

Zeitschrift für Instrumentenkunde.

Kuratorium:

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

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

XLI. Jahrgang.

August 1921.

Achtes Heft.

Vorrichtungen zur Teilung von Kreisen und Geraden usw. nach Biruni.

Von
Eilhard Wiedemann und Josef Frank in Erlangen.

Die im folgenden mitgeteilten Vorrichtungen hat einer der größten Gelehrten der islamischen Welt und wohl aller Zeiten *Abu'l Raihan Muhammed ibn Ahmed a Biruni*¹⁾ in seinem Werk „Über die ins Einzelne gehende Behandlung aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“²⁾ beschrieben. Da uns naturgemäß im ganzen nur sehr wenige technische Einzelheiten aus dem Altertum und Mittelalter überliefert sind, dürfte die Mitteilung der Angaben *Birunis* einen gewissen Wert haben, um so mehr als wir bei der starken Abhängigkeit der muslimischen Wissenschaft von derjenigen der Griechen hierdurch auch in das Verfahren der letzteren Einblick erhalten.

Das Astrolab, das aus dem Altertum stammt, ist von den Arabern vervollkommen worden und durch ihre Vermittlung in das Abendland gekommen. Lange Zeit ist es eines der wichtigsten Instrumente der Astronomen gewesen. Einmal verwendet man es zu Winkelmessungen, vor allem zur Bestimmung der Höhe der Sonne oder eines Sternes, dann aber löst man mit ihm auf mechanischem Wege ohne Rechnung eine Reihe von astronomischen Aufgaben, vor allem auch solche, die eine astrologische Bedeutung haben³⁾.

Das Astrolab ist im wesentlichen eine kreisförmige Metallscheibe. Nach der Konstruktion ihrer Aufhängevorrichtung (s. Fig. 1) stellt sie sich beim Aufhängen vertikal ein. Der Rand der Rückseite ist entweder in seinem ganzen Umfang oder nur in seinen zwei oberen Quadranten in Grade geteilt. Über der Teilung bewegt sich eine Alhidade, die um den Mittelpunkt der Scheibe drehbar ist; somit lassen sich Winkelmessungen ausführen; das ist der vornehmlichste Zweck der Rückseite (des Rückens [Zahr]) des Astrolabs. Auf dem Rand der Vorderseite (des Gesichts [Wagh])

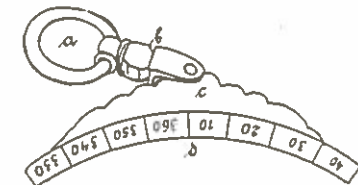


Fig. 1.

¹⁾ Eine ausführliche Besprechung des Lebens *Birunis* und seiner Werke haben gegeben: E. Wiedemann und H. Suter in *Beitr. LX. Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soc. Erlangen*, 59. 1920.

²⁾ Wir haben dank dem Entgegenkommen der Leydner Rijksbibliothek die Handschrift Warn. 591 (4), (no. 1086 des Katalog. Bd. 3. S. 94) benutzen können. (Vgl. zu dem Werk u. a.: „Der Islam“ 4. 5. 1913 und E. Wiedemann: *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften XVIII. Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soc. Erlangen*, 41. 1. 1909.)

³⁾ Eine eingehende Besprechung dieser Aufgaben wird demnächst von J. Franck erscheinen.

steht senkrecht zu ihr ein in 360° geteilter flacher Ring (*Hugra*). In das Innere des Ringes, die Mutter, werden genau eingebaute Scheiben eingelegt, die durch eine einfache Vorrichtung in ihrer Lage festgehalten werden. In ihren Mitten befindet sich ein kreisförmiges Loch, durch das eine Achse geht. Auf den Scheiben selbst ist ein System von Kreisen eingezeichnet, die die stereographische Projektion verschiedener Kreise auf der Himmelskugel sind, wie des Äquators, des Wendekreises des Krebses und Steinbocks, des Horizonts, der *Muqantara* (Höhenparallelen zum Horizont) und der Azimutalkreise für verschiedene Orte. Die Kreise werden von einem Pol des Äquators¹⁾ auf eine zu ihm parallele Ebene projiziert. Über der obersten Scheibe dreht sich eine weitere, die aber nicht voll, sondern durchbrochen gearbeitet ist und die wegen ihres Aussehens Spinne oder Netz heißt. Außer dem Randkreis, der aber nicht immer vollständig ist, trägt sie einen kleineren zum Mittelpunkt der Scheibe exzentrischen Kreis, die in gleicher Weise erfolgte Projektion der Ekliptik. An ihm und an kleineren und größeren Kreisbögen sind Spitzen befestigt, deren Enden die Projektion größerer Fixsterne darstellen. Ein durch den Anfang von Widder und Wage laufender gerader Streifen trägt in der Mitte einen kleinen Kreisring, dessen innerer Durchmesser gleich dem des Loches in den anderen Scheiben ist. Durch diesen Ring geht die Achse hindurch, so kann die Spinne über der obersten Scheibe gedreht werden. Dadurch kann die tägliche Bewegung des Fixsternenhimmels veranschaulicht werden und ist die mechanische Lösung der oben erwähnten Aufgaben ermöglicht.²⁾

Wir wenden uns jetzt zur Besprechung der von *Birūni* angegebenen Vorrichtungen.

Zunächst schildert *Birūni* die Herstellung eines Kreises als Vorlage für die Konstruktion eines nach den Rektaszensionen zuteilenden Kreises, den „*Dastūr*“³⁾ der Kreise“, und leitet dazu mit folgenden Bemerkungen von der Einleitung⁴⁾ aus über:

„Hast du dir diese theoretische Einführung durch eifrige Beschäftigung zu eigen“ gemacht, so beginne mit der Konstruktion des nördlichen Astrolabs, daran reihe die des südlichen, alsdann die der sich an diese beiden anschließenden Formen und endlich diejenigen der anderen Arten der Astrolabien. Allen gemeinsam ist die Konstruktion des *Dastūr* für die Kreise und des *Dastūr* der Durchmesser.

¹⁾ Ist dieser Pol der Südpol, so liefert die Projektion die Linien auf dem nördlichen Astrolab und ist er der Nordpol, so erhält man das südliche Astrolab.

²⁾ In einer ausführlichen Arbeit wird der eine von uns (*Frank*) die Geschichte, Konstruktion und Verwendung des Astrolabs eingehend behandeln. Einzelne Fragen sind bereits behandelt bei *Frank, Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soc. Erlangen. 51. 275. 1919.*

³⁾ *Dastūr* hat eine große Anzahl von Bedeutungen; hier bezeichnet es „Vorlage“ und zwar die Vorlage, nach der man Kreise bzw. Linien in bestimmter Weise teilt. Wir behalten das Wort „*Dastūr*“ bei. Bei den Wasseruhren ist es der Kreis, auf dem sich die Ausflußöffnung des Wassers bewegt, damit die gleiche Wassermenge im Sommer und Winter während eines Tages oder einer Nacht ausfließt. Er bedeutet auch „Anzeichen“, wie die folgende interessante Stelle (*Dozy, Suppl. Bd. 1. S. 442*) lehrt, die einem medizinischen Werk von *Schunqārī* über „Katarrhalsche Dysenterie“ entnommen ist: „Und wisse, daß das Gewicht beim Wasser zu den erfolgreichen Anzeichen für die Erforschung des Wassers gehört“. Leider wird, wie mir Herr Prof. Dr. *Jaynboll* mitteilt, im arabischen Text hiervon keine weitere Erklärung gegeben. Ferner wird eine Art der Quadranten als *Dastūr* bezeichnet.

