

## Hartmanns Astrolabium

### Eine kleine Geschichte

Der Name "Astrolabium" kommt vom griechischen Wort "Astro" und bedeutet "Stern" und "Labio", "das, was sucht", so dass es als "Sternensucher" übersetzt werden könnte. Dennoch hat dieses komplexe Instrument viele andere Anwendungen.

Die erste Ahnung des Astrolabiums war ein einfaches vertikales Graphometer, dessen einziger Zweck darin bestand, die Höhen (der Sonne oder der Sterne, um ihre Zeit und Position zu berechnen) zu messen. Später wurde es eine Repräsentation der Himmelskugel, die kompliziertere Fragen beantworten sollte, und begann seine triumphale Karriere, als seine Oberfläche durch die Annahme einer planaren oder planisphärischen Form leicht die Antworten auf Probleme liefern konnte, die das Auf- oder Untergehen von Körpern und anderen betreffen Probleme im Zusammenhang mit dem Horizont an einem bestimmten Ort.

Es wurde komplexer durch die Aufnahme von mehr oder weniger überlagerten Berechnungstabellen, deren Anzahl nur durch die Notwendigkeit begrenzt war, übermäßige Verwirrung auf den Platten des Astrolabiums zu vermeiden. Kurz gesagt, der Apparat enthielt auf engstem Raum der Platten die Geheimnisse der Astronomie, der Himmelsmechanik, der chronologischen Ephemeriden und der Trigonometrie, einschließlich der erforderlichen Kurven, die sich auf die Cabala und die Astrologie beziehen, und wurde schließlich zu einer Berechnungsmaschine und einem wahren Vademecum, in dem die Astronomen und Seeleute fanden die Informationen, die heute von nautischen Ephemeriden, logarithmischen Tabellen und dem Sextanten geliefert werden.

Die ersten Nachrichten über die Entwicklung des Astrolabiums betreffen das Untersuchungszentrum in Alexandria. Der Astronom Hipparchus (150 v. Chr.) Entwarf das erste planisphärische Astrolabium unter Verwendung der Theorie der stereografischen Projektion.

Claudius Ptolemaios entwickelte 140 n. Chr. In seinem Buch Almagest ein Instrument namens Astrolabon-Organon, das in Bezug auf die Ekliptikkordinaten einem sphärischen Armillar- oder Sternensucher sehr ähnlich ist. Andere wichtige Texte über das Astrolabium wurden von John (530 n. Chr.) Von der Alexandria School und von Severus (650 n. Chr.) Verfasst. Die Arbeit des arabischen Gelehrten Masha-Alla Albatagnius (850 v. Chr.) Ist herausragend für den Einfluss, den sie in den folgenden Jahrhunderten auf europäische Wissenschaftler hatte.

Als die katholischen Könige Toledo zurückeroberten, war der Weg frei für neue Wissenschaft in Europa. Im 13. Jahrhundert gründete Alfons X. Der Weise von Kastilien die Toledo School of Translators, in der

zahlreiche islamische Werke übersetzt wurden und die Grundlage für die Erstellung neuer astronomischer Tabellen bildeten.

In Europa wurde das Astrolabium bis zum Ende des 17. Jahrhunderts zum wichtigsten Werkzeug für Astronomen, Astrologen und Vermesser, als es durch präzisere Instrumente ersetzt wurde. In der arabischen Welt wurde die Verwendung bis ins 19. Jahrhundert fortgesetzt.

Wie James Morrison in The Astrolabe (2007) hervorhebt, ist es interessant zu bestätigen, dass die Faktoren oder Kräfte, die in Louvain zusammenkamen und das Astrolabium auf seinen Höhepunkt der Entwicklung und Popularität brachten, sich auch verschworen haben, um seiner Herrschaft ein Ende zu setzen. Die Nachfrage nach genaueren und spezialisierteren Instrumenten wuchs zusammen mit einem echten Interesse an Astronomie, der Instrumentenbau wurde zu einer Industrie und das Astrolabium wurde schließlich als romantisch veraltete Erfindung zurückgelassen.

### Hartmann und seine Astrolabien

Georg Hartmann, auch bekannt als Georgius Hartman (Deutschland, 1489-1664), war ein Mann der Renaissance. Neben der Herstellung wissenschaftlicher Instrumente kombinierte er erfolgreich seine Aktivitäten als Ingenieur, Typograf, Humanist, Theologe, Pfarrer, Astronom und Mathematiker. Nach N. Severino (2008) war er auch der erste und bedeutendste Gnomonist seiner Zeit. Hartmann war der erste, der auf der Grundlage seiner Studien zum Erdmagnetismus die Deklination des Magnetpols berechnete (er tat dies 1510 in Rom). Zu seinen Werken gehören Perspectiva Communis (1542), Directorium (1554), ein Handbuch zur Herstellung von Diptychon-Sonnenuhren (1553) und zahlreiche unveröffentlichte Werke mit Zeichnungen von Sonnenuhren, Astrolabien und anderen Instrumenten.

1518 ließ er sich in Nürnberg nieder, wo er sein umfangreiches Werk entwickelte. Er hatte diese Stadt nicht zufällig ausgewählt: Zwischen dem 15. und 16. Jahrhundert wurde sie zu einem wichtigen Handelszentrum mit einer beeindruckenden Auswahl an Metallwerkstätten und anderen spezialisierten Handwerksbetrieben und war daher ein idealer Ort für die Herstellung wissenschaftlicher Instrumente. Der renommierte Astronom Joannes Regiomontanus gründete 1472 seine Werkstatt und seine Presse in Nürnberg. Hartmann selbst würde zum Ansehen der Stadt beitragen, ebenso wie der Kartograf und Instrumentenbauer Erhard Etzlaub, unter anderen bemerkenswerten Nachbarn.

