزمي

طبع في ٥٠ نسخة

نشر بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية
بفرانكفورت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

طبع لأول مرة سنة ١٩٩١م في سلسلة إعادة الطبع
(سلسلة ب: إعادة طبع. فرع الآلات. المجلد ٤)
بعنوان "الآلات العربية في الدراسات الاستشرافية"
المجلد الرابع: الآلات الفلكية. منشورات ١٩١٨م-١٩٢٥م

طبع في مطبعة شترامس، مورلنباخ، ألمانيا الاتحادية

الرياضيات الإسلامية والفلك الإسلامي

٨٨

نصوص ودراسات
حول الآلات الفلكية ودور الرصد
في العالم الإسلامي

القسم ٤

جمع وإعادة طبع
فؤاد سزكين

بالتعاون مع

كارل إيرج-إيجرت، مازن عماوي، إكهارد نوبياور

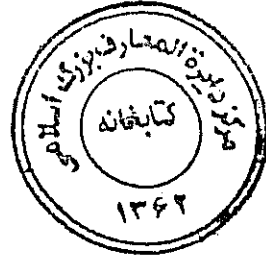
١٤١٩هـ - ١٩٩٨م

معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية

في إطار جامعة فرانكفورت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

منشورات
معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية

يصدرها
فؤاد سزكين



الرياضيات الإسلامية والفلك الإسلامي

٨٨

نصوص ودراسات
حول الآلات الفلكية ودور الرصد في العالم الإسلامي

القسم ٤

جمع وإعادة طبع

١٤١٩ هـ - ١٩٩٨ م

معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية
في إطار جامعة فرانكفورت - جمهورية ألمانيا الاتحادية

منشورات
معهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية
سلسلة الرياضيات الإسلامية والفلك الإسلامي
المجلد ٨٨

