

Wissenschaftliche Instrumente im Germanischen Museum.

Von

Dr. Gustav von Bezold,

I. Direktor des Germanischen Nationalmuseums in Nürnberg.

Das Germanische Museum hat eine stattliche Sammlung wissenschaftlicher Instrumente. Sie sollen hier kurz besprochen werden, soweit sie mit der Ausstellung in Zusammenhang stehen, die wir zum Deutschen Geographentag zusammengebracht haben. Es kann dabei nicht meine Absicht sein, die Instrumente ausführlich zu beschreiben und ihre Theorie eingehend zu entwickeln, ich will nur darauf hinweisen, was wir an Instrumenten besitzen.

I. Instrumente zur Landaufnahme.

Die Aufnahme einer Fläche im Gelände kann auf verschiedene Weise geschehen. Die nächstliegende ist die direkte Messung der Umfangslinien und der Transversalen, durch welche sie in Dreiecke zerlegt wird. Zur Messung können Meßplatten, Meßketten oder Meßräder verwendet werden; oder man begnügt sich mit dem Abschreiten der Linien.

Meßplatten und Meßketten haben wir nicht, wohl aber ein Meßrad. Es ist aus der Spätzeit des 18. oder dem Beginn des 19. Jahrhunderts von J. Search in London gemacht. Die Umdrehungen des Rades werden auf ein Zeigerwerk mit zwei Zeigern übertragen. Das Zifferblatt hat fünf konzentrische Teilungen von außen nach innen in folgender Reihenfolge aufgetragen. 1. 10 Chains zu 100 Links, 2. 220 Yards, 3. 40 Poles. Diese Längen sind

gleich und werden durch den großen Zeiger angegeben. Die beiden inneren Kreise sind in XII. Miles und 96 Furlongs geteilt, welche wiederum gleich sind und durch den kleinen Zeiger angegeben werden. Das Verhältniß der Umdrehungen ist also 96: 1.

In früheren Zeiten begnügte man sich oft mit dem Abschreiten oder Abreiten der Längen. Die Schritte werden durch Schrittzähler gezählt, und die Länge des Doppelschritts gemessen und als konstant angenommen. Beim Schrittzähler wird durch die Fußbewegung ein Zählwerk in Gang gesetzt. Der Mechanismus ist sehr einfach: ein Hacken mit einer Feder greift in ein sägeförmig geschnittenes Zahnrad ein. Durch die Bewegung des Fußes wird er etwas aus seiner Lage gezogen und nimmt das Rad mit, läßt die Spannung nach, so fällt der Hacken in den nächsten Zahn des Rades. Das Rad setzt ein Zeigerwerk in Bewegung, das gewöhnlich vier kleine Zifferblätter enthält, deren Einheiten 1, 10, 100 und 1000 Doppelschritte sind. Die Teilungen können auch konzentrisch angeordnet werden, wobei bei zwei Zeigern nur zwei Einheiten angegeben werden. Wir haben Schrittzähler von beiden Arten.

Die direkte Messung von Längen ist sehr umständlich, in bewegtem Gelände schwierig, ja zuweilen gar nicht ausführbar und gibt nur bei äußerst sorgfältiger Durchführung genaue Resultate. Weit einfacher und zuverlässiger ist die Landaufnahme durch Triangulierung, für welche nur die Präzisionsmessung einer Grundlinie erforderlich ist, während die gesamte weitere Vermessung durch Winkelmessung geschieht. Es sind also auch die Winkelmeßinstrumente die wichtigsten Hilfsmittel der niederen wie der höheren Geodäsie.

Winkel können einfach nach ihrer Größe oder nach der Lage ihrer Scheitel gegen eine bestimmte Richtung, im allgemeinen die Südnordrichtung gemessen werden, zu deren Bestimmung die Magnetnadel verwendet wird. Schon früh sind die meisten Winkelmeßinstrumente mit einer Bussole versehen, ja die Bussole kann wenn sie ein Diopter trägt, unmittelbar zur Messung von Winkeln gebraucht werden. Winkel werden, sofern sie nicht als Bestimmungsstücke von Dreiecken betrachtet werden, auf Kreisbogen gemessen, deren Mittelpunkt mit dem Scheitel des Winkels zusammenfällt. Neben der Teilung des Kreises in 360 Grade kommt auch die in 12 oder 24 Stunden vor.

Ein sehr einfaches Bussoleinstrument beschreibt Paul Pfinzing in seiner *Methodus geometrica*, 1598. Ein Kompaß ist in ein rechteckiges Kästchen so eingesetzt, daß dessen Langseiten der Südnord-

linie der Bussole parallel sind. An der Seite des Kästchens ist eine in einer senkrechten Ebene drehbare Regel zum Visieren. Die Winkelmessungen geschehen alle aus freier Hand, die Längen werden abgeschritten (Fig. 1). Pfinzings Traktat ist dadurch von Bedeutung,

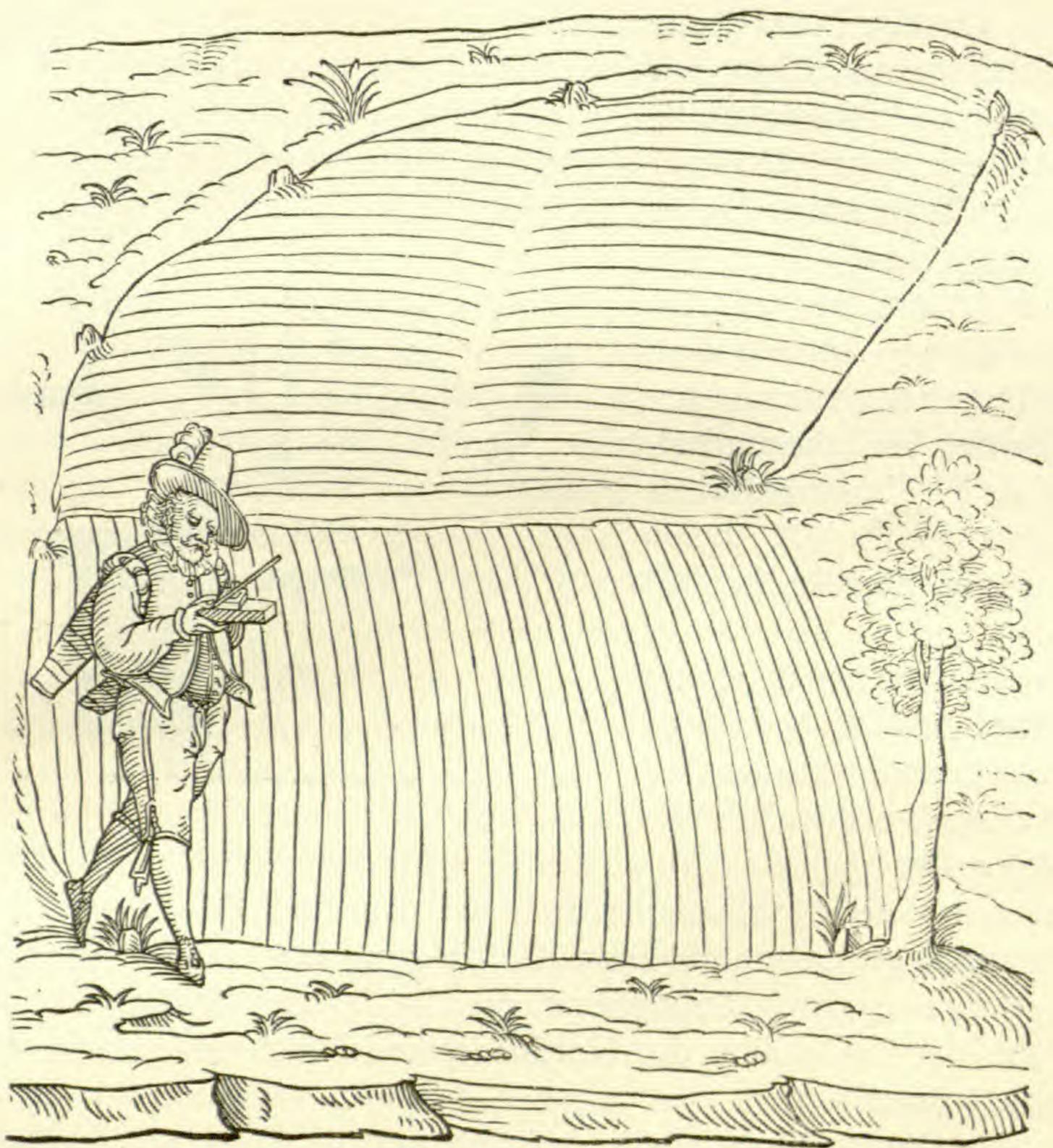


Fig. 1. Landaufnahme mit der Feldbussole von Paul Pfinzing.

daß er einen genauen Einblick in die Methode der Landaufnahme im 16. Jahrhundert gibt. Die Resultate sind nach unseren Anschauungen nicht genau, doch aber weit genauer als wir im voraus annehmen. Man sehe Pfinzings Aufnahme der Nürnberger Pflegämter, welche das K. Kreisarchiv in unsere Ausstellung gegeben hat.

Die Feldbussole blieb bis in die neuere Zeit in Gebrauch. Wir besitzen eine von Quillet in Paris aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Das Instrument kann mit einer Hülse mit Kugelgelenk auf ein Stativ gestellt werden. Es hat wie die alte Feld-

bussole Pfinzings oder die Planimetra des Levinus Hulsius den Übelstand, daß die Visierlinie exzentrisch liegt. Dies ist bei einer weiteren Feldbussole aus dem 18. Jahrhundert vermieden (Fig. 2). Bei ihr sind an einem vertikalen Halbkreis 2 Diopter angebracht. Das eine in der Ebene des Halbkreises dient zur Messung von Höhenwinkeln, das andere kreuzt die Drehungsaxe der Bussole. Dieses Instrument ist ein Theodolit einfachster Art. Ein weiteres Instrument von Andreas Wolf in München aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts kann als Feldbussole und als Hängekompaß für bergmännische Zwecke benützt werden.

