

Wissenschaftliche Instrumente im germanischen Museum.

(Fortsetzung.)

VI. Spiegelinstrumente.

Von den zur Winkelmessung bestimmten Instrumenten seien noch die Spiegelinstrumente erwähnt. Das verbreitetste, der Spiegelsextant ist zwar in erster Linie ein nautisches Instrument, kann aber auch zur Messung von Winkeln aller Art benutzt werden.

Fällt ein Lichtstrahl auf eine vollkommen glatte, ebene Fläche, so wird er unter dem gleichen Winkel zurückgeworfen, unter dem er die Fläche trifft. Auf dieses Grundgesetz der Katoptrik gründet sich ein Verfahren zur Höhenmessung, welches in den geometrischen Schriften des 16. Jahrhunderts z. B. in H. Jakob Köbel, von Feldmessen, geometrischen Messen und Absehen, — Frankfurt Chr. Egenolff 1531 und in Apians Instrumentenbuch, Ingolstadt 1523 angegeben ist.

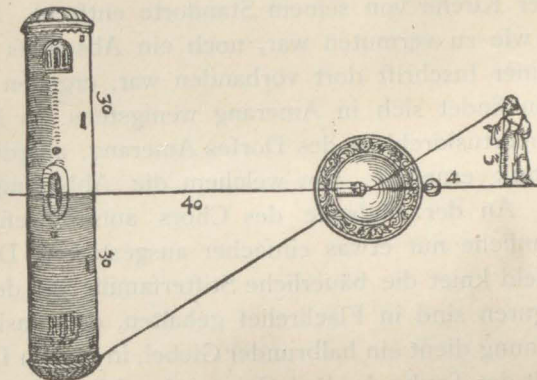


Fig. 31 Höhenmessung mittels des Spiegels. Nach Apian.

Ist die Höhe eines Turmes zu messen, so kann dies in der Weise geschehen, daß man in der Höhe seines Fußes einen Spiegel horizontal auf die Erde legt. Tritt der Beschauer in einem solchen Abstand hinter den Spiegel, daß der von der Oberkante der Mauer ausgehende, vom Spiegel reflektierte Strahl das Auge trifft (Fig. 31), so entstehen zwei ähnliche Dreiecke. Beträgt der Abstand des Spiegels vom Turm 40 Fuß, der des Beschauers vom Spiegel 4 Fuß und ist das Auge des Letzteren in 3 Fuß Höhe, so ergibt sich die Höhe des Turmes aus der Proportion $4:3 = 40:x$ zu 30 Fuß.

Ist der Fuß des Turmes unzugänglich, so kann die Messung aus zwei Ständen vorgenommen werden (Fig. 32). Der Beschauer sieht das Bild der Oberkante des Turmes bei einer Augenhöhe von 7 Fuß in 18 Fuß Abstand vom Spiegel. Er rückt alsdann den Spiegel um 155 Fuß zurück und sieht das Bild, wenn er 28 Fuß hinter dem Spiegel steht. Nun ist die Augenhöhe 7 Fuß nicht nur die Höhe der beiden Beobachtungsdreiecke, sondern auch

die eines Dreieckes, das sich ergibt, wenn man beide Dreiecke mit ihrem rechten Winkel aufeinanderlegt und dessen Grundlinie $28 - 18 = 10$ Fufs ist. Dieses ist aber ähnlich dem Dreieck, das von der zwischen beiden Ständen gelegenen Grundlinie von 155 Fufs und den von der Turmoberkante ausgehenden Strahlen eingeschlossen ist, und die Höhe des Turmes ergibt sich aus der Proportion $10 : 7 = 155 : x$ zu $108\frac{1}{2}$ Fufs.

Bei diesen Messungen ist immer vorausgesetzt, dafs der Fufs des Turmes, der Spiegel und der Fufs des Beobachters in einer horizontalen Ebene liegen. Das Verfahren konnte also nur eine beschränkte Anwendung finden und liess an Genauigkeit sehr zu wünschen übrig.

Bei dem Spiegelsextanten wird mit zwei Spiegeln operiert, seine Theorie ist die folgende (Fig. 33).