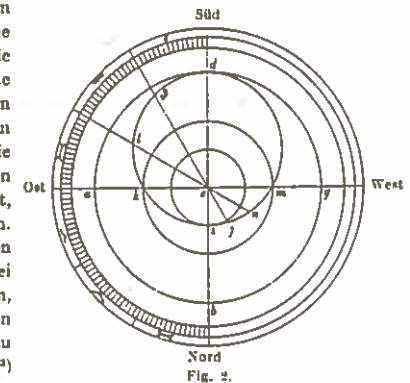
⁴⁾ Eine Übersetzung der sehr interessanten Einleitung hat E. Wiedemann im *Weltall 20. 21. 1919* von Dr. C. Archenhold veröffentlicht.

⁵⁾ d. h. der Leser soll sich mit allen Fragen, die mit der Projektionsfrage zusammenhängen, genau befassen.

I. Anfertigung des *Dastūr* für die Kreise.

Er besteht aus einem Ring aus Messing (Fig. 2), dessen Durchmesser gleich dem größten Scheibendurchmesser des Astrolabs ist. Die Teilung des Randes des Astrolabs geschieht, indem man diesen *Dastūr* benützt. Seine Breite ist gleich seiner Dicke (*Gilaz*, d. h. seinem *Sank*). Man macht ihn auf der Drehbank (*Gahr, Schahr*¹⁾) eben und so glatt wie möglich. Auf dem *Dastūr* beruht die ganze Konstruktion oder Anwendung des Astrolabs. Man teilt seine Fläche in vier Teile und jeden Teil wieder in 90, so erhält man 360 Teile.

Man kann dies aber erst dann ausführen, wenn man den Ring auf ein Brett befestigt und in seine Mitte eine erstarrende Substanz gebracht hat, die eine Verschiebung verhindert²⁾, damit seine breite Fläche eben und in ihrer Erstreckung vollkommen bleibt (wohl keine Unebenheiten zeigt). Jetzt kann man den Mittelpunkt des *Dastūr* finden und die übrigen Konstruktionen an ihm ausführen. An den Anfang der einzelnen Quadranten schreibt man Ost, West, Nord, Süd, die je einander gegenüberliegen. Dies dient nur dazu, um die weiteren Ausführungen zu erleichtern. Jeden Quadranten teilt man in drei Teile für die Tierkreiszeichen, die je 30° enthalten, dabei zieht man Querlinien auf dem Ring, die man aber nicht einritz, ehe man nicht die Teilung genau entsprechend den Aszensionen der sphaera recta³⁾ hergestellt hat.

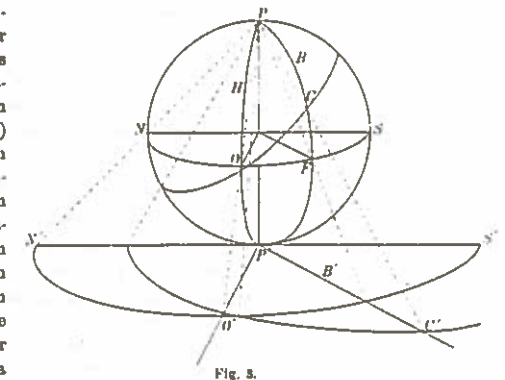


¹⁾ Das Wort findet sich z. B. auch für Drehbank bei der Beschreibung, die *Ibn al Hailam* (*Alhazen*) von der Herstellung gibt, die er bei der Bestimmung der Brechung des Lichtes verwendet. (*E. Wiedemann, Wied. Ann. 21. 541. 1884.*)

²⁾ Aus einer späteren Stelle geht hervor, daß die Mitte des Ringes mit Wachs oder Pech ausgegossen wird.

³⁾ Die Aszensionen der sphaera recta (arabisch *Madāli' al Falak al mustaqim*) spielen in der Astronomie eine bedeutende Rolle. Unter der *ascensio* der sphaera recta versteht man den Bogen des Äquators, der mit einem Bogen der Ekliptik in derselben Zeit aufgeht über einem

Horizont, der senkrecht zum Himmelsäquator steht, also für einen Beobachter auf dem Erdäquator. Die Ebene dieses Horizontes geht durch die beiden Weltpole und schneidet die Himmelskugel in einem Kreis, einem Deklinationskreis (*H*) Fig. 3. Denken wir uns durch irgendeinen Punkt *C* (Grad) der Ekliptik den Deklinationskreis *B* gelegt, so schneidet er den Äquator in einem Punkt *F* ab. Der Kreisbogen auf der Ekliptik *CD* zwischen dem Horizont (Deklinationskreis *H*) und dem Deklinationskreis *B* erhebt sich in der gleichen Zeit über dem Horizont wie der Bogen *OF* des Äquators. Dieser Bogen ist die *ascensio* der sphaera recta für den Bogen *CD* der Ekliptik. Denken wir uns im Horizont z. B. den Anfang des Widders liegend, so ist der Bogen auf dem Äquator die Rektaszension des Punktes *C* in unserem Sinn. In der stereographischen Projektion werden die Deklinationskreise Gerade, die durch den Mittelpunkt der Scheibe, der Projektion des anderen Äquatorpoles, gehen. Der Horizont *H* wird die Ost-West-Linie *P'O'*, der Deklinationskreis *B* die Gerade *B'*, die mit ersterer den gleichen Winkel bildet, den die Deklinationskreise *H* und *B* miteinander einschließen. Der von den Geraden auf dem Randkreis der Scheibe abgeschnittene Bogen ist also, in Graden gemessen, diesem Winkel gleich. Die Projektion von *C=C'* liegt also



15°

An diese schreibt man die Namen der Tierkreiszeichen und beginnt am Ostpunkt mit dem Widder nach dem Nordpunkt zu, bis man sämtliche Tierkreiszeichen angeschrieben hat. Hierauf teilt man die nach Osten zu gelegene Hälfte zwischen dem Süd- und Nordpunkt nach den Aszensionen der sphaera recta, dazu entnimmt man der (folgenden) Tabelle die Aszension eines Grades in der sphaera recta, zählt eine ihm entsprechende Größe von dem Ostpunkt nach Norden (auf dem Ring) ab und macht an dem Ende ein Zeichen; ebenso zählt man von dem Ostpunkt nach Süden. Der gefundene Punkt im Widder ist die ascensio des ersten Grades dieses Zeichens und derjenige im Fisch ist die ascensio des letzten Grades in ihm (dem Fisch). Ebenso verfährt man mit dem 2., 3. Grad usw., bis man die erwähnte Hälfte durchgeteilt hat, dann braucht man die zweite Hälfte nicht zu teilen.¹⁾ Nun ritzt man die Enden dieser Zeichen ein. Hierauf muß man großen Fleiß verwenden und die Arbeit genau prüfen, damit sich nicht ein Fehler einschleicht und eine Unrichtigkeit entsteht. Denn hierin liegt der Angelpunkt der ganzen Sache, und der größte Teil derselben neigt sich zu ihm hin (d. h. ist von ihm abhängig).