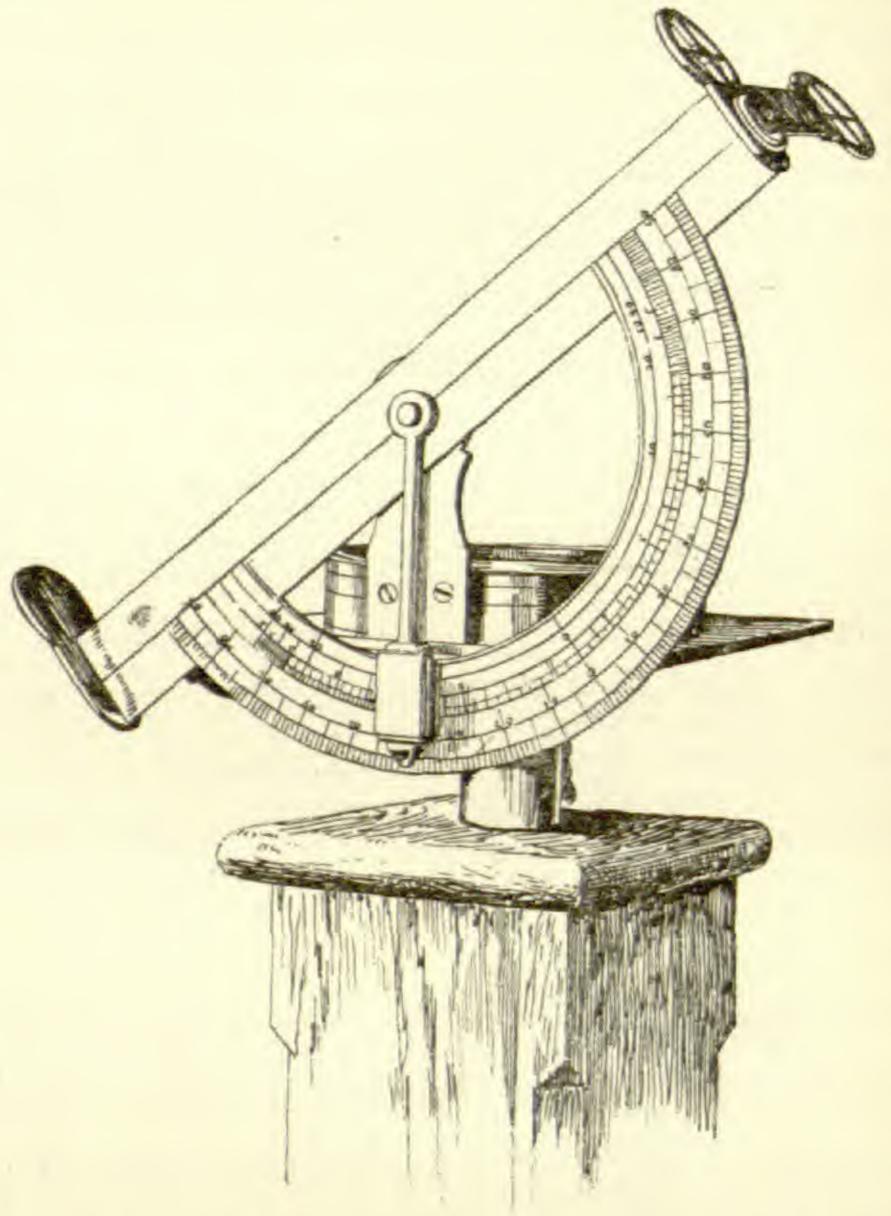


Fig. 2. Feldbussole aus dem 18. Jahrhundert.

Die Diopter an den Feldbussolen haben eine feste Stellung zum Instrument, es muß deshalb bei der Winkelmessung das ganze Instrument unter der Nordnadel gedreht werden und die verschiedenen Ablesungen geben unmittelbar die Neigung der Visierlinien gegen den Meridian, durch Subtraktion die Größe der Winkel an. Eine Angabe der Deklination der Nordnadel findet sich auf unseren Feldbussolen nicht.

Die Bussoleninstrumente, bei welchen die Ablesung unmittelbar durch Beobachtung des Standes der Bussole gemacht wird, haben schon wegen ihrer kleinen Dimensionen nur eine geringe Genauigkeit. Die Genauigkeit der Teilung nahm, solange man die modernen Hilfsmittel nicht kannte, mit der Größe des Teilkreises zu; große Instrumente ermöglichten also auch genaue Beobachtungen. Tycho Brahes Mauerquadranten mit fünf Ellen Radius waren in Grade, Minuten und Sechstelminuten geteilt, so daß Winkel von 10" noch direkt abgelesen, solche von 5" noch geschätzt werden konnten. Es lag nahe, Instrumente mit größerem Teilkreis als dem der Bussolen und mit beweglicher Alhidade auch in der Feldmeßkunst zu verwenden. Man nannte sie Scheibeninstrumente oder Graphometra. Da bei

der Messung im Gelände sowohl spitze als stumpfe Winkel zu messen sind, wurden statt der Quadranten Halbkreise oder Vollkreise geteilt und die Instrumente danach halbe oder ganze Scheibeninstrumente genannt.

Die Scheibeninstrumente bestehen aus einem Teilkreis mit einem dem Anfang der Teilung entsprechenden feststehenden und einem drehbaren Diopter, dessen Sehaxe die Drehungsaxe schneidet. Die Messung eines Winkels geschieht in der Weise, daß das Instrument mit seinem Mittelpunkt im Scheitel des Winkels aufgestellt wird. Das feststehende Diopter wird auf einen Winkelschenkel einvisiert und festgestellt, dann wird die Alhidade so lange gedreht, bis sie die Richtung des anderen Schenkels hat. Nun kann die Größe des Winkels auf dem Limbus unmittelbar abgelesen werden. Ist das Instrument mit einer Bussole versehen, so läßt sich, da das feststehende Diopter entweder parallel oder senkrecht zur Südrichtung steht, auch die Himmelsrichtung der Visierlinien sofort bestimmen.

Das Bestreben der alten Instrumentenmacher, eine möglichst vielseitige Verwendbarkeit ihrer Instrumente zu erzielen, führte dahin, daß auf dem Limbus oder auf der Fläche der Scheibe noch andere Teilungen angebracht wurden. Zuweilen sind die Instrumente auch so eingerichtet, daß die Scheibe senkrecht gestellt werden und zur Messung von vertikalen Winkeln verwendet werden konnte. Die weitere Entwicklung bewirkte, daß außer dem horizontalen auch ein vertikaler Teilkreis eingeführt wurde. Solche Instrumente sind keine Scheibeninstrumente mehr, sondern im Prinzip Theodolite, wenn auch von einfachster Form und Konstruktion.

Das Germanische Museum besitzt neun Scheibeninstrumente teils mit Halbkreis, teils mit Vollkreis, aus dem 17. und 18. Jahrhundert und eines mit Fernrohr aus dem 19. Jahrhundert. Es genügt, wenn ich eines kurz bespreche. Es ist im 17. Jahrhundert von Franciscus Fiebig gefertigt und ausgezeichnet durch die Schönheit der Form und die Sorgfalt der Ausführung (Fig. 3). Auf dem mittleren Kreis steht eine Bussole mit Gradteilung und Angabe der 32 Winde. An den vier Enden der Hauptdurchmesser und an der Alhidade sind Diopter angebracht. Der Limbus trägt drei Teilungen. Der äußere Kreis ist in 360 Grade und jeder Grad in 6 Teile geteilt, so daß eine direkte Ablesung auf 10 Bogenminuten möglich ist, bei genauer Beobachtung kann man schätzungsweise auf 5 Minuten kommen. Die Teilung ist von rechts nach links und von links nach

rechts numeriert. Die Anfänge beider Numerierungen stehen um 15° voneinander ab, weil die Ablesung nicht in der Axe des Diopters, sondern an den Kanten der Regel geschieht, welche um $7\frac{1}{2}^\circ$ von der Visierlinie abstehen. Der innere Kreis ist in den vier Quadranten mit einer Skala zu Höhenmessungen, einer Übertragung des geometrischen Quadrats auf den Kreis versehen. Jeder Quadrant