Bis 1523 leitete Hartmann eine produktive und erfolgreiche Werkstatt, die sich auf wissenschaftliche Instrumente wie Sonnenuhren, Astrolabien, Quadranten sowie astronomische und astrologische

Kompendien spezialisierte. Viele dieser Designs sind noch vorhanden. Er produzierte auch großformatige Instrumente wie Erd- und Himmelskugeln und Armillarsphären, die den Lauf der Zeit nicht überlebten. Keines seiner Werke bestand aus verderblichen Materialien wie Holz oder Papier. Ab 1540 wagte er sich in anderen nicht-astronomischen Instrumente, hauptsächlich Waffen, einschließlich Artillerievorrichtungen und ballistischer Taschenrechner, mit denen Kanonen, Projektildurchmesser usw. gemessen wurden. Seine bemerkenswerte Produktion machte ihn wahrscheinlich zum produktivsten Instrumentenbauer in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts. Hartmanns Geräte zeugen von der großen Werkstatt, die ihm zur Verfügung steht. Insbesondere seine Astrolabien - wie Morrison bemerkt - zeigen, dass er Pionierarbeit für ein frühes System der Massenproduktion geleistet hat. Die verschiedenen Komponenten verschiedener Instrumente scheinen in einer Reihe hergestellt worden zu sein und wurden vor dem Zusammenbau des Produkts fertiggestellt. Dieses System stand im Widerspruch zu den traditionellen Einzelstücken, die für jedes Instrument einzeln hergestellt wurden. Es schien, dass Quantität im Gegensatz zu Detail und Sorgfalt in Hartmanns Produktion Vorrang hatte. Zum Beispiel wurden Zahlen und Buchstaben nicht eingraviert, sondern auf die Instrumente gestempelt. Verschiedene Komponenten tragen auch Zahlen und Buchstaben, die sie identifizieren, wahrscheinlich um es den Arbeitern zu ermöglichen, mehrere Astrolabien gleichzeitig zusammenzustellen. Der Breitengrad wird an den Laschen wiederholt, die die Platten mit der Mater verbinden, möglicherweise um dem Graveur zu helfen. Um den Wert von Hartmanns Produktion beurteilen zu können, muss daran erinnert werden, dass, wie Morrison klarstellt, Metallastrolabien ziemlich kostspielige Objekte waren und viel mehr als „Luxusspielzeug“: dem Eigentümer einen verliehenen intellektuellen Status zu verleihen. Im Gegensatz dazu mussten sich gewöhnliche Sterbliche an Holz- oder Papierinstrumente anpassen, von denen keines - aus diesem Grund - überlebt hat.

### **Beschreibung**

Das Originalblech ist eines von vier Instrumenten aus der Hartmann-Sammlung des British Museum. Es ist 1532 signiert und datiert, wie wir auf der Rückseite sehen.

Es ist Teil einer Reihe von Astrolabien, die in seinen Werkstätten hergestellt wurden, und die verschiedenen Komponenten sind mit einem Buchstaben (F) gekennzeichnet.

Nach der Beschreibung des British Museum sind auf der Mater die tropischen Kreise, die Äquatoren und die Ost-West-Meridianlinien dargestellt. Der genietete Thron am Rand - zwei Rosen, eine Rosette und

Stützspiralen - ist charakteristisch für Hartmanns Instrumente.

Das Rete oder Netz ist ebenfalls im Stil der Werkstatt, einschließlich der Bögen auf den Kreisen und der Schlitze, die dem Tropic of Capricorn entsprechen, mit 27 spitzen Sternen. Die Rückseite der Rete ist an der Kreuzung von Steinbock und Sonnenwende mit einem F versehen. Dieser Brief befindet sich auch auf den drei Tafeln und als Kratzer auf der Rückseite der Alidade und der Unterkante der Mater.

Die Ekliptik präsentiert die üblichen lateinischen Namen des Tierkreises und ist in zwölf 30<sup>er</sup>-Teile unterteilt.

Auf beiden Seiten der Platten finden wir die Kreise für die Tropen und den Äquator sowie die Almukantare für jeweils drei Grad. Azimute werden alle 10 Grad angezeigt. Dazu gehören auch die Kurven, die den ungleichen Stunden entsprechen, mit den römischen Zahlen I bis XII angegeben und gegen den Uhrzeigersinn angezeigt (sie sind in der additiven Form angegeben, dh 4 = IIII), und die astrologischen Häuser im Regiomontanus-Stil mit arabischen Zahlen von 1 bis 12, gegen den Uhrzeigersinn angezeigt. Die Platten sind für die folgenden Breiten markiert 1a) XXXIX; 1b) XLII; 2a) XLV; 2b) XLVIII; 3a) LI; 3b) LIIII. Jeder Breitengrad wird in arabischen Zahlen auf den Schnecken wiederholt, auf denen die Platten zur Mater passen.

Der Rücken zeigt wiederum gemäß der Beschreibung des Museums die folgenden konzentrischen Skalen (von außen nach innen): eine Höhengkala; eine Skala, die in die Tierkreiszeichen unterteilt ist (in römischen Zahlen) und mit dem Widder in der Äquinoktiallinie beginnt; ein Kreis mit den Symbolen der Sternzeichen und ihren lateinischen Namen; eine Kalender- oder Datumsskala, geteilt durch die Anzahl der Tage pro Monat, die der nächsten Skala entspricht; Letzteres stellt die Monate in lateinischer Sprache dar, wobei die Äquinoktien am 11. März und am 13. ½ September angegeben sind.

