

# Zur Geschichte des Astrolabs.

Von Josef Frank.

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

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

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

Die Figuren der Scheiben wurden neu konstruiert.

Die nachfolgenden Abkürzungen sind für die regelmäßig angeführten Quellenschriften gebraucht:

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

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

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

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

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

Stundenlinien die seit Sonnenaufgang bzw. -untergang verflossenen Stunden angeben.

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

Mit dem Astrolab kann man die Sterne in diesen Hauptstellungen unmittelbar bestimmen. Man braucht nur nachzusehen, welches Gestirn bei der betreffenden Lage der Spinne auf dem Ost- oder Westteil des Horizonts, auf dem oberen oder unteren Teil der Meridianlinie, die der senkrechte Durchmesser der Scheibe ist, liegt. Um der Spinne die Lage geben zu können, die der augenblicklichen Stellung der Himmelskugel entspricht, muß man eines der oben angeführten astronomischen Daten kennen, sei es z. B. die Höhe eines Sternes oder der Sonne über dem Horizont, sei es die Stunde, die seit Aufgang der Sonne verflossen ist. Man legt durch Drehung der Spinne den Stern auf die der Höhe entsprechende Muqantara, oder bei Angabe der Stunde, und zwar der der Nacht, die Stelle der Sonne im Tierkreis, und bei der des Tages den dieser Stelle diametral gegenüberliegenden Punkt auf die betreffende Stundenlinie. Die Spinne zeigt dann die verlangte Lage. Außer diesen wenigen angeführten Problemen kann eine ganze Reihe anderer astronomischer und astrologischer mit dem Astrolab mechanisch, fast ohne Rechnung, gelöst werden. Gábir b. Hájján al Sûfi zählt in einer uns nicht mehr erhaltenen Schrift 1000 solcher auf. Wie bei den in anderen bekannten Schriften angegebenen Aufgaben ist wohl auch hier eine große Anzahl derselben im Grund genommen nicht voneinander verschieden, andererseits dürften viele andere mit dem Astrolab wenig oder überhaupt gar nicht zusammenhängen. Auf Einzelheiten sei hier nicht eingegangen.

## Entwicklungsgeschichte des Astrolabs.

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

nach Kleinasien gefunden hat, auf der gleichen Entwicklungsstufe.

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

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

Zeit keiner der Gelehrten das Prinzip der Konstruktion an den Linien auf dem Astrolab dargelegt und ihre Richtigkeit bewiesen habe. Man habe sich bisher begnügt, Vorbilder mechanisch nachzuahmen und an der Richtigkeit der Konstruktion des Astrolabs nicht zu zweifeln, da die mit ihm erhaltenen Lösungen von Aufgaben mit den errechneten oder den mit der Armillarsphäre gewonnenen übereinstimmen. Aus der Schrift geht hervor, daß *Farjānī* die Schrift des Ptolemaeus nicht gekannt hat, wohl aber kannte er seine Schrift „Analemmen“ und „Syntax“ (Almagest). Für das Interesse, das die Araber dem Studium des Astrolabs entgegenbrachten, spricht ferner, daß sie sich nicht mit der von ihren Vorgängern übernommenen Form begnügten, bei der der nördlich vom Wendekreis des Steinbocks gelegene Teil der Himmelskugel auf eine zum Himmelsäquator parallele Ebene oder auf ihn selbst vom Südpol aus projiziert wird. Sie zeichneten auch die stereographische Projektion des südlich vom Wendekreis des Krebses gelegenen Teils der Himmelskugel vom Nordpol auf die gleiche Ebene und nannten ein so entstandenes Astrolab das südliche, das andere das nördliche Astrolab. Wann das südliche entstanden ist, läßt sich nicht mehr nachweisen, jedenfalls aber schon vor *Farjānī*, der auch für dieses Astrolab die Theorie gibt. Die Spinne des südlichen Astrolabs unterscheidet sich von der des nördlichen dadurch, daß die Punkte der Projektionen der Fixsterne, die hier innerhalb des Himmelsäquators liegen, dort außerhalb zu liegen kommen und umgekehrt. Dementsprechend liegen beim südlichen Astrolab die nördlichen Tierkreiszeichen außerhalb des Äquatorkreises, die südlichen innerhalb und an der Stelle der Ekliptik, an der beim nördlichen Astrolab der Anfang des Steinbocks liegt, ist hier der Anfang des Krebses, an dem sich hier der Zeiger befindet. Während auf der nördlichen Scheibe die Muqantara sich alle als Kreise projizieren, projiziert sich auf der südlichen die durch den Projektionspol gehende Muqantara als eine gerade Linie, zu der die Projektionskreise der anderen Muqantara's so liegen, daß ihre konvexe Seite der Geraden zugekehrt ist. Die Linien der Stunden und der Gebetszeiten sind auf beiden Formen gleich gelegen. Auch unterscheidet sich die Art und Weise, der Verwendung der beiden Astrolabien voneinander nicht.