Dies ist eine Tabelle²⁾ der Aszensionen in der sphaera recta für einen Viertelkreis unter der Voraussetzung, daß der Beginn der Zählung im Frühlingsäquinoktium liegt.

An dieser Stelle schießt *Biruni* einen längeren Abschnitt ein, in dem er schildert, wie man das Astrolab zum Auffinden von Tangenten bzw. Kotangenten verwenden kann. Hier sei nur bemerkt, daß gewöhnlich nur die Kotangenten über 45° und die Tangenten von $0-45^\circ$ praktisch abgelesen werden. *Biruni* konstruiert nur erstere, geht aber weit unter 45° herunter; die Konstruktion für die Tangenten wird nur angegeben.³⁾

Unser Verfasser fährt dann fort:

Ist die Teilung des Ringes⁴⁾ fertiggestellt, so nimmt man eine Platte aus hartem Holz, oder besser aus Kupfer, das nicht reißt, sich nicht bewegt, auch durch Feuchtigkeit oder Nässe nicht beschädigt wird. Sie soll über dem Ring der Länge und Breite nach vorstehen. Auf diese Platte legt man den Ring und nagelt ihn auf deren Fläche an 4 oder mehr Stellen fest⁵⁾.

Den Mittelpunkt des Ringes bestimmt man, wie Euklid⁶⁾ im dritten Buch seiner Elemente angibt. Auf der Platte zieht man die Ost-West- und die Süd-Nord-Linie und bringt in ihrem Mittelpunkt senkrecht zur Platte einen Nagel (Stift) von gleichmäßiger Dicke an; er ist etwas

sowohl auf der Geraden *B'*, als auch auf der Projektion der Ekliptik, somit auf ihrem gemeinsamen Schnitt. Will man also umgekehrt den Punkt *C'* erhalten, so trägt man auf dem geteilten Randkreis die Rektaszension von *C* ab und projiziert den erhaltenen Endpunkt vom Mittelpunkt der Scheibe aus auf die Projektion der Ekliptik. Der Schnittpunkt ist *C'*.

¹⁾ Man nimmt die diametral gegenüberliegenden Punkte.

²⁾ Die Tabelle trägt die Überschrift „Tabelle der Aszensionen in der sphaera recta für einen Quadranten der Sphäre“. Ich gebe die Tabelle selbst nicht. Die Tabelle enthält in der ersten Kolumne die auf der Ekliptik gezählten Grade „*Darag al Sawd'*“ (vgl. C. Nallino, *Al Battāni* Bd. 2. S. 339), in der zweiten die Rektaszensionen, d. h. die Grade des Äquators (*Asman-Zeiten*, vgl. zu dieser Bezeichnung C. Nallino a. a. O. Bd. 3. S. 334; E. Wiedemann, Beiträge XXVIII S. 125). Eine solche Tabelle gibt *Battāni* (a. a. O. Bd. 2. S. 62—64). Die Aszensionen der sphaera recta sind aber bei ihm vom Anfang des Steinbocks an gerechnet, um sie mit den Zahlen von *Biruni* zu vergleichen, die vom Anfang des Widders gerechnet sind, muß man 90° abziehen (vgl. auch die Bemerkungen von C. Nallino a. a. O. S. 221). Die Zahlen bei *Biruni* und *Battāni* stimmen gut überein. Einzelne sind bei *Biruni* um eine Minute, andere um zwei Minuten größer, noch andere um eine Minute kleiner. Es rührt dies von Vernachlässigungen bei der Rechnung her. Die Abweichungen zeigen aber, daß wir es mit zwei voneinander unabhängigen Tabellen zu tun haben.

³⁾ Diese Ausführungen werden besprochen in E. Wiedemann und J. Frank „Über ein arabisches Astrolab“.

⁴⁾ Der Ring ist, wie sich aus dem Obigen ergibt, nach den Rektaszensionen der Tierkreiszeichen und deren Graden geteilt. Daneben benützt zu anderen Zwecken *Biruni* auch einen in 360 gleiche Grade geteilten Kreisring, den er auch *Dastūr* der Kreise nennt (s. w. u.).

⁵⁾ Mit „festnageln“ ist hier „befestigen“ gemeint.

⁶⁾ Euklid lib. III Proposition I (Joh. Fr. Loreuz. Euklids Elemente. 43. 1824).

länger als die Platte dick ist. Auf seinem Kopf bezeichnet man einen Punkt, der genau dem eben ermittelten Mittelpunkt entspricht.

Für die Vorrichtung fertigt man eine Alhidade an. Dazu nimmt man eine Messingplatte, deren Länge den Durchmesser des Ringes um $1\frac{1}{2}$ Finger¹⁾ übertrifft. Ihre Dicke ist so groß, daß sie sich nicht biegen und nicht krümmen kann. Die Alhidade wird dann in der in Fig. 4 angegebenen Weise zugeschnitten und die in ihrer Verlängerung durch den Mittelpunkt gehenden Ränder schneidensförmig (*musajjaf*) zugeshärft. Um den Mittelpunkt der Alhidade zieht man einen Kreis von solcher Größe, daß, wenn er ausgebohrt ist, das Loch sich gerade über den Stift (die Achse) in der Platte schiebt. — Damit ist man mit der Herstellung des *Dastūr* für die Kreise fertig.

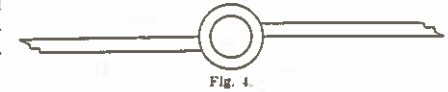


Fig. 4.

II. Anfertigung des *Dastūr* für die Durchmesser.

Wir beschreiben jetzt den *Dastūr* für die Durchmesser, dann wenden wir uns der Lösung unserer eigentlichen Aufgabe zu. Man nimmt eine viereckige Platte, die so fest ist, daß sie sich nicht biegt. Ihre Seite sei so groß, wie der größte bei der Konstruktion des Astrolabs vorkommende Durchmesser. Eine der Seiten teilt man in 120 Teile²⁾, es ist die Zahl, auf die man sich bei der Konstruktion des Sinus geeinigt hat.³⁾ Die gegenüberliegende Seite halbiert man und ritzt zwischen dem Halbierungspunkt und jedem Teilstrich des Durchmessers eine deutlich sichtbare Linie ein. Man kann auch eine Teilung in 60 Teile statt in 120 vornehmen. Die nebenstehende Fig. 5 gibt hiervon ein Bild. Über den Nutzen dieser Vorrichtung werde ich an entsprechender Stelle berichten. Wenn Gott will.

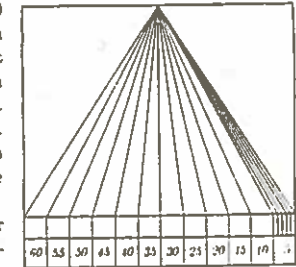


Fig. 5.

