ISLAMIC MATHEMATICS AND ASTRONOMY

Volume
90

ASTRONOMICAL INSTRUMENTS AND OBSERVATORIES IN THE ISLAMIC WORLD

TEXTS AND STUDIES

VI

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

50 copies printed

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 6)
under the title "Arabische Instrumente in orientalistischen Studien.
Sechster Band: Astronomische Instrumente. Publikationen 1926-1931".

Printed in Germany by
Strauss Offsetdruck, D-69509 Mörlenbach

INHALTSVERZEICHNIS

UN GNOMON ARABE DU XIVe SIÈCLE (1)

Le R. P. Delattre, correspondant de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, nous a envoyé de Carthage par la bienveillante entremise de M. Chabot, membre de l'Institut, un estampage et deux photographies d'un gnomon arabe.

D'après les renseignements du R. P. Delattre, ce gnomon « est gravé sur une dalle carrée de travertin *(kadel)* de 0,24 m. de côté et épaisse de 0,07 m. Le revers et les tranches sont bruts. Il a été trouvé dans le terrain qui touche immédiatement à la basilique de S. Cyprien, voisine de Ste Monique, à quelques mètres du mur latéral sud. A cet endroit on a trouvé également des fragments de poteries arabes et reconnu des traces de constructions de même origine. D'ailleurs un fortin arabe avait été établi sur les ruines de cette basilique. »

La photographie présente une réduction égale à la moitié des dimensions du monument.

Le gnomon porte une petite inscription de trois lignes, ainsi que plusieurs mots servant de légende au tracé. L'écriture est semi-coufique.

TEXTE ET TRADUCTION. (2)

صنعها ابو القاسم || بن حسن الشداد || سنة ذمو بتونس

L'a exécuté Abû-l-Qâsim || *ibn Ḥasan eš-Šaddâd* || *l'année 756 à Tunis.*

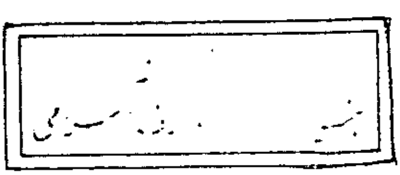
(1) Cette notice a fait l'objet d'une communication à l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres (séance du 29 janvier 1926).

(2) Le ق est écrit ڧ selon l'usage occidental. — Les lettres renvoient au schéma donné ci-après.

Au-dessus de q : مقياس *(miqyâs) gnomon*
Sous la ligne IF, à gauche : مغرب *(maġrib) ouest*
Au-dessus de la ligne IF, à droite : مشرق *(mašriq) est*
Le long de la flèche partant de O : قبلة *(qibla) direction de La Mecque*
Le long de la verticale prolongeant PO vers le bas : جنوب *(ǧanûb) sud*
Au-dessus du point G : صبح *(ṣubḥ) matin*
Au-dessus du point J : تاميت *(ta'mît) élément de mensuration*
Au-dessus du point P, le long de la droite OP,
à gauche : شمال *(šamâl) nord*
à droite : زوال *(zawâl) midi*
Au-dessus du point A ; ظهر *(ẓuhr) temps qui suit midi de près*
Au-dessus du point D : عصر : *('aṣr) après-midi*

L'année 756 de l'Hégire va du 16 janvier 1355 au 4 janvier 1356 de l'ère julienne. On sait que le ذ a la valeur numérique 700. S'il s'agissait d'un د, nous devrions nous reporter au Ve siècle de l'Hégire, le د représentant le nombre 400 ; mais le point diacritique apparaît nettement sur la photographie. Le م (= 50) et le و (= 6) qui se distinguent difficilement sur l'estampage se reconnaissent mieux sur la photographie. M. Sotton, professeur d'arabe à Tunis, qui a eu l'occasion d'examiner le gnomon, se prononce pour un م et pour un و.

Il serait difficile de lire au lieu du م un ف (= 80) : la boucle du ف dépasse dans l'écriture coufique le niveau de la plupart des autres lettres. Quant à la lecture du و, elle est préférable à celle du ز (= 7). La boucle du و se distingue suffisamment, de même que sa courbe infléchie vers la droite. Nous adoptons donc la lecture 756, de préférence aux hypo-



thèses 456 = 1063-64 (دمر), 486 = 1093-94 (دفو), 457 = 1064-65 (دمز). 487 = 1094-95 (دفز), 786 = 1384-85 (دفو), 787 = 1385-86 (ذفز), ou 757 = 1356 (ذمز). Ces considérations paléographiques sont corroborées par le fait que notre gnomon, comme nous le verrons plus loin, présente une ligne d'heure équinoxiale. Or l'apposition des heures équinoxiales sur les gnomons arabes n'apparaît pas avant le XIIIe siècle. La première mention en est faite dans l'ouvrage d'Abû-l-Ḥasan ' Ali le Marocain (1) (XIIIe siècle).

La lecture بتونس (*à Tunis*) est certifiée également par M. Sotton. Sur l'estampage et sur la photographie le ب paraîtrait relié à la consonne qui le précède. La construction du gnomon suppose d'ailleurs, comme on le verra plus loin, la latitude de Tunis.

مشرق n'apparaît pas clairement sur l'estampage, mais se lit aisément sur la photographie. On remarquera que le mot est renversé.

La lecture صبح au-dessus du point G semble s'imposer à l'examen attentif de l'estampage.

Interprétation.

Ce gnomon appartient à la catégorie des cadrans horizontaux appelés *basîṭa* (بسيطة) (2).

La longueur du style est indiquée au-dessous du mot *miqyâs*. Le style vertical doit être fixé en O, comme l'indiquent l'estampage et la photographie, à l'intersection de l'horizontale est-ouest (dans le sens FI) et de la verticale nord-sud (PO). Cette dernière droite indique également midi

(1) *Traité des instruments astronomiques des Arabes*, trad. J.-J. Sédillot. Paris, 1834-1835, 2 vol.

(2) Schoy, *Die Gnomonik der Araber*. Berlin, 1923, p. 27.

vrai, suivant le sens du mot *zawâl*, qui signifie « midi vrai, le déclin du soleil à partir de midi » (SEDILLOT).

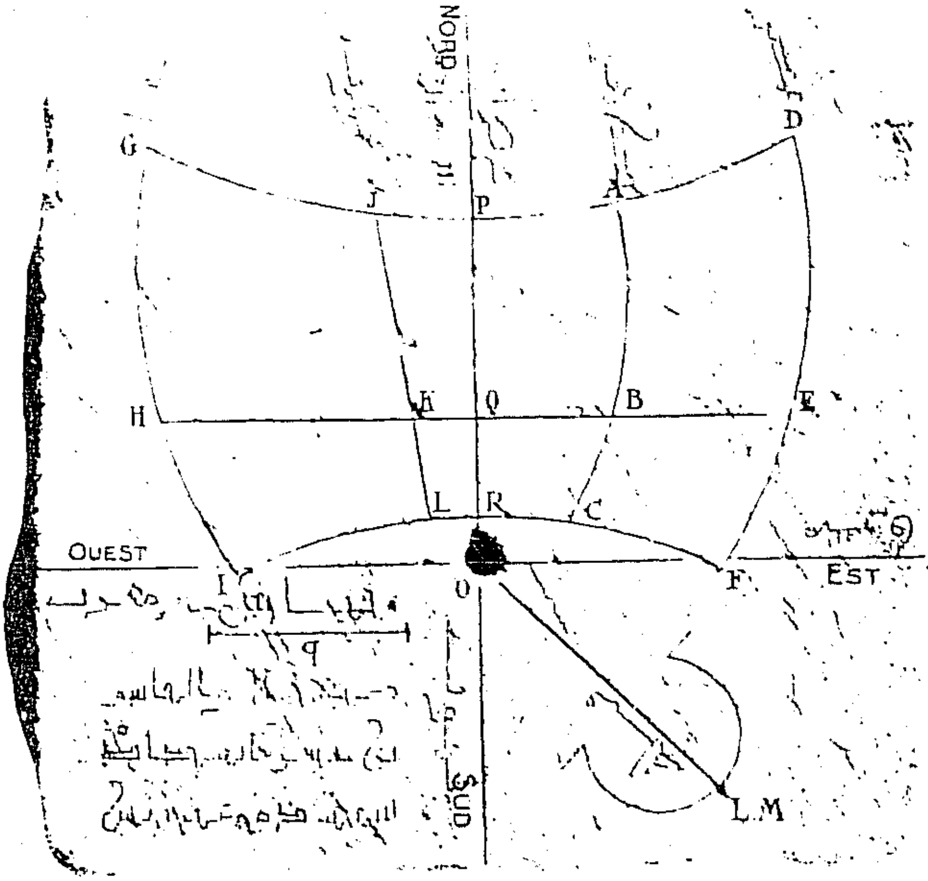
La *qibla* (de قِبَل, « face antérieure ») est figurée par une droite qui part de la base O du gnomon, et qui marque la direction de la Ka'ba à La Mecque, vers laquelle doivent s'orienter les musulmans du monde entier au moment de la prière. La figure en forme de Ω, suivant l'axe de la flèche, représente le محراب, niche pratiquée dans chaque mosquée, et indiquant la direction de La Mecque.

L'extrémité de l'ombre du style décrit l'hyperbole IRF au solstice d'été (22 juin) ; elle parcourt la droite HE aux équinoxes (21 mars et 23 septembre) et l'hyperbole GPD au solstice d'hiver (22 décembre). A midi vrai l'ombre se projette suivant OP et les ombres méridiennes OP, OQ, et OR sont telles que le gnomon correspond à une latitude de 37°, qui est précisément la latitude de Tunis ou Carthage.

La *qibla* tracée sur notre gnomon est sud-est, et fait un angle de 46° avec la direction sud. Cette orientation de la *qibla* correspond-elle bien à Tunis ? Sachant que Tunis est à 30° de longitude à l'ouest de La Mecque et que les latitudes de Tunis et La Mecque sont respectivement 37° et 20° 40' (1), on détermine facilement, par la résolution d'un triangle sphérique l'azimut de la *qibla* à Tunis. On trouve ainsi que la *qibla* à Tunis fait en réalité un angle de 68° avec la direction sud, tandis que sur notre gnomon cet angle n'est que de 46°. L'auteur du gnomon n'a-t-il eu d'autre prétention que d'indiquer une direction grossièrement approchée de La Mecque, ou ignorait-il la valeur exacte de la différence de longitude La Mecque-Tunis (2) et les procédés employés

(1) Cf. L.-AM. SEDILLOT, *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes*, p. 99.

(2) Abû-l-Ḥasan fait une erreur de plus de 5° dans l'estimation de la différence


NORD
SUD
OUEST
EST
G
J
P
A
D
H
K
Q
B
E
L
R
C
I
O
F
L.M

pour déterminer l'azimut de la *qibla* ? Telle qu'elle est tracée sur le gnomon, la *qibla* devrait correspondre à un point situé à 37° de latitude et à 15° 44' de longitude à l'ouest de La Mecque (île de Siphnos, dans la Mer Egée).

Le mot صبح signifie « matin », ou plutôt « le crépuscule de l'aurore ». En langage vulgaire il s'emploie cependant pour désigner la matinée, du moins chez les Arabes de Syrie. Ce mot désigne sur le gnomon une courbe qui se trouve à la même distance de la ligne figurant midi vrai que la courbe appelée *'aṣr*. On sait que « les musulmans sont astreints cinq fois par jour à la prière : 1. à la pointe du jour *(faǧr, ṣubḥ)*. 2. vers l'heure de midi *(ẓuhr*, « temps qui suit immédiatement midi »), 3. l'après-midi (*'aṣr*), 4. au coucher du soleil (*maġrib*), 5. plus tard dans la soirée (*'išâ'*), « la première partie de la nuit » (1).

Trois de ces noms se retrouvent sur notre gnomon (*maġrib* désigne un point cardinal) : *ṣubḥ, ẓuhr* et *'aṣr*.

La détermination du *ẓuhr* dépend de celle du *'aṣr*, qui a une importance toute spéciale. Voici quelques renseignements donnés par Schoy (2) au sujet de la détermination du *'aṣr*.

1. D'après l'Imâm Šâfi'î (764-819) la prière du *'aṣr* doit commencer lorsque le gnomon projette une ombre égale à la longueur du style. Ce moment s'appelle عصر أوّل, « premier *'aṣr* » ou premier temps ; le moment où l'ombre projetée a une longueur double de celle du style, est appelé عصر ثانٍ, « deuxième *'aṣr* » ou deuxième temps.

2. Un autre auteur, cité comme le premier par Muradghea d'Ohsson, dit : La صلاة العصر, « prière du *'aṣr* » commence au

de longitude entre La Mecque et Tunis. Cf. J.-J. Sédillot, *op. cit.*, T. I, p. 316. Pour les procédés de détermination de la *qibla* chez les Arabes, cf. Schoy, *op. cit.*, p. 34-36.

(1) Schoy, *op. cit.*, p. 43-44.

(2) *Op. cit.*, p. 44-45.

moment où le gnomon projette une ombre égale au double de la longueur du style, et finit au coucher du soleil.

3. D'après les Imâms Mâlik († 805 ; fondateur de l'école juridico-religieuse à tendance strictement traditionnelle, cf. BROCKELMANN, *Gesch. der Arab. Literatur*, 1909, p. 127) et Ḥambal, le *'aṣr* est le temps de l'après-midi qui commence au moment où l'ombre horizontale est égale à l'ombre méridienne augmentée de la longueur q du gnomon. Il finit lorsque l'ombre du gnomon dépasse du double de la hauteur du gnomon (2q) la longueur de l'ombre méridienne. Remarquons que c'est là l'opinion à laquelle se range au XIIIe siècle le Marocain Abû-l-Ḥasan dont nous avons déjà fait mention [1].

4. D'après Abû-Ḥanîfa, né en 699, le fondateur de celle des quatre écoles de droit musulman qui porte son nom, l'école des Ḥanêfites [2], il n'y a pas de mérite à accomplir le *'aṣr* le plus tôt possible. Il place son début au moment qui correspond à la fin du *'aṣr* suivant Mâlik et Ḥambal.

Les savants musulmans sont donc loin d'être d'accord au sujet de la détermination précise du *'aṣr*, et il n'est pas exact de dire avec Sédillot qu'il correspond à 3 h. de l'après-midi. En pratique cette prière a lieu en Syrie à la 9e heure, c'est-à-dire 3 heures temporaires après midi vrai.

Chez al-Marâkušî la détermination du *'aṣr* d'après le système de Mâlik, Ḥambal et Abû-l-Ḥasan est représentée sur le cadran de la *basîṭa* par une courbe que l'on obtient facilement par la section de toutes les hyperboles du jour par le cercle décrit autour de la base du gnomon à l'aide du rayon obtenu par l'ombre méridienne + la longueur du gnomon (m + q) ou (m + 2q).

(1) Cf. DELAMBRE, *Histoire de l'Astronomie au Moyen-Age*, p. 187.
(2) Cf. HUART, *Hist. des Arabes*, T. II, 1913, p. 348.

Les courbes ABC, DEF et GHI ne sont pas des lignes des heures égales — ou équinoxiales —, car dans ce cas elles seraient des droites comme la ligne JL. Ce ne sont pas non plus des lignes des heures temporaires (1) car alors nous aurions des courbes différant peu de lignes droites. Mais l'examen de ces lignes amène à faire les constatations suivantes :

OA = 2q (c.-à-d. le deuxième *'aṣr* suivant la première théorie, la « prière du *'aṣr* » de la deuxième théorie)

OB = q $\qquad$ OC = $\frac{q}{2}$

OD = OG = q + OP, OP étant l'ombre méridienne correspondante. Cette formule s'inspire des principes de Mâlik, Ḥambal et Abû-l-Ḥasan, et nous voyons que l'heure de la prière du *'aṣr* est déterminée sur notre gnomon suivant leur doctrine.

De même :

OE = OH = q + OQ $\qquad$ OF = OI = q + OR

Le *ẓuhr* est le temps compris entre midi vrai et le commencement du *'aṣr*. Sédillot l'appelle *dhore*, suivant la prononciation maughrebine, et le définit « l'heure la plus chaude de la journée, une heure après midi ». Il faut, pour déterminer le *ẓuhr*, prendre en considération le temps qui s'écoule jusqu'au *'aṣr*, en exceptant les 40 minutes qui précèdent et suivent le passage du soleil au méridien.

Reste la droite JL appelée تاميت, *ta'mît*. D'après Lane (*Medd el Kamous*), أَمَتَ signifie « mesurer, déterminer la mesure ou la quantité d'une chose ; évaluer, conjecturer sa mesure, sa quantité ». On trouve le même sens pour أمّت,

(1) Les Arabes divisent chaque jour et chaque nuit en douze parties égales qui varient de longueur suivant les saisons et suivant les latitudes. Ces parties sont appelées « heures *temporaires* » par opposition avec les heures équinoxiales ou égales.

maṣd. : تاميت. Le mot أمّت signifie « mesure de distance ».

Cette droite correspond à une heure équinoxiale avant midi, c'est-à-dire à 11 h. du matin.

Le calcul des heures qui correspondent aux différents points des courbes ABC, DEF, GHI donne les résultats suivants :

Quand l'extrémité de l'ombre du style se trouve
en B (aux équinoxes) il est 1 h. 55 m. de l'après-midi

en A (au solstice d'hiver)	il est 1 h. 26 m.	
en C (au solstice d'été	il est 1 h. 46 m.	
en E (aux équinoxes)	il est 3 h. 28 m.	de l'après-midi
en D (au solstice d'hiver)	il est 2 h. 34 m.	
en F (au solstice d'été)	il est 3 h. 52 m.	
en H (aux équinoxes)	il est 8 h. 32 m.	
en G (au solstice d'hiver)	il est 9 h. 26 m.	du matin
en I (au solstice d'été)	il est 8 h. 8 m.	

Les heures qui précèdent sont des heures équinoxiales — ou égales. Pour les convertir en heures temporaires, on se servira des relations suivantes, calculées pour la latitude 37° :

aux équinoxes : 1 h. temporaire = 1 h. (heure égale)
au solstice d'hiver : 1 h. temporaire = 47 m. (heure égale)
au solstice d'été : 1 h. temporaire = 1 h. 13 m. (heure égale).

En heures temporaires nous obtenons donc :

B : 1 h. 55 m.	A : 1 h. 50 m.	C : 1 h. 27 m.
E : 3 h. 28 m.	D : 3 h. 17 m.	F : 3 h. 11 m.
H : 8 h. 32 m.	G : 8 h. 43 m.	I : 8 h. 49 m.

G. RYCKMANS,
FERNAND MOREAU.

CONSTRUCTION OF CLOCKS AND ISLAMIC CIVILIZATION.

I

It is well known that ancient Muslims—Arabs as well as non-Arabs,—like many other peoples knew the sun-dial and such other instruments of a very primitive type as must have enabled them to know the different periods of day and night; but few of us to day have any idea of how ingeniously and with what admirable skill the Arabs used to construct clocks, deriving their inspiration from the Byzantinians. Faithful disciples of the Greeks, as they were in almost all the sciences and arts of that age, they based also their art of horology on the experiences of Greek scientists. The study of Greek sciences though begun as early as in the Umayyad period, was taken up in right earnest during the reign of Ma'mūn (198-218 A.H., *i.e.*, 813-833 A .D.), the time when flourished the first Arabic writer on Mathematics, Abú Abdulláh Muhammad al-Khwârazmi (about the year 205 A.H.=820 A.D.) whose works have come down to us. Similarly the oldest writer on Astrology, Abū Yúsuf Ya'qúb ibn 'Ali al-Qarashî al-Qarsarānī, wrote[1] during the reign of the same Caliph.

Ma'mún's father, the great Hárúnu'r-Rashíd is said to have sent to Charles the Great a clock which, according to Einhard's report, was received by Charles in 807 A.D[2]. About the same time, or perhaps even a little earlier, the Arabs must have begun to construct astrolabs and other instruments, mention of which has incidentally been made by Jáhiz[3], in his well known book, the *Kitabu'l-*

(1) About 200 A.H.—815-16, A.D.

(2) *Einhardi Annales*, edidit G. H. Pertz. p. 53-54. Hannover 1845 *Eihnards Jahrbuecher* (German translation by O. Abel), p. 108-09. Berlin 1850. *Vide* Eilhart Wiedemann and Fritz Hauser, *Die Uhr im Bereich der islam-ischen Kultur*, p. 36, to which work I am greatly indebted.

(3) Jáhiz died in 255 A.H.=869 A.D.

Haywan. In the first volume of that admirable work[1] we read how the Byzantinians used to ascertain the hours of a day by means of certain instruments or apparatus. In the second volume of the same book[2] Jáhiz tells us that certain hours of the day were ascertained, (he means by his own countrymen), by the crowing of a cock or the braying of a donkey and such other things. Then he says:

> "Our monarchs and scholars use astrolabs during day and waterclocks during night to ascertain the hour. At day time they have, besides astrolabs, also certain other instruments for measuring the shadow of the Sun, and the Sun-dials, which enable them to know how much of the day has elapsed and what part of it still remains."

In this connexion Jáhiz remarks further that experienced gaderners are able to know the time by the smell of flowers at particular hours.

Thus we see that clocks in those days were in no way used by people generally; they were rather a luxury for kings and a hobby-horse of the scientist; but we learn from a number of works, of later date, written by specialists that Muslims had begun as early as about the third century of the *Hijra* to construct instruments with the help of which they used to ascertain the hour. Ancient books on Arabic bibliography, such as the *Fihrist* of Muhammad ibn Is-hàq ibnu'n-Nadím of Bághdád which was compiled about 378 A.H.=988 A.D.[3], mention an Arabic version[4] of a book on clocks ascribed to Archimedes[5]. In the original writings of Archimedes there is no such book to be found, nor do we know the name of the author of this Arabic version; but the description of the clock contained in that book shows that it must have been in respect of the type of clocks used in Byzantine. It seems rather probable that the original work of Archimedes was lost after the Arabic version had been composed.

Abù Ja'far al-Kházini wrote his "Book of the Balance of Widsom" in 515 A.H.=1121 A.D. A considerable

(1) Cairo edition 1323 A.H., p. 41.

(2) Ibid, Vol. II., p. 107.

(3) The author died in 385 A.H.—995 A.D.

(4) MSS. in the British Museum, London, and in Paris. A German translation of the Arabic text was published by Wiedemann and Hauser in the *Nova Acta*, Vol. III. Halle 1918.

(5) *Kitabu'l-Fihrist*, edited by G. Fleugel (Leipgig 1871-72) p. 266. also see Inbu'l-Qiftis' *Ta'rikhu'l-Hukama*, edited by J. Lippert, p. 67.

portion of the 8th *Maqala* of this work is devoted to the subject with which we are here concerned. Chapter IV of the *Maqala* is on the hour-balance, the construction of its beam and its calculations, Chapter V on the construction of reservoirs of water, sand, etc., Chapter VII on hours and their fractions, Chapter VIII on the construction of an " accurate balance" and how to use it for ascertaining the hours of the day and their fractions[1]. The balance, as described by al-Kházini, consisted of a long lever which turned on an axis, the latter being a little above the centre of gravity. At one of the two arms of the lever there was attached a reservior of water which, through a small aperture in the bottom, emptied itself in twenty-four hours. This reservoir when full of water was held in balance by means of weights attached to the other arm of the lever. As the water flew out, the arm with the reservoir went up higher and higher and the weights attached to the opposite end came down lower and lower, and thus the weights indicated the number of hours which had elapsed.

In 600 A.H.=1205 A.D. Rizwán wrote his book on astronomical clocks which contains quite a number of drawings, illustrating the mechanism and functioning of clocks[2]. It gives a description of the famous clock which stood in the great mosque of Damascus, and which was originally constructed by Rizwán's father Muhammad ibn 'Alí ibn Rustam of Khurasan, known as *as-Sa'ati* " the Horologist." In the preface of his book Rizwán says[3] that he had seen the clocks which his father had constructed and that his father had constructed the clock in Damascus which had been damaged and, as his father was dead, none could mend it but Rizwán himself. The clock must have first been made by the father some time in the 12th Century of the Christian era, and reconstructed by the son a little later, say about the end of that century. Ibn Jubair, the Arab traveller, who was in Damascus in 1173 A.D., gives a report of the clock which shows that he saw it in its original form. Also Benjamin of Tudela, who travelled between 1159 and 1173 A.D., gives a very

(1) *Analysis and Extracts of the "Book of Wisdom," an Arabic book on the Waterbalance, written by al-Khazini in the 12th century*, by H. Khanikoff in the *Journal of the American Oriental Society*, Vol. VI. (1857).

(2) MS. in Gotha (Germany), No. 1348 of Pertsch's catalogue, Vol. III p. 18 and Wiedemann, *op. cit.*

(3) Wiedemann, *Beitroege zur Geschichte der Naturwissenschaften*, III, pp. 258-59.

short report of the clock. Rizwán reconstructed it during the reign of the famour predecessor of Sultán Salahu'ddin, al-Malik al-'Adil Nuru'ddin Mahmúd ibn Zangi' (1146—1174 A.D.), who treated Rizwán with munificence and also gave him a salary for being in charge of the construction of clocks. His two sons were, like himself, known as " *Ibnu's-Sa'ati,* " but neither of them had taken up the profession of the father, the one being a prominent poet of his age, the other a distinguished physician and literateur who used to be a *vazir* to al-Maliku'l-Fái'z and to his brother al-Maliku'l-Mu'azzam ibn al-Maliki'l -'Adil, and at the same time served as physician to Muazzam[1].

The fact that a number of men were called *Sa'ati* is in itself a testimony of there being men who were clock-makers by profession. Besides this family of *Sa'atis* there were also other *Sa'atis* : Háji Khalifa mentions one Muhyiu'ddin Abu'l-Ma'áli Murtafi' ibn Hasan *as-Sa'ati*[2]

Badi'u'z-Zamán Abu' Bakr al-Mu'izz ibn Isma'il, ibnur'-Razzáz al-Jazari composed his important work, *Kita'bu'l-Banakim,* on water-clocks, magic-cups and all sorts of hydraulic apparatus[3]. The works of Rizwán and Jazari, which are the most important of all the books on the subject, will be dealt with in the next part of the present article.

During the 6th and 7th centuries of the *Hijra* (=12th and 13th centuries of the Christian Era) clocks, sun-dials and such other instruments of an improved type with rather elaborate mechanism seem to have been in common use, so that in 675 A.H.=1276 A. D. Abu'l-'Abbas Ahmad ibn 'Umar as-Súfi the Astronomer found it worth his while to write a treatise on how to " remove the defects in the construction of a sun-dial" Popularity of gnomonic instruments among the Muslims is quite explicable. With them those instruments were a religious necessity, as they wanted to know the exact hours of the five daily prayers ; and this was one of the reasons why construction of clocks occupied the attention

(1) Ibn Abi Usaibi'a, '*Uyunu'l-Anba,* edited by A. Mueller (Koenigsberg 1884) Vol. II, p. 183 ; Wiedmann, *Beitræge,* III, pp. 231-32.
(2) *Kashfu'z-Zunun,* edited by G. Fluegel (Leipzig 1855—), Vol. I. p. 346 and Vol. VII, p. 1171.
(3) MSS in the British Museum (No. 1661) and in the Bibliotheque Nationale, Paris (No. 2477). See Brockelmann. *Geschicte der arabischen Literatur,* Vol. I, P. 494.

of numerous scientists among Muslims in all lands. In India, however, they were rather content with more primitive devices of ascertaining the hour. The elaborate and inconvenient clocks of those days did not fully satisfy the religious requirements of Muslims, especially because those clocks could not be easily carried about. Also the "*Sunduqu'l-mawaqit*" (Box of times), ascribed to 'Ali bin Ibrahim ibn Muhammad ash-Shátir[1] seems to have been a complicated instrument which instigated Muhammad ibn abi'l-Fath as-Sufi (about 850 A.H.=1446 A.D.) to write a tract on how to work on it[2]; and such books were needed as the treatise on the "Way of determining the times of the prayers and the direction of the *Ka'ba* in the absence of instruments[3]" by Musa ibn Muhammad ibn 'Usman al-Khalili (who died in 805 A.H.=1402 A.D.), the *Nazmu'l-'Uqud fi'amoli's-Sa'at, ala'l-amud* on the "working out of hours on the perpendicular (or stile)" by 'Izzuddin 'Abdul'-'Aziz b. Muhammad al-Wafa'i, the *Muwaqqit* of the Mu'aiyadi mosque (died about 876A.H.=1471 A.D.), the *Ma'rifatu'l-Awqati Shar'iya* (on the knowledge of Times appointed for Rituals) by Badru'ddin Sibt al-Máridini, the *Muwaqqit* of al-Azhar (who died in 934 A.H.=1527 A.D.), and Sulaim ibn Hamzas' book on the "Knowledge of the Hours[4]."

Clocks, besides those described or mentioned by Rizwán and Jazari, were the sand-glass, the candle-clock and the mercury-clock. In the 16th century of the Christian Era, if not earlier, Muslims scientists began to construct clocks with wheel-work. A book on the technique of this sort of clocks is preserved in two manuscripts in Paris and Oxford[5]. Its author. Taqi'u'ddin Abú Bakr Muhammad ibn Ma'rúf *ar-Rasid, i.e.*, "the Observer" of Damascus, was born in that city in 932 A.H. 1525—26 A.D. and died perhaps in Constantinople in 993 A.H.=1585 A.D. He wrote his book in Constantinople

(1) Ash-Shatir, who died in 777 A.H.=1375 used to be the "*Muwaqit*" (an officer whose duty it was to determine the time) of the mosque of the Umayyads (al-Jami'u'l-'Umawi).

(2) *Risala fi'l-'Amal bi Sundqui-l'-Mawaqit* (not *yaqwaqit* as given by Brockelmann, op. cit., Vol. II, p. 128).

(3) *Talkhis fi ma'rifati Awqati's-Sala't wa Jihati'l Qibla 'inda 'Adami'l-Alat.*

(4) *Tarzu'l-Ghurar fi Halli'd-Durar fi Ma'rifati's-Sa'at.*

(5) *Shifa'u'l-Asqam fi waz'is' -Sa'at 'ala'r-Rukham* as contained in the Leyden manuscript No. 1097. See Brockelmann. *Geschichte der arabischen Literatur.* Vol. I., p. 495.

Wiedemann and Hauser, *Die Uhr, etc.*, p. 11 *etsqq.*

during the reign of Sultan Sulaimán (1520–1566 A.D.), who was very fond of beautifully constructed clocks. Taqi'u'ddin studied the subject for a number of years and was not only acquainted with the works of Greek astronomers and mathematicians but also with such clocks and instruments as were invented or used in other European countries. This enabled him, as he himself says, to construct clocks with wheel-work (*as-Sa'atu'd-dawriya*). These were, according to his description, clocks worked by a number of wheels and wound by drawing a chain with a weight attached to its lower end.

Mention has already been made of the famous clock of Damáscus[1]. Besides that reports are available of a number of other clocks, but it seems necessary, before entering upon a description of them, to enumerate and explain the names of the chief types of clocks which were in vogue in Islamic countries in ancient times :

1. *Sa'at* (the plural of *Sa'at* "hour") is most probably an abbreviation of *Alatus'-Sa'at* or *Ala li Ma'rifati's-Sa'at* "the instrument for knowing the hours." *Cf. finjanu'n li's-Sa'at* (Yáqùt, *Mu'jamu'l-Buldan*, Vol. I, p. 383) and *'Ilmu Alati's-Sa'at* (Haji *.)

2. *Bankam* (plural : *Banakim* and *Bankamat*), arabicised from Persian *pingan* " a cup. " The term was first applied to the cup with a small hole through which water rushes into the cup and fills it up in a given period of time. Later it was applied not only to the various kinds of clepsydra, but also to clocks of every description. Also the other arabicised form, *finjan* is used in that sense. The Persian word itself is probably borrowed from the Greek P i n a x .

3. *Sunduqu's-Sa'at* and *Sunduqu'l-Mawaqit*, " the box of hours or times" is used for a clock. It is also applied to the box (in a clock) which has openings or doors which indicate the hours.

4. *Muwaqqita*, " time-piece," *Muwaqqit* " time-keeper " being used for an officer in a mosque whose duty it was to determine the correct time for the five daily prayers.

5. *Surraqatu'l-ma'*, " clepydra ."

(1) A description of this clock and certain others, with illustrations will be given in part II of the present article.

* Khalifa. *Kashfu'z-Zunun*. Vol. I.— p. 898. *As-Sa'ati* is a term for the clock-maker ."

6. *Rukhama* "Marble plate" is particularly used for the sun-dial or plate on which the shadow is projected.

7. *Shisha-i Sa'at.* "the glass of the hour" is a Persian expression applied to the "sand-glass." Similarly *Tas-i Sa'at* and *Painmuna-i Sa'at.*

(*To be continued.*) A. SIDDIQI.

DIE INSTRUMENTE DER STERNWARTE ZU *MARÂGHA* NACH DEN MITTEILUNGEN VON *AL 'URDÎ*

VON

HUGO J. SEEMANN

SONDERABDRUCK AUS DEN SITZUNGSBERICHTEN DER PHYSIKALISCH-MEDIZINISCHEN SOZIETÄT ZU ERLANGEN
BAND 60 (1928), SEITE 15—126

ERLANGEN
KOMMISSIONSVERLAG VON MAX MENCKE

Die Instrumente der Sternwarte zu *Marâgha* nach den Mitteilungen von *al 'Urdî.*

Von Hugo J. Seemann.

Inhaltsübersicht.

Unter den Schriften, die sich mit der Beschreibung arabischer astronomischer Beobachtungsinstrumente befassen, ist besonders reichhaltig diejenige, die der Sternwarte von *Marâgha* gewidmet ist und wahrscheinlich von *Mu'ajjad al Dîn al 'Urḍî* stammt. Obwohl diese Schrift vor längerer Zeit schon von Jourdain bearbeitet wurde, schien es dennoch aus den weiter unten angeführten Gründen erwünscht, ihr von neuem eine möglichst kritische Untersuchung angedeihen zu lassen.

Die Durchführung dieser Aufgabe wäre jedoch dem Verfasser allein unmöglich gewesen, wenn ihm nicht in der Person von E. Wiedemann der beste Kenner der arabischen Naturwissenschaft mit Rat und Tat zur Seite gestanden hätte. Herr Geheimer Rat Wiedemann hat mir neben seinen Aufzeichnungen über die Sternwarte zu *Marâgha* und der Lebensbeschreibung von *al 'Urḍî* die Übersetzung der Beschreibung der Instrumente von *al 'Urḍî* überlassen und die Arbeit durch eine große Fülle von wertvollen Hinweisen wesentlich gefördert. Ich gedenke an dieser Stelle mit tiefem Danke des hervorragenden Forschers, der leider vor einigen Monaten, während der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit, der Wissenschaft für immer entrissen wurde.

A. Einleitung.

Während uns die astronomischen Werke des Altertums und zahlreiche Werke der arabischen Zeit über die numerischen Ergebnisse der Beobachtungen und die mit ihnen zusammenhängenden theoretischen Betrachtungen und Hypothesen ausgiebig unterrichten, ist dies bei den Instrumenten, mittels deren diese Ergebnisse gewonnen wurden, nicht im gleichen Maße der Fall. Im Altertum sind es eigentlich nur Ptolemäus und seine Kommentatoren, Proclus und Theon, die Instrumente beschreiben. In vielen Fällen geschah dies nur mangelhaft und unkritisch. Es wird z. B. von einer solchen Fünfteilung des Kreises gesprochen, die unmöglich ist, ein Fehler, der sich auch noch später findet.

Etwas günstiger liegen die Verhältnisse bei den muslimischen*) Völkern. Besonders werden hier das Astrolab und der Quadrant in ihren mannigfachen Abarten beschrieben. Diese beiden Instrumente konnten aber zu genaueren astronomischen Messungen nicht verwandt werden, da ihre Abmessungen zu klein waren und daher eine genügend weitgehende Teilung nicht zuließen. Die an Ptolemäus anknüpfenden Werke behandeln die von diesem ersonnenen Instrumente und führen im Anschluß an sie auch solche von großen Dimensionen auf. Andere Schriften schildern Instrumente, die erst in der muslimischen Zeit entstanden.

Für die Höhe des wissenschaftlichen Denkens bei der Konstruktion von astronomischen Instrumenten bei den Arabern

*) Wenn im folgenden neben „Muslimen“ meist von „Arabern“ die Rede ist, so darf man ja nicht unter diesem Namen nur Angehörige des ethnographisch unter diesem Namen begriffenen Volkes verstehen. Gerade die bedeutendsten Ärzte und Naturforscher sind nicht „Araber“ im eigentlichen Sinne gewesen, (vgl. E. Wiedemann, Beitr. II, Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 36, 309. 1904). Mit Rücksicht auf andere Kulturgebiete hat G. Jacob die Frage des Anteils der „Araber“ an der islamischen Kultur in seinem Artikel „Arabische und Seldschukische Kultur“ in der Beilage zur Allg. Zeitung 1905, Nr. 44 behandelt. (Vgl. auch C. Brockelmann, Gesch. d. arab. Literatur, Bd. 1, S. 1 (Weimar 1898).

spricht besonders die Kritik, die sie an früher hergestellten Instrumenten übten, so z. B. *Ibn Sînâ**) in seiner Schrift über ein Beobachtungsinstrument. Derselbe Sinn tritt uns auch in der sorgfältigen Prüfung aller Teile der von den Arabern angegebenen Vorrichtungen entgegen. Leider sind über diese Dinge nur spärliche Nachrichten zu uns gekommen.

Eine Zusammenstellung der älteren Literatur über die astronomischen Instrumente der Araber ist gegeben bei E. Wiedemann und Th. W. Juynboll „Avicennas Schrift über ein von ihm ersonnenes Beobachtungsinstrument" (Acta orientalia V, 81—167. 1926; im folgenden gekürzt Avicenna). Einen großen Sechstelkreis behandelt sehr eingehend *al Chudjendî* in seiner Schrift „Über die Neigung und die Breite der Länder" (arab. Text von L. Cheikho in *al Machriq* 11, 60—69. 1908). Eine Übersetzung und eingehende Besprechung dieses Werkes gibt O. Schirmer in „Studien zur Astronomie der Araber" (Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 58, 63. 1926).

Schilderungen der Ausrüstungen von Sternwarten**) mit Instrumenten sind enthalten bei:

1. *al ʿUrḍî*: „Über die Instrumente der Sternwarte zu *Marâgha*"***), eine Schrift, die uns im folgenden beschäftigen soll.

2. *Chijâth al Dîn Djemschîd b. Masʿûd al Kâschî* hat 848 (1444/45) eine persisch geschriebene, nur $2^1/_3$ Seiten umfassende Abhandlung über astronomische Instrumente wohl in *Samarqand* verfaßt mit dem Titel *Scharch-i Âlât-i Raṣad* (Kommentar der Beobachtungsinstrumente), Leiden Cat. Cod. or. V. 237, 12, cod. 945, fol. 62^a—63^a. Es sind folgende Instrumente behandelt: 1. das Instrument mit den beiden Schenkeln, 2. das Instrument mit den Ringen, 3. der Äquatorialring, 4. die beiden Ringe, 5. der Sechstelkreis al fashrî, 6. das Instrument zur Bestimmung von Azimut und Höhe, 7. das Instrument mit dem Sinus und dem Sinus versus, 8. das Instrument mit dem kleinen Ring bezw. den kleinen Ringen.

3. *ʿAbd al Munʿim al Âmilî*: „Abhandlung über die astronomischen Instrumente, die in Alexandria, *Marâgha* und *Samar-*

*) Der Avicenna des Abendlandes.

**) Hierüber und über sonstige wissenswerte historische Daten findet man kurze Angaben bei R. Wolf: „Gesch. d. Astronomie" (München 1877).

***) Der genaue Titel der Schrift folgt w. u. S. 23.

gand benutzt wurden". Dieser Abhandlung sollen in einem kurzen Anhang einige Worte gewidmet werden; es wäre sehr wünschenswert, im Anschluß an die vorliegende Arbeit der Schrift von *al Âmilî* eine kritische Untersuchung zu widmen. Von dem Werk von *al Âmilî*, das nahe Beziehungen zu dem von *al 'Urḍî* hat, ist im Brit. Museum (Pers. Add. 7702) eine Handschrift vorhanden. Es trägt keinen besonderen Titel, ist vielmehr eingetragen als *Kitâb Ta'lîm Alât-i-Zitj* (Werk über die Unterweisung in den Instrumenten, die man bei der Aufstellung von Tafelwerken braucht).

4. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Instrumente zum Teil im Anschluß an das Werk *Sidrat Muntahâ al Afkâr* (Lotus der Grenze im siebenten Himmel der Gedanken) von *Taqî al Dîn Ibn Mar'ûf*, dem Beobachter aus Syrien; er behandelt das Ergebnis der neuen Sternwarte bis zu ihrer Zerstörung; er nennt in ihm den Sultan *Murâd* und *Sa'dî Effendî*. (Vgl. E. Wiedemann, Beitr. LVII, Sitzgsber. d. physik.-med. Soz. Erlangen 50/51, 26. 1918/19). Aus dem Nachsatz ergibt sich, daß das Werk mit dem eigenartigen Titel sich z. B. auch mit *Ibn al Schâṭir* beschäftigt. (Zu letzterem vgl. w. u. S. 110).

B. Allgemeine Vorbemerkungen zur Schrift von *al 'Urḍî*.

Wir wenden uns jetzt zur Schrift von *al 'Urḍî*, die, wie erwähnt, die Instrumente zu *Marâgha* schildert, wo auf Veranlassung des Tatarenchâns *Hûlâgû* eine Sternwarte errichtet war, die unter der Leitung des großen islamischen Gelehrten *Naṣîr al Dîn al Ṭûsî* stand. (Hierüber und über den Bau der Sternwarte vgl. S. 116 ff.)

Jourdain*) hat schon vor etwa 120 Jahren eine stark gekürzte und teilweise fehlerhafte Übersetzung, ohne Abbildungen und ohne den Versuch von Rekonstruktionen, gegeben. An sich wird schon das Verständnis von Schilderungen arabischer Instrumente dadurch sehr erschwert, daß die Verfasser bei den Lesern Dinge voraussetzen, die vielleicht ihren Zeitgenossen,

*) Mémoire sur les Instruments employés à l'Observatoire de Méragha (Magazin encyclopédique au Journal des Sciences, des Lettres et des Arts, Bd. VI, S. 43 ff. 1809).

nicht aber ohne weiteres uns klar sind (vgl. hierzu Avicenna S. 119). So ist es auch im vorliegenden Fall mit der Schrift von *al 'Urḍî*, wenn auch nicht in dem Maße wie bei manchen anderen. Bei der Beurteilung der Bearbeitung von Jourdain ist der Umstand von besonderer Bedeutung, daß zu seiner Zeit die Kenntnis arabischer astronomischer Instrumente wesentlich beschränkter war als heute. Daran hat Jourdains Darstellung sehr gelitten. Hinzu kommt noch, daß Jourdain eine Reihe von technischen Einzelheiten, wie Herstellung der Teilungen, Nivellieren usf. übergangen hat, über die die Schrift von *al 'Urḍî* eine Fülle von Angaben aufweist, und die gerade von besonderem Interesse sind.

Viele Angaben von Jourdain sind irrig; so sagt Jourdain S. 67: „sie kannten noch nicht die Drehbank". Diese erwähnt aber schon *Ibn al Haitham* als *Djahr* (vgl. dazu auch F. Nolte*) S. 27 und H. Seemann**) S. 54).

Trotz aller Mängel ist die Arbeit von Jourdain höchst wertvoll gewesen. Aus ihr haben spätere Gelehrte ihre Kenntnis der arabischen Instrumentenkunde zum guten Teil geschöpft. Auf einige sei hier hingewiesen.

Délambre schätzt in seiner „Histoire de l'astronomie au moyen âge", S. 198, einige der Instrumente nur niedrig ein. Das ist aber keineswegs gerechtfertigt, da *al 'Urḍî* offenbar u. a. über seine Vorgänger hinaus nach neuen Instrumenten sucht, um den Ort der Sterne und deren gegenseitige Lage usf. zu bestimmen (vgl. hierzu besonders w. u. S. 79 u. Abschnitt D.).

L. Am. Sédillot hat unter Heranziehung der Handschrift einige der Instrumente beschrieben (Mémoires sur les instruments astronomiques des Arabes S. 198 ff.; Mémoires présentés par divers Savants à l'Académie Royale des Inscriptions et Belles Lettres [1] Bd. 1. Paris 1844). In den der Arbeit beigegebenen Tafeln sind die Originalabbildungen aus der Handschrift von *al 'Urḍî* wiedergegeben.

J. A. Repsold: „Zur Geschichte der astronomischen Instrumente", Nachträge. (Astronomische Nachrichten 206, 126. 1918.)

*) F. Nolte: „Die Armillarsphäre" (Abh. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Medizin. Erlangen 1922, Heft 2).

**) H. Seemann: „Das kugelförmige Astrolab usw." (Abh. z. Gesch. d. Naturw. u. d. Medizin. Erlangen 1925, Heft 8).

F. Nolte: „Die Armillarsphäre" a. a. O.

E. Wolf a. a. O., S. 73 u. 132. Wolf gibt nur eine kurze Beschreibung des Mauerquadranten. Seine Angabe (S. 73, Fußnote 9), daß dieser das wichtigste Instrument der Sternwarte gewesen sei, ist nicht bewiesen.

E. Wiedemann und Th. W. Juynboll: Avicenna (a. a. O. bereits zitiert).

Auch H. Suter macht in seinem Werk: „Die Mathematiker und Astronomen der Araber und ihre Werke" (Abh. z. Gesch. d. math. Wissensch. X u. Nachtr. XIV) S. 147 u. 154 kurze Angaben (gekürzt Suter).

In der Arbeit von J. A. Repsold finden sich zeichnerische Rekonstruktionen. Schon vor deren Erscheinen hat J. Frank solche praktisch ausgeführt. Es sind solche Modelle im physikalischen Institut der Universität Erlangen und im deutschen Museum in München vorhanden.

Von der Schrift von *al ʿUrḍî* ist nur eine einzige Handschrift vorhanden (Paris, Katalog von de Slane Nr. $2544_{,10}$ fol. 60^b—79^a). de Slane spricht sich über den Verfasser nicht aus. Seine Angabe, daß ein Astrolab erwähnt wird, ist irrig.

Die Handschrift von *al ʿUrḍî* ist sehr gut geschrieben; die diakritischen Punkte sind meist gesetzt, die Vokale aber nur ausnahmsweise. Grobe sinnentstellende Fehler werden nicht beobachtet. Nur am Schlusse der Beschreibung der Instrumente ist der Text etwas verderbt.

Die Abbildungen sind zum Teil leicht, zum Teil aber auch sehr schwer verständlich. Im allgemeinen gewinnt man erst auf Grund des Textes ein klares Bild. Vielfach sind den Abbildungen wie auch sonst in arabischen Handschriften erklärende Beischriften beigefügt. Einige Abbildungen geben Ansichten des ganzen Instrumentes, andere solche von einzelnen Teilen*). Die Zeichnungen sind durchweg nicht perspektivisch. Beim Instrument VIII fehlen die Abbildungen, für die ein leerer Platz gelassen ist.

Die Darstellung ist im allgemeinen klar und gut disponiert, freilich an manchen Stellen weitschweifig. Am meisten Schwierigkeiten haben die Instrumente III u. IV dem Verständnis bereitet.

*) Des Interesses halber habe ich einige der Originalabbildungen des Textes wiedergegeben; es sind die Abb. 25 a u. 33 a.

Das Werk beginnt mit einer allgemeinen Einleitung, daran schließt sich die Beschreibung des indischen Kreises, der zur Bestimmung der Meridianlinie dient. Diese Linie muß ja vor allem festgelegt sein. Dann teilt *al 'Urḍī* einiges über Ort und Zeit der Aufstellung der Instrumente mit, um am Schluß der Einleitung auf seine Beziehungen zu *Naṣīr al Dīn al Ṭūsī* einzugehen.

Mit der Beschreibung des Mauerquadranten beginnt dann der Hauptteil des Werkes, die Beschreibung der Instrumente. Zunächst beschreibt *al 'Urḍī* die Instrumente der früheren Zeit und dann die von ihm neu konstruierten. Am Schlusse (nach Instr. X) steht eine kritische Bemerkung über das parallaktische Lineal nach Ptolemäus.

Bevor ich an die Bearbeitung der Übersetzung des Werkes selbst gehe, sollen die bei ihr befolgten Grundsätze angegeben werden.

Über die Art der Wiedergabe der Übersetzung des Textes von *al 'Urḍī* ist folgendes zu bemerken: Als besonders erstrebenswert erschien mir eine möglichst flüssige Darstellung bei sinngemäßer Wahrung des Gedankenganges des arabischen Verfassers. Demgemäß wurde eine freie, aber doch möglichst eng an den Wortlaut des Originaltextes sich anschließende Übersetzung gegeben*). Nur solche Stellen, die in einer wörtlichen Übersetzung infolge der Weitschweifigkeit und Lückenhaftigkeit des Textes dem Leser besondere Schwierigkeiten bereitet hätten, sind abweichend vom Original in einer dem Verständnis entsprechenden Form gestaltet, ohne aber den Sinn zu ändern. Stets ist die sachliche Reihenfolge der Originalbeschreibung beibehalten.

Für die technischen Dinge sind meistens die modernen Bezeichnungen gewählt; die arabischen Bezeichnungen nebst deren wörtlicher Übersetzung sind teilweise, wo ein Interesse vorlag, beigegeben. In solchen Fällen jedoch, wo sich die arabische Bezeichnung in wörtlicher Übersetzung als zweckmäßig erwies, ist diese beibehalten.

*) Zum besseren Verständnis von mir eingefügte Ergänzungen sind in Klammern eingeschlossen.

Für bestimmte Teile der Instrumente sowie für gewisse astronomische Größen habe ich die Bezeichnungen (z. T. als Arabismen) gewählt, die besonders durch die Arbeiten von E. Wiedemann und seinen Mitarbeitern in die Geschichte der Naturwissenschaften eingeführt worden sind. Insbesondere möchte ich bemerken, daß ich die von F. Nolte eingeführte einheitliche Bezeichnung „Armille" für die Ringinstrumente übernommen habe. — Dem Instrument V habe ich die m. E. bessere Bezeichnung „Hipparchs Diopterlineal" (statt bloß Diopter) gegeben. Die Instrumente VI—X, die von *al 'Urḍi* herrühren, haben die von ihm gegebenen Namen behalten.

Der Beschreibung jedes Instrumentes schicke ich eine kurze Übersicht über dessen Hauptbestandteile und Verwendungszweck voran*); am Schlusse folgen — klein gesetzt — meine dazu gehörigen, teilweise sehr ausführlichen Anmerkungen. Eine große Anzahl von Abbildungen, Gesamtansichten der Instrumente und deren Einzelteile gebe ich zur Veranschaulichung des in der Beschreibung Gesagten. Den Abbildungen sind zum besseren Verständnis kurze Erläuterungen beigegeben. Unter den Überschriften zu den Beschreibungen der einzelnen Instrumente steht die Seite der Handschrift, mit der die Beschreibung des betreffenden Instruments beginnt.

Es folgt noch eine Zusammenstellung der arabischen Längenmaße.

Längenmaße: Die Längenmaße, die im Text wiederholt vorkommen, sind:

Die Elle der Hand; sie ist fast genau 0,5 m und wird in 24 Finger der Hand geteilt; mithin ist 1 solcher Finger rund 2 cm.

Die Haschimitische Elle hat 32 Finger, das sind rund $1^1/_3$ Ellen der Hand.

Die Beobachtungselle ist gleich der Haschimitischen Elle.

1 *Fitr* = 11 Finger.

1 *Schibr* = 12 Finger.

Die Breite des kleinen Fingers bewegt sich zwischen 1,6—1,8 cm, die Breite des Daumenfingers ist rund 2,5 cm.

---

*) Kursiv gesetzt.

Wenn nichts weiteres angegeben ist, handelt es sich bei den Angaben von Längenmaßen immer um Ellen bezw. Finger der Hand. Vgl. zu dem Vorstehenden H. Sauvaire, Journal asiatique (8), 8, 482, 489, 514, 516. 1886.

C. Abhandlung über die Instrumente von *Marâgha* von *al 'Urḍî*.

Der genaue Titel der Schrift lautet:

Risâla fî Kaifîya al Arṣâd wa mâ yuḥtâdja ilâ 'Ilmihi wa 'Amalihi min Ṭuruḳ al muwaddîya ilâ Ma'rifa 'Audât al Kawâkib usw., d. h. über die Art der astronomischen Beobachtungen und über das, dessen man zu deren theoretischer und praktischer Durchführung bedarf und zwar an Methoden, die zur Kenntnis der Gewohnheiten (d. h. der periodischen Bewegungen) der Sterne führen.

Einleitung.

Inhalt:

a) *Allgemeine Würdigung der Astronomie.*
b) *Astronomische Instrumente.*
c) *Die Ermittelung der Meridianlinie.*
d) *Beziehungen von al 'Urḍî zu Naṣîr al Dîn al Ṭûsî.*

Lob sei *Allâh* ganz allein und das Gebet über seinen Gesandten *Muḥammed* und dessen Familie. Bei ihm ist die Hilfe.

a) In dieser Abhandlung habe ich genau untersucht die Art der astronomischen Beobachtungen und das, was man zu ihrer theoretischen und praktischen Durchführung bedarf, und zwar die Methoden, die zur Kenntnis der Rückkehren (*'Audât*, Gewohnheiten, periodische Bewegungen) führen; dann habe ich untersucht, was sich im Anschluß an ihre Sphären ereignet, weiter habe ich bestimmt die (relativen) Abstände der Gestirne vom Mittelpunkt der Welt und deren Beträge, wobei der Radius der Erdkugel gleich Eins gesetzt wird; endlich habe ich mich mit der Art, wie man die Beobachtungsinstrumente herstellt, und wie man sie benützt, beschäftigt. Da durch diesen Teil der mathematischen Wissenschaft*) (*rijâḍî*) die theoretische

*) Gemeint ist die Astronomie.

(*nazari*) Wissenschaft vollendet wird und er in höherem Maße als irgendeine andere Wissenschaft zur Theologie führt, so steht diese Wissenschaft einerseits durch den in ihr behandelten Gegenstand sehr hoch und andererseits durch die in ihr verwandten Beweise (theoretischen Betrachtungen).

Ihr Gegenstand sind die Himmel, es ist dies der größte (bedeutendste) Gegenstand, den Gott — Preis sei ihm — geschaffen hat, und das wunderbarste seiner Werke.

Die Beweise sind arithmetisch und geometrisch. Deshalb haben wir auf den Gegenstand Mühe verwendet und uns mit ängstlicher Sorge mit ihm befaßt. Da sich die Beweise an die Beobachtungen anschließen und die Beobachtungen auf den Instrumenten beruhen, so beginnen wir mit der Behandlung der letzteren.*)

b) Die früheren wie die späteren Gelehrten haben eine Reihe von Arten der Instrumente konstruiert. Einige waren nicht solide, andere boten Schwierigkeiten, wenn man sie aus der Idee (*Quwa*) in die tatsächliche Ausführung (*Fa'l*) überführen wollte. Dies liegt aber nicht an den Handwerkern, sondern daran, daß ihre Gestalt schlecht gewählt war, und daß die Erfindung (*Wad*) zu wünschen übrig ließ. Aus diesem Grunde bespreche ich einige Instrumente nicht. Von den alten Instrumenten bespreche ich nur die besten und entferne das an Schwierigkeiten, was etwa die Beobachtungen erschwert oder hindert. Zu jenen Instrumenten fügte ich diejenigen hinzu, die ich selbst erfand. Sie sind das beste und das am eingehendsten geprüfte (*ashad Faḥrîr*).

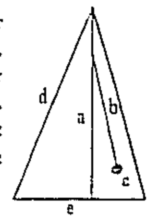
c) Beim Aufstellen der Instrumente muß man die Linie des Mittags (den Meridian) an dem betreffenden Ort bestimmen (kennen), und in der Tat haben die Menschen zahlreiche Methoden zu seiner Bestimmung angegeben, um ihn mit Leichtigkeit zu erhalten. Ich habe nun erkannt, daß deren beste diejenige ist, auf die die früheren (die Griechen) Mühe verwandt haben, und die als der indische Kreis bekannt ist. Ich habe für ihn einen Beweis in der Abhandlung über die

---

*) der unsere Schrift gewidmet ist. Vgl. hierzu den späteren Abschnitt über die Werke von *al 'Urḍi*, S. 115.

Konstruktion der vollkommenen Kugel *Risâla fî 'Amal al-Kura al-kâmila* (Abhandlung über die Herstellung der vollkommenen Kugel) gegeben. Man benutzt ihn vor allem, wenn sich die Sonne in einem der beiden Wendepunkte befindet, dann gibt seine Verwendung weit genauere Ergebnisse als zu anderen Zeiten.

Abb. 1: Setzwage (nach einer arabischen Handschrift, vgl. E. Wiedemann, Verh. der deutsch. physikal. Ges. 21, 663. 1919). In der Abb. steht bei a: hoch. bei b: Senklot, bei c: Gewicht, bei d: Schenkel, bei e: Basis.



Zu seiner Herstellung nimmt man eine glatte, ebene Platte (oder Boden *Balâṭa*) oder ein Holzbrett, dessen Fläche so eben wie möglich gemacht ist. Man stellt deren Fläche horizontal, das geschieht mit Hilfe der Wage der Baumeister, die unter dem Namen *Fadân* *) bekannt ist. Soll das Instrument im Winter verwendet werden, so soll die Länge des Gnomons $^1/_4$ so groß sein als der Durchmesser des größten Kreises, den man auf der Platte zieht; soll es aber im Sommer verwendet werden, so soll sie $^1/_3$ von dem Durchmesser sein. Wir drehen für die Vorrichtung auf der Drehbank (*Djahr*) einen Gnomon; er soll kreisrund und am Ende zugespitzt sein, auch die Basis soll kreisrund sein. Ist der Gnomon aus Kupfer, so genügt sein Gewicht (um ihm eine feste Aufstellung zu sichern.) Ist er aber aus Holz, so bohren wir um den Mittelpunkt in der Basis auf der Dreh-

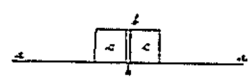


Abb. 2.

*) In dem Lehrgedicht von *Ibn Luyûn* (vgl. E. Wiedemann, Über Nivellieren und Vermessen, Beiträge X, Sitzgsber. d. phys.-med. Sozietät, Erlangen 38, 317. 1906) heißt es: „Das Nivellieren mit der Wage (*Mîzân*) der Bauleute besteht darin, daß man einen vollkommenen *Kubṭâl* (cubitale, d. h. eine genau gerade gerichtete Stange mit quadratischem Querschnitt, deren obere und untere Fläche vollkommen parallel sind) auf die Erde oder Wand des Gebäudes hinstreckt, indem man die beiden Enden festmacht. Dann setzt man die Wage auf die Mitte des *Kubṭâl* oder auf die Mitte der Wand. Sie (die Wage) besteht aus einem viereckigen Stück Holz, auf dessen Mitte eine Linie gezogen ist. Oberhalb dieser Linie befindet sich ein Faden, an dessen Ende ein Spannungsgewicht (*Thaqqâla*) hängt, und das ist die Figur."

In der Figur (Abb. 2) steht bei aa *Kubṭâl*, bei b Wage, bei cc Linien. Zwischen den Linien cc hängt das Lot herunter.

bank eine Höhlung, die nach der Vertiefung, d. h. nach unten (wir würden sagen, nach oben) weiter ist als nach ihrem Mund (der Öffnung) zu. Wir gießen in die Höhlung Blei (*Raṣāṣ*), das weniger als ein Drittel von ihr füllt, damit es durch sein Gewicht dafür sorgt, daß der Gnomon in seiner Lage feststeht. Dann beschreiben wir um den Mittelpunkt der Platte einen Kreis, der denselben Durchmesser hat wie der Kegel des Gnomons, sodaß, wenn wir dessen Basis auf diesen Kreis setzen, sein Mittelpunkt mit dem des Gnomons zusammenfällt; man richtet die Achse (*Miḥwar*) des Gnomons so, daß er auf der Fläche der Platte aufsitzt.

Hat man die Platte durch Nivellieren richtig aufgestellt und mit Gips oder einer anderen Substanz befestigt, so zieht man um den erwähnten Mittelpunkt Kreise, von denen einer immer weiter ist als der andere, damit, wenn man den Eintritt des Schattens in den einen von ihnen verpaßt, ein anderer an seine Stelle tritt. Man bezeichnet die Mitte der Breite des Schattenendes, wenn es sich auf dem Umfang des Kreises befindet, ehe es in diesen eintritt, und macht auf seinem Umfang ein Zeichen; ebenso verfährt man bei einem anderen Kreis, wenn die Sonne den Meridiankreis überschreitet (dieses Zeichen braucht aber nicht auf einem Kreis zu liegen, sondern kann sich an einer beliebigen Stelle befinden); es ist dies der Fall, wenn der Schatten kurz (d. h. am kürzesten) ist. Dann beginnt die Länge des Schattens zuzunehmen. Man achtet auf sein Ende, wenn der Schatten aus dem Umfang irgendeines Kreises austreten will, auf dem ein Zeichen für den Eintritt des Schattens gemacht ist. Ehe der Schatten austritt, macht man auf dem Halbierungspunkt der Breite des Schattenendes ein Zeichen. So verfährt man auch bei einem anderen Kreis, um die Ausführung sicherzustellen. Die Sehne des Bogens zwischen den beiden Zeichen halbiert man und verbindet den Halbierungspunkt und den Mittelpunkt der Platte durch eine gerade Linie, nachdem man den Gnomon fortgenommen hat. Diese Linie verlängert man nach beiden Seiten. Dies ist so genau wie möglich die Meridianlinie. Zieht man vom Mittelpunkt aus eine Linie, die auf dieser Linie senkrecht steht, so ist es die Ost-Westlinie*).

*) Wie man sieht, ist bei dieser Bestimmung nicht der Änderung der Sonnenbahn von Tag zu Tag Rechnung getragen.

d) Wir werden jetzt die Instrumente beschreiben, die wir hergestellt haben in der von Gott wohl behüteten Sternwarte in der Stadt *Marāgha* auf dem Hügel, der sich in ihrer Nähe und zwar westlich von dieser befindet. Sie wurden in den Jahren vor und nach 660 d. H. (1261/62) hergestellt.

All dies geschah unter Anleitung unseres Herrn, des größten Imams, des trefflichen Gelehrten, dessen, der in vollkommener Weise die Dinge genau prüft, des Vorbildes der Gelehrten, des Herrn der Weisen, dessen, der sicherlich der trefflichste unter den Gelehrten des Islams, ja auch unter den früheren ist. Er gehört zu denen, in denen Gott, Preis sei ihm, das vereinigt hat, was unter alle Menschen unserer Zeit verteilt ist, nämlich treffliche Eigenschaften, löbliche Talente, Schönheit des Lebenswandels, Reichtum an Milde (Urbanität) und Fülle der Einsicht. Auch faßt er sehr schnell auf und umfaßt alle Wissenschaften.

Daher versammelt er die Gelehrten zu sich; er vereinigt und hält sie bei sich fest durch die Fülle seiner Geschenke. Er war für sie gütiger (d. h. gnädiger und liebevoller) als der Vater für sein Kind, daher sind wir in seinem Schatten wohlbehalten und durch seinen Anblick froh gestimmt. Wie der Vers sagt: „Wir machen ihn (uns) wohlgeneigt; es ist (dann), als ob wir, wenn uns dies gelingt, mit unserem Vater zusammen sind. Auch suchen wir ihn zu erzürnen, um ihn in seinen beiden Zuständen (nämlich bei guter Laune und im Zorn) zu erproben. In beiden Fällen empfangen wir nur Güte und Milde."

Ich meine den *Naṣīr al Milla wa'l Dīn Muḥammed ibn Muḥammed al Ṭūsī*, Gott verlängere seine Tage. Ich hatte zahlreiche Nachrichten über ihn erhalten, und die Nachrichten erschienen erstaunlich, ehe wir ihn trafen. Als wir ihn trafen, da erschienen die Nachrichten (gegenüber der Wirklichkeit) klein. Wie weit sie hinter der Wirklichkeit zurückblieben, erkannte ich in den Tagen, die uns mit ihm in seinem Dienst vereinigten, und die uns erfreuten durch die nützlichen Lehren, die er gab. Es war dies der Fall, obwohl diese Tage uns fernhielten von der Heimat, den Freunden und den Kindern. Denn es ist genügend, daß er an der Stelle von anderen vorhanden ist. Wer mit ihm ist, dem fehlt nichts, und wem er fehlt, der entbehrt jegliches Ding.

Allâh möge ihn uns nicht entreißen und möge uns die Freude machen, daß er lange lebe.

I.
Der Mauerquadrant.

(Arab. Text fol. 61 a.)

Auf der nach Osten zu gelegenen Fläche einer in der Meridianrichtung aufgestellten Mauer ist auf Dübeln ein Rahmengestell befestigt, das aus einem hölzernen Viertelkreisring und zwei aufeinander senkrechten Holzleisten zusammengesetzt ist. In einem entsprechenden Ausschnitt des Viertelkreisringes ist ein Quadrant aus Kupfer eingesetzt, dessen äufsere Fläche mit einer Teilung in 90° und weiteren Unterteilungen versehen ist. Im Mittelpunkt des Quadranten ist drehbar eine Alhidade angebracht, mittels deren die Kulminationshöhe der Sonne gemessen wird.