In der oberen Hälfte dieser Kreise gibt es einen doppelten stündlichen Quadranten mit stündlichen Linien von 1 bis 12. In der unteren Hälfte finden wir zwei Schattenskalen: Umbra Recta und Umbra Versa. Die Unterschrift des Herstellers sowie der Ort und das Datum der Herstellung sind in diesen Waagen zu sehen.

Die Alidade präsentiert dekorierte Sehenswürdigkeiten mit perforierten Kanten. Zahlen und Buchstaben wurden in einer ziemlich unregelmäßigen Ausrichtung auf das Stück gestempelt.

In unserem Astrolabium haben wir uns bemüht, das Design und die Eigenschaften des Originals zu reproduzieren. Wir haben die Platten auf nur eine begrenzt, gemessen für 50 ° Breite.

Wir haben die notwendigen Änderungen vorgenommen, damit das Instrument funktionsfähig ist.

Wir haben das Datum des Frühlingsäquinoktiums auf den 20. März aktualisiert, da England 1624, als das Original hergestellt wurde, noch den Julianischen Kalender verwendete, in dem das Äquinoktium am 10. März stattfand. Der Gregorianische Kalender wurde 1582 von vielen europäischen Ländern übernommen, aber England und Deutschland taten dies erst 1752, als sie diese 10-Tage-Lücke korrigierten und den 20. März als Frühlingsäquinoktium einnahmen.

#### **Im Gesicht finden wir folgendes:**

1. Mater: Messingscheibe mit Rand oder Glied verwendet, um die Teller und die Rete zu halten.
2. Platte oder Tympanon: Plakette mit eingravierten Koordinaten der Erdkugel (Almukantare) oder Höhenlinien; Es umfasst den Zenit, den Horizont, den Azimut, den Äquator und die Tropen von Krebs und Steinbock. Es entspricht 50° nördlicher Breite. (Abb.1). Wir haben die Kalibrierung des Originalstücks respektiert, was eine gewisse Schwierigkeit bei der Durchführung einiger Messungen mit sich bringt.
3. Rete: eine Astralkarte, auf der die Mittelachse die Position des Polsterns markiert; Die Flugbahn der Sonne wird über dem Ekliptikkreis angezeigt, der in die zwölf Tierkreiszeichen unterteilt ist, die jeweils in gleiche Teile unterteilt sind, die mit 10°, 20° und 30° gekennzeichnet sind. Wir haben versucht, die Merkmale der Rete zu respektieren - die sie mit Hartmanns Originalmodell identifizieren -, aber wir haben die Position der Sterne aktualisiert, so dass ihre Deklination und ihr rechter Aufstieg dem Jahr 2000 entsprechen. (Siehe Abbildung 3).
4. Das Lineal, das über dem Rete platziert und mit der nördlichen und südlichen Deklination kalibriert ist, wird verwendet, um das Datum auf dem Ekliptikkreis auszurichten, das den Standort der Sonne zu einem bestimmten Datum angibt.

Auf der Rückseite werden alle Beobachtungen gemacht und alle Messungen vorgenommen.

Es besteht aus drei konzentrischen Kreisen. Von außen nach innen sind sie wie folgt: ein Kreis mit 10°-Intervallen, der von der horizontalen Linie 0° ausgeht und in der vertikalen Linie 90° endet; ein Kreis mit den Tierkreiszeichen, verteilt auf 10°-, 20°- und 30°-Teilungen; ein letzter Kreis mit den 12 Monaten des Jahres. Wir haben diese so aktualisiert, dass eine bestimmte Anzahl von Tierkreisgraden jedem Tag eines jeden Monats entspricht. Diese Zahl kann auf das Gesicht des Astrolabiums übertragen werden - was die ordnungsgemäße Entsprechung mit dem Herrscher über die Ekliptik materialisiert - und es ermöglichen, die Position der Sonne zum Zeitpunkt der Beobachtung zu bestimmen.

Im mittleren oberen Teil befindet sich ein Abakus für die Umrechnung gleicher und ungleicher Stunden, der in arabischen Zahlen von 1 bis 12 nummeriert ist, und im unteren Teil ein in 12 Teile unterteiltes Schattenquadrat mit dem horizontalen Abschnitt für

die Umbra Recta und die vertikale für die Umbra umgekehrt.

Die Alidade wird verwendet, um durch die Pinula auf die Sonne zu zielen und ihre Höhe anhand der Skala auf der Rückseite des Astrolabiums zu messen.

#### **Allgemeine Verwendungen**

Die Platte stellt die lokalen Koordinaten der Höhe  $h$  und des Azimuts  $Az$  für den Standort des Beobachters dar, weshalb es so viele verschiedene Platten wie Breiten gibt, obwohl es ohne großen Fehler möglich ist, Platten mit einer Differenz von einer Hälfte zu verwenden Grad mehr oder weniger als der tatsächliche Breitengrad, während der Rete uns die Himmelskoordinaten zeigt, die die Sterne in ihrer Position in der Himmelskuppel (rechter Aufstieg  $AR$  oder stündlicher Winkel  $H$  und Deklination  $\delta$ ) mittels Zeigern in verschiedenen Formen darstellen antike Instrumente. Wenn wir die Sterne als fixiert betrachten (zumindest über einen langen Zeitraum), betrachten wir ihre  $AR$  und  $\delta$  als konstant, und so ist die Rete an alle Breiten anpassbar, dh sie ist austauschbar und kann auf jedem planaren Astrolabium verwendet werden, unabhängig von den Linien seine Platte, und ist somit universell.

Wenn sich die Erde von West nach Ost dreht, können wir sehen, wie sich diese Sterne im Uhrzeigersinn von Ost nach West drehen. Diese scheinbare Bewegung ist die Bewegung des Astrolabiums, die die Sonne, die Sterne und andere Körper vom östlichen Horizont nach Süden verschiebt und schließlich am westlichen Horizont untergeht.