Stehen zwei Spiegel, B und D, welche unter sich einen beliebigen Winkel γ einschliessen normal auf einer Ebene und fällt in dieser Ebene, oder parallel zu ihr ein Lichtstrahl unter dem Winkel β auf dem Spiegel B, so

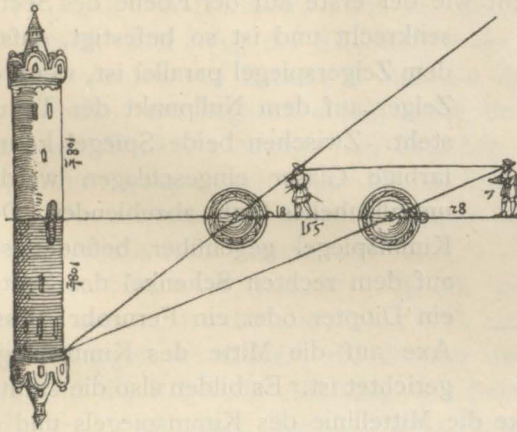


Fig. 32. Höhenmessung aus zwei Ständen mittels des Spiegels. Nach Apian.

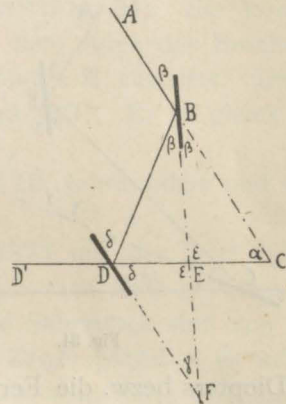


Fig. 33.

wird er unter dem gleichen Winkel β zurückgeworfen. Er trifft und verlässt alsdann den zweiten Spiegel D unter dem Winkel δ d. i. in der Richtung DC. Dieser zweimal reflektierte Strahl DC bildet mit der ursprünglichen Richtung des Strahles AB bzw. deren Verlängerung bis C einen Winkel α , der doppelt so groß ist, als der Winkel γ der beiden Spiegel. Es ist nämlich, da in jedem Dreieck die Summe der drei Winkel $= 2 R$ und hier in den beiden Dreiecken BCE und DEF die Winkel ϵ gleich sind

$$\alpha + \beta = \gamma + \delta \text{ oder}$$

$$\alpha = \gamma + \delta - \beta \text{ aber}$$

$$\gamma = \delta - \beta \text{ weshalb}$$

$$\alpha = 2 \gamma.$$

Ist es nun möglich, ein Instrument zu konstruieren, welches gestattet, über den zweiten Spiegel hinweg einen Gegenstand so anzuvisieren, dafs sein Bild mit dem des doppelt reflektierten Strahles in eine Ebene fällt, welche senkrecht auf der Grundebene steht, so kann die Gröfse des Winkels $\alpha = ACD$,

ist der Zeiger gewöhnlich mit einem Nonius und einer Lupe versehen, so dafs ein hoher Grad von Genauigkeit der Ablesung erreicht werden kann.

Auf die Berichtigung des Instrumentes kann hier nicht eingegangen werden. Das Instrument hat eine Parallaxe, weil der Scheitel des zu messenden Winkels nicht im Drehpunkt des grofsen Spiegels, sondern in C Fig. 33 liegt. Für grofse Entfernungen kann sie unberücksichtigt bleiben, für kleinere läfst sie sich auf einfache Weise berechnen.

Mit dem Instrument wie es eben beschrieben wurde, können Winkel bis 90° oder 120° gemessen werden. Um den Quadranten auch zur Messung von stumpfen Winkeln verwendbar zu machen wird er zuweilen mit einem zweiten Kimm Spiegel versehen, welcher senkrecht auf der 0 Richtung des Zeigerspiegels steht. Es ist dann auch ein zweites Diopter nötig. Da der zweite Kimm Spiegel gegen den Zeigerspiegel um 90° gedreht ist, reflektiert er Strahlen, welche vom Rücken des Beschauers einfallen und zwar unter 180° gegen den Horizont, wenn der Zeiger auf 0 ist, von 90° wenn er auf 90° steht. Der Weg der Strahlen ist der folgende (Fig. 34). Sie kommen von A, werden von B nach C und von da nach dem Auge des Beschauers D geworfen, der zugleich einen Punkt des Horizontes E anvisiert. Der zu messende Winkel α bewegt sich zwischen 90° und 180° . Er ist gleich dem doppelten Nebenwinkel γ' der beiden Spiegel.