### Abarten des Astrolabs.

Die Araber konstruierten ferner sogenannte „Mischastrolabien“. Die Beschreibung und Abbildungen dieser und aller anderen im folgenden angeführten Abarten der Astrolabien findet sich in dem bisher nur handschriftlich vorhandenen Werk *Bîrûnîs* (973–1048) „Eingehende Behandlung aller möglichen Methoden für die Herstellung des Astrolabs“, in dem *Bîrûnî* wohl alle bis zu seiner Zeit bekannten Astrolabformen zusammengefaßt hat. Er gibt meist nur eine Beschreibung der einzelnen Formen und geht nur selten auf die Konstruktionsmethode ein. In dem Vorwort hebt er hervor, daß er keine Beweise geben will<sup>1)</sup>. Die Mischastrolabien wurden nach den Gegenständen benannt, an die die Gestalt der Spinne insbesondere die des Tierkreises erinnert. Die äußere Form des Astrolabs unterscheidet sich dabei nicht von der des gewöhnlichen Astrolabs.

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

<sup>1)</sup> Einen Auszug aus diesem Werk hat *Hasan b. 'Ali b. 'Omar al Marrakûti*, der im 13. Jahrhundert lebte, in seiner „Abhandlung über die astronomischen Instrumente der Araber und ihren Gebrauch zu den verschiedensten Beobachtungen“ gemacht, der z. T. von L. A. M. Sédillot in *Mémoire sur les instruments astronomiques des Arabes* (Mém. prés. p. div. sav. des inscriptions et belles-lettres T. I. 1814, p. 181–183) übersetzt ist. Wegen der Einzelheiten sei auf meine vollständige Arbeit hingewiesen.

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

Fig. 1.

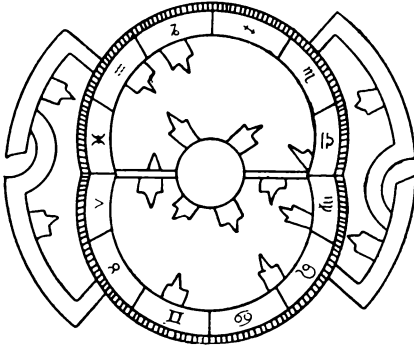


Fig. 2.