Um die Projektion der Himmelskugel in Bezug auf den Horizont intuitiv darzustellen, sollten wir das Astrolabium so drehen, dass der Halter oder Thron nach Süden zeigt. Auf diese Weise befindet sich der Osten links vom Beobachter, der Westen rechts und der Meridian (XII-Linie) in der Mitte.

Auf der Rückseite des Astrolabiums befindet sich, wie in Abbildung 2 dargestellt, ein Kalender, der mithilfe der Alidade Monate und Tage in Grad eines Tierkreiszeichens umwandelt und so die genaue Situation der Sonne auf der Ekliptik angibt.

Befindet sich das Lineal über dem Punkt, an dem sich die Sonne auf der Ekliptik befindet, beantwortet das Astrolabium Tag und Nacht alle möglichen Fragen, und das Lineal verhält sich wie der Stundenzeiger einer herkömmlichen Uhr. Die Stunden sind am Glied oder Rand der Materie markiert, so dass die XII-Markierung in der Nähe des Throns der Sonnenzeit 12 oder 12 Uhr und die XII-Markierung 24 Stunden oder Mitternacht entspricht.

In den folgenden Beispielen verwenden wir die Werte von  $\delta = 50^\circ$  und der Tag der Beobachtung ist, sofern nicht anders angegeben, der 17. August. Natürlich kann jeder Tag des Jahres und jede Zeit (Tag oder Nacht) verwendet werden. Das Instrument kann auch

verwendet werden, um verschiedene astronomische Daten zu erhalten, ohne nach draußen gehen zu müssen.

### Einstellen des Astrolabiums zur Verwendung

Wir stellen das Astrolabium für die Nacht des 17. August ein. Dazu richten wir den Stern Arcturus mit den Alidade-Sichtschaufeln auf der Rückseite des Astrolabiums aus. Da wir auf der Ostseite eine Höhe von  $30^\circ$  erreichen, müssen wir den Zeiger, der Arcturus ( $\alpha$  of Boötis) darstellt, über den  $30^\circ$  Almucantar auf der rechten Seite der Platte heben und das Lineal über die  $24^\circ$ -Marke setzen (Leo) auf der Ekliptik, die dem Sonnenstand an diesem Tag entspricht.

Jetzt ist das Astrolabium bereit, Ihre Fragen zu beantworten: In dieser Anordnung wird die Himmelskuppel genau durch die Verbindung von Rete und Platte des Astrolabiums dargestellt. Die ersten Daten, die wir finden können, sind:

- Die Deklination der Sonne. Das Lineal, das sich über dem  $24^\circ$  Leo-Punkt auf der Ekliptik befindet, zeigt an:  $\delta = 13^\circ 30'$ .

- Die Deklination eines Sterns. Wenn wir das Lineal über den Zeiger für Arcturus setzen, erhalten wir:  $\delta = 19^\circ$ .

- Die eckige Stunde eines Sterns. Da sich Arcturus auf dem  $30^\circ$ -Almucantar befindet, zeigt das darüber platzierte Lineal IVh 20m am peripheren Glied der Materie an, gerechnet ab XII Stunden.

- Die eckige Stunde der Sonne, Sonnenzeit. Wenn Sie das Ende des Herrschers auf  $24^\circ$  Leo setzen, wird VIIIh 50m oder 20h 50m offiziell oder bürgerlich angezeigt.

- Ungleiche Sonnenstunden. Wir sehen, dass es gerade die II-Markierung für die ungleiche Nachtstunde überschritten hat.

- Einige Positionen der Sterne. Wir finden sofort heraus, dass Spica gerade eingestellt hat. Auch das Vega ( $\alpha$  in Lyra) ist kürzlich übergegangen und das Altair ( $\alpha$  in Aquila) hat eine Höhe  $h = 46^\circ$  und einen Azimut von  $29^\circ$  SE. Deneb ( $\alpha$  im Schwan), den Hartmann Horologial nannte, hat eine Höhe  $h = 69^\circ$  und einen Azimut von  $91^\circ$  SE.

Wir haben diese drei Sterne ausgewählt, weil sie das "Sommerdreieck" bilden, das repräsentativste Beispiel für den Himmel in den Sommermonaten auf der Nordhalbkugel.

Das Folgende sind einige wesentliche Beispiele, die Liebhaber dieser Instrumente interessieren könnten.

#### A. Beispiele für die Verwendung der Sonne

Die Zeit, die wir verwenden, ist die wahre Sonnenzeit ohne jegliche Korrektur für den Längengrad, die Zeitgleichung oder die Sommerzeit.

#### Nomenklatur:

Hs, eckige Stunde der Sonne oder He eines Fixsterns; t, Zeit in Stunden;  $\delta$ , Deklination der Sonne oder eines Fixsterns; A,  $180^\circ$ -Az; Az, Azimut von Süden: (Südosten Südosten, Südwesten Südwesten);  $\lambda$ , ekliptische oder terrestrische Länge;  $\beta$ , Breitengrad oder Verwendungsort; A.Rs, rechter Aufstieg der Sonne; A. Re, AR eines Sterns;  $\epsilon$ , Winkel der Ekliptik mit dem Himmelsäquator bei  $23,44^\circ$ ;  $\omega$ , Hilfswinkel; h, Höhe der Sonne oder eines Fixsterns;  $\Omega$ , Widderpunkt (Punkt, an dem sich die Ekliptik mit dem Himmelsäquator kreuzt, Ursprung des A.R. und der durch die Sternzeit angegebene Punkt);  $\alpha$ , Stern erster Größe in einer Konstellation und  $\beta$  zweite Größe; T. E., Zeitgleichung; A.M. Antemeridian; P. M., Postmeridian; U. T., Universal Time; und t Hs, Sternzeit.