Die Verwendung dieses *Dastūr* der Durchmesser, oder wie er später auch heißt, *Dastūr* der *Muqantara* (Höhenparallelenkreise) ergibt sich aus folgendem: Aus Tabellen für die Radien der Projektion der zum Äquator parallelen Kreise berechnen sich in einfacher Weise die Radien der projizierten *Muqantara* für verschiedene Erhebungen über dem Horizont, dabei ist der Durchmesser des projizierten Wendekreises des Steinbocks beim nördlichen Astrolab gleich 60 bzw. 120 Teile gesetzt; dieser ist zugleich der Randkreis der Scheibe. Um diesen, der kleiner als die Seite des *Dastūr* sein muß, in 60 Teile zu teilen, gibt *Biruni* folgende Vorschrift:

Ermittlung der verschiedenen Maßstäbe mit dem *Dastūr* der *Muqantara*. Hierzu kehren wir zu dem *Dastūr* der *Muqantara* zurück.

Aus ihm ermittelt man den Maßstab für die Größe, nach der man das Astrolab herstellen will. Es sei Fig. 6 z. B. das Quadrat *abcd* der *Dastūr* und *gd* die geteilte Seite, *e* ist der Punkt, von dem die Linien zu den Teilungspunkten gehen; *ez* ist das Lot, das die Seite *gd* halbiert. Wir wenden uns nun zu der gegebenen Scheibe, auf der sich der Wendekreis des Steinbocks befindet. Man nimmt den Radius dieses Wendekreises in den Zirkel, setzt seinen einen Fuß (Spitze) auf den Punkt *z* und den anderen dahin, wohin er auf den beiden Seiten, auf *g* und *d* hintrifft; es seien dies die beiden Punkte *h* und *o*. Man nimmt dann *ez = zh* und *ek = zo*. ferner zieht man *jh* und *ko*, die *eg* und *ed* in *m* und *l* schneiden. Dann zieht man *lm*. Infolge der Ähnlichkeit der Dreiecke ist (falls wir von *e* nach allen Teilungspunkten von *gd* Linien ziehen) *lm* in 60 Teile geteilt und damit der Durchmesser des gegebenen Wendekreises des Steinbocks. Es ist dies der Maßstab für dieses Astrolab. (Auf diesem Maßstab erhält man dann die aus den Tabellen gefundenen Längen der Durchmesser und damit diejenigen der Radien.)

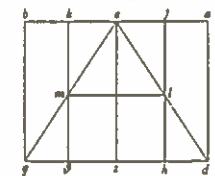


Fig. 6.

¹⁾ Es sind zusammengelegte Finger gemeint, die je etwa 2 cm messen.

²⁾ In der Figur ist nur eine solche in 60 Teilen angedeutet.

³⁾ Man teilt den Radius in 60 Teile, den Durchmesser in 120 Teile, so daß $\sin 90^\circ = 60$ ist.

III. Über die Verwendung des *Dastür* für die Kreise.

Der Nutzen des „*Dastür* für die Kreise“ liegt darin, daß man mit ihm allein (ohne Zuhilfenahme anderer Vorrichtungen) andere Kreise teilen kann und man dadurch Zeit erspart; dabei bewahrt er in hohem Maße vor dem Begehen von Irrtümern. Man füllt seinen Hohlraum mit Wachs oder Pech aus, die man in ihm schmilzt. Dabei bleibt eine so große Stelle frei, daß wenn man die Platte (des zuteilenden Kreises) mit ihrem Loch auf den obenerwähnten Stift aufsteckt, die Flächen (der Ringe und des Kreises) genau übereinstimmen.¹⁾ Die Kreisplatte, die groß oder klein sein kann, befestigt man dann sorgfältig mit Wachs oder Pech. Auf den Stift schiebt man die abgesetzte (*muharraf*) Alhidade.²⁾ Ihren inneren Rand legt man nacheinander auf die Linien (Teilstriche) des *Dastür* und zieht entsprechende Linien auf dem Kreis, dieser ist dann ebenso wie der *Dastür* geteilt.

Dies ist der Fall, da die beiden Teilungen einander ähnlich sind und denselben Mittelpunkt haben.

Ebenso verfährt man, wenn ein Punkt auf irgendeinem Kreis gegeben ist und man von ihm aus einen Bogen abtragen will, dessen Verhältnis (zum ganzen Kreis und dessen Lage) zu diesem Punkt gegeben ist. Dazu steckt man den Kreis auf die Achse des *Dastür*, dabei liegen deren Pole (Mittelpunkte) übereinander, und schiebt die Alhidade darüber. Ihren Rand legt man auf den betreffenden Punkt und macht entsprechend dort ein Zeichen. Dann greift man auf dem *Dastür* von dem Zeichen aus einen Bogen entsprechend dem obigen Verhältnis nach der vorgeschriebenen Seite ab, verschiebt die Alhidade zu dem Ende dieses Bogens, legt den Rand der

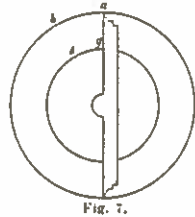


Fig. 7.

Alhidade auf dies Ende und zeichnet mit ihr eine Linie auf dem Kreis; damit ist die Aufgabe erledigt. — Es sei der *Dastür* der Kreis *ab* (Fig. 7). Man steckt die Platte *gd* auf dessen Achse. Der Punkt *g* ist der gegebene. Man will nach links einen Bogen abtragen, der sich zum ganzen Umfang wie 1 : 5 verhält. Auf die Achse steckt man die Alhidade und legt ihren Rand auf *g*, auf dem *Dastür* fällt er auf *a*. Von *a* zählt man nach links 72 Grade ab, d. h. ein Fünftel von 360°. Man kommt dabei nach *b* und legt den Rand der Alhidade auf *b*. Im Kreise *gd* fällt er auf *d*. Dort macht man ein Zeichen, *gd* ist dann ein Fünftel des Umfanges. So verhält es sich in jedem Fall. Dies ist leicht und nicht schwierig für uns.

Hat der zu teilende Kreis *K* einen anderen Mittelpunkt als die Scheibe³⁾ (exzentrisch), so zieht man auf der Platte einen Kreis *K*, von demselben Radius wie *K*, ohne ihn aber einzuritzen, und teilt ihn mittels des *Dastür* in Grade. Sollen auf dem Kreis *K*, dessen Mittelpunkt außerhalb gelegen ist, ein Bogen oder bekannte Grade abgetragen werden, so nimmt man deren Betrag in den Zirkel an der betreffenden Stelle auf dem Kreis *K*, und trägt ihn mit dieser Zirkelöffnung auf dem Kreis *K* ab. Damit ist die Aufgabe gelöst.