Der Mauerquadrant diente zur Bestimmung der Kulminationshöhe der Sonne und im Anschlufs hieran zur Bestimmung der Ekliptikschiefe und der Breite des Beobachtungsortes.

Zu den Instrumenten, deren Herstellung unter meiner eigenen Aufsicht ausgeführt wurde, gehört das Instrument, das Ptolemäus die „Platte" (*Libna*)[1]) nannte; ich nenne es den Quadranten.

Man errichtet aus Ziegeln und Gips eine Mauer von entsprechender Breite, die sich ihrer Länge nach von Süden nach Norden erstreckt; die Länge ist $6^1/_2$ Haschimitische Ellen, ihre Höhe ist ebenso groß, ihre Breite beträgt 1 Elle. In der nach Osten zu gelegenen Fläche der Mauer befestigt man hölzerne Dübel (*Michadda*), die um den Betrag von 1 *Fitr* aus ihr herausragen. Die Dübel, die in gleichen Abständen voneinander angebracht sind, werden in Gestalt eines Kreis-Quadranten aneinandergereiht, der sich von der nach Süden zu gelegenen unteren Ecke der Mauer bis zu der nach Norden zu gelegenen oberen Ecke erstreckt. An

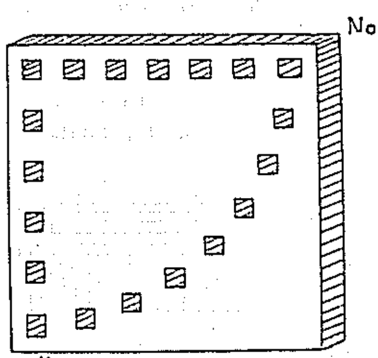


Abb. 3: Die Mauer mit den Dübeln.

weiteren Dübeln werden zwei Leisten befestigt, die den Quadranten halten, der jetzt besprochen wird (s. Abb. 3).

Aus Teakholz[2], das aus Indien eingeführt wird, stellt man einen Kreis-Quadranten her; dieser ist von zwei Leisten (L) umgeben, die aufeinander senkrecht stehen und sich in seinem Mittelpunkt (M) schneiden (Abb. 4). Jede dieser Leisten ist mindestens 5 Haschimitische Ellen lang (und entspricht dem Halbmesser des Quadranten). Die Breite der Leisten und ebenso die des Quadranten beträgt 1/4 Elle; diese Stärke ist gewählt, damit sich Quadrant und Leisten nicht durchbiegen. Man fertigt diesen Quadranten durch Zusammensetzen aus einzelnen Stücken und verbindet seine beiden Enden möglichst fest mit den beiden Leisten.

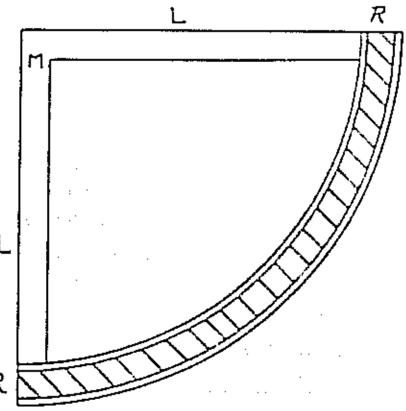


Abb. 4: Der hölzerne Quadrant mit den Leisten L und der Rinne R, schraffiert gezeichnet.

Nachdem die Oberfläche des Quadranten möglichst gut geglättet worden ist (etwa durch Abhobeln), schneidet man ihn längs der Mitte seiner Oberfläche 3 Finger der Hand breit und $1^1/_2$ Finger tief aus, sodaß eine Rinne (R) entsteht (Abb. 4).

Man gießt aus Kupfer einen Quadranten (Q_K), der zunächst etwas breiter und dicker ist als nötig, damit er nach der Bearbeitung durch Abfeilen in die erwähnte Rinne des hölzernen Quadranten (Q_H) paßt[3]; dabei soll er jedoch etwas über die Fläche des letzteren herausragen (Abb. 5). Man befestigt den kupfernen Quadranten auf dem hölzernen durch Stifte, die durch beide Quadranten hindurchgehen. — Die Oberfläche des kupfernen Quadranten macht man so glatt wie möglich und prüft sie

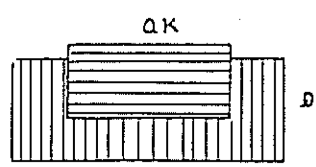


Abb. 5: Querschnitt der ineinander gefügten Quadranten Q_K und Q_H.

mit Hilfe von Nivellier-Instrumenten[4]) auf ihre Genauigkeit.

Hieranf ermittelt man den Mittelpunkt des kupfernen (und mithin auch des hölzernen) Quadranten an dem rechten Winkel, den die beiden Leisten miteinander bilden. Auf der Oberfläche des kupfernen Quadranten zieht man einmal um den gefundenen Mittelpunkt vier Viertelkreise (die unter sich drei Felder begrenzen) und ferner vom Mittelpunkt aus zwei gerade Linien, die (in ihren Verlängerungen) aufeinander senkrecht stehen. Den Streifen zwischen den beiden inneren Viertelkreisen, der von den beiden aufeinander senkrechten Linien begrenzt ist, teilt man in 90 gleiche Teile (die Grade). Jeden dieser Teile unterteilt man in 60 gleiche Teile (die Minuten) und trägt diese sorgfältigst ausgeführte Feinteilung in den äußeren Streifen ein. Den mittleren Streifen teilt man in 18 gleiche Teile (die Fünferteilung) und schreibt an die Teilstriche die Fünfer; dabei beginnt man am unteren (südlichen) Ende des Quadranten (vgl. Abb. 3) und endigt am oberen Ende, das nach Norden zu liegt[5]) (s. Abb. 6, in der die Teilungen angedeutet sind). Der hölzerne Quadrant mit den beiden Leisten wird auf den Dübeln mit Stiften befestigt. Der Mittelpunkt des Quadranten kommt auf die obere südliche Ecke der Mauer (s. Abb. 3); von den beiden Leisten am Quadranten liegt hierbei die eine senkrecht, die andere parallel zum Horizont. Ferner muß die Oberfläche (die geteilte Fläche) des kupfernen Quadranten genau in der Meridianebene liegen, und die Linie von seinem Mittelpunkt zum südlichen (unteren) Ende des Quadranten muß durch den Zenit gehen. Dies läßt sich leicht durch Loten erreichen. In den Mittelpunkt (M) des Quadranten bohrt man ein rundes Loch, in das ein runder eiserner Zapfen gesteckt wird, der 1 Finger dick ist und senkrecht zur Fläche des Quadranten steht. Er dient als Drehachse für ein viereckiges Lineal (Alhidade) aus Teakholz, das etwas länger als der Radius des Quadranten ist; seine

Abb. 6: Ausschnitt aus der Teilung des kupfernen Quadranten; von innen nach außen folgen: die Teilung von Grad zu Grad, die Teilung von 5 zu 5 Grad, die Unterteilung der inneren Gradteilung.

Breite beträgt $\frac{1}{4}$ Finger der Hand, seine Dicke ist etwas geringer als $\frac{1}{4}$ Finger. Die beiden Enden des Lineals bestehen aus Kupfer.

Mit dem einen Ende (E_1), das durchbohrt ist, wird das Lineal drehbar auf dem Zapfen befestigt. Längs der Mitte der oberen (äußeren) Längsfläche des Lineals zieht man eine Linie. Am anderen, freien Ende (E_2) des Lineals schneidet man auf der einen Seite dieser Halbierungslinie ein 3 Finger langes Stück aus. Man erhält hierdurch einen Zeiger (Z), mit dem man an der Teilung des Quadranten die Zenitdistanzen (bezw. die Kulminationshöhe) abliest. Hierbei verläuft die Linie (l_2 in Abb. 7), die den betreffenden Teilstrich mit der Mittellinie der Drehachse (a in Abb. 7) verbindet, durch den

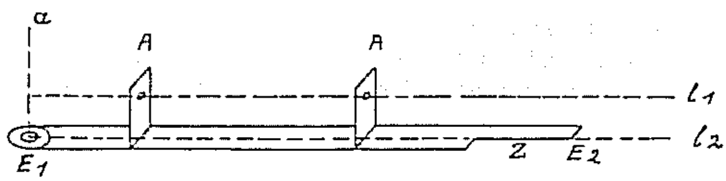


Abb. 7: Die Alhidade. a deutet die Richtung der Drehachse an; bei E_1 ist die Durchbohrung, bei E_2 der als Zeiger ausgebildete Ausschnitt. A A sind die Absehen. Die Linien l_1, l_2, und a liegen in der im Text besprochenen Ebene.

Mittelpunkt der Sonne. Dies erreicht man mit dieser abgeschnittenen Alhidade[6]) nur dann, wenn die Mittelpunkte der Löcher in den beiden Absehen (A), die an der Alhidade angebracht sind, in derjenigen Ebene liegen, die durch den Mittelpunkt des Quadranten verläuft (und senkrecht auf dessen Oberfläche steht). Diese Ebene ist (bei der Messung am Quadranten) bestimmt durch zwei gerade Linien, die einander parallel sind: 1. durch die Linie (l_1 in Abb. 7), die durch die Mittelpunkte der Löcher in den beiden Absehen und durch die Mittellinie der Drehachse der Alhidade (bezw. deren Verlängerung) verläuft, und 2. durch die Mittellinie des Alhidadenlineals (l_2 in Abb. 7), die durch den Rand des an ihm angebrachten Ausschnitts geht; diese Linie verläuft durch den Grad der Höhe am Quadranten sowie durch dessen Mittelpunkt.

Die Künstler (Mechaniker), die für Astrolabien derartige abgeschnittene Alhidaden herstellen, verwenden darauf nicht viel Mühe. In der Tat macht sich eine weniger sorgfältige

Durcharbeitung bei solch kleinen Instrumenten nicht sehr bemerkbar[7]). Dagegen tritt dies bei großen Instrumenten, die bis auf die Minuten und noch weiter unterteilt sind, sehr stark hervor (und man muß daher genau nach den angegebenen Regeln verfahren).

Nahe am freien Ende der Alhidade befindet sich eine Öse (*Razza*) und am oberen Ende der Mauer eine drehbare Rolle (*Bakra*). An der Öse befestigt man eine gedoppelte Schnur (*Chaiṭ matanij*), die über die Rolle läuft; sie trägt das Gewicht der Alhidade.

Zweckmäßig steht das untere Ende des Quadranten um 1 Elle und mehr vom Boden ab.

Anmerkungen.

1) Vgl. Almagest *), I. Buch, Kap. 12. Libna ist das Ptolemäische Πλινθίς = Platte. Ptolemäus nennt aber nicht den Quadranten selbst „Libna", sondern bezeichnet damit eine quadratische Platte (ursprünglich aus Ziegelsteinen hergestellt), auf der der Quadrant eingezeichnet wurde. Unsere Kenntnisse des Quadranten in der muslinischen Zeit vermittelt eine neuere, noch unveröffentlichte Arbeit von P. Schmalzl: „Zur Geschichte des Quadranten bei den Arabern" (Erlanger Dissertation. 1928).

2) Teakholz ist das Holz der Tectona grandis aus Indien; es ist ein dunkelbraunes, dichtes Holz, das besonders dauerhaft ist.

3) Der hölzerne Quadrant mit den Leisten soll als Rahmengestell für den kupfernen Quadranten dienen, der für die Messung bestimmt ist.

4) Nähere Einzelheiten über die Prüfung von ebenen Flächen und Kreisflächen erfahren wir aus der Beschreibung der Armillarsphäre (Instr. II).

5) In diesem Fall mißt man Zenitdistanzen, deren Komplemente die Höhenwinkel sind. Um letztere ohne weiteres am Quadranten ablesen zu können, müßte noch eine zweite Bezifferung der Teilung vorgenommen werden, die am oberen Ende des Quadranten beginnt.

6) Die Alhidade ist ein im Mittelpunkt des Quadranten drehbar angebrachtes Lineal (gewöhnlich aus Messing). Senkrecht zu ihr sind zwei Metallstreifen, die sogenannten Absehen (A in Abb. 7), angebracht, die gewöhnlich mit Löchern in gleicher Höhe über dem Lineal versehen sind, und durch die man bei Höhenmessungen die Gestirne anvisiert. Bei der Beobachtung der Sonne ist es indessen nicht gut möglich, direkt zu visieren, da man sofort geblendet würde. Daher ist stets angegeben, daß man bei der Beobachtung der Sonne die Instrumente so richtet, daß entweder die Sonnenstrahlen durch die Öffnungen beider Absehen gehen, oder daß der Schatten der oberen Absehe gerade auf die untere fällt.

*) Cl. Ptolemäus, Megale Syntaxis ed. J. L. Heiberg, übers. von C. Manitius. 1912 (abgek. Almagest).

7) Damit meint der Verfasser wohl, daß man bei solch kleinen Instrumenten, die keine feinere Teilung besitzen, den Betrag solcher Abweichungen nicht so gut feststellen kann. In Wirklichkeit sind derartige Ungenauigkeiten bei kleineren Instrumenten jedoch viel nachteiliger.

II.

Die Armillarsphäre.

(Arab. Text fol. 62b.)

Die Armillarsphäre besteht allgemein aus einem System von Metallringen, die um einen gemeinsamen Mittelpunkt so angeordnet sind, dafs ihre Lage wichtigen Kreisen am Himmel (Horizont, Meridian, Ekliptik usf.) entspricht. Die Ringe lassen sich in mannigfacher Weise entsprechend den Vorgängen am Himmel gegeneinander verstellen und gestatten so die Lösung einer grofsen Anzahl von astronomischen Aufgaben.

Jeder Punkt der Erdoberfläche kann (mit einer für den vorliegenden Fall hinreichenden Genauigkeit) mit dem Mittelpunkt der Himmelskugel identifiziert und als Mittelpunkt der Armillarsphäre gewählt werden. Immer lassen sich für einen Beobachter, dessen Auge sich im gemeinsamen Mittelpunkt der Ringe befindet, die Ringe des Instrumentes mit den entsprechenden, am Himmel gedachten gröfsten Kreisen zur Deckung bringen, und jeder Visierstrahl nach einem Punkt des Himmels, der durch den gemeinsamen Mittelpunkt geht, projiziert diesen Punkt auf das Ringsystem. Die Richtung eines solchen Strahles gibt man durch Winkel an, die der Strahl mit zwei bestimmten, zueinander senkrechten Ebenen bildet. Es sind diese Winkelkoordinaten, bezogen auf das Bezugssystem

des Horizontes: Höhe und Azimut,
des Äquators: Deklination und Rektaszension,
der Ekliptik: (astronomische) Breite und Länge.

Die allgemeinste Form einer Armillarsphäre vereinigt alle drei Bezugsysteme. Indes scheinen diese Universalinstrumente verhältnismäfsig selten im Gebrauch gewesen zu sein. Vielmehr hatte man für die Beobachtung in den einzelnen Systemen besondere Apparate, z. B. für die Beobachtung im Ekliptiksystem sogen. Ekliptikalarmillen usf.

Die nachstehend beschriebene Armillarsphäre der Sternwarte zu Marâgha war eine Ekliptikalarmille (vgl. Abb. 8). Das *eigentliche Meßsystem besteht aus den vier Ringen A, B, C und D. Die gleich großen Ringe A und B schneiden sich unter rechten Winkeln und sind fest miteinander verbunden. Ring A, der Tierkreisring, ist in 360° geteilt, wobei je 30° ein Tierkreiszeichen bilden. Auf dem Ring B, dem Kolurring, sind, 90° von*

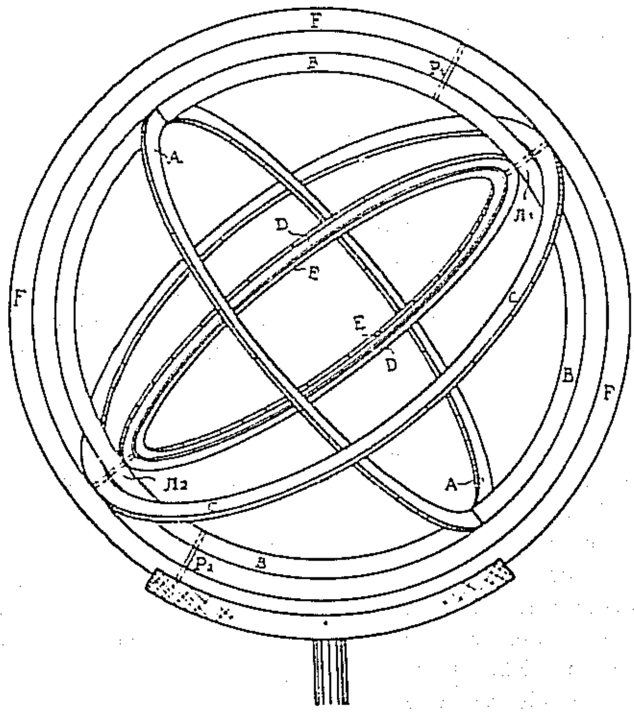


Abb. 8: Gesamtansicht der Armillarsphäre (nach Ptolemäus). Es bedeuten: A den Ekliptikring, B den Kolurring, C den großen, D den kleinen Breitenring, F den Meridianring, P_1 und P_2 die Äquator-, Π_1 und Π_2 die Ekliptikpolzapfen. E ist der von *al 'Urḍi* beanstandete Absehring des Ptolemäus (vgl. S. 46), an dessen Stelle *al 'Urḍi* die Alhidade setzt.

den Schnittpunkten entfernt, zwei Zapfen Π_1 und Π_2 angebracht, die die Drehpunkte für die beiden Ringe C und D abgeben. C dreht sich außerhalb, D innerhalb der beiden Ringe A und B. C und D heißen Breitenringe (großer und kleiner Breitenring). Der Ring D ist, je an der Ekliptik beginnend, in *vier mal 90° geteilt. Auf dieser Teilung gleiten die Zeiger an den Enden der Alhidade, die im Innern des Ringes D in dessen Ebene drehbar angebracht ist.*

Das aus den vier Ringen bestehende Meſssystem erhält seine Aufstellung und Orientierung in einem gröſseren Ringe F, der die Stelle des Meridians vertritt und Meridianring heiſst.

Die Vereinigung der Ringe geschieht in der Weise, daſs von dem Meridianring aus in der Richtung der Erdachse, d. h. an den Polen des Äquators, zwei Zapfen P_1 und P_2 auf den Kolurring übergreifen und zwar nach zwei Punkten, die, entsprechend der Schiefe der Ekliptik, um etwa $23^1/_2{}^0$ von den Polen der Ekliptik entfernt sind. So läſst sich das ganze innere System um die Achse der Welt, die zwei Ringe C und D aber um die Pole der Ekliptik drehen.

Zu den Instrumenten, von denen ich in der von Gott behüteten Sternwarte ein Exemplar hergestellt habe, gehört das Instrument mit den fünf Ringen (die Armillarsphäre)[1]). Es genügen bei ihm fünf Ringe statt der sechs Ringe, die Ptolemäus erwähnt hat[2]); Erst recht braucht man nicht neun Ringe, wie Theon von Alexandria[3]) angegeben hat.

Man nimmt zunächst zwei kreisförmige Ringe mit viereckigem Querschnitt und parallelen Flächen und von gleicher Größe. Der (innere) Durchmesser der Ringe beträgt 3 Ellen und zwar Beobachtungsellen, die Breite (b) und ebenso die Höhe (h)[4]) 4 Finger der Hand (Abb. 21). Der eine Ring entspricht dem Tierkreis (A in Abb. 8), der andere dem Kolurkreis (*al ḥāmila*, wörtlich dem Tragenden) (B in Abb. 8), der durch die Pole der Ekliptik und des Äquators geht[5]).

In die konvexe Fläche des Kolurringes (S_1 F_1 in Abb. 9) macht man zwei viereckige Einschnitte (a_1 in Abb. 9), die einander diametral gegenüberliegen; deren Tiefe ist gleich der halben Breite der Ringe und die Breite gleich deren Höhe. An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen (a_2 in Abb. 9) macht man in die konkave Fläche des Tierkreisringes (S_1F_2) zwei Einschnitte, die die gleichen Abmessungen wie

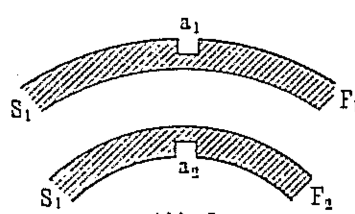


Abb. 9.

3*

die Einschnitte am Kolurring besitzen. Einen von den beiden Einschnitten am Kolurring erweitert man auf der einen Seite (längs der konvexen Fläche) um eine Spanne in der Länge und um den Betrag der halben Tiefe des ursprünglichen Einschnitts in der Tiefe (Abb. 10). Diese Erweiterung (e) erleichtert das

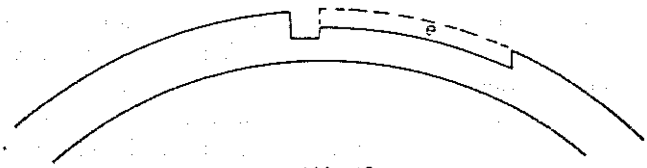


Abb. 10.

Einfügen des Kolurringes in den Tierkreisring an den entsprechenden Einschnitten. Es steht dann der eine Ring auf dem anderen senkrecht, und ihre konkaven sowie ihre konvexen Flächen liegen je auf denselben Kugelflächen. Die Ringe werden zusammengesetzt, nachdem ihre Flächen vollständig glatt gemacht sind, und nachdem ihre kreisrunde Gestalt so genau wie möglich geprüft und in Ordnung gebracht ist (vgl. w. u. S. 47).

Man stellt ferner ein kupfernes Stück (einen Keil) her, das genau in die durch die Erweiterung des einen Einschnitts am Kolurring entstandene Lücke paßt; es wird dort eingelötet. Ist jedoch der Künstler (der Mechaniker) ein erfahrener Mann, so wird er den Kupferkeil so genau einpassen, daß seine Befestigung durch Löten überflüssig wird.

Man stellt einen dritten Ring her, der um soviel größer ist als die beiden ersten Ringe, daß seine konkave Fläche deren konvexe Flächen berührt[6]). Er ist so hoch wie diese; seine Breite ist um den Betrag eines Fingers kleiner als seine Höhe. Unter steter Prüfung mittels des Zirkels stellt man diesen Ring so her, daß seine Außen- und seine Innenfläche genau kreisförmig sind[7]). Zweckmäßig bringt man an zwei diametral und wechselseitig gegenüberliegenden Stellen der ebenen Flächen des Ringes Verstärkungen an, deren Zweck dargelegt werden soll, nachdem auch die übrigen Ringe besprochen sind (vgl. w. u. S. 45). Jede dieser Verstärkungen, (die wohl die Form von Scheiben haben), ist 1 *Fitr* dick und 2 Finger breit. Dieser dritte Ring heißt der große Breitenring. Er dreht sich um die Pole des Tierkreises und über die äußere Fläche des diesem entsprechenden Ringes.

Man stellt einen vierten Ring her; er heißt der Meridianring (F in Abb. 8). Man stellt ihn seinem Zweck entsprechend auf (s. w. u.). Er ist etwas breiter als die bisher besprochenen Ringe (und daher etwas kräftiger), denn er soll die übrigen Ringe tragen[8]). Seine Breite beträgt 5 Finger. Er hat einen um soviel größeren Durchmesser als der dritte Ring, daß seine konkave Fläche die konvexe Fläche des letzteren berührt. (Ähnlich wie beim großen Breitenring) bringt man an zwei diametral und wechselseitig gegenüberliegenden Stellen der ebenen Flächen Verstärkungen an, deren Abmessungen entsprechend denjenigen am großen Breitenring 3 Finger und 1 Finger betragen. Ihr Nutzen besteht darin, daß die Stellen, an denen die Bohrungen für die beiden Drehzapfen (*al Quṭb*)[9]) angebracht sind, verstärkt werden. In diesen Bohrungen befinden sich die Drehzapfen, mit denen sich die Ringe drehen; diese Drehzapfen entsprechen bei der Armillarsphäre den Polen des Äquators.

An der konvexen Fläche des Meridianringes wird ein *Kursī* (K) angebracht, der die Gestalt eines Kreisbogens besitzt (Abb. 11). Er ist $^1/_2$ Elle lang und breit; die Dicke ist gleich der Höhe des Ringes. Die Mitte des *Kursī* ruht auf einer Säule, wie weiter unten genauer beschrieben wird. Die ebenen Flächen sowie die konkave und konvexe Fläche des *Kursī* richtet man mit der Feile zu.

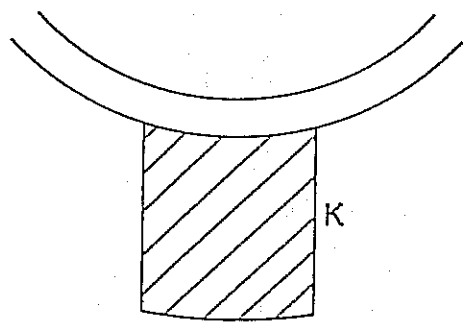


Abb. 11.

Man fertigt einen fünften Ring, den kleinen Breitenring (D in Abb. 8). Er ist der kleinste aller Ringe. Er dreht sich (wie der große Breitenring) um die Pole des Tierkreises. Er ist um soviel kleiner als die beiden ersten Ringe, daß seine konvexe Fläche deren konkave Flächen berührt. Er ist ebenso hoch wie diese; seine Breite beträgt aber nur 2 Finger. An zwei diametral gegenüberliegenden Stellen der konkaven Innenfläche befestigt man eine kupferne Platte, die so breit wie der Ring ist. (Im Text heißt diese Platte der „kupferne Durchmesser"). In die durchbohrte Mitte (M) der Platte (D) wird der Drehzapfen der Alhidade eingesetzt. Zur Verstärkung ist die Platte, die das Gewicht der Alhidade zu tragen hat, um die Durchbohrung kreisförmig erweitert (Abb. 12).

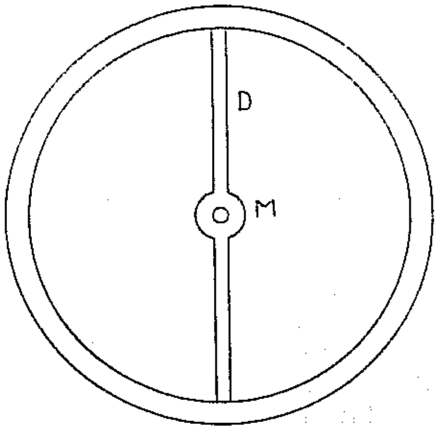


Abb. 12: Der kleine Breitenring mit dem „kupfernen Durchmesser" D, der bei seiner Mitte M kreisförmig erweitert und mit einem Loch versehen ist.

Zunächst stellt man den fünften Ring her. Sein Mittelpunkt ist der Mittelpunkt aller Ringe. Hat man seine konvexe und konkave Fläche sowie seine ebenen Flächen auf ihre streng richtige Form geprüft (s. w. u.) und entsprechend zugerichtet, so kann man die Prüfung der konkaven Flächen des Tierkreisringes und des Kolurringes leicht durchführen. Hat man die konvexe Fläche des letzteren geprüft, so bereitet wiederum die Prüfung der konkaven Fläche des großen Breitenringes keine Schwierigkeiten, und ebenso läßt sich durch die Prüfung von dessen konvexer Fläche auch die konkave Fläche des Meridianringes leicht nachprüfen. Zur Durchführung dieses Prüfverfahrens legt man die Ringe auf eine ebene Fläche, sodaß ein Ring den anderen umgibt, wobei vier Ringe — von den fünf Ringen sind zwei einander gleich — lückenlos aneinandergereiht sind, nämlich von innen nach außen: der kleine Breitenring, einer der beiden gleich großen, der große Breitenring und der Meridianring. Indem man einen Ring innerhalb des anderen dreht und die beiden gleich großen Ringe miteinander vertauscht, prüft man die ebenen und ebenso die konkaven und die konvexen Flächen. Die obige Art der Prüfung der Ringe auf ihre kreisförmige Gestalt gibt genauere Resultate als die Prüfung mittels des Zirkels.

Ist die Herstellung und Prüfung der Ringe zu Ende geführt, so beginnt man mit der Teilung der Ringe. Man braucht nur drei Ringe zu teilen, nämlich den Tierkreisring, den kleinen Breitenring sowie den großen Breitenring oder (an seiner Stelle) den Meridianring.

Man teilt den Tierkreisring[10]) durch zwei zueinander senkrechte Durchmesser in vier Quadranten, wobei der eine Durchmesser derjenige ist, der durch die Mitten der beiden an ihm angebrachten Einschnitte geht. Die vier (kreisrunden) Kanten (*Rukn*)[11]) eines jeden Quadranten teilt man in 90 gleiche Teile, die auf die anstoßenden Ränder der beiden ebenen Flächen sowie der konvexen Fläche fortgesetzt werden[12]). So entstehen an den Rändern dieser drei Begrenzungsflächen Gradteilungen, die in der Mitte der Flächen je einen Streifen freilassen. Dieser wird in die zwölf Felder für die Tierkreiszeichen abgeteilt, deren Namen man in sie einträgt. Diese Wiederholung bei den Namen der Tierkreiszeichen und bei deren Einteilung ist nicht überflüssig; in ihr liegt vielmehr eine Erleichterung bei der Beobachtung[13]).

Man schreibt zunächst den Namen des Krebses in das Feld, das sich an die Mitte des einen Einschnittes anschließt, und zwar auf alle drei Begrenzungsflächen des Ringes (Abb. 13). In gleicher Weise legt man den Anfang des Steinbocks in das Feld bei der Mitte des gegenüberliegenden Einschnittes und reiht die übrigen Tierkreiszeichen in der üblichen Reihenfolge an. — Dabei erhält das Feld eines jeden Tierkreiszeichens eine Teilung von Grad zu Grad (entsprechend der an den Rändern bereits vorhandenen Gradteilung) und noch eine besondere Teilung von 5 zu 5 Grad. Beim Zusammensetzen des Tier-

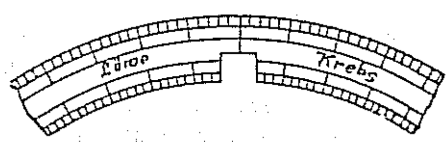


Abb. 13: Ausschnitt aus der Teilung einer ebenen Fläche des Tierkreisrings. Man sieht an beiden Rändern der Fläche je die gleiche Teilung, in der Mitte die Abgrenzung der Tierzeichen und zwar anstoßend an den Einschnitt die beiden aufeinanderfolgenden Zeichen Krebs und Löwe.

kreis- und des Kolurringes ist darauf zu achten, daß derjenige Einschnitt (Kr) am Tierkreisring, an dem sich der Anfang des Krebses befindet, dem Nordpol des Äquators (P_1), der am Kolurring ($\Pi_1 P_1 Z Kr \Pi_2 P_2 r St$) angebracht ist, zunächst liegt, (d. h. einen kleineren Winkelabstand vom Nordpol als vom Südpol des Äquators hat) (vgl. Abb. 14).

Den kleinen Breitenring teilt man durch zwei aufeinander senkrechte Durchmesser in vier Quadranten; der eine Durchmesser ist derjenige, der die Breite des kupfernen Durchmessers (der die Alhidade trägt) halbiert. Man zieht auf einer der ebenen Flächen des Ringes nahe an deren äußerem Begrenzungskreis (R_A) und konzentrisch zu diesem in geringem Abstand voneinander zwei Kreise (1 u. 2). Innerhalb dieser beiden zieht man einen dritten Kreis (3), dessen Abstand vom inneren der beiden ersten gleich dem dreifachen Abstand der beiden äußeren Kreise ist. Die vier Quadranten des schmalen äußeren Streifens teilt man in je 90 Grad, die vier Quadranten des breiten Streifens in Abschnitte von je 5 Grad der äußeren Teilung und schreibt an die Teilstriche die Zahlen 5, 10 usw., wobei man bei den Enden des ersten Durchmessers (nämlich dessen, der die Breite des kupfernen Durchmessers halbiert) beginnt und bei den Enden des zweiten Durchmessers, beiderseits mit 90 Grad, endigt. Man unterteilt*) ferner jeden Teil der Gradteilung so weit wie möglich[14]) (vgl. Abb. 15).

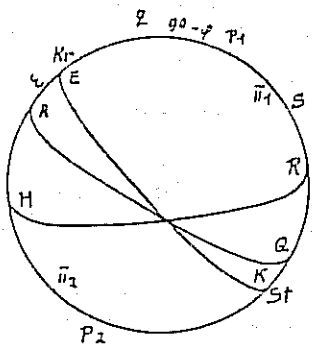


Abb. 14: H R Horizont, A Q Äquator, E K Ekliptik, P_1 P_2 die Pole des Äquators, Π_1 Π_2 die Pole der Ekliptik, ε Schiefe der Ekliptik. Kr (Krebs) und St (Steinbock) liegen an den Durchschnittspunkten der Ekliptik mit dem Kolurkreis, der in der Abb. als voller Kreis gezeichnet ist.

Man teilt den Meridianring durch zwei aufeinander senkrecht stehende Durchmesser in vier Quadranten; dabei geht der eine Durchmesser durch die Mitte des *Kursī*[15]). Um den

*) In welches Feld diese Unterteilung eingetragen werden soll, ist nicht angegeben.

Mittelpunkt des Merdianringes zieht man (ebenfalls auf einer seiner ebenen Flächen) nahe seinem inneren Rande drei konzentrische Kreise; dabei ist der Abstand des äußersten Kreises vom nächstinneren dreimal so groß wie der Abstand der beiden inneren Kreise*). (Ähnlich wie beim kleinen Breitenring) entstehen zwei Felder. Das innere schmale Feld teilt man quadrantenweise in 90 Grad, das äußere breitere Feld in 18 Teile (entsprechend je 5°). Man schreibt an letztere die Zahlen 5,10 usw., wobei man an den Enden des ersten Durchmessers (das ist derjenige, der den *Kursī* halbiert) beginnt und an den Enden des zweiten Durchmessers beiderseits mit 90 Grad endigt.

Abb. 15: Zur Abgrenzung der Felder für die Teilung des kleinen Breitenringes. R_A und R_J sind die Randkreise der betr. ebenen Fläche, 1, 2 und 3 die Kreise, die die Felder für die Teilungen abgrenzen. Der Abstand 2-3 ist, wie im Text angegeben, = dem dreifachen Abstand 1-2.

Herstellung der Polzapfen und der Lager**): Diese geschieht nicht in der üblichen Art und Weise. Ich habe vielmehr eine ganz besondere Methode erfunden, die ich jetzt auseinandersetzen will. Durch sie wird erreicht, daß das Instrument stets in guter Ordnung bleibt und trefflich eingerichtet ist. Man muß sich eben auf die Haltbarkeit der Polzapfen unbedingt verlassen können (und dies ist bei meiner Methode der Fall).

Herstellung der beiden Zapfen, die den Polen des Äquators entsprechen: Der obere Zapfen P_1 (s. Abb. 8) — es ist derjenige, der dem sichtbaren Pol der Welt (Nordpol des Äquators) entspricht — wird mit dem einen Ende auf der konkaven Innenfläche des Meridianringes befestigt. Dieses brettförmige Ende (*al lauḥī*) hat die Form einer rechteckigen Scheibe, die 1 kleinen Finger dick, $^1/_3$ Finger breit und so lang wie die Breite des großen Breitenringes ist.

*) Die Reihenfolge der Abstände ist ersichtlich hier umgekehrt wie im vorangehenden Fall.

**) Die Klarstellung des nun folgenden Abschnitts hat große Schwierigkeiten bereitet. Die vorstehende Wiedergabe dürfte indessen wohl das Richtige treffen.

Derjenige Teil des Zapfens, der sich in dem Zwischenraum zwischen dem Meridian- und dem Kolurring befindet um den Betrag der Breite des großen Breitenringes, ist ebenfalls brettförmig*); er ist zur Verstärkung mit einem kreisrunden Ansatz versehen. Das übrige Stück des Zapfens, das 1 Finger dick ist, ist kreiszylindrisch und so lang wie die Breite des Kolurringes**).

Der andere Zapfen P_2, der dem Zapfen P_1 diametral gegenüber am Meridianring angebracht ist und dem Südpol des Äquators entspricht, ist kreiszylindrisch von durchweg gleichem Durchmesser, nämlich 1 Finger. Er ist 12 Finger lang (das ist die Summe der Breiten des Meridianringes, des großen Breitenringes und des Kolurringes). Derjenige Teil (M) des Zapfens, der sich in dem Zwischenraum zwischen dem Meridianring und dem Kolurring befindet, ist mit einem starkwandigen Hohlzylinder umgeben, der so lang ist wie die Breite des großen Breitenringes (Abb. 16). Er dient zur Stützung des Kolurringes (B) und verhindert, daß sich letzterer in den Zapfen verschiebt (vgl. immer Abb. 8).

Abb. 16: Polzapfen P_2

Herstellung der Zapfen, die den Polen der Ekliptik entsprechen. Das Mittelstück des oberen Zapfens Π_1, der dem Nordpol der Ekliptik entspricht, ist prismatisch mit quadratischem Querschnitt und ist so lang wie die Breite des Kolurringes***). Die Verlängerungen des Mittelstückes nach beiden Seiten sind kreiszylindrisch mit gleichem Durchmesser und beziehungsweise so lang wie die Breiten des großen und kleinen Breitenringes C und D, (die sich in diesen drehen sollen).

Der diesem Zapfen diametral gegenüberliegende Zapfen Π_2, der dem Südpol der Ekliptik entspricht, ist kreiszylindrisch von durchweg gleichem Durchmesser, nämlich 1 Finger. Die Länge des Zapfens im Betrage von 9 Fingern ist gleich der Summe der Breiten des Kolurringes und der beiden Breitenringe.

*) Dies geht ja schon aus dem vorhergehenden Satze hervor.

**) Es ist ja gerade das Ende des Zapfens, in dem sich der Kolurring B dreht. (Man achte zum Vergleich genau auf Abb. 8.)

***) Dieses Mittelstück wird ja im Kolurring befestigt.

(Zum Einsetzen der Polzapfen in die Ringe sind an letzteren Durchbohrungen und Einschnitte angebracht, für die im einzelnen folgendes gilt):

1. In der Mitte der konkaven Fläche des Meridianringes wird ein länglicher, rechteckiger Spalt eingeschnitten, in den das brettförmige Ende des Äquatorpolzapfens P_1 paßt. Der Abstand der Mitte dieses Spaltes vom Zenitpunkt (Z), d. h. dem Punkt, welcher der Mitte des *Kursi* diametral gegenüberliegt, ist gleich dem Komplement der Breite (φ) des Beobachtungsortes, die in *Marâgha* 52°40' beträgt (vgl. Abb. 14). Ich habe das mit dem Namen „Quadrant" bezeichnete Instrument vor den anderen behandelt, da man mit ihm die Breite des Beobachtungsortes und die Ekliptikschiefe bestimmt.

Dem Spalt an der oberen Hälfte des Meridianringes liegt diametral eine kreisrunde Durchbohrung gegenüber, (in die der Polzapfen P_2 eingesetzt wird).

2. Die Mitte der oberen Hälfte des Kolurringes erhält eine Durchbohrung von quadratischem Querschnitt; in ihr wird das prismatische Mittelstück des Polzapfens Π_1 befestigt. Diametral gegenüber erhält die untere Hälfte des Kolurringes eine kreisrunde Durchbohrung, in die der Polzapfen Π_2 eingesetzt wird.

Ferner erhält der Kolurring zwei diametral gegenüberliegende, kreisrunde Durchbohrungen, durch die die Enden der beiden Äquatorpolzapfen gesteckt werden*). Der Abstand der oberen dieser Durchbohrungen von der Durchbohrung, in welcher der Ekliptikpolzapfen Π_1 befestigt wird, ist gleich der Ekliptikschiefe (ε in Abb. 14). Sie hat sich uns durch unsere fortgesetzten Beobachtungen in *Marâgha* und an anderen Orten[16]) zu $23^1/_2{}^0$ ergeben. Diesen Winkelwert greift man an der Teilung auf der konvexen Fläche des Tierkreisringes ab. Zu beachten ist, daß der Nordpol des Äquators (P_1) zwischen dem Nordpol der Ekliptik (Π_1) und dem Anfang des Krebses (Kr) am Kolurring liegen muß (vgl. Abb. 14); ihm liegt der Südpol (P_2) diametral gegenüber.

3. Der große Breitenring erhält zwei diametral gegengegenüberliegende kreisrunde Durchbohrungen, in welche

*) Vgl. wieder Abb. 8.

die entsprechenden Enden der Ekliptikpolzapfen eingesetzt werden *).

4. Ebenso erhält der kleine Breitenring zwei diametral gegenüberliegende Durchbohrungen, in welche die entsprechenden Enden der Ekliptikpolzapfen eingesetzt werden *). Dabei muß der durch die Mitten der beiden Durchbohrungen gehende Durchmesser senkrecht auf der Mittellinie des kupfernen Durchmessers stehen, der im Innern des kleinen Breitenringes angebracht ist.

Ist dies alles sorgfältig ausgeführt und eingehend geprüft, so stellt man eine Albidade aus Kupfer her, die so lang wie der (innere) Durchmesser des kleinen Breitenringes und so breit wie der kupferne Durchmesser (D in Abb. 12) ist.

In die Mitte der Alhidade bohrt man ein Loch. Die Alhidade wird mit dem kupfernen Durchmesser, dessen Mitte ebenfalls durchbohrt ist, vermittels eines durch die beiden Löcher gesteckten Zapfens verbunden, der in der üblichen Weise durch einen Vorreiber[17]) festgehalten wird.

Die Alhidade wird so zugeschnitten, daß die eine Kante der einen Hälfte (i) — vom Mittelpunkt (M) aus gerechnet — und die andere Kante der anderen Hälfte (i) in ihren Verlängerungen durch den Mittelpunkt (M) der Alhidade gehen (Abb. 17).

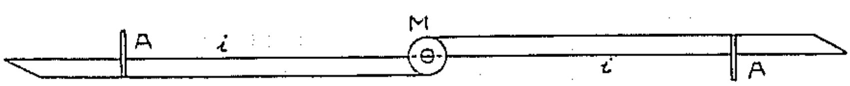


Abb. 17: Die Alhidade.

Senkrecht auf der Alhidade bringt man in gleichem Abstand von ihrem Mittelpunkt zwei gleich große rechteckige Metallbleche, die Absehen (A) (*Hadafa*) an[18]). An ihren oberen Hälften befindet sich eine Öffnung, die mit gewölbten Schutzblechen (*mūnhanī*) versehen ist[19]). Der Abstand der beiden Öffnungen beträgt 2 Spannen.

Man errichtet weiter ein Fundament (F), über dessen Mitte sich eine runde steinerne Säule (S) (von hinreichend großem Durchmesser) erhebt (s. Abb. 23). Auf der oberen Fläche der Säule zeichnet man die Meridianlinie des Beob-

*) (Vgl. Abb. 8.)

achtungsortes ein und macht längs dieser Linie eine Rinne [20]) in die Säule, in welcher der mit dem Meridianring verbundene *Kursī* befestigt wird. Dazu setzt man den *Kursī* in die Rinne auf der Säule und richtet ihn genau in die durch die Rinne gegebene Nord-Südlinie ein. Der *Kursī* muß ferner genau vertikal stehen; dies bewirkt man durch Loten (indem man an dem *Kursī* Senkel herabhängen läßt), wobei man ihn hin- und herneigt, bis man die richtige Stellung gefunden hat, die durch untergelegte Keile (*Isfain*) gesichert wird. Dann wird der Hohlraum, der neben dem *Kursī* in der Rinne noch frei bleibt, mit Blei ausgegossen [21]). Damit ist der *Kursī* (und mit ihm der Meridianring) fest mit der Säule verbunden.

Hierauf setzt man die übrigen Ringe in das Innere des Meridianringes ein und verbindet sie (in der oben angegebenen Weise) durch die Polzapfen miteinander. Damit ist das Instrument zusammengesetzt, und es steht fest auf seinem *Kursī* [22]) (s. Abb. 8).

Über die Verstärkungen (*Zijâda*) (und Verbesserungen), die ich an dem Instrument angebracht habe, und durch welche es vollkommener und haltbarer wird [23]). Ich werde sie nacheinander besprechen. Ferner habe ich Abbildungen [24]) der Ringe und der Drehzapfen hergestellt, deren Zweck ich auseinandersetzen will.

Die Ansätze, die an den ebenen Flächen des Meridianringes angebracht sind, dienen dazu, die Stellen, an denen sich die Bohrungen für die Äquatorpolzapfen befinden, zu verstärken [25]).

Die Ansätze am großen Breitenring dienen zu dessen Verstärkung an den zwei wechselseitig und diametral gegenüberliegenden Stellen, an denen seine ebenen Flächen ausgeschnitten sind [26]).

Mit diesen beiden Ausschnitten, (die eine Verbesserung darstellen) und passende Abmessungen haben, legt sich der große Breitenring bei seiner Drehung über dem Tierkreis an die Äquatorpolzapfen (P_1 und P_2) an (vgl. Abb. 8).

Die Verstärkungen, die an den ebenen Flächen aller übrigen Ringe angebracht werden und zwar an den Stellen, wo sich Durchbohrungen zum Einsetzen der Polzapfen befinden, dienen ebenso wie diejenigen beim Meridianring dazu, die betreffenden Stellen widerstandsfähiger zu machen, damit die Ringe nicht zerbrechen.

Die Verwendung der Alhidade macht den sechsten Ring (Ring E in Abb. 8) überflüssig, den Ptolemäus im Innern des fünften Ringes angebracht hat. Er dient zur Bestimmung der Breite von Sternen, die eine (astronomische) Breite haben (also von solchen Sternen, die nicht auf der Ekliptik liegen; vgl. F. Nolte S. 21). Diese Bestimmung läßt sich ohne weiteres mittels der Alhidade und ihren Absehen durchführen. Es hat sich im Laufe der praktischen Anwendung[27]) gezeigt, welche Fehler und Mängel sich bei dem sechsten Ring einstellen, während diese sämtlich bei Verwendung der Alhidade fortfallen[28]). Die Herstellung und Anwendung der letzteren ist viel leichter (als diejenige des Ringes).

Zu den Dingen, die bei Anwendung des sechsten Ringes zu Fehlerquellen führen können, gehört, daß dieser sich im Innern des fünften Ringes (konaxial zu ihm) drehen muß; dabei darf aber seine Fläche nicht aus der Fläche des fünften Ringes heraustreten. Um dies zu verhindern, müssen geeignete Vorrichtungen (Führungen) angebracht sein. Dies kann auf zweierlei Weise geschehen: Einmal dadurch, daß man längs der Mitte der konvexen Fläche des sechsten Ringes eine Nut und längs der konkaven Fläche des fünften Ringes Stifte anbringt, die in diese Nut hineinragen. Man kann auch auf den beiden ebenen Flächen des sechsten Ringes Stifte anbringen, die man umbiegt, sodaß sie, über seine äußere konvexe Fläche vorstehend, sich an die ebenen Flächen des fünften Ringes anlegen und somit beide Ringe zusammenhalten. Diese Stifte kann man aber nicht (umgekehrt) an den ebenen Flächen des fünften Ringes anbringen. Bewegt sich nämlich der Zeiger über ihn hin, so wird er durch die Stifte an der Bewegung gehindert. Ferner ist klar, daß, wenn der sechste Ring den fünften Ring innig berührt, er den Beobachter hindert, ihn ohne Schwierigkeit zu bewegen, insbesondere wenn der Ring leicht (dünn) ist. Bewegt er sich aber leicht, so wird die Messung fehlerhaft; der sechste Ring bleibt dann nämlich nicht in der Mitte des fünften.

Ist der sechste Ring groß, so kann es vorkommen, daß bei der (dadurch bedingten) großen Entfernung der auf ihm befindlichen Absehen es nicht möglich ist, daß der Beobachter durch die beiden Löcher einen Stern sehen kann [29]). Ferner ist es bei den großen Dimensionen nicht gut möglich, ein gerades Rohr [30]) anzubringen, das die Absehen verbindet (da es wohl zu schwer sein würde). Ist aber das Instrument klein, so kann man erst recht keine große Genauigkeit erzielen, und man kann dann überhaupt keinen Nutzen aus dem Instrument ziehen [31]).

Benutzt man hingegen die Alhidade, die an die Stelle des sechsten Ringes tritt, so befestigt man die Absehen (an der Alhidade) an beliebigen Stellen [32]), und der Erzielung eines genauen Meßresultates steht nichts im Wege. Die Verwendung der Alhidade hat auch den Vorzug, daß man für sie ohne weiteres den Mittelpunkt des fünften Ringes als Drehachse benutzen kann. Es ist dies viel leichter, als die Mittelpunkte von verschiedenen Kreisen so zu ermitteln, daß diese genau zusammenfallen. Die Alhidade hat auch noch andere Vorzüge, die sich vor allem bei der Beobachtung selbst geltend machen.

Das Prüfen der Ringe und das Zurichten ihrer Flächen ist unbedingt nötig. Ich habe hierzu verschiedene Lehren [33]) hergestellt, mit welchen die Prüfung durchgeführt wird.

Herstellung der Kreislehren für die Prüfung der Ringe. Diese sind kräftige, rechteckige Kupferscheiben, die $^1/_2$ Elle lang und 3 Finger breit im bearbeiteten Zustand sind. Man zieht am einen Rand einen Kreisbogen, dessen Durchmesser gleich dem inneren Durchmesser des Ringes ist, dessen innere Fläche man prüfen will. Man feilt den erwähnten Rand der Scheibe nach diesem Kreisbogen zu. Ebenso gestaltet man den gegenüberliegenden Rand zu einem Kreisbogen, dessen Durchmesser gleich demjenigen der äußeren, konvexen Fläche des betreffenden Ringes ist. Es ist somit der eine Rand der Scheibe (Kreislehre) konvex, der andere konkav. Mit dem konvexen Rand prüft man die konkave Fläche und mit dem konkaven Rand die konvexe Fläche des Ringes, für den die Lehre hergestellt wurde. Für sämtliche Ringe stellt man derartige Kreislehren her, mit denen man ihre Kreisflächen prüft (Abb. 18).

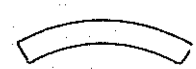


Abb. 18.

Herstellung der Lehren für die Prüfung der ebenen Flächen der Ringe: Man nimmt zwei Lineale. Das eine ist etwas länger als der äußere Durchmesser des größten Ringes, das andere ist 3 Spannen lang. Das eine Ende des Lineals verschiebt man von Stelle zu Stelle und legt dabei das andere Ende auf die diametral gegenüberliegende Stelle der beiden ebenen Flächen des Ringes und prüft so, ob die beiden entsprechenden Stellen in der gleichen Ebene liegen. Liegt das Lineal sowohl auf dem äußeren wie dem inneren Rande des Ringes an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen dicht auf, so ist die betreffende ebene Fläche an diesen Stellen in Ordnung. In dieser Weise wird Stelle für Stelle geprüft, bis man das Lineal über den ganzen Umfang des Ringes hingedreht hat. So prüft man die beiden ebenen Flächen aller Ringe. Erscheint aber hierbei Licht zwischen Lineal und Ring nach dem äußeren Rande zu, so sind Unebenheiten vorhanden; man feilt dann den inneren Rand an der betreffenden Stelle ab, bis die Unebenheiten behoben sind. Umgekehrt feilt man den äußeren Rand ab, wenn Licht zwischen dem Lineal und dem Ring nach dessen inneren Rande zu erscheint[34].

Das kurze Lineal wird auf eine Stelle der ebenen Fläche nach der anderen gelegt. Liegt es hierbei dicht auf, so ist die betreffende Stelle in Ordnung. Zeigt sich hingegen zwischen dem Lineal und einer Stelle Licht, so feilt man die höhere Stelle so lang ab, bis das Licht beim Auflegen des Lineals verschwindet; dann ist die betreffende Stelle in Ordnung. In dieser Weise prüft man Stelle für Stelle der ebenen Flächen der Ringe[35].

Herstellung der Lehren zur Prüfung der Breite und der Höhe der Ringe: In eine rechteckige Scheibe macht man einen rechteckigen Einschnitt, dessen Weite gleich der Höhe (h) des zu prüfenden Ringes ist (Abb. 19). Man untersucht mit dieser Lehre die Höhe des Ringes in der Weise, daß man sie einmal von der konvexen und einmal von der konkaven Seite her aufsetzt und mit ihr längs des Ringes hingleitet. Man prüft mit einer solchen Lehre die Querschnitte am Kolur- und Tierkreisring, ferner ob die inneren und äußeren Begrenzungskreise (die Kanten) des Ringes je einander gleich

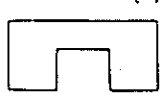


Abb. 19.

sind, und ob ihre Mittelpunkte auf der Mittelachse des Ringes liegen. — Weitere Scheiben dienen zur Prüfung der Breite der Ringe.

Dies sind die fünf Formen der Lehren, mit denen man prüft, ob die Ringe richtig hergestellt sind, oder ob sich an ihnen Mängel finden.

Um die ebenen Flächen der Ringe so genau wie möglich zu prüfen, nivelliert man sie auf einer horizontalen Ebene mit einem Nivellierinstrument (*Mîzân*), das *Afâdain*[36]) heißt. Man fertigt aus Ton, aus dem die Töpferwaren hergestellt werden, eine kreisrunde Rinne (N), die an dem inneren Rande des betreffenden Ringes (R) anliegt. (Die Rinne wird also von dem Ring umgeben.) Der innere Rand (i) der Rinne ist höher als der äußere (a) (der die Innenfläche des Ringes berührt) (Abb. 20). Man füllt die Rinne mit Wasser, auf das feine Asche (*uschnân*) gestreut wird[37]). Hat man genügend Wasser eingefüllt, so fließt es über den äußeren, niedrigen Rand des Ringes ab. Bei der Ausführung des Verfahrens muß vollkommene Windstille herrschen,

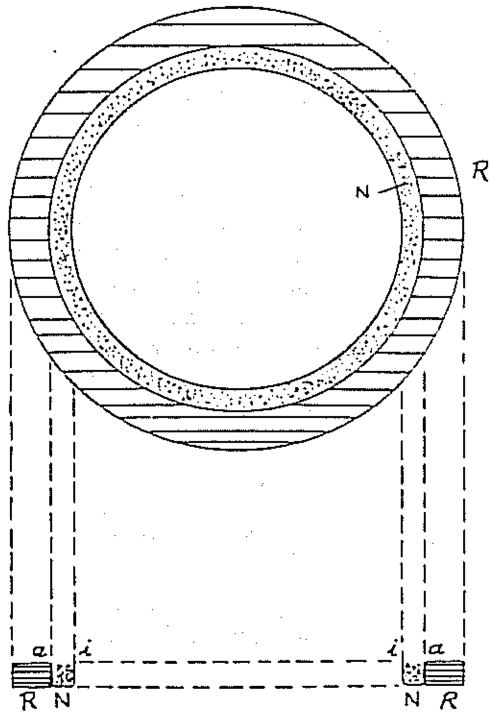


Abb. 20: Das Nivellier-Instrument *Afâdain*. In Grund- und Aufriß. R der zu nivellierende Ring, N die Tonrinne, i deren erhöhter innerer Rand, a der niedrigere äußere Rand.

damit das Wasser durch den Wind nicht in Bewegung gerät. Die Unebenheiten auf den ebenen Flächen der Ringe treten beim Abfließen des mit der Asche bestreuten Wassers gut hervor und werden mit der Feile beseitigt.

Anmerkungen.

1) Unsere Kenntnisse von der Armillarsphäre, deren Konstruktion und meßtechnische Verwendung, insbesondere zur Zeit der Araber, sind zusammengestellt in der eingehenden Untersuchung von F. Nolte (a. a. O.), auf die hier ausdrücklich verwiesen sei. F. Nolte behandelt in dieser Schrift auch alle mit der eigentlichen Armillarsphäre verwandten Ringinstrumente, wie Solstitial- und Äquinoktialarmillen (s. die folgenden Instrumente III u. IV).

2) Auf diese Frage kommt der Verfasser im Laufe der Beschreibung der Armillarsphäre eingehend zurück (s. S. 46).

3) Vgl. F. Nolte S. 5 u. S. 13.

4) Wir bezeichnen mit Breite b der Ringe die Längendifferenz zwischen innerem und äußerem Durchmesser (gleich dem Abstand zwischen konkaver Innenfläche und konvexer Außenfläche), mit Höhe h den Abstand der beiden ebenen Flächen der Ringe (s. Abb. 21).

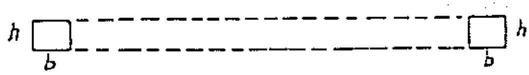


Abb. 21.

5) Wir nennen diese Ringe kurz Tierkreis- und Kolurring; entsprechend kürzen wir bei den anderen Ringen ab.

6) Das soll heißen: Sein innerer Durchmesser ist gleich dem äußeren Durchmesser der beiden ersten Ringe.

7) Diese Bemerkung ist nicht recht verständlich. Der Verfasser kommt nämlich w. u. S. 47 auf ein für alle Ringe gültiges Verfahren zur Prüfung der Kreisform der Ringe zu sprechen.

8) Merkwürdig ist, daß dementsprechend nicht der Meridianring der Tragende heißt, sondern der Kolurring.

9) *Quṭb* ist je nachdem mit Drehzapfen, Achse oder Pol zu übersetzen. *Al 'Urḍī* benutzt für Achse auch das Wort *Miḥwar*. Die Drehzapfen, die an den Polen von Äquator und Ekliptik angebracht sind, nennen wir im folgenden stets Polzapfen.

10) Die Beschreibung der Teilung des Tierkreisringes ist im Text nicht systematisch angeordnet. Um das Verständnis zu erleichtern, wurde durch entsprechende Fassung und Umstellung diesem Mangel abzuhelfen gesucht.

11) Mit Kanten bezeichnen wir die vier Kreislinien, längs deren sich zwei anstoßende Begrenzungsflächen des Ringes schneiden. Diese Bedeutung von *Rukn* ist dadurch gesichert, daß in einer Handschrift (Brit. Mus. pers. Add. 7702) an der Kante einer Platte *Rukn* steht.

12) Die innere konkave Begrenzungsfläche erhält keine Teilung.

13) Man braucht dann nicht immer auf der gleichen Fläche abzulesen, sondern kann beliebig die Vorder- oder Rückfläche anwenden usf.

14) Dies ist die Art der Teilung, wie sie auch sonst üblich ist. Jedoch ist die Unterteilung der Gradteilung „soweit wie möglich", die nur für diesen Ring vorgeschrieben wird, bemerkenswert. Man ersieht hieraus jedenfalls, wieweit die arabische Feinmechanik fortgeschritten sein mußte (vgl. hierzu w. u. S. 55).

15) Dieser Durchmesser entspricht der Mittellinie des *Kursī*, die beim aufgestellten Instrument senkrecht zum Horizont ist.

16) Damit ist wohl Emessa oder Damaskus gemeint, wo sich *al 'Urḍī* aufhielt (vgl. die Ausführungen zum Leben von *al 'Urḍī* S. 112).

17) Der Vorreiber (Splint) trägt seinen Namen *Faras* (Pferd) von seiner Gestalt, ebenso wie beim Astrolab.

18) Dabei ist zu beachten, daß die Absehen über das Lineal zur Hälfte vorstehen müssen, wie in Abb. 17 angedeutet ist. In diesem Fall schneidet die durch ihre Löcher gehende Visierlinie die Mittellinie der Drehachse, während anderenfalls Exzentrizitätsfehler entstehen würden. Dies ist in vielen Zeichnungen von Albidaden nicht beachtet.

19) *Mūnhanī* ist mit gewölbten Schutzblechen übersetzt. Man darf ja nicht an Linsen denken.

20) Man höhlt die Säule von ihrer oberen Fläche her in der Art aus, daß eine Rinne entsteht mit parallelen Seitenflächen und einem von einem Kreisbogen begrenzten Boden (vgl. Abb. 23).

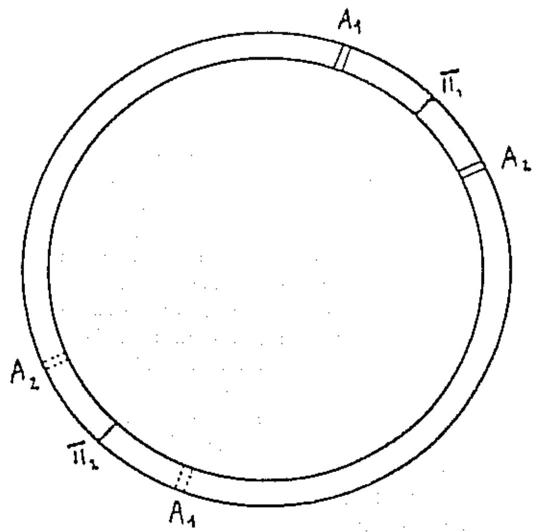


Abb. 22: Es sind die Ausschnitte an den ebenen Flächen des großen Breitenringes angedeutet. Blickt man auf den Ring, wie es die Abb. zeigt, so sind zwei Ausschnitte nicht sichtbar, da sie auf der unteren Seite des Ringes, auf der abgewandten ebenen Fläche, eingeschnitten sind; sie sind daher in der Abb. punktiert gezeichnet. Je zwei Ausschnitte A_1 A_1 und A_2 A_2 gehören zusammen und liegen im Winkelabstand $23^1/_2{}^0$ von den Stellen Π_1 Π_2 des Ringes, an denen er in den Ekliptikpolzapfen befestigt ist, entfernt.

21) Die Befestigung von in Stein eingesetzten Metallteilen durch eingegossenes Blei wird öfters erwähnt (vgl. E. Wiedemann, Beitr. X, Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 38, 328. 1906).

4*

22) Über diesen Gegenstand macht *al 'Urḍī* längere Ausführungen, die jedoch nur früher Gesagtes wiederholen und daher übergangen werden können.

23) *Al 'Urḍī* stellt noch einmal alles zusammen, was er bei der Konstruktion der Armillarsphäre in *Marāgha* als seine besonderen Verdienste und Neuerungen betrachtet wissen will.

24) Diese Bemerkung des Verfassers bezieht sich auf die Figuren des Textes, die indes größtenteils recht verzeichnet sind und daher für die Klarstellung der Beschreibung kaum einen Wert haben (vgl. S. 20).

25) Über die Form dieser Verstärkungen fehlen nähere Angaben. Es handelt sich wohl um scheibenförmige Auflagen an den Stellen, die infolge der Durchbohrungen für die Polzapfen geschwächt sind (vgl. S. 36).

26) Es handelt sich hier um passend geformte Ausschnitte an den ebenen Flächen des großen Breitenringes, die es ermöglichen sollen, daß dieser Ring, seinem Verwendungszweck entsprechend, jeweils einen vollen halben Umlauf über den Tierkreis ausführen kann. Dann müssen es aber vier Ausschnitte sein, nämlich paarweise A_1 A_1 und A_2 A_2, und nicht nur zwei, wie der Text angibt (vgl. Abb. 22).

27) Danach hat *al 'Urḍī* ursprünglich ebenfalls diesen Ring benutzt.

28) Vgl. hierzu die Bemerkungen bei F. Nolte, S. 12 oben.

29) Die mit Öffnungen versehenen Absehen werden an zwei diametral gegenüberliegenden Stellen einer der ebenen Flächen des Rings angebracht. Ihr Abstand ist gleich dem Durchmesser des Ringes, mithin von vorneherein gegeben. — Es ist in der Tat ungemein schwierig, durch die engen Absehlöcher einen schwachen Stern anzuvisieren. Daher bringt *Ibn Sīnā* auch eine Art Sucher an seinem Beobachtungsinstrument an (Avicenna, S. 124).

30) Solche Röhren (ohne Linse) zur Beobachtung von Himmelskörpern sind in der vorliegenden Abhandlung von *al 'Urḍī* wie auch sonst bei arabischen Schriftstellern erwähnt. Sie erleichterten die Beobachtung insofern, als sie vor allem bei größeren Abständen störendes Seitenlicht abhielten. Diese Abschirmung geschah noch vollkommener durch gleichzeitige Anwendung einer größeren Schutzblende auf der Seite der Röhre, an der das Auge liegt, und wie sie auch *al 'Urḍī* (vgl. S. 78) angibt. — Eine Zusammenstellung der älteren Angaben über die Verwendung solcher Röhren gibt C. A. Nallino in seinem Werk: Al Battânî sive Albatenii opus astronomicum, S. 272.

31) Man kann vor allem auch die Teilung nicht hinlänglich weit durchführen. — Zu der im vorstehenden und auch an späteren Stellen von *al 'Urḍī* gegebenen Kritik von Mängeln an Instrumenten vgl. auch Avicenna.

32) Man kann die Absehen jetzt einander beliebig nahe auf der Alhidade befestigen (natürlich zweckmäßig nicht zu nahe). Eine Schwierigkeit liegt nur darin, daß man das Auge nicht leicht an die Okularabsehe heranbringen kann, da die Ringe im Wege stehen.

33) In der Übersetzung ist hier gleich die moderne Bezeichnung „Lehren" angewandt worden. Mit Lehren bezeichnet man ja allgemein heute Vorrichtungen zum Prüfen von Kreisflächen — Kreislehren —, zum Prüfen von Längenmaßen — Meßlehren —; auch die Wasserwagen kann man zu

den Lehren zählen. Vgl. hierzu und zu dem gesamten Abschnitt über Lehren K. Schoy, „Gnomonik der Araber" in E. von Bassermann-Jordan: „Die Geschichte der Zeitmessung und der Uhren", Bd. 1 (Lieferung F), S. 7. 1923.