#### A.1. Berechnen Sie die Morgendämmerung oder den Sonnenaufgang

Der für diese Berechnung gewählte Tag ist der 17. August. Auf dem Tierkreis Kalender auf der Rückseite entspricht dieser Tag  $24^\circ$  Leo. Wir platzieren das Lineal auf  $24^\circ$  Leo über dem Ekliptikkreis und drehen beide, bis dieser Punkt den östlichen Rand des Horizonts berührt. Das Ende des Lineals zeigt auf IVh 55m Sonnenzeit.

#### A.2. Berechnen Sie den Sonnenuntergang für den 17. August

Ohne das Arrangement zu berühren, biegen Lineal / Sonnenort in Ekliptik ( $24^\circ$  Leo) nach rechts ab, bis es den Westhorizont berührt (rechts von uns). Das Lineal zeigt im Limbus der Stunden VIIh 05m (19h 05m).

A.3. Stunden Sonnenschein (von der Morgendämmerung bis zum Einbruch der Dunkelheit). Wie wir festgestellt haben, ist die Morgenstunde 4h 55m und der Sonnenuntergang ist um 19h 05m. Der Stundenunterschied drückt die Zeit aus, in der sich die Sonne über dem Horizont befindet:  $19h 05m - 4h 55m = 14h 10m$ .

#### A.4. Die Zeit finden, in der wir die Höhe der Sonne kennen.

Die Höhe kann auf der Rückseite des Astrolabiums festgelegt werden, indem es an seinem Halter aufgehängt wird, so dass ein Sonnenstrahl durch die beiden Flügel fällt. Beobachten Sie dies indirekt, dh lassen Sie den Sonnenstrahl durch das kleine Loch in der vorderen Schaufel hindurch, bis er über das zweite kleine Loch in der hinteren Schaufel projiziert wird. Schauen Sie jedoch niemals durch die Flügel auf die Sonne, da dies Augenschäden verursachen kann. Die Alidade zeigt auf die Höhe der Sonne in Grad am peripheren Glied.

Unter der Annahme, dass die am Nachmittag des 17. August ermittelte Sonnenhöhe  $30^\circ$  beträgt, möchten wir nun die Sonnenzeit kennen. Wir fahren wie gewohnt fort, wobei das Astrolabium für die Verwendung mit der Sonne auf  $24^\circ$  Leo der Ekliptik

eingestellt ist. Wir legen die Kante des Lineals über diesen Punkt, dann drehen wir Rete und Lineal zusammen, bis der Punkt über den Almucantar von  $30^\circ$  in der rechten oder westlichen Zone des Astrolabiums fällt. Das Lineal zeigt auf das periphere Glied auf III h 55m PM oder 15h 55m.

Dies ist das klassische Beispiel, das in fast allen Büchern gezeigt wird und in der Antike am häufigsten verwendet wird. Es wird gesagt, dass arabische Führer während der islamischen Invasion, Eroberung und Herrschaft über die Iberische Halbinsel Astrolabien-Experten als unschätzbare Assistenten bei der Umsetzung ihrer Strategien begleiteten.

## B. Nachtchronometer

Das Astrolabium kann uns die Zeit nicht nur tagsüber mit unserem Stern Sol anzeigen, sondern indem es die Rolle eines Nocturlabes übernimmt und es uns ermöglicht, die Sonnenstunde zu kennen, indem es die Sterne abliest, auch wenn sie nicht zirkumpolar sind (eine) überholt den anderen), und obwohl seine Verwendung streng lokal ist, im Gegensatz zu dem Nocturlabe, das universell verwendet werden kann.

B.1. Wie spät wird es sein, wenn Arcturus ( $\alpha$  von Boötis) ein Altitude  $h = 30^\circ$  im Westen hat?

Sie können es direkt mit der Alidade betrachten, da keine Gefahr besteht, blind zu werden. Dies ist leicht zu bestimmen; Dazu muss der Zeiger für den Stern Arcturus über dem  $30^\circ$ -Almucantar auf der rechten oder westlichen Seite des Astrolabiums platziert werden. Wenn die Rete über diesen Punkt eingestellt ist, schieben Sie das Lineal, bis es die Position von  $24^\circ$  Leo erreicht. Es wird auf der stündlichen Skala der Gliedmaßen auf VIIIh 50m am Nachmittag (20h 50m) zeigen.

## C. Probleme mit dem Azimut

Der Ursprung des Azimuts und seine Nummerierung sind Gegenstand von Kontroversen. Astronomen, Navigatoren und Sonnenuhrenbenutzer legen einen bestimmten Ursprung und eine bestimmte Reihenfolge der Nummerierung fest. Bei diesem Messsystem stammt der Azimut aus dem Süden und wird in aufsteigender Reihenfolge von Ost und West bis  $180^\circ$  in beide Richtungen gezählt. Wenn eine Messung  $Az = 15^\circ E$  ist, bedeutet dies, dass der Meridian und die Vertikale des Sterns einen Winkel von  $15^\circ$  nach Osten bilden und dass der Ursprung im südlichen Punkt liegt.

C.1. Um den Azimut der Sonne durch Messen ihrer Höhe zu erkennen, ist  $H = 20^\circ$  am Morgen des 17. August.

Drehen Sie die Rete, bis der  $24^\circ$  Leo-Punkt über dem  $20^\circ$  Almucantar liegt, da dies die gemessene Höhe im östlichen Teil ist. Der Punkt, an dem es sich trifft, fällt mit einem Azimut von  $87^\circ SE$  zusammen.

C.2. Orientierung mit dem Astrolabium, Kenntnis des Azimuts.