Dies ist der *Dastür*, auf dem die meisten Künstler bei ihrer Arbeit sich stützen. Er ist von großem Nutzen bei der Teilung des Randes des Astrolabs usw. Bei den Scheiben des Astrolabs ist es aber wichtig, daß man das Loch erst nachdem man mit dem Zeichnen sämtlicher Linien fertig ist, in ihnen anbringt, da man die betreffende Stelle vielleicht noch als den Mittelpunkt zu Konstruktionen braucht. Fehlt aber das Loch, so kann man sie nicht auf die Achse des *Dastür* stecken, um den Umlaufkreis des Widders zu teilen. Auf ihm beruht aber die ganze Ausführung und vieles, was mit dem Anfang der Zahlen der *Mugantara* in Verbindung steht, d. h. die Konstruktion des Horizonts und der *Mugantara* (der Höhenparallelen), deren Abstand vom

¹⁾ Offenbar füllt man das Innere des Kreisringes mit soviel Wachs oder Pech an, daß die Oberfläche des zu teilenden Kreises, den man in das Innere des Kreisringes gelegt hat, mit der Oberfläche des letzteren genau in eine Ebene fällt.

²⁾ Unter einer abgesetzten, abgeschnittenen (*muharraf*) Alhidade verstehen wir einen um eine Achse drehbaren Ring, an dem zwei Lineale so angesetzt sind, daß je eine Kante von ihnen in die Richtung eines Durchmessers fällt. Die anderen Kanten können entweder beiderseits dieses Durchmessers (Fig. 4) oder auf ein und derselben Seite liegen (Fig. 7). Mit der durch den Mittelpunkt gehenden Kante werden die Ablesungen gemacht, bzw. Durchmesser oder Teile von solchen gezogen.

³⁾ d. h. liegt er exzentrisch, so daß man seinen Mittelpunkt nicht durch Überschieben über die Achse mit demjenigen des *Dastür* zur Deckung bringen kann. Die Buchstaben *K* und *K*, haben wir eingefügt.

Aquator auf dem Projektionskreis des Widders von einem bestimmten Punkt aus gezählt werden, es handelt sich hierbei nur um die ganzen Grade und nicht um deren Bruchteile, es schließt sich das daran, daß bei dieser Konstruktion meist nur die ganzen Grade der Breite der Klimate zu berücksichtigen sind.¹⁾ Dieser Zahlen sind es sehr viele. Eine jede muß man sich immer wieder überlegen und wieder prüfen. Deshalb hat man einen anderen *Dastür* der Kreise hergestellt, durch den die Arbeit ebenso erleichtert wird wie durch den ersten.

Man zeichnet auf ein ebenes, gleichmäßig dickes Messingstück einen Kreis *K*, und teilt ihn in Grade ein, soweit dies möglich ist.²⁾ Durch jeden Grad zieht man den betreffenden Durchmesser. Soll nun ein Kreis *K* geteilt werden, so zieht man um den Mittelpunkt von *K*, einen nicht eingeritzten Kreis *K*, mit dem Radius von *K*, nimmt die betreffende Anzahl von Graden in den Zirkel und überträgt sie auf *K*.

Der Nutzen dieser verschiedenen *Dastür* kommt nur dem in richtiger Weise zum Bewußtsein, der sich selbst mit der Kunst (der Herstellung des Astrolabs) beschäftigt und sich einige Zeit mit ihm abmüht. Unsere Ausführungen habe der Künstler in allen Einzelheiten berücksichtigt, ferner sei Messingteil auf Messingteil gelegt, nämlich die *Hugra* (s. oben) auf die Mutter, weiter sei alles durch Feilen, Drehen und Schleifen (*hakk*) ebengebracht und mit dem Zirkel mit gekrümmten (*muharraf*) Spitzen gerichtet, endlich sei die rohe Materie so hergerichtet, daß man auf ihr Zeichnungen anbringen kann. Dann hat man nur noch die Linien zu ziehen. Man teilt den Rand in 360 gleiche Grade; an sie werden oben die Fünfer angeschrieben. Man beginnt dabei mit der Stelle, die der Mitte des Himmels (s. unten) entspricht, die an dem Loch für die Aufhängung (*Uruca*) sich befindet, nach rechts. Dann kehrt man die Mutter des Astrolabs auf den Rücken und teilt den linken Quadranten von dem *Kursi*³⁾ in 90 gleiche Teile. Mit dem Schreiben der Fünfer beginnt man hier von links und steigt zu dem *Kursi* in die Höhe, bis man die Zahl 90 erreicht hat; dies ist gegenüber dem *Kursi* der Fall. Der Rücken des Astrolabs nimmt dann die bestehende Gestalt an.

Dann nimmt man eine Anzahl Scheiben und zieht auf allen einen Kreis von gleicher Größe, dessen Umfang beinahe den Rand der Scheibe berührt. Sie (die Scheiben) sind so groß wie das Astrolab. Wir nennen diesen Kreis den Wendekreis des Steinbocks. Diesen Kreis teilt man durch zwei sich im Mittelpunkt unter 90° schneidende Durchmesser in vier Teile, und zwar geschieht dies auf beiden Seiten der Platte, so, daß die Durchmesser einander genau gegenüberliegen. Dies ist nur mit dem zusammgelegten Lineal (*al Mistar al maini*, d. h. Doppellineal) möglich. Dazu nimmt man zwei gleiche ebene Lineale, die sich so aufeinanderlegen lassen, daß ihre Flächen sich berühren und ihre Ränder aufeinanderliegen. An einem ihrer Enden verbindet man sie durch zwei Stifte. Bringt man eine ebene Fläche zwischen sie und legt ihren Rand auf den Mittelpunkt oder eine gerade Linie, verbindet ihre anderen Enden fest durch einen Ring oder einen Faden und zieht mit ihnen auf beiden Seiten der zwischen ihnen gelegten Scheibe Linien, so decken sich diese und unterscheiden sich nicht. Teilt man die obigen Scheiben mit diesem Doppellineal auf beiden Seiten in vier Teile, so kann man den zweiten Kreis auf der anderen Seite genau so mit Linien versehen wie denjenigen auf der ersten Seite, so daß sie sich genau decken. Wir nennen den einen Durchmesser Ost-West-Linie, die eine Hälfte des anderen Durchmessers Linie der Mitte des Himmels und die andere die des Pflocks (Zapfen *Watal*) der Erde.

IV. *Dastür* für die Konstruktion der Kotangenten und Tangenten usw.

Um die Kotangenten und Tangenten zu konstruieren, benutzt man die Schatten der Leiter, die *Birini* auch als *Dastür* bezeichnet. In dem einen unteren Quadranten der Rückseite des Astrolabs wird eine Teilung, wie die Fig. 8 zeigt, angebracht. Dabei sind die beiden Seiten des Quadrates *rθ* und *rh* z. B. in 12 „Finger“ geteilt. Man legt nun die Kante der einen Hälfte der Alhidade auf irgendeinen Teilstrich des Höhenkreises (*ab*) und sieht zu, auf welchen Teilstrich des Quadrates die Kante

¹⁾ Die obige Stelle haben wir sinngemäß frei übersetzt, da in der knappen Fassung *Birinis* sie ganz unverständlich wäre. Wegen der Einzelheiten sei u. a. auf die obenerwähnte Arbeit von J. Frank verwiesen.

²⁾ d. h. wenn möglich in einzelne Grade, sonst in je 5°, je 10° usw.