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

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



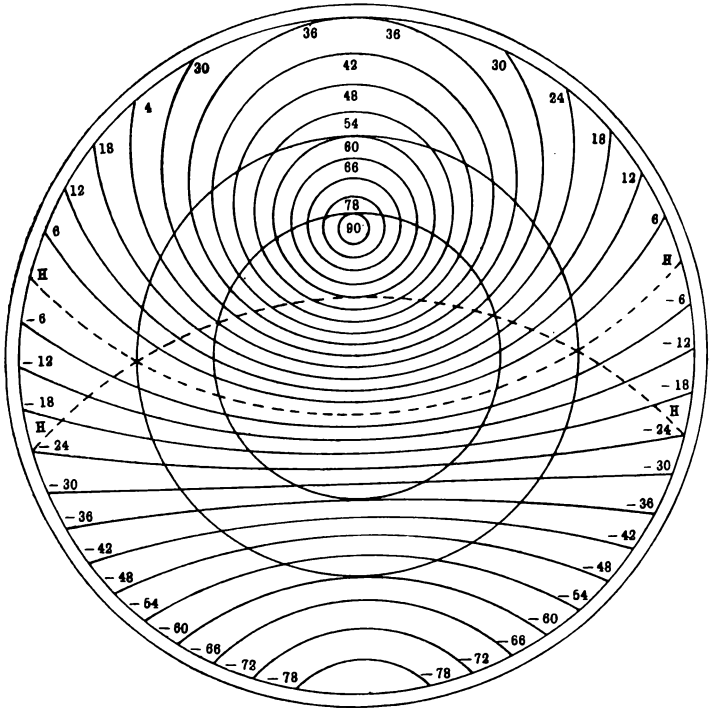
liche Spinne verwendbar ist. *Bîrûnî* zeichnet auf ihr nur die Muqantara's, wohl um zu vermeiden, daß durch die Linien der Azimute und der Stunden das Bild der Scheibe unübersichtlich und dadurch ihre Beputzung allzusehr erschwert wird. An anderem Orte, vergl. die vollständige Veröffentlichung, wird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

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

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

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

Fig. 3.



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

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

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

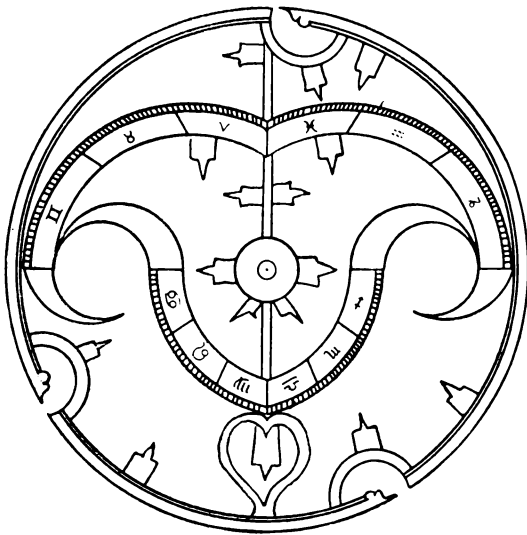
Aus diesen beiden Hauptformen leiten sich eine Reihe anderer Mischastrolabien ab. Die Gestalt der Spinne d. h. des Tierkreises auf ihr entsteht dadurch, daß die einzelnen Zeichen in einem gewissen Wechsel dem des trommel- und dem des myrtenförmigen Astrolabs entnommen werden. Das einfachste von diesen ist das krebsartige (*musartan*) Astrolab, das von *Nasîrîlus*<sup>1)</sup> herrühren soll. Die Spinne des einfachen Astrolabs wird durch die beiden Durchmesser der Scheibe, die durch den Anfang des Krebses und Steinböcks und den des Widders und der Wage gehen, in 4 Quadranten zerlegt, in die je einer der 4 Ekliptikquadranten fällt. Im Wechsel wird der eine Quadrant der nördlichen, der andere der südlichen Spinne entnommen, einschließlich der in diese Quadranten fallenden Projektionsorte der Sterne. Beim krebsartigen Astrolab gehören der Frühlings- und Herbstquadrant der südlichen Spinne, der Sommer- und Winterquadrant der nördlichen an<sup>2)</sup>. Auch bei dieser Form der Spinne folgen sich die einzelnen Tierkreiszeichen in der natürlichen Reihenfolge. Da der Anfang vom Steinbock und Krebs und das Ende von Zwillinge und Schütze auf demselben Durch-

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

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

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

Fig. 4.