Obwohl die Methode nicht sehr genau ist, ist sie für praktische Zwecke gut genug. Angenommen, der beobachtete Azimut beträgt  $89^\circ SE$ . Auf der Rückseite platzieren wir:  $90^\circ - 89^\circ = 1^\circ$  über der Linie  $0^\circ - 0^\circ$ , die als Ost-West-Linie dient, und wir setzen die Alidade über  $1^\circ$ . An diesem Punkt neigen wir das Astrolabium so, dass ein Sonnenstrahl durch die Flügel geht. Sobald wir das getan haben, müssen wir das Astrolabium vorsichtig drehen, bis es horizontal ist, und die  $90^\circ - 90^\circ$ -Linie zeigt nach Süden (Meridian). Wenn wir die Alidade auf  $90^\circ$  drehen und schauen - das heißt, wenn wir durch die aufgereihten Flügel schauen können, aber niemals auf die Sonne schauen - haben wir einen Punkt am Horizont identifiziert; der Süden.

## D. Probleme beim Ablesen der Höhe

D.1. Welche Höhe wird die Sonne am 17. August um 7 Uhr morgens haben?

Bewegen Sie das Lineal, bis es links oder östlich des Gliedes VII Stunden am Morgen anzeigt. Drehen Sie die Rete, bis die  $24^\circ$  Leo-Markierung mit der Kante des Lineals übereinstimmt. Der Punkt, an dem sie sich treffen, zeigt eine Höhe von  $20^\circ$ .

D.2. Berechnen Sie mit einem bekannten Azimut der Sonne ihre Höhe.

Wir wissen, dass an einem bestimmten Tag der Azimut der Sonne um acht Uhr morgens  $Az = 75^\circ E$  war, und wir werden gebeten, ihre Höhe zu bestimmen. Drehen Sie die Rete, bis  $24^\circ$  Leo über dem Azimut ist.  $Az = 75^\circ$ . Der Punkt, an dem sie sich kreuzen, liegt über dem Almucantar  $30^\circ$ .

D.3. Was ist die maximale Höhe der Sonne an diesem Tag?

Setzen Sie die  $24^\circ$  Leo-Markierung auf den Meridian und beobachten Sie, dass er den Almucantar  $53^\circ$  kreuzt.

D.4. Wie können wir den Breitengrad des Ortes bestimmen?

Mit der hinteren Alidade messen wir am 17. August mittags die maximale Sonnenhöhe, die  $53^\circ$  entspricht. Als nächstes lesen wir die Deklination der Sonne, wobei die Skala des Herrschers auf dem Etikett  $24^\circ$  Leo entspricht. Wir können  $\delta = 13^\circ$  annehmen. Da die maximale Höhe  $maxh = (90^\circ - \delta) + \delta$  ist, ist daher der Breitengrad  $\phi = 90^\circ + \delta - maxh = 90^\circ + 13^\circ - 53^\circ = 50^\circ$ . Wir befinden uns auf einer Parallele mit  $50^\circ$  Breite. Wir haben dieses Beispiel gegeben, um die Genauigkeit der Zeichnung auf der Platte des Astrolabiums zu überprüfen. Wir können auch den Breitengrad unseres aktuellen Standorts ermitteln, wenn wir das Datum des Beobachtungstages kennen. Nehmen wir zum Beispiel an, wir möchten unseren Breitengrad am 21. März kennen. Wie zuvor messen wir die Höhe der Sonne mit den Pinula der Alidade, wenn sie den Meridian überquert. Auf der Rückseite unseres Instruments entspricht diese Höhe  $h = 50^\circ$ . Der 21. März, ebenfalls auf der Rückseite, entspricht  $0^\circ$  in Aires. Wir wenden uns dem Gesicht des

Instruments zu und platzieren das Lineal über der Ekliptik (über 0° im Widder). wir werden sehen, dass das Lineal die Deklination  $\delta = 0^\circ$  anzeigt. Nach unserer Formel ist  $\delta = 90^\circ \max h + \varphi : 90^\circ 50^\circ + 0^\circ = 40^\circ$ . Deshalb sind wir parallel 40°.

E. Probleme im Zusammenhang mit dem Tag, an dem wir die Beobachtung gemacht haben

E.1 Wir haben die Höhe der Sonne am Morgen gemessen und herausgefunden, dass sie 30° und ihr Azimut  $Az = 75^\circ$  SE beträgt. Wir wollen das Datum für die Beobachtung wissen.

Wir drehen die Rete und sehen, welcher Punkt der Ekliptik mit dem Schnittpunkt zwischen Azimut 75° und Almucantarat 30° übereinstimmt. Wir können sehen, dass es 24° Leo (der 17. August) und auch der 26. April ist.

E.2. Welches Datum ist es, wenn der Azimut der Sonne um 8 Uhr Sonnenzeit 75° betrug?

Wir schieben das Lineal, bis es 8 Uhr morgens oder VIII Stunden im Limbus berührt. Als nächstes drehen wir die Rete, bis die Ekliptik den Schnittpunkt zwischen dem 75°-Azimutkreis und der Kante des Lineals schneidet. Das Etikett entspricht 24° Leo (auch am 17. August und 26. April).

E.3 Welches Datum ist es, wenn um 8 Uhr Sonnenzeit die Sonnenhöhe 30° beträgt?

Wir schieben das Lineal, bis es 8 Uhr morgens berührt, VIII Stunden im Limbus. Wir drehen die Rete, bis die Ekliptik den Schnittpunkt zwischen der Kante des Lineals und der entsprechenden Linie schneidet. Das Etikett entspricht 24° Leo.

E.4. Was ist die Deklination der Sonne am 17. August? Platzieren Sie das 24° Leo-Etikett über der Bezugskante des Lineals. Die Skala zeigt 13,0° an. Die Platte muss nicht verwendet werden.