34) Dies Verfahren wird auch angewandt, um zu prüfen, ob Flächen vollkommen eben sind. Man legt dazu auf diese ein Lineal, von dem man sich überzeugt, daß seine Kante vollkommen gerade ist.

35) Die Prüfung der ebenen Flächen der Ringe wird also in zwei Stufen durchgeführt: Zunächst prüft man mittels des großen Lineals die diametral gegenüberliegenden Stellen in radialer Richtung. Hierauf prüft man jede Stelle einzeln mittels des kleinen Lineals entlang dem Umfang.

36) *Afādain* dürfte zusammenhängen mit Worten wie *Fādin*: „Instrument, um zu untersuchen, ob eine Fläche horizontal ist". Es bedeutet auch Senkel, wie eine Zeichnung in dem Wörterbuch von *Ma'lūf* lehrt.

37) Die Asche soll wohl die Beweglichkeit der Wasseroberfläche herabsetzen; diese wird dadurch zäh.

III.

Die Solstitialarmille.

(Arab. Text fol. 67 a.)

Ein Ring von 2,5 m innerem Durchmesser ist, auf einer Säule befestigt, in der Meridianebene aufgestellt. Zu seiner Versteifung befindet sich in seinem Innern eine vertikal stehende Stange, in deren Mitte drehbar eine Alhidade angebracht ist, deren beide Enden auf einer Teilung gleiten, die auf der einen ebenen Fläche des Ringes eingetragen ist, und an der die Kulminationshöhe der Sonne abgelesen wird. — In der ursprünglichen, von Ptolemäus stammenden Form war an Stelle der Alhidade ein mit Absehen versehener Ring im Innern des Meridianringes angebracht.

Ebenso wie der unter I besprochene Mauerquadrant diente die Solstitialarmille zur Bestimmung der Kulminationshöhe und im Anschluß hieran zur Bestimmung der Ekliptikschiefe und der Breite des Beobachtungsortes.

Zu den von den Alten benutzten Instrumenten gehört ferner dasjenige, mit dem man die Neigung des Tierkreises gegen den Äquator bestimmt [1]).

Es besteht aus einem Ring, der in der Ebene des Meridians am Beobachtungsort fest aufgestellt ist, und mit dem man die größte Neigung des Tierkreises (die Ekliptikschiefe) mißt. Dieser Ring muß groß sein, damit man ihn in kleine Teile, Minuten, je 2 Minuten oder je 3 Minuten, teilen kann.

Ptolemäus erwähnt ihn in seinem Almagest[7]). Im Innern dieses Ringes brachte er einen weiteren Ring an, der sich innerhalb des ersten (d. h. im Meridian) nach den beiden Seiten Norden und Süden dreht. Dabei bleibt seine Fläche in der Fläche des äußeren Ringes.

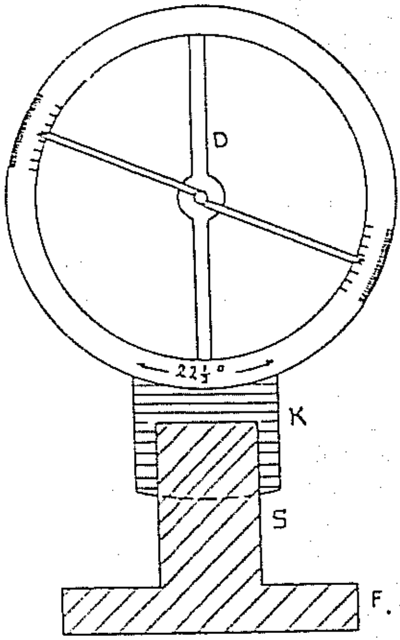


Abb. 23.

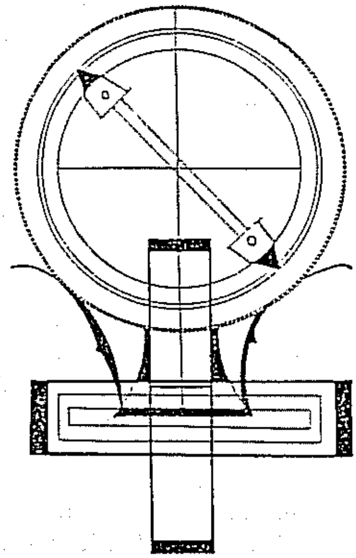


Abb. 23 a.

Abb. 23: Schematische Ansicht der Ekliptikarmille. Die Befestigung des *Kursi* auf der Säule S mit dem Fundament F gilt auch für die Befestigung des Meridianringes der Armillarsphäre.

Abb. 23a: Ansicht der Ekliptikarmille aus der Handschrift von *al Āmili*, aus der ohne weiteres hervorgehen dürfte, daß es sich um die gleiche Ausführung wie bei *al 'Urḍi* handelt.

Senkrecht auf einer der (ebenen) Flächen des inneren Ringes brachte Ptolemäus zwei einander diametral gegenüberstehende Absehen an, in deren Mitten zwei kleine Zeiger angebracht waren, die sich auf dem inneren Umfang des äußeren Ringes bewegen und die Kulminationshöhe der Sonne und der Sterne zu messen gestatten, (wobei die eine Absehe die andere vollkommen beschattete) *). Mit der Anbringung des inneren Ringes ist (als einziger Vorteil) der Fortfall des Zeigers für die Teile[3]) und des Lineals mit den Absehen verbunden; einen anderen Zweck hat er nicht.

Für den inneren Ring gilt übrigens dasselbe, was wir über den sechsten Ring bei der Armillarsphäre gesagt haben (s. S. 46).

Man fertigt einen Ring von 5 Ellen (innerem) Durchmesser, 4 Finger Breite und 4 Finger Höhe an. In seinem Innern bringt man einen „Durchmesser" an (wohl ebenfalls eine kupferne Platte D), wie beim fünften Ring der Armillarsphäre. Man befestigt den Ring (ebenso wie den fünften Ring der Armillarsphäre) auf einem *Kursi* (K); dieser hat die Form eines Kreisbogens, dessen Länge einer Bogenlänge von $22^1/_2{}^\circ$, gemessen an der Teilung des Ringes, entspricht[4]). Der Ring wird so aufgestellt, daß der erwähnte Durchmesser durch die Mitte des *Kursi* geht (und vertikal steht). Die Platte trägt hierbei das Gewicht des Ringes (vgl. Abb. 23).

Ferner stellt man (wie bei dem fünften Ring der Armillarsphäre) eine Alhidade[5]) her, die um die Mitte des „Durchmessers" drehbar ist (s. Abb. 23). Die eine ebene Fläche des Ringes teilt man in 360 Teile und unterteilt jeden dieser Teile soweit wie möglich. Da der innere Rand des Ringes einen Durchmesser von 5 Ellen hat, so ist der Umfang des äußeren Randes nicht kleiner als $16^2/_3$ Ellen[6]) (genauer $16^3/_4$ Ellen). Die Hälfte davon beträgt 8 Ellen und $^1/_3$ Spanne[7]). Die Länge des einem Grad entsprechenden Stückes an der Teilung ist etwas größer als 1 Finger der Elle. Es ist aber leicht möglich, diese Teile in 60 oder 30 Teile (d. h. je in 1 oder je in 2 Minuten) zu unterteilen[8]), und man prüfe dies.

Man zieht einen Durchmesser, der auf dem kupfernen Durchmesser, der den *Kursi* halbiert und nach dem Zenit beim aufgestellten Ring gerichtet ist, senkrecht steht. Nachdem man die Teilung des Ringes beendigt hat, beziffert[9]) man die Teilung, beginnend bei den Enden des kupfernen Durchmessers und endigend bei den Enden des zweiten Durchmessers, der dem Horizont parallel ist, beiderseits mit 90°[10]).

An der Alhidade bringt man zwei gleich große Absehen an. Die Linie, die durch den Mittelpunkt des Ringes und da-

*) Vgl. Avicenna, S. 140, Abb. 22.

mit durch denjenigen der Alhidade geht, halbiert die Breite jeder der Absehen. Die Absehen besitzen in der Mitte ihrer Breite in gleichen (senkrechten) Abständen von der Alhidade runde Öffnungen; dabei ist die Linie, die durch deren Mitten geht, parallel zu der Linie, die die Breite der Alhidade halbiert.

Man legt ein gerades Rohr von überall gleicher Weite zwischen die beiden Löcher der Absehen (vgl. S. 47). Hierbei treten die Sehstrahlen am einen Loch in das Rohr ein und am andern Loch wieder aus. Es ist dabei gleichgültig, ob man es mit Strahlen, die vom Auge ausgehen sollen (Sehstrahlen), oder etwas anderem (Lichtstrahlen) zu tun hat[11]. Durch den an der Alhidade angebrachten Zeiger erhält man die gemessene Höhe an der Teilung des Ringes.

Mit diesem Instrument kann man auch die Breite des Beobachtungsortes ermitteln und zwar mit Hilfe von Sternen, die stets sichtbar sind (Zirkumpolarsternen). Ein solcher Stern besitzt, wenn er im Meridian steht, seine höchste (h_1) bezw. seine kleinste Höhe (h_2). Die Höhe des Pols ist gleich der halben Summe (dem arithmetischen Mittel) der beiden Höhen, und diese ist gleich der Breite des Beobachtungsortes: $\left(\varphi = \frac{h_1 + h_2}{2}\right)$[12].

Wie man schließlich das Instrument auf einer Säule aufstellt, das wurde bei dem Meridianring der Armillarsphäre besprochen (s. S. 45), ohne daß dabei irgend etwas unberücksichtigt blieb, (d. h. es brauchen hier keine weiteren Angaben gemacht zu werden).

Anmerkungen.

1) Vgl. u. a. J. A. Repsold: Zur Gesch. der astronomischen Meßwerkzeuge, I. Bd., S. 2.

2) Vgl. Almagest. 1. Buch (Manitius, 1. Bd., S. 41 ff.). In seiner Geographia nennt Ptolemäus den Ring Meteoroskopion (Repsold, S. 2).

3) Diese an sich höchst triviale Bemerkung soll besagen: Bei der Alhidade müssen die an ihren Enden angebrachten Zeiger durch eine Linie verbunden werden können, die durch den Mittelpunkt der Alhidade verläuft (vgl. Abb. 17). Hier liegen die Zeiger an den Enden eines Durchmessers des inneren Ringes, auf dem die Absehen angebracht sind (vgl. hierzu die Ausführungen bei F. Nolte, S. 12 oben).

4) Der Verfasser bringt diese Angaben an einer späteren Stelle bei der Teilung des Ringes. Sie kann sich aber nur auf den *Kursî* beziehen, wie man aus der (hier allerdings unübersichtlichen) Beschreibung entnehmen darf.

5) Die Einführung der Alhidade an Stelle des inneren Ringes betrachtet *al 'Urḍî* wiederum als eine wichtige Neuerung, wie aus seinen kritischen Bemerkungen zur Ptolemäischen Solstitialarmille hervorgehen dürfte.

6) Der äußere Umfang hat eine Länge von $16^2/_3$ Ellen, das sind 400 Finger, die zunächst in 360 gleiche Teile (die Grade) geteilt sind.

7) Im Text steht irrig 3 Spannen. — Der Text, der stellenweise recht unübersichtlich und unklar ist, worauf schon die falschen Zahlenangaben hinweisen, wurde in einer dem Verständnis besser angepaßten Form wiedergegeben.

8) Somit würden auf eine Strecke von etwas mehr als 1 Finger = 2 cm, die 1 Grad entspricht, 60 bezw. 30 Teilstriche kommen. Es ist dies die einzige genauere Angabe, die man bisher für die Feinheit der Teilung eines Kreises gefunden hat.

9) Man beziffert hier wohl jeden Grad, denn eine Teilung von 5 zu 5 Grad, die gewöhnlich beziffert wurde, ist nicht angegeben.

10) Endigt man wie hier am horizontalen Durchmesser mit 90°, so mißt man Zenitdistanzen (vgl. Anm. 5 zum Mauerquadranten S. 32).

11) Zu dieser Frage vgl. E. Wiedemann, Beitr. II (Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 36, 338. 1904).

12) Diese Aufgabe läßt sich ebensogut auch mit dem Mauerquadranten und ähnlichen Instrumenten lösen.

IV.

Die Äquinoktialarmille.

(Arab. Text fol. 67 b.)

Al 'Urḍî schliefst die Beschreibung dieses Instrumentes unmittelbar an diejenige des vorhergehenden Instrumentes an. Daher hat er auch manche Einzelheiten in der Beschreibung übergangen.

Wir haben hier zunächst das unter III beschriebene Instrument, also einen in der Meridianebene fest aufgestellten Ring, den sogen. Meridianring. An ihm ist unter einem rechten Winkel ein weiterer Ring, der sogen. Äquatorring, angebracht, der eine durch die geographische Breite des Beobachtungsortes vorgeschriebene Neigung gegen den Horizont hat. — Die Äquinoktialarmille diente zur genauen Bestimmung des Eintritts der Sonne in die Äquinoktien. Im Altertum bediente man sich hierbei lediglich eines möglichst grofsen Ringes, der auf einem festen Unterbau ruhte.

Dieser Ring (der Äquatorring) wird in der Ebene des Äquators aufgestellt. Ptolemäus bezeichnete ihn als den Ring, mit dem der Eintritt der Sonne in einen der Äquinoktialpunkte beobachtet wurde; im Almagest nannte er ihn den Ring der Gleichheit[1]). Seine Herstellung und Prüfung geschieht in der gleichen Weise, wie sie bei der Armillarsphäre auseinandergesetzt wurde.

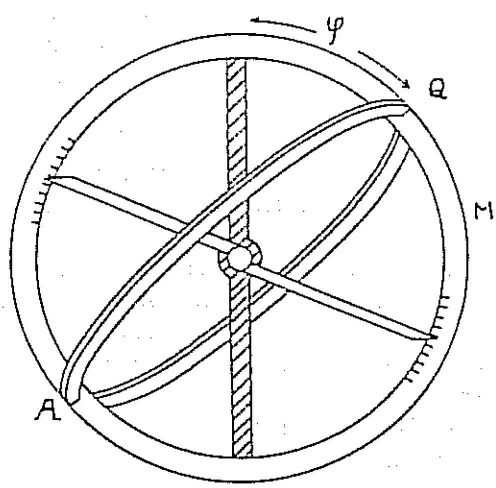


Abb. 24: Schematische Ansicht der Äquinoktialarmille. M ist der Ring, an dem der Äquatorring AQ entsprechend der geogr. Breite φ des Beobachtungsortes befestigt ist.

Der Ring wird erst aufgestellt, nachdem die Breite des Beobachtungsortes (φ) ermittelt ist; diese ist dann gleich dem Betrag des Abstandes seines Umfanges vom Zenit. Damit ist die Neigung der Äquatorebene gegen den Horizont gegeben; sie ist gleich dem Winkel zwischen der Ebene des Ringes und dem Horizont (und entspricht dem Winkel $90^0 - \varphi$).

Wird der Ring (entsprechend diesem Winkel) aufgestellt[2]), wobei seine Ebene parallel zum Äquator liegt, so beschattet der Ring sich selbst. Dabei ist seine konkave Seite gleichmäßig beleuchtet (bezw. sie liegt vollständig im Schatten). Dies tritt ein, wenn die Sonne eben in einen der beiden Äquinoktialpunkte eintritt.

Da das Instrument nicht nur unter dem Äquator (wo der Ring senkrecht steht), sondern auch unter geneigten Horizonten (d. h. unter beliebigen Breiten) verwendet werden soll, so muß dem Ring eine bestimmte Neigung gegen den Horizont gegeben werden[3]). Dann verändert sich aber (infolge mangelhafter Aufstellung auf einem festen Fundament) leicht seine Lage (vgl. F. Nolte, S. 10) Überdies ist das Instrument in diesem Falle schwierig aufzustellen. Ich (*al ʿUrḍī*) will daher die beste Art der Aufstellung des Instrumentes, wie sie sein soll, beschreiben:

Der (Äquator-)Ring (AQ) wird am Meridianring (M) angebracht als Ersatz des inneren Ringes (der Solstitialarmille), den man fortläßt[4]). Er wird senkrecht zum Meridianring befestigt in der gleichen Weise wie der Tierkreis- und der Kolurring bei der Armillarsphäre (Abb. 9). Der Abstand des Äquatorringes vom Zenit ist (wie erwähnt) gleich der Breite des Beobachtungsortes (Abb. 24). Der Meridianring trägt das Gewicht des Äquatorringes und hindert ihn daran, seine Lage zu verändern[5]). Man macht den Äquatorring etwas größer (wohl nur den inneren Durchmesser) und (infolgedessen) etwas schmaler als den Meridianring, damit er leichter ist (vgl. Abb. 24). An den Stellen, wo sich die Einschnitte zum Einfügen des Äquatorringes in den Meridianring befinden, bringt man an den Ringen Verstärkungen an.

Die Teilung des Meridianringes befindet sich am inneren Umfang, damit die Alhidade, (die sich über der Teilung bewegt), durch den Äquatorring nicht daran gehindert wird[6]) (vgl. Abb. 24).

All dies ist klar und ohne Zweifel. Es macht keine Schwierigkeit, den Ring in der Ebene des Äquators aufzustellen und seine Neigung zu prüfen. Diese Neigung muß der Teilung am Meridianring entnommen werden. Würde man sie an einem Kreis messen, der von dem Meridiankreis abweicht[7]), so ergibt sich das, was auch bei dem größten der Kreise zutrifft, die in dem Portikus[8]) (der quadratischen Halle) in Alexandrien aufgestellt sind. Dieser wird an einem und demselben Äquinoktium zweimal beleuchtet[9]).

Anmerkungen.

1) Ptolemäus erwähnt das Instrument im Almagest, 3. Buch, S. 134/35 mit Anm. 19, S. 426 (Manitius). Der Name „Ring der Gleichheit", den *al ʿUrḍī* angibt, ist jedoch dort nicht zu finden.

2) Diese Äquinoktienringe, die große Ausmaße hatten und auf öffentlichen Plätzen aufgestellt waren, ruhten auf einem festen Unterbau (vgl. F. Nolte, S. 9 ff.).

3) Aus dieser Bemerkung darf man fast schließen, daß *al ʿUrḍī* seinen Ring, auf den er im Anschluß an die Kritik des Ptolemäischen Instruments

zu sprechen kommt, für verschiedene Breiten einstellen konnte. Über die Art der Vorrichtung, mittels der sich dies erreichen ließ, fehlen indessen Angaben.

4) Die Anordnung von *al 'Urḍi* und auch von *Ibn Sînâ* (s. Avicenna, S. 82) scheint sich wesentlich von derjenigen von Ptolemäus zu unterscheiden. Bei letzterem heißt es, daß die Ringe mit den darunter befindlichen Fundamenten verbunden sind. Man hat wahrscheinlich einen Sockel, der oben durch eine ebene Fläche begrenzt wird, die parallel der Äquatorebene ist, und auf die entweder selbst der Äquatorring gelegt wird, oder auf der eine Reihe von Stützen angebracht sind, die den Ring tragen. Das letztere ist wohl wahrscheinlicher, da sonst eine Beleuchtung der Unterseite des Ringes ausgeschlossen ist. Die Anordnung von *al 'Urḍi* und *Ibn Sînâ*, bei denen der Äquatorring an einem vertikalen Ring befestigt ist, ist jedenfalls die elegantere und läßt leichter eine Prüfung auf Fehler zu.

5) Wie bei der Solstitialarmille wird der Meridianring wohl auch hier durch eine vertikal aufgestellte Kupferplatte gestützt; gleichzeitig dient diese wie dort zur Befestigung der Alhidade.

6) Nach mannigfachen Versuchen glaube ich die vorstehende Wiedergabe für richtig halten zu dürfen. Die sich innerhalb des Meridianringes drehende Alhidade kann zu Höhenmessungen verwendet werden. — Von *Ibn Sînâ* wird eine Alhidade innerhalb des Äquatorrings drehbar angebracht; dann muß die obige Alhidade fortfallen. Ob nicht auch bei dem Instrument von *al 'Urḍi* eine solche vorhanden war und die seinige nur irrtümlicherweise angegeben ist, mag dahingestellt bleiben.

7) Damit ist offenbar ein Kreis gemeint, der nicht den gleichen Radius besitzt wie der Meridiankreis.

8) Die Ergänzung „quadratische Halle" ergibt sich aus der Stelle S. 68 am Schlusse der Beschreibung von Instrument V.

9) Sowohl bei Ptolemäus als auch bei *al 'Urḍi* wird die zweimalige Beleuchtung der konkaven Seiten des Äquatorringes erwähnt und bei Ptolemäus eingehend besprochen. Ich teile die betreffende Stelle mit (Almagest 3. Buch, 1. Kap.) sowie die Erklärungen des Herausgebers Manitius. „Bei der Bestimmung der Jahreslänge mit der Äquatorialarmille können Fehler auftreten. Besonders groß kann nach Ptolemäus der Fehler bei den Instrumenten werden, welche nicht für einmaligen Gebrauch aufgestellt sind und nicht immer wieder genau durch einen Vergleich mit den Beobachtungen geprüft werden. Sie sind vielleicht schon lange mit den darunter befindlichen Fundamenten zu dem Zweck fest verbunden, damit sie ihre Lage unverändert beibehalten, haben aber doch mit der Zeit eine unbemerkt gebliebene seitliche Verschiebung erfahren. Man kann dies an den bei uns (d. h. zu Ptolemäus Zeit) in der Palästra aufgestellten Metallringen beobachten, die scheinbar ihre Lage in der Äquatorebene beibehalten haben. Bei den Beobachtungen ergibt sich aber eine so große Veränderung ihrer Lage, daß ihre konkaven Flächen bisweilen zweimal hintereinander, bei demselben Äquinoktium, den charakteristischen Wechsel der Belichtung zeigen. Es ist dies in um so höherem Maße der Fall, je größer und älter ein solcher Ring ist." (Hierauf

bezieht sich die Bemerkung von *al 'Urdi* am Schlusse der Beschreibung von Instrument IV: „Der größte von den Ringen, die in der quadratischen Halle in Alexandria aufgestellt sind, wird bei einem und demselben Äquinoktium zweimal beleuchtet". Dieser Ring hat mithin den von Ptolemäus gerügten Fehler gehabt.)

Manitius bemerkt hierzu (Almagest, Ausg. von Manitius, S. 427): Der Grund dieser Erscheinung ist in der emporhebenden Wirkung der Refraktion zu suchen, welche den Alten *) unbekannt war. Sie beträgt im Horizont 33 Bogenminuten, d. i. einen Sonnendurchmesser, und verschwindet in größerer Höhe völlig. Ging die Sonne unmittelbar vor der Frühjahrsnachtgleiche mit einer geringen südlichen Deklination auf, so erschien sie dem Beobachter bei oder kurz nach dem Aufgang bereits im Äquator. Der Ring zeigte demnach den beiderseits von einem gleichbreiten Lichtstreifen umrahmten Kernschatten. Erhob sich die Sonne höher über dem Horizont, so machte sich infolge der Abnahme der Refraktion die südliche Deklination bemerklich: die Beschattung verschwand wieder. Bald darauf trat aber die Sonne wirklich in den Äquator: die charakteristische Belichtung der konkaven Ringhälfte erschien wieder. So wurde es möglich, daß der Ring an demselben Tage zweimal hintereinander das Äquinoktium anzeigte.

Die Erklärung der zweimaligen Belichtung, welche sich Ptolemäus in Ermangelung der einzig richtigen aus der Altersschwäche der Ringe zurechtlegt, ist natürlich unzureichend. Es konnte wohl durch eine geringe Veränderung der Lage eines Ringes die Feststellung eines verfrühten oder verspäteten Eintritts der Nachtgleiche verursacht werden, aber wie aus der fehlerhaften Lage eines Ringes die zweimalige Belichtung der konkaven Fläche zustande gekommen sein soll, ist unerfindlich; denn für die wenigen Stunden, welche am Beobachtungstag in Betracht kommen, dürfte wohl auch ein falsch eingestellter Ring seine Lage dauernd beibehalten haben.

V.

Das Hipparchsche Diopterlineal.

(Das Instrument mit der beweglichen Absehe.)

(Arab. Text fol. 68 a.)

Von zwei senkrecht ineinandergefügten Balken, die als Unterlage dienen, gehen vier gleich lange Streben aus, die eine in der Mitte durchbohrte Kreisscheibe tragen, aus der ein senkrecht stehender Pfeiler herausragt, dessen unteres Ende in die Mitte der Unterlage drehbar eingesetzt ist.

*) Hier irrt Manitius. Ptolemäus hat sich in seiner Optik eingehend mit der Brechung und vor allem mit der astronomischen Refraktion befaßt. Unter den Arabern hat sich vor allem *Ibn al Haitham* mit diesem Gegenstand beschäftigt (vgl. u. a. seine Schrift „De crepusculis").

Mit dem oberen Ende des Drehpfeilers, das mit einem passenden Schlitz versehen ist, wird vermittels Gelenk die Mitte des Diopterlineals drehbar verbunden.

In dem Diopterlineal, der eigentlichen Meßvorrichtung, befindet sich auf seiner oberen Fläche der ganzen Länge nach eine schwalbenschwanzförmige Nut, in der sich, auf einem passenden Schlitten befestigt, eine mit einer konischen Durch-

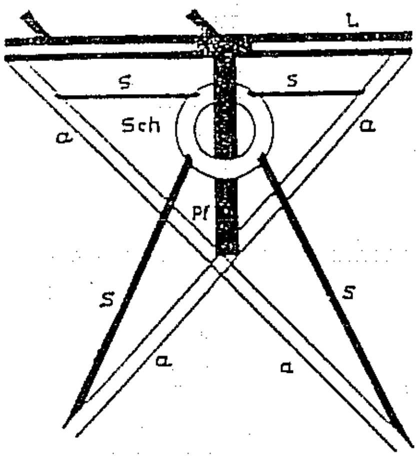


Abb. 25a.

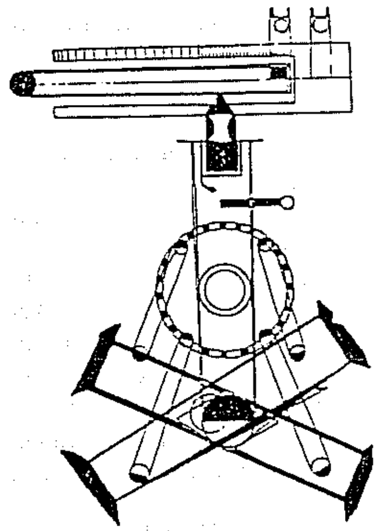


Abb. 25b.

Abb. 25a: Abb. des Instrumentes V aus der Handschrift von *al'Urḍi*, die von allen Abb. in diesem Werke die beste und deutlichste ist.

Abb. 25b: Ansicht des Instrumentes V aus der Handschrift von *al'Āmili*. Man sieht, daß die Ausführung des Instrumentes genau die gleiche ist wie bei *al'Urḍi*.

bohrung versehene Absehe, die bewegliche (oder Objektiv-)Absehe, verschieben läßt. Ihr jeweiliger Abstand vom einen Ende des Lineals wird an einer Teilung abgelesen, die zu beiden Seiten der Nut auf der oberen Fläche des Diopterlineals eingetragen ist. An demjenigen Ende des Lineals, bei dem die Teilung beginnt, ist eine zweite (Okular-)Absehe befestigt, die ebenfalls eine konische Durchbohrung besitzt (vgl. Abb. 25a u. b).

Das Diopterlineal dient zur Bestimmung der scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond sowie zur Beobachtung von Sonnen- und Mondfinsternissen. Dazu sind dem Instrument zwei Scheiben beigegeben, die mit Öffnungen entsprechend den scheinbaren Durchmessern von Sonne bezw. Mond versehen sind. Durch Vorhalten der Scheiben vor die bewegliche Absehe wird der unverfinsterte Teil der Sonnen- bezw. Mondscheibe abgeblendet und dabei die Gröſse des verfinsterten Teils gemessen.

Man kennt es auch unter dem Namen „das Instrument mit den beiden Löchern" [1]). Ptolemäus gibt im Almagest nur den Namen [2]), aber keine Beschreibung des Instrumentes.

Aus zwei senkrecht ineinandergefügten Balken von 4 Ellen Länge bildet man ein Kreuz mit gleich langen Armen (a), das als Fuß für ein Gestell [3]) dient (Abb. 26). An seinen vier Enden befestigt man in entsprechenden Ausschnitten vier gleich lange Streben (s), die unter gleichen Winkeln gegeneinander (nach innen) geneigt sind. An den oberen freien Enden der Streben ist eine runde Scheibe (Sch) [4]) befestigt, die 3 Ellen Durchmesser hat und $^1/_4$ Elle dick ist. Der senkrechte Abstand (d) dieser Scheibe von der Unterlage beträgt 2 Ellen.

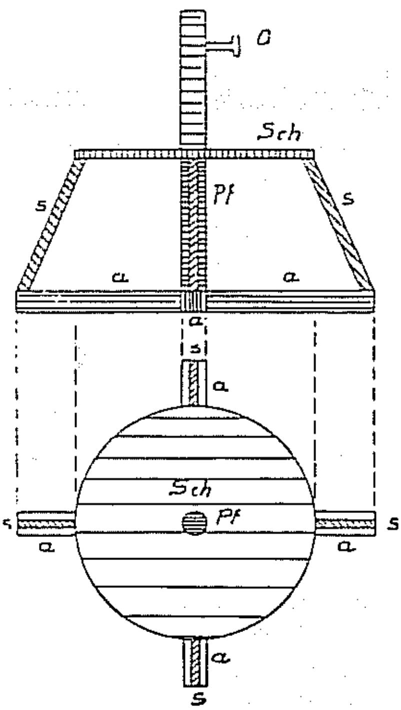


Abb. 26: Das Gestell, auf dem Instrument V ruht, in Grund- und Aufriß. aa die Unterlagbalken, Pf der Drehpfeiler, Sch die runde Scheibe, die von den vier Streben s getragen wird. G (in der Abb. leider verdorben) ist der Griff an dem Pfeiler Pf.

In der Mitte des als Unterlage dienenden Kreuzes errichtet man senkrecht einen 4 Ellen langen runden Pfeiler (Pf) aus hartem Holz, der 5 Finger der Hand dick ist und die

Scheibe in einer entsprechenden Durchbohrung durchdringt. Das untere Ende des Pfeilers besteht aus Eisen und ist als ein Drehzapfen ausgebildet, mittels dessen er sich in der Mitte (M) des Kreuzes dreht[5]). (Wir haben dann eine Drehung des Instrumentes um eine vertikale Achse.)

Mitten durch die obere Fläche des Pfeilers verläuft ein Schlitz von 5 Finger Länge (gleich der Dicke des Pfeilers). Seine Grundfläche ist ein wenig schmäler als die obere Öffnung (sodaß der Querschnitt trapezförmig ist). Seitlich befestigt man an dem Pfeiler einen Griff (G), mit dem man ihn dreht. Damit ist die Beschreibung des Gestells und des Pfeilers erledigt.

Die eigentliche Meßvorrichtung ist das mit der wandernden Absehe versehene Lineal (L in Abb. 25a). Es wird aus Teakholz angefertigt, ist $4\,^2/_3$ Ellen lang und hat einen quadratischen Querschnitt von $^1/_4$ Elle Kantenlänge. In der Mitte seiner oberen Längsfläche befindet sich eine (als Führung dienende) $^1/_2$ Finger tiefe, schwalbenschwanzförmige Nut (N), deren (obere) lichte Weite $^1/_3$ der Breite des Lineals beträgt und schmäler ist als der Boden der Nut (vgl. Abb. 27).

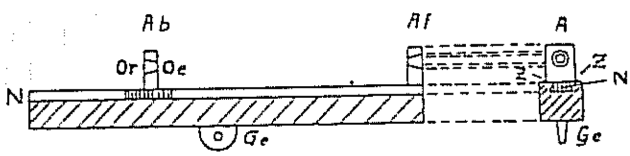


Abb. 27: Längs- und Querschnitt durch das Meßlineal. Ge das Gelenk, mit dem es im oberen Teil des Pfeilers drehbar angebracht ist, N die Nut, A_b die bewegliche, A_f die feste Absehe, O_r und O_e die Oeffnungen in diesen, Z die Zeiger an der beweglichen Absehe. Das senkrecht schraffierte Rechteck unter der Absehe A_b ist der Schlitten Schl; die Bezeichnung Schl fehlt in der Abb.

Ein massives (prismatisches) Kupferstück von 1 *Fitr* Länge, das genau in die Nut paßt und sich in ihr verschieben läßt, dient als Schlitten (Schl) für die bewegliche Absehe (A_b in Abb. 27) (die „Objektivabsehe", wie wir sie nennen wollen), die bei seinem einen Ende senkrecht auf ihm angebracht ist. Dadurch, daß sie um 1 kleinen Finger breiter als die obere Weite der Nut ist, entstehen beiderseits zwei Vorsprünge, an denen je ein Zeiger (Z) angebracht ist. Der obere Teil der Absehe hat eine Öffnung (Lochblende) von der Gestalt eines abgestumpften Kegels [6]). Die weitere Öffnung (Or) des Kegels liegt nach dem längeren Ende, die engere (Oe) nach dem kürzeren Ende des Schlittens zu [7]). Der Durchmesser der engeren Öffnung beträgt $^1/_2$ Finger der Elle.

Die andere (unbewegliche) Absehe (A_f) (die „Okularabsehe") ist am einen Ende des Lineals befestigt; sie hat dieselben Abmessungen wie die bewegliche Absehe. Die Öffnung (Lochblende) an ihrem oberen Teil besitzt ebenfalls die Gestalt eines abgestumpften Kegels; dabei liegt die engere Öffnung (Oe) nach der beweglichen Absehe, die weitere (Or) nach dem Ende des Lineals (am Auge) zu (vgl. Abb. 27).

Die gerade Linie durch die Mitten der Öffnungen der beiden Absehen muß parallel der Linie sein, die die Breite des Lineals halbiert.

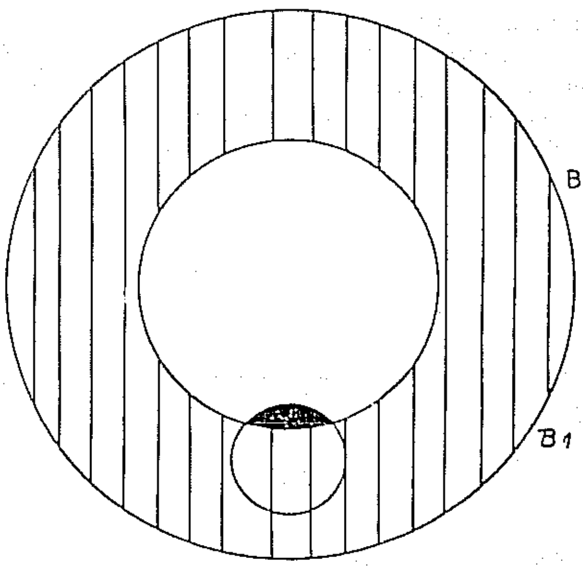


Abb. 28.

Man stellt ferner zwei Kreisscheiben (vgl. Abb. 28) aus Messing her [8]). Der Durchmesser (der Öffnung) [17]) der Scheibe (B_1) ist $2^3/_5$ mal so groß als der Durchmesser der engen Öffnung in der beweglichen Absehe. Der Durchmesser der Scheibe (B_2)

ist gerade so groß wie die enge Öffnung in der beweglichen Absehe. Die beiden Scheiben nennen wir die „Blenden" (arab. *Mirât*).

Auf den Längsflächen des Lineals bringt man zu beiden Seiten der mit der Nut versehenen Fläche je eine Teilung an (vgl. Abb. 25 b), deren Teile gleich dem Durchmesser der engen Öffnung in der beweglichen Absehe sind. Die Teilung erstreckt sich von der festen Absehe, die dem Auge am nächsten liegt, bis zum anderen Ende des Lineals. Im ganzen sind es 220 Teile[9]. Jeden dieser Teile unterteilt man in 12 gleiche Teile; sie heißen Finger des Durchmessers der Sonne und des Mondes. Man schreibt die zugehörigen Zahlen an die Teilpunkte, wobei man bei der festen Absehe beginnt und am anderen Ende des Lineals mit 220 endigt.

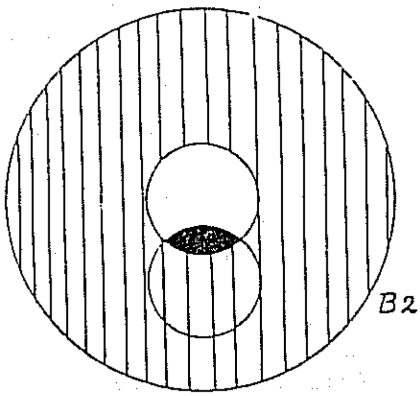


Abb. 28 a.

Die Beobachtung mit diesem Instrument erfolgt in folgender Weise: Man bringt das Auge an die weite Öffnung der festen (Okular-)Absehe. Die Spitze des Sehkegels muß hierbei am Anfang der Teilung und innerhalb der Augenlinse liegen[10]. Der Sehkegel durchschreitet nämlich die Fläche der (Augen-)Linse um ein merkliches Stück; durch eben dieses Stück wird aber das Objekt vom Auge erfaßt. Wenn sich mit zunehmender Entfernung des Objekts vom Auge der Winkel an der Kegelspitze (also die Kegelöffnung) verkleinert, und wenn (dadurch) das Stück des Sehkegels sehr klein wird, das innerhalb der Linse liegt[11], so erfaßt das Auge das Objekt nicht. Aus diesem Grunde gibt es für die verschiedenen Objekte Abstände, bei denen man sie wahrnimmt, und solche, bei denen man sie nicht mehr sieht. Diese Grenzen liegen in der Sehkraft des Auges begründet. Für jedes Objekt gibt es einen gewissen Abstand von dem Auge des Beobachters, der nicht überschritten werden darf, wenn das Objekt nicht unsichtbar werden soll. Nähert sich jedoch das Objekt dem Auge, so wird der Teil des Sehkegels größer, der die Linse erfüllt, und der Gesichtssinn nimmt es dann leicht wahr.

Hat man das Instrument hergestellt und alle Verhältnisse sorgfältig geprüft, so befestigt man in der Mitte der unteren Fläche des Lineals, die der oberen Fläche mit der Nut gegenüber liegt, ein Gelenk (Ge)[12], durch das ein Bolzen gesteckt wird, um den sich das Gelenk mit dem Lineal in dem Schlitz dreht, der am oberen Ende des Pfeilers angebracht ist. (Drehung um horizontale Achse) (vgl. Abb. 27). Durch Drehung des Lineals in dem Gelenk kann man dem Lineal jede beliebige Neigung gegenüber dem Horizont geben[12a]), durch Drehung des Pfeilers (als vertikaler Achse) kann man dem Lineal auch jede beliebige (azimutale) Lage geben.

Will man den Mond zur Zeit seiner Verfinsterung oder zu irgendeiner anderen Zeit beobachten, so richtet man das Instrument auf das Gestirn und verschiebt längs des Lineals die bewegliche Objektivabsehe so lange, bis die ganze Mondscheibe gerade die enge Öffnung der beweglichen Absehe ausfüllt[13]). Man merkt sich den Betrag des Abstandes (e) zwischen dem Auge (bezw. der festen Okularabsehe) und zwischen dem Zeiger an der beweglichen Absehe. Ebenso verfährt man bei der Beobachtung der Sonne. Man stellt hierbei den Betrag des Abstandes am Lineal fest, bei dem der Mond so groß wie die Sonne erscheint (d. h. bei dem die enge Öffnung der beweglichen Absehe gerade ausgefüllt ist). Dieser Abstand ist niemals größer als 130 Teile der Teilung am Lineal[14]).

Will man bei einer Sonnenfinsternis die Größe des verfinsterten Teils der Sonne bestimmen, so nimmt man die Blende (B_2) mit der engen Öffnung[15]). Man stellt dann die bewegliche Absehe so ein, daß der Rand ihrer engen Öffnung gerade mit dem Sonnenrand zusammenfällt. Dann hält[16]) man vor letztere die Blende und bestimmt mit ihr den Betrag der Verfinsterung[17]). In der gleichen Weise verfährt man bei der Mondfinsternis, wobei man die Blende (B_1) benutzt[15]).

Man teilt den Durchmesser der für die Beobachtung von Sonnenfinsternissen bestimmten Blende (B_2) in 12 gleiche Finger entsprechend den Fingern des Durchmessers. Die Verfinsterung

5*

mißt man (ja) in Fingern [18]) des Durchmessers der Sonne. Den Durchmesser der Blende (B_1), die für die Beobachtung von Mondfinsternissen bestimmt ist, teilt man in $31\frac{1}{5}$ Teile von den Teilen der kleinen Blende. In diesen Teilen mißt man ebenso wie bei der Sonne den verfinsterten Teil des Mondes. — Wenn aber eine Mond- oder Sonnenfinsternis diese ganz verdunkelt (totale Finsternis), so ist eine solche Messung überflüssig.

Und dies ist alles, was der Verfasser des Almagest (Ptolemäus) von den Instrumenten angegeben hat, die angewendet wurden in der viereckigen Halle [19]) zu Alexandria. Das von ihm erfundene Instrument mit den beiden Schenkeln (das parallaktische Lineal) werden wir auf Grund einer eingehenden Untersuchung beschreiben. (Die zugehörigen Ausführungen bringt der Verfasser am Schlusse der Instrumentenbeschreibung, s. S. 104.)

Im folgenden berichten wir nun über die Arten von Instrumenten, die wir selbst hergestellt haben, und die sich als die besten und zuverlässigsten erwiesen. Gott weiß dies am besten!

Anmerkungen.

1) In der Arbeit von K. Kohl: „Über das Licht des Mondes" (Sitzgsber. der physikal.-med. Soz. Erlangen 56/57. 1924/25) ist auf S. 333 ff. ein von *Ibn al Haiṭâm* hergestelltes Beobachtungsinstrument beschrieben, das zur Untersuchung der Eigenschaften des Mondlichtes diente und ähnlich wie das vorliegende Instrument mit zwei geeigneten Lochblenden versehen war.

2) Vgl. Almagest, 5. Buch, 14. Kap., S. 305 ff. (Manitius). Ausführlich beschrieben ist das Instrument von Proclus in seiner Hypotyposis, S. 127 ff. *)

3) Um die Beschreibung dieses Gestells übersichtlicher und verständlicher zu machen, weichen wir stellenweise vom Text ab, ohne doch aber irgendwie den Sinn zu ändern.

4) Durch diese Scheibe wird der Pfeiler, der ja beträchtlich hoch ist (2 Meter), gestützt.

5) Wahrscheinlich befindet sich zu diesem Zweck in der Mitte des Kreuzes eine eiserne Hülse, in der sich das eiserne Ende des Drehpfeilers dreht.

6) Die Öffnungen in den Absehen dienen hier nicht als Visierlöcher, sondern als Lochblenden, deren Zweck weiter unten ersichtlich wird.

*) Procli Diadochi Hypotyposis astronomicorum Positionum, herausgeg. von C. Manitius. Leipzig 1909.

7) Die Absehe ist danach nicht in der Mitte der Länge des Schlittens angebracht; sie teilt letzteren daher in zwei verschieden lange Stücke.

8) Die zu diesen Blenden notwendigen Bemerkungen geben wir der besseren Übersicht halber weiter unten.

9) Die gesamte Länge des Lineals entspricht genau 224 solchen Teilen.

10) Die Lage der Spitze des Sehkegels spielt bei allen Messungen, bei denen es sich um die Bestimmung des Sehwinkels, sei es mit dem Jakobstab (vgl. Avicenna, S. 138/139), sei es mit einer Lochblende wie im vorliegenden Fall, handelt, eine wichtige Rolle, worauf schon Archimedes hingewiesen hat. Sehr eingehend behandeln *Ibn al Haitam, Taqi al Din* und wohl auch andere die Entfernungen, in denen ein Objekt noch gerade gesehen wird. (Vgl. zu den Beobachtungen von Archimedes eine spätere Arbeit von F. Schmidt, s. S. 108, Anm. 5.)

11) Darunter ist wohl das Volumen des innerhalb der Augenlinse gelegenen Teils des Sehkegels verstanden.

12) Im Text steht „Scharnier". Die erwähnte Vorrichtung ist jedoch besser mit „Gelenk" zu bezeichnen.

12 a) Bei Hipparch, Ptolemäus, Proclus und Theon ist das Lineal, auf dem die Absehen befestigt sind, horizontal, man kann also nur Größen am Horizont messen. Bei *al 'Urḍī* ist es dagegen um eine horizontale Achse drehbar, sodaß man Größen an beliebigen Stellen ermitteln kann. (Diese Anordnung ist besonders deutlich auf der Abbildung von *al Āmilī* zu sehen, s. Abb. 25 b.)

13) Der scheinbare Halbmesser des Mondes wird am Instrument gemessen als: $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{\frac{1}{2}\mathrm{d}}{\mathrm{e}}$, wo $\frac{1}{2}$ d der halbe Durchmesser der engen Öffnung der Objektivabsehe und e die Entfernung zwischen dem Auge und dem Zeiger der Objektabsehe ist (vgl. Abb. 29). Da es sich um kleine Winkel handelt, so gibt $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{e}}$ direkt den gesuchten Durchmesser im Bogenmaß b (im Winkelmaß $\alpha = \frac{180}{\pi}\cdot \mathrm{b}$).

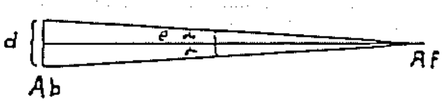


Abb. 29: Zur Bestimmung des scheinbaren Monddurchmessers. d ist der Durchmesser der weiten Öffnung in der Absehe A_b, die bei der Beobachtung gerade von der Mondscheibe ausgefüllt wird. e ist der Abstand zwischen Auge und Zeiger der Absehe A_b, $2\,\alpha$ der Winkel, unter dem hierbei die Mondscheibe erscheint.

14) Nach Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik, Erg.Bd. „Kosmische Physik" von C. F. W. Peters (Braunschweig 1894), bewegt sich der scheinbare Durchmesser der Sonne zwischen den Grenzwerten 31' 30,8" und 32' 35,3"; im Mittel beträgt er mithin rund 32'. — Der scheinbare Durchmesser des Mondes bewegt sich zwischen 29' und 34'; im Mittel beträgt er

also 31,5'. Die mittleren scheinbaren Durchmesser von Sonne und Mond sind mithin nahezu die gleichen. —

Über den Stand der Kenntnisse über die mit dem Gebrauch des gegenwärtigen Instrumentes zusammenhängenden Fragen zur Zeit der Araber findet man Ausführliches in dem Werk von C. A. Nallino: „Al-Battânî sive Albatenii Opus Astronomicum". Mailand 1903, 1. Teil, Cap. 43, S. 96 und Cap. 44, S. 104. Für den Durchmesser des Mondes sind dort (S. 97, Anm. 8) als Grenzwerte $35^1/_3$' und $29^1/_2$' (Mittel also $32^2/_5$') angegeben, für den Durchmesser des Erdschattens, den man bei der Mondfinsternis braucht, 92' und 77' als Grenzwerte (Mittel $84^1/_2$). Als Verhältnis des Durchmessers von Mond- und Erdschatten ergibt sich daraus $2^3/_5$, d. i. auch das Verhältnis der beiden Blenden (s. S. 65). Nach Müller-Pouillet gilt für den mittleren Durchmesser des Erdschattens heute der Wert 88' und mithin als Verhältnis der Durchmesser des Erdschattens und des Mondes rund $2^4/_5$.

15) Die Blende B_2 entspricht der Mondscheibe, die bei Sonnenfinsternissen die Sonne verdunkelt. Da die mittleren Durchmesser von Sonne und Mond einander gleich sind, ist die Blende B_2 so groß wie die enge Öffnung der Objektiv-Absehe, mit der bei der Beobachtung die Sonnenscheibe zur Deckung gebracht wird. — Die Blende B_1 entspricht der Größe des mittleren Erdschattens, der bei Mondfinsternissen den Mond verdunkelt. Entsprechend dem Größenverhältnis von mittlerem Erdschatten und Mond (vgl. Anm. 14) ist der Durchmesser der Blende B_1 $2^3/_5$ mal so groß wie derjenige der Blende B_2.

16) In der Beschreibung fehlt die Art der Verschiebung der Blende und die Ermittlung, um wie weit sie zur vollständigen Bedeckung des hellen Teiles verschoben ist. Offenbar bewegt sich der obere und untere Rand der Blende in Nuten der Absehe. An diesen ist eine Teilung angebracht und an der Blende ein Index. Man ermittelt, um wieviele Teilstriche z man die Blende verschieben muß, um den ganzen Mond, die ganze Sonne zu bedecken, und um wieviele Teilstriche z_1, um den hellen Teil zu bedecken. $z—z_1$ gibt dann die scheinbare Breite des dunklen Teiles und $(z—z_1)$ z den Bruchteil, der verfinstert ist.

17) Der Text läßt uns im unklaren über die wichtige Frage, ob die Blenden volle Kreisscheiben oder Kreisringe von den angegebenen Größenverhältnissen sind. Im ersten Fall (1) würde der verdunkelte Teil der Mond- oder Sonnenscheibe von den Blenden bedeckt, im zweiten Falle (2) der helle Teil (wie in Abb. 26). Welche von den beiden Methoden in *Marâgha* angewandt wurde, läßt sich nicht entscheiden, zumal auch anderwärts Nachrichten über diesen Gegenstand kaum vorliegen. Einleuchtender ist jedenfalls das zweite Verfahren, und zwar insbesondere bezüglich der Sonnenfinsternis, denn abgesehen von den schweren Schädigungen des Auges müssen im ersten Falle die unfehlbar auftretenden Blendungserscheinungen alle Messungen ungenau oder gar falsch machen. Übrigens gelten diese Bedenken auch für die Beobachtung der unbedeckten Sonne mit unserem Instrument. Bei den Astrolabien und ähnlichen Instrumenten, bei denen zwei Absehen zur Verwendung kommen, ist stets angegeben, daß man bei der Beobachtung der

Sonne das Instrument so richtet, daß entweder die Sonnenstrahlen durch die Öffnungen beider Absehen gehen, oder daß der Schatten der oberen Absehe gerade auf die untere fällt. Wir müssen daher in unserem Falle annehmen, daß man sich bemüht hat, die Helligkeit der Sonne durch berußtes Glas herabzusetzen. Ob hierüber Nachrichten vorliegen, oder ob schon eine ähnliche Betrachtung wie die oben angegebene vorhanden ist, entzieht sich meiner Kenntnis.

18) Heutzutage heißt man sie Zoll.

19) Über die viereckige Halle und die Palaestra sind kaum Nachrichten vorhanden. Puchstein in Pauly-Wissowa, Realencyklopädie I 1384,85, führt die Palaestra nach Polybius XV, 30, 6 auf. Danach gehörte sie zur Residenz: zwischen ihr und dem „Maiandros“ lag die „Syrinx“, die zur Parodos des Theaters führte. Die Geschichte, bei der diese Bauten erwähnt werden, spielt im J. 204 v. Chr. In der Palaestra vermutet Puchstein die viereckige Halle, für die er G. Lumbroso „L'Egitto al tempo dei Greci“, S. 136 zitiert. An der angeführten Stelle macht Lumbroso zu dem Bericht, bei der Gründung Alexandrias sei ein Drache bei der Stoa getötet worden, S. 136, Anm. 2, die Angabe: „Eg. Ipparco in Tolemeo presso De Sacy, Relation de l'Égypte d'Ald-Allatif“, S. 230. „*ἐν τῇ τετραγώνῳ καλουμένῃ στοᾷ . . . . ἐν τῇ παλαίστρᾳ*“: Aristid. opp. ed Dindorf*), 1829, II, p. 450 (*Αἰγύπτιος*): *περιεπατοῦμεν ἐν τῷ μεγάλῳ δρόμῳ τῷ κατὰ τὰς στοάς.*

Die Besprechung des zweiten Teils der Instrumente leitet al 'Urḍi mit folgenden Worten ein:

Ich wende mich jetzt zu den neuen Instrumenten, die ich selbst erfand. Den Bericht über sie will ich vollständig geben. Einige führte (ich selbst) in der Praxis durch (nachdem ich sie ersonnen hatte). Es sind solche, die sich unter den Instrumenten auf der von Gott behüteten Sternwarte und zwar als vollkommen ausgeführte finden. Es gehören aber auch solche Instrumente dazu, für die ich nur ein Modell konstruierte. Die zur Herstellung derselben auf Grund meiner Modelle nötigen Arbeiten mußten anderen überlassen werden, weil ich in Anspruch genommen war durch den Bau einer Moschee; ferner mußte Wasser mit Wasserrädern und einer Wasserleitung auf den Berggipfel gehoben werden, ferner mußte ein Haus für seine höchste Majestät gebaut werden [1]). Dies ist aber eigentlich nicht mein Beruf. „Gezwungen wurde dein Bruder zu etwas, was ihm selbst nicht paßte“ [2]).

*) „Aristides“ ex. Rec. W. Dindorf, Bd. II (1829).

VI.

Das Instrument mit den beiden Quadranten.

(Arab. Text fol. 70a.)

Auf der oberen Fläche einer ringförmigen Mauer liegt ein Kreisring aus Kupfer, der mit einer Teilung von Grad zu Grad und weiteren Unterteilungen versehen ist. Er liegt genau horizontal und heifst der Horizontring (vgl Abb. 30).

In der Mitte der ringförmigen Mauer erhebt sich senkrecht ein runder Pfeiler; sein oberes Ende wird durch ein Querstück gehalten, das durch zwei aufserhalb der Mauer aufgestellte Pfosten gestützt ist.

Um den oberen, über den Horizontring herausragenden Teil des Pfeilers lassen sich zwei Quadranten aus Kupfer drehen, die von je zwei Kupferleisten, sogen. Schenkeln, umgeben sind. An den vertikalen Leisten jedes Quadranten befinden sich scharnierartige Ansätze, durch die der Pfeiler geführt ist. Die beiden Quadranten lassen sich so wie die Schenkel eines Zirkels um den Pfeiler gegeneinander drehen. Die Enden der horizontalen Schenkel sind mit Zeigern versehen, die bei der Drehung der Quadranten über der Teilung des Horizontringes gleiten.

Die dabei einander abgewandten ebenen Flächen der Quadranten sind mit je einer Teilung in 90° und mit weiteren Unterteilungen versehen. Über dieser Teilung bewegt sich der Zeiger je einer Alhidade, die im Mittelpunkt der Quadranten drehbar befestigt sind.

Mit diesem Instrument lassen sich ebenso wie mit der Armillarsphäre zahlreiche Ortsbestimmungen am Himmel und damit zusammenhängende Aufgaben lösen, die von der Bestimmung der Höhe (an den Quadranten gemessen) und des Azimuts (an dem Horizontring gemessen) ausgehen. Ein besonderer Vorteil des Instrumentes besteht in der Verwendung zweier Quadranten, die es gestatten, gleichzeitig Höhe und Azimut zweier Sterne zu messen, wozu natürlich mehrere Beobachter nötig waren.

Zu den Instrumenten, die ich als erster hergestellt habe, gehört das Instrument, das ich „Instrument mit den beiden Quadranten" (*Al Ala Ḏāt al Rub'ain*) nannte. Es vertritt

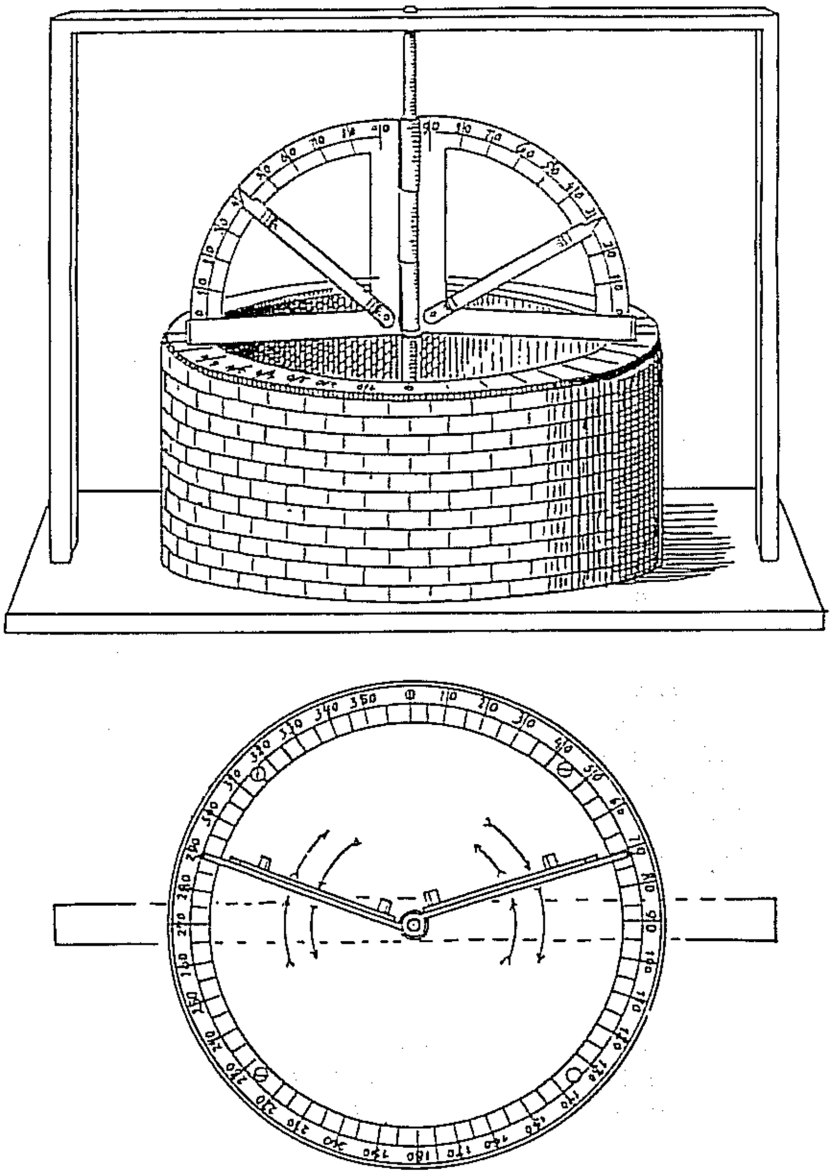


Abb. 30: Gesamtansicht des Instruments VI im Grundriß und perspektivischer Ansicht, nach Modell des physikalischen Instituts in Erlangen.

das Instrument mit den Ringen (die Armillarsphäre) und macht letzteres überflüssig.

Man gießt aus Kupfer einen möglichst großen Ring. Dabei ist es gleichgültig, ob man ihn (seiner Größe wegen) aus einem Stück gießt, oder ob man mehrere Stücke gießt, die man dann miteinander zu einem Ring vereinigt. Der Ring braucht nicht besonders kräftig zu sein, da er auf einer zum Horizont parallelen Unterlage (Mauer) ruht (s. Abb. 30).

Man ermittelt den Mittelpunkt des Ringes und richtet seine innere und äußere Fläche so zu, daß sie einander parallel verlaufen und im Mittelpunkt des Ringes ihren gemeinsamen Mittelpunkt haben.

Die Prüfung der ebenen Flächen erfolgt mittels des gleichen Nivellierinstrumentes, das der Verfasser bereits bei der Armillarsphäre beschrieben hat (s. S. 49); wir verweisen daher auf die entsprechende Stelle des Textes und fahren daran anschliefsend weiter. Der Verfasser erwähnt noch, dafs er nach diesem Nivellierverfahren den Boden der Einschnitte an der Verteilungsstelle[3]*) des Wassers in Damaskus horizontiert habe.*

Zur Prüfung der ebenen Flächen des Ringes kann man auch ein anderes Prüfverfahren anwenden: Man errichtet im Mittelpunkt der den Ring tragenden Mauer (M) einen zum Horizont senkrechten Pfeiler (der sich in einer entsprechenden Vorrichtung drehen läßt). (Pf in Abb. 32). Ein Querarm (Q) verhindert, daß der Pfeiler seine Aufstellung ändert, wenn er eine volle Umdrehung ausführt[4]). In Höhe der oberen Fläche des Ringes befindet sich in dem Pfeiler ein Schlitz (S), in dem senkrecht zu dem Pfeiler ein dünnes Lineal oder Rohr (F) befestigt ist. Es ist gerade so angebracht, daß seine beiden Enden bei der Drehung des Pfeilers die obere zu prüfende Fläche des Ringes (R) leicht berühren. Wird bei einer Drehung des Pfeilers ein Ende des Lineals nach oben gehoben, so hat man die betreffende Stelle so lange abzufeilen, bis das Ende des Lineals richtig aufliegt. In dieser Weise fährt man fort, bis bei einer vollen Umdrehung des Pfeilers die beiden Enden des Lineals auf allen Stellen der oberen Fläche des Ringes gleichmäßig aufliegen bezw. überall gleich weit von ihr abstehen. In diesem Falle ist die Oberfläche des Ringes genau eben und parallel zum Horizont.

Man zeichnet auf die obere Fläche des Ringes die Meridianrichtung und senkrecht dazu die Ost-Westrichtung ein. Durch fünf parallele[3]), um den Mittelpunkt des Ringes gezogene Kreise grenzt man auf der Oberfläche Streifen ab, in die man die folgenden Teilungen einträgt: In das äußerste Feld trägt man die Bruchteile der Grade und in die inneren Felder die Grade und deren Fünfer ein. Die Bezifferung

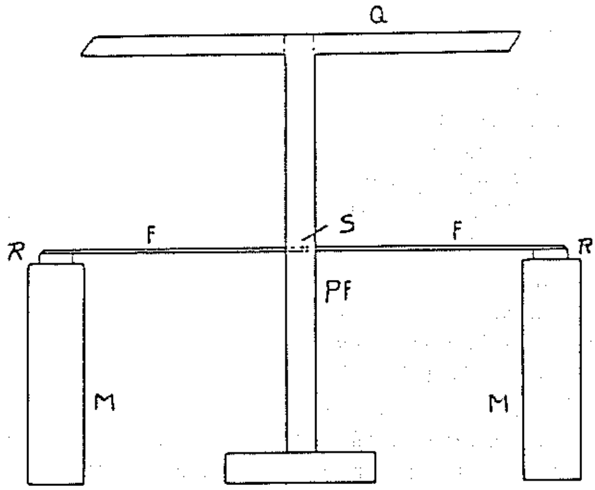


Abb. 32: Zu dem im Text angegebenen Nivellierverfahren. M Querschnitt der Mauer, R Querschnitt des Ringes, Pf die eiserne Achse, die durch den Querarm Q (in der Abb. nur angedeutet) gehalten ist. S ist der Schlitz, durch den das dünne Lineal F gesteckt ist.

der Teilung beginnt beim Ost- und Westpunkt und endigt beim Nord- und Südpunkt mit je 90°. Die Grade unterteilt man so weit, wie dies möglich ist. Dabei muß die Teilung zuverlässig bleiben, (die entsprechende Teilung kommt in das äußerste Feld, wie angegeben). Man nennt den so geteilten Ring den „Horizontring".

Aus Kupfer stellt man zwei gleich große Quadranten mit parallelen Flächen her. Ihre Breite beträgt 3 Finger und ihre Höhe $2^1/_2$ Finger der Hand. Ihr Umfang (bezw. ihr Durchmesser) ist der gleiche wie der des Horizontringes. Jeder der beiden Quadranten wird von je zwei „kupfernen Halbmessern" (Schenkeln) begrenzt, deren Breite und Dicke dieselben Abmessungen wie die der Quadranten besitzen (S in Abb. 33). Sie schneiden sich jeweils im Mittelpunkt der beiden Quadranten unter rechten Winkeln.

In der Nähe der Enden sowie bei der Mitte derjenigen beiden Schenkel der Quadranten, die (wie letztere selbst am

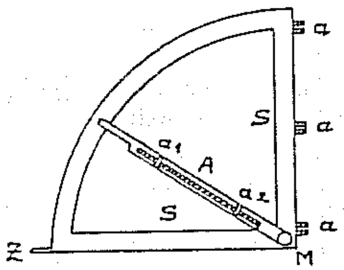


Abb. 33.

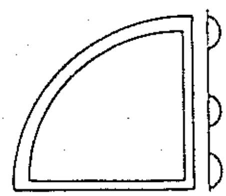


Abb. 33a.

Abb. 33: Darstellung eines Quadranten. S sind die Schenkel, bei M ist die Alhidade A mit den Absehen a_1 und a_2 drehbar befestigt. a a a sind die Ansätze (im Querschnitt).

Abb. 33 a: Abb. eines Quadranten aus der Handschrift von *al 'Urḍī*, aus der man kaum Näheres über die Form der Ansätze entnehmen kann. Die Abb. soll lediglich ein Beispiel für die Art sein, in der die meisten Abb. in der Handschrift ausgeführt sind, und meine früheren Bemerkungen darüber belegen (vgl. S. 20).

fertigen Instrument) senkrecht zum Horizont stehen, bringt man Ansätze (A) von der Form halber Kreise*) an, (deren Flächen senkrecht zur Längsrichtung der Schenkel stehen). Jeder dieser Ansätze besteht aus zwei Teilen derart, daß zwischen ihnen ein Schlitz frei bleibt (s. Abb. 34**)). In diese Schlitze werden die entsprechenden Ansätze an den Quadranten wechselseitig eingesetzt, sodaß letztere sich wie Türflügel gegeneinander drehen lassen.