³⁾ Der *Kursi* ist das an das Astrolab oben angeetzte Stück *c* (s. Fig. 1).

der anderen Hälfte der Alhidade fällt, man erhält so die Kotangenten von 45° bis 90° und Tangenten von 0 bis 45° . In bezug auf alle Einzelheiten sei auf E. Wiedemann. Beiträge XVIII, Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soc. 41, 38 ff. 1909 verwiesen.

Über das Ausschneiden (Charq) der Spinne und darüber, wie man sie in ein Netz verwandelt (Taschbik).¹⁾

Wir schließen an die obigen Ausführungen Birünis über die Herstellung von Hilfsmitteln zur Teilung von Kreisen und Linien usw. noch diejenige über die Herstellung der Spinne an. Sie gibt uns einen trefflichen Einblick in die ganze Denkart Birünis und damit zahlreicher anderer Gelehrten, die sich ganz wesentlich von derjenigen der Antike unterscheiden. In den Beschreibungen der Gelehrten des Altertums tritt im allgemeinen das Persönliche sehr stark zurück, wir sehen von der Behandlung der Probleme durch die Mechaniker, wie Heron und Philon, und bis zu einem gewissen Maße durch Ptolemäus in der Optik ab, sie waren nach Ostwald „Klassiker“, bei den Arabern dagegen empfinden wir in der Darstellung eine lebhaftere Freude an dem wissenschaftlich und praktisch Erreichten, sie waren „Romantiker“. Ob hier eine na-

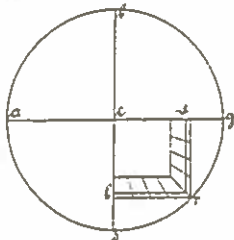


Fig. 8.

tionale Verschiedenheit vorliegt, mag dahingestellt bleiben; um Mißverständnisse zu vermeiden, sei aber erwähnt, daß gerade die größten „arabischen“ Gelehrten, wie Omar al Chajjami, Birünis nicht semitische Araber, sondern Perser bzw. Leute aus Chiwa usw. waren.

Wir wenden uns zum Ausschneiden und zum Abkratzen (Tagarrad) der Spinne. Dies muß geschehen, denn die Linien auf der Scheibe mit den Wendekreisen usw. müssen sichtbar sein und die Operationen, die auf der Spinne beruhen, abzulesen sein (es liegt die Spinne über der Scheibe). Da aber der zur Herstellung der Spinne verwendete Stoff (Metall) undurchsichtig ist, so muß man die Spinne ausschneiden und nur das, dessen man bedarf, stehen lassen; das aber, was ohne Nutzen ist, entfernen. Tut man dies unvorsichtig und ohne sorgfältige Überlegung der Verhältnisse, so lösen sich der Tierkreis und die die Sterne darstellenden Spitzen von ihrer Verbindung los und behalten nicht ihre richtige gegenseitige Lage. Daher muß man sich zunächst hievor hüten.

¹⁾ Dieser Abschnitt kommt erst etwas später. In der Leidner Handschrift steht er auf S. 65 n.

Die Spinne¹⁾ muß sich um die Achse der Scheibe drehen. Man läßt daher nur diese eine Platte *a* (Fals)²⁾ stehen, Fig. 9. Um den Mittelpunkt des Tierkreises zieht man einen Kreis *b*, der kleiner als dieser selbst ist, damit man auf ihm zwischen den zwei Kreisen die Teile des Tierkreises ziehen und deren Namen schreiben kann. Wir verbinden diesen Kreis mit der Platte durch ein geradliniges Stück *c*, das man zwischen dem Widder und der Waage stehen läßt; dabei soll der nach dem Steinbock zu gelegene Rand des Stückes sich mit der Ost-Westlinie decken³⁾ und soll sich in gerader Richtung außerhalb des Tierkreises bis zum Rand der Scheibe fortsetzen. Wir nennen dies Stück „Säule“ (Amüd). Man verbindet die Platte am Anfang des Krebses mit dem Tierkreis durch ein dünnes Stück *d*, das sich nicht über den Tierkreis hinaus erstreckt. Ebenso läßt man an dem Rand der Scheibe einen Bogen *e* (Taug) stehen, der parallel dem Steinbockkreise liegt. Mit diesem ist die Säule *c* auf beiden Seiten (durch zwei Stücke *c*₁ und *c*₂) verbunden. Dann schneidet man diesen Bogen in der Nähe der Stellen, die in der Mitte des Skorpions und des Wassermanns liegen, ab und biegt sie nach innen um⁴⁾. Durch diese (umgebogenen Stücke *s*₁) wird dieser Bogen mit dem Tierkreis verbunden. Ferner läßt man einen dem ersten Bogen *e* parallelen Bogen *e*₁ stehen, der sich innerhalb von ihm befindet. Er wird etwa gegenüber dem Ende des Widders und dem Anfang der Ahre (Jungfrau) abgeschnitten und an diesen Stellen nach außen umgebogen und mit dem ersten Bogen *e* verbunden⁵⁾.

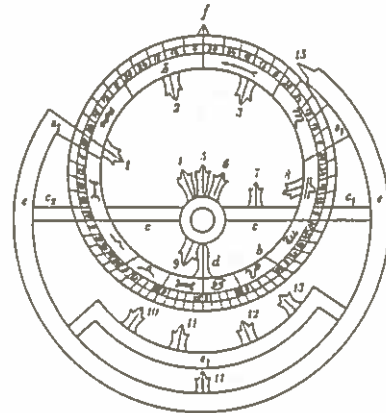


Fig. 9.

Verzeichnis der Sterne auf der Spinne des nördlichen Astrolabs.

1. „Die Schulter des Pferdes“, β equi.
2. „Der fliegende Adler“ (Altbair), α, β, γ aquilae.
3. „Der Kopf des Schlangenträgers“, α Ophiuchi.
4. „Der Nachreiter“, α cygni.
5. „Der fallende Adler“ (Wega), α Lyrae.
6. „Die Krone“ (Alfeta), α coronae.
7. „Der Unbewaffnete“, α virginis.
8. „Der Speerträger“, α Bootis.
9. „Der Unhold“ (Algol), β Persel.
10. „Die beiden Hyaden“ (Aldebaran), α tauri.
11. „Die rechte Hand des Orion“, α Orionis.
12. „Der syrische Sirius“, α Procyonis.
13. „Herz des Löwen“ (Regulus), α leonis.
14. „Der jemenische Sirius“ (Sirius).
15. „Herz (des Skorpions)“ (Antares), α scorpionis.

Dem Tierkreis der Platte *a* und den Bögen *e* und *e*₁ geben die Künstler Abmessungen⁶⁾, die entsprechend den Graden auf der *Hugra* bemessen sind, wie sie dieses gerade für schön finden. Ein jeder hält etwas anderes für schön als das, was seine Gefährten schön finden, das ist bald mehr bald weniger der Fall, je nach den Umständen und Erfordernissen. Deshalb habe ich sie (d. h. genaue Maße) nicht angegeben. Die Augen werden immer fähiger zu unterscheiden (ob etwas schön ist) und zu erreichen, daß es (das Astrolab) gefällt und Geschmack zeigt, und zwar dadurch, daß man Neues erfindet und nicht dadurch, daß man nur (alte Vorlagen) nachahmt.