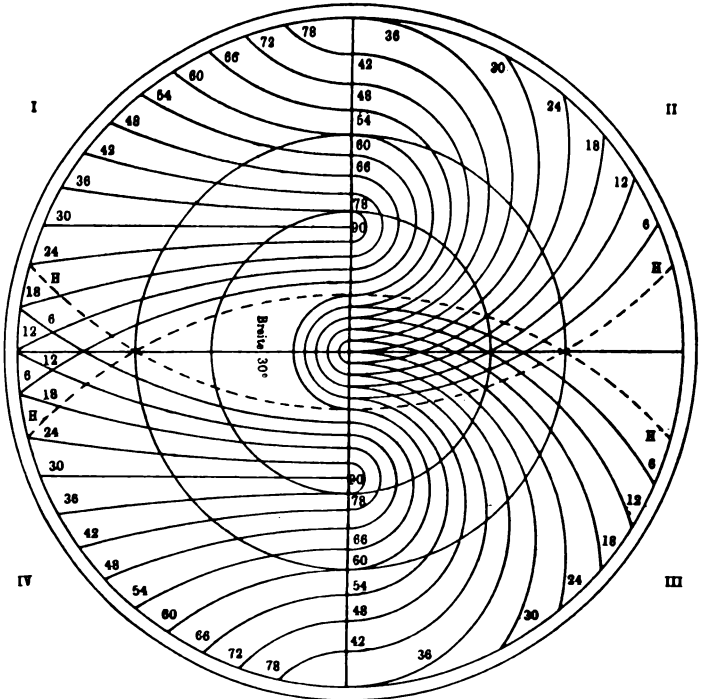


den Linien der darunter befindlichen Scheiben nicht genau festgestellt werden. Doch haftet dieser Übelstand der vorliegenden Spinne im geringeren Maße als den meisten anderen Formen an.

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

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

Fig. 5.



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

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

liegenden Schnittpunkts der Muqantara der Erhebung mit dem Meridian, die um  $h^0$  auf der Himmelskugel vom Horizont absteht, gleich ist der Entfernung des zwischen Mittelpunkt der Scheibe und dem Projektionspunkt des Nadirs gelegenen Schnittpunkts der Muqantara der Depression, die um  $h'$  vom Horizont absteht, zwischen  $h$  und  $h'$  die Beziehung besteht:

$$h' = 180^0 - 2\varphi - h.$$

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

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

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

Die Verwendung dieses Astrolabs ist im großen und ganzen die gleiche wie die des vorhergehenden. Man muß den Stern oder das Tierkreiszeichen auf den Quadranten der nördlichen oder den der südlichen Scheibe legen, je nachdem das Gestirn der nördlichen oder südlichen Spinne angehört. Dabei ist zu beachten, daß die Muqantara's der einen und der anderen Scheibe nur zur Hälfte gezeichnet sind. Mißt man z. B. die Horionthöhe der Sonne, wenn sie im Frühlingsquadranten nach Mittag steht, und will man dementsprechend die Spinne einstellen, so käme die der Sonne entsprechende Stelle der Ekliptik im II. Quadranten auf die Muqantara's der Erhebung des nördlichen Astrolabs zu liegen, während der Frühjahrsquadrant dem südlichen entnommen ist. Man muß die Scheibe um  $180^0$  drehen, der dem II. diametral gegenüberliegende IV. Quadrant rückt an dessen Stelle. Die auf dem IV. gezeichneten Muqantara's der Depression für das nördliche Astrolab sind in der neuen Lage solche der Erhebung für das südliche. Der Sonnengrad fällt dann auf die entsprechenden Muqantara's. Ähnlich ist zu verfahren wenn die Sonne bzw. ihr Grad der nördlichen Spinne angehört und er bei der Einstellung auf Muqantara's der südlichen Scheibe zu liegen kommt.