Die Ansätze ragen 2 Finger heraus und sind 1 Daumenfinger dick. Sie müssen kräftig sein und werden entweder wie die Schenkel, an denen sie angebracht sind, aus Kupfer oder aus Eisen angefertigt.

Die Ansätze sind sämtlich durchbohrt. Die Mittelpunkte der Durchbohrungen liegen auf der gemeinsamen Schnittlinie der nach innen zu gekehrten Flächen (Fi) der (aufeinander

*) Die Form dieser Ansätze ist in dem Modell Abb. 30 nicht beachtet.

**) Und auch Abb. 33, wo irrtümlich die Ansätze mit a bezeichnet sind.

geklappten) Quadranten (s. Abb. 35). Man fügt letztere mit den entsprechenden Ansätzen zusammen und steckt durch die Durchbohrungen eine eiserne Achse, die kräftig sein muß, damit sie sich nicht biegt. Diese Achse befindet sich stets zur einen Hälfte in den beiden Quadranten, während die andere Hälfte aus ihnen herausragt. Man kann auf diese Weise die beiden Quadranten (wie die Schenkel eines Zirkels) zur Deckung bringen, sodaß aus ihnen ein einziger Quadrant wird. Man kann sie (andererseits) so weit öffnen, daß sie in eine Ebene zu liegen kommen und so einen Halbkreis bilden (vgl. zu dem Vorhergehenden die Unterschrift zu Abb. 35).

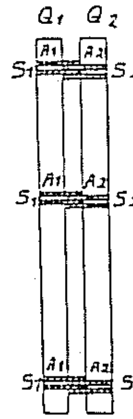
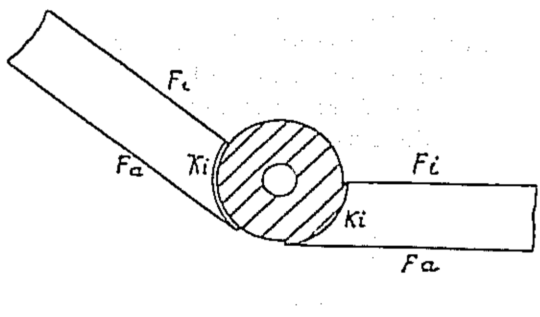


Abb. 34 zeigt, wie die entsprechenden Ansätze A_1 und A_2 an den Quadranten Q_1 und Q_2 ineinandergefügt werden.

Das untere Ende der Achse, um die sich die beiden Quadranten gegeneinander drehen, ist in der Mitte der Ringmauer befestigt und das obere Ende in einem Querstück, das von zwei außerhalb des Horizontringes aufgestellten runden Pfeilern getragen wird (s. Abb. 30 und Anm. 4). Letzteres ist notwendig, damit sich die Quadranten, ohne anzustoßen, über den Horizontring bewegen können.

Die beiden Enden der Quadranten (und zwar die Enden ihrer horizontalen Schenkel) bewegen sich auf der nach innen gelegenen Seite der Oberfläche des Horizontringes. Sie sind mit zugespitzten

Abb. 35: Durchschnitt durch die beiden ineinandergefügten Quadranten parallel zur Horizontalebene (auf das fertig aufgestellte Instrument bezogen). Man sieht die Form der Ansätze und der inneren Flächen der Schenkel.



Zeigern (Z) versehen; diese befinden sich auf den Flächen der Quadranten, die bei ihrem Zusammenklappen zur Deckung kommen (s. Abb. 33). — Ein Drittel der oberen Fläche des Horizontringes von innen her ist ohne Teilung, da dieser Teil der Fläche des Ringes von den Zeigern an den Enden der Quadranten überstrichen wird.

Man muß die einander zugekehrten Kanten (K_i) der senkrechten Schenkel der beiden Quadranten in Form von Viertelhohlzylindern aussparen (vgl. Abb. 35). Man schafft dadurch die Möglichkeit, daß sich die konvexen Rundungen der halbkreisförmigen Ansätze an dem einen Quadranten in den entsprechenden konkaven Mantelflächen des anderen drehen können (vgl. Abb. 35).

Man ermittelt die Mittelpunkte der Quadranten und zieht dann auf jedem (und zwar auf den nach außen gelegenen ebenen Flächen (Fa) (vgl. Abb. 35), auf das fertige Instrument bezogen) vier parallele Viertelkreise. Man teilt den Streifen zwischen den beiden innersten Viertelkreisen in 18 gleiche Teile (die Fünferteilung). Man schreibt an die Teilstriche die Fünfer, beginnend bei demjenigen Ende des Quadranten, das sich über dem Horizontring bewegt, und endigend bei dessen oberem Ende mit 90° (vgl. Abb. 30). Man teilt den mittleren Streifen in 90 gleiche Teile und den äußeren Streifen in die Bruchteile der Grade, soweit dies möglich ist. (Die Teilung und deren Anordnung ist somit die gleiche wie in Abb. 6.)

In den Mittelpunkten (M) der Quadranten bringt man senkrecht zylindrische Zapfen an. Man fertigt ferner aus Kupfer zwei Alhidaden (A) mit parallelen Flächen, die um 1 Finger länger sind als die Schenkel der Quadranten. Beim einen Ende sind die Alhidaden mit runden Löchern versehen, mit denen sie auf den an den Quadranten angebrachten Zapfen befestigt werden (vgl. Abb. 33). An den freien Enden sind die Alhidaden in der Länge von 2½ Fingern und 1½ Finger breit ausgeschnitten, (um so diese Enden als Zeiger auszubilden, vgl. Abb. 33). Man errichtet auf jeder Alhidade zwei parallele, gleich große Absehen (a_1 und a_2), die wie üblich mit eingestampften Rillen (*Chābūṭī*)[6]) versehen sind. Der Abstand der Absehen beträgt 1 Elle der Hand. Durch die Absehen legt man ein Verbindungsrohr; die tellerförmige Blende an seinen Enden befindet sich auf der dem Auge des Beobachters zugewandten Seite (vgl. S. 52).

Somit ist dieses wunderbare Instrument vollendet. Ich behaupte, daß es uns nicht nur die Armillarsphäre vollkommen ersetzt, sondern auch in bezug auf Herstellung und Anwendung einfacher und genauer ist als jenes Instrument. Man kann mit diesem Instrument Aufgaben lösen, die man mittels der Armillarsphäre nicht lösen kann; freilich ist dies nicht ohne Rechnung möglich bei all den Aufgaben, bei denen es sich nicht um die Bestimmung der Höhe selbst handelt (die ja am Instrument unmittelbar gemessen wird).

Zu den besonderen Aufgaben, die sich mit Hilfe dieses Instrumentes lösen lassen, gehört die Bestimmung des Abstandes zwischen irgend zwei Sternen, d. i. der Bogen auf dem größten Kreis der oberen Halbkugel, der sie verbindet und durch die Enden der beiden Linien verläuft, die man vom Mittelpunkt der Welt durch die beiden Sterne bis zur oberen Halbkugel zieht. Ferner dient das Instrument zur Bestimmung des Abstandes (d_1 und d_2) eines jeden der beiden Sterne vom Zenit, den man aus deren Höhe über dem Horizont erhält ($d_1 = 90^\circ - h_1$ und $d_2 = 90^\circ - h_2$). Man hat ferner die Möglichkeit, die Höhen zweier Sterne im gleichen Augenblick zu ermitteln [7]).

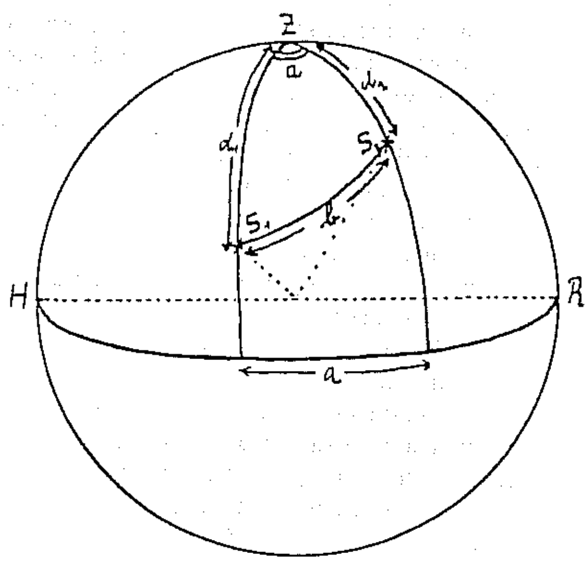


Abb. 36.

Um den Abstand (b) zweier Sterne zu bestimmen, ermittelt man ihre Höhen zu gleicher Zeit und die Differenz ihrer Azimute (a in Abb. 36). Letztere ist gleich dem Abstand zwischen den beiden Quadranten (gemessen an der Teilung des Horizontringes). Man erhält ein (sphärisches) Dreieck, von dem zwei Seiten (d_1 und d_2) und ein Winkel (a) bekannt sind (s. Abb. 36). Erstere sind die Komplemente der beiden gemessenen Höhenwinkel; der Winkel (a) ist der am Horizontring gemessene Abstand der beiden Quadranten. Aus diesen Angaben läßt sich die Basis (b) des Dreiecks berechnen (d. i. die dem gegebenen Winkel gegenüberliegende Seite); sie ist gleich dem gesuchten Verbindungsbogen der beiden Sterne.

Wenn ferner einer der beiden Sterne nach Länge und Breite sowie die Breite des Beobachtungsortes bekannt sind, und die Höhe und das Azimut des Sternes gemessen sind, so ist der Grad des *Tâli'* der Tierkreiszeichen bekannt. Ist aber der Grad des *Tâli'* festgelegt, so läßt sich der unbekannte Ort eines Sternes nach Länge und Breite ermitteln, falls man seine Höhe und sein Azimut bestimmt hat.

Das Äußerste, das man mit der Armillarsphäre erreichen kann, ist die Bestimmung des unbekannten Ortes eines Sternes mit Hilfe eines Sternes von bekanntem Ort[8]). Unser Instrument ist aber viel vollkommener und verwendungsfähiger (als die Armillarsphäre). Wir können mit ihm die Breite unseres Wohnortes nach zwei Methoden bestimmen: Einmal aus dem Komplement der größten und der kleinsten Höhe der Sonne im Meridiankreis (Sommer- und Wintersolstitium), und zweitens aus der größten und kleinsten Höhe eines Zirkumpolarsterns. Diese Aufgabe gehört zu denen, die mittels der Armillarsphäre nur schwierig zu lösen sind.

Anmerkungen.

1) Die Bauten mußten wohl für *Hûlâgû* ausgeführt werden, der in Marâgha und Täbris Sommerresidenzen hatte.

2) Der arabische Text zu dieser Redewendung lautet: „*Mukratun Achûka, la baṭalun.*" Herr Prof. Juynboll bemerkt dazu, daß es sich um ein Sprichwort handelt: „Coactus est frater tuus, non strenuus. De eo dicitur, qui rem perficere cogitur, quae ipsi conveniens non est." Stellen, an denen sich das Sprichwort findet, sind nach Juynboll: G. W. Freytag: „Arabum Proverbia" II, S. 699 Nr. 368; I, S. 264—266; ferner: „The fâchir of al Mufaḍḍal ibn Salama" by C. A. Storey, Leyde 1915, S. 50—51 (Sprichwörtersammlung, herausgegeben für „het De Goeje-fonds").

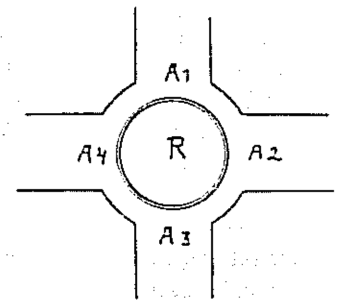


Abb. 31.

3) Die erwähnte Verteilungsstelle hat man sich wohl so vorzustellen, wie in Abb. 31 angedeutet ist. Der Ring R stellt das Nivellierinstrument dar, mit dem die vier Abflußöffnungen A_1, A_2, A_3 und A_4 horizontiert werden. Über arabische Wasseranlagen vgl. E. Wiedemann, Beitr. X (Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen. 38. 313. 1906).

4) Es ist wohl so, daß für dieses Nivellierverfahren die Stützvorrichtung, wie sie am fertigen Instrument zur Verwendung kommt, benutzt wird, nämlich: der wagrechte Querbalken (Q), in dessen Mitte das obere Ende des mittleren vertikalen Pfeilers (Pf) befestigt ist, und der von den beiden außerhalb des Ringes aufgestellten Pfosten gehalten wird (vgl. Abb. 30, 32). In der Höhe des Ringes ist an dem mittleren Pfeiler ein dünnes Lineal oder Rohr (F) befestigt, mit dem die Oberfläche des Ringes gleichsam nach Unebenheiten abgetastet wird. Am fertigen Instrument sind um den mittleren Pfeiler drehbar die beiden Quadranten angebracht.

5) Fünf Kreise würden unter sich vier Felder abgrenzen; der Verfasser spricht aber nur von drei Feldern, zu deren Abgrenzung gegeneinander vier Kreise genügen.

6) Von *Riḍwân* wird ein weites, am einen Ende nach unten umgebogenes Rohr als ein Rohr *Chābūṭi* bezeichnet, mit Rücksicht auf dieses umgebogene Ende. Es kann nämlich *chabaṭa* „schlagen, niedertreten" bedeuten. Es könnte sich der Ausdruck aber auch darauf beziehen, daß das Rohr eingesetzt ist. Vgl. E. Wiedemann und F. Hauser: „Über die Uhren im Bereich der islamischen Kultur". Nova acta der Kaiserl. Leopold. Akademie, 100, 188 ff., Abb. 93. 1915.

7) *Al'Urḍi* zieht bei seinem (allerdings etwas kurz gehaltenen) Nachweis der Leistungsfähigkeit dieses Instrumentes offenbar als besonders entscheidend die Bestimmung des Abstandes zweier Sterne heran, deren Höhen man im gleichen Augenblick bestimmen kann. Und dies mit vollem Recht. Das Instrument stellt in dieser Hinsicht einen entscheidenden Fortschritt in der arabischen Instrumentenkunde dar (vgl. hierzu w. u. S. 111).

8) Vgl. hierzu F. Nolte, S. 37, Aufgabe 4.

VII.

Das Instrument mit den beiden Schenkeln.

(Arab. Text fol. 72 b.)

Zwischen den oberen Enden zweier 3 m hohen Pfeiler ist in der Meridianrichtung vermittels eines Querstücks ein etwas kürzeres Lineal drehbar aufgehängt (vgl. Abb. 37).

Ein zweites Lineal ist senkrecht unter dem Aufhängepunkt des ersten Lineals (um einen bestimmten Betrag seitlich versetzt) mit seinem einen Ende zwischen zwei Lagerständern drehbar gelagert. Es ist ungefähr um die Hälfte länger als das erste

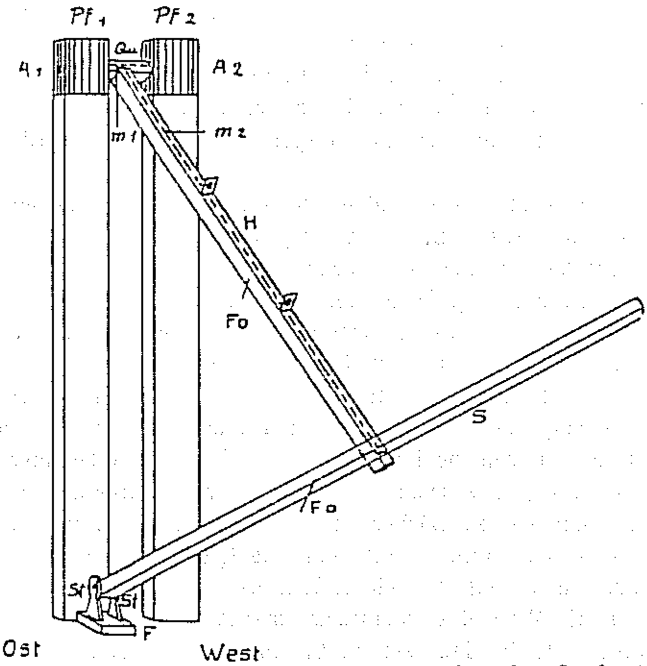


Abb. 37: Ansicht des Instruments VII, ohne den Quadranten, vgl. S. 86. Die am Lineal S mit F_0 bezeichnete Fläche, die auf der entsprechenden Fläche des Lineals H gleiten soll, ist natürlich in der Abb. nicht sichtbar.

Lineal. Dieses sogenannte Sehnenlineal ist mit einer passenden Teilung versehen. Am ersten Lineal sind auf dessen oberer Fläche zwei Abselien angebracht, durch die der Beobachter zur Zeit der Kulmination ein Gestirn anvisiert. Gleichzeitig liest man am Sehnenlineal die Länge der Sehne ab, die das erste Lineal am Sehnenlineal abschneidet. Aus dem gemessenen Betrag der Sehne läßt sich die Kulminationshöhe ermitteln.

Anstoßend an den nach Osten zu gelegenen Pfeiler ist eine $2^1/_2$ m hohe und ebenso lange Mauer errichtet, die ebenfalls in der Meridianrichtung liegt. An dieser Mauer ist ein Quadrant *angebracht, wohl der gleiche wie der unter I besprochene, mit dem man die Kulminationshöhen mißt.*

Zu den Instrumenten, die ich selbst hergestellt habe, gehört das Instrument mit den beiden Schenkeln (*Fatân*). Ich habe es in Anlehnung an das parallaktische Lineal ersonnen.

Man stellt (in der Ost-Westrichtung) zwei etwa 6 Beobachtungsellen hohe, viereckige Pfeiler (Pf) auf; sie müssen so kräftig sein, daß sie ihre Lage unverändert beibehalten. Auf ihren oberen Flächen bringt man je einen Aufsatz (A) (*Miḥadda*) an, die horizontal liegen und einander parallel sind (Abb. 37).

Man bohrt in die beiden Aufsätze (und zwar seitlich, was freilich nicht aus dem Text selbst, wohl aber aus der Abbildung im Text hervorgeht) zwei kreisrunde Löcher von gleichem Durchmesser und gleicher Tiefe, die in der gleichen Horizontalebene liegen. Um dies zu prüfen, legt man ein Lineal zwischen die beiden Löcher und nivelliert mit dem *Faḏân* [1]).

Dann fertigt man ein viereckiges Querstück (Qu) an, das so lang ist wie der Zwischenraum zwischen den beiden Pfeilern. An den beiden Enden des Querstücks befinden sich gleich große, kreisrunde Zapfen, deren Durchmesser demjenigen der beiden Löcher (in den Aufsätzen) entspricht. Mit diesen beiden Zapfen setzt man das Querstück in die beiden Löcher ein, so daß es sich in letzteren drehen kann [2]).

In die Mitte des Querstücks macht man einen viereckigen Einschnitt, in dem senkrecht zu ihm ein Lineal (H) befestigt wird. Letzteres ist $5^1/_4$ Ellen lang und hat einen quadratischen Querschnitt von $^1/_4$ Elle Kantenlänge (welcher der Weite des Einschnitts am Querstück entspricht). Das Lineal wird aus Teakholz angefertigt, das wegen seiner Festigkeit gewählt ist. Querstück und Lineal sind so verbunden, daß zwei gegenüberliegende Längsflächen des Lineals mit den entsprechenden Längsflächen des Querstücks in der gleichen Ebene liegen.

Auf einer dieser beiden Längsflächen des Querstücks zieht man in seiner Länge eine gerade Linie (m_1), die seine Breite halbiert. Ebenso zieht man auf dem Lineal (und zwar auf derjenigen Längsfläche, die mit der eben erwähnten Längsfläche des Querstücks in der gleichen Fläche liegt) eine Linie (m_2), die seine Breite halbiert. Von dem Schnittpunkt der beiden zueinander senkrechten Linien aus trägt man auf der Linie, die auf dem Lineal gezogen ist, eine Strecke von 5 Ellen ab und macht am Ende dieser Strecke ein Zeichen. Diese Strecke entspricht dem halben Durchmesser des Kreises, den das Lineal beim Drehen um das Querstück beschreibt, und heißt „der halbe Durchmesser".

Von der Mitte des Querstücks läßt man einen Senkel herunter. An derjenigen Stelle, an der dessen Lot den Boden trifft, errichtet man ein Fundament (F). Auf letzterem stellt man zwei gleich große Lagerständer (St) auf, die oben die Form von Henkeln haben. Sie dienen als Lager für eine eiserne Achse, die sich in ihnen dreht. Letztere besteht (ebenso wie die oben erwähnte obere Drehachse) aus einem vierkantigen Mittelstück, an welches nach beiden Seiten runde Drehzapfen angesetzt sind. Der senkrechte Abstand der Mittellinie dieser (unteren) Drehachse von der Mittellinie der (oberen) Drehachse ist gleich dem oben erwähnten „halben Durchmesser".

Man fertigt ein zweites Lineal (S) aus Teakholz [3]). Sein eines Ende besitzt eine kreisförmige Anschwellung (K), in deren Mitte sich eine viereckige Öffnung befindet, in die das vierkantige Mittelstück der unteren Drehachse eingesetzt wird (vgl. Abb. 38). Die eiserne Achse wird in diesem Einschnitt befestigt. Dabei befindet sich die eine Hälfte des Mittelstücks im Lineal und die andere Hälfte in der kreisförmigen Anschwellung. Die Mittellinie des Querstücks liegt dann in der Ebene derjenigen Längsfläche (des Lineals S), die (beim fertigen Instrument) nach dem Himmel gerichtet wird*). Die beiden Drehzapfen der unteren Drehachse ragen aus dem Lineal auf beiden Seiten hervor (und befinden sich in den Lagern).

Abb. 38.

Die Länge dieses zweiten Lineals (gerechnet von der unteren Drehachse) übertrifft die Länge des halben Durchmessers um $^5/_{12}$ [3a]) desselben; daher ist die Länge des zweiten Lineals von seiner Drehachse aus nahezu gleich dem $1^1/_2$ fachen halben Durchmesser. Das zweite Lineal heißt das Sehnenlineal.

*) d. h. oben liegt.

Die um die beiden Achsen drehbaren Lineale haben eine solche Lage zueinander, daß die nach Westen [4]) zu gelegene Längsfläche (Fo) des Sehnenlineals bei dessen Drehung auf der ihr zugekehrten, nach Osten zu gelegenen Längsfläche (Fo) des an der oberen Drehachse aufgehängten Lineals fest und sicher entlang gleitet [5]). Diese beiden Längsflächen (wir nennen sie der Einfachheit halber die Gleitflächen) liegen in der Meridianebene.

Auf der der Gleitfläche des Sehnenlineals (S) benachbarten Hälfte seiner oberen Längsfläche trägt man von dessen Drehachse aus eine Strecke gleich dem „halben Durchmesser" ab und teilt sie in 60 gleiche Teile. Das übrig bleibende Stück teilt man in 25 solche Teile. Im ganzen befinden sich somit 85 Teile auf dem Lineal entsprechend dem $1^5/_{12}$fachen des in 60 Teile geteilten „halben Durchmessers". Jeden Teil unterteilt man in 60 Minuten [6]). Die Teilung wird folgendermaßen angeordnet: Man zieht parallel zur oberen Kante der Gleitfläche auf der oberen Längsfläche vier Linien, die von dieser Kante aus vier Felder abgrenzen. In das äußerste Feld trägt man die Minuten, es sind 5100 Teile, in das nach innen folgende zweite Feld die ganzen Teile ein. In das nächstfolgende Feld kommen die Bögen, die den im zweiten Feld eingetragenen Sehnen entsprechen. Diese Teilung hat den Vorzug, daß man bei der Anwendung des Instrumentes keine Tabellen benötigt, aus denen man die zu den Sehnen gehörigen Bögen entnimmt. In das innerste vierte Feld trägt man die Fünfer (der ganzen Teile) ein. Die Bezifferung der Teilung beginnt bei der Drehachse des Lineals und endigt bei dem Endpunkt der vorher abgetragenen Strecke, die 85 ganzen Teilen entspricht.

Auf der oberen Längsfläche des oberen Lineals (H) bringt man zwei gleich große und einander parallele Absehen an, deren Abstand 1 Elle der Hand beträgt (Abb. 37).

Steht die Sonne im Meridian, so richtet man das obere Lineal nach ihr, bis die eine Absehe die andere beschattet, oder bis die Strahlen von dem Loch der der Sonne zugewandten Absehe durch das Loch der zweiten Absehe gehen. Dann dreht man das untere Lineal nach oben, bis es auf das Zeichen am oberen Lineal kommt, das dem Ende des halben

Durchmessers entspricht*). Man liest am unteren Lineal die Strecke von dessen Drehachse ab, die das obere Lineal auf ihm begrenzt, und ermittelt den zu dieser Sehne gehörigen Bogen. Letzterer entspricht dem Komplement der Höhe (der Zenitdistanz); aus ihm erhält man die Höhe selbst durch Subtraktion von 90°.

Anstoßend an den Ostpfeiler führt man in der Nord-Südrichtung eine Mauer auf, die 5 Ellen lang und so hoch wie der Pfeiler ist. Man bringt an ihr einen Quadranten an, mit dem man die Kulminationshöhen mißt. Er ist kleiner als der erste Quadrant (Instr. I). Am oberen, nach Norden zu gelegenen Ende der Mauer bringt man einen nach Westen vorspringenden Arm an, an dem zwei Rollen befestigt sind. Über diese Rollen laufen zwei dünne Seile, die mit den Enden der beiden Lineale verbunden sind. Durch Ziehen an diesen Seilen lassen sich die Lineale beliebig heben und senken, wodurch ihr Gewicht dem Beobachter abgenommen wird.

Anmerkungen.

1) *Fadân* bedeutet eine gewöhnliche Setzwage. Eine von *Fadân* abgeleitete Form *Afâdaln* dürfte alle Vorrichtungen bezeichnen, die eine Rinne in Ton haben, und deren oberer Rand genau parallel zum Boden verläuft.

2) Damit ist der Zweck der erwähnten Aufsätze klar. Zwischen die Aufsätze wird die Drehachse eingesetzt, und hierauf werden diese auf den Pfeilern befestigt. Würde man an den Pfeilern selbst Durchbohrungen zum Einsetzen der Drehachse anbringen, so wäre es nicht möglich, die Achse zwischen die beiden feststehenden Pfeiler zu bringen. — Das vierkantige Mittelstück der Drehachse befindet sich in dem Zwischenraum zwischen den Pfeilern, während sich die runden Drehzapfen rechts und links in den Durchbohrungen der Aufsätze befinden.

3) Die Querschnittsabmessungen der beiden Lineale sind die gleichen, wie aus dem Folgenden hervorgeht.

3a) Damit man nämlich alle Höhen von 0 bis 90° messen kann, muß die Länge des Lineals $= r\sqrt{2}$ (r die Länge des halben Durchmessers) sein. Der Faktor $\sqrt{2}$ ist $= 1{,}41$, d. i. ungefähr $1^5/_{11}$.

4) Steht man zwischen den beiden Pfeilern und blickt in der zu ihrer Verbindungslinie senkrechten Richtung, d. i. die Meridianrichtung, nach Süden, so ist links Osten, rechts Westen.

5) Man sieht hierbei leicht ein, daß die Drehachsen der beiden Lineale nicht genau senkrecht übereinander aufgestellt sein können. Vielmehr müssen

*) Vgl. w. o. die Beschreibung des Lineals H.

sie etwas gegeneinander versetzt sein und zwar das untere nach links, wie dies aus Abb. 37 hervorgeht.

6) Die Bezeichnung „Minuten" für die Unterteile solcher Sehnenteilungen ist in Analogie zur Winkelteilung eingeführt und findet sich auch sonst erwähnt.

VIII.

Das Instrument zur Bestimmung des Sinus und Azimuts.

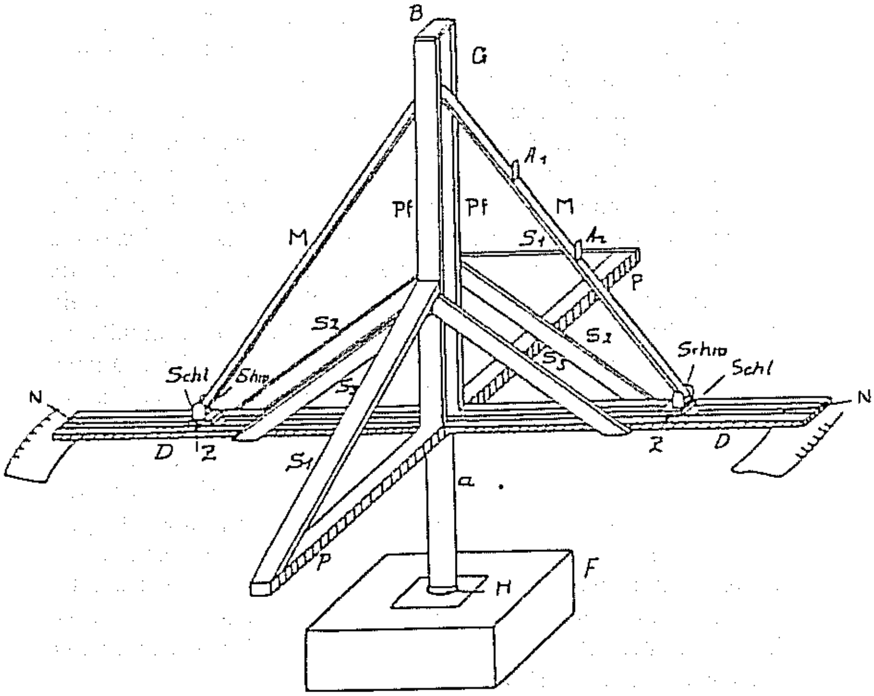
(Arab. Text fol. 73 b.)

Wie bei dem unter VI. besprochenen Instrument haben wir zunächst eine ringförmige Mauer, auf der ein horizontaler Ring ruht, der wie dort mit einer Teilung von Grad zu Grad und weiteren Unterteilungen versehen ist.

Die eigentliche Mefsvorrichtung besteht aus zwei Linealen, den sogen. Mefslinealen, die wie die Schenkel eines Zirkels scharnierartig miteinander verbunden sind. Der Scheitel dieses Zirkels läfst sich in einer Führung vertikal auf- und abwärts bewegen. Dabei bewegen sich die freien Enden des Zirkels, mit denen je ein Schlitten scharnierartig verbunden ist, symmetrisch zueinander in horizontaler Richtung in einer schwalbenschwanzförmigen Führungsnut, die in die obere Fläche eines horizontalen Balkens, des sogenannten Durchmessers, eingeschnitten ist.

Die vertikale Führung, in der sich der Scheitel des Zirkels auf- und abwärts bewegt, wird durch zwei vertikale, passend der Länge nach ausgeschnittene Leisten gebildet, die zu beiden Seiten der Mitte des Durchmesserbalkens befestigt sind. Sie werden durch je drei Streben gehalten, die von dem Durchmesser und einem senkrecht zu diesem in dessen Mittelpunkt angebrachten Querbalken ausgehen; Durchmesser und Querbalken bilden ein horizontal liegendes Kreuz. Das Ganze ruht drehbar auf einer in der Mitte der ringförmigen Mauer aufgestellten vertikalen eisernen Achse, die in eine Grundplatte aus Stein drehbar eingelassen ist und von einem Kasten aus Holz umgeben wird. Auf dem oberen Ende der Achse ist die Mitte des erwähnten Kreuzes, auf dem die Mefsvorrichtung ruht, befestigt. Um die eiserne Achse läfst sich das Instrument drehen; dabei gleiten die passend als Zeiger ausgebildeten Enden des Durchmessers auf der Teilung des horizontalen Ringes, der auf der ringförmigen Mauer liegt.

Auf den oberen Flächen der beiden Meßlineale sind je zwei Absehen angebracht, durch die man die Gestirne anvisiert und deren sin β bestimmt. Letzteres geschieht in folgender Weise: Der Durchmesser ist zu beiden Seiten der Führungsnut und auf beiden Seiten von seinem Mittelpunkt aus mit einer passenden Teilung versehen. Die Strecke, die das Ende eines Meßlineals auf dieser Teilung abschneidet, dividiert durch die Länge eines Meßlineals, gibt den Sinus des Komplements des Höhenwinkels (α).



Ab. 39: Gesamtansicht des Instruments VIII.

Gleichzeitig liest man an der Stelle der Teilung des horizontalen Ringes, bei der das entsprechende Ende des Durchmessers liegt, das Azimut ab. (Abb. 39).

Zu den Instrumenten, die ich in der von Gott behüteten Sternwarte hergestellt habe, gehört das Instrument, mit dem man den Sinus und das Azimut bestimmt[1]).

Man stellt einen möglichst großen Ring aus Kupfer her; er heißt „Horizontring“. Die Herstellung und Prüfung des Ringes geschieht in der gleichen Weise, wie dies früher angegeben wurde (vgl. wohl S. 74).

Man befestigt den Ring (wie denjenigen des Instruments VI) auf der oberen Fläche einer 1½ Ellen hohen, ringförmigen Mauer[2]) (wie bei Instrument VI). Man trägt auf die Oberfläche des Ringes die Meridian-, die Ost-Westrichtung und (wohl vier) konzentrische Kreise ein, in deren Zwischenräume die Grade, deren Bruchteile und je die fünften Grade eingetragen werden. Die Bezifferung der Fünfer-Gradteilung beginnt beim Ost- und Westpunkt und endigt beim Nord- und Südpunkt, beiderseits mit 90°.

Aus gutem, festem Holz stellt man einen Durchmesser (einen Balken) her, dessen quadratischer Querschnitt ⅓ Elle Kantenlänge besitzt (D in Abb. 39). Seine Enden bewegen sich (beim fertigen Instrument) auf der inneren Seite[3]) der Oberfläche des Horizontringes. In der Mitte des Durchmessers bringt man senkrecht zu ihm einen Querbalken (P) an (im Text „Polster“ genannt), der ungefähr 2 Ellen lang ist. Sein Querschnitt ist ebenfalls quadratisch mit ⅓ Elle Kantenlänge. Durchmesser und Querbalken werden an zwei in ihren Mitten angebrachten Einschnitten ineinandergefügt. (Sie bilden somit ein längliches Kreuz.)

Längs der Mitte der oberen Fläche des Durchmessers schneidet man eine schwalbenschwanzförmige Nut (N) ein, deren obere Weite sowie deren Tiefe je ⅙ Elle betragen.

Bei der Mitte des Durchmessers bringt man vertikal auf beiden Seiten der Nut zwei gleich lange Leisten (Pf) an, die auf ihm und dem Querbalken senkrecht stehen. Sie sind so lang wie der Radius des Horizontringes; ihr quadratischer Querschnitt hat ⅙ Elle Kantenlänge.

Längs der Mitte einer der Längsflächen jeder Leiste schneidet man eine Nut aus, deren lichte Weite und Tiefe 1 kleinen Finger beträgt. Die Leisten werden so aufgestellt, daß die Nuten einander nach innen zu gegenüberstehen. Verbindet man zwei gleich hoch liegende Stellen der Nuten durch eine horizontale Linie und errichtet auf deren Mitte eine vertikale Linie, so muß letztere durch die Mitte des Horizontringes gehen. Die oberen freien Enden der Leisten werden durch ein eisernes Band (B) zusammengehalten.

Jede Leiste wird durch drei Streben (S) gestützt. Die eine Strebe (S_1) geht vom einen Ende des Querbalkens aus und endigt bei $^1/_3$ der Höhe des Pfeilers (von unten). Die beiden anderen Streben (S_2 u. S_3) gehen aus vom Durchmesser in beiderseits gleichem, $1^1/_2$ Ellen betragendem Abstand von dessen Mitte und endigen ebenfalls in $^1/_3$ der Höhe des Pfeilers.

In der Mitte der unteren Fläche des Querbalkens und damit in der Mitte des Horizontringes befestigt man eine $1^1/_2$ Ellen lange eiserne Achse (a); ihr unteres Ende dreht sich in einer runden eisernen Hülse (H). Letztere ist in eine viereckige Vertiefung einer steinernen Grundplatte (F) eingelassen, die in der Mitte der Umfassungsmauer aufgestellt ist. Die eiserne Achse ist umgeben von einem Holzkasten, der auf der steinernen Grundplatte aufsitzt, und dessen Deckel, der dicht bis an die untere Fläche des Querbalkens heranreicht, zum Durchtritt der eisernen Achse durchbohrt ist. Der Deckel des Kastens ist quadratisch; er soll mindestens 2 Ellen lang und breit sein.

Man fertigt zwei gleich lange Lineale (M) an, deren quadratischer Querschnitt $^1/_6$ Elle Kantenlänge hat. Ihre beiden Enden besitzen halbkreisförmige Anschwellungen, die um $^2/_3$ der Breite der Lineale aus diesen herausragen. Am einen Lineal ist die eine Anschwellung in der Mitte aufgeschlitzt; in diesen Schlitz paßt die entsprechende Anschwellung des anderen Lineals. An diesen Anschwellungen sind die beiden Lineale durch einen eisernen Stift verbunden (der durch entsprechende Löcher in den erwähnten Anschwellungen gesteckt wird). So entsteht gleichsam ein Zirkel, dessen Schenkel die Lineale bilden, und die sich vollkommen bedecken müssen, wenn der Zirkel zusammengeklappt wird[4]). Die beiden Lineale heißen die „Meßlineale"[5]).

An dem Gelenk des Zirkels (G), den die Meßlineale bilden, ragen beiderseits zwei kreisrunde Führungsstifte heraus, die in die Führungsnuten der vertikalen Leisten eingesetzt werden; in den Nuten läßt sich das Gelenk des Zirkels nach oben und unten ohne Erschütterung bewegen.

Aus hartem Holz oder aus Kupfer stellt man zwei Schlitten (Schl) von 1 *Fitr* Länge her, die genau in die schwalbenschwanzförmige Führungsnut des Durchmessers passen und sich in dieser, ohne zu wackeln, verschieben lassen. An seinem einen Ende besitzt jeder Schlitten eine halbkreisförmige Anschwellung (Schw), die in der Mitte aufgeschlitzt ist. In diese Schlitze passen die halbkreisförmigen Anschwellungen an den freien Enden der beiden Meßlineale. Durch je einen Bolzen werden letztere drehbar mit den Schlitten verbunden. Zu beiden Seiten der Schlitten stehen spitze Zeiger (Z) vor, die sich über einer Teilung bewegen, die auf den beiden Seiten der Führungsnut des Durchmessers eingetragen ist.

Hiermit ist die Herstellung des Instrumentes beendigt. Man trägt noch auf die beiden oberen Begrenzungsflächen des Durchmessers zu beiden Seiten der Führungsnut folgende Teilung ein: Beginnend beim Mittelpunkt des Durchmessers teilt man dessen beide Hälften nach beiden Seiten in 60 gleiche Teile und unterteilt jeden dieser Teile so weit wie möglich. Beide Teilungen (Grob- und Feinteilung) trägt man in entsprechende Felder ein, die durch parallele Linien längs des Durchmessers abgegrenzt werden. Die Bezifferung der Teilung beginnt beim Mittelpunkt des Durchmessers und endigt bei seinen Enden. An derjenigen Stelle der Teilung, bei der sich die an den Schlitten der Meßlineale angebrachten Zeiger befinden, liest man den Sinus des Komplements des Höhenbogens ab[6]. Sind die beiden Meßlineale kürzer als der halbe Durchmesser, so erstreckt sich die Teilung nicht bis an die Enden des Durchmessers; vielmehr bleibt dort je eine Strecke übrig, die nicht geteilt wird.

Auf den oberen Längsflächen der beiden Meßlineale bringt man senkrecht je zwei Absehen (A_1 u. A_2) an, die gleich groß und in der üblichen Weise ausgeschnitten sind.

Für eine genaue Messung ist es erforderlich, daß die Strahlen die Löcher beider Absehen durchsetzen, und daß die beiden Zeiger an den Schlitten der Meßlineale sich stets in gleichem Abstand vom Mittelpunkt des Horizontringes befinden.

An Stelle der halbkreisförmigen Anschwellungen, die an den Enden der Meßlineale und der Schlitten angebracht sind, lassen sich auch sogenannte *Dubūb*[7]) aus Kupfer oder Scharniere (arab. *Nermādagāt*)[7]) aus Eisen verwenden; sie sind kräftiger und leichter beweglich.

Anmerkungen.

1) Die einzelnen Teile dieses Instrumentes finden sich größtenteils auch an dem folgenden Instrument.

2) Wie bei dem Instrument von *Ibn Sīnā* (Avicenna, S. 128) ist wohl auch bei den vorliegenden Instrumenten (Instrument VI, VIII und IX) in der Mauer eine Öffnung angebracht, durch die die Beobachter ins Innere gelangen, um ihre Messungen vorzunehmen.

3) Auf der äußeren Hälfte der oberen Fläche des Horizontringes befindet sich die (in Abb. 39 angedeutete) Teilung. Darüber, daß man zweckmäßig die Enden des Durchmessers zu Zeigern ausbildet, mit denen man das Azimut abliest, ist nichts angegeben.

4) Es handelt sich um eine scharnierartige Verbindung der beiden Lineale, die wohl in der gleichen Weise ausgeführt ist, die der Verf. bei Instrument VI S. 76 bei der Verbindung der beiden Quadranten schilderte.

5) Die Anbringung zweier Meßlineale hat offenbar mit dem eigentlichen Verwendungszweck des Instrumentes nichts zu tun. Durch ihre symmetrische Anordnung sichern sie das Gleichgewicht.

6) Jedes Meßlineal bildet mit den vertikalen Leisten und dem Durchmesser ein Dreieck AMB. Der Winkel bei A ist die Zenitdistanz $\beta =$ dem Komplement des Höhenwinkels α. $\sin \beta = \frac{MB}{AB}$, wobei AB = 60 Einheiten zu setzen ist (vgl. Abb. 40).

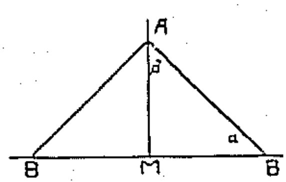


Abb. 40.

7) Jeder dieser Ausdrücke bezeichnet wohl eine besondere Art von Scharnieren. (Zu *Nermādaga*, Plural *Nermādagāt*, s. E. Wiedemann, Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 38, 32. 1906).

Nach F. Krenkow ist *Ḍabb* (Plural *Ḍubub*) die Kante einer doppelten Türe. Nach L. Cheikho bedeutet *Ḍabb* „Guß" und *Ḍubūb* zwei Gußstücke, die sich genau ineinander einschachteln und die Tür schließen.

IX.

Das Instrument mit dem Sinus und Sinus versus.

(Arab. Text fol. 75 a.)

Dieses Instrument entspricht bis auf die eigentliche Meßvorrichtung vollständig dem unter VIII. besprochenen Instrument.

Die Meßvorrichtung selbst ist wieder ein aus zwei gleich langen Linealen gebildeter Zirkel, dessen Schenkel scharnier-

artig, gegeneinander drehbar, verbunden sind. Das eine Lineal, der sogenannte Besitzer des Pfeiles, das einen trapezförmigen Querschnitt hat, befindet sich seiner ganzen Länge nach in der schwalbenschwanzförmigen Führungsnut des Durchmessers, in der es sich verschieben läfst. Dabei bewegt sich das freie Ende des andern Lineals, des sogen. halben Durchmessers, in der von den beiden vertikalen Führungsleisten gebildeten Führung auf- oder abwärts; an der oberen Fläche dieses Lineals befinden sich wiederum zwei Absehen.

Im Gegensatz zum vorher besprochenen Instrument, bei dem der Durchmesser mit einer Teilung versehen ist, befinden sich hier entsprechende Teilungen an den beiden vertikalen Führungsleisten und an dem Besitzer des Pfeiles. Diejenige Strecke an der an den Führungsleisten angebrachten Teilung, die von dem halben Durchmesser abgeschnitten wird, gibt dividiert durch dessen Länge den Sinus des Höhenwinkels (vgl. Abb. 41). Die Strecke am Besitzer des Pfeiles, die von dem Scheitel des Zirkels und den Führungsleisten begrenzt wird, gibt den Sinus des Komplements des Höhenwinkels, die übrige Strecke den Sinus versus des Höhenwinkels $= 1 - \cos \varphi$.

Zu den Instrumenten, von denen ich in der Sternwarte ein Exemplar hergestellt habe, gehört das Instrument mit dem Sinus und dem Sinus versus (Pfeil). Gleichzeitig kann man mit ihm auch das Azimut ermitteln.

Das Instrument besteht (genau wie das im vorangegangenen Abschnitt VIII beschriebene Instrument) aus dem Horizontring, dem Durchmesser, dem Querbalken, dem eisernen Pfeiler, auf dem sich das Instrument dreht, und der von einem Holzkasten umgeben ist, ferner aus den vertikalen Leisten, die in der Mitte des Durchmessers senkrecht auf ihm angebracht sind, und schließlich aus den Streben, welche die vertikalen Pfeiler mit dem Querstück und dem Durchmesser zusammenhalten (s. Abb. 39).

Bis hierher entspricht dieses Instrument dem vorhergehenden: etwas abweichend, dem Verwendungszweck entsprechend, ist nur die eigentliche Mefsvorrichtung, die nun beschrieben wird:

Man stellt zwei gleich lange Lineale her, die die Länge des halben Durchmessers haben und $^1/_6$ Elle breit sind. Am einen Ende besitzt jedes Lineal eine halbkreisförmige Anschwellung oder (an deren Stelle) Ringe aus Eisen, die zur Hälfte in die Lineale eingelassen sind [1]). Die beiden Lineale werden durch einen eisernen Bolzen (bei D_1) drehbar verbunden. Ihre freien Enden (D und D_2) sind indessen (im Gegensatz zu den Meßlinealen beim vorhergehenden Instrument) nicht mit Anschwellungen versehen (vgl. Abb. 41).

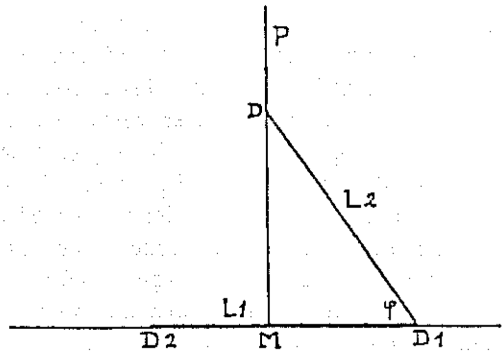


Abb. 41: Schematische Skizze zum Instrument IX. $L_1 = D_1 D_2$ dient zur Messung des sin vers, $L_2 = D D_1$ zur Messung des sin. MD entspricht am Instrument der Strecke an der Teilung der vertikalen Führungsleisten (Pf in Abb. 39), die das Lineal L_2 abschneidet. Mit der gleichen Teilung wie diese Leisten ist auch das Lineal L_1 versehen.

Das eine Lineal (L_1) befindet sich in seiner ganzen Länge in der schwalbenschwanzförmigen Führungsnut des Durchmessers [1a]). Dabei sollen die obere Längsfläche des Durchmessers und die obere Längsfläche des Lineals in einer Ebene liegen. Mit diesem Lineal wird der Sinus versus gemessen (*Dât al Sahm*).

Das andere Lineal (L_2) heißt der „halbe Durchmesser" *). Längs der Mitte seiner freien Endfläche (E) [2]) macht man einen Einschnitt, in dem eine (wohl rechteckige) Scheibe (Sch) befestigt wird, an die beiderseits ein runder (als Führung dienender) Stift (Z) angesetzt ist (s. Abb. 42). Die Stifte befinden sich in den Führungsnuten der beiden vertikalen Leisten, in denen sie sich auf- und abwärts bewegen lassen.

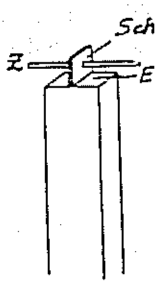


Abb. 42.

Bei dem Führungsstift des halben Durchmessers macht man ein Zeichen. Der Abstand dieses Zeichens von dem Bolzen, der das andere Ende des halben Durchmessers

*) Nicht zu verwechseln mit dem Durchmesser (Balken) D in Abb. 39.

mit dem Lineal zur Bestimmung des Sinus versus verbindet, entspricht der Länge des halben Durchmessers.

Man trägt auf je einer der beiden Seitenflächen der vertikalen Leisten [3]), von deren unterem Ende ausgehend, den Betrag des halben Durchmessers ab und begrenzt die entsprechende Strecke durch ein Zeichen. Man teilt beide Strecken in 60 gleiche Teile und unterteilt jeden Teil soweit als möglich [4]).

Mit der gleichen Teilung wird das Lineal (L_1) zur Bestimmung des Sinus versus versehen. Die Bezifferung der Teilung an letzterem beginnt bei der Mitte des Bolzens (D_1), der dieses Lineal mit dem halben Durchmesser verbindet. Diejenige Strecke des Lineals (MD_1 in Abb. 41), die begrenzt wird durch die Mitte des erwähnten Bolzens (D_1) und die entsprechenden Flächen der Leisten (MP), ist gleich dem Sinus des Komplements der Höhe; das übrig bleibende Stück (MD_2) entspricht dem Sinus versus des Höhenbogens (φ) [5]).

Die Bezifferung der an den Seitenflächen der vertikalen Leisten angebrachten Teilungen (vgl. Anm. 3) beginnt unten beim Durchmesser und endigt an den an den Leisten angebrachten Zeichen. Die Strecke, die der halbe Durchmesser auf dieser Teilung abschneidet, entspricht dem Sinus des Höhenbogens (MD in Abb. 41).

Schließlich bringt man auf der oberen Längsfläche des halben Durchmessers (L_2) wie üblich zwei Absehen an. Man braucht deren Beschreibung nicht zu wiederholen.

Aus der Lage des halben Durchmessers gegenüber den beiden Pfeilern ergibt sich der Sinus der Höhe.

Wieviele Beweise der Verwendungsmöglichkeiten gibt es bei diesem Instrument. Der eine Beweis schließt sich unmittelbar an den andern an.

Anmerkungen.

1) Aus dieser Bemerkung dürfte Folgendes hervorgehen: Nehmen wir an, die Lineale seien aus Holz, was wohl auch zutrifft, so kann man das Lineal mit seiner Anschwellung aus dem Vollen herausarbeiten. Stellt man jedoch zuerst ein einfaches Lineal her, so wird man die Anschwellungen als passend geformte Metallansätze anbringen, die in die Enden der Lineale versenkt werden. Diese Metallansätze bezeichnet *al ʿUrḍi* mit „Ringe".

1a) Es muß infolgedessen wie die Nut des Durchmessers selbst einen trapezförmigen Querschnitt haben.

2) An der anderen Endfläche ist dieses Lineal mit dem zur Messung des Sinus versus bestimmten Lineal verbunden.

3) Es sind diejenigen an die einander nach innen zugekehrten Flächen anstoßenden Längsflächen, die sich beim fertigen Instrument auf der Seite befinden, an der der halbe Durchmesser anliegt; dessen Ende bewegt sich somit zwischen den beiden Teilungen.

4) Beachtlich ist, daß im Gegensatz zum vorhergehenden Instrument bei diesem Instrument die vertikalen Leisten geteilt sind; man hat dadurch die Möglichkeit, ohne weiteres sin φ abzulesen und braucht nicht wie im anderen Fall φ aus dem Sinus des Komplementwinkels berechnen. — Eine Teilung des Durchmessers erübrigt sich selbstverständlich beim vorliegenden Instrument.

5) Es ist:

$$\frac{MD}{r} = \sin \varphi \text{ (r = Länge des halben Durchmessers } L_2\text{)}$$

$$\frac{MD_1}{r} = \sin (90 - \varphi)$$

$$\frac{MD_2}{r} = 1 - \cos \varphi = \sin \text{vers } \varphi$$

Die Einführung des Sinus versus φ für $(1 - \cos \varphi)$ entsprach dem Bedürfnis, für den bei astronomischen Berechnungen oft vorkommenden Ausdruck $(1 - \cos \varphi)$ eine einfache, leicht meßbare Beziehung zu schaffen.

X.

Das vollkommene Instrument.

(Arab. Text fol. 76 a.)

Die eigentliche Mefsvorrichtung ruht auf einem Gestell, das demjenigen des unter V. besprochenen Instruments entspricht, nur ist das als Unterlage dienende Kreuz von einem geteilten Ring umgeben (s. Abb. 26). Durch die durchbohrte Kreisscheibe, die durch acht (dort vier) Streben gehalten wird, ist ein vertikaler Drehpfeiler geführt, in dessen oberem Ende ein quaderförmiger Aufsatz befestigt ist.

Auf diesem Aufsatz ist die eigentliche Mefsvorrichtung angebracht. Wie bei dem unter VII. besprochenen Instrument besteht sie aus einem 2,25 m langen, sogenannten Höhenlineal, das zwischen den oberen Enden zweier ebenso langer, senkrecht auf dem Aufsatz befestigter Pfeiler drehbar aufgehängt und mit zwei Absehen versehen ist. — Ein zweites Lineal, das sogenannte Sehnenlineal, das $1^1/_2$ mal so lang als das Höhenlineal ist, wird am unteren Ende des einen vertikalen Pfeilers drehbar befestigt. Es ist so ausgeschnitten, dafs die einander zugekehrten Längsflächen der beiden Lineale einander berühren.

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

Das Instrument wird entsprechend den vier Himmelsrichtungen aufgestellt und am Boden befestigt. Es ist wie das unter VII. besprochene Instrument ein parallaktisches Lineal mit der Erweiterung, daſs es durch Drehung des vertikalen Drehpfeilers für jedes beliebige Azimut eingestellt werden kann. Dementsprechend ist sein Anwendungsbereich ein gröſserer: es kann zur Lösung einer Reihe von astronomischen Aufgaben dienen, die von der Bestimmung der Höhe und des Azimuts eines Gestirnes ausgehen.

Eine andere Art von Instrumenten gehört zu den Dingen, die ich in Damaskus im Jahre 650 (1252/53) ausführte für *al Malik al Manṣûr*, den Herrn von Emessa in der Gegenwart von dem *Imâm*, dem großen, trefflichen Gelehrten, dem Vezier *Nadjm al Dîn al Labûdî*[1]).

Man fertigt ein Gestell[2]) an, das demjenigen des Instrumentes mit der beweglichen Absehe (Instrument V) ähnlich ist; nur besitzt es größere Abmessungen. Der Fuß des Gestells ist (hier) ein großer Ring[3]), in dessen Innern ein aus zwei gleich langen, senkrecht ineinander gefügten Holzbalken bestehendes Kreuz angebracht ist. Über der Unterlage befindet sich eine in der Mitte durchbohrte kreisförmige Scheibe, die durch acht von der Unterlage ausgehende kräftige Streben gestützt wird (beim Instrument V sind es vier).

Die Unterlage wird parallel zum Horizont aufgestellt. Auf dem Ring der Unterlage trägt man die Nord-Süd- und die Ost-Westrichtung ein; man teilt ihn ferner wie üblich in die Grade und deren Unterabteilungen. Man nennt diesen Ring den „Horizontring".

(Wie beim Instrument V) bringt man in der Mitte des Horizontringes (bezw. des in ihm befindlichen Kreuzes) drehbar einen runden Pfeiler an, dessen oberes Ende die durchbohrte kreisförmige Scheibe in einer Länge von $^1/_3$ Elle durchsetzt. Der Pfeiler darf sich nicht gegen die Unterlage neigen, sondern muß stets senkrecht zu ihr stehen.

Der obere Teil des Pfeilers, der aus der durchbohrten Scheibe herausragt, ist viereckig und mindestens $^1/_4$ *haschimîtische* Elle breit. Auf dem (oberen) Ende des Pfeilers befestigt

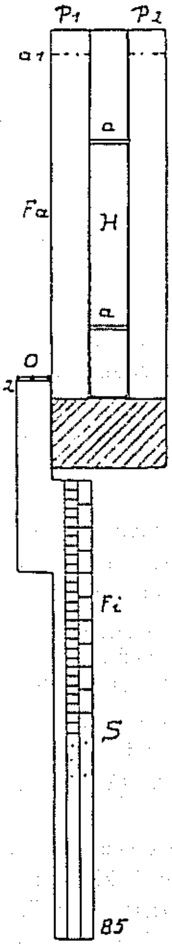


Abb. 43: Schematischer Durchschnitt durch Instrument X ohne Gestell. Das Lineal S hängt frei herunter. Die Teilung an ihm ist nur angedeutet und beginnt, wie in Anm. 6, S. 104 angegeben.

man einen hölzernen Aufsatz (A) von der Gestalt eines Quaders, der $^2/_3$ Ellen lang, $^1/_2$ Elle breit und $^1/_2$ Elle hoch ist (vgl. Abb. 43). Der Aufsatz wird durch Nägel auf dem Pfeiler befestigt[4]; dabei berührt seine untere Fläche die obere Fläche der kreisförmigen Scheibe. — An dem Pfeiler bringt man einen Griff an, mit dem man ihn drehen kann.

Aus bestem Holz fertigt man drei viereckige Lineale, die $4^1/_2$ Ellen lang und $^1/_6$ Elle breit (mit quadratischem Querschnitt) sind. Zwei von diesen Linealen befestigt man in entsprechend großen viereckigen Ausschnitten auf der oberen Fläche des erwähnten Aufsatzes und zwar senkrecht zu ihm. Der Abstand zwischen diesen beiden Linealen (P) soll $^1/_6$ Elle betragen[5]. — Das dritte Lineal heißt das „Höhenlineal" (H).

Man zieht auf je einer Längsfläche der drei Lineale gerade Linien, die ihre Breite halbieren (Mittellinien). Am oberen Ende der Mittellinien der beiden vertikalen Lineale bringt man in gleicher Höhe über der oberen Fläche des Aufsatzes je ein Zeichen an und macht dort jeweils eine Durchbohrung.

Ebenso durchbohrt man das eine Ende des „Höhenlineals". Man bringt es zwischen die beiden vertikalen Lineale und verbindet es mit letzteren (drehbar) durch einen eisernen Zapfen, der durch die Durchbohrungen gesteckt wird. Auf der oberen Längsfläche des „Höhenlineals" bringt man wie üblich zwei Absehen (a) an. Das Höhenlineal ist so lang, daß es bei seinem Durchgang durch den Zwischenraum der vertikalen Lineale (zwischen denen es ja drehbar aufgehängt ist) gerade die obere Fläche des Aufsatzes berührt.

Aus bestem Holz stellt man ein viertes Lineal her, das (ebenfalls) viereckig ist. Es ist $1^1/_2$ mal länger als das Höhenlineal; sein Querschnitt ist rechteckig mit 5 Finger und 4 Finger Kantenlänge. Es heißt das „Sehnenlineal" (und hat folgende Form): Am Ende der einen breiten Längsfläche ist es in einer Länge von 1 Elle und $^1/_6$ Elle dick verstärkt. Bei der gegenüberliegenden Längsfläche ist es $^1/_2$ Elle lang und $^1/_6$ Elle tief ausgeschnitten (vgl. Abb. 43). Letzterer Betrag entspricht der Breite der vertikalen Leisten (P). Legt man das Sehnenlineal (S) mit seinem ausgeschnittenen Ende auf die äußere Längsfläche (Fa in Abb. 43) von einem der vertikalen Pfeiler (P_1 in Abb. 43), so liegen die inneren Längsflächen dieses und des Sehnenlineals in einer Ebene. In der gleichen Ebene liegt dann auch diejenige Längsfläche des Höhenlineals (H), die die erwähnte Fläche (S) des Sehnenlineals berühren soll (beim Gebrauch des Instruments).

Am unteren Ende der Mittellinie der äußeren Fläche (Fa) des vertikalen Lineals (P_1) (es ist diejenige, an der nachher das Sehnenlineal angebracht wird) macht man ein Zeichen (M). Den Abstand dieses Zeichens von der Mittellinie (a_1) der zwischen den oberen Enden der vertikalen Lineale befindlichen Drehachse des Höhenlineals überträgt man auf das Höhenlineal von dessen Drehachse (a_1) aus. Die so abgemessene Strecke entspricht dem Radius (r) des Kreises, den das Ende dieser Strecke bei der Drehung des Höhenlineals beschreibt. (Vgl. hierzu Instrument VII.)

Bei dem Zeichen (M) befestigt man senkrecht zum Pfeiler (P_1) einen runden eisernen Zapfen (a_2), der 1 kleinen Finger dick ist und um $^1/_4$ Elle aus der Fläche herausragt. Am Ende des Sehnenlineals befestigt man nebeneinander drei eiserne Ösen (O) (*Razza*), die (wie die Türangeln) in die entsprechende Endfläche des Sehnenlineals zur Hälfte versenkt sind. Diese Ösen werden über den aus dem vertikalen Pfeiler (P_1) herausragenden Zapfen (a_2) geschoben, um den sich das Sehnenlineal drehen läßt.

Die obere Längsfläche des Sehnenlineals wird durch parallele Linien in schmale Streifen zerlegt (in Abb. 43 angedeutet). Man teilt diejenige Strecke von der Drehachse (a_2)

7*

des Sehnenlineals aus, die dem Radius des Kreises entspricht, den das Höhenlineal bei dessen Drehung beschreibt, in 60 gleiche Teile. Daran schließen sich noch weitere 25 Teile, die auf das übrige Stück des Lineals kommen. Man hat somit im ganzen 85 gleiche Teile (s. Abb. 43). Man unterteilt jeden dieser Teile soweit wie möglich. Die Bezifferung der Teilung beginnt bei der Drehachse (des Sehnenlineals)[6]). Gegenüber den Teilen trägt man die Bögen ein, die den zugehörigen Sehnen entsprechen. Man entnimmt sie aus Tabellen.

Zur Ausführung einer Messung dreht man den Drehpfeiler und damit das auf ihm angebrachte Instrument an dem Griff, bis diejenige Längsfläche des Höhenlineals, an der die entsprechende Längsfläche des Sehnenlineals liegt, in die Ebene des Azimutalkreises gelangt, in dem sich der zu beobachtende Stern befindet. Man hebt das „Höhenlineal" an, bis man den Stern durch die Öffnungen der auf ihm angebrachten Absehen erblickt. Man zieht hiernach das „Sehnenlineal" hoch, bis seine obere geteilte Längsfläche die Marke M am Höhenlineal berührt, das den Radius (r) (am Höhenlineal) begrenzt. Aus dem Betrag der am Sehnenlineal abgeschnittenen Sehne, den man an dessen Teilung abliest, erhält man den Winkel, dessen Schenkel durch die beiden Linien gebildet werden, die durch den Stern und durch den Zenit gehen. Dieser Winkel entspricht dem Komplement der Höhe des Sternes (Zenitdistanz). Wenn man seinen Betrag von 90° subtrahiert, hat man die Höhe selbst.

Handelt es sich um die Beobachtung der Sonne, so ist das (geschilderte) Meßverfahren einfacher, da man in diesem Falle die Sonnenstrahlen die Öffnungen der Absehen durchdringen läßt (und somit das Anvisieren erspart). Zur Messung von Sternhöhen wird daher, um die Beobachtung zu erleichtern, zwischen die Öffnungen der Absehen ein gerades Rohr gelegt; an seinem einen Ende, an dem das Auge des Beobachters liegt, befindet sich eine tellerförmige Blende (s. S. 78).

Zur Aufstellung des Instrumentes ermittelt man zunächst die Meridianlinie und legt den durch sie gegebenen Nord- und Südpunkt durch ein Zeichen auf dem Horizontring der

Unterlage fest; letztere muß horizontal liegen. In dieser Lage wird die Unterlage festgelegt. Dies geschieht dadurch, daß man um die Unterlage ein Gebäude (etwa eine ringförmige Mauer) errichtet, wodurch deren Lage gesichert ist. Noch sicherer wird die Aufstellung der Unterlage, wenn man unter ihr Holzpflöcke in den Boden einläßt, auf denen man sie festnagelt.

Am unteren Teil des Drehpfeilers bringt man senkrecht zu ihm ein (als Zeiger dienendes) Querlineal an, das sich über der am Horizontring der Unterlage angebrachten Teilung bewegt und das Azimut abzulesen gestattet. Dabei muß sich dieser Zeiger in der Ebene des entsprechenden Azimutalkreises befinden, d. i. diejenige Ebene, in der die auf dem Sehnenlineal gleitende Längsfläche des Höhenlineals (bei der gleichzeitigen Höhenmessung) liegt.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß man mit diesem Instrument, das wir erfunden haben, zahlreiche Aufgaben lösen kann, deren Lösung mittels des im Almagest beschriebenen „Besitzers der beiden Schenkel" (des parallaktischen Lineals) nicht möglich ist. Man bestimmt mit ihm (z. Beisp.) den unbekannten Ort eines Sterns (A), wenn der Ort eines anderen Sternes (B) nach Länge und Breite gegeben ist. Hat man die Höhe und das Azimut des Sternes (B) ermittelt, so läßt sich hieraus das *Tali'* bestimmen. Ist man erfahren im Beobachten, und mißt man (sofort) die Höhe und das Azimut des Sternes (A), dessen Ort unbekannt ist, sowie den Grad des *Tâli'*, so läßt sich der unbekannte Ort des Sternes (A) nach Länge und Breite ermitteln[6a]). Diese Aufgabe läßt sich (allerdings) mit dem Instrument mit den beiden Quadranten einfacher (und genauer) lösen, da man mit diesem Instrument die Höhen und Azimute der beiden Sterne gleichzeitig messen kann[7]).

Anmerkungen.