Wir besitzen drei Spiegeloktantanten aus dem 18. Jahrhundert und einen Sextanten aus dem Anfang des 19. /

Der Oktant W. I. 1230, Fig. 35, welcher 1873 auf der Insel Sylt erworben wurde, ist der einfachste. Er ist fast ganz aus Holz gefertigt, nur die Fassungen der Gläser, die Diopter und einige Schrauben sind von Messing und die Regel zur Ablesung von Bein. Der Zeigerspiegel A ist auf die Scheibe des hölzernen Zeigers aufgeschraubt, seine senkrechte Stellung auf die Ebene des Oktanten konnte durch die Schraube a reguliert werden. Der erste Kimm Spiegel B steht seitwärts auf dem linken Schenkel des Oktanten, auch er hat eine Schraube b zur genau senkrechten Einstellung, während der Parallelismus zu dem Zeigerspiegel durch einen drehbaren Schieber auf der Rückseite des Oktanten reguliert wird. Zwischen den beiden Spiegeln stehen um eine horizontale Axe drehbar zwei rote Einschlaggläser C. Sie können herausgenommen und bei E eingesetzt werden, wenn der zweite Kimm Spiegel D benützt wird. Dieser steht auf der Nullrichtung des Zeigerspiegels senkrecht und ist im Einzelnen ebenso eingerichtet wie der erste, nur seine Belegung ist eine etwas andere. Während jener in seiner oberen Hälfte durchsichtig, in seiner unteren belegt, ist bei diesem nur ein schmaler Spalt oberhalb der Mitte unbelegt und durchsichtig. Gegenüber dem ersten Kimm Spiegel bei F steht ein Diopter zur Beobachtung von Winkeln von $0-90^\circ$, seitwärts vom zweiten bei G ein solches zur Beobachtung von Winkeln von $90-180$ Graden. Der Weg der doppelt reflektierten Strahlen ist bei Winkeln unter 90° HABF, während der direkt anvisierte Gegenstand in der Fortsetzung der Linie FB liegt; bei Winkeln über 90° macht der doppelt reflektierte Strahl den Weg IADG und der direkt beobachtete Gegenstand liegt in

der Verlängerung der Linie GD. Über dem Limbus ist der Zeiger in der Fortsetzung der Fläche des Zeigerspiegels ausgeschnitten, diese Linie liegt in der Ebene des Zeigerspiegels und gibt dessen Stellung an. Der Limbus ist in 90 Teile und jeder von diesen auf dem äußeren Rande in 3 Teile geteilt. Die gleiche Einteilung in 270 Teile trägt dann der innere mit Transversalen versehene Teil des Limbus. Jeder Drittelsgrad wird hier wieder in 10 Teile geteilt, so daß eine Ablesung von 2 Minuten möglich ist. Auf Fig. 35 sind der Deutlichkeit wegen nur ganze Grade angegeben. — Auf dem die beiden Schenkel verbindenden Steg ist eine Elfenbeinplatte mit der Aufschrift *Cap-Batlimallo 1763* angebracht. Es ist der Name des ehemaligen Besitzers.

Die beiden anderen Octanten W. I. 1213 und W. I. 1214 sind aus der Sammlung Spitzer (Nr. 2776 und 2775). Sie unterscheiden sich nur

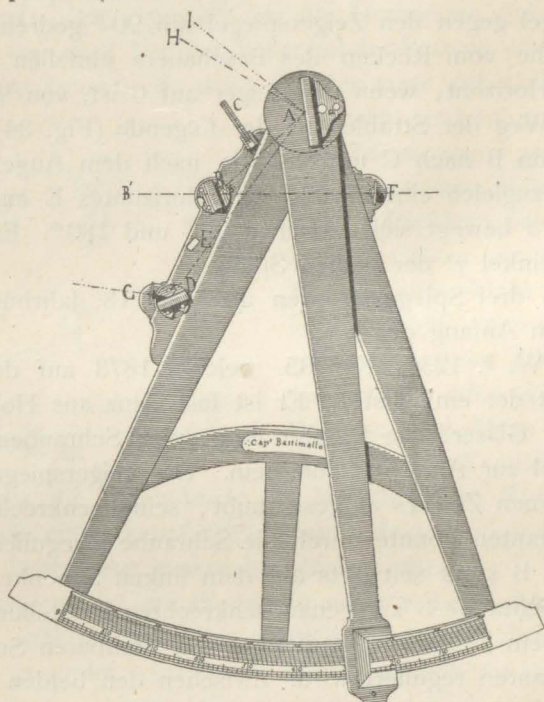


Fig. 35. Spiegeloctant (Hadley'scher Quadrant von 1763.
W. J. 1230.