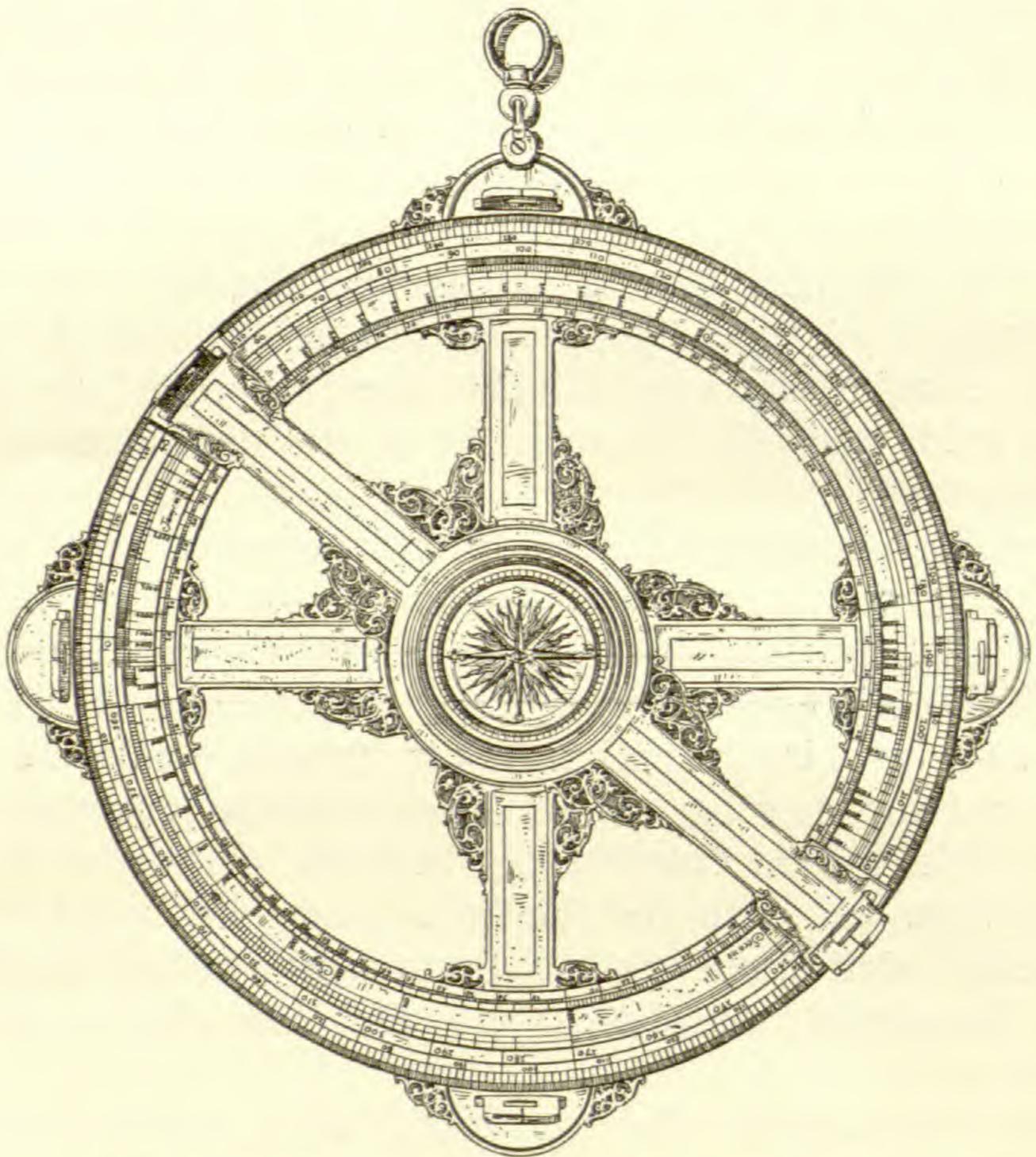


Fig. 3. Scheibeninstrument von Franciscus Fiebig.

ist in zweimal 100 gegen die Mitte abnehmende Teile geteilt, entsprechend der umbra recta und umbra versa des geometrischen Quadrats. Zwischen beiden Teilungen ist, auf die vier Quadranten verteilt, die Größe der trigonometrischen Funktionen Sinus, Tangente, Secante und Sagitta = Sinus versus in der Weise dargestellt, daß man von jedem Bogen die Größe der ihm entsprechenden Funktion ablesen kann. Hiebei ist der Radius gleich 1000 gesetzt. Das Instrument ist zunächst zu Winkelmessungen bestimmt, kann aber auch zur Berechnung von Höhen oder horizontalen Längen verwendet werden.

Hiezu dienen entweder die trigonometrischen Funktionen oder das geometrische Quadrat. Den trigonometrischen Funktionen ist es eigen, daß einer gleichen Zunahme des Winkels nicht eine gleiche Zunahme oder Abnahme der Funktionen entspricht, diese ändern sich vielmehr progressiv. Ihre Übertragung auf eine Skala gibt daher ungleiche Teile und ist selten ausgeführt worden. Um aber eine gleichmäßig fortschreitende Skala zu gewinnen, aus der man durch eine einfache Proportionsrechnung Längen oder Höhen ermitteln

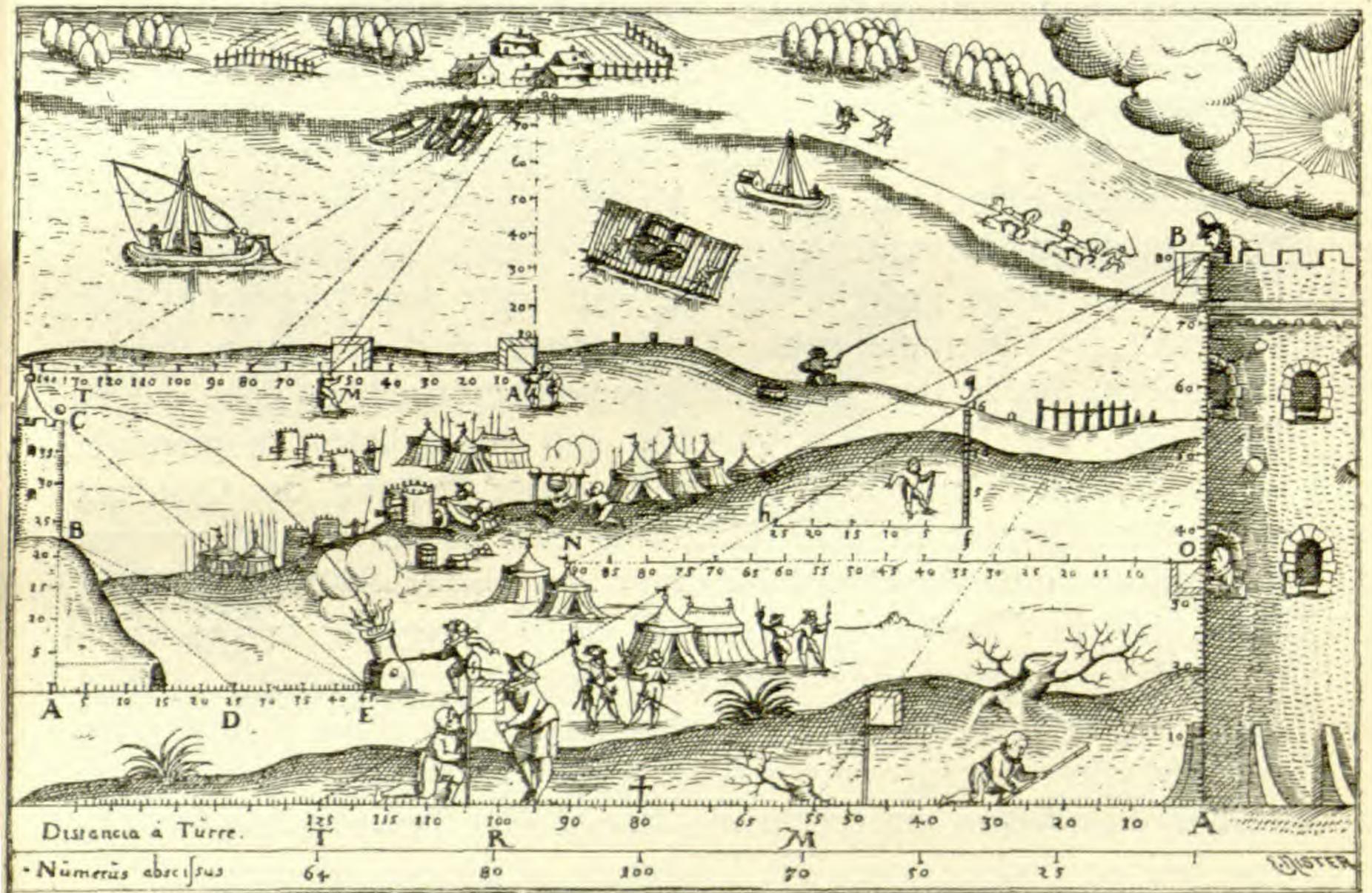


Fig. 4. Messung mit dem geometrischen Quadrat.

kann, genügt es, ein rechtwinkliges Dreieck mit beweglicher Hypotenuse zu konstruieren und die beiden Katheten nach gleichem Maßstab zu teilen. Auf einem solchen Instrument kann man dadurch, daß man die Hypotenuse um den einen Endpunkt dreht, ein dem zu messenden ähnliches Dreieck herstellen und erhält durch Messung einer Kathete des aufzunehmenden Dreiecks die zum Ansatz einer Proportionsrechnung nötigen Stücke (Fig. 4). Diesen Gedanken hat schon Ptolemaeus der Konstruktion seines Triquetrum zu Grunde gelegt. Die Skalen der umbra recta und umbra versa, d. i. der Katheten des rechtwinkligen Dreiecks finden sich schon auf Astrolabien des 13. und 14. Jahrhunderts, ihre Bezeichnung als umbra weist auf einen gnomonischen Ursprung des Instrumentes. Das geometrische

Quadrat ist eine quadratische Scheibe, auf welcher zwei zusammenstoßende Seiten in 12 oder in 100 gleiche Teile geteilt sind. Die Teilungslinien gehen von der gegenüberliegenden Ecke aus, treffen also unter verschiedenen Winkeln auf die geteilten Seiten, die beiden anderen Seiten, welche mit ihrer ganzen Länge in Rechnung kommen, können ungeteilt bleiben. Zum Visieren muß eine Diopterregel angebracht werden, die sich um den Eckpunkt dreht, von welchem die Teilung der gegenüberliegenden Seiten ausgeht. Eine solche Regel ist jedoch außer bei den Astrolabien nicht immer vorhanden, ja sie dürfte überhaupt nicht zur ursprünglichen Einrichtung des Instruments gedient haben, es sind vielmehr bei den meisten älteren Instrumenten an einer der ungeteilten Seiten Diopter angebracht. Diese Instrumente sind nur zur Messung von Höhen verwendbar. Soll mit diesen Instrumenten gemessen werden, so wird das ganze Quadrat so lange gedreht, bis die Seite mit dem Diopter in der Richtung der Visierlinie steht. Die Neigung wird durch ein Pendel angegeben, das in der der Teilung gegenüberliegenden Ecke aufgehängt ist. Die Seiten des Quadrats mit beweglicher Diopterregel stehen horizontal und vertikal, die normale Stellung des Quadrats mit festem Diopter ist über Eck, und es wird bei den Messungen in positiver oder negativer Richtung aus dieser Stellung gedreht. Eine einfache Überlegung zeigt, daß die Teilung der umbra recta und umbra versa auf den Kreis übertragen werden kann. Schlägt man vom Ausgangspunkt der Teilungslinien aus einen Viertelskreis, welcher diese Linien durchschneidet, so wird dieser in eine der Teilung der Seiten entsprechende Anzahl von Teilen geteilt, welche von beiden Enden gegen die Diagonale zu kleiner werden.