1) Von besonderer geschichtlicher Bedeutung ist der Anfang der Beschreibung dieses Instrumentes, die ich noch einmal wiederhole und bespreche und zwar auf Grund von Angaben von Prof. Dr. Juynboll und Herrn Dr. E. von Zambaur*). Die Stelle lautet:

„Eine andere Art gehört zu dem, was ich in Damaskus im Jahre 615 (1218/1219) für *al Malik Manṣûr*, den Herrn vom *Ḥims* (Emessa) in Gegenwart von dem *Imâm*, dem großen Gelehrten, dem Trefflichen, dem Vezir *Nadjm al Dîn Ibn al Labûdî* (nicht *al Lajûdî*) anfertigte. Ich nannte es das vollkommene Instrument." — (Am Rand ist eine Berichtigung angebracht „im Jahre 650" (1252/53).

Aus der betreffenden Zeit kommen zwei Fürsten mit dem Namen *al Manṣûr* in Betracht (s. S. Lane-Poole: „The Mohammedan Dynasties", S. 79, und E. de Zambaur: „Manuel de généalogie et de chronologie pour l'histoire de l'Islam". Hannover 1927, S. 98). Es sind: *Al Malik al Manṣûr* (*Nâṣir al Dîn Ibrâhîm Ibn Schirkûh*), Herr von Emessa (*Ḥims*) — regierte von 637—643 (1239—1244) — und *al Malik al Manṣûr (II Saif al Dîn Muḥammed Ibn al Muẓaffar II Maḥmûd*), Herr von *Ḥamâh* — regierte von 642—683 (1244—1284).

Diese Fürsten sind hinsichtlich ihrer Namen und ihrer Regierungszeit ganz genau und unverrückbar bekannt. Schon hieraus geht hervor, daß die Jahreszahl 615 (die übrigens, wie Herrn de Zambaur mit Recht scheint, in eine leer gelassene Stelle des laufenden Textes eingesetzt ist) falsch ist. Aber auch die Berichtigung 650 am Rand ist nach Herrn von Zambaur irrtümlich.

L. Am. Sédillot („Les instruments astronom. des Arabes" S. 201, Anm. 3) hatte vorgeschlagen, statt „*Ḥims*" *Ḥamâ* zu lesen. Herr de Zambaur schlägt vor, die Lesung *Ḥims* beizubehalten.

Für uns ergibt sich: Der Emessaner *Manṣûr* war um die fragliche Zeit ein Mann von Jahren (geb. ca 590 = 1193/94), und ihm scheint die Beschäftigung mit astronomischen Instrumenten eher zuzumuten zu sein als dem *Manṣûr von Ḥamâ*, der damals noch ein Kind war (geb. 21. *Rabîʿ* I 632 = Dezember 1234) und seine Regierung im Jahre 642 = 1244/45 unter der Vormundschaft seiner Mutter *Ghâziat Khâtûn bint al-Kamîl* antrat und erst im Jahre 652 selbständig wurde.

Über einen Vezir *Nadjm al Dîn Ibn al Labûdî* hat mir Herr Prof. Juynboll aus der Historia compendiosa dynastiarum (ed. E. Procockius. Oxoniae 1663, S. 344, Text S. 526) das Folgende mitgeteilt — das Eingeklammerte stammt von Procockius —: „Zu den Männern dieser Zeit (d. h. der Zeit, zu der *Ibn al Qifṭî* lebte, 1172—1248, und kurz vor *Hûlâgû*, der 656 = 1258 Bagdad eroberte), die sich in den Wissenschaften der Alten und in allen trefflichen Eigenschaften auszeichneten, gehörte *Nadjm al Dîn al Dimischqi*, der als *Ibn al Labûdî* bekannt ist. Er leitete die Geschäfte des *Dîwân* (des Rates) und war zum Vezir erhoben. Er zeichnete sich vor allem in der Geometrie und der Arithmetik aus."

Dadurch, daß *Ibn Abi Uṣaibiʿa* **) an einer uns später bekannt gewordenen Stelle unseren *Nadjm al Dîn* ***) behandelt, läßt sich die Frage

*) Beiden Herren sei an dieser Stelle für ihre Bemühung bestens gedankt.

**) In seinem biographischen Werk: Quellen der Nachrichten über die Klassen der Ärzte. Arabisch publ. von A. Müller (Kairo 1884).

***) Sein vollständiger Name ist: *Abû Zakarijâ Nadjm al Dîn ʿJaḥjâ* [*Ibn Muḥammed Ibn ʿAbdân ʿAbd al Wâḥid*] *Ibn al Labûdî*. — Das Eingeklammerte ist der Name des w. u. besprochenen Vaters. *Ibn al Labûdî* bezieht sich auf einen Vorfahren.

in dem von Herrn von Zambaur angegebenen Sinne endgültig entscheiden. Ich teile die Angaben hier vollständig mit, um so mehr, als dadurch ein Versehen Suters *) berichtigt wird.

„Da sich *Ibn al Labûdi* auch mit Medizin beschäftigt hat, so hat uns *Ibn Abî Uṣaibi'a* (II, 185—189) unter *al Ṣâḥib Nadjm al Dîn* eine Schilderung seines Lebens und zwar eine ausführliche gegeben, die von Suter Nr. 365 benutzt ist. *Nadjm al Dîn* ist im Jahre 607 (1210/11) in Aleppo geboren. Mit seinem Vater ging er als Jüngling nach Damaskus. Später trat er in die Dienste von *al Manṣûr Ibrahim Ibn* **) *al Malik al Mudjâhid Ibn Asad al Dîn Ibn Schirkûh Ibn Schâḍi* (637—643 = 1239—1244). Bei ihm stieg er bis zur Würde eines Vezirs. Nach dem Tode dieses Fürsten im Jahre 643 (1244), nach einem unglücklichen Feldzug gegen *Chwârizm*, ging *Nadjm al Dîn* zu *al Malik al Ṣâliḥ Nadjm al Dîn Aijûb Ibn al Malik al Kâmil* (637—647 = 1240—1249) nach Ägypten, wo er zum Vorsitzenden des *Diwân* in Alexandrien ernannt wurde. Da *al Malik* bald starb, so kehrte er nach Syrien zurück und erhielt den Vorsitz in dem *Diwân*, der die sämtlichen Geschäfte in Syrien unter sich hatte. Da von ihm noch Verse aus dem Jahre 666 (1267/68) erwähnt werden, so ist er erst nach diesem Jahre gestorben und konnte noch mit *al 'Urdi* und *al Ṭûsi* zur Zeit des Baues der Sternwarte in *Marâgha* in Verbindung treten. Das von *al 'Urdi* erwähnte Instrument ist zwischen 637 und 643 angefertigt worden, also etwa zwischen seinem 30ten und 36ten Jahre. *Ibn Abî Uṣaibi'a* führt eine Reihe von philosophischen, mathematischen und astronomischen Werken an. Von einer seiner philosophischen Schriften heißt es, daß er sie mit 13 (!) Jahren verfaßt habe. Auf seine Beziehungen zu *al Manṣûr* weist der Titel die „manṣûrische Abhandlung über die magischen Quadrate" hin. Astronomische Werke sind: *al Zâhi* (das glänzende, herrliche), ein Auszug aus dem Tafelwerk des *Schâh* (oder des königlichen), es ist von *Ḥabasch al Ḥâsib*, dem Rechner, verfaßt; weiter das angenäherte (d. h. das der Wirklichkeit nahe kommende) Tafelwerk, gegründet auf die erprobte Beobachtung. Er hat auch einen Auszug des Werkes des Euklid, einen solchen der *Chaṣadarût* (Postulata; s. E. Wiedemann, Beitr. LXXIII, S. 235, Anm. 4), ferner ein Werk über die Wissenschaft *al Djabr wa'l Muqabâla*, der Algebra, verfaßt. *Ibn Abî Uṣaibi'a* teilt auch eine Reihe von Gedichten mit.

Unmittelbar vor *Nadjm al Dîn Ibn al Labûdî* bespricht *Ibn Abî Uṣaibi'a* (II, 184—185) dessen Vater, gekürzt folgendermaßen: *Schems al Dîn Abû 'Abd Allâh Muḥammed Ibn 'Abdân Ibn 'Abd al Wâḥid Ibn al Labûdî*. Er war Mediziner. Er ging von Syrien nach Persien (*Balad al 'Adjam*). Er stand in Aleppo in den Diensten von *Ghijâth al Dîn Ghâzî Ibn al Malik al Nâṣir Ṣâliḥ al Dîn Jûsuf Ibn Aijûb* (582—613 = 1186 bis 1216). Nach dessen Tod ging er nach Damaskus und war Arzt an dem großen Krankenhaus „*al nûri*" (gegründet von *Nûr al Dîn* 552—592 = 1186—1196). Er starb in Damaskus am 4. *Dû al 'Aqada* 621 (12. Nov. 1224). Er lebte 51 Jahre und war also etwa 1175 geboren. (Bei seinem

*) Suter: „Die Mathem. usf." a. a. O.

**) Diesen Teil des Namens hat Suter fortgelassen.

Tode war *Nadjm al Din* etwa 13—14 Jahre alt, konnte also wohl seinen Vater als Jüngling begleitet haben.)

2) Zu dem Gestell, das nach der Aussage des Verfassers demjenigen des Instrumentes V entspricht, vgl. Abb. 26.

3) Bei dem Instrument V ist der Fuß, auf dem das Gestell ruht, ein aus zwei Balken bestehendes Kreuz.

4) Dazu muß sich in dem Aufsatz ein entsprechender Einschnitt befinden, in dem das obere Ende des Pfeilers angebracht wird.

5) Die beiden vertikalen Lineale entsprechen den beiden festen Pfeilern des Instruments VII; oben ist zwischen diesen genau wie dort drehbar das Höhenlineal aufgehängt.

6) Der Anfang der Teilung, der auf das schmale Stück der oberen Fläche des Sehnenlineals zu kommen hätte, wird wohl überhaupt nicht eingetragen, da er für genaue Messungen nicht in Betracht kommt; denn infolge der dabei vorhandenen Lücke zwischen Sehnen- und Höhenlineal wird die Übertragung der abgemessenen Sehne auf das Höhenlineal fehlerhaft. Diese Einschränkung des Meßbereiches gilt ja ersichtlich nur für sehr kleine Zenitdistanzen (vgl. dazu Abb. 43).

6a) Alle diese Aufgaben lassen sich, wie man leicht einsieht, in der gleichen Weise auch mit den vorher besprochenen Instrumenten VIII und IX lösen.

7) Beim vorliegenden Instrument müssen Höhe und Azimut der beiden Sterne nacheinander und zwar möglichst rasch nacheinander gemessen werden.

Zum parallaktischen Lineal nach Ptolemäus.

Das Instrument mit den beiden Schenkeln kann so, wie es Ptolemäus im Almagest beschreibt, nicht das leisten, wozu die Instrumente dieser Art an sich fähig sind [1]). Es ergibt sich dies aus den Ausführungen von Ptolemäus. Er sagt nämlich:

Man nimmt zwei viereckige Lineale (F und H) von 4 Ellen Länge. Die Breiten (wohl je einer Längsfläche) halbiert man durch Linien, die ihrer Länge nach verlaufen (Mittellinien). Man befestigt das eine Lineal (F) auf einem Fundament senkrecht zum Horizont, wobei zwei gegenüberliegende Längsflächen in der Ebene des Meridians (des Beobachtungsortes) liegen. (Die beiden anderen gegenüberliegenden Längsflächen liegen hierbei nach Osten und Westen.)

Am oberen Ende des senkrechten Lineals befindet sich eine von Osten nach Westen verlaufende Durchbohrung und ebenso am einen Ende des anderen Lineals. Beide Lineale verbindet man durch einen eisernen Zapfen (a_1 in Abb. 44) in passender Weise drehbar miteinander.

Am unteren Ende der Mittellinie (m_1) des senkrechten Lineals befindet sich ein weiterer Zapfen (a_2), an dem ein drittes Lineal (S) drehbar befestigt ist.

Man teilt die zwischen den beiden Achsen (a_1, a_2) befindliche Strecke der Mittellinie des senkrechten Lineals in 60 gleiche Teile.

Am zweiten Lineal (H) trägt man längs seiner Mittellinie (m_2) von seiner Drehachse aus eine Strecke ab, die gleich der geteilten Strecke am senkrechten Lineal ist, und macht an der betreffenden Stelle eine Marke (M_1).

Auf der oberen Längsfläche des zweiten Lineals bringt man wie üblich zwei gleich große Absehen (A) an, die mit Öffnungen versehen sind. Dabei ist die Öffnung derjenigen Absehe, an der das Auge liegt, enger als die der anderen Absehe, durch welche man die ganze Mondscheibe umfaßt [18]).

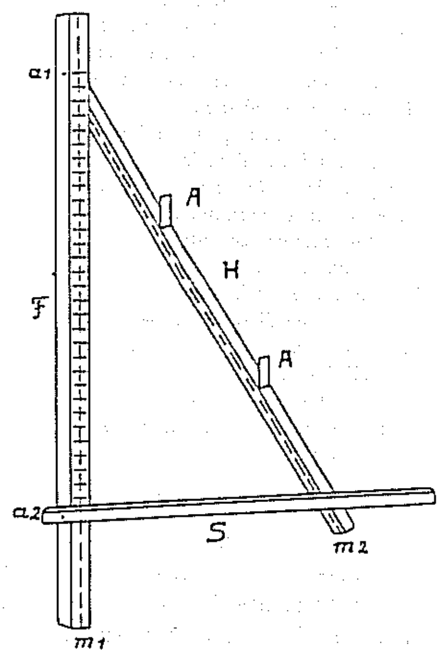


Abb. 44: Ansicht des parallaktischen Lineals nach Ptolemäus.

Mit diesem Instrument beobachtet man den Mond, wenn er im Meridian steht, indem man das mit den Absehen versehene Lineal nach dem Gestirn richtet. Am dritten Lineal (S) macht man an der Stelle, wo dieses die Marke (M_1) am zweiten Lineal trifft, eine Marke (M_2). Man dreht das dritte Lineal auf das senkrechte Lineal zurück und liest an dessen Teilung die Strecke zwischen der unteren Drehachse (a_2) und der Marke (M_2) ab. Damit hat man die Länge der Sehne. Aus einer Tabelle ermittelt man den zugehörigen Bogen. (Es ist der Bogen der Zenitdistanz, dessen Komplement gleich dem

Kulminationswinkel ist.) Das Übrige ist, wie Ptolemäus sagt, bekannt.

Wenn wir auch keinen Kommentar zu dem Text des Ptolemäus bringen, so geben wir doch den Sinn wieder, wie er (Ptolemäus) den Wortlaut verstanden haben wollte. Demjenigen, der in praktischen Dingen ein umfangreiches Wissen besitzt, ist es vollkommen klar, daß sich bei diesem Instrument Bedenken einstellen müssen, daß es höchst mangelhaft ist, und daß seine Anordnung zu wünschen übrig läßt.

Zu diesen Bedenken gibt zunächst folgender Umstand Anlaß: Es läßt sich nicht mit Sicherheit erkennen, auf welcher der beiden Längsflächen (nämlich der nach Osten bezw. der nach Westen zu gelegenen Längsfläche) des senkrechten Lineals (F) das dritte Lineal (S) angebracht werden soll. Bringt man es auf derjenigen Längsfläche an, an der das zweite Lineal (H) befestigt ist, so tritt das dritte Lineal in seiner ganzen Dicke zwischen die beiden sich berührenden Flächen des senkrechten und des zweiten Lineals. Dabei liegt aber das Dreieck, dessen Spitze sich bei der oberen Drehachse befindet, und dessen Basis (d. i. die dem Winkel gegenüberliegende Seite) von dem um die untere Drehachse drehbaren Lineal gebildet wird, nicht in der Ebene des Meridians (wie es sein sollte). Ebenso ist es, wenn man das dritte Lineal an der gegenüberliegenden Längsfläche des senkrechten Lineals anbringt (wie es Abb. 44 zeigt). In diesem Falle schiebt sich nämlich das senkrechte Lineal in seiner ganzen Dicke zwischen die beiden drehbaren Lineale [2]). Es ist hierbei ebenfalls nicht möglich, daß die drei entsprechenden Längsflächen der Lineale, die den erwähnten Dreieckswinkel bestimmen, in der Meridianebene liegen. Ist die Höhe nahe bei 90°, so ist es überhaupt schwierig, mit dem dritten Lineal die zugehörige Sehne zu überspannen (die in diesem Falle sehr klein ist).

Bezüglich der unsicheren Aufstellung ist zu bemerken, daß das zweite Lineal bei seiner Bewegung durch sein Gewicht den Drehzapfen, an dem es angebracht ist, nach unten zieht. Dann bleiben aber die Teilstriche und die Marken nicht an den Stellen, wo sie hingehören.

Bezüglich der ungenügenden Verwendbarkeit des Instrumentes ist zu sagen, daß man mit ihm nur Kulminationshöhen bestimmen kann, die größer als 30° sind[3]. Höhen, die kleiner als 30° sind, kann man nicht ermitteln, wie Ptolemäus selbst angibt. Die Teilung am senkrechten Lineal beträgt 60 Teile. Dabei entspricht mithin die größte zu messende Zenitdistanz einem Bogen, dessen Sehne 60 Teilen entspricht[4].

Verwendet man an Stelle des dritten Lineals einen Faden[5], so kann man sich auch auf dieses Verfahren nicht verlassen. Man kann nämlich den Faden schwächer und stärker spannen und infolgedessen den Ergebnissen der Messung keinen Glauben schenken. Wie wird jemand, der nach dem herrlichen Ziele strebt, streng richtige Resultate zu erhalten, auf den Gedanken verfallen, Fäden zu verwenden?

Offenbar und nicht verborgen ist demjenigen, der ohne Parteilichkeit und ohne Mißgunst seine Aufmerksamkeit auf das Wesen dessen lenkt, das wir ihm mitgeteilt haben, daß wir einzig und allein danach strebten, dem Recht und der Wahrheit vor allem anderen den Vorrang zu geben.

Abgeschrieben wurde dies von derjenigen Abhandlung, die geschrieben war am Donnerstag, dem 2ten *Djumâdâ* II 867 (22. II. 1463). Die Abschrift wurde vollendet am Mittwoch, dem 26ten *Dû'l Hidjja* (4. X. 1592) nach der *Hidjrah* unseres Propheten — die beste Begrüßung (Gottes) sei über ihn — mit der Hand(schrift) des allerniedrigsten der Menschen, *al-Ḥâfith Ḥasan ibn al-Ḥâfith Mustapha 'Alâhi Zaidî.* Möge Gott ihm seine Sünden vergeben und die Sünden seiner beiden Eltern und die Sünde eines jeden (Muslims), der *Amîn* sagt (d. h. der die *Ṣalât* (Gebete) verrichtet und also fromm ist).

Anmerkungen.

1) Als verbesserte Form des ursprünglichen parallaktischen Lineals nach Ptolemäus, dessen Mängel der Verf. im folgenden in anregender Weise rügt, ist das Instrument VII anzusehen; *al'Urḍî* sagt ja (s. o. S. 83), er habe es in Anlehnung an das parallaktische Lineal ersonnen. Die Tatsache, daß *al'Urḍî* überhaupt sich so eingehend mit den Mängeln des alten parallaktischen Lineals befaßt, läßt darauf schließen, daß dies damals noch weit verbreitet war.

1a) Vgl. hierzu Instrument V.

2) In diesem Falle ließe sich das zweite Lineal (H) auf der Mitte der oberen Längsfläche des dritten Lineals (S) verschieben (vgl. Abb. 44). Eine Berührung zweier entsprechender Flächen der beiden Lineale könnte nur durch ein Klemmen stattfinden. Offenbar denkt der Verfasser auch an diesen Fall, wenn er sagt, das erwähnte Dreieck liege dann nicht im Meridian.

3) Am Rand der betreffenden Stelle des Textes befindet sich eine irrige Korrektur des Abschreibers, nämlich statt 30° der richtigen Angabe des Textes, 60°.

4) Es geht dies aus Abb. 44 hervor. Die kleinste zu messende Höhe ist dann gegeben, wenn die drei Lineale ein gleichseitiges Dreieck bilden, dem eine Kulminationshöhe von 30° entspricht (vgl. S. 86, Anm. 3a).

5) Die Tatsache, daß Fäden und Seile mit größerer Trockenheit länger werden, war den Arabern auch aus der Feldmeßkunst bekannt. Daher verfertigten sie das Längenmaß „*al aschl*" = 60 Ellen zeitweise nicht aus einem Seil, sondern aus einer Kette. Vgl. F. Schmidt: „Geschichte der geodätischen Instrumente im Altertum und Mittelalter" (im Erscheinen).

D. Die Bedeutung der Schrift von *al 'Urḍî* für die Kenntnis der astronomischen Instrumentenkunde des Mittelalters.

Es wäre sehr verlockend, im Anschluß an die vorstehend wiedergegebene Beschreibung von *al 'Urḍî* ein Bild über den Betrieb der Sternwarte, insbesondere auch über die Aufgaben zu entwerfen, die dabei den einzelnen Instrumenten zugewiesen waren. Ich muß jedoch davon absehen aus dem einfachen Grunde, weil in dieser Hinsicht nicht die geringsten Überlieferungen vorliegen, an die man sich anlehnen könnte. Wenn auch die Instrumente selbst sehr genau beschrieben sind, so fehlen doch die Angaben über die Gebäude, in denen sie sich befanden (vgl. hierzu w. u. S. 120), die Art, wie die Messungen durchgeführt wurden, vor allem wie bei den Instrumenten mit großen Abmessungen verfahren wurde. Bei dem Quadranten kann neben dem Viertelkreis eine Treppe angebracht werden. In den anderen Fällen müssen Leitern oder Schemel zur Ablesung benutzt werden. Auch ist sicher, daß bei einer Beobachtung nicht nur ein Beobachter tätig war (vgl. hierzu Avicenna, S. 128).

Der Vermutung, daß jedem Instrument eine besondere Aufgabe zugeteilt war, stellen sich Zweifel entgegen, schon im Hinblick auf die angeblichen Vorzüge, die nach *al 'Urḍî* die von ihm erfundenen Instrumente gegenüber den Instrumenten der Alten besitzen sollen. So behauptet ja *al 'Urḍi* (vgl. S. 79), daß das Instrument mit den beiden Quadranten leistungsfähiger sei als die Armillarsphäre. Die Beispiele, die er zum Beweise dessen anführt, sind indessen etwas zu spärlich. Bei dieser Sachlage wäre eine genaue Prüfung dieser Frage sehr erwünscht, vor allem auch im Hinblick auf das für die weitere Entwicklung der astronomischen Meßinstrumente (besonders im Abendland) charakteristische Bestreben, das anschauliche Element, das doch z. B. bei der Konstruktion der Armillarsphäre zweifellos eine Rolle spielte, gegenüber dem eigentlichen Meßzwecke zurückzustellen *).

Für die Großzügigkeit, die bei dem Betrieb der Sternwarte herrschte, legen die Instrumente VIII und IX Zeugnis ab, die doch wohl eigens, wie die Namen sagen, zur Bestimmung des Sinus und Sinus versus **) konstruiert waren. Beide Größen kommen bei den meisten Berechnungen vor, und es ist doch recht bemerkenswert, daß man besondere Instrumente baute, mit denen man diese Rechengrößen ohne weiteres ermitteln konnte. Beim Instrument VII konnte man die zu den gemessenen Strecken (Sehnen) gehörigen Bögen direkt ablesen. Dies ist bei den ihm folgenden beiden Instrumenten nicht der Fall, wäre hier aber genau so gut wie dort möglich gewesen.

Der Hauptwert der Schrift von *al 'Urḍi*, der sie zu einem klassischen Geschichtswerk macht, liegt aber wohl im folgenden: Die arabische Astronomie war zur Zeit von *al 'Urḍi* zu einer gewissen Reife gelangt. Auf der Grundlage der antiken Astronomie hatte sie sich mächtig entwickelt. In diesem Zustand richtete sich das besondere Augenmerk der Wissenschafter auf eine immer weitergehende Verfeinerung der Meßmethoden und Meßinstrumente. Diese Tatsache tritt uns doch bei *al 'Urḍi* Seite auf Seite entgegen. Bei den alten Instrumenten ergeht sich der Verfasser allerdings in einer stellenweise unsachlichen Kritik, die dann bei den von ihm selbst

*) Man könnte auch vermuten, daß die neuen Instrumente, wenigstens ein Teil, erst auf Grund der praktischen Erfahrungen gebaut wurden und nicht bereits zur ersten Einrichtung der Sternwarte gehörten.

**) Der Sinus versus wurde hauptsächlich verwendet bei Aufgaben über den Stundenwinkel bezw. bei der Berechnung des halben Über- oder Unterschusses in bezug auf den Tagbogen.

erfundenen Instrumenten in eine auffällige Hervorhebung von deren Vorzügen umschlägt. Dennoch lassen diese kritischen Stellen eine eingehende Vertrautheit mit dem Gegenstand und einen außerordentlich wissenschaftlich geschulten Geist erkennen.

Als Hauptforderungen für ein genaues Meßinstrument werden erkannt und auseinandergesetzt: Stabilität, tadellose Herstellung und Prüfung der Einzelteile und der Teilungen (besonders wertvoll sind hier die Ausführungen beim Instrument II, vgl. S. 47 ff.) In dieser Beziehung kann man die Schrift auf die gleiche Stufe mit zwei anderen klassischen Werken der arabischen Instrumentenkunde stellen, dem Werk von *Ibn Sînâ* (vgl. E. Wiedemann, Avicenna) und dem Werk von König Alfons X. von Kastilien (vgl. besonders F. Nolte u. H. Seemann a. a. O.). Es ist bedauerlich, daß gegenüber dem letztgenannten Werk die Schrift von *al 'Urḍi* an technischen Einzelheiten recht arm ist. Allerdings enthält sie wiederum interessante Angaben über Nivellierinstrumente und Vorrichtungen zum Prüfen von Flächen u. dgl.

Das Bestreben, möglichst genaue Instrumente zu schaffen, zeigt sich besonders bei den Instrumenten, die dem parallaktischen Lineal nachgebildet sind (Instr. VII u. X); dazu kommt noch die am Schluß gegebene Besprechung des eigentlichen parallaktischen Lineals (vgl. S. 104). *Al 'Urḍi* ist dabei von der naheliegenden und richtigen Überlegung ausgegangen, daß solche Instrumente bei entsprechend solider Konstruktion am ehesten genaue Winkelablesungen gestatten. Entsprechend große vertikale Kreise herzustellen ist entschieden schwieriger. Insbesondere war eine Teilung solch großer Kreise mit einer weit geringeren Genauigkeit zu erzielen als die der geraden Stäbe und Pfeiler. Aus diesen Gründen hat wohl *al 'Urḍi* dem Instrument X den Namen das „vollkommene“ gegeben, um anzudeuten, daß es genauer ist als insbesondere das Instrument VI, das ihm doch fast genau entspricht.

Die Schilderung der Instrumente durch *al 'Urḍi* dürfte, da uns noch keine derjenigen anderer orientalischer Sternwarten, insbesondere der bekannten von *Samarqand*, erhalten sind, auch noch nach einer anderen Richtung hin ein Interesse bieten. Daß später hervorragende Gelehrte wie *Ibn al Schâṭir* solche konstruiert haben, wissen wir aus einzelnen Angaben. Seine Werke stellte *Taqi al Dîn* außerordentlich hoch, und es ist nicht ausgeschlossen, daß durch diesen Gelehrten, der nach Rom kam, abendländischen Gelehrten diese Instrumente, auch etwa das für die spätere Entwicklung besonders grundlegende Instrument VI, bekannt wurden *). Daß unsere Instrumente im Orient selbst noch bis in die Mitte des 16. Jahrhunderts bekannt waren, ersieht man aus der um diese Zeit verfaßten Schrift von *al 'Âmilî* (vgl. Nachtrag S. 121).

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit konnte es indessen nicht sein, den Wegen nachzugehen, auf denen die reichen Erfahrungen des Orients nach dem Okzident kamen. Auf diese sollte hier nur im Vorbeigehen hingewiesen werden, um ihre Klarlegung der weiteren Forschung zu empfehlen.

E. Leben und Werke von *al 'Urḍî.*

a) Leben.

In der auf den vorhergehenden Seiten behandelten Schrift ist der Verfasser nicht genannt, also zunächst ein Anonymus. Jourdain vermutet, daß er *Mu'ajjad al Dîn al 'Urḍî* aus Damaskus gewesen sei. Er war in der Tat unter den an der Sternwarte tätigen Gelehrten der einzige, der aus Damaskus

*) Ich gebe hierzu die Ausführungen bei R. Wolf, a. a. O., S. 134, wieder, denen ich mich anschließe und zwar mit größerer Bestimmtheit auf Grund der gegenwärtigen Untersuchung: „Auch der Azimutalquadrant (Instr. VI), aus dem unser Theodolit hervorgegangen ist, und den man ebenfalls frühestens aus der Zeit von Tycho Brahe datierte, scheint in *Marâgha* und überhaupt bei den späteren Arabern und sogar in einer noch reicheren Ausstattung als nachmals im Abendlande heimisch gewesen zu sein, denn die „drehenden Quadranten" von *Marâgha* und das damit wohl identische, von Sédillot (a. a. O.) beschriebene „Instrument des quarts de cercles mobiles" bestanden, wenn auch die Beschreibung im Detail zu wünschen übrig läßt, doch immerhin aus einem horizontalen Kreise, über welchem zwei Quadranten mit Alhidaden spielten, um von zwei Gestirnen in einem gegebenen Momente gleichzeitig die Höhen und die Azimute zu nehmen und dadurch ihre Distanz zu bestimmen. Man darf also wohl als Schlußresultat hinstellen, daß der Instrumentalvorrat der Araber höher stand als im Westen zur Zeit von Regiomontan und Copernicus, und daß die praktische Astronomie erst zur Zeit von Wilhelm IV. und Tycho Brahe zu der früher erreichten Höhe aufstieg, um sie dann freilich bald nachher um ein Bedeutendes zu übertreffen."

stammte. Daß unser Verfasser dem berühmten *al Ṭûsî*, dem Leiter der Sternwarte, sehr nahe stand, ergibt sich aus dem Schluß der Einleitung zu dem besprochenen Werke (s. S. 27). *Al Ṭûsî* schätzte andererseits *al ʿUrḍî* hoch, denn er nennt ihn im Vorwort zu den *îlchânischen* Tafeln unter den erwähnten Gelehrten an erster Stelle. Auch wird *al ʿUrḍî* für manche Nachrichten als Gewährsmann angeführt. Ich schließe mich daher der Ansicht an, daß der Anonymus *al ʿUrḍî* gewesen ist.

Bei der Lebensbeschreibung von *al ʿUrḍî* sind die Angaben verarbeitet, die sich in seiner Schrift finden, sowie diejenigen, die in der Literatur erhalten sind.

Über das Leben von *al ʿUrḍî* ist allerdings nur wenig bekannt, da in keinem der arabischen bio- und bibliographischen Werke *) ihm ein besonderer Aufsatz gewidmet ist. Auch ist weder die uns beschäftigende Schrift noch die später zu nennende, von *Ḥ. Chalîfa* zitierte, aufgeführt.

Al ʿUrḍî stammte aus D a m a s k u s; das gibt *al Kutubî* an, und *al Ṭûsî* nennt ihn *al Dimischqî*, d. h. den Mann aus Damaskus. Ehe *al ʿUrḍî* nach *Marâgha* ging, lebte er demnach in Syrien. Er gibt ja auch selber an, daß er in Damaskus die Becken für die Verteilung des Wassers mit einer besonderen Vorrichtung, die er *Afaḍain* nennt, nivelliert habe (vgl. S. 74). In derselben Stadt konstruierte er für den Herrn von *Ḥims* (Emessa), *al Malik Manṣûr Ibrahîm* (1239/1244), in Gegenwart des Vezirs *Ibn al Labûdî* ein Instrument, das dann *Manṣûr* wohl nach Emessa mitnahm (vgl. hierzu S. 97 u. S. 103). Dasselbe Instrument (Instrument X, S. 96) ist dann später noch einmal in *Marâgha* hergestellt worden. Wenn *al ʿUrḍî* angibt, daß er die Ekliptikschiefe nicht nur in *Marâgha*, sondern auch an a n d e r e n O r t e n bestimmt habe, so werden unter den anderen Orten wohl syrische und vor allem D a m a s k u s verstanden sein (vgl. hierzu S. 43).

Wir erfahren noch (*Ibn Abî Uṣaibiʿa* **) II, 273), daß bei *al ʿUrḍî Abu'l Faradj Ibn al Kuff* (1233/1286) ***) den E u k l i d

*) Vgl. hierzu E. W i e d e m a n n, Beitr. II u. III (Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 36, 311. 1904 u. 37, 220. 1905).

**) Quellen der Nachrichten über die Klassen der Ärzte (arab. publ. von A. M ü l l e r. Kairo 1884).

***) Dieser *Abu'l Faradj* ist nicht zu verwechseln mit dem bekannten *Abu'l Faradj Bar Hebraeus*, dem Verfasser der syrischen Chronik.

studierte. Letzterer drang mit seinem Verstand so tief in dies Werk ein, daß er verschlossene Fragen erschloß und die Schwierigkeiten der Propositionen löste. *Al 'Urḍî* muß damals in Syrien gelebt haben, denn wir erfahren über *Abu'l Faradj*, daß er sich meist in Damaskus medizinisch betätigte und sich eine Zeitlang auf der Festung (dem Berggipfel) *Adjlûn* östlich des Jordan aufhielt.

Offenbar auf Grund von Nachrichten über die technischen Leistungen von *al 'Urḍî* ließ ihn *al Ṭûsî* bzw. *Hûlâgû* im Jahre 1259 nach *Marâgha* kommen. Dort war er einmal als Astronom bei den zur Aufstellung der *ilchânischen* Tafeln nötigen Beobachtungen und wahrscheinlich auch bei deren Berechnung beschäftigt; sodann muß er aber auch als Leiter einer großen mechanischen Werkstätte tätig gewesen sein. Diese war mit den verschiedensten technischen Hilfsmitteln, wie Drehbänken usw., ausgerüstet und mit einer Metallgießerei verbunden. In ihr wurden vor und nach 1261 die im Vorangegangenen beschriebenen Instrumente hergestellt. Dies geschah entweder unter seiner eigenen Aufsicht oder nach den von ihm entworfenen Modellen unter der Leitung seines Stellvertreters. Es ist sehr zu bedauern, daß *al 'Urḍî* nur spärlich technische Einzelheiten angibt (vgl. S. 110). Wir können uns daher kein rechtes Bild von dem Stand der damaligen Technik (Materialverarbeitung usw.) etwa in der Weise machen, wie dies nach den ausführlichen Angaben bei Alfons von Kastilien der Fall ist (vgl. H. Seemann a. a. O., S. 51).

Neben seiner Hauptaufgabe an der Sternwarte hatte *al 'Urḍî* auch andere technische Arbeiten auszuführen, so den Bau einer Moschee und eines Palastes. Dazu mußte das Wasser aus der Ebene (etwa aus dem Flusse *Ṣâfî*) mittels Wasserräder (*Daulâb*) und Wasserleitungen (*Saqîja*) auf die Höhe eines Berges gehoben werden. Leider wissen wir über diese Anlagen nichts Näheres. Als Vorbilder dienten vielleicht ähnliche Anlagen in Syrien. Ein unterschlächtiges Wasserrad hob in Töpfen das Wasser auf ein höheres Niveau in eine Wasserleitung, von dort wurde das Wasser erneut gehoben usf. — Die Gebäude wurden wahrscheinlich auf Befehl des baufreudigen *Hûlâgû* errichtet; sie standen auf einem der

Hügel, die um *Marâgha* liegen, aber sicher nicht auf demjenigen, auf dem die Sternwarte stand.

Zunächst kam *al 'Urḍî* allein nach *Marâgha*, denn er sagt in der Einleitung seines Werkes, daß er fern von der Heimat und den Kindern sei. Später folgten ihm seine Söhne *Schems al Dîn* und *Muḥammed.*

Al 'Urḍî stand jedenfalls in sehr nahen Beziehungen zu *al Ṭûsî*; dafür spricht, selbst wenn man der Überschwenglichkeit des Orients Rechnung trägt, der ungewöhnlich warme Ton derjenigen Stelle in der Einleitung, an der er *al Ṭûsî* mit seinem Vater vergleicht. Daß *al Ṭûsî* eine gütige Natur war, wissen wir auch aus anderen Nachrichten. So kam es, daß *al 'Urḍî* eine der wichtigsten Persönlichkeiten an der Sternwarte war und dem Gewährsmann von *Ḥ. Chalîfa* am besten Auskunft über die Herstellungskosten der Instrumente usw. geben konnte.

Weder über das Geburtsjahr noch über das Todesjahr von *al 'Urḍî* sind wir unterrichtet; ersteres fiel wohl in den Anfang, letzteres in das Ende des 13. Jahrhunderts.

Von den Söhnen von *al 'Urḍî* wissen wir das Folgende:

Von *Schems al Dîn* haben wir nach *al Kutubî* einen Bericht über die Lehrer von *al Ṭûsî*; mit ihm kam, wie *al Kutubî* erzählt, *Ḥasan ben Aḥmed* bei einem Besuch auf der Sternwarte zusammen.

Von einem zweiten Sohn *Muḥammed* stammt ein im Dresdner mathemat.-physikal. Salon aufbewahrter schöner Himmelsglobus, der in *Marâgha* hergestellt worden ist. Beigl berechnet aus der Lage der Fixsterne, daß er im Jahre 1289, d. h. 15 Jahre nach dem Tode von *Hûlâgû*, angefertigt wurde. A. Drechsl*) meint dagegen ohne weitere Begründung, daß er im Jahre 200 der Ära von *Djelâl* hergestellt wurde, d. h. im Jahre 1279. In beiden Fällen wäre er erst unter den Nachfolgern von *Hûlâgû* entstanden, die kein oder nur sehr geringes Interesse an *Marâgha* hatten.

*) A. Drechsl: „Der arabische Himmelsglobus des Mohammed ben Muyid el 'Ordhi vom Jahre 1279 im math.-physikal. Salon zu Dresden", 2. Aufl. mit 3 Abb. u. 8 Tafeln. Dresden 1922. Vgl. auch E. Kühnel: „Der arabische Globus usf." (enthält manche Irrtümer) in Mitt. a. d. sächs. Kunstsamml. 2, 16—23. 1911 und H. Schnell: „Die Kugel mit dem Schemel" (Diss. Erlangen 1924).

b) Werke.

Von den Schriften von *al 'Urḍî* ist uns außer einer kleinen Notiz nur diejenige über die Instrumente von *Marâgha* erhalten.

In der Einleitung zu diesem Werk (vgl. S. 24) sagt *al 'Urḍî*, daß er mit der Beschreibung der Instrumente beginne; demnach scheint unsere Schrift nur der erste Teil einer größeren gewesen zu sein. Von den beiden übrigen Teilen, die die Beobachtungen und die Beweise (d. h. die theoretischen Begründungen) behandeln, wissen wir leider nichts. Vielleicht sind dem Teil, der die Beobachtungen betrifft, die wenigen Stellen entnommen, an denen *al 'Urḍî* mit den Beobachtungen zusammenhängende Fragen streift; es geschieht dies z. B. bei der Kritik der älteren Instrumente.

Nach seiner eigenen Angabe*) hat *al 'Urḍî* eine Schrift *Risâla fî 'Amal al Kura al Kâmila* (Abhandlung über die Konstruktion der vollkommenen Kugel) verfaßt. Es dürfte sich um die Kugel mit dem Schemel (*Kura Ḏât al Kursî*) handeln. (Vgl. H. Schnell a. a. O.).

Ferner schrieb *al 'Urḍî* über die Ermittelung des Abstandes zwischen dem Mittelpunkt der Sonne und dem Apogaeum (Bibl. Ambr. Ser. A, Nr. 29_4, Fol. 24b—26b), eine Arbeit, die wahrscheinlich durch Betrachtungen von *al Ṭûsî* veranlaßt ist.

Auf ein größeres astronomisches Werk von *al 'Urḍî*, in dem er sich den Anschauungen von Ptolemäus anschließt, weist *Ibn al Schâṭir* hin und zwar in der Einleitung zu dem neuen Tafelwerk *al Zîdj al Djadîd* (vgl. Uri Katalog Bd. 2, S. 250). Aus diesem Werk stammt möglicherweise die Angabe von *al Madjî*, dem Kommentator von *'Abd Allâh al Mâridînî*, daß nach *al 'Urḍî* die Depression der Abenddämmerung 16° und diejenige der Morgendämmerung 20° beträgt (vgl. L. Am. Sédillot, a. a. O., S. 63).

Vielleicht hat *al 'Urḍî* auch ein astronomisches Tafelwerk verfaßt, wenigstens gibt *Ḥ. Chalîfa***) Nr. 6956 an: *Al Zîdj al alâ'î* von dem Scheich *Mu'ajjad al Dîn al 'Urḍî* (*'alâ'î* ge-

*) Vgl. S. 25.

**) Das bibliographische Lexikon von *Ḥ. Chalîfa* (gest. 1657/58), herausgeg. von G. Flügel und ins Lateinische übersetzt.

8*

nannt nach einem der Namen von *al 'Urḍî*); das Tafelwerk wird auch *'Alâ' al Dîn al Nisâbûrî* und *Abu'l Raiḥân al Bîrûnî* zugeschrieben.

F. Über die Sternwarte von *Marâgha.*

Im folgenden sollen die Nachrichten über die Sternwarte, die uns überliefert sind, zusammengestellt werden. Die Geschichte der Gründung der Sternwarte, die Namen der dort wirkenden Gelehrten usw. sind im Zusammenhang mit einer ausführlichen Lebensbeschreibung von *Naṣîr al Dîn al Ṭûsî* von E. Wiedemann behandelt worden und werden voraussichtlich mit seinem Nachlaß herausgegeben werden.

Die in *Marâgha*, der alten Hauptstadt von *Azerbaidjân*, der Stadt Aviopatia der Alten, mit den oben beschriebenen Instrumenten angestellten Beobachtungen sollten vor allem dazu dienen, die Bewegungen der Planeten zu verfolgen, also genauere Ephemeriden aufzustellen. Die Resultate dieser Beobachtungen sind zum großen Teil in dem schon (S. 113) erwähnten *îlchânischen* Tafelwerk niedergelegt. Es trägt seinen Namen nach den *Îlchânen*, den Tatarenfürsten von Persien, zu denen auch *Hûlâgû* gehört.

Über die genaue Lage und die Reste der Sternwarte von *Marâgha**), das fast genau südlich von Täbris liegt, berichtet A. H. Schindler (Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde 18, 338. 1883) folgendes:

> Auf einem westlich der Stadt gelegenen flachen Berge lag die Sternwarte. Der Berg besteht aus horizontalen Sandsteinschichten, und seine obere Fläche ist durch Entfernen der aufliegenden Basaltstücke vollkommen geebnet. Von der Sternwarte sind nur noch die untersten Teile der $4^1/_2$—5 Fuß (ca. 1,5 m) dicken Mauer erhalten.

Schindler gibt einen Plan der Ruinen; nach ihm ist der Hügel etwa 400 m lang und 150 m breit. Seine Längsrichtung ist, was für astronomische Beobachtungen sehr bequem ist, genau im Meridian gelegen. Einige Reste der Bauten, die über die ganze Hügelfläche zerstreut sind, haben sich erhalten.

---

*) Vgl. auch G. Le Strange: „The lands of the eastern Caliphate", S. 159 ff., besonders S. 164.

Abu'l Fidâ' gibt bei *Marâgha* an:

Auf dem Hügel, der sich außerhalb der Stadt befindet, beobachtete *Naṣir al Dîn* auf Befehl von *Hûlâgû* die Sterne. Er ließ sich dabei von *Mu'ajjad al Dîn al 'Urḍî* und *Muḥji al Dîn al Maghrabi* unterstützen (vgl. M. Reinaud: „La géographie d'Aboulféda", Bd. II, 2, S. 157).

Aus *Ḥamd Allâh Mustawfi*: „The geographical part of the Nuzhat al Qulûb" (das Vergnügen der Herzen), translated by G. Le Strange, (E. J. W. Gibb Mem. Vol. XXIII, 2. S. 88) ersehen wir, daß die Sternwarte zu dessen Zeit im 16. Jahrhundert zerstört war.

Nach den Bestimmungen von A. Schindler hat die Sternwarte eine Breite $b = 37^\circ\ 23'\ 1''$ und ein Länge von Greenwich $l = 46^\circ\ 16'$. Wenigstens für die Breiten weichen die orientalischen Angaben nicht allzu sehr ab. Es ist:

Nach dem Verfasser der Längen und Breiten

$$l = 71^\circ\ 20';\ b = 37^\circ\ 40'.$$

Nach dem *Qânûn* von *al Bîrûnî*

$$l = 71^\circ\ 30';\ b = 37^\circ\ 20'.$$

(Vgl. M. Reinaud: „Géographie d'Aboulféda", Bd. I, S. LXXXI und XL und Bd. II, 1, S. 97).

Nach *Naṣir al Dîn* und *Ulugh Beg* ist $l = 82^\circ$, $b = 37^\circ\ 20'$. (Vgl. J. Gravius: „Binae Tabulae geographicae". London 1652.) Die ersten beiden Längen sind vom Westufer von Afrika gerechnet, die letzte von den „glückseligen Inseln" (*Djâzâ'ir al châlidât*).

Die Wahl von *Marâgha* als Ort für die Sternwarte war dadurch bedingt, daß die *Îlchâne* den Winter in Bagdad zubrachten, ihre Sommerresidenzen dagegen in den kühleren Orten *Marâgha* und Täbris hatten. So erklärt es sich, daß trotz der wissenschaftlichen Arbeiten von *al Ṭûsî* doch zwischen ihm und *Hûlâgû* ein reger persönlicher Verkehr bestand.

Die klimatischen Verhältnisse sind in *Marâgha* für astronomische Beobachtungen sehr günstig, wie aus der folgenden Mitteilung von Herrn Priv.-Doz. Dr. R. Geiger*) (Bayer. Landeswetterwarte München) hervorgeht:

Über die in Frage kommende Gegend läßt sich mit Bestimmtheit sagen, daß sie extrem sommertrocken ist und eine starke jährliche Temperatur-

*) Herrn Geiger sei für seine freundlichen Bemühungen an dieser Stelle vielmals gedankt.

schwankung bei sehr heißen Sommern aufweist. Die Sternwarte wird an der Grenze der Steppe, die den Urmiasee umsäumt, und eines Klimastreifens, der dem bekannten Mittelmeerklima entspricht, gelegen sein.

Beobachtungsreihen selbst liegen aus dieser Gegend natürlich nicht vor; es ist aber ein freundlicher Zufall, daß ein gewisser D. T. Stoddart in den Jahren 1853/54 in Urmia selbst, also in nächster Nähe, Regenbeobachtungen anstellte. Diese stimmen mit dem zu erwartenden Werte gut überein und ergaben:

im Monat:	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.
cm	4	7	10	13	6	1	0	1	2	4
im Monat:	Nov.	Dez.								
cm	2	3								

Für Zwecke astronomischer Beobachtungen interessiert besonders die Bewölkung. Für diese, wie für einige andere wichtige Faktoren, können folgende Grundlagen gegeben werden, die zwar geschätzt nach Nachbarstationen, aber für vorliegenden Zweck gewiß hinreichend genau sind.

Es ist für	die Gegend östlich vom Urmia-See	Nürnberg (zum Vergleich)
die Bewölkung im heitersten Monat (Hundertstel des Himmels)	Juli und August unter 30	August 55
die Zahl der Regentage im regenärmsten Monat	Juli oder August 1—2	September 14
die relative Feuchtigkeit im trockensten Monat	Juli oder August 35—50 %	Juni 68 %

Auch der Winter ist hinsichtlich der Bewölkung noch etwas günstiger als die Nürnberger Gegend. Die Gegend war also sehr wohl für astronomische Beobachtungen geeignet, um so mehr, als obige Angaben sich bei wirklicher Beobachtung eher noch günstiger gestalten als ungünstiger.

Die Pläne für den Bau der Sternwarte sollen (nach den Forschungen von E. Wiedemann, vgl. S. 116) die folgenden vier Astronomen als Mitarbeiter von *al Ṭûsî* entworfen haben: *Mu'ajjad al Dîn al 'Urḍî, Fachr al Dîn al Maghrabî, Fachr al Dîn al Ichlâṭî und Nadjm al Dîn Daurân al Qazwînî.*

Die nötigen Arbeiter wurden aus den ganzen von *Hûlâgû* beherrschten Gebieten zusammengestellt. Da es in diesen Gebieten eine ganze Reihe von Sternwarten gab, so brauchte *al Ṭûsî* um geschulte Hilfskräfte nicht verlegen zu sein. Auch hatte *Hûlâgû* bei seinem Zug nach Westen eine große Anzahl von Technikern mitbekommen, von denen es z. B. heißt, daß sie mit den Kriegsmaschinen vertraut waren, die Naphtha schleuderten, und die mit Armbrüsten schießen konnten.

Auch Chinesen waren unter diesen Leuten. Mit *Hülâgû* kamen zum ersten Male aus China Gelehrte, so Astrologen bezw. Astronomen, nach Persien. Unter diesen wird *Tu Miltsö* und *Tu Jentsö* genannt. Von diesen soll *al Ṭûsî* nach *al Raschîd al Dîn* die Elemente der Astronomie und die indische Kalenderrechnung für die Abfassung des *ilchânischen* Tafelwerks gelernt haben. Eine solche Unterweisung hatte aber *al Ṭûsî* bei dem hohen Stand der muslimischen exakten Wissenschaften sicher nicht nötig. Indes hatte der berühmte Minister von *Djingischân*, *Yalia Thsu Thsai*, sich viel mit den mathematischen Wissenschaften beschäftigt. Die von ihm verfaßten und von ihm unter dem Namen *Ma-ta-pa* herausgegebenen Tafeln mußten seinen Nachfolgern sehr nützlich sein. *Al Ṭûsî* hat übrigens zahlreiche Angaben über die chinesische Astronomie zusammengestellt. Einen Teil von ihnen hat *Ulugh Beg* übernommen (vgl. L. P. E. A. Sédillot, Prolégomènes, Bd. I (1847), S. CXLIII).

Daß auch im 16. Jahrhundert chinesische astronomische Erfahrungen in *Iṣfahân* bekannt waren, ergibt sich aus der Einleitung zu dem Werk von *al Âmilî* (vgl. S. 125).

Die Gebäude, die sich auf der Sternwarte befanden, im Anschluß an die vorhandenen Fundamente zu rekonstruieren, ist noch nicht versucht worden und dürfte auch kaum Erfolg haben. Jedenfalls standen die Instrumente nicht im Freien; sie wären sonst unter den Unbilden der Witterung schnell zugrunde gegangen. Über die Art der Aufstellung sind wir leider weder bei griechischen noch bei arabischen Sternwarten*) unterrichtet. Es läßt sich vielleicht das Folgende vermuten:

Bei dem großen Quadranten stand der Mauer, an der er befestigt war, eine zweite parallele gegenüber. Das Ganze war durch Querwände und ein Dach in einen geschlossenen Raum verwandelbar. In den Wänden und dem Dach waren entsprechende verschließbare Öffnungen angebracht. Die Instrumente, bei denen stets im Meridian oder in einem bestimmten Azimut beobachtet wurde, ließen sich leicht in entsprechender Weise

*) Ich möchte an dieser Stelle darauf hinweisen, daß meines Wissens eine zusammenfassende Darstellung über antike und mittelalterlich-orientalische Sternwarten noch nicht vorhanden ist.

einbauen. Horizontring und Äquatorialarmille befanden sich in einem kreisförmigen Gebäude, in dessen Wand parallel zu den betreffenden Flächen Öffnungen ausgespart werden konnten. Oder sie waren wie andere Instrumente, die für beliebige Azimute und Höhen dienten, in Gebäuden mit abnehmbaren Wänden und Dächern eingeschlossen, ähnlich wie dies bei den neueren Sternwarten der Fall ist.

Von einem einzigen Gebäude haben wir eine Schilderung, die leider nicht von einem Fachmann herrührt und daher recht mangelhaft und z. T. wohl auch falsch ist (nach Mitteilung von E. Wiedemann). Die Schilderung knüpft wohl an einen Rundbau mit einer Kuppel an, in der sich eine Öffnung befindet. Man beobachtet die Lage des Bildes der aus der Öffnung austretenden Sonnenstrahlen auf der Wand und erhält daraus die Zeit und die mit dieser zusammenhängenden Größen. Dieses Loch ist als der älteste Lochgnomon bezeichnet worden. Ähnliche Anordnungen waren aber sicher schon in der Antike und in der islamischen Welt vorhanden und brauchten nicht aus China eingeführt zu werden *). Ist letzteres aber doch der Fall gewesen, so wäre das wohl durch die mit *Hülâgû* zugezogenen chinesischen Astronomen geschehen. Nach der Beschreibung waren die Wände des Gebäudes mit astronomischen und geographischen Zeichnungen der mannigfachsten Art bedeckt. Das ist bei einem Rundbau nicht so einfach, und wie bei einem viereckigen Gebäude mit geraden Wänden die astronomischen Beobachtungen der oben erwähnten Art durchgeführt wurden, ist durchaus unklar. Ich möchte daher vermuten, daß sich die Angaben auf zwei Gebäude beziehen, die dann zusammengeworfen sind. Man hatte einmal einen zylindrischen Bau mit runden Wänden. Das Loch in der Kuppel befand sich in der Achse des Zylinders. Ferner hatte man einen viereckigen Bau, der vielleicht nur zu Versammlungen und Lehrzwecken diente, aber nur ausnahmsweise — wenn überhaupt — zu Beobachtungen benutzt wurde.

Der Bericht eines *Ḥasan ben Aḥmed al Ḥakîm* (vgl. *Ḥ. Chalîfa* Bd. 3, S. 469), der zur Zeit von *'Alî Ṣadr al Dîn*, dem Sohn von *al Ṭûsî*, die Sternwarte besuchte, enthält leider keine

*) Vgl. K. Schoy: Gnomonik a. a. O.

Angaben über diese selbst, sondern nur über die vorhandenen astronomischen Instrumente, von denen er, wie er sagt, eine große Anzahl gesehen hat, so das Instrument mit den Ringen (Instr. II); es besteht aus fünf Ringen, die aus Kupfer hergestellt sind: der erste, der Meridianring, ist am Boden (*Arḍ*) befestigt, die anderen Ringe sind der Äquatorring, der Tierkreisring, der Ring der Breite, der Ring der Neigung. Es befand sich dort auch der Azimutalring, durch den man das Azimut bestimmt (gemeint ist wohl Instr. VI), weiter ein Astrolab mit einem Durchmesser von 1 Elle (0,5 m) Länge und zahlreiche andere Astrolabien. (Letztere sind Instrumente, die nicht fest aufgestellt waren, und in der Beschreibung von *al'Urḍî* fehlen, da es sich nicht um eigentliche Meßinstrumente handelte.)

Nach *al'Urḍî* soll *al Ṭûsî* für den Bau der Sternwarte einen solchen Betrag an Geld erhalten haben, daß nur *Allâh* ihn zählen kann. Das mindeste, was *Hûlâgû* nach Vollendung der Sternwarte für die astronomischen Instrumente und dafür, daß sie in gutem Stand gehalten wurden (*Iṣlâḥ*), gab, waren 20000 *Dînâre* (d. h. ca. 260000 Goldfranken). Ferner soll *Hûlâgû* nach *al'Urḍî* außer dem vollständigen Instrumentenpark eine über 400000 Bände (?) zählende Bibliothek gestiftet haben, die er aus den in Bagdad, Syrien und Mesopotamien geraubten Büchern zusammengestellt hatte.

G. Nachtrag.

Die Schrift von *al'Âmilî*.

Unter den auf S. 17 zusammengestellten Schriften, in denen Beschreibungen von Instrumenten enthalten sind, die auf Sternwarten verwendet wurden, hatte ich an dritter Stelle ein Werk von *al'Âmilî* erwähnt, das in persischer Sprache abgefaßt ist und im Britischen Museum (Pers. Add. 7702) aufbewahrt wird. Ich konnte Photographien, die Herr F. Krenkow freundlichst besorgt hatte, benutzen.

Die ersten zwei Seiten, die die Einleitung bilden, sind sehr schwer zu lesen, die Schrift ist „schmierig". Die späteren Teile sind, soweit sie den fortlaufenden Text bilden, von einer anderen Hand besser geschrieben; die gelegentlichen Randbemerkungen sind in derselben Schrift geschrieben wie die Einleitung. Der Verfasser und der Abschreiber des Haupttextes scheinen die gleiche Person zu sein.

Zwischen der Einleitung und dem eigentlichen Text fehlt eine Seite, da unmittelbar mit der Besprechung der Meridianbestimmung begonnen wird und der Verfasser angibt, wie man dies viel besser als die Früheren machen kann. Die fehlende Seite behandelt wahrscheinlich Zweck und Inhalt der Schrift und führt die behandelten Instrumente auf, denn am Anfang der ersten erhaltenen Textseite ist erwähnt das Instrument mit den beiden Schenkeln (Instr. VII von *al 'Urḍî*), das Instrument mit der wandernden Absehe (Instr. V), das Instrument mit den beiden Quadranten (Instr. VI), das an die Stelle des Instrumentes mit den Ringen (Armillarsphäre) tritt. Daran schließt sich dann die Bestimmung des Meridians mit dem indischen Kreis.

Sehr zahlreich sind die Abbildungen mit Beischriften; sie sind weit sorgfältiger ausgeführt als die der Pariser Handschrift von *al 'Urḍî* (vgl. das auf S. 20 Gesagte). Zu beachten ist auch, daß in der persischen Handschrift auch die Perspektive viel besser getroffen ist (vgl. Abb. 23a u. 25b).

Es war mir leider nicht möglich, der Schrift von *al Âmilî* die gleiche ausführliche Behandlung zu widmen wie der Schrift von *al 'Urdî*, da mir keine Übersetzung zugänglich war. Dagegen bin ich in der Lage, die interessante Einleitung, allerdings mit Lücken und unvermeidlichen Unklarheiten, wiederzugeben, die mir die Herren F. Krenkow und Dr. Omar Daudpota (durch Vermittlung von Geh. Rat Wiedemann) zur Verfügung stellten, nachdem sie mit großer Mühe zunächst den Text enträtselt hatten. Beiden Herren sei auch an dieser Stelle ganz besonders gedankt.

Auf Grund des Studiums der Abbildungen in der Handschrift von *al 'Âmilî* glaube ich mit allem Vorbehalt sagen zu dürfen, daß die Schrift, wie zu erwarten, im wesentlichen eine Neubearbeitung der Beschreibung der Instrumente von *Marâgha* darstellt (s. Abb. 23a, 25b). Wie aus den einleitenden Bemerkungen des Verfassers hervorgeht, ist die Schrift 970 d. H. (1562/63) in *Isfahân* geschrieben und zwar offenbar im Anschluß an den Plan, dort eine Sternwarte zu errichten. Sie stammt also aus der Zeit der *Safaviden* und zwar aus der Zeit von *Ṭamasp* I. (1524—1576); die eigentliche Hauptstadt war indessen damals noch *Ardebil*. *Isfahân* wurde dies erst gegen Ende des Jahrhunderts unter *'Abbâs* I (1587—1629) (vgl. G. Le Strange, a. a. O., S. 205).

Immerhin ist jedoch nicht die Möglichkeit von der Hand zu weisen, daß neben mancherlei interessanten technischen Dingen die in dem Werk behandelten Instrumente gegenüber denen von *Marâgha* verbessert und erweitert worden sind. Aus diesem Grunde wäre es sehr zu begrüßen, wenn im Anschluß an die vorliegende Arbeit von anderer Seite eine eingehende Bearbeitung der Schrift von *al 'Âmilî* unternommen würde.

Im folgenden gebe ich die Einleitung:

Im Namen Gottes!

Unser Herr! Du hast dies (d. h. die Welt) nicht zwecklos geschaffen. Preis sei Dir! Deshalb beschütze uns vor der Bestrafung durch das Feuer. In einem nie aufhörenden Preisen und in Danksagungen ohne Zahl äußert sich die Dankbarkeit gegen den Schöpfer. Erhaben ist sein Wesen. Er ist es, der mit seiner Feder auf den Blättern des Firmamentes mit den Schriftzügen der Vernunft und denen der Sterne geschrieben hat. Gottes mächtige Hand gestattet die Fläche der Himmelskugel hinauf- und hinabzubewegen.

Hieran schließt sich ein schwer lesbares Stück, in dem astronomische Dinge als Werke Gottes gepriesen werden; es ist in ihm die Rede vom Horizont, dem Aszendenten, dem Horoskop (*Ṭâli'*), dem Leuchten, den Tierkreiszeichen (*Burûdj*), den Rektaszensionen der Sonne (*Maṭâli'*); diese sind durch die Stellung der Sonne im Tierkreis bestimmt. (In astronomischen, optischen Werken werden die Gegenstände dieser Wissenschaft häufig zur Lobpreisung Gottes herangezogen.) Dann geht der Text der Einleitung weiter:

Und den Leuten, die im Hause des An-den-Tag-bringens (*Iẓhâr**), des Erforschens, weilen, den Astrologen, dienen die Tierkreiszeichen zur richtigen Leitung und die *Maṭali* der Sonne als Richtschnur. Gott möge sie, nämlich diese Leute, samt

*) Ein Werk (Leiden, Katalog Nr. 1143) hat den Titel: *Iẓhâr al Sirr al manḍû' fî'l 'Aml bi'l Rub' al maqṭû* (An-den-Tag-bringen des Geheimnisses, das sich bei der Anwendung des abgeschnittenen Quadranten vorfindet).

und sonders segnen, so lange die Sphären sich drehen und die sieben Wandelsterne wandern.

Ferner: Der geringste derer, die für die ewige Dauer der Herrschaft beten, der sich als ein Diener des Thrones des Chalifates*), das ewig dauern möge, im Staube wälzt, *Abd al Mun' im 'Âmilî* bietet dem heiligsten, edelsten, erhabensten (Erg. Fürsten, dem *Schâh*), von dem der edle und erhabene entsprechende Befehl ausgegangen ist, an, daß er, der geringste Diener, die Formen und Gestalten der astronomischen Instrumente beschreiben soll, die er aus den Schriften der alten Gelehrten früherer Zeit hervorgesucht hat. Ferner ist es seine Aufgabe, entsprechend dem an ihn ergangenen Befehl die Instrumente insgesamt zu beschreiben, die zur Aufstellung von astronomischen Tafeln dienen, gleichgültig, ob sie im Gebrauch sind oder nicht.

Weiter soll er sich mit dem Verhalten der Sonne in der Stadt des Chalifates (d. i. hier *Isfahân*, vgl. Anm. *)) und der königlichen Regierung sowie mit dem Verhalten des Mondes in dem Tierkreiszeichen des Sultanats und der Herrschaft derjenigen befassen, der der Schmuck der Krone und des königlichen Thrones ist, dessen, der den Rang von Salomo geerbt hat**).

Möge Gott den Schatten seiner (nämlich des Fürsten) Gerechtigkeit über den Scheiteln seiner Untertanen verhängen (dauern lassen) bis zum Tage der Auferstehung, so lange die Nächte und Tage bestehen, und so lange die Monate und Jahre einander folgen.

*Chûrschîd****) drängte sich der Gedanke auf, daß es leicht sein würde, die Halle (*Rawâq*) des Palastes des Sultans in *Isfâhan* ebenso mit Instrumenten auszustatten wie diejenigen der Städte Alexandria, *Marâgha* und *Samarqand*, indem man ihr astronomische Instrumente hinzufügte.

*) Den Befehl (vgl. die folgenden Zeilen) hat *al 'Âmilî* vom *Schâh*. Daß er Chalif genannt wird, kommt daher, daß die *schî'itischen Safariden* sich diesen Titel ohne Berechtigung anmaßten.

**) Es handelt sich um astrologische Bestimmungen.

***) *Chûrschîd* ist einfach der persische Name für Sonne. Der sichtbare *Chûrschîd* ist der *Schâh* selbst.

Hier kommt zunächst wieder etwas Unverständliches. Der Schluß, in dem sich jedenfalls Fehler und Lücken finden, ist ebenfalls nur unsicher wiederzugeben, doch kann er etwa heißen bezw. folgenden Sinn haben:

Ich erhielt auch den Auftrag, das neue Tafelwerk (*al Zidj al djadid*) von *Ulugh Beg* neu herauszugeben. Es war nämlich zu jener Zeit der Name „Das neue Tafelwerk von *Ulugh Beg*" in Vergessenheit geraten, während sich doch die Resultate dieser Beobachtungen auf das „neue Tafelwerk" erstreckten. Der erlauchte Name (von *Ulugh Beg* oder dem Herrn von *Isfahân*) sollte durch den Quadranten (wohl ein Instrument, mit dem neue Beobachtungen gemacht wurden) dauernd erhalten bleiben. Irrtümer und Angaben, die in dem geschriebenen (?) Tafelwerk zu beanstanden waren, sollten den Bewohnern der Welt zur Kenntnis kommen. Fehler können aber nur durch die Beobachtung mit dem Instrument erkannt werden.