Es gibt auch eine Reihe anderer Mischastrolabien, bei denen die einzelnen Zeichen des Tierkreises im Wechsel bald dem trommelförmigen, bald dem myrtenblattförmigen Astrolab entnommen sind. Dadurch erhält der Tierkreis auf der Spinne besondere Formen, die durch Einzeichnung von Verbindungsstücken noch stärker zum Ausdruck gebracht werden. Nach diesen Formen werden die Astrolabien benannt. Es sind dies das fischförmige, das *Abû Sa'îd Ahmed b. Muḥ. Ibn 'Abd al Ġalîl al Siġzî* (951—1024; Suter Nr. 185) konstruiert hat, das narzissengefäß- (al nargisâni), muschel- (al ṣadafi), krug- (al bâṭi), stier- (al tûri), büffel- (al ġâmûsî) und schildkrötenförmige (al salḥafi) Astrolab. *Bîrûnî* gibt von ihnen außer der Abbildung, die er dem Werke des *Abû Sa'îd al Siġzî* „die Normen der Mischformen des nördlichen Astrolabs mit dem südlichen“<sup>1)</sup> entnommen hat, eine ganz kurze Beschreibung. Auf diese Astrolabformen soll hier nicht näher eingegangen werden. Von besonderem Scharfsinn zeigt das von *Abû Sa'îd al Siġzî* konstruierte anemonenförmige (al schaqâ'iqî) Astrolab, das aus dem krebsförmigen hervorgegangen ist. Während bei diesem der Tierkreis unterbrochen ist, ist er bei dem anemonenförmigen ein zusammenhängendes Stück. *Siġzî* hat dies erreicht, indem er sein Astrolab aus zwei (krebsförmigen) zusammensetzte, die zueinander in einem bestimmten Größenverhältnis stehen. Wegen der Einzelheiten, der Konstruktion, der dazugehörigen Scheibe, verweise ich auf meine vollständige Arbeit.

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

Ein ganz besonderes Interesse bietet das kahnförmige (al zauraqî) Astrolab des *Abû Sa'îd al Siġzî*, weil bei seiner Konstruktion der damals allgemein angenommene geozentrische

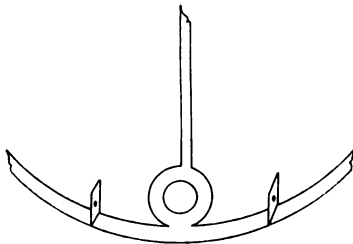
---

<sup>1)</sup> Vielleicht ist diese Schrift identisch mit der „Über das Astrolabium“, die *Ḥāġġî Chalfa* (III, 366) dem *'Abû Sa'îd al Siġzî* zuschreibt. Beide Schriften sind nicht erhalten.



Standpunkt bewußt verlassen ist, indem der Horizont beweglich gemacht ist<sup>1)</sup>. Es besteht aus einem festen und einem beweglichen Teil. Ersterer ist die Scheibe des nördlichen Astrolabs ohne die Azimutallinien. Auf ihr finden sich ferner die Projektionen des Tierkreises und der Fixsterne, wie sie die Spinne des nördlichen Astrolabs zeigt. Um den Tierkreis besonders deutlich zu machen, ist er farbig gezeichnet, oder sind die Muqantara's beim Eintritt in ihn bezw. Austritt aus ihm unterbrochen. Der bewegliche Teil ist ein aus einer Metallplatte ausgeschnittener

Fig. 6.



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

<sup>1)</sup> Vergl. hierzu E. Wiedemann, *Mittel. z. Gesch. d. Med. u. Naturwissenschaften* Nr. 46, Bd. XI, Nr. 2. 1912.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Zu den ebenen Astrolabien gehört auch das „melonenförmige“ (al mubattâch) Astrolab. Es dürfte neben dem nördlichen das älteste Astrolab sein; denn im Fihrist (Suter, Fihrist S. 27) ist von *Faxârî*, der Mitte des 8. Jahrhunderts lebte und der erste Muhammedaner war, der Astrolabien verfertigte, berichtet, daß er auch ein mubattâch-Astrolab konstruierte. Nach dem Prinzip, auf dem die Konstruktion dieses Astrolabs beruht, haben die Araber Sternkarten hergestellt, deren Konstruktion *Bîrûnî* in seiner Chronologie der alten Völker<sup>1)</sup> beschreibt.