E.5. Was ist das Datum für Arturos heliakischen Aufstieg?

Drehen Sie die Rete, bis die Spitze des Sterns den östlichen Rand des Horizonts berührt. Beachten Sie den Übereinstimmungspunkt auf der Ekliptik, der 7° Waage ist,  $\delta = 3^\circ$ , was dem 1. Oktober entspricht.

E.6. An welchen Daten und Zeiten ist die Sonnenhöhe am Nachmittag 50°?

Drehen Sie die Rete, bis die Ekliptik auf das 50°-Almucantarat trifft. Notieren Sie sich den Schnittpunkt, schieben Sie das Lineal auf diesen Punkt und lesen Sie die Uhrzeit auf dem Limbus ab. In diesem Fall 13 Uhr am 22. April und 22. August.

E.7. An welchen Daten und Zeiten ist der Azimut der Sonne 40° SW?

Drehen Sie die Rete und prüfen Sie, welche Punkte auf der Ekliptik die Linie schneiden, die dem 40° SW-Azimut entspricht. Korrigieren Sie die Position des Rete, schieben Sie das Lineal, bis es die Schnittpunkte berührt, und lesen Sie die Zeit auf dem Limbus ab. 0° Widder zeigt 14h, 0° Stier 14h 30m usw. an.

E.8. An welchen Daten und Zeiten beträgt die Deklination der Sonne 20° und ihre Höhe 40°?

Drehen Sie das Lineal, bis das 20°-Etikett mit der 40°-Almucantarat-Linie übereinstimmt, und lassen Sie es dort. Drehen Sie dann die Rete, bis Sie sehen, dass zwei Punkte auf der Ekliptik mit diesem Schnittpunkt übereinstimmen: 28° Stier (auf der Rückseite, 20. Mai), um 15h 30m und um 8h 30m.

F. Beispiele für seine topografische Verwendung

Auf der Rückseite sehen Sie neben der Skala für die Umrechnung ungleicher Stunden in gleiche Stunden eine sogenannte altimetrische Skala, die für topografische Zwecke verwendet wird. Es besteht aus zwei vereinigten Quadraten, deren Seiten rechts in zwölf gleiche Teile und links in zwölf Teile unterteilt sind.

Die horizontale Skala heißt Umbra Recta (gerader Farbton) und die vertikale Skala ist Umbra Versa (gegenüberliegender Farbton). In Wirklichkeit ist es eine Skala von Tangenten und Kotangens.

F.1. Berechnen Sie die Höhe eines Baumes, indem Sie die Länge seines Schattens kennen.

Am 17. August um 10 Sonnenstunden ist der Schatten eines Baumes 20 Meter lang. Sie haben in früheren Beispielen gesehen, wie Sie an diesem Tag und zu dieser Uhrzeit die Höhe der Sonne von 45° ermitteln können. Legen Sie die Alidade bei 45° auf den Rücken, und ihr Bezugsrand kreuzt die Umbra recta in der 12. Division auf ihrer Skala.

Basierend auf der Ähnlichkeit realer Dreiecke mit denen auf der Skala können Sie schreiben; Höhe  $X / 20 = 12/12$ , daher; Höhe = 20 m. Berechnung: Sie können sie anhand der Tangente des gemessenen Winkels berechnen. Höhe = 20 bis 45° = 20 m.

### Zeitliche oder ungleiche Stunden

Es ist üblich, unter die auf der Platte gezeichneten Linien die Linie der zeitlichen oder ungleichen Stunden aufzunehmen, die wie die gesamte Zeichnung dem konstruktiven Spielraum für den Ort entsprechen, für den sie entworfen wurde. Auf der Rückseite befindet sich jedoch eine ebenfalls übliche Skala zur Umwandlung gleicher Stunden in zeitliche Stunden für den universellen Gebrauch.

Zeitliche Stunden, auch jüdische oder ungleiche Stunden vor der Zeit Christi genannt, wurden bis zum 15. Jahrhundert verwendet, als sie durch unsere gegenwärtigen gleichen oder äquinoktialen Stunden ersetzt wurden. Der Unterschied zwischen den einen und den anderen besteht darin, dass alle letzteren der gleichen Zeit entsprechen.

In der Antike war die Länge eines jeden Tages in 12 gleiche Teile unterteilt, von denen jeder eine zeitliche Stunde darstellte. Logischerweise variierte die Länge je nach Jahreszeit, wobei sie länger war, wenn die Sonnenperiode länger (Sommer) war, und kürzer, wenn wir uns der Wintersonnenwende näherten,

weshalb sie als ungleich bezeichnet werden. Diese zeitliche Anordnung war sehr praktisch für die Erledigung gewöhnlicher täglicher Aufgaben.

Nachdem wir diesen kurzen Prolog gelesen haben, sehen wir, dass im unteren Teil des Astrolabiums unterhalb des Horizonts die sogenannten zeitlichen Stunden und Zahlen mit den römischen Ziffern I, II, III... erscheinen.

Das Genie der Astrolabienhersteller zeigt sich darin, dass sie diese Markierungen nicht auf dem sichtbaren Teil über dem Horizont platzieren, da sie mit den Kreisen für Höhe (Almukantare) und Azimute verwechselt werden. Sie erkannten, dass die Sonnenperiode für jeden Tag genau gleich der Länge der Nacht gegenüber der Sonne auf der Ekliptik war, oder, was moderner ausgedrückt ist, für einen Tag, an dem die Deklination den gleichen absoluten Wert hat, aber einen anderen Zeichen; Wenn der betreffende Tag ein  $+ \varphi = + 13^\circ$  hat, wie im Fall der vorherigen Beispiele, 17. August,  $24^\circ$  Leo, ist das Gegenteil auf der Ekliptik (siehe Rückseite) der 13. Februar,  $-\varphi = 13^\circ$ ,  $24^\circ$  Wassermann .