Aus einer Randbemerkung entnehme ich das Folgende; leider hat sie Lücken:

Zunächst hebt *al 'Âmilî* hervor, daß, da das Tafelwerk von *Ulugh Beg* im Jahre 842 (1437/38) fertig gestellt war, es zu seiner Zeit (*al 'Âmilî* schrieb 1562/63) unbrauchbar war. Dabei macht er wie *al Ṭûsî* darauf aufmerksam, daß man zur Aufstellung eines solchen Werkes Beobachtungen haben muß, die sich über 30 Jahre erstrecken, da dann erst ein vollkommener Umlauf aller Wandelsterne vollendet ist.

Ferner macht *al 'Âmilî* darauf aufmerksam, daß die astronomischen Längen der Fixsterne zunehmen und zwar nach den Alten um 1° in 100 Jahren, nach den Neueren in 66 Jahren. Bei diesen Bestimmungen legt man nach dem Verfasser der Randbemerkungen zugrunde Beobachtungen: von Ptolemäus, die *ilchânischen* des *Chodjâ (al Ṭûsî)*, die von *Muhjî al Dîn al Maghrabî (= Ibn Abi'l Schukr*)*, (vgl. Suter Nr. 376), die von *al Battânî*, diejenigen der Leute aus *Chiṭa'î* (Chinesen**), diejenigen von *Chodjâ Ghijât al Dîn Djamschîd al Kastânî****)

*) Nach Handschriften ist sein Name *Abû Yaschkûr*. Der bei Suter stehende Name *Abi'l Schukr* ist kein orientalischer Name und sicher ein Fehler. *Abû Yaschkûr* ist wohl allein richtig.

**) Wir entnehmen daraus, daß um 1562 bezw. schon vorher chinesische Beobachter eine Rolle gespielt haben.

***) Nicht *al Kâschî*.

(vgl. Suter Nr. 429), eines Gelehrten und Beobachters, dessen sorgfältige und genaue Beobachtungen, die durch seinen Tod unterbrochen wurden, *'Alî al Quschdji* (vgl. Suter Nr. 438) vollendet hat. Einige auftretende Fehler sind im Laufe der Zeit berichtigt worden, andere, die auf *al Ṭûsî* zurückgehen, haben sich über 300 Jahre bis zur Abfassung dieses Werkes (von *al 'Âmilî*) erhalten.

Bücherbesprechungen.

H. J. Seemann, Die Instrumente der Sternwarte zu *Marâgha* nach den Mitteilungen von *al 'Urdî* (Sitzungsberichte der physik.-med. Sozietät zu Erlangen, Bd. 60, S. 15—126, 44 Abb., 1928.)

Ausführliche Besprechung nebst Ergänzungen von J. Frank-Weihenstephan.

Eine in Paris befindliche arabische Handschrift (Katalog von de Slane, Nr. 2544, 10) berichtet uns über astronomische Instrumente, von denen ein Teil auf der Sternwarte zu *Marâgha* Aufstellung gefunden hatte. Einige der beschriebenen Instrumente waren griechischen Vorbildern nachgebildet, jedoch verschiedentlich abgeändert und verbessert, die anderen waren Neukonstruktionen, sicherem Vermuten nach von *al Mu'ajjad al Dîn al 'Urdî* aus Damaskus, der im 13. Jahrhundert lebte. 1259 wurde er mit vier anderen Gelehrten nach *Marâgha* von dem großen persischen Forscher *Nasîr al Dîn al Ṭûsî* berufen, der von dem Tartarenfürst *Hûlâgû* den Auftrag zur Errichtung einer Sternwarte daselbst erhalten hatte. Es entstand eine Sternwarte, erbaut mit ungeheuren Kosten, ausgerüstet mit den besten Instrumenten der damaligen Zeit und einer Bibliothek mit angeblich 40000 Bänden, ausgestattet mit reichen Stiftungen und Dotierungen. Die Sternwarte stand auf einem westlich von *Marâgha* liegenden Hügel, der sich 400 m lang von Norden nach Süden erstreckt. Die Ruinen der Sternwarte, die nach L. Am. Sédillot 1262 in Betrieb genommen wurde, im 16. Jahrhundert der Zerstörung wieder anheim fiel, sind heute noch vorhanden. Ich möchte darauf hinweisen, daß in Mitteleuropa erst 300 Jahre später, 1561 die erste Sternwarte vom Landgraf Wilhelm auf dem Turm des Zwehrener Tores zu Kassel errichtet wurde. Allerdings private Sternwarten gab es schon früher. So richtete sich der Nürnberger Patrizier Bernhard Walter auf Veranlassung von Regiomontan um 1471 in seinem Hause ein kleines Observatorium ein.

Die von H. Seemann benutzte arabische Handschrift hat schon 1809 Am. Jourdain, wenn auch nicht in vollem Umfang, ins Französische übertragen. Er schreibt auch das Original der Handschrift, die selbst einer späteren Zeit entstammt, *al 'Urdî* zu. Die hier beschriebenen Instrumente bespricht auch M. Delambre in der Geschichte der Astronomie des Mittelalters; 1844 befaßt sich L. Am. Sédillot nochmals mit der Mehrzahl derselben in seinen Memoiren der astronomischen Instrumente der Araber. 1918 fanden diese Instrumente auch eine deutsche Bearbeitung durch I. A. Repsold in den *Astronomischen Nachrichten*[1]), der sich auf die Übersetzung von Jourdain stützt. Bei der vorliegenden Arbeit von H. Seemann handelt es sich nicht um eine bloße Wiederholung. Schon ein flüchtiger Blick in die Schrift von I. A. Repsold zeigt mir, daß

[1]) *Astron. Nachr. 206. S. 121. 1908.*

er manche Instrumente sehr knapp, teilweise unvollständig beschreibt, von manchen aber eine falsche Vorstellung hat. Ich verweise auf meine Bemerkungen zu einzelnen Instrumenten. Überdies behauptet H. Seemann, daß Am. Jourdains Übersetzung nicht vollständig und teilweise fehlerhaft sei. Es wäre wünschenswert gewesen, wenn H. Seemann die Abweichungen seiner Übersetzung von der Am. Jourdains von Fall zu Fall besprochen und auf die Ausführungen Repsolds eingegangen wäre. Nicht minder wäre es zu begrüßen gewesen, wenn H. Seemann eine kritischere Stellung zu den beschriebenen Instrumenten eingenommen und gezeigt hätte, ob und inwieweit die Instrumente zu *Marāgha* den Instrumenten des Abendlandes als Vorbild dienten, bzw. welche Verwandtschaften sie miteinander zeigen.

Bevor H. Seemann auf die Abhandlung von *al 'Urḍī* selbst eingeht, gibt er eine Zusammenstellung der arabischen Längenmaße. Er hätte aber erwähnen müssen, daß die Länge der Elle nicht einheitlich festgelegt war. M. Delambre und Am. Jourdain geben an, daß die haschimitische oder astronomische Elle 36 Finger umfaßt, während H. Seemann sie zu 32 Finger annimmt. Unter Zugrundelegung der ägyptischen Elle, die in 27 Finger unterteilt war und 19 Par. Zoll, 6 Lin. mißt, berechnen die beiden Franzosen die haschimitische Elle zu 26 Zoll = 703,8 mm. Girard gibt in Gehlers physikalischem Handwörterbuch (6. Aufl. 2. Abtl., S. 1238. 1841—44.) fast den gleichen Wert für die schwarze Elle wie Am. Jourdain an, errechnet aber für die haschimitische Elle einen anderen Betrag. A. Böckh, der in Metrologische Untersuchungen über Gewichte, Münzfüße und Maße des Altertums, S. 246. 1838, die verschiedenen arabischen Ellen zusammenstellt, kommt zu der Ansicht, daß die haschimitische Elle mit der rasasäischen oder königlichen, die auch 36 Finger umfaßt, identisch sei. Nach seiner Berechnung mißt sie 319, 174 Par. Lin. = 720,02 mm. Nach Hammer-Purgstall, Enzyklop. Übersicht d. Wiss. d. Orients, S. 335. 1804, war der Finger in 6 Gerstenkorne und dieses in 6 Kamelhaare unterteilt. Doch findet man auch für diese Zahlen abweichende Angaben. Im folgenden werden, um die Übereinstimmung zu wahren, die Maße, die H. Seemann mitteilt, beibehalten. Notwendig wäre es gewesen, daß die arabischen Namen *Fitr* und *Schibr* ins Deutsche übertragen worden wären, um so mehr, als der deutsche Ausdruck später auch allein angewendet wird. *Fitr* ist die „kleine Spanne", umfassend die Strecke zwischen den Spitzen des gespreizten Daumens- und Zeigefingers, sie wird auch in 10 Finger unterteilt. *Schibr*, die „große Spanne", mißt die Strecke zwischen den Spitzen des Daumens und des kleinen Fingers bei ausgespannter Hand.

Bei der Konstruktion seiner Instrumente hatte *al 'Urḍī* das Bestreben, ihre Dimension so groß zu wählen, als es ihre Festigkeit irgendwie erlaubt, um die Teilung von Kreisen und Strecken möglichst weit treiben zu können. So sollten seine Kreise in Minuten, ja noch in Bruchteile davon geteilt gewesen sein, so daß die astronomischen Messungen möglichst genau durchgeführt werden konnten. Allerdings dürfte die Unterteilung nicht soweit möglich gewesen sein, wie *al 'Urḍī* rühmt, da die einzelnen Teilstriche nur Bruchteile von Millimeter hätten entfernt sein können.

I. Mauerquadrant. Auf einer quadratischen Mauerfläche von $6^1/_2$ h. E. (= haschimitischen Ellen = ca. 4,2 m) Seitenlänge ist ein Viertelskreis angebracht, der begrenzt wird durch einen horizontalen und einen vertikalen Kreisradius von je 5 h. E. (= 3,1 m) Länge und $^1/_4$ h. E. (= 0,16 m) Breite. Als Material wird Teakholz, eine dunkelbraune, sehr dauerhafte Holzart verwendet. Der eigentliche Meßquadrant, der also die Teilung trägt, ist aus Kupfer gefertigt und in das Teakholz eingelassen. Leider erwähnt *al 'Urḍī* nicht, warum er die Holzbekleidung des Kupferquadranten gewählt und diesen nicht unmittelbar an der Wand befestigt hat. Vielleicht sollte dadurch eine genauere und leichtere Lagerung des eigentlichen Meßquadranten erreicht werden können. Während *al 'Urḍī* hervorhebt, daß der Holzquadrant aus einzelnen Teilen zusammengesetzt wird, erwähnt er nichts darüber, ob der Kupferquadrant ebenfalls aus Teilen zusammengefügt oder aus einem Stück gegossen war. Das Gießen eines so großen Quadranten, wenn es auch mit Schwierigkeiten verbunden war, kannte man schon vor *al 'Urḍī*. So berichtet U. Bouriant (*Mémoires publ. par l. membres de la miss. arch. franc. etc. t. XVII, p. 363—370, 1900*) den Vorgang des Gießens eines solch großen Kreisringes im Jahre 1120. Zur Messung der Sternhöhe mit dem Mauerquadranten dient ein mit Absehen versehenes Lineal (Alhidade) aus Teakholz, 4 F. (Finger = 8 cm) breit und dick und etwas länger als der Radius des Quadranten. Die Enden der Alhidade bestehen aus Kupfer. Das eine Ende ist in der Mitte durchbohrt und sitzt auf einem eisernen Zapfen in dem Mittelpunkt des Quadranten. Um diesen Punkt kann das Visierlineal in die Richtung des betreffenden Sternes gedreht werden. Das andere Ende der Alhidade ist zu einem Zeiger ausgeschnitten. Seine Ablesekante geht durch den Drehpunkt. Zur leichteren Handhabung kann die Alhidade mit einem Seil gehoben und gesenkt werden, das über eine Rolle an der Mauer läuft. Mit dem Mauerquandranten werden nur Kulminationshöhen bestimmt. Die Mauer muß daher genau in die Nord-Südrichtung orientiert werden, was mit Hilfe des sogenannten indischen Kreises geschieht, den *al 'Urḍi* auch beschreibt. Der Mittelpunkt des Quadranten befindet sich an der oberen Südecke der Mauer, der Kreisbogen ist nach unten gewölbt, der Anfang der Teilung liegt unten; es werden Zenitabstände unmittelbar abgelesen. Ich wundere mich, daß *al 'Urḍi* den Mittelpunkt nicht in die untere Nordecke der Mauer verlegt hat, so daß der Quadrant nach Süden gerichtet ist, mit der Krümmung nach oben. Der Beobachter hätte dann bei allen Messungen seinen Standpunkt beibehalten können, während bei der Anordnung von *al 'Urḍi* die Absehe, durch die das Auge blicken muß, bis zu 3 m über dem Boden entfernt sein kann. Bei dem später zu besprechenden Instrument mit den beiden Quadranten ist ihr Mittelpunkt in die untere Ecke gelegt. Allerdings ist bei einer solchen Anordnung des Mittelpunktes die Ablesung der gemessenen Grade für die größere Zahl der Beobachtungen etwas umständlich, doch bequemer als das Visieren bei der von *al 'Urḍi* gewählten Lage.

II. Armillarsphäre. Dieses Ringinstrument dient zur Messung von astronomischer Länge und Breite und geht auf die Griechen zurück. Seine Entwicklungsgeschichte bis in die neue Zeit gibt A. Nolte (Abhdl. z. Gesch. d. Naturwiss. u. d. Med., Heft II. 1922). *Al 'Urḍi* hat das griechische Vorbild abgeändert und in größeren Dimensionen ausgeführt. Der größte der fünf Ringe hat einen größten Durchmesser von 3 h. E. 13 F. (= ca. 2,20 m), der des kleinsten Ringes mißt 3 h. E. (= 1,92 m). Die Breite und die Dicke der Ringe beträgt 4 F. (= 0,08 m), nur der äußerste Ring ist 5 F. (= 0,1 m) breit. Er ist der Träger des ganzen Instrumentes und in den Meridian orientiert. In ihm sind an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten Achsen in radialer Richtung eingesetzt, die die Weltachse versinnbildlichen. Um diese Achsen dreht sich innerhalb dieses Ringes ein zweiter, der Kolurring, dessen äußerer Durchmesser um 9 F. (= 0,18 m) kleiner ist, als der des ersten. Der Kolurring ist an zwei Stellen, die von den genannten zwei Achsen um je 23° 30′ abstehen, zur Aufnahme zweier weiterer Achsen durchbohrt. Sie stellen die Ekliptikpole dar und ragen nach innen und außen um die Länge der Breite eines Ringes heraus. Um die nach außen gerichteten Achsenstücke ist in dem Zwischenraum zwischen dem Meridian- und dem Kolurring ein dritter beweglich, der große Breitenring, um die nach innen gelegenen Achsen der kleinste des ganzen Systems, der kleine Breitenring. Dieser berührt mit seiner Außenseite, der andere mit seiner Innenseite den fünften Ring, der mit dem Kolurring senkrecht zu ihm zusammengefalzt ist. Er steht also von den Ekliptikpolen um 90° ab und kann zusammen mit dem Kolurring um die beiden, die Weltachsen darstellenden, Drehstifte bewegt werden. Er stellt somit die Ekliptik dar und dient im Verein mit den beiden Breitenkreisen zur Ermittlung der astronomischen Länge und Breite. Dazu sind sie in Grade usw. geteilt. Durch den Mittelpunkt eines kupfernen Durchmessers des kleinen Breitenringes ist ein Drehzapfen geführt, um den eine kupferne Alhidade mit Absehen und Zeiger sich drehen kann entlang der Teilung des kleinen Breitenringes. Mit der Alhidade wird das Gestirn anvisiert, wobei der kleine Breitenring in die Ebene des Längenkreises durch den Stern gedreht werden muß. Dies erfordert, daß der Ekliptikkreis durch Drehung des Kolurringes in die Lage gebracht wird, die ihrer augenblicklichen Stellung am gestirnten Himmel entspricht. Der Breitenring schneidet an dem Ekliptikkreis die astronomische Länge, die Zeigerkante der Alhidade am Breitenring die Breite des Sternes ab. Die erforderliche Lage des Ekliptikringes findet man, indem man die Alhidade auf die Breite, den kleinen Breitenkreis auf die Länge eines schon bekannten Sternes einstellt und den Kolurring so lange dreht, bis dieser Stern durch die Absehen gesehen wird. An Stelle des kleinen Breitenringes wird sodann der große gesetzt, damit jener für die Beobachtung frei wird. Dazu wäre allerdings der große Breitenring nicht unbedingt nötig. Seine Verwendungsmöglichkeit ist überhaupt beschränkt, wenn er nicht mit einer Visiereinrichtung versehen ist. Sonst dient er nur noch zur Veranschaulichung z. B. der gegenseitigen Lage des genannten bekannten Sternes und eines gesuchten. Der eine der beiden Weltpolzapfen ist nur teilweise zylindrisch gestaltet, sonst vierkantförmig. Das vierkantförmige Ende ist in dem Meridianring gut eingepaßt und sitzt unverrückbar fest. Der andere, der untere Zapfen, ist in seiner ganzen Länge abgedreht, ebenso der untere der Ekliptikpolzapfen. Der obere davon ist im mittleren Drittel vierkantförmig, das im Kolurring liegt. Wie wurde das Instrument zusammengesetzt? Ich vermute, daß zuerst die nicht zylindrischen Achsen in ihre Ringe fest eingesetzt wurden; dann wurden die beiden Breitenringe mit ihren Durchbohrungen über die abgedrehten Teile der zugehörigen Achse geschoben. Dies mußte mit großer Vorsicht geschehen, um die Achsen nicht zu verbiegen. Dann wurde der zylindrische Ekliptikpolzapfen durch die übereinanderliegenden Durchbohrungen der drei Ringe geschoben. Das so zusammengefügte Ringsystem wurde in den Meridianring eingebaut, indem über den oberen Weltpolzapfen von innen der Kolurring gesteckt und der zylindrische Weltpolzapfen von außen durch den Meridianring, dann durch eine Buchse, die genau in den Zwischenraum zwischen Meridianring und Kolurring paßte und auf die Durchbohrung des Meridianringes gesteckt war, und schließlich durch den Kolurring geschoben wurde. Die Buchse soll verhindern, daß der Kolurring nicht nach unten rutschen kann. Die untere Achse kann nicht herausfallen, da sie vom Fuß des Instrumentes, der auf einer Säule ruht, festgehalten wird, während die untere Ekliptikachse durch den Meridianring in ihrer Lage gehalten wird. Die Stellen der Ringe, die durch die Durchbohrungen geschwächt sind, werden von außen mit Plättchen wieder verstärkt. Die Weltpolzapfen würden verhindern, daß der große Breitenring in die Meridianebene geschlagen werden kann. Er war daher an den Berührungsstellen ausgespart. H. Seemann ist der Ansicht, daß vier Stellen hätten ausgespart sein müssen, das scheint mir nicht notwendig und auch nicht zweckmäßig. Es genügt, wenn der Breitenring nach einer Seite hin in den Meridianring geklappt werden kann und nicht auch noch bei einer Drehung um 180°. Für die Eindeutigkeit der Ablesung der Stellung der Breitenringe zur Ekliptik sind vier Aussparungen nicht zweckdienlich. *Al 'Urdi* erwähnt nicht, daß die Breitenringe mit einem Zeiger oder einer Ablesemarke versehen waren. Streng genommen hätte die Marke in der Mitte der konkaven Seite des großen und der konvexen des kleinen Breitenringes angebracht sein müssen. Der Fehler ist nicht zu groß, wenn immer die gleiche Kante der beiden Ringe genommen wird. Für den kleinen Breitenring ist zweckmäßig die zu wählen, über die die Alhidade gleitet, für den großen die, welche beim Einklappen des großen Ringes mit der gewählten Kante des kleinen Ringes zusammenfällt. Bei nur zwei Aussparungen kann der große Breitenring nur einmal in die Ebene des Meridians fallen, so daß die Ablesekante eindeutig bestimmt ist. Der Meridianring kann nach *al 'Urdi* auch in Grade geteilt sein. Wozu diente dann diese Teilung? Ich vermute zur Messung von Kulminationshöhen. Dazu muß der kleine Breitenring mit der Alhidade in dem Meridian gedreht und durch sie das betreffende Gestirn anvisiert werden. Die Ablesung erfolgt am Meridianring, die aber mit Vorsicht durchzuführen ist, da die Alhidade kürzer als der Durchmesser des Meridianringes ist.

III. Solstitialarmille. *Al Urdi* beschreibt noch zwei einfachere Ringinstrumente, die auch auf Ptolemäos zurückgehen. Die hauptsächlichste Änderung gegenüber den Ptolemäischen Instrumenten besteht auch hier in der Verwendung einer Alhidade statt eines weiteren Ringes, der im Innern des kleinsten Kreises sich drehen kann und mit Absehen ausgestattet ist. Die Solstitialarmille dient zur Ermittlung der Ekliptikschiefe. Es ist ein in den Meridian orientierter geteilter Ring von 5 E. (= 2,5 m) Durchmesser, 4 F. (= 0,08 m) breit und hoch, mit Alhidade und Absehen, ähnlich dem kleinen Breitenring des II. Instrumentes.

IV. Äquinoktialarmille. Sie gestattet den Eintritt der Sonne in den Äquator genau zu ermitteln. Das Instrument, das wohl die gleichen Ausmaße wie III hatte, unterscheidet sich von ihm dadurch, daß senkrecht zu seiner Ringfläche ein zweiter Ring steht, der gegen die Vertikale um die Breite des Beobachtungsortes geneigt ist, also den Äquator darstellt. Um die Alhidade bei der Drehung nicht zu behindern, ist sein innerer Durchmesser etwas kleiner als der entsprechende des Meridianringes. Der Zeitpunkt des Eintritts der Sonne in den Äquator ist gegeben, wenn der Äquatorring sich selbst beschattet. Für diese Bestimmung ist die Alhidade nicht nötig. Ich vermute, daß mit diesem Instrument auch Kulminationshöhen sollten bestimmt werden können, wozu der geteilte Meridianring und die Alhidade notwendig waren. Instrument III und IV ruhten auf Säulen.

Al 'Urdî drückt die Überzeugung aus, daß die Ringe der von ihm erbauten Armillen ihre Lage nicht ändern, was man für den großen und stark ausladenden Äquator- und den Ekliptikring doch in Zweifel ziehen dürfte.

V. Hipparchsches Diopterlineal. (Abb. 1.) Wie der Name sagt, geht dieses Instrument auf Hipparch zurück (s. w. u.). Es dient zur Bestimmung des Sonnen- und Monddurchmessers und zur Ermittlung des Grades der Sonnen- und Mondfinsternisse. Sein wesentlicher Bestandteil ist ein $4\frac{1}{2}$ E. (= ca. 2,3 m) langes und $\frac{1}{4}$ E. (= 0,12 m) breites und hohes Lineal aus Teakholz, das auf seiner oberen Seite mit einer schwalbenschwanzförmigen Nut versehen ist. In diesem Schlitz kann ein kleiner Schlitten verschoben werden, der eine Absehe mit konischer Durchbohrung trägt. Ihr kleinster Durchmesser mißt $\frac{1}{2}$ F. (= 10 mm). Dies ist auch die Längeneinheit der Teilung, die beiderseits der Nut läuft. 220 solche Teile finden sich auf dem Lineal. Jeder Teil ist noch in 12 kleinere unterteilt. Die jeweilige Stellung der Absehe zu dieser Teilung geben Zeiger an, die seitlich an dem Schlitten angebracht sind. An dem Ende des Lineals, an dem die Zählung der Teilung beginnt, ist eine zweite, gleich große Absehe befestigt; die weitere Öffnung der Durchbohrung ist dem Lineal abgekehrt. Dieses ist durch ein Gelenk verbunden mit einer 4 E. (= 2,0 m) hohen Holzsäule, deren Durchmesser nur 5 F. (= 0,1 m) beträgt. Die Säule endigt in einem eisernen Drehzapfen, der sich in der Mitte eines großen Holzkreuzes bewegen kann. Eine die Säule umfassende Ringplatte von 3 E. (= 1,5 m) Durchmesser, die von vier Streben getragen wird, stützt sie. Das Visierlineal hat also zwei Freiheitsgrade und kann auf jeden Punkt des Himmels gerichtet werden. Zur Messung des scheinbaren Durchmessers der Sonne oder des Mondes wird das Richtscheit auf das betreffende Gestirn gerichtet, wobei das Auge an die weite Öffnung der festen Absehe herangebracht wird und die bewegliche solange verschoben, bis ihre kleine Lochöffnung die Mond- oder Sonnenscheibe genau umfaßt. Der Quotient zwischen dem Durchmesser der kleinen Öffnung der beweglichen Absehe und ihrem Abstand von der festen liefert die Tangente des Sehwinkels. Dieser Abstand beträgt, wie *al 'Urdî* selbst angibt, höchstens 130 Teile. Warum war das Lineal um 90 größer? Zur Ermittlung des Grades der Finsternis sind dem Instrument zwei Messingscheiben beigegeben. Die für die Sonnenfinsternis ist sehr klein, ihr Durchmesser gleich dem der kleinen Öffnung der beweglichen Absehe. Mit dieser Scheibe wird diese Öffnung, die gerade die Sonnenscheibe umfaßt, so weit abgedeckt, wie die Mondscheibe die Sonnenfläche überdeckt. Da die Scheibe 12 Teile, die den Unterteilen auf dem Lineal gleich sind, längs ihres Durchmessers trägt, kann man den Grad der Verfinsterung an den in die Öffnung der Absehe hineinragenden Teilen ablesen. Ich bin nicht der Ansicht von H. Seemann, daß für die Scheibe eine Führung an der beweglichen Absehe vorgesehen war, weil in diesem Fall die Überdeckung der Sonne nur in einer Richtung hätte verfolgt werden können. Auch glaube ich nicht, daß es sich bei den Scheiben um Lochblenden handelte, da diese eine bequeme Ablesung der Verfinsterung nicht ermöglicht und die stete Prüfung der richtigen Einstellung der beweglichen Absehe im Verlaufe der Erscheinung erschwert hätten. Die Scheibe für die Mondfinsternis ist größer, ihr Durchmesser mißt $31\frac{1}{3}$ der kleinen Teile.

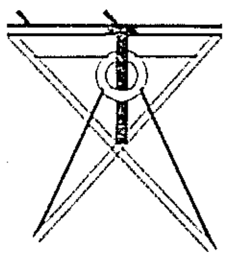


Abb. 1.

Ich möchte noch bemerken, daß die Absehen des von *al 'Urdî* konstruierten Instrumentes von denen der griechischen Vorbilder sich unterscheiden und eine Verbesserung bedeuten. Archimedes, der schon im 3. Jahrhundert v. Chr. ein solches Instrument konstruierte, stellte vor dem Auge, das sich an dem einen Ende des Richtscheites befinden sollte, eine dem Augapfel gleich große Kugel auf, und in entsprechender Entfernung einen geraden Zylinder; er maß also den horizontalen Durchmesser des Gestirnes, indem er die vertikalen Ränder des Zylinders mit den Enden des horizontalen Durchmessers der Sonnen- bzw. Mondscheibe zur Deckung brachte (s. F. Hultsch, Abhdl. z. Gesch. d. Math., S. 192. 1899). Nach K. Manitius (Procli Diadochi Hypotyposis etc., S. 292. 1909) ist bei Pappos (4. Jhrh. n. Chr.) die feste Absehe in der Mitte durchbohrt, die bewegliche überhaupt nicht — das Meßverfahren ist das gleiche wie bei Archimedes — und bei Proklos hatte die feste Absehe eine kleine Durchbohrung am Fuß, die bewegliche zwei Durchbohrungen, die eine am Fuß, die andere senkrecht darüber am Rand. Proklos maß also den vertikalen Durchmesser. Beim arabischen Instrument ist dagegen kein Durchmesser bevorzugt. Das Instrument des Theon, eines Zeitgenossen von Proklos, hatte auch schon zwei Freiheitsgrade wie auch die Dioptra des Heron, eines Zeitgenossen von Hipparch, die zwar zunächst nur für geodätische Messungen bestimmt war, aber auch für astronomische eingerichtet wurde. Dieses Instrument hatte für seinen Zweck zwei feste Absehen auf einem Richtscheit, das mittels Schrauben ohne Ende und Zahnräder in jede Richtung gedreht werden konnte (s. J. A. Repsold, *Astron. Nachr. 206. S. 92. 1903*).

VI. Instrument mit den beiden Quadranten. (Abb. 2.) *Al 'Urḍi* bezeichnet sich als den Erfinder des Instrumentes, das ein Ersatz des Instrumentes mit den Ringen sein soll, allerdings nicht der besprochenen Armillarsphäre, mit der man vornehmlich astronomische Längen und Breiten bestimmte, während Instrument VI zur Ermittlung von Höhe und Azimut diente. Soll eine Armillarsphäre auch diese Koordinaten bestimmen lassen, so muß sie noch einen beweglichen Meridian- und einen festgehaltenen Horizontring, beide mit Teilungen versehen, besitzen. S. Nolte, a. a. O. Über die Größe des Instrumentes von *al 'Urḍi* fehlen genaue Angaben. Er sagt nur, daß es möglichst groß sein soll, so daß wir annehmen können, daß es in seinen Ausmaßen den früher besprochenen gleichkommt. Der zur Bestimmung des Azimuts dienende Kreis ist auf einer Ringmauer horizontal gelagert. Die Mauer ist wohl ebenso hoch wie die des VIII. Instrumentes, also $1^1/_2$ E. (= 0,75 m). Der Kreis ist in vier mal 90° und Unterteile geteilt. Die Zählung beginnt an der Ost-Westlinie und läuft nach Süden und Norden. Im Mittelpunkt der Ringmauer ist vertikal auf ihrem Fundament eine eiserne Achse errichtet, die zur besseren Stabilität am oberen Ende in einem wagrechten Balken eingelassen ist, der von zwei Säulen außerhalb der Ringmauer getragen wird. Um diese Achse können zwei Quadranten gedreht werden. Der eine der

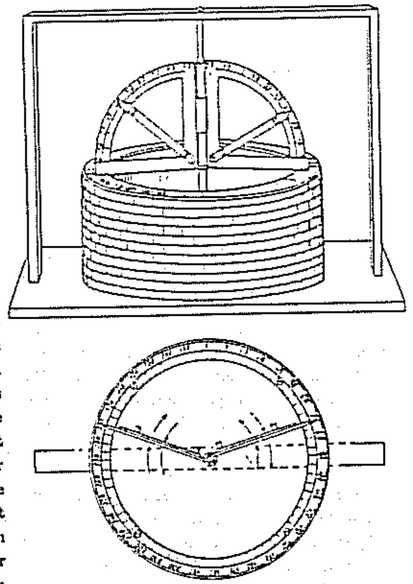


Abb. 2.

den Quadranten begrenzenden Radien ist vertikal gestellt, also parallel der Achse, während der andere bei der Drehung über den Horizontalring hingleitet. Es ist anzunehmen, daß er dabei auf dem Horizontkreis leicht aufliegt zur Entlastung der Achse. Er ist kürzer als der größte Radius des Horizontringes, um seine Teilung zu schonen, die nicht über die ganze Breite des Ringes gezogen ist. Im Mittelpunkt eines jeden Quadranten, der unten an der Achse liegt, dreht sich eine einfache Alhidade mit zwei Absehen, die 1 E. (= 0,5 m) voneinander abstehen. Der Zeiger der Alhidade gestattet die Ablesung der gesuchten Sternhöhe an der Teilung des Quadranten, die am horizontalen Radius beginnt. *Al 'Urḍi* rühmt als besonderen Vorzug seines Instrumentes, daß mit ihm gleichzeitig Höhe und Azimut zweier Gestirne bestimmt werden können. Dieser Zweck kann für alle möglichen Fälle nur erreicht werden, wenn die beiden Quadranten einander vollkommen genähert werden können. Dies erreicht *al 'Urḍi* durch eine besondere Art von drei Scharnieren, die in der Mitte und an den Enden des vertikalen Begrenzungsradius angebracht sind. Senkrecht zu der Fläche des Quadranten, auf der sich nicht die Alhidade bewegt, sind in jedem der drei genannten Punkte zwei halbkreisförmige Ansatzstücke in mäßigem Abstand voneinander eingelassen (Abb. 3). Die Mitte der Durchbohrung dieser Stücke fällt in die obengenannte Fläche des Quadranten, so daß seine Drehlinie in ihr liegt. In ihr befindet sich auch die Zeigerkante des Quadranten zur Bestimmung seiner Lage in bezug auf den Horizontkreis. Die Durchbohrung befindet sich demnach zur Hälfte in dem über den Quadranten herausragenden Teil des Ansatzstückes zur anderen Hälfte in der vertikalen Kante des Quadranten selbst. Die Ansatzstücke der beiden Quadranten sind gegeneinander so versetzt, daß sie beim Zusammenfügen ineinander greifen. Damit die Quadranten sich gegenseitig nicht hemmen, ist in jedem vertikalen Schenkel eine Rinne von der Gestalt eines Viertelskreises vorgesehen, in die sich das halbkreisförmige Ansatzstück des anderen Quadranten hineindrehen kann. Damit aber die Quadranten so weit auseinandergeklappt werden können, daß sie miteinander einen gestreckten Winkel bilden, ist nötig, davon spricht *al 'Urḍî* nicht, daß die der Alhidadenseite zugekehrte vertikale Kante so abgerundet ist, daß sie einen Viertelszylinder vom Radius des Ansatzstückes darstellt. Wir dürfen uns nicht verhehlen, daß die Ansatzstücke in das Massiv des Quadranten nur mit einem kleinen Stück hineinragen und somit ihre Tragfähigkeit nicht allzu groß ist. Dies berechtigt die Annahme, daß die Quadranten auf dem Horizontring leicht aufsitzen.

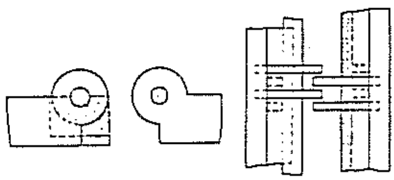


Abb. 3.

Dieses Instrument können wir als den Vorläufer des Theodolithen ansehen. Im Deutschen Mittelalter wurde erst im 16. Jahrhundert durch Tycho Brahe ein Azimutalquadrant gebaut, wenn man nicht das Torquetum des Regiomontan als solchen bezeichnen will.

Es ist mir nicht recht begreiflich, welche Gründe J. A. Repsold veranlaßt haben, die Quadranten nicht radial zum Horizontring, sondern tangential aufzustellen. Die französische Übersetzung Am. Jourdains gibt dazu keine Veranlassung.

VII. Instrument mit den beiden Schenkeln. Dieses ebenfalls von *al 'Urḍî* konstruierte Instrument besitzt große Ausmaße. Es stellt ein parallaktisches Lineal dar, das in einfacher Form Ptolemäos gebaut hat, gegen dessen Mängel sich *al 'Urḍî* am Schlusse wendet. Ptolemäos nennt es Organon parallaktikon, später wird es mit Triquetrum Ptolemaei oder regula Ptolemaeica bezeichnet. Hammer-Purgstall (a. a. O. S. 335) berichtet, daß im Orient dieses Instrument für ein Observatorium unumgänglich notwendig betrachtet wurde. Auch im deutschen Mittelalter finden wir es wieder. Seiner bediente sich Regiomontan, J. Schoner beschreibt ein solches Instrument (In fabricam et usum magnae regulae Ptolemaei annotationes, 1618). Nikolaus Kopernikus machte mit einem parallaktischen Lineal seine hauptsächlichsten Beobachtungen (s. P. Gassendi, Tychonis Bahei Vita, etc. S. 229. 1654). Unter den von Tycho Brahe gebauten Instrumenten befanden sich zwei parallaktische Lineale (S. Repsold a. a. O. S. 25—26). Keppler soll sich als letzter nach L. Prowe (Nic. Copernicus, II. Bd. S. 50. 1884) dieses Instrumentes bedient haben. Zu Instrument VII gehören zwei viereckige Pfeiler, 6 h. E. (= 3,8 m) hoch, die beide in der Ost-Westrichtung in mäßigem Abstand auf einem Fundament errichtet sind. Ihr Querschnitt muß so bemessen sein, daß sie sich nach keiner Richtung durchbiegen können. Auf ihnen sind zwei Klötze wohl aus Metall aufgesetzt. Zwischen ihnen ist ein Querstück, wohl aus Teakholz, drehbar gelagert. In diese ist ein $5^1/_4$ h. E. (= ca. 3,5 m) langes Lineal aus Teakholz eingelassen. Es ist wie das Querstück $^1/_4$ h. E. (= 0,16 m) hoch. Auf der Mittellinie der nach oben gekehrten Seite ist eine Marke im Abstand von 5 h. E. (= 3,2 m), gemessen von der Mitte des Querstückes, angebracht. Ein zweites Lineal vom gleichen Querschnitt wie das erste und einer Länge von $7^7/_8$ h. E. (= 4,8 m), ist für die Messung bestimmt. Im Gegensatz zu H. Seemann glaube ich, daß es zwischen den beiden Pfeilern gelagert ist auf einem Lagerblock, der auf dem Fundament der Pfeiler sitzt. Die Mittellinie seiner Achse befindet sich senkrecht unterhalb der Mittellinie der Drehachse für das erste Lineal. Auf seiner Achse ist das zweite Lineal seitlich soweit verschoben, daß seine nach Westen schauende Seitenfläche die zugekehrte östliche des ersten Lineals bei der Benutzung des Instrumentes berührt. Die Mittellinie der Achse des zweiten Lineals liegt in seiner oberen Fläche. Durch eine Verstärkung des Lineals an diesem Ende wird dies erreicht. Die Oberfläche des zweiten Lineals trägt eine Teilung von 85 Teilen, von denen einer gleich $^1/_{60}$ des Abstandes der genannten Marke vom Drehpunkt ist. Jeder Teil ist in

60 weitere unterteilt, ein solcher mißt nicht ganz 1 mm. Das Instrument dient zur Ermittlung der Kulminationshöhe, wobei ihr Komplement gemessen wird. Dazu wird das erste Lineal an einem Seil hochgezogen, bis man durch die Absehen, die auf der Oberfläche des ersten Lineals im Abstand von 1 E. (= 0,5 m) sitzen, den Stern anvisieren kann. In dieser Lage wird es festgehalten. Das zweite Lineal wird an einem Seil in die Höhe gezogen, bis seine Oberfläche die des ersten in der Linie, die quer zum Lineal durch die Marke gezogen ist, berührt. An der Teilung des zweiten Lineals kann man die Länge der Kreissehne ablesen, die zwischen dem Drehpunkt des zweiten Lineals und der Marke liegt. Beide Punkte sind ja vom Drehpunkt des ersten gleich weit entfernt. Der zu dieser Sehne gehörige Winkel, der gleich dem Komplement der Höhe ist, steht neben den Teilstrichen geschrieben. Wenn die Übersetzung des arabischen Textes richtig ist, wundere ich mich, daß *al 'Urḍî* die Marke auf der Oberfläche des ersten Lineals angebracht hat, da sich diese nicht um die Drehlinie des ersten Lineals bewegt. Es wäre genauer gewesen, die Marke als Punkt der Mittellinie auf der Fläche anzubringen, die das Meßlineal berührt. Dieser Punkt dreht sich um den Drehpunkt des Lineals. Das zweite ist bei dieser Änderung so hoch zu heben, bis diese Marke in die Teilungsfläche fällt. Der Fehler, den *al 'Urḍî* begeht, ist $= \sqrt{s^2 + sd\cos\frac{\alpha}{2} + \frac{d^2}{4}} - s$, wobei s die Länge der Sehne, die am Meßlineal bei der von mir angenommenen Lage der Marke abgelesen wird, d die Dicke des Visierlineals und α den Zenitabstand bedeutet. Der Fehler hängt also von der Höhe ab und liegt zwischen 64 und 90 Unterteile. Er hätte vermieden werden können, wenn das erste Lineal in das Querstück so eingesetzt gewesen wäre, daß die Oberfläche des Lineals in die Mittellinie der Achse fiel. Es hätte also im Querstück exzentrisch sitzen müssen, was den Angaben in der Übersetzung widerspricht. Ein Nachteil des Instrumentes besteht meiner Ansicht nach darin, daß mit ihm nördliche Kulminationshöhen nicht bestimmt werden können.

VIII. Instrument zur Bestimmung des Sinus und Azimuts. (Abb. 4.) Der zu diesem Instrument, das ebenfalls *al 'Urḍî* erdacht hat, gehörige Horizontring liegt wie der des vorhergehenden Instrumentes auf einer Ringmauer von gleicher Höhe. In der Mitte des Ringes steht vertikal eine $1^1/_2$ E. (= 0,75 m) lange eiserne Stange, die in einer eisernen Hülse auf dem Fundament der Ringmauer drehbar ist. Die Stange trägt ein horizontales Kreuz von zwei hölzernen Querbalken mit $^1/_3$ E. (= 0,17 m) Querschnitt; der eine ist 2 E. (= 1,0 m) lang, der zweite etwas länger als der innere Durchmesser des Horizontringes, so daß seine Enden, die offenbar eine Ablesemarke trugen, entlang der Teilung des Horizontringes bei der Drehung der Achse sich bewegen.

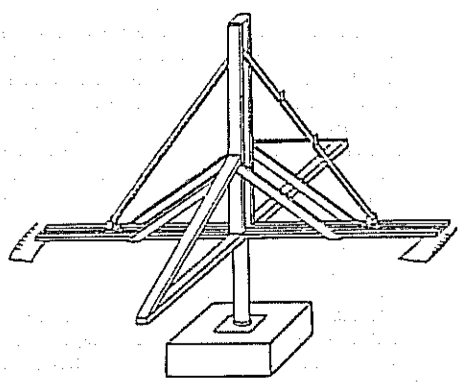


Abb. 4.

An der Fugstelle der beiden zueinander senkrechten Balken sind auf dem kurzen (nicht wie in der Zeichnung von H. Seemann auf dem langen), zu beiden Seiten des langen Balkens zwei vertikale Lineale errichtet. Sie haben einen quadratischen Querschnitt von $^1/_6$ E. (= ca. 0,08 m) und sind halb so lang als der längere Balken. Ihr gegenseitiger Abstand beträgt $^1/_3$ E. (= ca. 0,17 m). An ihren freien Enden sind sie durch ein eisernes Band versteift und werden gestützt durch je drei Seitenstreben, die auf den Balken aufsitzen. Die Lineale sind auf ihren Innenseiten mit einer schmalen Nut versehen zur Führung eines eisernen Stiftes, der die Achse bildet für zwei scharnierartig verbundene Lineale (die Scharniere sind denen des Instrumentes VI ähnlich). Dadurch können die Lineale wie die Schenkel eines aufgestellten Zirkels veränderliche Winkel miteinander bilden. Ihr Querschnitt ist $^1/_6$ E. (= ca 0,08 m) und ihre Länge gleich der Hälfte des längeren Querbalkens. Die Endpunkte der Lineale, durch die der Stift geht, bewegen sich zwangsläufig in der Nut, also in der Vertikalen durch den Mittelpunkt des Horizontringes, die anderen auf dem längeren Querbalken. Dies wird dadurch erreicht, daß sie durch Scharniere mit Schlitten verbunden sind, die sich in einer schwalbenschwanzförmigen Führungsnut, die in dem Querbalken entlang seiner Mittellinie eingelassen ist, verschieben. Zu beiden Seiten der Nut trägt der Querbalken eine Teilung. Ein großer Teil derselben ist $^1/_{60}$ seiner halben Länge, während sich die Unterteilung nach den Größenverhältnissen des Querbalkens richtet. Über diese Teilung gleiten Zeiger, die seitlich an den Schlitten angebracht sind. Der Anfang der Teilung liegt im Mittelpunkt des Querbalkens. Die Schenkel des Zirkels tragen auf der nach oben gekehrten Fläche zwei Absehen im Abstand von 1 E. (= 0,5 m). Zur Durchführung der Messung wird das Instrument um die Vertikalachse gedreht, bis der lange Querbalken in die Vertikalebene durch den zu beobachtenden Stern fällt. Dann werden die Visierlineale wohl durch Druck auf einen der beiden Schlitten gesenkt oder gehoben, bis der Stern durch die Absehen anvisiert werden kann. Am Zeiger des Schlittens liest man den Sinus des Zenitabstandes, am Horizontring das Azimut ab.

J. A. Repsold gibt bei der Beschreibung dieses Instrumentes an, daß es zur Höhenmessung bis wenig über 45 Grad benutzt werden konnte. Ich kann mir nur denken, daß er zu dieser irrigen Auffassung durch die Art der Aufstellung der Absehen auf den Visierlinealen, die er annimmt, gekommen ist. Sie befinden sich an den Enden des Visierlineals. Bei einer steilen Stellung desselben kommt die untere Absehe allerdings dem längeren Querbalken so nahe, daß es nicht mehr möglich ist, das Auge an die Absehe heranzubringen. *Al 'Urḍi* gibt zwar nicht an, ob er die Absehen etwa im gleichen Abstand von der Mitte des Visierlineals aufstellt oder davon abgerückt, er erwähnt nur die gegenseitige Entfernung. Es ist wohl das erstere anzunehmen, in diesem Falle ist der Meßbereich nur in geringem Maße beschränkt durch die Versteifung der beiden Vertikalen an ihren oberen Enden. J. A. Repsold nimmt an, daß die beiden Schenkel des Zirkels bewegt werden, indem man sie an ihrem Gelenk hebt oder senkt. Bei dem großen Ausmaße des Instrumentes wird das nicht leicht möglich gewesen sein. Nach J. A. Repsold erinnert dieses Instrument an Gebers Versuch von ca. 1100 in seiner einfachen Form.

IX. Instrument mit dem Sinus und Sinus versus. Dieses Instrument ist eine Abart des eben besprochenen, insofern als die den Zirkel bildenden Lineale eine andere Lage haben, was einige Änderungen bedingt. Das eine Lineal kann sich in dem schwalbenschwanzförmigen Einschnitt des langen Querbalkens hin und her bewegen, wobei der zweite Schenkel, der wieder als Visierlineal ausgebildet ist, sich wie dieses beim Instrument VIII bewegt. Diese zwangsläufige Bewegung wird erreicht, indem an seinem freien Ende ein horizontaler, runder Stift, der quer zur Längsrichtung des Visierlineals steht, in den Führungsnuten der vertikalen Lineale läuft. Diese sind abweichend vom vorigen Instrument geteilt. Die Teilung ist dieselbe wie die des Querbalkens vom Instrument VIII. Der Anfangspunkt liegt im Querbalken. Wohl eine seitliche Marke in der Mitte des Stiftes gestattet die Ablesung der jeweiligen Stellung. Das horizontale Lineal des Zirkels ist auf seiner Oberfläche mit der gleichen Teilung versehen, gezählt vom Mittelpunkt des Scharniers. Als Zeiger für diese Teilung diente wohl eine Marke in der Führungsnut der vertikalen Lineale. Die Handhabung des Instrumentes ist die gleiche wie beim vorigen Instrument. An den vertikalen Linealen liest man den Sinus der Höhe ab, am horizontalen Schenkel den Sinus des Zenitabstandes bzw. den Sinus versus, d. h. 1—cos der Höhe, eine Größe, die für verschiedene astronomische Berechnungen von Wichtigkeit ist. Zur leichteren Ablesung wird die Teilung auf dem horizontalen Schenkel auch vom freien Ende aus gezählt sein. J. A. Repsold schreibt diesem Instrument den gleich engen Meßbereich zu wie Instrument VIII. Die beiden letztgenannten Instrumente erinnern an ein von Tycho Brahe um 1587 konstruiertes, an das Parallacticum aliud, sive regulae tam altitudines quam azimutha expedientes (s. J. A. Repsold, zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge usw., Fig. 29. 1908).

X. Vollkommenes Instrument. *Al 'Urḍi* hat dieses Instrument schon vor der Erbauung der Sternwarte zu *Marāgha* konstruiert. Im Prinzip ist es wie Instrument VII ein parallaktisches Lineal, das aber um eine vertikale Achse drehbar ist, so daß mit ihm nicht nur die Höhe, sondern auch das Azimut eines Sternes bestimmt werden kann. Es ist in den Ausmaßen etwas kleiner als jenes. Der zur Bestimmung des Azimuts dienende Horizontring ist auf dem Boden gelagert. Seinen

Durchmesser gibt *al 'Urḍi* nicht an, er sagt nur, daß es ein großer Ring sein muß. In seinem Innern sind zwei Holzbalken kreuzförmig ineinandergefügt als Unterlage für den beweglichen Teil des Instrumentes. Dieser ruht auf einem runden Pfeiler, der sich im Mittelpunkt des Kreuzes drehen läßt. Auf dem oberen vierkantförmigen Teil sitzt ein Holzklotz, 1/2 E. (= 0,25 m) breit und hoch und 7/10 E. (= 0,35 m) dick, in dem zwei Lineale aus Teakholz vertikal eingelassen sind. Sie haben einen Querschnitt von 1/6 E. (= 0,09 m) und eine Länge von 4 1/2 E. (= 2,25 m). In dem Zwischenraum von 1/6 E. der beiden Lineale bewegt sich das Visierlineal mit den Absehen von gleichem Ausmaß wie die vertikalen Lineale. Es dreht sich um eine horizontale Achse an seinem oberen Ende, die in der Mittellinie der beiden Vertikallineale gelagert ist. An der Außenseite des einen der vertikalen Lineale ist in einem bestimmten Abstand, gerechnet von der Drehungsachse, der auch auf das Visierlineal übertragen wird, eine zweite horizontale Achse für das Meßlineal angebracht. Sie ragt aus dem Vertikalpfeiler 1/4 E. (= 0,12 m) heraus und ist 1 kl. F., nicht einmal 2 cm dick, was mir für den Zweck sehr schwach erscheint, wenn man nicht annimmt, daß das freie Ende noch besonders gestützt war. Um diese untere Achse dreht sich das Meßlineal mittels dreier Osen an seinem Ende. Die Genauigkeit der Messung verlangt eine solche Lagerung der Osen, daß die Drehlinie des Lineals in ihrer Oberfläche liegt, wenn *al 'Urḍi* dies auch nicht besonders betont. Damit bei der Beobachtung die einander zugekehrten Seitenflächen des Visier- und des Meßlineals sich berühren, ist letzteres unweit der Achse rechtwinklig nach innen um die Breite des Tragpfeilers abgesetzt, d. h. der nach innen springende Teil beginnt in einer Entfernung von 1/2 E. (= 0,25 m) von der Drehungsachse. Dadurch ist es möglich, daß das Meßlineal auf und ab bewegt werden kann, ohne von dem Tragpfeiler gehindert zu werden. Dieser Abstand hätte noch kleiner genommen werden können, etwa 1/7 E. (= 0,07 m), dann wäre es auch noch möglich gewesen, Zenitabstände zu messen, die kleiner als 3° 35′ sind, was bei der Konstruktion von *al 'Urḍi* wegen der fehlenden Teilstriche auf dem Meßlineal nicht mehr möglich ist. Die Art der Teilung ist die gleiche wie beim Instrument VII. Zur Führung des runden Pfeilers, der den ganzen beweglichen Teil des Instrumentes trägt, dient eine in der Mitte durchbohrte Kreisscheibe, die von kräftigen Streben gestützt wird. Das Meßverfahren bei diesem Instrument ist das gleiche wie bei Instrument VII, wenn es vorher in die Vertikalebene des betreffenden Sternes gedreht worden ist. Zur Ablesung des Azimuts ist das Instrument noch mit einem Zeiger versehen, der über den Horizontring gleitet. Die beweglichen Lineale wurden wohl auch hier durch Seile hochgezogen, die über Rollen liefen, die vielleicht an den vertikalen Pfeilern angebracht waren.

Nach J. A. Repsold soll das Meßlineal zwischen den beiden Pfeilern gelagert gewesen sein. Das verlangt, daß das Visierlineal mit der besprochenen Marke immer auf der Oberfläche des Meßlineals liegt. Dies kann leicht erreicht werden, wenn man das freie Ende des Visierlineals abschrägt. Diese Annahme entspricht der Übersetzung L. A. Jourdains in keiner Weise. Hätte sich J. A. Repsold an den Text gehalten, nach dem das Visierlineal länger ist als der Abstand der beiden Drehachsen, dann hätte er meiner Ansicht auch ohne weiteres verstanden, warum verlangt wird, daß die zugekehrten Seiten der beiden beweglichen Lineale einander berühren müssen. Hier liegt kein Irrtum vor, wie J. A. Repsold vermutet. Er nimmt ferner auch an, daß die Absehen nicht auf der Oberfläche des Visierlineals stehen, sondern seitlich angebracht sind, so daß die Visierlinie an den Tragpfeilern vorbeigeht. Dies hat allerdings den Vorteil, daß die Visierlinie durch keinen Teil des Instrumentes gehindert ist, was bei der Konstruktion von *al 'Urḍi* durch eine etwaige Versteifung der oberen Enden der Tragpfeiler der Fall sein kann. Ob hier eine freie Übersetzung von L. A. Jourdain vorliegt, entzieht sich meiner Kenntnis. Ich möchte noch bemerken, daß ein ganz ähnliches Instrument Kopernikus sich aus Tannenholz gebaut hat. Für die Teilung des Meßlineals bediente er sich aber nicht des Sexagesimalsystems wie *al 'Urḍi*. Er trug darauf 1414 Teile ab, wobei einer der tausendste Teil des Abstandes der beiden Drehachsen war. Auch der Vertikalpfeiler war zwischen den beiden Achsen geteilt, also in 1000 Teile (s. L. Menzzer, Nic. Coppernicus, Über die Kreisbewegung der Weltkörper, S. 227. 1879). Auch der Schüler von Kopernikus, Tycho Brahe, konstruierte sich ein ähnliches Instrument, bei dem nur das Meßlineal geteilt war (s. J. A. Repsold, a. a. O., S. 26.) Vermutlich diente beiden oder wenigstens Kopernikus das parallaktische Lineal des Ptolemäos (s. w. u.) als Vorbild. Doch bedürfte es einer eingehenden Prüfung, ob Kopernikus nicht auch etwa das Instrument von *al 'Urdi* kannte, da bekanntlich im christlichen Mittelalter viele arabische Schriften gelesen und auch ins Lateinische übertragen wurden.

Al 'Urdi gibt bei einigen Instrumenten an, daß zwischen den beiden Absehen eine Röhre zur Erleichterung des Visierens gelegt ist, die an dem dem Beobachter zugewendeten Ende mit einer tellerförmigen Blende ausgerüstet ist. Es ist wohl anzunehmen, daß bei allen Instrumenten diese Verbesserung sich gefunden hat, da dieses Verfahren schon seit längerem bekannt war (s. F. Nolte, a. a. O., S. 23).

Um dem Leser seine Konstruktionsverbesserungen vor Augen zu führen, bespricht *al 'Urdi* am Schlusse seiner Schrift das parallaktische Instrument des Ptolemäos, das dieser ebenfalls in großen Dimensionen gebaut hat. Es besteht nur aus drei Linealen, jedes 4 E. (= 2,0 m) lang, dem Visier-, dem Meßlineal und dem senkrechten Pfeiler. Die Achsen der beiden beweglichen Lineale sind seitlich an dem Pfeiler angebracht, der allein geteilt ist in 60 Teile und Unterteile. Werden diese Achsen an zwei diametral gegenüberliegenden Seiten angebracht, so können sich, wie *al 'Urdi* hervorhebt, die zugekehrten Seiten der beweglichen Lineale nicht berühren, weil sie um die Dicke des Pfeilers voneinander abstehen. Werden die Achsen auf der gleichen Seite des Pfeilers befestigt so glaubt *al 'Urdi*, daß die notwendige Berührung der Flächen ebenfalls nicht erreicht werden kann. Dies ist richtig, wenn die beweglichen Lineale auf ihren Achsen an das vertikale so nahe herangerückt werden, daß sie es berühren. In diesem Falle könnte das Instrument überhaupt nicht benutzt werden, es sei denn, daß das Visierlineal eine Länge gleich dem Abstand der Drehachsen hat (s. Instrument X). Die Forderung von *al 'Urdi* würde aber auch erfüllt, wenn eines der beiden Lineale vom senkrechten Pfeiler um die Dicke des anderen Lineals abgerückt wäre. Das verlangt allerdings eine längere Achse, die sich leicht durchbiegen kann, wenn sie nicht noch besonders gestützt wird. Wenn auch anscheinend nicht bekannt war, wie Ptolemäos seine beweglichen Lineale lagerte, so zeigt es doch von einer gewissen Voreingenommenheit von *al 'Urdi* gegen Ptolemäos, wenn er ihm eine fehlerhafte Konstruktion zutraut.

Aus der Schrift von *al 'Urdi* geht nicht deutlich hervor, ob die beschriebenen Instrumente alle zur Ausrüstung der Sternwarte zu *Marâgha* gehört haben. Er gibt nur an, daß die Instrumente: Mauerquadrant, Armillarsphäre, Instrument mit dem Sinus und Azimut, Instrument mit dem Sinus und Sinus versus dort gebaut wurden. Sie sind wohl auch dort aufgestellt worden.

Für den Techniker ist die Schrift von großem Interesse, da sie ihm Einblick gewährt in die technischen Hilfsmittel der damaligen Zeit. Man kannte bereits die Drehbank, man bediente sich der verschiedensten Lehren zur Prüfung der gleichmäßigen Krümmung von Ringen, konstanter Dicke usw. Zum Nivellieren benutzte man die Setzwaage, ein gleichschenkliches Dreieck, durch dessen Spitze ein mit Gewicht beschwerter Faden ging, der sich bei horizontaler Lage der Basis auf ihre Mitte einstellte. Umständlich war die Art, zu prüfen, ob die Flächen eines Ringes vollkommen eben sind. Auf eine horizontale Ebene wird der Ring gelegt und dort mit der Setzwaage horizontiert. Dann wird im Innern des Ringes anschließend an seine Innenseite eine kreisförmige Rinne aus Ton gebaut. Der an den Ring anstoßende Rand der Rinne schließt der Höhe nach mit diesem ab, während ihr anderer Rand überhöht ist. Die Rinne wird mit Wasser gefüllt, auf das leichte Asche gestreut wird. Der Ansicht Repsolds, daß es Pottasche war, die das Kupfer des Ringes fettfrei machen sollte, möchte ich nicht beitreten, weil dieses vorher eingehender hätte durchgeführt werden können. H. Seemann meint, daß die Asche das Wasser zäher machen sollte. Ich bin folgender Ansicht: Das Wasser fließt über den Ring hinweg, wobei sich die Untiefen der Ringflächen damit füllen, sie kennzeichnend. Die etwas erhabenen Stellen werden aber dadurch aufgezeigt, daß die leichte Asche auf ihnen liegen bleibt, wenn das Wasser sich verlaufen hat. J. A. Repsold nimmt ferner an, daß der Ring in die mit Wasser gefüllte Rinne gelegt wird, aus dem die erhabenen Stellen herausragen. Ob die Übersetzung Jourdains zu dieser Auffassung Veranlassung gibt oder die von H. Seemann nicht zutreffend ist, entzieht sich meiner Kenntnis.

J. A. Repsold spricht auch von einer Art Wasserwaage, einer Rinne, die an den Enden verschlossen und mit Wasser bis an den Rand gefüllt war. In der Übersetzung von H. Seemann findet sich keine Andeutung eines solchen Instrumentes. Nur eine Überprüfung der arabischen Handschrift könnte Aufklärung bringen.

H. Seemann bringt am Schluße seiner Arbeit ganz wertvolle Betrachtungen über das Leben und die Werke von *al 'Urḍî* und endlich eine kurze Besprechung einer zweiten Handschrift über die gleichen Instrumente von *al 'Âmilî* aus dem Jahre 1562,63. Bedauerlicherweise konnte H. Seemann sich mit dieser Handschrift nicht näher befassen, da sie in persischer Sprache abgefaßt ist. Vielleicht könnten gerade durch diese Schrift die von mir aufgezeigten Unklarheiten aufgeklärt werden.

Die Schriften Gedosis über die Höhenparallelen und über die Sinustafel.

(Zum Gebrauch des Quadranten im Islam.)

Dem Andenken des Meisters auf dem Gebiet historisch-naturwissenschaftlicher Forschung, Geh. Rates Prof. Dr. Eilhard Wiedemann gewidmet.

Von Joseph Würschmidt.

In zwei früher erschienenen Arbeiten [1]) habe ich einen von mir in Konstantinopel aufgefundenen Quadranten beschrieben und gezeigt, wie mittels dieses Instrumentes eine Reihe von Aufgaben der mathematischen Geographie bezw. der sphärischen Trigonometrie auf mechanischem Wege, ohne Benutzung von Tabellen, gelöst werden kann, und wie dieser Quadrant vor allem zur Bestimmung der im religiösen Leben des Islam so wichtigen Gebetszeiten benutzt wird. Am Schlusse der zweiten Arbeit wies ich darauf hin, daß die letztere Aufgabe auch heute noch von den muhammedanischen Geistlichen mittels des Quadranten gelöst wird; diese werden in den Theologenschulen mit der Handhabung des Instrumentes vertraut gemacht, und diesem Unterricht wird eine Schrift eines gewissen Gedosi zugrunde gelegt.

Aus dieser Schrift, die mir in einer in Konstantinopel lithographierten Ausgabe aus dem Jahre 1327 der Hedschra = 1909 n. Chr. vorliegt, wurde vor allem die Bedeutung einiger auf meinem früher beschriebenen Quadranten befindlicher Linien

1) J. Würschmidt, Ein türkisch-arabisches Quadrant-Astrolab. Arch. f. Gesch. d. Naturw. u. Techn. 8, 167. 1918.

J. Würschmidt, Die Bestimmung der krummen Stunden usw. Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturw. 18, 183. 1919.

ersichtlich, deren Deutung ich seinerzeit nicht geben konnte, ferner wurden meine früheren Ausführungen über den Gebrauch des Quadranten selbst, die sich teils aus der Beschreibung des Quadranten, teils aus dem erwähnten Werk Aḥmed Muchtar Paschas ergaben, bestätigt, vor allem aber werden die bei verschiedenen arabischen Schriftstellern sich findenden Ausführungen über den Gebrauch der beiden Seiten des Quadranten in zusammenfassender Darstellung wiedergegeben und nicht unwesentlich ergänzt.

Aus diesem Grunde möchte ich, da eine Wiedergabe der wörtlichen Übersetzung zu weitläufig wäre, wenigstens den Inhalt der einzelnen Kapitel des Werkes kurz angeben und damit einen Beitrag zur Geschichte der arabisch-türkischen Astronomie bezw. mathematischen Geographie liefern, der für eine spätere zusammenfassende Darstellung des Gebietes nicht ganz wertlos sein dürfte.

Am Schlusse des Werkes ist der volle Name des Verfassers: Suleiman Murad ben 'Omar ben Aḥmed ben Sa'adi al Gedosi, sowie die Jahreszahl 1268 d. H. = 1851/52 n. Chr. aufgeführt [1]). Am Rande befinden sich zahlreiche Bemerkungen von Mâridini [2]) in arabischer Sprache, die mir zu übersetzen Herr E. Wiedemann die Freundlichkeit hatte. Es zeigte sich, daß der türkische Text und die arabischen Anmerkungen vielfach übereinstimmen, ebenso geben die türkischen Anmerkungen eines gewissen Hâfiz Aḥmed nur Erläuterungen des Gedosischen Textes. Ferner sind noch manche Erläuterungen von dem türkischen Herausgeber beigefügt.

Wir geben zunächst die Einleitung des Werkes in wörtlicher Übersetzung.

---

1) B. Dorn, Drei astron. Instrumente. Mém. de l'Académie Petersb. IX, 1. 1865. Dorn liegt das Werk in einer älteren Ausgabe vor.

2) Von Gamâl al Dîn al Mâridini († 1406/07 n. Chr.) rührte eine Schrift her: Die zerstreuten Perlen über den Dastûrquadranten, in der ein Teil der Probleme behandelt wird, daneben aber auch rein astronomische Fragen (Kap. 11—27). Von seinem gewöhnlich als Sibṭ al Mâridini oder Ibn Bint al Mâridini genannten Enkel findet sich am Rande einer Schrift des Aḥmed al Châṭil al Gâwî eine Schrift: Die Frage der Anwendung des mit den sinus versehenen Quadranten. Vgl. E. Wiedemann, Beitr. z. Gesch. d. Naturw. XVIII in Sitzgsber. d. phys.-med. Soz. Erlangen 41. 1909.

„Von Seiten Sr. Eminenz des Oberastronomen Hussein Hilmi Efendi verbessert und durch die Kunst des Buchhändlers Schakir Efendi, des Mekkapilgers, gedruckt.

Von den Abhandlungen über die Höhe[n-bestimmung] ist bekanntlich die unter dem Namen Gedosi bearbeitete Abhandlung für die Anfänger in dieser Wissenschaft in hohem Grade leicht und nützlich. Da man jedoch beim Schreiben und Drucken nicht sorgfältig gewesen, und deshalb die Exemplare ganz voller Fehler sind und sie infolgedessen für die Studenten keinen Nutzen bringen, und die Folge davon ist, daß sie überdies in Verwirrung bleiben, so hat Hassan Schükri Efendi aus Hezargrad, einer derjenigen, die in dieser Wissenschaft geschickt sind und im Fatiḥ [1]) Unterricht geben, es als einen schönen Dienst für die Studierenden dieser Wissenschaft betrachtet, sie zu verbessern, an ihren Rand einige wichtige Beispiele hinzuzufügen und sie [neu] zu schreiben. Sie wurde [dann] auf dem Markt der Kupferstecher seitens des Buchhändlers Schakir Efendi aus Hezargrad, des Mekkapilgers, als Nummer 230 des hohen Unterrichtsministeriums mit einem Ermächtigungsschein vom 1. Zilhiğğe des Jahres 1310 [2]) und vom 3. Juni des Jahres 1309 in der Druckerei des Muḥammed Bej gedruckt. Im Jahre 1327.