Mir ist es unter allen Umständen am liebsten, wenn der Tierkreis breiter ist als die Bögen, damit das Auge zwischen beiden (ohne weiteres) unterscheiden kann. Ferner ist es nötiger, auf dem ganzen für den Tierkreis bestimmten Ring Aufschriften anzubringen als auf den Bögen. Weiter ist es mir am liebsten, wenn die Säule *c* dünner ist als alle anderen Stücke und ebenso die Stelle, die die Verbindung zwischen dem ersten Bogen *e* und dem Tierkreis an der Umgebungsstelle *s*₁ herstellt.

Könnten wir eine Methode finden, bei der der ganze Umfang (d. h. der geteilte äußere Rand) des Tierkreises sichtbar wäre und bei der nichts uns dessen Rand verbürge⁷⁾, so würden wir sie energisch in Angriff nehmen; finden wir aber eine solche Methode nicht, so müssen wir eifrig danach streben, die Verbindungsstücke möglichst dünn und fein zu machen, damit die Stücke, die die (darunter befindlichen Linien der Scheiben) verdecken, möglichst klein sind. Haben wir das eben Geschilderte sorgfältig ausgeführt, so bringen wir die (Projektionen der) nördlichen Sterne im Innern des Tierkreises an. Wir schneiden die Ränder der (Fals) (*a*) und die Ränder der Säule (*c*) aus. Die südlichen Sterne werden an den beiden Bögen (*e* und *e*₁) angebracht.

¹⁾ Die Endgestalt der Spinne ergibt sich aus Fig. 9.

²⁾ Die Buchstaben und Zahlen in der Figur stehen nicht im arabischen Text.

³⁾ In der Figur ist es so gezeichnet, daß der dem Krebs zu gelegene Rand der Ost-Westlinie entspricht.

⁴⁾ Eine Umbiegung zeigt die Figur auf der linken Seite; auf der rechten ist die Verbindung durch ein Zwischenstück *s*₁ hergestellt, über das der Bogen noch etwas herübragt. Auf diesem Ende steht *Qalb* (Herz) es ist wohl zu ergänzen „al 'Aqrab“ „des Skorpions“.

⁵⁾ Außer den eben beschriebenen Teilen der Spinne sind noch eine Anzahl von kleinen Spitzen, die sich an sie ansetzen, gezeichnet; diese Spitzen geben die Stellen an, auf denen diejenigen Sterne in der Projektion liegen, deren Namen auf den Ansatzstellen oder neben ihnen verzeichnet sind.

⁶⁾ Hier ist die durchaus persönliche Schilderung und Behandlung (der Herstellung der Spinne) zu beachten.

⁷⁾ Birünis meint damit offenbar, daß die an den Rand des Tierkreises angesetzten Verbindungsstücke *c*₁, *c*₂, *s*₁ verhindern, die unter ihnen liegenden Linien der Scheiben zu sehen und an ihnen die augenblickliche Stellung derjenigen Grade des Tierkreiszeichens, an die die Verbindungsstücke anstoßen, abzulesen.

Für die Sterne, die auf den stehengebliebenen Stücken liegen, bohren wir ein kleines Loch an der Stelle, auf die der Stern projiziert ist. Dabei ist aber die Lage der Bögen und der Säule keine unabänderlich fest bestimmte, denn sonst wäre es nicht möglich, etwa die betreffenden Sterne von deren Oberfläche zu entfernen¹⁾. Der Künstler aber krümmt sie, biegt sie und gestaltet sie so, daß sie zu einander harmonisch passen, wobei er mit feinem Geschmack verfährt, um eine möglichst schöne Figur und ein möglichst vollkommenes und ähnliches Abbild zu erhalten. So macht der Künstler manchmal die beiden *Nasr*²⁾ (Adler) zu zwei Vögeln; die Projektionen der Sterne liegen auf den Enden der beiden Schnäbel, ferner so, daß die Hand der Zwillinge (Arion) durch den Zeigefinger einer Hand dargestellt wird, die ihre Finger zusammenkrallt, und ebenso verfährt er bei den übrigen Sternen.

Dann feilt man die Scheibe aus und läßt nur eben soviel stehen, daß man ein Netz erhält. Dann schreibt man den Namen eines jeden Sternes auf das Stück, mit dem er mit dem Tierkreis bzw. den Bögen e und e_1 zusammenhängt. Den äußeren Rand des Tierkreises feilt man zu einer Schneide (*musaujjuf*, einem Schwert) kegelförmig³⁾ zu, um auf ihm die Teilung für die Tierkreiszeichen zu ziehen. An dem Anfang des Steinbocks läßt man einen vorspringenden Stift f (*Schazijn*) stehen, der als Zeiger dient. Ferner bringt man an einer passenden, an sonst nicht benützten Stellen auf den Bögen einen Haken (*Mihrak*) an⁴⁾, den man anfaßt und mit dem man die Spinne dreht. Er springt vor, so daß zwei Finger ihn fassen können. Dann stellt man den Rücken der Alhidade her, sei es daß diese zugeschärft oder vollkommen ist, mit zwei in ihren Mitten durchbohrten Klötzen (*Libna*), ferner die Achse und das Pferd⁵⁾ (*Faras*) sowie den Ring. Jedes bringen wir an seine Stelle. Damit ist für uns das nördliche Astrolab durch die dazu unumgänglich nötigen Arbeiten vollendet.

Das Folgende ist ein Bild der nördlichen Spinne.

Bemerkung: Die einfachste Form der Spinne für das nördliche Astrolab gibt Fig. 9. Ganz ähnliche Spinnen finden sich auf zahlreichen noch erhaltenen Astrolabien. Bei manchen sind aber die Bögen und Verbindungsstücke auf das mannigfachste gebogen und verschnörkelt, vgl. z. B. *W. Morley, Description of a Planispheric Astrolabe 1856. Platte XVI.*

Eine ganz ähnliche Form hat die Spinne bei dem südlichen Astrolab. Anders ist dies bei Astrolabien, die aus einer Vereinigung des nördlichen und südlichen Astrolabs entstehen. Bei ihnen wird ein Teil der Tierkreiszeichen vom Südpol, ein anderer vom Nordpol aus projiziert. Dabei können die projizierten Tierkreise gleichen oder verschieden großen Kugeln zugehören. Die projizierten Stücke des Tierkreises hängen dann nicht mehr in allen Teilen zusammen, aus ihnen und den sie verbindenden Stücken, die manchmal in passender Weise gebogen sind, kann dann der Künstler die mannigfachsten Gestalten entstehen lassen. So zeigt die Spinne die Gestalt einer Quitte und eines Myrthenblattes, ferner diejenige eines Fisches, Krebses, Büffel- und Stierkopfs, einer Schildkröte, einer Muschel, eines Gefäßes für

¹⁾ *Biruni* meint, es ist im ganzen zweckmäßiger, wenn die Stellen, auf die die Sterne projiziert werden, nicht auf der Oberfläche der Bögen usw. liegen, da sie sich dann weniger leicht auf die verschiedenen Kreise der darunter liegenden Scheiben einstellen lassen. Sie würden aber gegebenenfalls stets auf die Bögen fallen, falls diese eine feste bestimmte Lage hätten.