darin wesentlich von dem beschriebenen, daß der Zeiger mit einem Nonius versehen ist. W. I. 1213 ist gefertigt von Goater in London. Der Name des Besitzers ist ausgekratzt und nur die Jahreszahl 1777 stehen geblieben.

Der zweite Octant hat nur einen Kimmspiegel. Er ist wie die beiden anderen aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts, sein Besitzer hießs Chrighton und war aus London.

Genauer gearbeitet als diese 3 Instrumente ist ein weiteres W. I. 1215 von Gambey in Paris aus dem Anfang des 19. Jahrhunderts (Collection Spitzer 2774). Es umfaßt einen Winkel von 70° , beziehungsweise 140° . Es hat nur einen Kimmspiegel und an Stelle des Diopters ein Fernrohr, das leider zu Verlust gegangen ist. Für die Berichtigung der Stellung der Spiegel

ist hier durch verschiedene Mikrometerschrauben ausreichend gesorgt. Zwischen beiden Spiegeln stehen 4, hinter dem Kimm Spiegel 3 Einschlaggläser. Der Zeiger ist mit einem Nonius versehen, an seinem vorderen Ende ist ein Schlitten angebracht, der auf dem Rande des Limbus gleitet. Wird er mittels einer Stellschraube festgestellt, so ist noch eine feine Verschiebung durch eine Mikrometerschraube möglich. Ferner trägt der Zeiger eine Lupe zur Ablesung auf dem Nonius.

Der Limbus ist in 140° und jeder Grad in 6 Teile zu $10'$ geteilt. Der Nonius ist in 60 Teile geteilt, welche gleich 59 kleinsten Teilen des Limbus sind, so daß eine Bestimmung von Winkelunterschieden von $10''$ möglich ist.

Auf der Oberfläche der Speichen und des Zeigers sind einige Verzierungen aus Silber angebracht. An der Rückseite des Instrumentes befindet sich ein Griff, an dem es gehalten werden kann, der aber zugleich gestattet, es auf ein Stativ zu stecken. Die Stative für Sextanten haben 3 aufeinander senkrechte Axen. Sie gestatten, die Sextantenebene in die Ebene des zu messenden Winkels zu bringen, denn das ist notwendig, wenn das Instrument überhaupt gebraucht werden soll. Die Verwendbarkeit der Sextanten in der Feldmesskunst ist aber dadurch beeinträchtigt, denn in dieser kommt es fast ausnahmslos nicht auf die schief liegenden Naturwinkel, sondern auf deren Horizontalprojectionen, die sogenannten Horizontalwinkel an. Alle topographischen Aufnahmen geben ja das Bild des Terrains auf eine horizontale Ebene projiziert. Wird daher ein schief liegender Winkel im Gelände mit dem Sextanten oder Octanten aufgenommen, so ist es nötig, noch die Neigung jedes seiner Schenkel zu bestimmen. Auch das ist unter Anwendung eines künstlichen Horizontes mittels des Sextanten möglich, es sind aber alsdann statt einer Winkelmessung deren drei und zudem noch rechnerische oder graphische Operationen nötig. Das Verfahren bei der Winkelmessung ist im Grunde schon oben bei Erläuterung der Idee des Instrumentes angegeben. Man stellt das Instrument im Scheitel des Winkels auf und bringt es in dessen Ebene, so, daß die Visierlinie Fig. 35 mit dem linken Schenkel des Winkels FB zusammenfällt, dann führt man den Zeiger dahin, daß der Visierpunkt H des zweiten Winkelschenkels HA im Kimm Spiegel neben dem Bilde des direkt anvisierten Punktes B' erscheint, stellt fest und liest ab.