Bearbeitung Gedosis über die Höhenparallelen. [3])

Im Namen Allahs, des barmherzigen Erbarmers. Das Lob ist Allahs, des Herrn der Welten, und Gebet und Heil über unseren Gesandten Muḥammed und die Familie und all seine Gefährten. [4])

Diese Abhandlung wurde bekanntlich bearbeitet, um mittels des mit den Höhenparallelen versehenen Quadranten

---

1) D. h. in der mit der Fatiḥmoschee (Moschee Meḥmeds des Eroberers in Stambul) verbundenen geistlichen Schule.

2) Zilhiğğe ist einer der türkischen Mondmonate; 1310 ist als Jahr der Hedschra (Mondjahr) gerechnet; 1309 ist das entsprechende türkische Finanzjahr; vgl. J. Würschmidt, Die Zeitrechnung im osmanischen Reiche. D. opt. Wochenschr. 1917, S. 98.

3) Gemeint ist: „Über den Quadranten mit den Höhenparallelen".

4) Dieser einleitende Spruch ist, wie stets ähnliche Segenssprüche, in arabischer Sprache geschrieben.

die Höhenbestimmung auf sehr leichte Art und Weise vorzunehmen. Sie besteht, systematisch angeordnet, aus einer Einleitung und 13 Kapiteln.

Die Einleitung.

Die genannte Einleitung enthält die Abbildungen [1]) dieses Quadranten und die zu dieser Abbildung gehörigen Dinge.

Der Mittelpunkt (al markaz). Der Mittelpunkt auf diesen Abbildungen ist eine an der Ecke des Quadranten angebrachte Durchbohrung, an der eine Schnur befestigt ist [2]).

Der Faden (al chaiṭ). Als sogenannten Faden bezeichnet man die an diesem Mittelpunkt befestigte Schnur.

Die Marke (al muri). Als Marke bezeichnet man jenen kleinen Faden, der an dem Faden des Quadranten angebunden ist und der sich auf- und abwärts bewegt. Er ist der Stellvertreter der Sonne [3]).

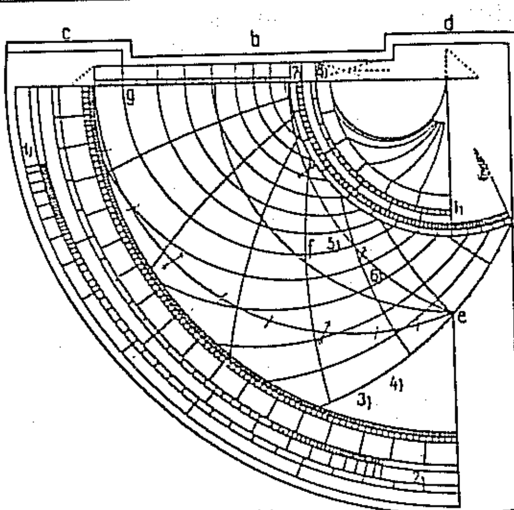


Abb. 1.

1) Da die Abbildungen fehlen, geben wir in Abb. 1 die bereits 1918 veröffentlichte Darstellung der Vorderseite des in Stambul gefundenen Quadranten.

2) Anmerkung Mâridinis: Und er ist das Loch (churm), in dem der Faden (chaiṭ) aufgehängt ist; er heißt der Pol (quṭb).

3) In meiner erstzitierten Arbeit hieß es S. 177/178: „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 befunden haben, der dazu dient, den „Ort" der Sonne, d. h. denjenigen Parallelkreis zum Äquator, in dem sich die Sonne an dem Tage der Beobachtung befindet,

Das Lot (al šâkûl). Das sogenannte Lot ist ein Gewichtskörper, der zur Zeit der Höhenbestimmung an den Faden gehängt wird, um [die Bewegung des Fadens durch] den Luftzug zu verhindern.

Der Höhenbogen. Der Höhenbogen ist ein Bogen, der auf der unteren [1]) Seite des Höhenquadranten im Kreis gezogen ist. Er ist in 90 gleiche Teile geteilt und von einem Ende zum anderen ist das arabische Alphabet geschrieben [2]).

Die Linie des Ostens und Westens. Die Linie des Ostens und Westens ist eine auf der rechten Seite des Quadranten gerade gezogene Linie. Sie geht vom Mittelpunkte aus und erreicht den Anfang des Höhenbogens.

Die andere Linie ist die Linie des Mittags (zavâl); sie geht gleichfalls vom Mittelpunkt aus, verläuft geradeaus auf der linken Seite des Quadranten und endigt am Ende des Höhenbogens [3]). Man nennt sie auch „Linie der Mitte des Himmels" (vasṭ al samâ').

Die drei Kreise (medarât). Von diesen drei Kreisen ist der eine größer als der andere; einer von ihnen ist dem Höhenbogen am nächsten; man nennt ihn den „Kreis des Steinbocks". Ein anderer ist der kleinste von allen und oben dem Mittelpunkt am nächsten; er wird „Kreis des Krebses" genannt. Der dritte ist zwischen diesen beiden gelegen und heißt „Kreis des Widders und der Wage"; man nennt ihn auch „Kreis der Äquinoktien".

---

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."

1) D. h. der gekrümmten.

2) In einer Tabelle am Rande sind die Zahlen 1 bis 10, dann 20 usw. bis 100, dann 200 usw. bis 1000 samt den sie darstellenden Buchstaben des arabischen Alphabetes zusammengestellt.

3) In Abb. 1 ist die Ost-Westlinie vertikal, die Mittagslinie horizontal gelegen.

Den Schnittpunkt dieses Kreises mit der Linie des Ostens und Westens nennt man „Ost- und Westpunkt“ [1]).

Die Höhenparallelen (muqanṭarāt). Die Höhenparallelen sind Bögen, die immer einer innerhalb des anderen gezogen sind und ihren Verlauf nehmen; sie liegen enge aneinander, und die Enden eines jeden von ihnen erreichen den Kreis des Krebses auf denjenigen Quadranten, die einen „Überschuß“ (faḍln) haben [2]). Auf den Quadranten aber, die keinen „Überschuß“ haben, liegen die Enden von einigen von ihnen auf der Linie des Ostens und Westens, die (anderen) Enden von einigen erreichen den Kreis des Steinbocks und von einigen die Linie der Mitte des Himmels. Auf den meisten Quadranten sind je 4 Höhenparallelen rot, dann einer schwarz gezeichnet, indem jeder von ihnen einem Grad entspricht; auf manchen Quadranten dagegen je zwei rot und einer schwarz, indem jeder zwei Graden entspricht [3]).

Der Horizont (ufq). Der Horizont ist der erste von den Höhenparallelen. Auf den Quadranten, die einen Überschuß haben, geht der Horizont durch den Ostpunkt und erreicht [dann] den Kreis des Krebses; auf den Quadranten ohne Überschuß wird er im Ostpunkt abgeschnitten.

Die Vertikalkreise (sumūt). Vertikalkreise nennt man die Kreise, die die Höhenparallelen unter einem Winkel schneiden. Sie alle gehen vom Kreis des Krebses aus; ein Teil von ihnen verläuft bis zum Kreis des Steinbocks, ein anderer Teil geht auf den Quadranten mit Überschuß bis zum Horizont, auf den Quadranten ohne Überschuß dagegen geht ihr südlicher Teil bis zum Horizont, ihr nördlicher bis zur Linie des Ostens und Westens. Der erste der Vertikalkreise ist der, der vom Westpunkte ausgeht und gegen den Kreis des Krebses hin verläuft. Ihn nennt man den ersten Vertikalkreis; er teilt die Vertikalkreise in nördliche und südliche, und die Zählung der

---

1) Der „Ost-Westpunkt“ ist in Abb. 1 mit e bezeichnet.

2) Der vorliegende Quadrant ist einer mit „Überschuß“; der „Überschuß“ ist der über 90° hinausgehende Teil des Kreises des Krebses.

3) Dies trifft für den vorliegenden Quadranten zu; die rotgezeichneten Linien sind nur noch ganz schwach sichtbar.

Vertikalkreise sowohl nach Norden als auch nach Süden soll hier ihren Anfang haben. Die innerhalb dieses ersten Vertikalkreises befindlichen Vertikalkreise nennt man die nördlichen, die außerhalb befindlichen die südlichen. Auf den meisten Quadranten sind die Vertikalkreise von fünf zu fünf angegeben [1]).

Die Ekliptik. Ekliptik nennt man jene beiden Bögen, die beide vom Ostpunkte ausgehen, und von denen der eine an der Mittagslinie bei dem Kreis des Krebses endigt; man nennt ihn den „nördlichen Ekliptikbogen". Der andere endigt an der Mittagslinie bei dem Kreis des Steinbocks, und man nennt ihn den „südlichen". Von diesen beiden Teilen der Ekliptik ist jeder durch die Sternbilder geteilt, aber auf den meisten Quadranten ist nur der südliche Bogen geteilt, der nördliche nicht [2]).

Der ʿAṣr-Bogen. Der ʿAṣr-Bogen ist der Bogen, der vom Kreis des Krebses ausgeht und gegen den Kreis des Steinbocks hin verläuft; an ihn ist ʿAṣr geschrieben. Auf einigen Quadranten sind zwei ʿAṣr angegeben; das eine nennt man „erstes ʿAṣr", was die Bezeichnungsweise der beiden Imame ist, und das andere nennt man „zweites ʿAṣr", was die Bezeichnungsweise des Imams Abū Hanîfa — Gott sei ihm gnädig! — ist. Auf einigen Quadranten ist das ʿAṣr oben an dem Kreis des Krebses angegeben und in 45 einander nicht gleiche Teile geteilt [3]).

Der Bogen der Abenddämmerung und der Morgendämmerung. Der Bogen der Abenddämmerung und der Morgendämmerung ist von dem Kreis des Krebses nach dem Kreis des Steinbocks hin gezogen, und an ihn ist Morgendämmerung und Abenddämmerung geschrieben [4]).

---

1) Auf dem vorliegenden Quadranten sind die Vertikalkreise 0°, 15°, 30° usw. in schwarzer Farbe gezeichnet, die Vertikalkreise 5°, 10°, 20°, 25° usw. sind rot gezeichnet und nur noch schwach sichtbar.

2) Auf dem vorliegenden Quadranten ist der südliche Bogen von 2° zu 2° geteilt, wobei die Teilungen 10°, 20° usw. durch längere Teilstriche, die Teilungen 30° und 60° durch noch längere Teilstriche markiert sind; auf dem nördlichen Bogen sind nur 30° und 60° markiert.

3) Auf dem vorliegenden Quadranten findet sich, bei 7 (ʿaṣr evel) beginnend, letztere Teilung am Kreis des Krebses.

4) Auf dem vorliegenden Quadranten fehlt dieser Bogen.

Der Bogen der Deklination. Der Bogen der Deklination ist oben an dem Kreis des Krebses angebracht und in einander nicht gleiche 23 Grad und 34 Minuten geteilt[1]).

Der Bogen des „halben Überschusses". Der Bogen des halben Überschusses ist oberhalb des Deklinationskreises gelegen und ist ein Bogen, der in 22½ ungleiche Grade geteilt ist[2]).

Die Imsak-Linie (Linie des Fastens). Die Imsak-Linie ist eine Linie, die vom 17. Grad der Höhenparallelen ausgeht, bis zur Linie des Mittags gelangt, von hier aus wieder zurückgeht und am Kreis des Krebses bei dem 70. Höhenparallelen ihr Ende findet[3]).

Die 'Îd-Linie (Linie des Feiertags). Die 'Îd-Linie ist eine Linie, die vom 37. Grad der Höhenparallelen ausgeht, bis zur Linie des Mittags gelangt und am Kreis des Krebses bei dem 55. Höhenparallen ihr Ende findet[4]).

Die Qibla-Richtung. Die Qibla-Richtung ist eine Linie, die vom 12. Grad des Höhenbogens ausgeht und am Kreis des Krebses ihr Ende findet.

Die Da'ḥwe-Linie (Linie des Vormittags). Die Da'ḥwe-Linie ist eine Linie, die vom 14. Grad des Höhenbogens ausgeht und am Kreis des Krebses ihr Ende findet[5]).

Der Schattenbogen. Der Schattenbogen ist ein Bogen, der auf das Zuhr (Mittag) des Höhenbogens gelegt ist. Seine Grade sind entsprechend ihrer Lage einer am anderen dicht gedrängt, und für ihr Ende gibt es keine Grenze[6]).

---

1) Er verläuft innerhalb des 'Aṣr-Bogens und konzentrisch mit ihm.

2) Mâridînî gibt in einer Anm. den genauen Wert: 22° 11' 16". Auf dem vorliegenden Quadranten fehlt dieser Bogen.

3) Sie fehlt auf dem vorliegenden Quadranten.

4) Sie fehlt gleichfalls auf dem vorliegenden Quadranten. In einer arabischen Anmerkung ist von zwei 'Îd-Linien die Rede, ebenso auch von zwei Imsak-Linien (d. h. jeweils von ihren beiden Teilen).

5) Türkische Anmerkung: „Auf einigen Quadranten ist die Da'ḥwe-Linie vom Ende des Bogens an gerechnet und gezeichnet. (Der Redakteur Hüssein Hilmi)". Auf dem vorliegenden Quadranten steht bei 4 das Wort Da'ḥwe; die Linie ist aber nicht sichtbar.

6) Hierher gehört die oben bei dem 'Aṣr-Bogen angeführte arabische Anmerkung Mâridînîs: Man legt neben den Höhenbogen den Schattenbogen,

Die zeitlichen Stunden. Die zeitlichen Stunden sind sechs Bögen, die alle vom Mittelpunkt ausgehen und am Kreis des Krebses ihr Ende finden. Der sechste ist ein Halbkreis, der die Mittagslinie schneidet. Die Linie zur Bestimmung der Grade der zeitlichen Stunden ist eine Linie, die auf der linken Seite des Quadranten am Höhenbogen ausgeht und am Kreise des Krebses ihr Ende findet[1]).

Die beiden Absehen. Die beiden sogenannten Absehen ragen auf der oberen Seite des Quadranten hervor[2]).

1. Kapitel. Über die Bestimmung des Sonnengrades.

Inhaltsübersicht. Die Ekliptik ist in die 12 Tierkreiszeichen geteilt, deren Namen aufgeführt werden, jedes Tierkreiszeichen in 30° und jeder Grad in 4 Minuten (!). Zur Bestimmung des „Sonnengrades" d. h. der astronomischen Länge der Sonne wird folgende Tabelle benutzt (wir geben sie entsprechend unserer Schrift von links nach rechts). Die Tabelle wird aufserdem noch in kreisförmiger Anordnung gegeben, wobei die Zahlen durch die entsprechenden Buchstaben des arabischen Alphabetes wiedergegeben sind.

23	22	22	21	20	20
April	Mai	Juni	Juli	August	September
Widder	Stier	Zwillinge	Krebs	Löwe	Jungfrau
20	21	21	23	24	22
Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März
Wage	Skorpion	Schütze	Steinbock	Wassermann	Fische

Die Methode zur Längenbestimmung ist folgende. „Man addiert zu der Zahl der vergangenen Tage des Monats nach dem römischen Kalender, die man kennt, die in der Tabelle oberhalb des Monats befindliche Zahl. Ist die Summe $< 30°$,

es ist derjenige, bei dem sich die Teile so aneinander drängen, daß sie sich beinahe miteinander mischen. Man trägt sie nicht bis zur äußersten Grenze ein, sondern entsprechend der Fertigkeit dessen, der ihn anfertigt". Auf dem vorliegenden Quadranten steht bei 2, an diesem Bogen zill-i-mebsut = umbra recta.

1) Bei 8 steht auf dem vorliegenden Quadranten zemani = Zeit; die 6 Bögen sind vorhanden; die „Linie zur Bestimmung der Grade der zeitlichen Stunden" fehlt.

2) Vgl. c und d in Abb. 1.

so ist sie die Zahl der Grade des unterhalb des (betreffenden) römischen Monats befindlichen Tierkreiszeichens. Ist sie aber $> 30^0$, so zieht man von ihr 30^0 .... (des betreffenden Tierkreiszeichens) ab" *[d. h. man hat dann das Tierkreiszeichen des folgenden Monats zu nehmen]*[1]).

1. Beispiel: 6. März. $22 + 6 = 28$, also 28^0 der Fische.

2. Beispiel: 15. März. $22 + 15 = 37$, also 7^0 des Widders.

2. Kapitel. Über die Bestimmung des „halben Überschusses".

Der „halbe Überschufs" ist die Gröfse $\frac{T}{2} - 90^0$, *bzw.* $90^0 - \frac{T}{2}$ *wenn T der Tagbogen der Sonne ist. Ist die astronomische Länge der Sonne nach Kap. 1 bestimmt, so stellt man die bewegliche Marke auf die betreffende Stelle der Ekliptik ein und verschiebt den (gespannten) Faden so lange, bis die Marke auf den Horizont zu liegen kommt, dann gibt der zu 90^0 fehlende Bogen die gesuchte Gröfse* $90^0 - \frac{T}{2}$. *Ist* $\frac{T}{2} > 90^0$, *so wird an dem kleinen oberen Bogen abgelesen*[2]).

3. Kapitel. Über die Bestimmung der Sonnenhöhe.

Die Sonnenhöhe wird mittels der beiden Absehen bestimmt. „Man bewegt den Quadranten ganz wenig, bis der von der oberen Absehe geworfene Schatten die untere Absehe bedeckt."

1) Der Tabelle ist zugrunde gelegt, daß die Sonne am 8. März (nicht am 20. oder 21. März) in das Tierkreiszeichen des Widders eintritt. Das Datum ist somit dasjenige des julianischen Kalenders, der zur Zeit der Abfassung des Buches sowohl von den in der Türkei lebenden orientalischen Christen (orthodoxen Griechen etc.) als auch von der türkischen Regierung (Finanzjahr, beginnend am 1. März alten Stils) gebraucht wurde.

2) Dieser ist an dem vorliegenden Quadranten so weit geteilt, daß man gerade noch den „halben Überschuß" am längsten Tage für die geographische Breite von Stambul ablesen kann. Vgl. a. a. O. S. 179, wo jedoch statt „Äquator" „Ekliptik" und statt „Sonnenhalbjahr" „Sommerhalbjahr" zu lesen ist. An dem vorliegenden Quadranten ist für den längsten bezw. kürzesten Tag $\pm (90^0 - \frac{T}{2}) = 22^1/_2{}^0$, also der halbe Tagbogen $t = 67^1/_2{}^0$; aus $\cos t = - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$ ergibt sich für $\delta = \varepsilon = 23^0\,34'$ die geogr. Breite $\varphi = 41^0\,16'$. (Stambul).

Aus der Sonnenhöhe und dem „halben Überschufs" wird nun folgendermafsen die Zeit bestimmt. Man stellt die Marke auf die astronomische Länge der Sonne ein (s. oben) und verschiebt den Faden bis zu dem der gemessenen Höhe entsprechenden Höhenparallelen. Dann liest man an der Gradteilung des Quadranten die zur Kulmination der Sonne noch fehlende (Vormittag) oder seit ihr verflossene Zeit (Nachmittag) ab (in Graden gemessen)[1]. *Da der Türke* 12^h *auf Sonnenuntergang setzt, so wird noch die Reduktion der gefundenen Zeit mittels des „halben Überschusses"* $\pm (90^0 - \frac{T}{2})$ *vorgenommen; in welcher Weise, geht aus den folgenden Beispielen deutlich hervor.*

1. Beispiel: $\lambda = 30^0$, $h = 30^0$; *(am Vormittag bestimmt). Aus Kapitel 2 findet man* $\frac{T}{2} - 90^0 = 10^0$; *also Sonnenuntergang* $6^h\ 40^m$ *p. astr. Zeit. Die Einstellung der Marke nach Kapitel 3 liefert, dafs zur Zeit der Beobachtung* 28^0 *d. h.* $1^h\ 52^m$ *seit* 6^h *a vergangen sind. Da nun* $6^h\ 40^m$ *p. astr. Zeit* $= 12^h$ *türk. Zeit ist, so ist* $7^h\ 52^m$ *astr. Zeit* $= 7^h\ 52^m - 6^h\ 40^m = 1^h\ 12^m$ *türk. Zeit (morgens; der Türke zählt nicht bis 24, sondern zweimal bis 12). Der Verfasser rechnet aber nicht erst in Stunden um, sondern zieht gleich von dem erhaltenen Wert* 28^0 *den halben Überschufs* 10^0 *ab und erhält sofort* $18^0 = 1^h\ 12^m$[2].

2. Beispiel: $\lambda = 30^0$, $h = 30^0$ *(am Nachmittag bestimmt).*

---

1) Aus den Beispielen ist ersichtlich, daß man die seit 6^h morgens bereits verflossene oder zu 6^h abends noch fehlende Zeit abliest.

2) Es sei z_1 die seit 6^h morgens vergangene Zeit, in Graden ausgedrückt, z_2 der „halbe Überschuß". Dann ist, da die astronomische Zeit um Mitternacht, die türkische um Sonnenuntergang beginnt,

die beobachtete Zeit: $90^0 + z_1$ (astr.)
die Zeit des Sonnenuntergangs: $270^0 + z_2$ (astr.).

Es ist aber:

$$\begin{aligned} 270^0 + z_2 \text{ (astr.)} &= 0^0 \text{ (türk.)} = 360^0 \text{ (türk.)} \\ 0^0 \quad \text{(astr.)} &= 360^0 - 270^0 - z_2 \text{ (türk.)} \\ &= 90^0 - z_2 \text{ (türk.)} \\ 90^0 + z_1 \text{ (astr.)} &= 180^0 + (z_1 - z_2) \text{ (türk.)} \\ &= z_1 - z_2 \text{ (türk.)}. \end{aligned}$$

Die Zahlen des Verfassers stimmen nicht genau; das Ergebnis der Rechnung ist 9^h 12^m türk. Zeit[1]).

3. *Beispiel:* $\lambda = 210^0$, $h = 30^0$ *(am Vormittag bestimmt). Man liest am Bogen* $56^1/_2{}^0$ *ab, addiert hierzu den halben Überschufs* 10^0 *und erhält* $66^1/_2{}^0 = 4^h\ 26^m$ *türk. Zeit (der Verfasser schreibt versehentlich* 4^h 24^m)[2]).

4. *Beispiel:* $\lambda = 210^0$; $h = 30^0$ *(am Nachmittag bestimmt). Auch hier stimmen die angegebenen Zahlen nicht; das Ergebnis der Rechnung des Verfassers ist* 8^h 36^m *türk. Zeit*[3]).

„Bei anderen Höhen wird analog verfahren, und Allah ist der Wissende".

4. Kapitel. Über die Bestimmung der Deklination und Kulminationshöhe der Sonne.

Man stellt die Marke auf die Länge ein, dann den Faden auf die Mittagslinie und liest die Zahl der Höhenparallelen

---

1) Ist z_1 die zu 6^h abends noch fehlende Zeit, z_2 der „halbe Überschuß", so ist:

die beobachtete Zeit: $270^0 - z_1$ (astr.)

die Zeit des Sonnenunterganges: $270^0 + z_2$ (astr.)

Ferner:

$$\begin{aligned}
270^0 + z_2 \text{ (astr.)} &= 0^0 \text{ (türk.)} = 360^0 \text{ (türk.)}\\
0^0 \text{ (astr.)} &= 360^0 - 270^0 - z_2 \text{ (türk.)}\\
&= 90^0 - z_2 \text{ (türk.)}\\
270 - z_1 \text{ (astr.)} &= 270^0 - z_1 + 90^0 - z_2 \text{ (türk.)}\\
&= 360^0 - (z_1 + z_2) \text{ (türk.)}\\
&= 180^0 - (z_1 + z_2) \text{ (türk.)}
\end{aligned}$$

oder für $z_1 = 28^0$, $z_2 = 10^0$ wird

$$180^0 - (z_1 + z_2) = 142^0 = 9^h\ 28^m$$

2) Ist z_1 die seit 6^h morgens vergangene Zeit, z_2 der halbe Überschuß, so ist die beobachtete Zeit $90^0 + z_1$ (astr.), die Zeit des Sonnenunterganges $270^0 - z_2$ (astr.); also

$$\begin{aligned}
270^0 - z_2 \text{ (astr.)} &= 360^0 \text{ (türk.)}\\
0^0 \text{ (astr.)} &= 90^0 + z_2 \text{ (türk.)}\\
90^0 + z_1 \text{ (astr.)} &= z_1 + z_2 \text{ (türk.)}
\end{aligned}$$

3) Ist z_1 die zu 6^h abends fehlende Zeit, z_2 der halbe Überschuß, so ist die beobachtete Zeit $270^0 - z_1$ (astr.), die Zeit des Sonnenunterganges $270^0 - z_2$ (astr.); also

$$\begin{aligned}
270^0 - z_2 \text{ (astr.)} &= 360^0 \text{ (türk.)}\\
0^0 \text{ (astr.)} &= 90^0 + z_2 \text{ (türk.)}\\
270^0 - z_1 \text{ (astr.)} &= z_2 - z_1 \text{ (türk.)} = 180^0 + z_2 - z_1 \text{ (türk.)}
\end{aligned}$$

für $z_1 = 56^1/_2{}^0$, $z_2 = 10^0$ ist $180^0 + z_2 - z_1 = 133^1/_2{}^0 = 8^h\ 54^m$ türk. Zeit.

zwischen der Marke und dem Kreis des Widders ab; dieser Betrag ist die Deklination. Der an der Stelle der Marke befindliche Höhenparallele gibt die Kulminationshöhe[1]). „Die Deklination kann südlich oder nördlich sein; die Kulminationshöhe ist in den Städten von (der geographischen Breite) der von Gott bis zu dem Tage der Auferstehung erleuchteten Stadt Medina bis zur Breite 90° immer südlich, eine nördliche ist unmöglich; in den Städten von ihr bis zum Äquator ist sie manchmal südlich, manchmal nördlich"[2].)

Die Deklination kann man auch mittels des eigenen (kleinen) Deklinationskreises bestimmen, indem man an dem grofsen (Höhen)-Bogen mit dem Faden auf die astronomische Länge λ einstellt und an dem Deklinationskreise δ abliest[3]). *Um dann H zu erhalten, bildet man $H = (90^\circ - \varphi) \pm \delta$, je nachdem δ nördlich oder südlich ist.* „Ist aber $H > 90^\circ$, so bildet man $180^\circ - H$, und dies ist die Kulminationshöhe."

5. Kapitel. Über die Bestimmung der geographischen Breite.

Man wiederholt am Vormittage die Bestimmung der Sonnenhöhe mehrmals, „bis die Höhe wieder abnimmt", *d. h. man bestimmt die gröfste Sonnenhöhe oder Kulminationshöhe an dem betreffenden Tage. Für $\delta = 0$ ist $\varphi = 90^\circ - H$. Beispiel: In Konstantinopel wird (zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche) gefunden $H = 49^\circ$, also ist $\varphi = 41^\circ$. Ist $\delta \gtrless 0$, so ist $\varphi = 90^\circ - H \pm \delta$. 1. Beispiel $\lambda = 21^\circ$; $\delta = 8^\circ$, $H = 57^\circ$, $\varphi = 90^\circ - 57^\circ + 8^\circ = 41^\circ$. 2. Beispiel: $\lambda = 201^\circ$, $\delta = -8^\circ$ (südlich), $H = 41^\circ$, $\varphi = 90^\circ - 41^\circ - 8^\circ = 41^\circ$.*

6. Kapitel. Über die Bestimmung der Zeit des Zuhr.

Da der Verfasser nach türkischer Zeit rechnet, so mufs er die Zeit des Zuhr (Mittags) aus dem „halben Überschufs" be-

1) Bekanntlich ist die Kulminationshöhe H aus geogr. Breite φ und Deklination δ durch $H = 90^\circ - \varphi + \delta$ bestimmt.

2) Die Kulminationshöhe kann nördlich werden für Orte mit einer geographischen Breite zwischen 0° und $23\frac{1}{2}^\circ$; Medina hat etwa die geographische Breite 25°.

3) Der „Deklinationskreis" ist entsprechend der Beziehung $\sin \delta = \sin \lambda \sin \varepsilon$ geteilt.

rechnen. Für $\delta = 0$ *ist die Zeit des Ẓuhr* $Z = 6^h$. *Ist der „halbe Überschufs“* z_1 *und* δ *positiv, so ist* $Z = 6^h - z_1$. *Beispiel:* $\lambda = 26^0$, $z_1 = 9^0 = 36^m$, $Z = 5^h\ 24^m$. *Ist* δ *negativ, so ist* $Z = 6^h + z_1$. *Beispiel:* $\lambda = 206^0$, $z_1 = 9^0$, $Z = 6^h\ 36^m$[1]).

7. Kapitel. Über die Bestimmung des ersten und zweiten ʿAṣr.[2])

„Man stelle die Marke des Sonnengrades auf diejenige (ʿAṣr-) Linie ein, welche man wünscht, und wenn sich (die Sonne) in einem nördlichen Tierkreiszeichen befindet, so gebe man den „halben Überschuß“ des betreffenden Tages zu der Endseite des Bogens und berechne, wieviel Stunden und wieviel Minuten von dem Ende des Bogens bis zum Faden sich erstrecken. Dann addiert man 6 Stunden dazu, und die Zeit des (ersten) ʿAṣr ist bekannt.“ *Beispiel:* $\lambda = 30^0$, $z_1 = 10^0$; *dann wird sogleich angegeben das Resultat:* $3^h\ 5^m + 6^h = 9^h\ 5^m$. *Für* $\lambda > 180^0$ *gibt man* z_1 *zu der Anfangsseite des Bogens, rechnet in Stunden um, und addiert 6 Stunden. Beispiel:* $\lambda = 210^0$, $z_1 = 10^0$; *Resultat:* $3^h\ 39^m + 6^h = 9^h\ 39^m$.

8. Kapitel. Über die Bestimmung des Eintritts der Zeit des Maġrib und des „Argumentes“ der Morgen- und Abenddämmerung.

Der Eintritt der Zeit des Maġrib besteht darin, daß der wahre Sonnengrad im Westen jeder Stadt untergeht; und das Untergehen der Sonne wird durch das Eintreten der Dunkelheit

1) 1. Fall: δ positiv.

Sonnenuntergang:	$18^h + z_1$	astr. Zeit	$= 24^h$ türk. Zeit.
Mitternacht:	0^h	astr. Zeit	$= 6^h - z_1$ türk. Zeit.
Mittag:	12^h	astr. Zeit	$= 18^h - z_1$ türk. Zeit.
			$= 6^h - z_1$ türk. Zeit.

2. Fall: δ negativ.

Sonnenuntergang:	$18^h - z_1$	astr. Zeit	$= 24^h$ türk. Zeit.
Mitternacht:	0^h	astr. Zeit	$= 6^h + z_1$ türk. Zeit.
Mittag:	12^h	astr. Zeit	$= 18^h + z_1$ türk. Zeit.
			$= 6^h + z_1$ türk. Zeit.

2) Über das ʿAṣr vgl. meine Ausführungen in Mitt. z. Gesch. d. Med. u. d. Naturwiss. 18, 183. 1919. Auf dem mir vorliegenden Quadranten fehlen die ʿAṣr-Linien auf der Vorderseite. Die durch Einstellen der Marke auf die ʿAṣr-Linie gefundene astronomische Zeit wird in gewohnter Weise auf türkische Zeit umgerechnet.

von der Ostseite her bekannt (deutlich), es sei denn, daß sich in der Luft Rauch oder Wolken befinden; zu dieser Zeit muß man einen Grad aufschieben (?). Als Abenddämmerung bezeichnet man am Westhorizont jene Röte, die nach dem Untergang der Sonne auftritt, als „Argument" der Abenddämmerung bezeichnet man den Zeitraum zwischen dem Untergang der Sonne und dem Unsichtbarwerden dieser Röte[1]). Dies zu erfahren gibt es folgende Methode. Zuerst legt man den Faden auf den Sonnengrad (?) und stellt die Marke auf den Sonnengrad ein; hierauf bewege man den Faden, bis die Marke auf die Linie der Abenddämmerung zu liegen kommt, denn achte man darauf, wieviel Grad der Faden an der Endseite des Höhenbogens abschneidet. Dieser Betrag ist das „Argument" der Abenddämmerung dieses Tages"[1]). *Beispiel:* $\lambda = 30^0$; *Resultat:* $25^0 = 1^h\ 40^m$.

Entsprechend wird für das Argument der Morgendämmerung verfahren. Beispiel: $\lambda = 30^0$; *Resultat:* 28^0. „Allah ist der Wissende."

9. Kapitel. Über die Bestimmung der Zeit des Imsâk (Fastens).

„Man stellt die Marke auf den Sonnengrad und auf die Linie des Fastens. Ist die Marke auf dem größeren Teil der Linie des Fastens gelegen, so addiert man 6 Stunden zu so viel Graden, als der Faden von dem Ende des Höhenbogens her abschneidet." Beispiel: $\lambda = 30^0$; Resultat: $41^1/_2{}^0 + 6^h = 8^h\ 46^m$. „Liegt die Marke auf der kleineren Seite der Linie des Fastens, dann addiert man zu so viel Graden, als der Faden vom Anfang des Höhenbogens her abschneidet, zwölf Stunden." *Beispiel:* $\lambda = 330^0$; *Resultat:* $10^0 + 12^h = 12^h\ 40^m$.

10. Kapitel. Über die Bestimmung des ʿÎd (Feiertagsgebetes).

„Man stellt" *usw.* . . . . .; befindet sich die Marke auf dem kleineren Teil der ʿId-Linie, so zieht man so viel Grade, als der

1) Da diese sowie die Linien der Kapitel 9—12 auf dem mir vorliegenden Quadranten fehlen, sei eine kritische Würdigung der angegebenen Methoden unterlassen und nur die Übersetzung mitgeteilt. Später hoffe ich an der Hand des a. a. O. genannten Werkes von Aḥmed Muchtar Pascha genauere Angaben liefern zu können.

Faden vom Ende des Höhenbogens her abschneidet, von 12^h ab, und die Zeit des ʿĪd ist bekannt". *Beispiel: $\lambda = 30^0$; Resultat: $13^1/_2{}^0$, von 12^h subtrahiert, ergibt $1^h\ 6^m$ (richtig: $11^h\ 6^m$).* „Ist die Marke auf dem größeren Teil der Linie, so addiert man so viel Grade, ... zu 12^h." *Beispiel: $\lambda = 330^0$; Resultat: $27^0 + 12^h = 13^h\ 48^m$.* „Befindet sich die Marke an der Stelle der Verbindung der Linie des Feiertags mit dem Mittag, so ist die Zeit des Feiertagsgebetes 12^h, und Allah ist der Wissende."

11. Kapitel. Über die Bestimmung der Qibla.

„Man stellt . . ." *u. s. f.* . . .; so viel Grade der Faden vom Anfang des Höhenbogens her abschneidet, so viel Höhenparallele zählt man mit der Marke des Sonnengrades ab; wenn sich die Sonne in einem nördlichen Tierkreiszeichen befindet, gibt man den halben Überschuß zu der Anfangsseite des Höhenbogens; und so viel Stunden und Minuten das Stück vom Anfang des Höhenbogens bis zum Faden beträgt, so viel fügt man zur Richtung (Azimut) der Sonne, und die Qibla ist bestimmt." *Beispiel: $\lambda = 30^0$; Resultat: für das Stück vom Anfang des Höhenbogens bis zum Faden 53^0; Schlußresultat (ohne Zwischenrechnungen): $3^h\ 40^m$.*

„Ist die Sonne in einem südlichen Sternbild, so gibt man den halben Überschuß zu der Endseite des Höhenbogens, und so viel Stunden und Minuten der Faden vom Anfang des Höhenbogens her abschneidet, so viel ist die Zeit der Qibla." *Beispiel: $\lambda = 210^0$; Bogen: 28^0. Qibla $4^h\ 6^m$.*

12. Kapitel. Über die Bestimmung der Zeit des Ḏaʼḥwe (Vormitagsgebetes).

„Um die Zeit des Ḏaʼḥwe zu erfahren, stellt man die Marke auf den Sonnengrad ein und dann auf die Ḏaʼḥwe-Linie und sieht zu, wieviel Grade des Höhenbogens der Faden abschneidet. Ist die Sonne in einem nördlichen Tierkreiszeichen, so addiert man hierzu den halben Überschuß, und so viel Grade und Minuten vom Anfang des Höhenbogens her sind, so viel subtrahiert man von 6^h; der Rest gibt die Zeit des Ḏaʼḥwe." *Beispiel: $\lambda = 30^0$; Resultat: $4^h\ 24^m$ vom Ende des Höhenbogens (vereinfacht gegenüber obiger Regel).* „Ist die Sonne aber in einem südlichen Tierkreiszeichen, so gibt man den halben Überschuß zu dem Anfang des Höhenbogens, und so viel Grad das durch den Faden vom Ende des Höhenbogens her abgeschnittene Stück beträgt, so viel ist die Zeit des Da'hwe.“ *Beispiel:* $\lambda = 210^0$; *Resultat:* $5^h\ 50^m$.

13. Kapitel. Über die Bestimmung der zeitlichen Stunden.

Die Methode ist genau diejenige, die ich in meiner zweiten obenerwähnten Arbeit beschrieben habe. Aus der Länge bestimmt man die Kulminationshöhe H, mit dem Quadranten die augenblickliche Höhe h. Dann stellt man den Faden auf H-Grad am Höhenbogen und die Marke auf den der 6. Stunde entsprechenden kleinen Halbkreis. Hierauf verschiebt man den Faden bis zur Einstellung h Grad am Höhenbogen und sieht zu, auf welchem der kleinen Stundenkreise die Marke steht. „Ist die Höhe am Vormittag bestimmt, so ist dieser Betrag die zeitliche Stunde. Ist sie aber am Nachmittag bestimmt, so rechnet man vom Ende her gegen die Marke und addiert 6 Stunden, und die zeitliche Stunde ist bekannt.“

Beispiel: $\lambda = 30^0$, $H = 60^0$, $h = 37^0$ *am Vormittag*, $t = 3^h$; $h = 37^0$ *am Nachmittag;* $t = 9^h$.

„Um aber die Grade der zeitlichen Stunden zu erfahren, gibt es [auch] folgende Methode. Man stellt die Marke auf den Sonnengrad ein und den Faden auf die Linie der zeitlichen Stunden[1]); und wie viel Grade der Faden am Ende des Höhenbogens her abschneidet, so viel sind die Grade der zeitlichen Stunden.“

Beispiel: $\lambda = 150^0$; *Resultat:* 17^0.

„Will man aber die Grade der zeitlichen Nachtstunden erfahren, so stellt man die Marke auf den gegenüberliegenden Sonnengrad ein“ *u. s. f., wie oben. Beispiel:* $\lambda = 150^0$; *man stellt auf* $\lambda = 330^0$ *ein; Resultat:* 13^0.

„Damit sei Schluß.“

Anhang: Bearbeitung Gedosis über den Sinus.

„Im Namen Allahs . . .“ (wie oben).

„Diese Abhandlung wurde bekanntlich übersetzt, um aus der Höhenbestimmung mit dem Sinus auf dem Quadranten all-

1) Diese Linie fehlt gleichfalls in dem vorliegenden Quadranten.

gemeinen Nutzen zu ziehen, und besteht aus einer Einleitung und 12 Kapiteln.

Die Einleitung handelt über die Abbildungen des Sinusquadranten und die auf diese Abbildungen bezüglichen Dinge."

Nun folgt die Definition von Mittelpunkt, Faden, Marke, Lot und Höhenbogen wie oben, mit dem einzigen Unterschied: „Der Höhenbogen ist vom Anfang bis zum Ende und vom Ende bis zum Anfang in 90 gleiche Teile geteilt". *Dann:*

„Der Kosinus. Der Kosinus ist eine gerade Linie auf der rechten Seite des Quadranten, die vom Mittelpunkt ausgeht und beim Anfang[1]) des Höhenbogens ihr Ende findet.

Die Sinus versi. Die sinus versi sind 60 gerade Linien, die alle vom Kosinus ausgehen und am Höhenbogen endigen.

Der Sechzigste. Der Sechzigste ist eine gerade Linie auf der linken Seite des Quadranten, die vom Mittelpunkt ausgeht und am Ende[2]) des Höhenbogens ihr Ende findet.

Die Sinus recti. Die sinus recti sind 60 gerade Linien, die alle vom Sechzigsten ausgehen und am Höhenbogen endigen.

Der Anfang aller dieser genannten Linien wird vom Mittelpunkt aus gerechnet.

Der erste Sinus. Der erste Sinus ist ein Bogen, der vom Mittelpunkt ausgeht, gegen die rechte Seite des Quadranten hin sich neigt und am Ende[2]) des Höhenbogens anlangt.

Der zweite Sinus. Der zweite Sinus ist ein Bogen, der vom Mittelpunkt ausgeht, gegen die linke Seite des Quadranten hin sich neigt und am Anfang des Höhenbogens anlangt.

Der Deklinationsbogen. Der Deklinationsbogen ist ein Bogen, der vom 24. der sinus recti am Sechzigsten ausgeht und beim 24. der sinus versi am Kosinus sein Ende findet.

Die ʿAṣr-Linien. Die ʿAṣr-Linie ist eine Linie, die vom Anfang des Höhenbogens ausgeht und am $42^1/_2$ten sinus rectus

1) Jetzt ist nur von einer einzigen Teilung des Höhenbogens, d. h. von rechts nach links laufend, die Rede. Bei dem vorliegenden Quadranten läuft sie von links nach rechts.

2) Bei dem vorliegenden Quadranten am Anfang.

am Sechzigsten ihr Ende findet. Auf manchen Quadranten[1]) sind zwei 'Aṣr-Linien gezeichnet; die zweite geht vom Anfang des Höhenbogens aus und findet bei dem 27ten sinus rectus am Sechzigsten ihr Ende. Man nennt sie zweites 'Aṣr.

Die Absehen. Die Absehen sind an dem Quadranten hervorstehend angebracht: man nennt die näher an dem Mittelpunkte befindliche die hohe Absehe, die andere die niedere Absehe".

1. Kapitel. Über die Bestimmung des Sonnengrades.

Zunächst wird gesagt, daſs man „den Höhenbogen als Stellvertreter der Ekliptik nehmen" *müsse, indem man zweimal von 0° bis 90° hin und zurück zähle. Dann wird, zunächst ohne das erste zu benutzen, wörtlich die Methode von Kap. 1 des ersten Teiles wiederholt; nur die Beispiele sind andere. 1. Beispiel: 5. Mai; 5 + 22 = 27, also 27° des Stieres. 2. Beispiel: 15. März; 15 + 22 = 37, also 7° der Zwillinge.*

Am Rande findet sich hier die in Kap. 1 des ersten Teiles mitgeteilte Tabelle, unter ihr folgende Tabelle (hier von links nach rechts):

5	1	3	6	1	8
März	April	Mai	Juni	Juli	August
7	2	5	7	3	6

1) In Abb. 2 geben wir die Rückseite des vorliegenden Quadranten nochmals wieder. Wie man sieht, sind alle bisher genannten Linien, Kosinus und Sechzigster, sinus versi und recti, ferner der erste und zweite Sinus, welches Halbkreise sind, der Deklinationsbogen, ein Viertelskreis, endlich die beiden 'Aṣr-Linien eingezeichnet.

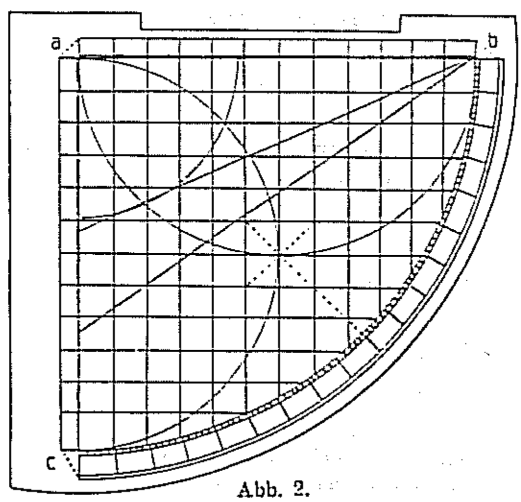


Abb. 2.

September Oktober November Dezember Januar Februar
dann unter der Tabelle folgende Zahlenreihe:

„1 2 3 5 6 7 1 3 4 5 6 1 2 3 4 6 1 1 3 4 5 6 2 3 4 5 7“ *über ihr:* „1301“ *(Jahreszahl?): hinter ihr der Zusatz:* „Es ist eine dauernde Umdrehung“. *Unter dieser Tabelle steht eine weitere Tabelle:*

1	2	3	4	5	6	7
Sonntag	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnertag	Freitag	Samstag
8	9	10	11	12	13	14

Seitlich der drei Tabellen steht: „Tabelle für den ersten Tag des Mondmonats (römisch)“.

Ferner findet sich am Rande eine Tabelle, in der die (arabische) Mondmonate zu je dreien geordnet sind, über ihnen stehen, vom Moharrem beginnend, die Zahlen: „7 2 3 5 6 1 2 3 5 7 1 3“, *darüber steht noch die Zahlenreihe:* „1 5 3 7 4 2 6 4“ *und die Zahl* „1308“ *(Jahreszahl). Unter dieser Tabelle ist die obige Tabelle der Wochentage wiederholt.*

Endlich findet sich noch folgende Tabelle:

„Tût	beginnt am	29.	August	31
Bâbah	„ „	28.	September	30
Hâtûr	„ „	28.	Oktober	31
Kijahk	„ „	27.	November	30
Tûbah	„ „	27.	Dezember	31
Abšîr	„ „	26.	Januar	31
Barmahât	„ „	27.	Februar	28
Barmûdah	„ „	27.	März	31
Bašanš	„ „	26.	April	30
Bawûnah	„ „	26.	Mai	31
Abîb	„ „	25.	Juni	30
Misrî	„ „	25.	Juli	31“[1]).

1) Die Monatsnamen, die offenbar diejenigen eines Sonnenjahres sind, sind die koptischen, worauf mich Herr E. Wiedemann aufmerksam machte. Ihm verdanke ich die beiden folgenden auf die koptischen Monate bezüglichen Angaben:

1. Nallino, Al Battânî sive Albategnii Opus Astronomicum. Pars 1. Mailand 1903, S. 67:

32. cap. De Arabum, Romanorum, Coptorum et Persarum aeris atque de alia in aliam convertendo.

Nomina mensium Coptorum sunt:

2. Kapitel. Die Bestimmung des Sinus aus dem Bogen und des Bogens aus dem Sinus.

„Man zähle den gegebenen Betrag (den Bogen) vom Anfang[1]) des Höhenbogens her, gehe auf den sinus recti von diesem Bogen zum Sechzigsten hin, und zähle vom Mittelpunkt, bis man an diesen Platz hinkommt. Damit ist bekannt, welche Zahl der sinus rectus des gegebenen Bogens ist.“ *Beispiel:* $a = 45^0$, $\sin a = 42$ (*d. h. in unserer Schreibweise* $\sin a = \frac{42}{60}$). *Umkehrung. Beispiel:* $\sin a = 43$, $a = 46^0$. „Es sei bekannt, daß die Sinuse nicht größer als 60 sein können, und daß zu dem Sinus 60 der Bogen 90 gehört.

3. Kapitel. Über die Bestimmung der Deklination.

„Man stellt den Faden auf den Sonnengrad ein und die Marke auf den Deklinationskreis; dann geht man mit demjenigen sinus rectus, der unterhalb der Marke abgeschnitten ist, zu dem Höhenbogen herab, und, wie viel Grade vom Anfang des Höhenbogens her zum Vorschein kommen, so groß ist die Deklination an dem betreffenden Tage.“ *Beispiel:* $\lambda = 60^0$; *durch*

---

tūt (θώθ)	barmahāt (φαμενώθ)
bābah (φαωφί)	barmudhah (φαρμουθί)
atur (ἀθύρ)	bashans (παχών)
kiyahk (χοϊάκ)	bawūneh (παϋνί)
ṭūbah (τυβί)	abīb (ἐπιφί)
amshīr (μεχίρ)	misrī (μεσορή)

Singuli autem menses 30 dies habent; et post menses quinque dies adduntur, additicii [ἐπαγόμενα] appellati. Annus Coptorum 365¼ dies habet, sed quarto quoque 366. 2. E. W. Lane, Sitten und Gebräuche der heutigen Ägypter, Bd. 2, S. 28 gibt folgende koptische Monatsnamen samt den Tagen unseres Kalenders, mit denen ihr Beginn zusammenfallen soll, und dem Bemerken, daß es bei den Kopten 5—6 Schalttage gäbe.

Tût	10.—11. Sept.	Barmahât	9. März
Bábeh	10.—11. Okt.	Barmûdeh	8. April
Hátur	9.—10. Nov.	Beschens	8. Mai
Kyahk	9.—11. Dez.	Ba-ûneh	7. Juni
Túbeh	8.—9. Jan.	Ebib	7. Juli
Amshir	7.—8. Febr.	Misra	6. August.

Wie man sieht, sind die Angaben bei Gedosi für den Bogen der koptischen Monate nach julianischem Kalender.

1) auf dem vorliegenden Quadranten: vom Ende.

10*

Einstellen der Marke auf den Deklinationskreis $\sin\delta = 21$; *hieraus* $\delta = 20^1/_2{}^\circ$[1]).

4. Kapitel. Über die Bestimmung der geographischen Breite und der Kulminationshöhe.

Die Kulminationshöhe wird wie im 4. Kapitel des 1. Teiles bestimmt; diesmal heifst es aber nur: „Und diese Kulminationshöhe ist von der heiligen Stadt Medina bis zur Breite 90° immer südlich, und es ist keine Möglichkeit, daß sie nördlich sei". *Beispiel für* $\delta = 0$ *das gleiche wie oben. 2. Beispiel:* $\lambda = 58^\circ$; $\delta = 20^\circ$, $H = 69^\circ$, $\varphi = 90^\circ - 69^\circ + 20^\circ = 41^\circ$. *3. Beispiel:* $\lambda = 228^\circ$; $\delta = -20^\circ$ *(südlich!)*; $H = 29^\circ$; $\varphi = 90^\circ - 29^\circ - 20^\circ = 41^\circ$.

5. Kapitel. Über die Bestimmung des „Abstandes des Durchmessers" und der „absoluten Basis".

„Man stellt den Faden vom Anfang des Höhenbogens her auf die Breite ein und die erste Marke auf den „ersten Sinus", die zweite Marke auf den „zweiten Sinus"[2]). Dann stellt man den Faden auf die zu dem betreffenden Tag gehörende Deklination ein, und mittels der ersten Marke[3]) wird von den sinus

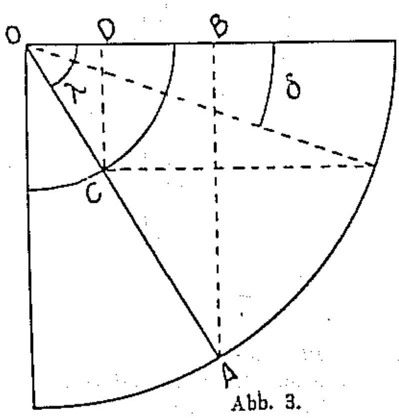


Abb. 3.

1) Die angewandte Methode beruht auf der Verwendung der bekannten Beziehung $\sin\delta = \sin\lambda \sin\varepsilon$, wobei ε die Ekliptikschiefe ist. Der Kreis mit dem Radius $24 = \sin\varepsilon$ ist der Deklinationskreis. In Abb. 3 ist: $\sphericalangle AOB = \lambda$, also $AB = \sin\lambda$. In den ähnlichen Dreiecken OAB und OCD ist:

$$CD = AB.\frac{OC}{OA} = \sin\lambda \sin\varepsilon = \sin\delta.$$

Hieraus gewinnt man dann nach Kapitel 2 den Winkel δ selbst.

2) Gemeint ist wohl, da bisher nur von einer Marke die Rede war: „zuerst auf den ersten Sinus, dann auf den zweiten Sinus".

3) D. i. der ersten Einstellung der Marke.

recti her der „Abstand des Durchmessers", mittels der zweiten Marke von den sinus versi her die „absolute Basis" bekannt"[1]).

Beispiel: $\varphi = 41^0$; $\delta = 20^0$; *„Abstand des Durchmessers" $13^1/_4$, „absolute Basis" $42^1/_2$.*

6. Kapitel. Über die Bestimmung des „halben Überschusses" und des „halben Bogens".

„Man stellt den Faden auf den „Sechzigsten" ein und die Marke an den sinus recti auf die „absolute Basis" des betreffenden Tages; hierauf bewege man den Faden, bis sich die Marke über dem „Abstand des Durchmessers" des betreffenden

1) Der „Abstand des Durchmessers" ist die Größe $\sin\delta \sin\varphi$, die „absolute Basis" die Größe $\cos\delta \cos\varphi$.

Es sei in Abb. 4. $\sphericalangle$ AOB $= \varphi$. OB wird vom „1. Sinus in C geschnitten; auf diesen Punkt C wird die Marke eingestellt. Dann ist, da OCD ein Halbkreis, der (nicht gezeichnete) $\sphericalangle$ OCD $= 90^0$; folglich OC $= \sin\varphi$. Stellt man nunmehr den Faden auf die Deklination $\delta = \sphericalangle$ DOE ein, so beschreibt die Marke den Bogen CF, und es ist OF $= \sin\varphi$. Dann ist

$$HF = DE \cdot \frac{OF}{OE}$$

oder HF $= \sin\delta \sin\varphi$; dieser Wert HF wird als sinus rectus abgelesen.

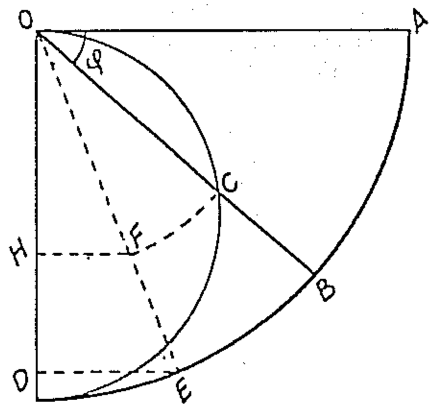


Abb. 4.

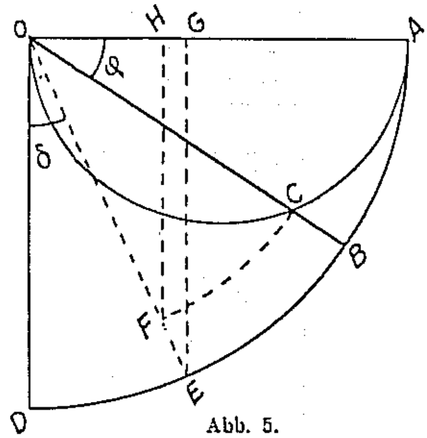


Abb. 5.

Entsprechend ist in Abb. 5 $\sphericalangle$ AOB $= \varphi$. OB wird vom 2. Sinus in C geschnitten; OC $= \cos\varphi$. Stellt man nun den Faden auf OE, sodaß $\sphericalangle$ DOE $= \delta$, so wandert die Marke von C nach F, und es ist

$$HF = EG \cdot \frac{OF}{OE} = \cos\delta \cos\varphi;$$

dieser Wert HF wird als sinus versus abgelesen.

Tages befindet; dann beobachte man; und, wieviel Grad der Faden vom Anfang des Bogens her abschneidet, so groß ist der „halbe Überschuß" des betreffenden Tages." [1]) *Beispiel: Abst. d. Durchm. $13^1/_4$, abs. Basis $42^1/_2$, $f = 18^1/_2$, halber Tagbogen $108^1/_2{}^0$, halber Nachtbogen $70^1/_2{}^0$.*

7. Kapitel. Über die Höhenbestimmung.

Zuerst wird die Höhenmessung genau wie im 1. Teil beschrieben, dann findet sich folgende Methode zur Zeitbestimmung: „Hierauf bestimme man den sinus rectus der (vorher gemessenen) Höhe. Dann stelle man die Marke in den sinus recti auf den Wert der „absoluten Basis" ein. Ist die bestimmte Höhe am Vormittag gemessen und (die Sonne) in einem nördlichen Tierkreiszeichen, so subtrahiere man den „Abstand des Durchmessers" des betreffenden Tages von dem sinus rectus (der Höhe) und stelle den Faden auf diese Differenz ein. Dann bestimme man, wenn die gemessene Höhe am Vormittag ermittelt war, den „halben Überschuß" und nehme ihn dazu nach der Anfangsseite des Höhenbogens hin. Dann bestimme man das Stück, das sich vom Anfang des Höhenbogens bis zum Faden hin erstreckt." [2]) Dann Verwandlung des Bogens in Zeitmaß.

1) Es wird die bekannte Beziehung $\cos t = -\operatorname{tg} \delta \operatorname{tg} \varphi$ benutzt. In Abb. 6 ist

$$OC = \text{abs. Bes.} = \cos \delta \cos \varphi$$
$$OD = OC$$
$$DE = \text{Abst. d. Durchm.} = \sin \delta \sin \varphi$$
$$\frac{DE}{OD} = \sin FB \text{ oder } \sin FB = \frac{\sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}.$$

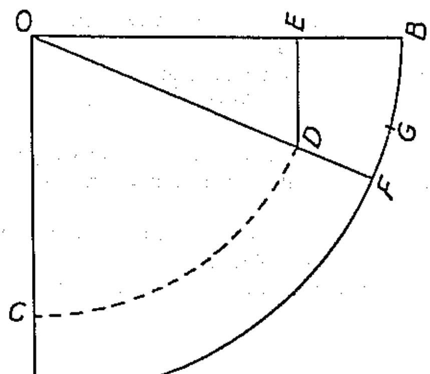


Abb. 6,

2) Es wird die Beziehung $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$ benutzt: Man bildet (vgl. Abb. 6) zuerst die „abs. Basis" und stellt die Marke des auf OA gelegten Fadens auf diesen Wert ein. $OC = \cos \delta \cos \varphi$. Dann bildet man $\sin h - \sin \delta \sin \varphi$ (= sin h — „Abst. d. Durchm.). In Abb. 6 sei $DE = \sin h - \sin \delta \sin \varphi$. Dann ist, da $OD = OC$,

$$\frac{DE}{OD} = \frac{\sin h - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi} = \sin FB = \cos AF = \cos t,$$

Beispiel: $\lambda = 60^0$, $h = 42^0$ *(vormittags), sin* $h = 40$, „*abs. Basis*" $42^1/_2$, „*Abst. d. Durchm.* $13^3/_4$ *(früher* $13^1/_4$!), „*halber Überschufs*" 19. *Resultat:* $1^h\ 8^m$.

In gleicher Weise wird dann der Fall der nachmittags bestimmten Höhe (2. Beispiel) und die beiden Fälle südlicher Deklination (3. und 4. Beispiel) behandelt. Bei letzteren werden natürlich sin h und „*Abst. d. Durchm.*" *addiert.*

2. Beispiel: $\lambda = 60$, $h = 42^0$ *(nachm.). Resultat:* $6^h + 2^h\ 4^m = 8^h\ 4^m$[1]).

3. Beispiel: $\lambda = 240^0$, $h = 25^0$ *(vormitt.),* „*Abs. Bas.*" $42^1/_2$, „*Abst. d. Durchm.*" $13^3/_4$, „*halber Übersch.*" 19. *Resultat:* $5^h\ 32^m$[2]).

4. Beispiel: $\lambda = 240^0$, $h = 25^0$ *(nachm.); Resultat:* $8^h\ 44^m$[3]). *Besonders wird dann noch der Fall behandelt, in dem* $\sin h < \sin \delta \sin \varphi$ *und zwar für vormittägige und nachmittägige Höhe. 1. Beispiel:* $\lambda = 60^0$, $h = 10^0$ *(vormitt.), sin* $h = 10$. *Man bildet* $\sin \delta \sin \varphi - \sin h = 3^1/_2$ *u. s. f. Resultat* $10^h\ 18^m$. *2. Beispiel:* $\lambda = 60^0$, $h = 10^0$ *(nachm.). Resultat* $10^h\ 54^m$.

Endlich wird noch der Fall erwähnt, dafs $\sin h > \cos \delta \cos \varphi$ *ist, jedoch kein Zahlenbeispiel gegeben.*

8. Kapitel. Über die Bestimmung der Zeit der Zuhr.

Entspricht dem Inhalt vom Kap. 6 des 1. Teiles. 1. Beispiel: $\lambda = 60^0$, $f = 19^1/_2{}^0$. *Resultat:* $4^h\ 42^m$[4]). *2. Beispiel:* $\lambda = 240^0$, $f = 19^1/_2{}^0$; *Resultat:* $6^h + 1^h\ 18^m = 7^h\ 18^m$[5]).

---

d. h. t = AOF gibt die Zeit an, die zur Kulmination der Sonne noch fehlt. Diese Zeit wird nun in türkische Zeit verwandelt. Ist der „halbe Überschuß" f, so gilt

$$90^0 + f^0 \text{ astr. Zeit} = 0^0 \text{ türk. Zeit} = 180^0 \text{ türk. Zeit}$$
$$0^0 \text{ astr. Zeit} = 90^0 - f \text{ türk. Zeit}$$
$$- t^0 \text{ astr. Zeit} = 90^0 - f - t \text{ türk. Zeit.}$$

Nimmt man also zu $\widehat{AF} = t$ noch den Bogen $\widehat{FG} = f$ dazu, so ist $GB = 90^0 - f - t$.

1) Die Minutenangaben dieses und der folgenden Beispiele sind nicht genau. Da 0^0 astr. Zeit $= 90^0 - f$ türk. Zeit, so ist t^0 astr. Zeit $= 90^0 - f + t$ türk. Zeit.

2) Da $90^0 - f$ astr. Zeit $= 0^0$ türk. Zeit, so ist 0^0 astr. Zeit $= f + 90^0$ türk. Zeit und $- t^0$ astr. Zeit $= 90 + f - t$ türk. Zeit.

3) Da 0^0 astr. Zeit $= 90^0 + f$ türk. Zeit, so ist t^0 astr. Zeit $= 90^0 + f + t$ türk. Zeit.

4) 0^0 astr. $= 90^0 - f$ türk.

5) 0^0 astr. $= 90^0 + f$ türk.

9. Kapitel. Über die Bestimmung des ersten und zweiten ʿAṣr.

Zunächst wird die ʿAṣr-Höhe in der Weise bestimmt, wie ich es in meiner zweiten oben erwähnten Arbeit nach Aḥmed Muchtar Pascha beschrieben habe. Aus der ʿAṣr-Höhe wird dann die Zeit des ʿAṣr genau in derselben Weise mit Hilfe der „absoluten Basis" und des „Abstandes des Durchmessers" bestimmt, wie in Kap. 7 für eine beliebige Höhe. 1. Beispiel: $\lambda = 60^0$, $H = 69^1/_2{}^0$; *sin* $h_a = 35^1/_4$, $h_a = 36^1/_2$[1]); *Resultat:* $8^h\ 42^m$. *2. Beispiel:* $\lambda = 240^0$, $H = 28^3/_4$, *sin* $h_a = 29$[2]); *Resultat:* $3^h\ 46^m + 6^h = 9^h\ 46^m$. *Ebenso für das zweite Aṣr.*

10. Kapitel. Über die Bestimmung des Argumentes der Abenddämmerung.

In analoger Weise wird die Zeit bestimmt, die der Sonnenhöhe 17^0[3]) *unter dem Horizont entspricht; es finden sich manche Fehler in den Zahlenbeispielen.*

1. *Beispiel:* $\lambda = 60^0$, $h_a \equiv 17^0$, *sin* $h_a = 17^1/_2$. *Abstand des Durchmessers* $13^3/_4$, $f = 9$ (!). *Resultat:* $1^h\ 52^m$. *2. Beispiel:* $\lambda = 240^0$, *Abst. d. Durchm.* $13^3/_4$; *Resultat* $1^h\ 36^m$.

11. Kapitel. Über die Bestimmung des Argumentes der Morgendämmerung.

Analog für die Höhe 19° unter dem Horizont. 1. Beispiel: $\lambda = 60^0$, $h_m = 19^0$, *sin* $h_m = 19^1/_2$; *Resultat:* $7^h\ 20^m$. *Dann heifst es:* „Das Argument der Morgendämmerung ist der zwischen dem Aufgang der Morgendämmerung und dem Aufgang der Sonne gelegene Zeitraum, innerhalb dessen das Gebet der Morgendämmerung verrichtet werden muß". *Resultat:* $2^h\ 8^m$[4]).

1) Stimmt nicht genau.

2) Falsch.

3) Sédillot gibt für die Abenddämmerung 17° oder 18°; für die Morgendämmerung 19° oder 18°.

4) Für die Sonnenhöhe — 19° war $7^h\ 20^m$ türk. Zeit gefunden worden. Bestimmung der Zeit des Sonnenaufganges: Sonnenuntergang: 19° nach 6^h p $=$ $7^h\ 16^m$ astr. Zeit $= 12^h$ türk. Zeit; 0^h astr. Zeit $= 4^h\ 44^m$ türk. Zeit; Sonnenaufgang: 19° vor $6^h{}_a = 4^h\ 44^m$ astr. Zeit $= 4^h\ 44^m + 4^h\ 44^m = 9^h\ 28^m$ türk. Zeit. Also Argument der Morgendämmerung $9^h\ 28^m - 7^h\ 20^m = 2^h\ 8^m$. Um das „Argument" der Abenddämmerung zu finden, ist natürlich diese Differenzbildung unnötig, da die (türk.) „Zeit" der

2. Beispiel: $\lambda = 240^0$; Resultat: $12^h\ 44^m$ für die Zeit der Morgendämmerung, $1^h\ 46^m$ für ihr Argument.

12. Kapitel. Über die Bestimmung der Zeit des Fastens.

Aus dem Text läfst sich rückschliefsen, dafs die „Zeit des Fastens“ 16^m vor der Zeit der Morgendämmerung beginnt. Die Gröfse $16^m = 4^0$ wird als „Festsetzung“ *bezeichnet.* (temkin).