Die Messung mit dem geometrischen Quadrat setzt voraus, daß man eine Standlinie hat, auf welcher eine Visierlinie senkrecht steht. Das ist nicht immer zu erreichen. Der Gedanke, Instrumente zu konstruieren, welche der Messung ein beliebiges Dreieck zu Grunde legen, lag nahe und wurde im 16. Jahrhundert ausgeführt. Man nennt solche Instrumente Distanzmesser oder Tachometer. Die einfachste Art besteht aus einer Regel, an deren Anfang ein Teilkreis oder Halbkreis steht, um dessen Mittelpunkt sich eine zweite Regel dreht, während ein zweiter Teilkreis mit drehbarer Regel an einem Schlitten auf der festen Regel gleitet.

Das Meßverfahren besteht nun darin, daß mit den drei Regeln ein Dreieck hergestellt wird, das dem im Gelände ähnlich ist (Fig. 5). Um die Entfernung eines Punktes zu ermitteln, wird eine Standlinie gemessen und der Abstand der Drehpunkte auf dem Instrument zur

Länge der Standlinie in ein einfaches Verhältniß gesetzt. Alsdann wird es erst am einen und dann am anderen Ende der Standlinie so aufgestellt, daß die feste Regel deren Richtung hat, und vom rechten Ende die rechte, vom linken Ende die linke drehbare Regel auf den Punkt einvisiert und festgestellt. Die drei Regeln bilden nun ein Dreieck, das dem im Gelände ähnlich ist und der Abstand des

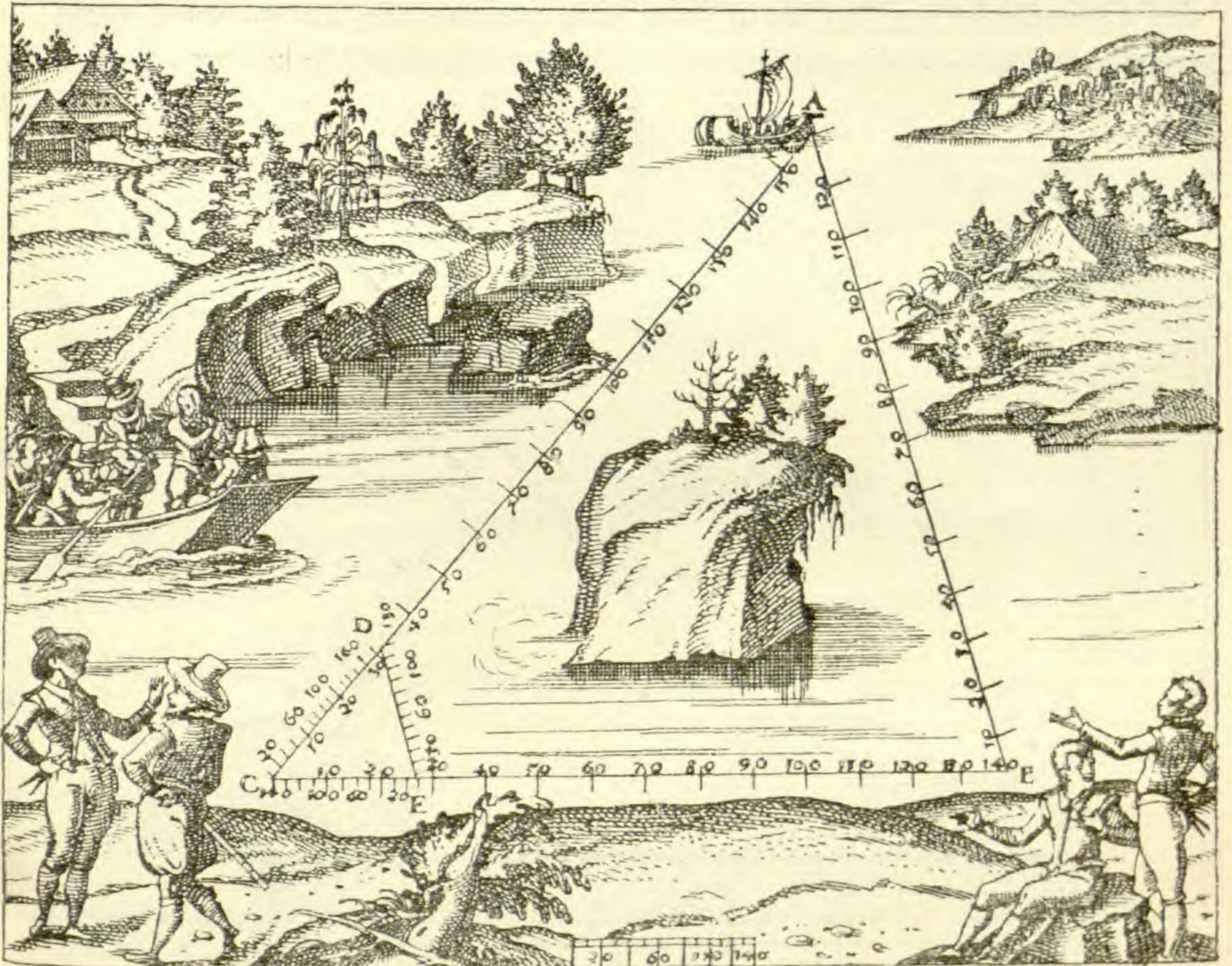


Fig 5. Distanzmessung durch ähnliche Dreiecke.

Punktes von den Endpunkten der Standlinie kann entweder auf dem Instrument direkt abgelesen oder durch eine einfache Proportionsrechnung gefunden werden. Wir haben solche Instrumente von Joachim Kreich in Weimar 1599 (Fig.6) und von Leonhard Zübler.

Schon im 16. Jahrhundert wurden Spiegel zu Winkelmessungen verwendet. Da wir Spiegelinstrumente aus alter Zeit nicht besitzen, müssen sie hier übergangen werden.

Es ist möglich, gleich im Gelände eine verjüngte Zeichnung beliebiger Flächen aufzunehmen. Das Instrument für diese Aufnahmen ist der Meßtisch. Er soll im späteren 16. Jahrhundert von Johannes Praetorius erfunden sein. Kann man von einer beliebigen Fläche im Gelände eine Seite messen, so stellt man über dem einen Ende

ein horizontales Zeichenbrett auf, das mittels einer Bussole orientiert ist. Zieht man nun von dem über dem Ende der Grundlinie gelegenen Punkte auf dem Zeichnungsblatt die Sehstrahlen nach den Eckpunkten der Fläche, trägt man auf dem der Grundlinie entsprechenden Strahl deren Länge in der beabsichtigten Verjüngung auf und stellt nun den orientierten Meßtisch an dem anderen Ende der Grundlinie auf, so kann hier das gleiche Verfahren wiederholt werden. Die Schnittpunkte der nach den einzelnen Ecken gezogenen