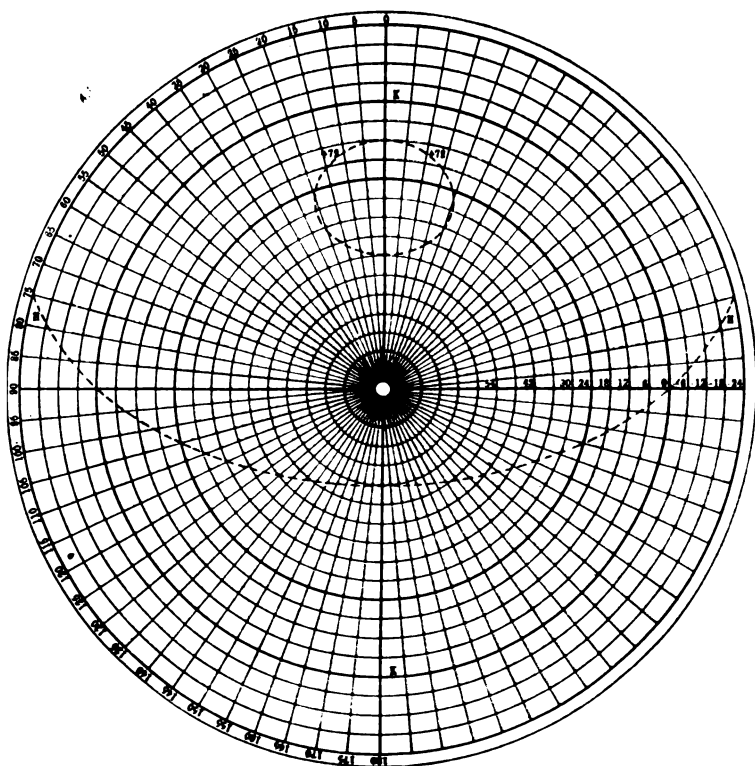
Wegen seines allgemeinen Interesses sei das abgeflachte Astrolab etwas ausführlicher beschrieben. Es besteht wie das gewöhnliche aus einer festen Scheibe, auf der der Horizont mit seinen Parallel- und Vertikalkreisen, die Stundenlinien u. s. w. gezeichnet sind, und einer beweglichen, der Spinne, mit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

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

<sup>2)</sup> Dieses System wurde in früheren Zeiten bei der Kartographie vielfach verwendet. Man nennt es die polaräquidistante Projektion. Nach Fiorini (M. Fiorini, *Bolletino d. Soc. geogr. italiana*, Rom 1891, p. 287—295) hat sie der Kosmograph Giovanni Vespucci (geb. 1451, gest. 1512) unabhängig von anderen erfunden. Sie wurde von Mercator in seiner großen Weltkarte von 1569 angewendet und seitdem wiederholt von Verschiedenen benutzt. S. auch: *De compositione astrolabii geographici seu speculi orbis* in Gr. Reisch, *Margarita philosophica*, Basel 1583, p. 1330—1338. Eine mathematische Betrachtung dieses Systems findet sich u. a. auch in N. Herz. *Lehrbuch der Landkartenprojektion*. S. 96. 1885.

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

Fig. 7.



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

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

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

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

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

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

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

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

wenn  $\varphi$  die Breite des Ortes ist, für den die Scheibe konstruiert wird.

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

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

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

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

(p. 23, 180, wenn statt  $\varepsilon$  das allgemeine  $d$  genommen wird) und

$$H = (90^\circ - \varphi \pm d) \text{ (p. 30, 189).}$$

Um auf unsere Form zu kommen, setzt man:

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

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

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

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

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

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

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



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

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

Fig. 8.

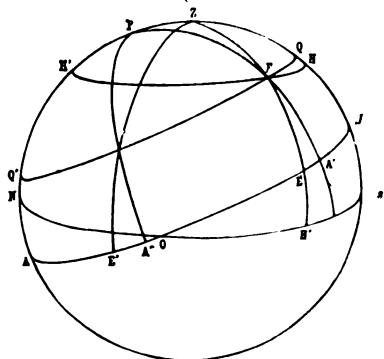
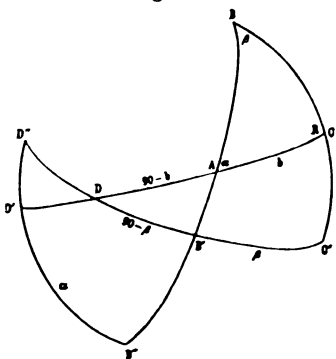


Fig. 9.