1. Beispiel: $\lambda = 60^0$, $f = 19^0$. Resultat: $7^h\ 4^m$.

2. Beispiel: $\lambda = 210^0$, a. B. $= 44^0$ („ein wenig mehr als 44^0“) *A. d. D. $= 8^0$, $f = 10^1/_2{}^0$; Resultat: $11^h\ 26^m$.*

3. Beispiel: $\lambda = 240^0$, $f = 19^0$; Resultat: $12^h\ 30^m$. Der 3. Fall (Fall der „sehr langen“ *Nacht, wenn die Sonne in einem südlichen Tierkreiszeichen steht) wird eigens behandelt, da sich hier mehr als 12 Stunden ergeben* [1]).

Abenddämmerung gleich dem „Argument“ ist. Aber auch, um das „Argument der Morgendämmerung“ in türkicher Zeit zu finden, wäre es gar nicht nötig, die „Zeit“ derselben zu bestimmen. Denn die (astr.) Zeit der Morgendämmerung ergibt sich für $h_0 = -19^0$ aus der Gleichung

$$\frac{-\sin h_0 - \sin\delta \sin\varphi}{\cos\delta \cos\varphi} = \cos t.$$

Da cos t negativ ist, so ist $t > 90^0$; d. h. die Zeit der M.-D. liegt vor $6^h{}_a$, z. B. t'^0 vor $6^h{}_a$; Dann ist

$$\sin t' = \cos (90^0 - t') = -\cos t.$$

Durch die obiger Gleichung (mit pos. Vorzeichen) entsprechende Konstruktion erhält man also t', d. h. die Zeitdifferenz zwischen „Zeit der M.-D.“ und 6^h. Da nun der Sonnenaufgang $90^0 + f^0$ vor Mittag, d. h. f^0 vor $6^h{}_a$ stattfindet, so ist die Zeitdifferenz zwischen Beginn der Morgendämmerung und Sonnenaufgang gleich $t' - f$. Beispiel: $h_0 = -19$, A. d. D. $13^3/_4$, a. B. $42^1/_2$; $t' = 51^0$, $t' - f = 51^0 - 19^0 = 32^0 = 2^h\ 8^m$.

1) Hat man im 1. Beispiel nach obiger Gleichung d. h. unter Benutzung von $\sin 19^0 = 19^1/_2$ den Winkel t gefunden, so ist $t - 4^0$ die (astr.) Zeit des Fastens. Da 0^0 astr. Zeit $= 90^0 - f$ türk. Zeit, so ist $t - 4^0$ astr. Zeit $= 90 + t - f - 4$ türk. Zeit. Man bildet also $t - f - 4$, verwandelt in Zeitmaß und addiert 6^h ($t = 39^0$, $f = 19^0$, $t - f - 4 = 16^0 = 1^h\ 4^m$).

Im 2. Beispiel ist $t - 4$ astr. Zeit $= 90^0 + f + t - 4$ türk. Zeit; also ist $f + t - 4$ zu bilden u. s. f. ($t - 75^0$, $f = 10^1/_2{}^0$) im 3. Beispiel ebenso; doch bildet hier der Verfasser zunächst $t - 4$, liest $90^0 - (t - 4) = t'$ ab, subtrahiert t' von f ($f - t' = t''$) und addiert t'' zu 12^h. In der Tat ist:

$$12^h + t'' = 180^0 + f - t' = 180^0 + f + 90^0 + (t - 4)$$
$$= 90 + f + t - 4.$$

Das Kapitel schliefst: „Unachtsamkeit sei nicht vorhanden und Aufmerksamkeit ist sehr nötig".

Dann schliefst das Werk mit einem langen arabischen Lobspruch und der Nennung des vollständigen Namens des Verfassers, der in arabischen Buchstaben geschriebenen Jahreszahl 1268; dann folgt: „Es schrieb es der arme Hassan Schükri 1311". *Die beiden folgenden Seiten enthalten Tabellen, in denen für Mekka, für Medina und für die geographischen Breiten 35° bis 45° von Grad zu Grad die Zeiten des Fastenbeginnes für jeden zweiten Tag angegeben sind; auf ihre Wiedergabe sei verzichtet.*

ASTROLABES IN THE STATE LIBRARY RAMPUR.

BY PT. PADMĀKARA DUBE.

THERE are two brass astrolabes, deposited in H.H. The Nawab's State Library. Both of them are of the type of astrolabium planisphœrum or the flat astrolabe called in Arabic Dhátu'l-Ṣafá'iḥ (consisting of tablets). For convenience they have been termed A and B. Astrolabe A was constructed by Sarráj at Dimishq (Damascus), in 615 A.H. or A.D. 1204. Of all the astrolabes that have been worked out as yet, this is most probably the oldest one.

Astrolabe B was constructed by Ḍiyáu'l-Dín, son of Muḥammad in A.H. 1074 or A.D. 1663. The latter contains a good deal of astronomical information.

A. THIRTEENTH CENTURY ASTROLABE INSCRIBED IN ARABIC (KÚFIC) CHARACTERS.

This is an astronomical brass instrument termed the astrolabe, 5·4 inches in diameter and 6 millimetres thick. The body of the instrument, called 'Umm or mater, has a circular raised edge or rim known in Arabic as Kuff into which fit the 'Ankabūt (aranea or rete) and tablets (Ṣafāiḥ). This circular raised edge is graduated in degrees, which are numbered in groups of 10 up to 100 and similarly further, starting from the top or south point of the instrument and proceeding through the west point on the right, the north and east in order, in Abjad naskhi notation. But in the third turn of numbering degrees in groups of 10 up to 100, instead of 100 there is engraved ش which represents 300 and after this, degrees are again numbered likewise up to 60, which with 300, makes up the total number of degrees in a circle. Each group of 10 is also divided into 10 divisions and every fifth division is numbered five.

Venter.—The inner part of mater is the venter or facel (Arb. Wajh).

Generally the venter of most of the astrolabes is engraved with a list of cities together with their longitudes and latitudes. But the venter of this astrolabe A is marked with stereographical projections of the horizon, almucanṭaráts or circles of altitude, azimuth, temporal or unequal and equal or equinoctial hour circles for the latitude 24° and also the equator and tropics of Cancer and Capricorn. Hence it represents a tablet for latitude 24°. Almucanṭaráts for every six degrees are drawn and numbered in Abjad Kúfic notation. As there is one almucanṭarát for every six degrees of altitude, the instrument is Sudsī or sexpartite. If there is one for each degree, it is called támm or 'complete'; if for every other degree, it is termed niṣfi 'bipartite' and so on. Azimuth circles (or those great circles which pass through the Zenith and nadir, intersect the horizon at right angles and mark off azimuths or horizontal angles) for every ten degrees are drawn and numbered.

The twelve unequal or temporal hour lines, which divide the time between sunrise and sunset into twelve equal portions are drawn. These portions of time vary in length from one-twelfth of the longest day to one-twelfth of the shortest. Hence they are termed unequal or temporal or planetary hour lines or circles. Equal or equinoctial hour lines (dotted) are drawn. As the equinoctial hours are the mean of the above mentioned varying portions of time, these, on the invention of mechanical clocks, became the standard for sun-time measurements.

The latitude 24° is written just below the 'Ufk or oblique horizon on the right of the meridian line; while, in the corresponding place on the left of the meridian, the length of the longest day of the year is given, hours 13 21.

The horizon on the right is marked al-maghrib (the west) and sunset, and on the left al-mashriq (the east) and sunrise.

Back of the Astrolabe.—(Ẓahr al-aṣṭūrlāb). The back of the astrolabe has the whole of the periphery graduated in degrees which are numbered in groups of 10 up to 90 in each quadrant, starting from the east as well as from west points to the south and north. Below the graduated edge there are three concentric circles which, having for their centre, the centre of the disc, are graduated in degrees. The upper circle has the names of the lunar mansions, the middle circle, the names of the signs of the Zodiac, and the lower, the names of 12 months. These show the tables of signs, mansions, etc. In the upper part of the remaining circular space, the south-east and south-west quadrants consist of a graphic table of sines. The lower part and the central rectangle consist of shadow scales. At the top of the back of this astrolabe there is engraved in Arabic Kúfic characters a passage which means 'constructed by Sarráj at Dimishq in San 615,' i.e., in A.H. 615 or A.D. 1204.

The Alhidade.—The alhidade (iḏadah) or sighter has near to each end one fixed sighting piece with one sighting hole and is fixed on the centre pin and revolves round the centre on the back of the astrolabe. It is not divided into any division.

'Ankábūt (aranea) or *Shabakkah* (rete).—The open net-work disc has been appropriately called 'ankabūt (spider) or shabakkah (net) by Muslims and is so arranged that the disc below it may be easily seen. The 'ankabūt of this astrolabe has ecliptic circle graduated in degrees which are numbered in groups of six, with the signs of the Zodiac, starting from the east and proceeding counter-clock-wise. It has two bosses. As a star map of the heavens, the 'ankabūt has 26 splinters (shaẓiyya) to which the following 26 star names are attached :—

STAR LIST OF ASTROLABE A.

No.	Name on Instrument.	Modern Name.
1	Al-dabaran	87 α Tauri, Aldebran.
2	Qadam al-Jauzā	19 β Orionis, Rigel.
3	Al-shamih	10 α Canis Minoris, Procyon.
4	Qalb al-asad	α Leonis or Regulus.
5	Fakkah	5 α Cor. Borealis, Alphecca.
6	Wāqi	3 α Lyræ, Vega
7	Ridf	?
8	Ghūl	26 β Persei, Algol
9	Kab (al-faras)	K Pegasi.
10	Aqrab	21 α Scorpii, Antares.
11	Al-Ramih	α Boötis, Arcturus.
12	Al-khadib	ρ Cassiopeiæ.
13	Qalb al-ghafr	i, u, λ Virginis.
14	Al-azal	67 α Virginis, Spica.
15	Janah al-ghurab	4 γ Corvi.
16	Al-farad	30 α Hydræ, Alphard.
17	Al-Yamanih	9 α Canis Majoris, Sirius.
18	Rijl al-Jauzā	β or k Orionis.
19	Rukbat al-Thaur	α Sagittarii.
20	Qanturus	
21	Kaff Qitus	
22	Kaff al-Khadib	β Cassiopeiæ.
23	Qitus	
24	Al-tāir..	α Aquilæ.
25	Al-hawwā	α Ophiuchi.
26	Al-haiyāt	β Serpentis

As the instrument does not consist of the tablet of the latitude of the complement of the total obliquity or of the special disc for horizon on one side and celestial co-ordinates (latitude and longitude) on the other, hence only the names of the stars on the ʻankabūt have been given above.

Tablets of the astrolabe.—The astrolabe has four brass tablets, each 4·7 inches in diameter and about 1 m.m. thick. Each tablet is marked on both sides with stereographical projections of the horizon and other elements that can be used in conjunction with the ʻankabūt tablet.

I. $T_1°$ represents the obverse of the tablet No. I. It is marked latitude 41°: hours 15 1. Almucanṭaráts for every six degrees, azimuth circles for every ten degrees and the 12 unequal or temporal hour lines are drawn and numbered. There are also the equal or equinoctial hour lines (dotted) and the horizon is marked on the right al-maghrib (the west) and on the left al-mashriq (the east). The two tropics of Cancer and Capricorn and the equator are shown.

T_1^r represents the reverse of the tablet No. I. It is marked latitude 34°: hours 14 19. Otherwise it is just like the preceding.

II. T_2^o is marked latitude 21°: hours 13 18. Below the latitude the name of Mecca is engraved. But the generally accepted latitude of Mecca is 21° 40': hours 13 21. Otherwise it is exactly of the same type as T_1^o.

T_2^r is marked latitude 32°: hours 14 8. The name of Baitul Muqaddas (Jerusalem) is engraved below the latitude. Otherwise as T_1^o.

III. T_3^o is marked latitude 30°: hours 13 58. Below the latitude the name of Miṣra (Cairo) is written. Otherwise as T_1^o.

T_3^r is marked latitude 27°: hours 13 44. The azimuth circle which divides the horizon into 90 divisions on the right and left sides of the meridian is dotted. Otherwise as T_1^o.

IV. T_4^o is marked latitude 35°: hours 14 25. Otherwise as T_1^o.

T_4^r is marked latitude 36°: hours 14 30. Otherwise as T_1^o. The body of the instrument, ʻankabūt and the tablet No. IV are made of the same quality of brass metal and inscribed in Arabic (kúfic) characters, but the other three tablets No. I, II and III are made of brass metal which differs a little in quality and inscribed in Arabic (naskhi) characters. By their appearance they seem to be constructed afterwards and substituted or added in place of those old tablets, broken or lost or not made at all for the instrument was made for four such tablets.

B. Seventeenth century Astrolabe, inscribed in Arabic (naskhi) characters.

This too is made of brass and is 5·1 inches in diameter and ·3 inches thick. The body of the instrument has a circular raised edge into which fit the 'ankabūt and tablets, which are five in number. The rim or the circular raised edge is graduated in degrees, which are numbered in groups of 5 up to 360, starting from the top of the disc or south point and proceeding through the west point on the right, the north and east in order.

Venter.—The venter of this astrolabe is inscribed with the names of 77 cities together with their longitudes and latitudes, starting from the south point and proceeding through the west, north and east in order. (See Appendix A.)

Back of the astrolabe.—The back of the instrument has the upper half of the periphery graduated into degrees, which are numbered in groups of 5 up to 90, starting from the east and west to the top of the disc, i.e., to the south point.

The south-east quadrant consists of a graphic table of sines. The vertical radius is divided into sixty equal parts and lines parallel to the other radius are drawn to the circumference from each point of division.

The south-west quadrant exhibits a sort of yearly calendar. The horizontal and vertical radii are divided into six equal divisions and each division is divided into 30 degrees, which are numbered in groups of 10. From the points of division arcs are described and the names of the signs of the zodiac are written in the spaces, six on the horizontal radius and six on the vertical in the following order :—

Vertical ..	Cancer,	Leo,	Virgo,	Libra,	Scorpio,	Sagittarius,
Horizontal ..	Gemini,	Taurus,	Aries,	Pisces,	Aquarius,	Capricornus.

This division of the south-west quadrant, together with the graduated circumference, forms a scale of circular and angular co-ordinates and there are traced on this scale the graphs showing the relation between the sun's right ascension and meridian altitudes for latitudes 27°, 29° and 32°.

The semi-circle of the lower half of the disc consists of tables of signs, mansions, etc.

The central rectangle consists of square and circular shadow scales. In the enclosed space of this rectangle, multiples of the differences between the approximately correct length of the tropical year and 365 days, are given thus :—

1	87	33	10	155	31
2	175	6	20	61	2
3	262	39	30	106	33
4	350	12	40	262	10
5	77	45	50	57	35
6	164	19	60	213	6
7	252	52	70	08	37
8	340	25	80	164	8
9	67	58	90	319	39

Just over the central rectangle there is written a passage in Persian, which shows that this astrolabe was made by Ḍiyáu'l-Dín, son of Mohammad, son of Mullah Ishā, son of Seikh... (illegible) in A.H. 1074 or A.D. 1663.

The Alhidade.—It is fixed on the centre pin so that its graduated edge lies on a diameter of the circle. Half of its bevelled edge is divided into 60 equal divisions, every fifth division being numbered. The left upper edge is divided into six equal divisions, corresponding to the divisions for the signs of the Zodiac in the south-west quadrant and each division is marked with its two proper signs and divided into three parts. The right lower edge is divided into six divisions, numbered 1 and 12, 2 and 11, 3 and 10 and so on. The alhidade has near to each end one fixed sighting piece, each having two holes. A hollow pipe of brass has been attached to the two upper holes.

The 'Ankabūt (aranea) or *Shabakah* (rete).—The 'ankabūt of this astrolabe has ecliptic circle, graduated into degrees which are numbered in groups of six, with the signs of the Zodiac, starting from the east and proceeding counter-clock-wise. It has one boss and about 56 points of which 44 have 44 star names attached. But three names are so rubbed off that they are quite illegible. Since latitude does not vary with the precession of the equinoxes, the latitudes on the instrument and those given in Ulugh Beg's Catalogue are nearly the same, hence the names of 41 stars with their longitudes only have been given below :—

STAR LIST OF ASTROLABE B.

No.	On Instrument.		Modern Name.
	Name.	Longitude.	
1	Qalb al-'Aqrab ..	245°	α Scorpii or Antares.
2	Kaffah Janubi ..	222°	
3	Simāk Azal	199°	α Virginis or Spica.
4	Janah al-ghurab ..	186°	γ Corvi or Alghorab.
5	Qaidat al-Batih ..	169°	α Crateris.
6	Fard al-shuja ..	142°	α Hydræ.
7	Qalb al-asad ..	141°	α Leonis or Regulus.
8	Shira Shamih ..	111°	Procyon.
9	Shira Yumni ..	100°	
10	Yad al-Jauza Yumni ..	84°	
11	Rijl al-Jauza Yumni ..	78°	
12	Azal	73	
13	'Ain al-Thaur ..	63°	α Tauri or Aldebran.
14	Rijl al-Jauza Ishri ..	70°	
15	Tali masā al-nahar ..	47°	
16	Kaff al-Khaḍib ..	35°	β Cassiopeiæ.
17	Sadr al-Qitus ..	23°	π Ceti.
18	Kaff al-Khaḍib ..	357°	ρ Cassiopeiæ.
19	Dhanab al-Qitus ..	354°	β Ceti.
20	Sāq Sākib al-māh ..	334°	δ Aquarii.
21	Dhanab al-Jadi ..	317°	γ Capricorni.
22	Ẓahr al-asad ..	150°	δ Leonis.
23	Ras al-asad ..	126°	μ Leonis
24	Aiyūq ..	76°	α Aurigæ, Capella or Alhaiot.
25	Ras al-ḥuṭ ..	54°	
26	Rijl musalsalah kaffah ..	24°	
27	Dhanab al-dajajah ..	336°	α Cygni.
28	Mankib al-faras ..	354°	β Pegasi.
29	Fam al-faras ..	327°	ε Pegasi.
30	Dhanab al-dalfain ..	309°	
31	Nasr Tāir	293°	α Aquilæ.
32	Ras al-hawwa ..	258°	α Ophiuchi.

No.	On Instrument.		Modern Name.
	Name.	Longitude.	
33	Minqar al-dajajah ..	297°	
34	Nasr Wāqi	288°	α Lyræ.
35	Simāk Ramih ..	198°	α Boötis or Arcturus.
36	Yad al-hawwā ..	258°	
37	Rukbat al-hawwā ..	243°	
38	Ras al-Jathi ..	250°	α Herculis.
39	'Unq al-haiya ..	225°	λ Serpentis
40	Al-sarfah	177°	β Leonis.
41	Dubbe Akbar[1] ..	150°	Ursa Major

The tablets of the astrolabe.—Astrolabe A has five brass tablets, each 4·6 inches in diameter and 1 m.m. thick.

I. $T_1{}^o$ represents the obverse of the tablet No. I. It is marked latitude 32°: hours 14 8. Almucanṭaráts are drawn for every two degrees and numbered. As the number of almucanṭaráts is for every other degree, the instrument is termed niṣfi (bipartite). Two tropics and the equator are shown. Azimuth lines for every six degrees are drawn only below (to the north of) the horizon. The 12 temporal or unequal hour circles and equinoctial or equal hour circles (dotted) are drawn. On the right the horizon is marked al-maghrib (the west) and on the left al-mashriq (the east).

$T_1{}^r$ is marked latitude 29°: hours 13 52. Otherwise it is just like $T_1{}^o$.

II. $T_2{}^o$ is marked latitude 22°: hours 13 21.
$T_2{}^r$ is marked latitude 18°: hours 13 9.
III. $T_3{}^o$ is marked latitude 36°: hours 14 32.
$T_3{}^r$ is marked latitude 34°: hours 14 20.
IV. $T_4{}^o$ is marked latitude 27°: hours 13 43.
$T_4{}^r$ is marked latitude 25°: hours 13 35.

The tablets No. II, III and IV are otherwise exactly of the same type as $T_1{}^o$.

V. $T_5{}^o$ is the special tablet of the horizons (al-safihat al-āfāqiyah). The horizons are arranged in four sets, one

[1] Banāt al-Na'sh.

set in each quadrant, consisting of ten horizons and below each of these sets, there are two scales termed al-mail, al-kulli (Shamāli or Janubi) or the total obliquity (northern and southern).

$T_5{}^r$ is the special tablet of the 'ankabūt co-ordinates, i.e., it is the tablet of the latitude of the complement of the total obliquity. This really gives the celestial co-ordinates (longitude and latitude) and by its aid the positions of the stars on the 'ankabūt can be at once read off.

My thanks are due to Hafiz Ahmad Ali Khan Saheb, Librarian and Hafiz Mohammad, Israil Tahvildar, for their kind help in deciphering a number of words written in Arabic characters.

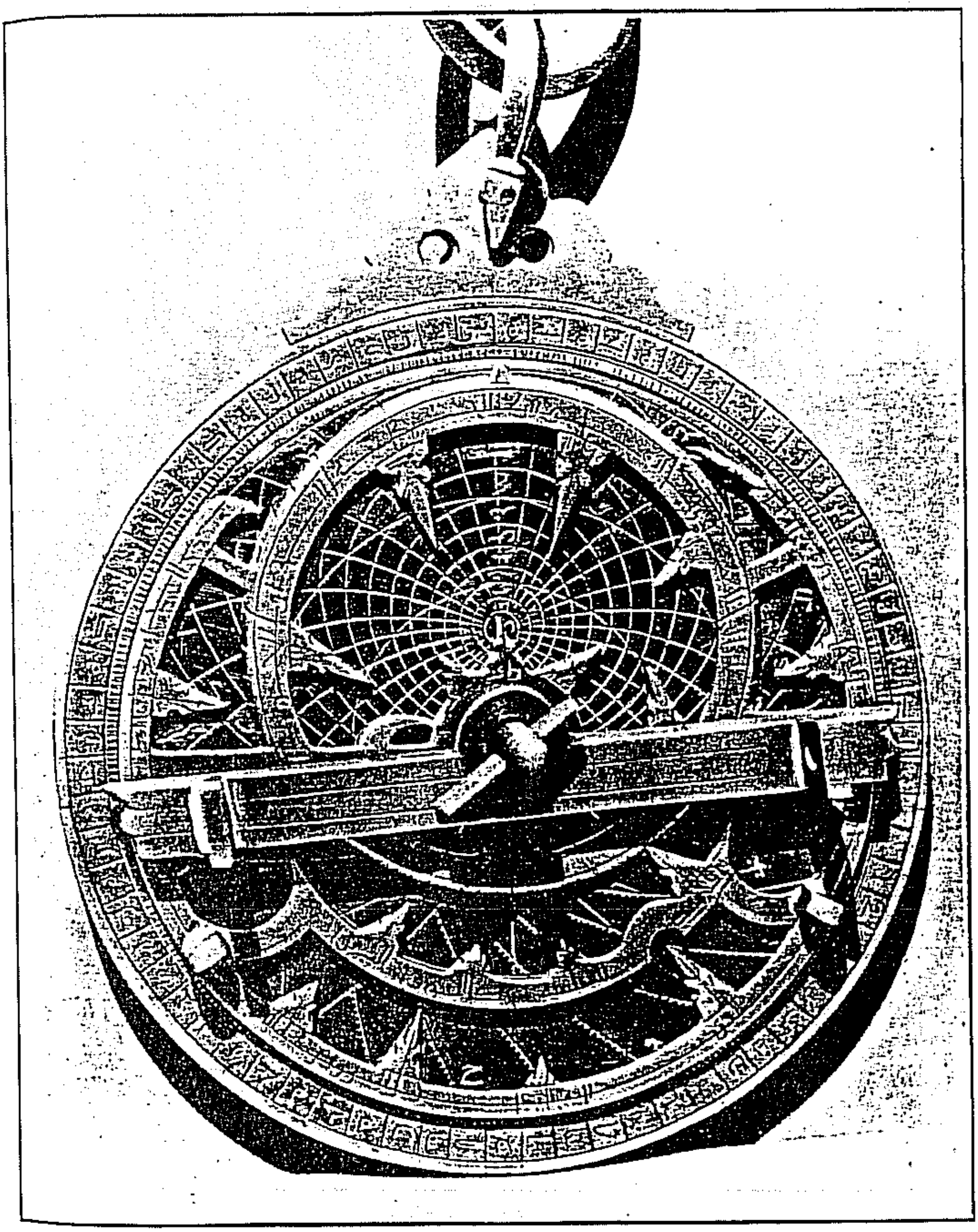
APPENDIX A.

No.	Name of Cities.	Longitude.	Latitude.
1	Mecca	77° 10′	21° 40′
2	Madina	75° 20′	25° 0′
3	Mahdiā Maghrib	42° 0′	32° 30′
4	Iskandariyah[1]	61° 54′	30° 58′
5	Misra[2]	63° 20′	30° 20′
6	Yaman[3]	77° 0′	45° 30′
7	Dimishq	70° 0′	33° 45′
8	Halb	72° 10′	35° 50′
9	Al rum	74° 0′	39° 40′
10	Jazirā[4]	73° 0′	36° 40′
11	Mūsal	77° 0′	34° 30′
12	Amad	73° 40′	38° 0′
13	Marāghah	82° 0′	36° 20′
14	Tabriz	82° 0′	38° 0′
15	Ardabīl	82° 30′	38° 0′
16	Bardah	88° 0′	40° 30′
17	Bābul Awāh	85° 0′	43° 0′
18	Balghar	95° 0′	49° 30′
19	Kūfah	79° 30′	31° 30′
20	Madāen	72° 0′	33° 10′
21	Baghdād	80° 30′	33° 25′
22	Wāsit	81° 30′	32° 20′
23	Basrāh..	84° 0′	30° 0′
24	Kazūn	87° 0′	39° 35′
25	Shirāz	88° 0′	29° 36′
26	Istakhar	88° 30′	30° 0′
27	Yazd	89° 0′	32° 30′
28	Shahrūd	82° 20′	32° 30′

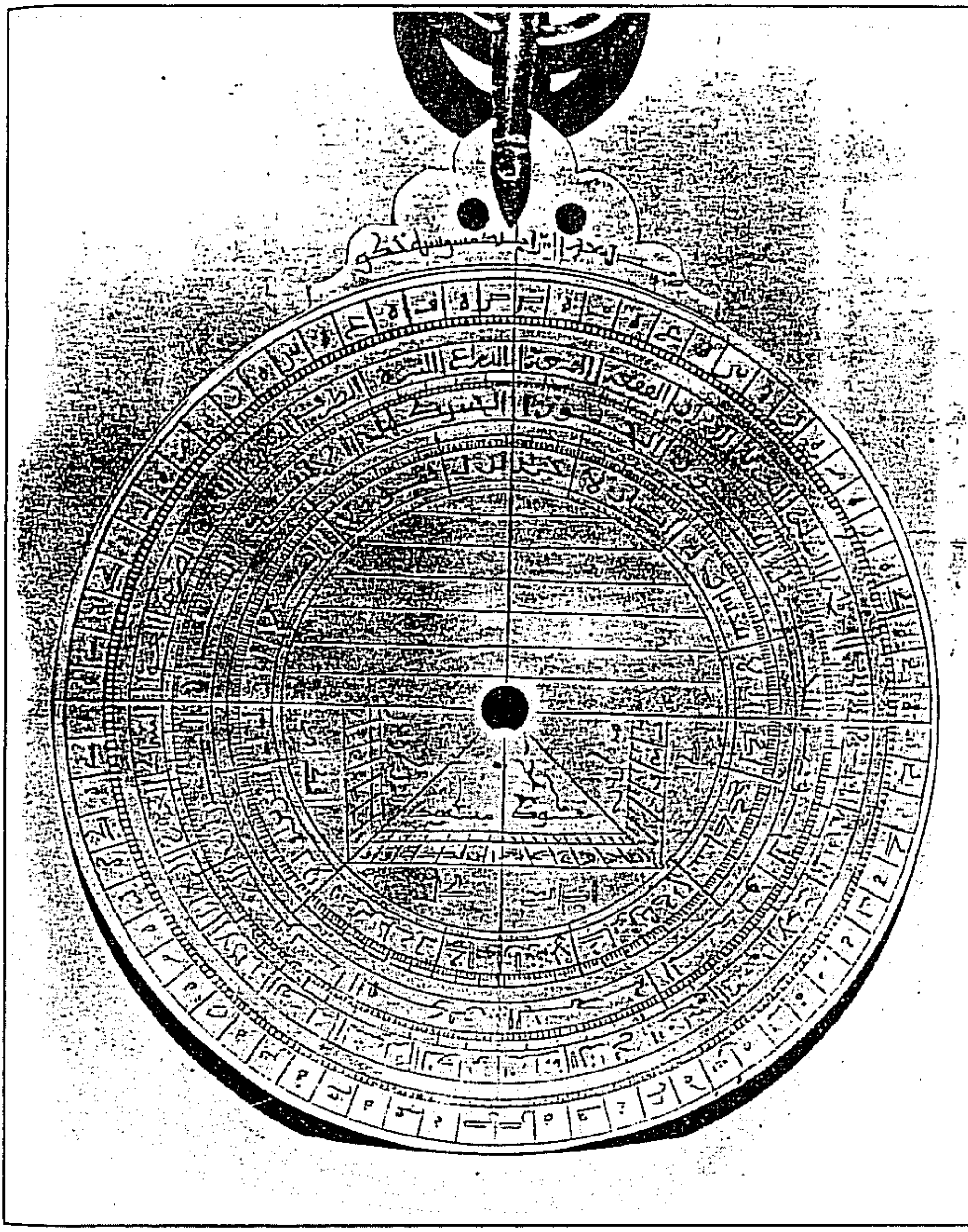
[1] Alexandria. [2] Cairo. [3] Its capital Sanāh.
[4] Its capital Jarran (as written on the Venter).

No.	Name of Cities.	Longitude.	Latitude.
29	Hamdan	83° 0′	35° 10′
30	Karkh	84° 45′	34° 0′
31	Qazwin	85° 0′	36° 55′
32	Isfahan	86° 40′	32° 25′
33	Raij	85° 40′	34° 55′
34	Qūm	86° 20′	35° 0′
35	Ahwāz Jilan	85° 10′	35° 0′
36	Sabzwār	91° 30′	36° 5′
37	Naishāpur	92° 30′	36° 21′
38	Tūs	94° 30′	37° 0′
39	Tūn	92° 30′	32° 30′
40	Herāt	94° 33′	34° 30′
41	Sarkhas	94° 30′	32° 0′
42	Marwā	94° 0′	34° 40′
43	Balkh	101° 0′	36° 41′
44	Badakshān	104° 24′	34° 10′
45	Bokhārā	97° 30′	39° 50′
46	Samarkand	99° 56′	39° 37′
47	Khazand	85° 30′	41° 55′
48	Kāshgar	106° 30′	44° 0′
49	Harmūz	92° 0′	25° 0′
50	Ahmedābād	108° 40′	28° 55′
51	Ujjain	102° 0′	22° 30′
52	Kābul	104° 40′	34° 30′
53	Mewāt	107° 10′	32° 50′
54	Badaūn	104° 59′	24° 32′
55	Hānsi	102° 25′	29° 55′
56	Sumānah	110° 30′	28° 30′
57	Thāneswar	102° 48′	30° 10′
58	Pānipat	108° 20′	28° 52′
59	Sanām	110° 25′	30° 30′
60	Akbarābād	104° 0′	26° 48′
61	Shahzahānbād	108° 35′	28° 39′
62	Ajmer	101° 5′	24° 0′
63	Bijāpur	105° 30′	24° 20′
64	Burhānpur	108° 0′	20° 30′
65	Daulatābād	101° 0′	20° 30′
66	Bait ul Muqaddas[1] ..	66° 30′	31° 50′
67	Lahore	109° 20′	31° 50′
68	Multān	104° 35′	29° 40′
69	Kāndhār	104° 40′	38° 0′
70	Golkandā	104° 39′	38° 10′
71	Dhākā (Bengal)	130° 0′	24° 0′
72	Sarandip[2]	104° 0′	10° 0′
73	Kāshmir	108° 0′	35° 0′
74	Gwalior	115° 0′	26° 29′
75	Benares	117° 20′	26° 52′
76	Sarhind	101° 38′	30° 30′
77	Patna	120° 45′	24° 40′

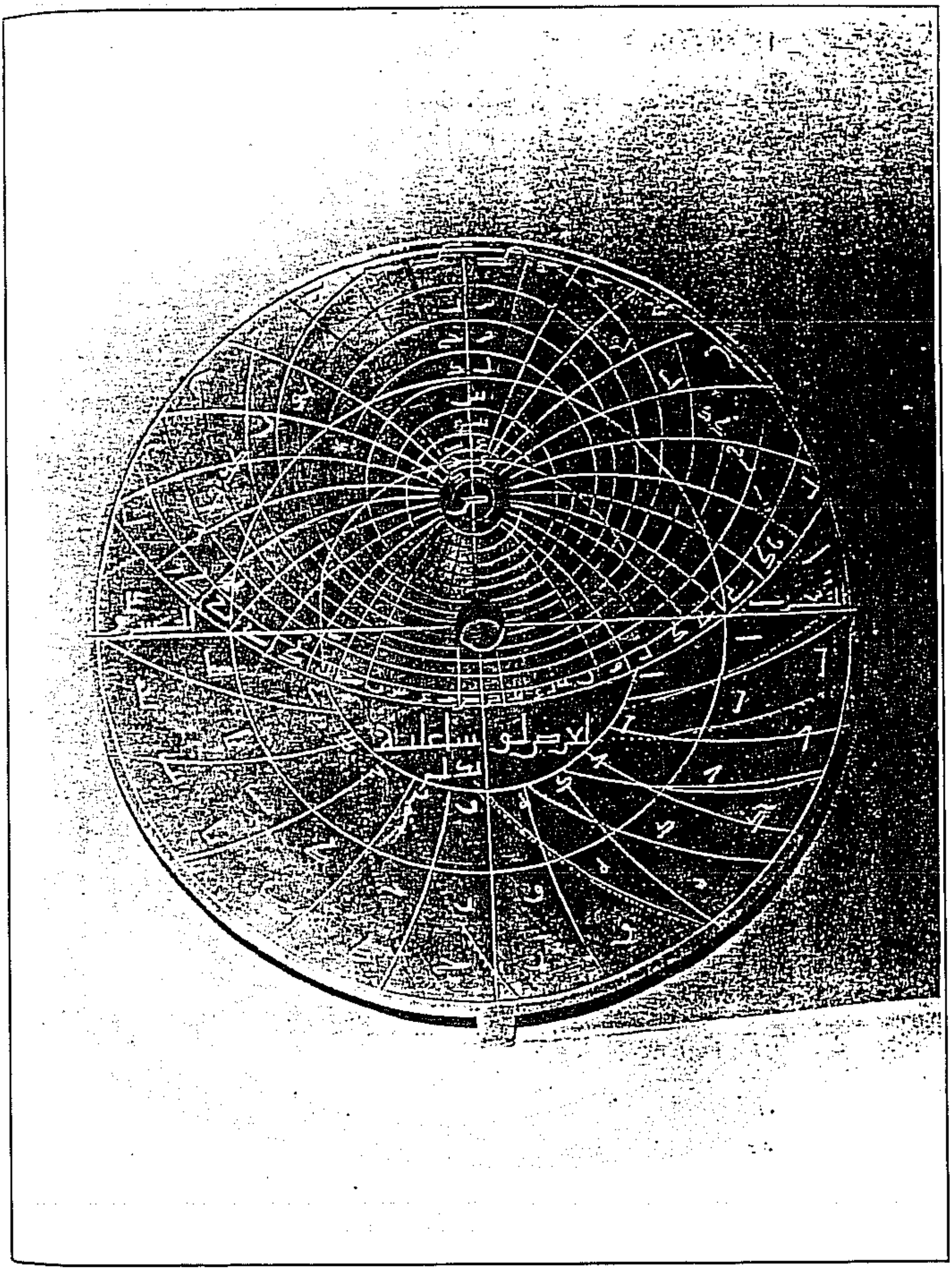
[1] Jerusalem. [2] Ceylon.



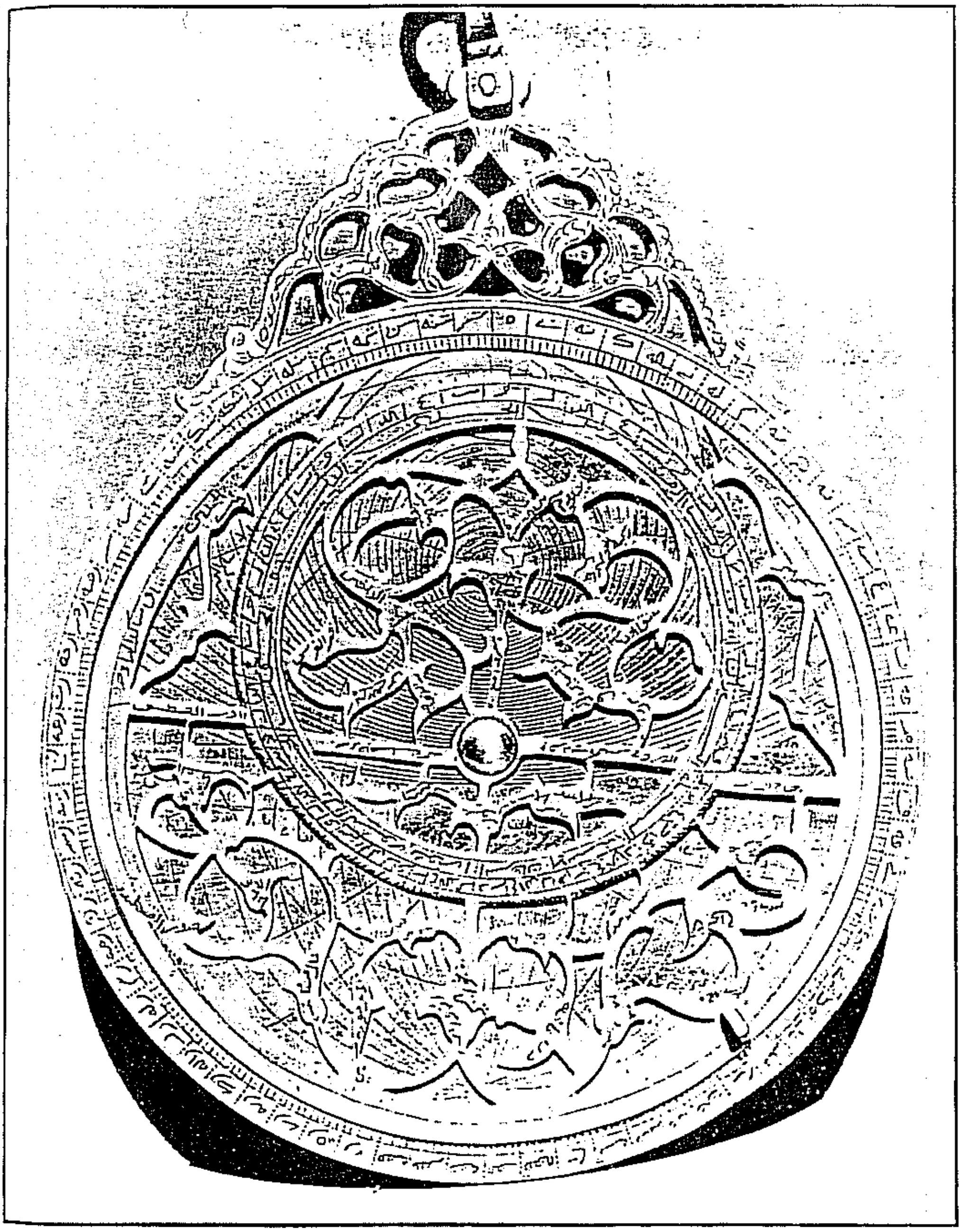
Astrolābe A.—Obverse.



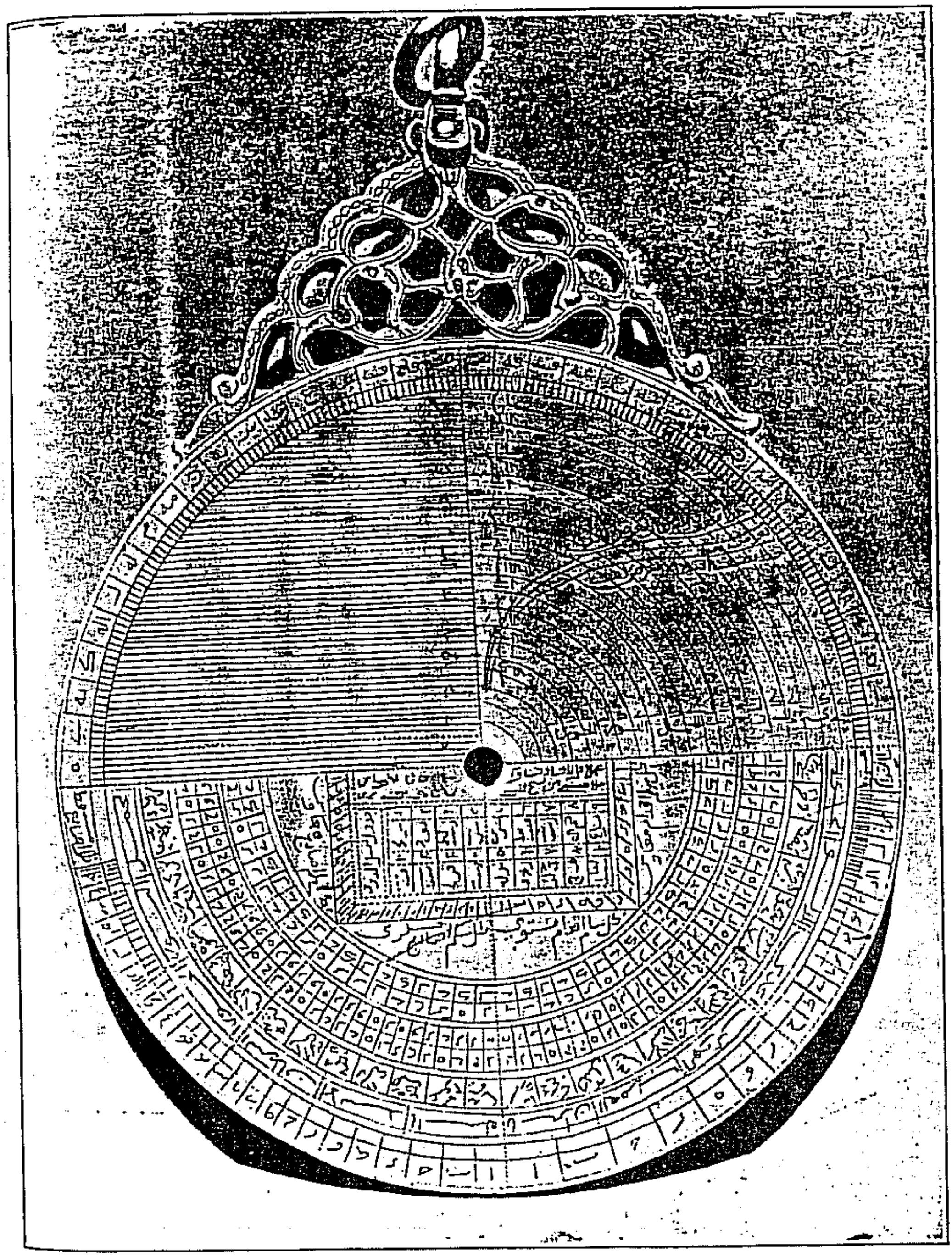
Astrolabe A.—Reverse.



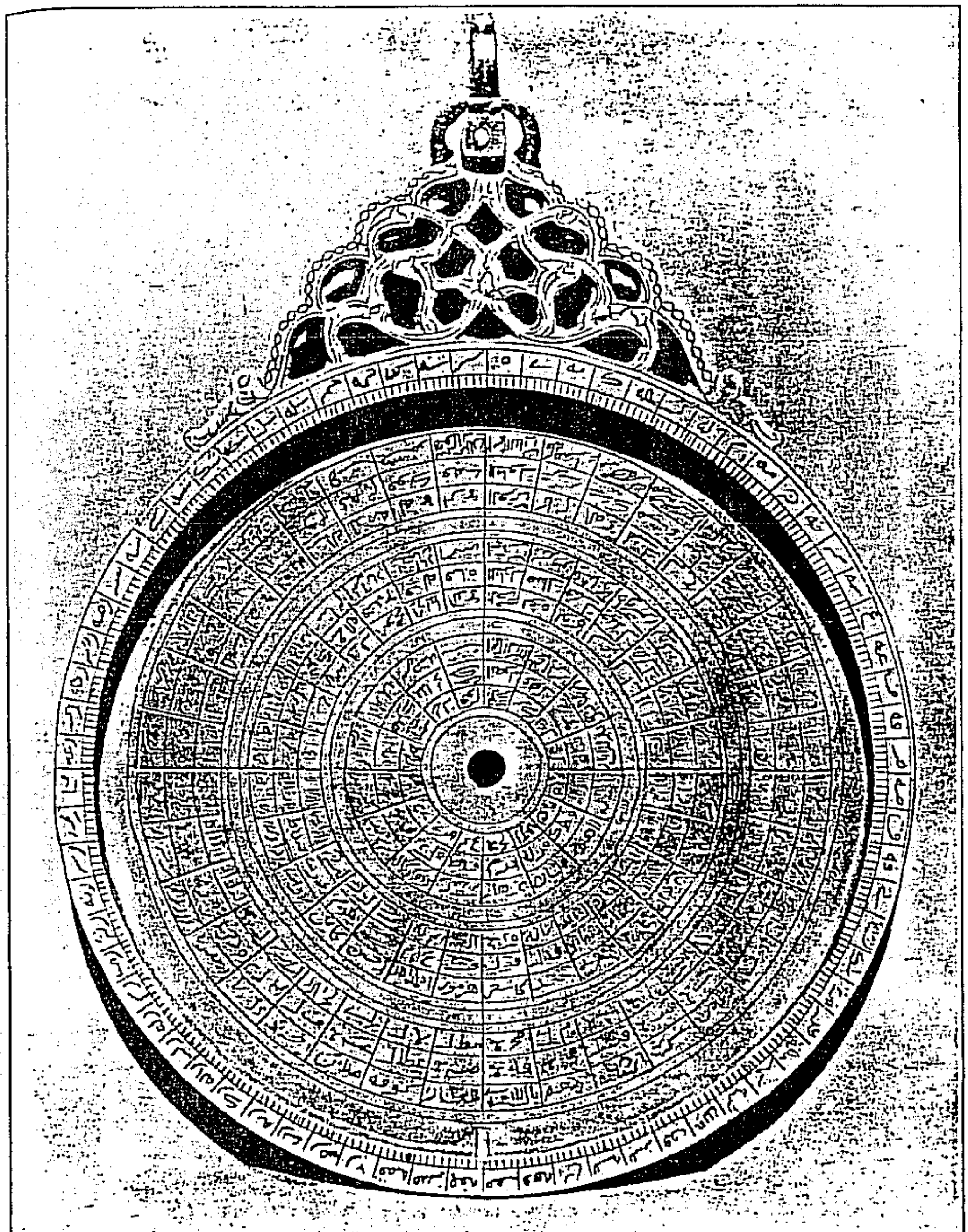
Tablet of A.—T$^r_4$. Latitude 36 .



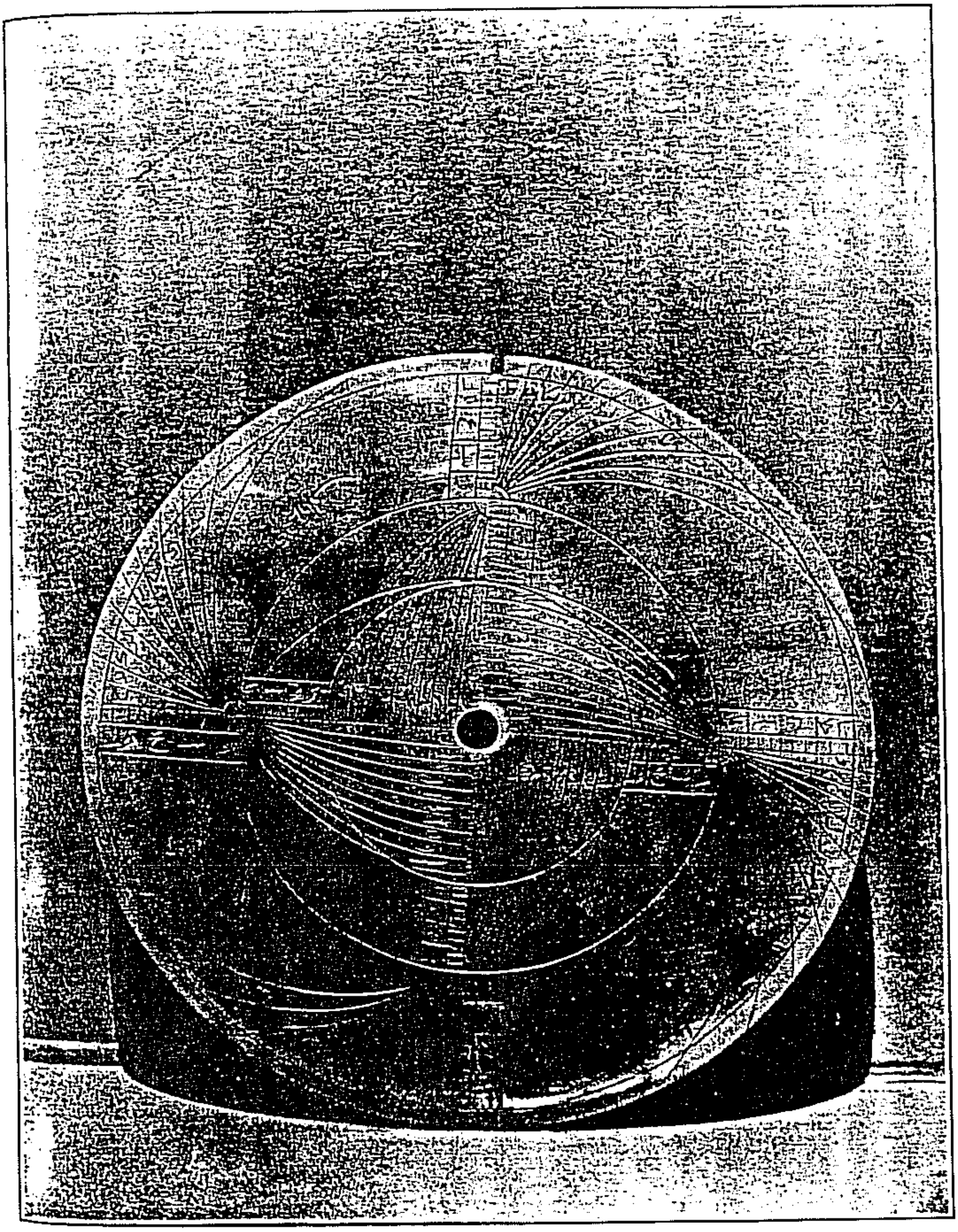
Astrolabe A.—Obverse.



Astrolabe B.—Reverse without Altitude.



Venter of B



Tablet of B.—T''$_5$. Horizons.

ZUR GESCHICHTE DES QUADRANTEN BEI DEN ARABERN

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE DER FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT IN ERLANGEN

VORGELEGT VON

PETER SCHMALZL
C. Ss. R.

MÜNCHEN 1929

DRUCK DER SALESIANISCHEN OFFIZIN

Meinem lieben Onkel

MAX SCHMALZL

zum 80. Geburtstag

gewidmet.

INHALTSÜBERSICHT.

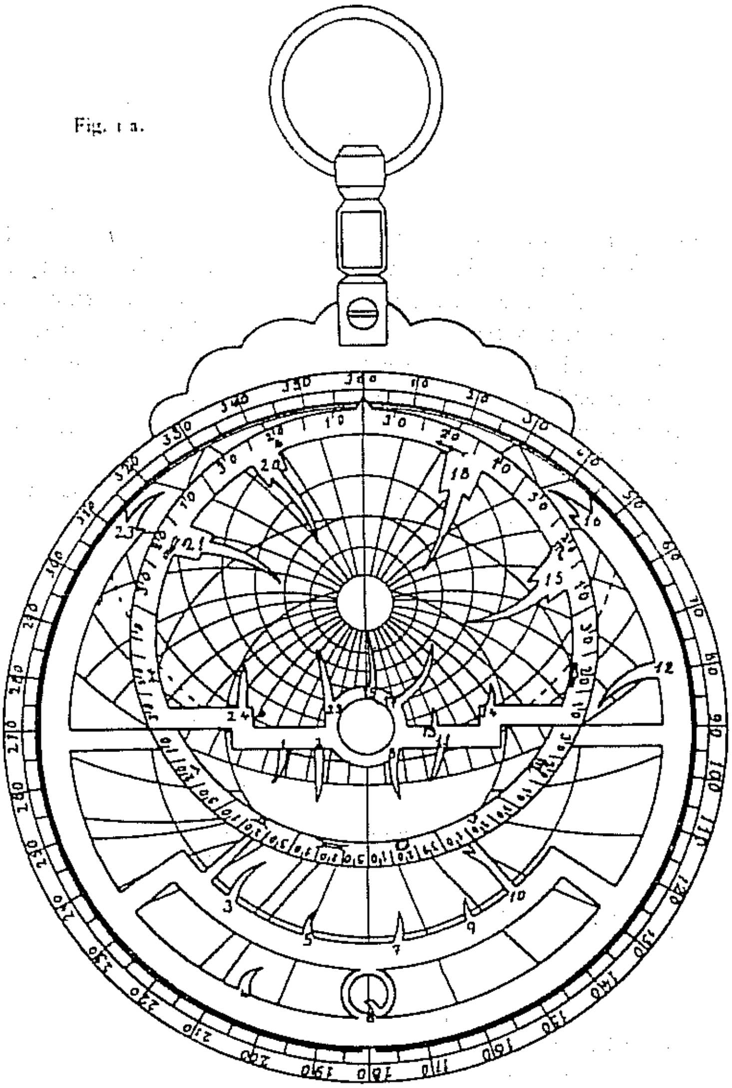
EINLEITUNG.[1]

Die astronomischen Instrumente der Araber lassen sich in fünf Gruppen teilen. Eine erste Gruppe umfasst Instrumente zum Messen von Winkeln; sie dienen zur Bestimmung von Höhen und zu geodätischen Zwecken. Bei der zweiten Gruppe wird gegenüber einem feststehenden System von Kurven, das die Projektion eines astronomischen Koordinatensystems darstellt, ein zweites einem anderen projizierten Koordinatensystem entsprechendes bewegt; aus den dabei entstehenden gegenseitigen Lagen der beiden Systeme von Kurven und deren Schnittpunkten lassen sich ohne weiteres durch Anschauung Transformationsaufgaben eines Koordinatensystems lösen. Dieses Verfahren wird auch bei einer dritten Gruppe angewandt, jedoch mit dem Unterschied, dass wir bei ihr neben der Anschauung zugleich die nomographische Lösungsart finden, die der vierten Gruppe eigentümlich ist. Bei den Instrumenten dieser vierten Gruppe werden die Aufgaben nicht ohne weiteres gelöst, sondern durch graphische Bildung mathematischer, insbesonders trigonometrischer Formeln und der entsprechenden Funktionen. Bei ihnen werden Liniensysteme verwendet, die sich unter bestimmten Winkeln schneiden, aber keine Projektionen von Himmelskreisen sind. Bei einer

[1] Die folgenden Untersuchungen stützen sich im wesentlichen auf eine grössere Anzahl bisher noch nicht veröffentlichter arabischer Texte, die mein hochverehrter, nun schon verstorbener Lehrer Herr Geheimer Rat Professor Dr. E. Wiedemann in Erlangen mir in zuvorkommenster Weise überliess. Vorliegende Arbeit schliesst die grosse Reihe der von ihm angeregten Abhandlungen ab, die sich mit den astronomischen Arbeiten der Araber beschäftigen.— An dieser Stelle sei auch Herrn Professor Dr. I. Frank, Leiter des physikalischen Instituts in Weihenstefan, sowie den Herren Dr. Th. Mittelberger, Studienrat in Gunzenhausen und Dr. I. Kohl, Privatdozenten am physikalischen Institut in Erlangen, für Rat und Tat, womit sie meine Arbeit freundlichst unterstützten, ein warmes Wort des Dankes gesagt.

fünften Gruppe sind auf den Instrumenten vor allem Kalendarien und Stundenlinien angebracht, die zur nomographischen Zeitbestim-

Fig. 1 a.



8

mung dienen. Selbstverständlich sind die einzelnen Gruppen gegeneinander nicht scharf abgegrenzt.

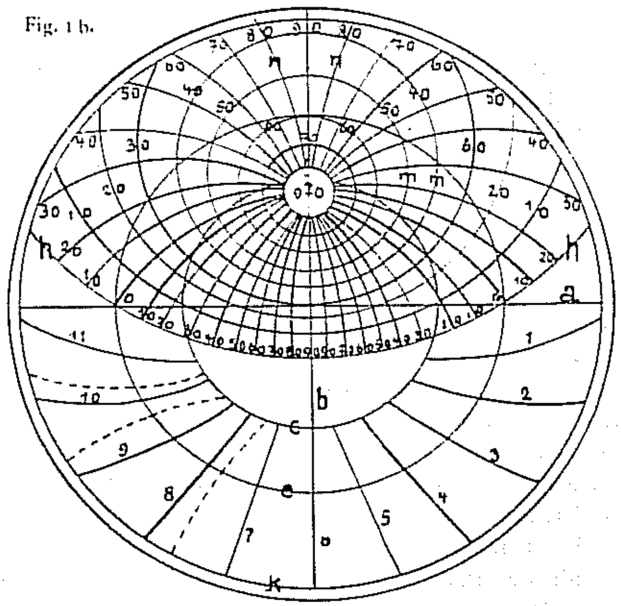
Das gewöhnliche Astrolab vereinigt in mancher Hinsicht die Eigentümlichkeiten aller fünf Gruppen. Da durch seine Kenntnis das Verständnis des Quadranten, dem unsere Abhandlung gewidmet ist, wesentlich erleichtert wird, soll es hier kurz behandelt werden. Es ist dies um so mehr gerechtfertigt, als die Araber selbst das Astrolab als das bekanntere, vielleicht sogar als das ursprünglichere angesehen haben. Al Marräkuschi (vgl. Suter a.a.O. Nr. 363) verweist z.B. bei Beschreibung des Quadranten oft auf das Astrolab. Die nachfolgenden Ausführungen über das Astrolab stützen sich auf die im Anhang mitgeteilten Schriften über das Astrolab, in denen auch noch weitere Literatur zu finden ist.

Das Astrolab besteht aus einer Platte aus Messing oder einem anderen Metall, die auf der Vorderseite zu einer Schachtel ohne Deckel ausgebildet ist. Oben an der Scheibe befindet sich ein Ansatz mit einem Ring zum Aufhängen (in kardanischer Form). Auf der Vorderseite ist der erhöhte Rand in 360° geteilt; die Teilung beginnt unter der Handhabe. In den ausgehöhlten Teil der Scheibe werden genau ausfüllende, in der Mitte durchbohrte Scheiben mit Liniensystemen gelegt, die um eine durch den Mittelpunkt des Astrolabs gehende Achse sich drehen. Die Liniensysteme sind Projektionen von Kreisen der Himmelskugel von einem Pol des Äquators aus auf eine dem Äquator parallele Ebene. Es kommen dabei in Betracht die Höhenkreisparallelen und Azimutalkreise, der Äquator und die beiden Wendekreise, der Ekliptikbogen, der Meridian und zwei Horizontlinien, nämlich die des betreffenden Ortes und jene eines Ortes am Erdäquator (s.w.u.).

Die Projektionen dieser genannten Himmelskreise sind je nach der Breite des Ortes gerade oder kreisförmig. Je nachdem die Projektion vom nördlichen oder südlichen Pol des Äquators aus erfolgt, spricht man von einem südlichen oder nördlichen Astrolab, da beim ersteren vor allem die Südhälfte der Kugel, beim letzteren die Nordhälfte in der Projektion auftritt. Das südliche Astrolab begrenzt man durch die Projektion des Wendekreises des Krebses, das nördliche durch jene des Wendekreises des Steinbocks.

Von den zwei zu einander senkrechten Linien a und b (siehe Fig. 1 b) ist die Horizontale a die Projektion des einem Horizont am Erdäquator parallelen, durch den Kugelmittelpunkt gehenden Kreises. Unter den unendlich vielen Horizonten am Erdäquator kommen dabei nur jene zwei in Betracht, die den Schnittpunkten des Ortsmeridians mit dem Erdäquator zukommen. Die Projektion des durch den Kugelmittelpunkt gehenden zu diesem ausgezeichneten Horizont

Fig. 1 b.



parallelen Kreises geht durch die Schnittpunkte des Äquators (e) und des Horizonts (h) des betreffenden Ortes. Die zweite Gerade b ist die Linie der Mitte des Himmels d. h. die Projektion des Ortsmeridians.

Die drei zum Mittelpunkt der Scheibe konzentrischen Kreise sind beim nördlichen Astrolab von aussen nach innen die Projektionen des Wendekreises des Krebses (k), des Himmelsäquators (e) und des Wendekreises des Steinbocks (c). Beim südlichen kehrt sich die Reihenfolge um: aussen liegt die Projektion c, nach innen folgt e und dann k.

Die Höhenparallelen (m), die Muquanṭarāt, projizieren sich als Kreisbögen, die sich auf dem Meridian nach unten zusammendrängen, nach oben von einander entfernen. Sie sind nicht konzentrisch, weil sie nicht parallel zur Projektionsebene liegen. Ihre Mittelpunkte liegen auf der Meridianlinie bezw. deren Verlängerung. Der erste von unten ist allgemein der Horizont h des Ortes; er wird für $\varphi = 0$ zur Geraden, die mit der Horizontalen zusammenfällt. Von den Muquanṭarāt-Bögen eingeschlossen liegt innerhalb des innersten auf der Meridianlinie der Zenit (Z). Die vom Zenit zur Horizontlinie verlaufenden Bögen (n) sind Projektionen der Azimutal- oder Vertikalkreise. Näheres über die Vorderseite des Astrolabs (Stundenlinien, Gebetslinien, Spinne) siehe bei I. Frank a. a. O.

Die Rückseite des Astrolabs (siehe Fig. 2) ist durch zwei zu einander senkrechte Durchmesser in vier Quadranten geteilt. Darüber dreht sich um den Mittelpunkt die Alhidade, ein Lineal aus Messing oder anderem Metall. Senkrecht auf den zugeschnittenen Enden der Alhidade stehen zwei Metallplättchen mit Löchern, Hadafa (Absehen) genannt. Die Randkreise der beiden oberen Quadranten sind in je 90° geteilt; dabei beginnt die Zählung am horizontalen Durchmesser. In der Mitte oben unterhalb der Handhabe steht 90. Auf dem linken, oberen Quadranten finden sich Linien, die parallel zum horizontalen oder vertikalen Durchmesser oder parallel zu beiden verlaufen. Sie dienen zur Ermittlung der Werte des Sinus. J. Frank nennt daher diesen Teil des Astrolabs „Sinusquadrant des Astrolabs". (s. w. u.) Der vertikale Durchmesser ist gewöhnlich in 60 gleiche Teile geteilt, indes ist auch die Teilung in 90° sehr häufig. Zuweilen laufen beide Teilungen nebeneinander her. Die Anzahl der genannten Linien zur Bestimmung der Sinuswerte ist dementsprechend 60 bezw. 90. Vgl. J. Frank a. a. O. S. 27.

In dem oberen rechten Quadranten (J. Frank nennt ihn a. a. O. S. 13 „Sonnenquadrant") befinden sich in gleichen Abständen konzentrische Kreise, die die Örter der Tierkreiszeichen darstellen, sowie sechs diese schneidende Kreisbögen, deren Mittelpunkte auf dem senkrechten Durchmesser bezw. deren Verlängerung liegen. Diese letzteren, vom Mittelpunkt ausgehenden Bögen dienen zur Bestimmung der zeitlichen Stunden. In den beiden unteren Quadranten sind Quadrate derart eingezeichnet, dass die eine Ecke in den Mittelpunkt, die andere in den Halbierungspunkt des Viertelkreises fällt. Man nennt diese Quadrate Zill al Sullam, Schatten der Leiter, und die Quadranten selbst „Quadranten der Leiter“ oder auch „Quadranten der beiden Schatten“. In dem einen Quadrat werden die Lote auf die Durchmesser in 12 Teile (Finger), in dem anderen meist in 7 Teile (Füsse) geteilt und die entsprechenden Zahlen angeschrieben. Legt man dann das eine Ende der Alhidade auf irgend einen Grad der oberen Quadranten, so liest man mit dem

Fig. 2.