Handelt es sich nun noch darum, den Höhenwinkel der Winkelschenkel d. h. ihre Neigung gegen den Horizont zu ermitteln, so muß man einen sogenannten künstlichen Horizont anwenden. Man versteht darunter eine spiegelnde (reflektierende) Fläche. Als solche dienen entweder Flüssigkeiten, welche den Vorzug haben, sich selbst horizontal einzustellen — gewöhnlich Öl oder Quecksilber in Gefäßen von etwa 8—10 cm. Durchmesser — oder Glasplatten, welche mittels der Libelle und Stellschrauben horizontal gestellt werden.

Die Messung wird in der Weise vorgenommen, daß man sich so hinter dem Reflexionshorizont aufstellt, daß sowohl der Fixpunkt des Winkelschenkels, als auch dessen von dem Horizont reflektiertes Bild sichtbar ist. Man visiert dann durch den durchsichtigen Teil des kleinen Spiegels nach letzterem und

dreht den Zeiger so lange, bis das doppelt reflektierte Bild neben dem vom Horizont reflektierten erscheint. Die Ablesung gibt den doppelten Höhenwinkel, ist aber mit einer kleinen Parallaxe behaftet, welche daher rührt, daß sich das Auge des Beobachters nicht in der Ebene des Reflexionshorizontes befindet von dem der Strahl zurückgeworfen wird, sondern höher steht.

Ihre hauptsächlichste Anwendung finden die Spiegeloctanten und Sextanten in der nautischen Astronomie zur Bestimmung von Breite und Länge der Meeresörter. Zur Längenbestimmung werden vorzugsweise die sogenannten Mondstrecken verwendet, das ist der Abstand des Mittelpunktes des Mondes von dem Mittelpunkte der Sonne oder einem Stern, vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen. Hierbei handelt es sich um die Messung schief liegender Winkel; zu Messungen der Höhe von Gestirnen, welche bei Breitenbestimmungen, Bestimmungen von Zeit und Polhöhe, sowie bei der Reduktion der scheinbaren Mondstrecken erforderlich sind, wird der Meereshorizont benutzt. Die so gewonnenen Beobachtungen bedürfen verschiedener Reduktionen, auf welche hier nicht eingegangen werden soll.

(Fortsetzung folgt.)

Nürnberg.

Gustav von Bezold.

Noch einmal der Kölner Zeugdruck mit Mutter Anna, Maria und Seraphim.

In den »Mitteilungen des germanischen Museums« 1897 S. 91 u. ff. hat Herr Dr. Th. Hampe den Zeugdruck mit Mutter Anna, der Jungfrau Maria und Seraphim mit Handzeichnungen des dortigen Kupferstichkabinetts zusammengestellt und den Nachweis erbracht, daß wir es bei beiden mit Werken der Kölner Schule bzw. der Kölner Gegend zu thun haben. Ebendort sagt Dr. Hampe S. 97, daß ein unwiderleglich sicherer Nachweis in Fällen wie dem vorliegenden seine großen Schwierigkeiten hat, ja an's Unmögliche grenzt, wenn dem Forscher nicht ein günstiger Zufall, ein glücklicher Fund zu Hilfe kommt. Hieran anschließend möchte ich nun hier auf einen Fund zu sprechen kommen, der, wenn Hampe von ihm schon früher Kenntnis gehabt hätte, ihn zweifellos bestimmt haben würde, noch weitere und sicherere Schlüsse zu ziehen.

Auf die von Dr. Hampe konstatierte auffallende Übereinstimmung der Handzeichnung (Fig. 1) mit dem Seraphimdrucke (Fig. 2) werde ich unten zu sprechen kommen. Hier will ich zunächst einer Abweichung gedenken, die, statt das Gegenteil zu thun, Handzeichnung und Zeugdruck um so näher zusammenbringt. Auf der Handzeichnung bemerkt man nämlich bei genauerer Betrachtung rechts vom Schoße der Mutter Anna, zwischen dieser und der jugendlichen Maria ein Weinblatt mit Stiel. Dieses steht außer Zusammenhang mit der Zeichnung selbst, und fehlt dem Zeugdrucke. Dies ist der einzige greifbare Unterschied zwischen Druck und Zeichnung. Das Weinblatt steht dagegen zweifellos in engstem Zusammenhang mit den im leeren Raum oberhalb der Zeichnung vom