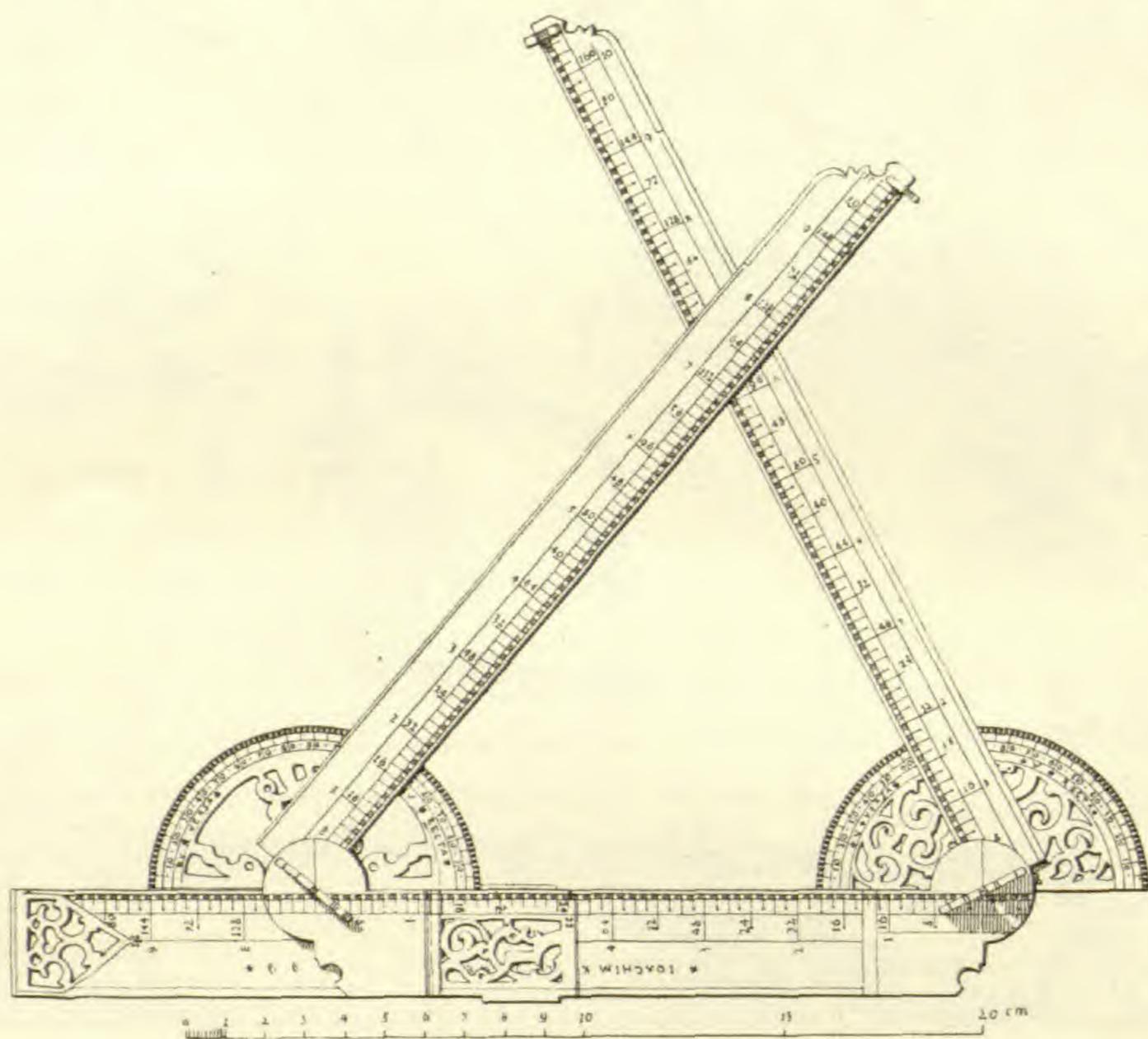


Fig. 6. Distanzmesser von Joachim Kreich.

Sehstrahlen liegen so, daß ihre Verbindung das verjüngte Bild der Fläche ergibt (Fig. 7). Wir haben nur einen vollständigen Meßtisch von Brander und Göschel in Augsburg. Ein interessantes Instrument von Andreas Albrecht 1625, das als Kombination der Feldbussole mit dem Meßtisch angesehen werden kann, gestattet nur die graphische Aufnahme von Winkeln, nicht die von Flächen.

II. Instrumente zur geographischen Ortsbestimmung durch Beobachtung der Himmelskörper.

Die Instrumente, welche hier zu betrachten sind, können ebensowohl dazu benutzt werden, aus dem bekannten Ort eines Sternes die geographische Lage des Beobachtungspunktes zu bestimmen, als

von einer nach ihrer Länge und Breite bestimmten Station aus den Ort eines Sternes festzustellen. Es kommen also hier alle alten astronomischen Instrumente in Betracht. Unsere Sammlung ist daran nicht reich, besitzt aber schöne Instrumente von Johannes Praetorius.

Die astronomischen Beobachtungen können auf drei verschiedene Grundflächen bezogen werden, auf den Horizont des Beobachters, auf die Ebene der Ekliptik und auf die Ebene des

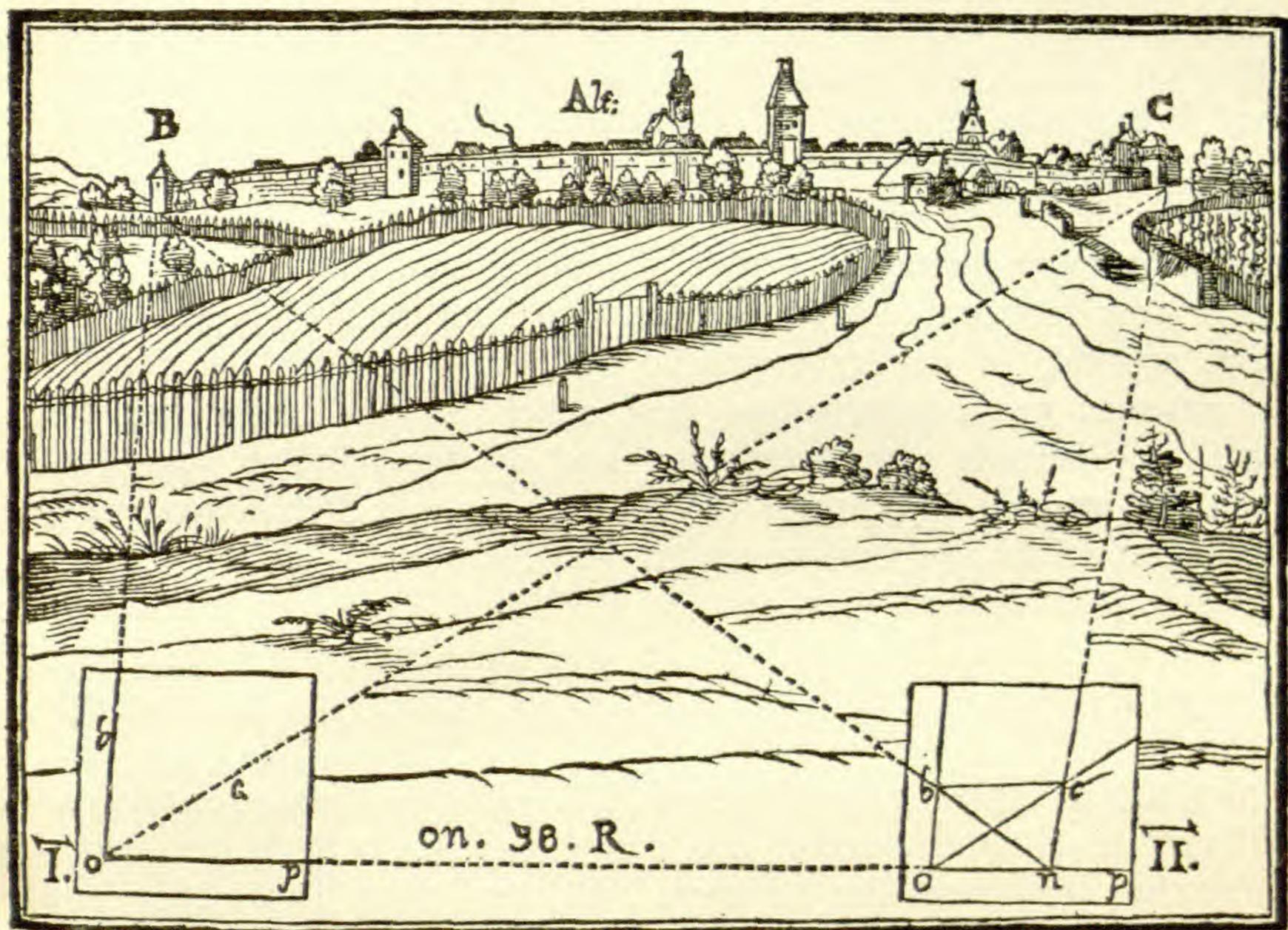


Fig. 7. Aufnahme mit dem Meßtisch.

Äquators. Nur bei der ersten Art der Beobachtung kann in unseren Breiten das Instrument in die Grundebene selbst verlegt werden, bei den beiden anderen geht die Beobachtung von einer der Ekliptik oder dem Äquator parallelen Ebene aus.

Für den naiven Beobachter ist der eigene Horizont die natürliche Grundlage der astronomischen Ortsbestimmungen. Auf dieser Grundlage waren die ältesten astronomischen Instrumente aufgebaut, auf ihr stehen noch heute die Theodolite und Universalinstrumente, welche zu geographischen Ortsbestimmungen dienen. In der frühesten Zeit werden die Winkel durch Dreiecke bestimmt, die direkte Winkelmessung tritt erst später ein, war aber schon im Altertum bekannt.

Das einfachste und älteste Instrument war der Gnomon, ein vertikaler Stab oder eine Säule, welche ihren Schatten auf eine horizontale Ebene warf. Der kürzeste Schatten ergab den wahren Mittag des Ortes und die Richtung des Meridians, das Maximum und Minimum der Sonnenhöhe die Solstitien, die halbe Summe von Maximum und Minimum die Äquatorhöhe, ihre halbe Differenz die Lage der Ekliptik. Gnomone sind feststehende Instrumente, man sieht sie in sehr veränderter Gestalt noch heute in einigen italienischen Kirchen. Im 16. Jahrhundert wurde das Prinzip des Gnomon zuweilen auf bewegliche Sonnenuhren angewandt. Der Gnomon, als Instrument, das mit dem Schatten operiert, konnte zu Beobachtungen des Standes der Sonne und etwa noch des Mondes, nicht aber zu Sternbeobachtungen gebraucht werden. Ein anderes Instrument, das gleichfalls vom Horizont des Beobachters und vom rechtwinkligen Dreieck ausgeht, ist das geometrische Quadrat, das schon bei den Instrumenten zur Landaufnahme besprochen ist. Es findet sich oft auf der Rückseite von Astrolabien und an den Rändern von Quadranten, ist aber im Grunde zur Bestimmung von Sternhöhen wenig geeignet. Für alle Bestimmungen von Sternörter ist die Winkelmessung das bessere und genauere Verfahren. Geht der Beobachter dabei von seinem Horizont aus, so wird der senkrechte Winkel oder Bogen (Höhenkreis), der dem Abstand des Sternes vom Horizont entspricht, als Höhe des Sternes, der Winkel des Höhenkreises gegen den Meridian als dessen Azimut bezeichnet. Werden die Messungen von der Ebene des Himmelsäquators aus vorgenommen, so heißt der Bogen zwischen der Ebene des Äquators und dem Stern Deklination und der Winkel des Deklinationskreises mit dem Meridian Stundenwinkel; der Abstand des Deklinationskreises von dem Frühlingspunkt, d. i. dem Schnittpunkt des Äquators mit der Ekliptik wird als die Rektaszension des Sternes bezeichnet. Geht man endlich von der Ebene der Ekliptik aus, so wird der Abstand von dieser auf einen Kreis gemessen, der durch die Pole der Ekliptik geht. Der Bogen zwischen der Ekliptik und dem Stern heißt dessen Breite, der Abstand des Breitenkreises vom Frühlingspunkt seine Länge. Diese beiden Koordinaten sind für die Fixsterne konstant.