²⁾ Die Araber bezeichnen 2 Gestirne mit dem Namen *Nasr* oder Adler, nämlich *al Nasr al fa'ir* den fliegenden Adler, der aus mehreren Sternen von unserem Sternbild des Adlers besteht (*Mithair*) und *al Nasr al wa'iq* den fallenden Adler, α Lyrae, Wega.

³⁾ Der äußere Rand des Tierkreisrings ist abgeschragt. Auf dieser schiefen Fläche sind die Grade der Tierkreiszeichen gezeichnet. Der senkrechte Schnitt durch den Ring bildet einen abgestumpften Kegel.

⁴⁾ An manchen Astrolabien sind statt des erwähnten Hakens ein oder mehrere Knöpfe angebracht.

⁵⁾ Das Pferd ist ein Stift, der quer durch die Achse gesteckt wird, um sie festzuhalten; man gibt dessen Ende die Gestalt eines Pferdekopfes. Die Klötze mit ihren Löchern sind die Absenken, durch die die Sterne anvisiert werden.

Narzissen, eines Kruges, eines mit Silberpunkten versehenen Anemonenblattes, ferner von Bäumen und noch anderen als den oben erwähnten Tieren.

Aber auch noch ganz andere Gestalten, durch besondere Projektion, haben die arabischen Gelehrten der Spinne gegeben. Vgl. *Frank, Sitzungsber. d. Phys.-Med. Soc. 51. 275. 1919.*

Zusammenfassung.

1. Nach *Biruni* werden Vorrichtungen beschrieben, um Kreise in bestimmter Weise zu teilen, bzw. gegebene Bögen auf ihnen abzutragen. Man hat hierin die einfachste Form der Teilmaschine bzw. des Transporteurs.

2. Wird eine Vorrichtung geschildert, um Strecken verschiedener Länge in vorgelegter Weise nach ein und demselben Maßstab zu teilen.

3. Wird ein zusammenklappbares Doppellineal beschrieben, um beide Seiten einer Scheibe in genau gleicher Weise zu teilen. Auch wird ein Zirkel mit gekrümmten Spitzen erwähnt, der wie an anderer Stelle hervorgeht, zum Ziehen von Kreisen auf Kugelflächen besonders geeignet ist.

4. Wird die technische und künstlerisch sehr interessante Schilderung der durchbrochenen Spinne des Astrolabs eingehend mitgeteilt.

Zusatz.

Zur Ergänzung der oben mitgeteilten Angaben über technische Hilfsmittel der Feinmechanik bei den Arabern fügen wir noch die folgenden hinzu. Sie finden sich in einer anonymen Berliner arabischen Handschrift (Spr. 1872, Ahlwardt-Katalog Nr. 5857) über Beobachtungsinstrumente gelegentlich der Behandlung der (zu astronomischen Betrachtungen dienenden) Kugel. Wahrscheinlich rührt dieses Kapitel von *Marrakusch* († etwa 1282) her, dessen Werk nach einer Pariser Handschrift von *Sédillot* vielfach benutzt wurde. (Vgl. *H. Suter* Nr. 368, Mathematiker usw., *Abh. z. Gesch. d. math. Wiss. X. Heft, 1900.*)

1. Führung eines sich drehenden Ringes und seine Arretierung.

Um gewisse astronomische Vorgänge darzustellen, dient folgende Vorrichtung:

Ein in Grade geteilter Ring R_1 , dessen innerer Radius $= r$ und dessen äußerer $= r + b$ ist, dient als Horizont. An 2 diametral gegenüberliegenden Stellen, die als Nord- und Südpunkt gelten, sind 2 rechteckige Einschnitte gemacht, deren Tiefe $= \frac{1}{2} b$, deren Weite gleich der Dicke von R_1 ist. Unterhalb R_1 wird senkrecht zu ihm an 2 um 90° von dem Nord- und Südpunkt abstehenden Punkten, dem Ost- und Westpunkt, ein Halbring R_2 , von der Breite und Dicke des Ringes R_1 angelötet. In der Mitte von R_2 findet sich der gleiche Einschnitt wie in R_1 . Der tiefste Punkt dieses Einschnittes ist von dem Mittelpunkt des Horizonts um $r + \frac{b}{2}$ entfernt. In diesen Einschnitten als Führung dreht sich ein in Grade geteilter Ring R , der als Meridian aufzufassen ist. Sein innerer Durchmesser ist r , sein äußerer $r + \frac{b}{2}$, seine Dicke gleich der Weite des Einschnittes. An 2 diametral gegenüberliegenden Stellen dieses Ringes ist ein Achsenlager so tief eingelassen, daß der Mittelpunkt der Achse in die eine Oberfläche von R_2 zu liegen kommt. Um die Achse selbst dreht sich eine Kugel, deren Radius etwas kleiner als r ist. Auf der Kugel sind Äquator, Ekliptik und eine Reihe von Sternen eingezeichnet. Um den Meridianring und damit die Kugel in jeder Lage gegen den Horizont festzustellen, wie sie Beobachtungen unter verschiedener Breite erfordern, sind auf der unteren Hälfte von R_2 in den Gradteilen Löcher gebohrt, in die die Spitze (*mingär* = Schnabel) eines länglichen Metallstücks von beistehender Form eingreift Fig. 10. Je ein solches Metallstück ist bei dem Süd- und Nordpunkt des Horizonts um eine vertikale Achse drehbar angebracht. Wir haben also eine Arretierung, die *mamsaka* genannt wird¹⁾.



Fig. 10.

¹⁾ Wegen einer anderen Art der Führung eines sich drehenden Ringes sei verwiesen auf *J. Frank, Arch. f. Gesch. d. Med. u. Naturw. 1921.*

2. Verwendung der Drehbank zum Zeichnen von Kreisen.

Um auf der Kugel den Äquator bzw. den Tierkreis zu zeichnen, befestigt man die Kugel in den Polen dieser größten Kreise auf der Achse des „Instrumentes zum Drehen (*nilat al chart*)“ und zieht dann in gewöhnlicher Weise die Kreise. Ebenso kann man auch die Breitenkreise usw. konstruieren, wenn man die Lage ihrer Pole auf der Kugel kennt. Daß zur Herstellung verschiedener astronomischer Instrumente und physikalischer Apparate, wie der zur Bestimmung der Brechung des Lichts von *Ibn al Haitam* der Drehbank ähnliche Vorrichtungen benutzt wurden, geht aus verschiedenen Stellen hervor, dort heißt die Drehbank *schahar* (s. oben).

3. Ein Bogenmaß.

Zum Messen von Bögen größter Kreise auf einer Kugel dient ein in 90° geteilter Quadrantbogen, dessen Radius gleich dem der Kugel ist. Man legt diesen Quadranten längs des zu messenden Bogens an die Kugel und kann an dem Quadranten die Bögen unmittelbar ablesen. Legt man das eine Ende des Quadranten (den 90°) z. B. auf das Zenit unseres Horizonts und den Quadranten durch den betrachteten Stern, so kann man an dem Quadranten die Höhe ablesen, während sein anderes Ende das Azimut liefert.