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

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

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

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

da  $b = \varphi$  ergibt sich:

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

das ist die erste Formel<sup>1)</sup> von *Birûni*;  $\beta$  nennt er die „gemerkte Größe“. Um zu seiner zweiten zu kommen, ist aus dem Dreieck Z E J (Fig. 8) mit Hilfe von  $\alpha$  und  $\beta$  die Seite E J =  $x$ , der zwischen Azimutalkreis und Meridian gelegene Äquatorbogen zu berechnen. Das Kompl. dieses Bogens nennt *Birûni* die mittlere Aszension (=  $m$ ).

Nach der eben für das rechtwinklige Dreieck abgeleiteten Formel ist:

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

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

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

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

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

oder die abgekürzten Werte eingesetzt:

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

es sei  $\alpha =$  Ausgleich  $c$ ,  $b =$  Dekl.  $d$ , so ergibt sich:

<sup>1)</sup> Es sei bemerkt, daß *Birûni* nicht Formeln gibt, sondern ihren Inhalt in Sätze kleidet.

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

die dritte Formel von *Birûnî*.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Da von keinem dieser Astrolabien die Rückfläche besprochen

---

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

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

Die Besprechung der ebenen Astrolabien kann nicht abgeschlossen werden, ohne das Astrolab des *Zarqâlî* (er lebte ungefähr 1029—1087, Suter Nr. 255) zu erwähnen, das zwar jünger ist als die oben angeführten Instrumente, aber in Europa unter dem Namen Saphaea (al ṣafiha al zarqalija, Scheibe des Zarqâlîs) große Bedeutung gewonnen hat. Es besteht nur aus einer einzigen Scheibe, auf die der Himmelsäquator und die Ekliptik mit ihren Parallel- und Vertikalkreisen vom Anfangspunkt des Widders oder der Waage aus auf die Ebene des Solstizialkolurs projiziert sind. Da der Widderpunkt bzw. Waagepunkt zugleich der Ost-, Westpunkt eines jeden Horizonts ist, gilt die Scheibe für alle Breiten. Der Horizont selbst projiziert sich als eine durch das Projektionszentrum gehende gerade Linie, die durch ein um den Mittelpunkt drehbares und mit Teilungen versehenes Lineal dargestellt wird. Mit Hilfe der Gradteilung auf dem Rand der Scheibe kann dem Lineal jede Lage gegeben werden entsprechend der Stellung, die der Horizont auf der Himmelskugel gegenüber dem Äquator einnimmt. Der Rücken ist im allgemeinen der des gewöhnlichen Astrolabs, nur befindet sich auf ihm noch ein kleiner Kreis, durch den der Lauf des Mondes dargestellt werden kann. Auf die Verwendung des Instrumentes kann hier nicht eingegangen werden<sup>1)</sup>.

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

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

<sup>1)</sup> Vergl. A. Wittstein, Zeitschr. f. Math. u. Phys. Hist.-lit. Abhlg. 39, 81. 1894.

<sup>2)</sup> J. Würschmidt, Joh. Veneri De triangulis sphaericis libri IV. De meteoroscopiis libri VI. Leipzig 1913.

des 13. Jahrhunderts lebte (Suter Nr. 333). Es ist ein Lineal, auf dem die Schnitte der Meridianebene mit der Zeichnungsebene des gewöhnlichen Astrolabs vermerkt sind. Mit dem Lineal sind Fäden zum Messen bestimmter Winkel verbunden<sup>1)</sup>.

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

---

<sup>1)</sup> Vergl. H. Suter, *Bibl. math.* 10, 17. 1896.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät zu Erlangen](#)

Jahr/Year: 1918-1919

Band/Volume: [50-51](#)

Autor(en)/Author(s): Frank Josef

Artikel/Article: [Zur Geschichte des Astrolabs. 275-305](#)