Zur Bestimmung der Horizontalkoordinaten haben wir heute in den Theodoliten und Universalinstrumenten Hilfsmittel, welche eine große Genauigkeit der Einstellung ermöglichen. Da sie ohne Mühe an jedem Ort aufgestellt werden können, sind sie unentbehrliche Werkzeuge für Forschungsreisende geworden. Der Grundgedanke dieser Instrumente, die Kombination des Horizontalkreises

mit dem Vertikalkreis, ist alt und war wohl schon den Arabern bekannt. Tycho Brahe hat ihn bei seinen Quadranten angewandt. Wir haben einen drehbaren Azimutalquadranten. Er hat einen Radius von 62,5 cm und gestattet eine direkte Ablesung von 2 Minuten. Aber trotz seiner kleinen Abmessungen ist er nicht als ein tragbares Instrument zu betrachten. Ein solches, das als Scheibeninstrument mit aufgesetztem Vertikalkreis zu betrachten ist, habe ich oben erwähnt, es ist ein Theodolit ohne Fernrohr. Es ist aus dem 18. Jahrhundert. Die Erfindung hat Leonhard Digges um 1570 gemacht, er hat dem Instrument auch den Namen Theodolit gegeben. Die großen, feststehenden oder wenigstens fest aufgestellten Quadranten und Oktanten, welche weniger geographischen, als astronomischen Zwecken dienten und bis ins 18. Jahrhundert in Gebrauch waren, sollen hier nicht näher besprochen werden. Wir haben drei Quadranten und zwei Sextanten.

Dagegen müssen die Armillarsphären und die aus ihnen abgeleiteten Instrumente erwähnt werden.

Die Armillarsphäre war schon im Altertum bekannt, die Astronomen der alexandrinischen Schule haben sie angewandt. Regiomontanus hat sie nach den Angaben des Ptolemaeus rekonstruiert, wesentlich vervollkommnet hat sie Tycho Brahe. Die Armillarsphäre ist ein System von konzentrischen Ringen (Kreisen), welche in verschiedenen Ebenen liegen und gegeneinander gedreht werden können. Die Drehungsaxe ist entweder der Weltaxe oder der Axe der Ekliptik parallel und man nennt danach die Instrumente äquatoriale oder ekliptikale (zodiakale) Armillarsphären. Die Beobachtung geht vom Mittelpunkte des Systems aus, da sie aber hier nicht angestellt werden können, so muß beobachtet werden, daß die Visierlinien durch den Mittelpunkt gehen.

Das Gestell, auf welchem das Instrument ruht, trägt einen vertikalen Kreis, der dem Meridian entspricht und bei der Beobachtung in die Meridianebene gebracht werden muß. Die Teilung der vier Quadranten geht vom Äquator nach den Polen. Durch die Pole geht die Axe, um welche sich das System dreht. Ihre Neigung gegen den Horizont wird durch ein Lot bestimmt, das in dem der Breite des Pols entsprechenden Punkte des Meridians (Zenit) aufgehängt ist. Sie hat in der Mitte ein Visier. Die Axe trägt einen ungeteilten Ring, auf welchem senkrecht der Äquator befestigt ist. Ist der Äquator nicht drehbar, so ist er unmittelbar am Meridian befestigt. Er hat Grad- und Stundenteilung und zwei Diopter. Auf der Axe ist auch der Deklinationkreis angebracht,

dessen Ebene auf der des Aequators senkrecht steht; auch er hat zwei Diopter. Die Teilung der Quadranten geht vom Aequator aus. Bei der Beobachtung wird der Deklinationskreis nach dem Stern gerichtet und durch die Diopter einvisiert. Die Stellung der Diopter ergibt die Deklination, der Bogen zwischen dem Deklinationskreis und der Südseite des Meridians den Stundenwinkel. Die Rektaszension kann nur durch Vergleichung mit der bekannten Rektaszension eines anderen Sterns gefunden werden.

Die Konstruktion der ekliptikalen Armillarsphäre ist ganz ähnlich, doch ist hier eine weitere Axe vorhanden. Der Meridian trägt mittels zweier der Richtung der Weltaxe entsprechenden Zapfen einen drehbaren Ring, in welchem gegen die erste um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigt die Axe der Ekliptik ruht, auf der gleichen Axe steht der Breitenkreis, während der in der Ebene der Ekliptik parallele Längenkreis von dem drehbaren Ring getragen wird.

Wir haben nur eine kleine, in freier Hand zu haltende Armillarsphäre.

Von den zu Beobachtungen am Himmel bestimmten Armillarsphären unterscheiden sich die Instrumente, welche nur die gegenseitige Lage der verschiedenen Kreise am Himmel veranschaulichen. Wir haben deren mehrere; eine derselben, welche von der Bronzefigur des Atlas getragen wird (16./17. Jahrhundert) ist dekorativ sehr wirksam. Interessant ist ein Holzmodell, das die verschiedenen Systeme kombiniert.

Selbstverständlich finden wir die Kreise auch auf den Himmelsgloben, an welchen unsere Sammlung ziemlich reich ist. Ich erwähne den großen Globus von Stöffler, der nach seiner Inschrift 1493 angefertigt ist. Die schönen Malereien weisen freilich auf eine etwas spätere Zeit. Ein hervorragendes Prachtstück ist der Himmelsglobus von Praetorius vom Jahre 1566. Er ist aus Messing gefertigt, reich graviert und vergoldet. Kurz erwähnt seien zwei weitere, welche von Atlanten getragen werden, der eine, eine französische Arbeit, ist aus dem 17. Jahrhundert, der andere von Michael Caucigh S. J. entworfen und von J. Becker graviert, ist vom Jahre 1726.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu den Beobachtungsinstrumenten zurück. Die Kreise der Armillarsphäre sind konzentrisch angeordnet. Dies ist jedoch nicht nötig, es genügt, wenn die Ebenen, auf welchen die Kreise verzeichnet sind, in die richtige Lage gegen den Himmel gebracht werden können. Ein solches Instrument ist das Torquetum. Es wird gewöhnlich dem Apian zugeschrieben, doch soll seine Erfindung von Regiomontanus gemacht sein. Wir

haben ein außerordentlich prächtig ausgestattetes Torquetum (Fig.8) von Praetorius. Es hat eine quadratische Basis, welche horizontal gestellt und mit einer Bussole orientiert wird. An ihrer Nordseite ist drehbar die Aequatorebene befestigt, welche durch zwei Bogen in der Aequatorhöhe des Beobachtungsortes festgestellt werden kann. Auf dieser Ebene ist ein Kreis mit Stunden- und Gradteilung eingraviert.