Basierend auf dieser Prämisse ist die doppelte Umwandlung gleicher Stunden in ungleiche oder umgekehrt einfach.

Zum Beispiel möchten wir an diesem Tag wissen, was die ungleiche Stunde für 7h 16m wahre Sonnenzeit ist. Wir setzen sowohl das Lineal als auch den  $24^\circ$ -Löwen zusammen (den Ort der Sonne am 17. August) und bewegen das Lineal für 7h 16m zur Markierung auf der Skala. In dieser Situation gibt uns das andere Ende des Lineals die Ekliptik von  $24^\circ$  Wassermann (13. Februar) antisolarer Punkt, und es ist genau auf die II-Stunden-Zeit. Wiederum Wenn wir wissen wollen, was die gleiche Stunde ist, müssen wir bei IV zeitlich den Antisolarpunkt  $14^\circ$  Wassermann (13. Februar) über die IV bewegen und dann das Lineal an Ort und Stelle setzen. Das gegenüberliegende Ende des Lineals zeigt auf das Glied auf 9h 45m.

Analytische Demonstration: Am 17. August entspricht der damalige Halbtagesbogen mit  $\varphi = 13,36^\circ$  und  $50^\circ$  Breitengrad und  $H = 7h 05m$  einer ungleichen Stunde 6 (eine ungleiche Stunde dauert 1h 10m 50s). Da der Sonnenaufgang um  $12-7h 05m = 4h 55m$  stattfindet, entsprechen unsere II ungleichen Stunden  $4h 55m + (2 \times 1h 10m 50s) = 7h 17m$ . Der Fehler ist sehr gering (nur eine Minute) und liegt an der Eigenart des Instruments, da der Bogen der ungleichen Stunden über drei nicht entsprechende Punkte verläuft (in Wirklichkeit sollte die Linie sieben Punkte kreuzen). Dies liegt auch daran, dass das Astrolabium die Variationen der Deklination der Sonne während der Sonnenlichtperiode nicht interpoliert. Trotzdem ist es ein fast vernachlässigbarer Fehler und daher ist unser Lichtbogen gültig. Wie wir gesehen haben, basiert diese Berechnung auf dem Halbtagesbogen des betreffenden Tages.

## Umrechnungsskala

Der Abakus auf der Rückseite des Astrolabiums ermöglicht die Umrechnung gleicher Stunden in ungleichen mit universellem Charakter basierend auf dem Gipfel oder der maximalen Höhe der Sonne.

Wie und zu welchem Zweck verwenden wir diese Skala? Nach den Herrschern, die der heilige Benedikt für Gebetszeiten (kanonische Stunden) vorschlug, war es Brauch, zur dritten Stunde die Messe zu halten. Um die Zeit der Sonne zu kennen, die der dritten (dritten) Stunde entsprach, berechnete ein Mönch die maximale Höhe für den fraglichen Tag (17. August), die  $maxh = 53^\circ$  war. Danach drehte er die Alidade entlang der peripheren Skala auf der Rückseite auf  $53^\circ$ . In dieser Position schneidet die Alidade den 6-Stunden-Kreis. Der Schnittpunkt sollte mit einer Markierung auf der Alidade vermerkt werden. Der Mönch würde diese Markierung dann über die ungleiche Stunde III setzen und die Bezugskante der Alidade auf  $34^\circ$  auf der in Grad gemessenen Skala der peripheren Höhen zeigen. Er würde das Astrolabium aufhängen, und wenn ein Sonnenstrahl durch die erste Schaufel eintrat und mit dem zweiten Loch in der zweiten Schaufel zusammenfiel, war es die dritte Stunde, und er würde eine Glocke läuten, um den Gläubigen mitzuteilen, dass der religiöse Akt begann.

Analysieren wir diesen Fehler. Wenn die Sonnenhöhe  $h = 34^\circ$  beträgt, beträgt der stündliche Winkel  $H = 8h 17m$  (gleiche Stunden). Nach unserer Berechnung aus dem vorherigen Beispiel betrug der stündliche Winkel des Halbtagesbogens  $H = 7h 05m$  und der Sonnenaufgang fand um  $4h 55m$  (gleiche Stunden) statt. Somit beträgt die Zeit zwischen Sonnenaufgang und der Zeit, in der die Sonne eine Höhe von  $34^\circ$  erreicht,  $8h 17m - 4h.55m = 3h 22m$  (gleiche Stunden). Da 6 ungleiche Stunden dem Halbtagesbogen entsprechen, entspricht jede gleiche Stunde  $6 / 7h 05m = 0,85h$  (ungleiche Stunden), multipliziert mit  $3h22m = 2,86$  ungleichen Stunden.

Dieser Abakus wurde als universelles Instrument angesehen. In den Mittelmeerländern mit niedrigen Breiten konnte es jedoch nur präzise eingesetzt werden. Die Fehler nahmen zu, wenn das Datum weiter von den Äquinoktien entfernt war und der Breitengrad zunahm. In diesem Fall ( $50^\circ$ ) haben wir also einen Fehler von II 86h anstelle von III h.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass uns die Harmonie und Eleganz dieser wunderbaren Rechenmaschine aus dem Mittelalter und ihre außergewöhnliche Reproduktion der Himmelsmechanik, die den gesamten Himmel in einer Ebene darstellt, verführen lassen. Es ist ein klares Zeichen von Genialität und mathematischer Strenge, das den Titel verdient: „das mathematische Juwel“.

(Mit freundlicher Genehmigung von  
FRÖLICH & KAUFMANN Verlag und Versand GmbH)