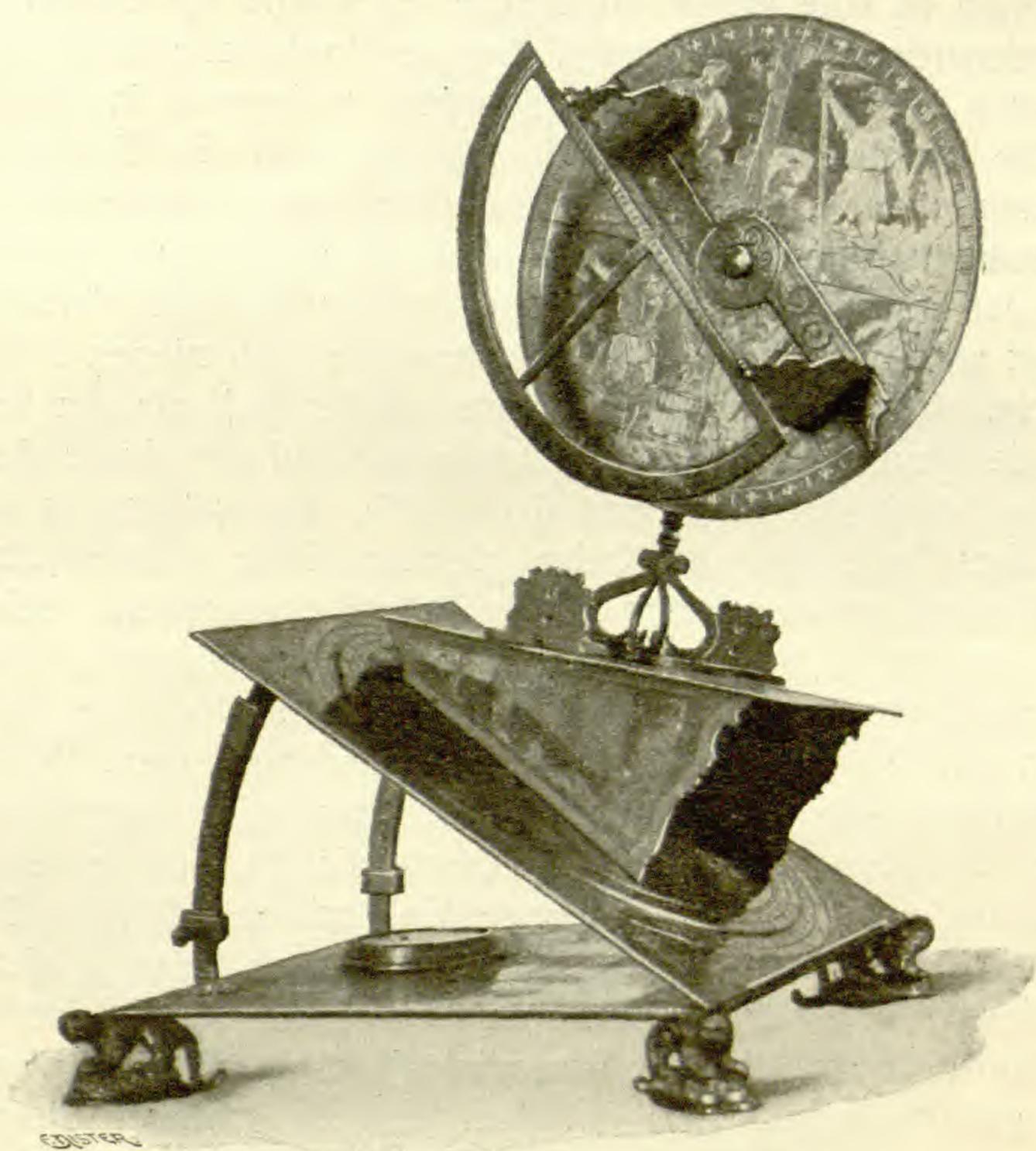


Fig. 8. Torquetum von Johannes Praetorius.

Parallel zu ihr dreht sich konzentrisch eine kreisförmige Scheibe mit Zodiakalteilung. Auf ihr ruht in fester Neigung von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ein gleichgroßer Kreis, die Ekliptik mit Zodiakal- und Monatsteilung. Um den Mittelpunkt dreht sich eine Diopterregel, senkrecht auf ihr steht der Breitenkreis, der sich mit ihr dreht. Er hat Gradteilung. Auch er ist mit einer Diopterregel versehen. An der Spitze der Diopter ist ein Halbkreis mit einem Lot angebracht, das die Neigung der Regel gegen den Zenith angibt. Alle Flächen sind mit bildlichen Darstellungen geschmückt. Die Beobachtung wird ähnlich ausgeführt wie mit der Armillarsphäre. Das Torquetum kann nur

in kleinem Maßstab ausgeführt werden, weil es bei großer Aequatorhöhe leicht das Übergewicht bekommt und umkippt; es gewährt keine große Genauigkeit.

Ein sehr altes Instrument zur Bestimmung der Höhe der Sonne oder der Sterne ist das von Hipparch erfundene Astrolabium. Es gestattet außer der Höhenmessung auch Zeitbestimmungen. Das Astrolabium ist eine kreisförmige Scheibe, welche auf beiden Seiten verschiedenartige Teilungen trägt. Auf der Vorderseite ist der Limbus gewöhnlich im äußeren Kreis in Stunden, im inneren in Grade geteilt. Die Kreisfläche innerhalb des Limbus zeigt die Himmelskreise in stereographischer Projektion, entsprechend der Polhöhe, für welche die Scheibe bestimmt ist. Gewöhnlich ist der Limbus erhaben, so daß in den inneren Teil mehrere aufeinander liegende Planscheiben eingelegt werden können, deren Zeichnung verschiedenen Polhöhen entspricht. Im Mittelpunkt des Kreises ist der Pol, um ihn konzentrisch die Wendekreise und der Aequator. Auf der durch den Pol gehenden Vertikalen liegt oben der Zenith, um welchen in stereographischer Projektion die Kreise gleicher Höhe (Almukantarate) gezogen sind und von dem die Vertikalkreise ausgehen. Sein Abstand vom Pol entspricht der Polhöhe. Unterhalb des Poles im Schnittpunkt der Vertikalen mit dem Horizont liegt der Pol der Ekliptik, um den sich die zugehörigen Linien gruppieren. Über dem Planisphärium liegt, um den Pol drehbar, eine durchbrochene Scheibe, das Rete. Sie enthält zunächst die Ekliptik, einen Kreis dessen Mittelpunkt, bei der Anfangsstellung mit dem Pol der Ekliptik auf dem Planisphärium zusammenfällt und dessen Radius gleich dem Abstände des Pols der Ekliptik vom Wendekreis des Steinbocks auf dem Planisphärium ist. Sie ist zodiakal mit Angabe der einzelnen Grade geteilt. Ferner sind auf dem Rete die größeren Sterne angegeben, wie auf einer Sternkarte. Um den Pol dreht sich dann noch eine bewegliche Regel.

Die Rückseite trägt verschiedene konzentrische Kreise. Der äußerste hat Gradteilung, die von der Horizontalen aus durch die einzelnen Quadranten geht. Es folgt die Zodiakalteilung nach Sternbildern und Graden und endlich die Monatsteilung mit Angabe der Tage. Auf der inneren Fläche findet sich gewöhnlich ein geometrisches Quadrat und eine vertikale Sonnenuhr. Um den Mittelpunkt dreht sich ein Diopter.

Die Sonnenhöhe wird am Gradbogen direkt nach der Stellung der Diopterregel abgelesen, die Sonnenlänge ergibt sich dadurch, daß man die Regel auf den Tag einstellt und dann im Zodiakus

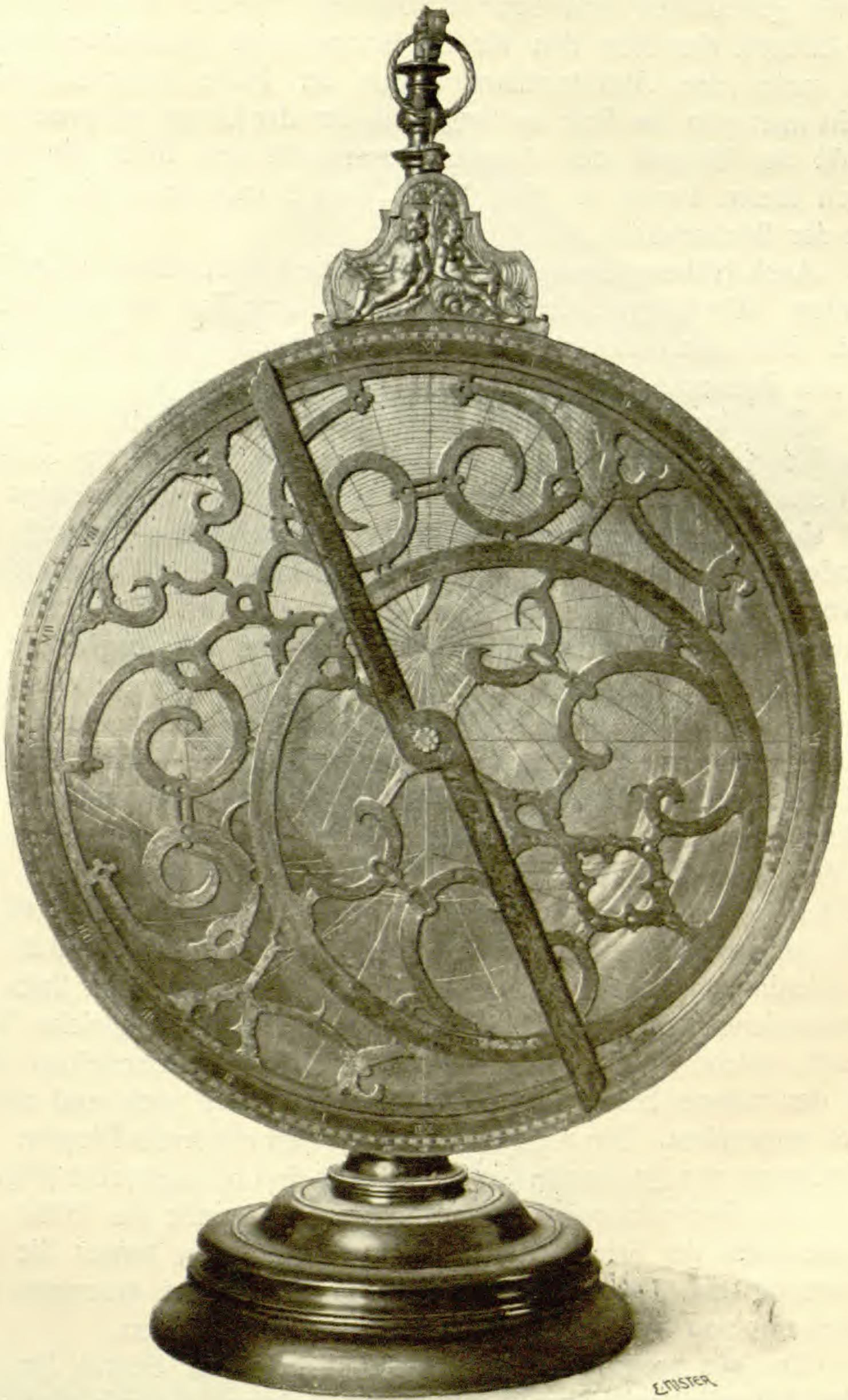


Fig. 9. Astrolabium von Johannes Praetorius.

EMSTER

abliest. Nun läßt sich das Instrument auch zur Bestimmung der Stunde gebrauchen und zwar in folgender Weise. Man sucht auf der Ekliptik des Rete den für die Sonnenlänge gefundenen Punkt und unter den Almukantharaten den der Höhe entsprechenden. Dreht man nun das Rete so lange, bis der der Länge entsprechende Punkt der Ekliptik den Almukantharat trifft und führt die Regel durch diesen Punkt, so gibt sie auf dem Stundenkreis die Tageszeit der Beobachtung an.

Auch Höhenmessungen können mit dem Astrolabium ausgeführt werden. Wir haben zahlreiche Astrolabien, zum Teil aus sehr früher Zeit. Eines wird als Arbeit Regiomontans bezeichnet. Das schönste ist von Praetorius (Fig. 9).

Ganz kurz sei hier noch auf den Quadranten von Praetorius aus dem Jahre 1571 hingewiesen. Es ist eine quadratische Scheibe von 528 mm Seitenlänge, welche an einem Gestell so befestigt ist, daß sie sich in einer vertikalen Ebene drehen läßt. Innerhalb der Ränder ist von der oberen Ecke als Mittelpunkt ein Quadrant geschlagen, der die beiden seitlichen Ecken verbindet. Er hat in vier Limben eine Teilung von 5 zu 5 Grad, welche links beginnend bis 90° geht, dann rückläufig die Ziffern für den zweiten, rechtsläufig die für den dritten und rückläufig die für den vierten Quadranten enthält. Der erste Quadrant ist ferner in Grade und jeder Grad in 6 Teile zu 10 Minuten geteilt. Konzentrisch zu ihm sind auf der Fläche die Wendekreise, dann vom linken Ende des Aequators aus zu den Wendekreisen laufend die Ekliptik in zwei Armen und vom rechten Ende des Aequators aus die den Aequatorhöhen von 40 bis 66° entsprechenden Horizonte. Diese Linien werden durch die Stundenlinien durchschnitten. An den Rändern sind oben links die Deklinationen angegeben, die rechte Seite ist in 60 gleiche Teile geteilt, welche als Chorda recta und Chorda versa bezeichnet sind, auf den unteren Seiten sind die Skalen der umbra recta und umbra versa angegeben. Die rechte obere Seite trägt ein festes Diopter. Im Mittelpunkt des Quadranten (obere Ecke) ist ein Lot angebracht (Fig. 10).

Die Beobachtung mit dem Instrument ergibt die Höhe der Sonne oder der Sterne, das Instrument ermöglicht ferner die Bestimmung der Deklination. Es ist mir aber nicht gelungen, den Übergang von der Höhe auf die Deklination zu finden.

Da die geographische Darstellung in dieser Schrift für sich behandelt wird, sei hier nur darauf hingewiesen, daß wir eine stattliche Reihe interessanter Globen vom 15. bis ins 19. Jahrhundert besitzen. Die geschichtlich interessantesten sind der Globus des

Martin Behaim von 1492, der des Johann Schöner von 1520 und der des Praetorius von 1566, dessen Bedeutung vielleicht mehr auf der künstlerischen, als auf der wissenschaftlichen Seite liegt, der aber

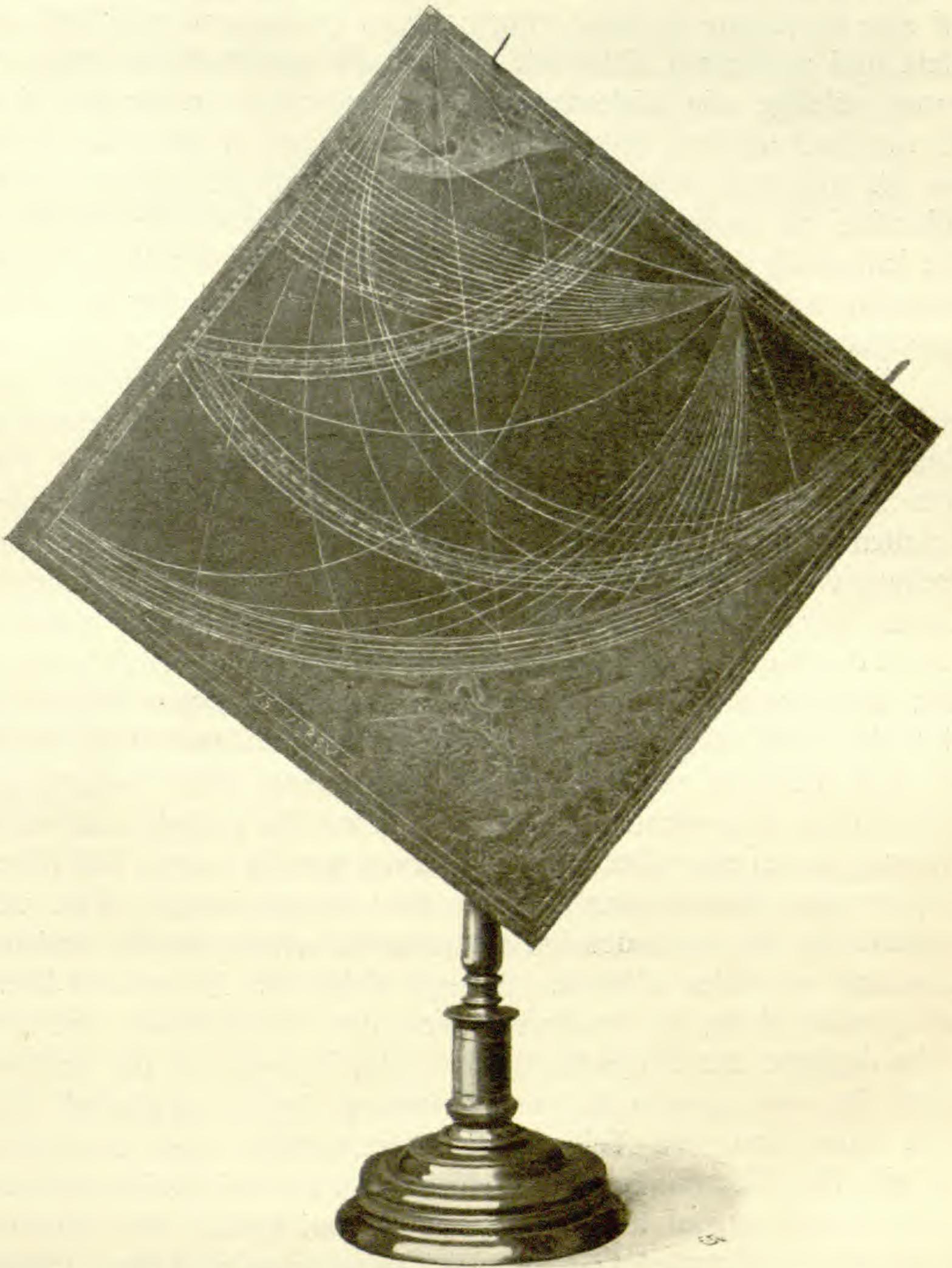


Fig. 10. Quadrant von Johannes Praetorius.

doch als ein Werk des 16. Jahrhunderts auch für die Geschichte der Erdkunde von Wert ist.

Zum Schluß sei noch auf unsere reichhaltige Sammlung von Sonnenuhren hingewiesen. Sehen wir alte Instrumente an, so ge-

winnen wir den Eindruck, daß die alten Mathematiker eine wahre Leidenschaft gehabt haben müssen, die Tageszeit auf gnomonischen Wege zu bestimmen. Es ist kein Zweifel, daß die kleinen auf eine bestimmte Polhöhe eingerichteten Instrumente mit horizontalem und vertikalem Zifferblatt vielfach in praktischem Gebrauch waren, solange die Räderuhren selten und ungenau waren; aber als wissenschaftliches Spielzeug blieben sie bis in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts beliebt. Ja sie sind da, wo die astronomischen Hilfsmittel zu genauer Zeitbestimmung fehlen, noch heute von Wert. Die Erfindung der kleinen Sonnenuhren, welche mit der Magnetnadel orientiert werden, wird Gerbert von Reims (um das Jahr 1000) zugeschrieben; feste Sonnenuhren waren schon im Altertum bekannt.

Da sich die Erde in vierundzwanzig Stunden einmal mit gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit um ihre Axe dreht, lehrt eine einfache Überlegung, daß eine zur Erdaxe parallele Linie auf eine zum Aequator parallele Ebene einen gleichmäßig fortschreitenden Schatten wirft, der auch in vierundzwanzig Stunden eine volle Umdrehung von dem Schnittpunkt beider ausführt. Dies ist die einfachste Gestalt der Sonnenuhr. Man nennt die zum Aequator parallele Fläche das Aequinoctiale und das Instrument eine aequinoctiale Sonnenuhr. Auf dem Aequinoctiale nimmt jede Stunde einen Bogen von 15° ein. Die Neigung des Instruments gegen den Horizont ist für jede Polhöhe verschieden, die Instrumente sind deshalb gewöhnlich so eingerichtet, daß das Aequinoctiale gedreht und seine Neigung durch einen Gradbogen bestimmt werden kann. Wir haben aequinoctiale Sonnenuhren verschiedener Konstruktion. Weit verbreiteter als die aequinoctialen Sonnenuhren waren die mit horizontalen und vertikalen Flächen. Solange hiebei der Zeiger der Weltaxe parallel bleibt, ist die Konstruktion der Stundenlinien eine einfache Aufgabe der Projektionslehre. Der Unterschied der Sonnenhöhe in den verschiedenen Jahreszeiten ist ausgeschaltet und man kann von der Teilung der Aequinoctiale aus unmittelbar auf die der Flächen kommen, selbst wenn sie nicht orientiert oder nicht einmal vertikal sind. Auch die Verzeichnung der Stundenlinien auf gekrümmten Flächen bietet keine Schwierigkeiten. Sowie aber der Zeiger nicht mehr parallel zur Weltaxe ist, wird die Verzeichnung der Stundenlinien komplizierter. Die Erörterung dieser Konstruktion würde über den Rahmen dieser Mitteilung hinausführen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Bezold Gustav von

Artikel/Article: [Wissenschaftliche Instrumente im Germanischen Museum. 21-40](#)