

Construction und Theorie eines Marine-Distanzmessers

von

E. KAYSER,

Astronom der naturforschenden Gesellschaft in Danzig
und Mitglied der astronomischen Gesellschaft.



Mit drei lithogr. Figurentafeln.



Die kleine Schrift, welche ich hiermit dem Drucke übergebe, hat ein so sonderbares Geschick gehabt, dass ich — schon aus anderen Rücksichten — gezwungen bin, über das letztere Bericht zu erstatten. Unterm 16. November 1865 überreichte ich an den Director des hydrographischen Bureau Herrn Capitain *Krausnick* in Berlin die nachstehende Arbeit, in der Hoffnung einem eingestandenem Mangel bei unserer Marine abhelfen zu können. Nach Verlauf von 5 Monaten erhielt ich ein unter dem 20. April 1866 abgefasstes Schreiben, wodurch Herr Capitain *Krausnick* mir Folgendes mittheilt:

„Wollen Sie gütigst entschuldigen, dass ich Ihre unter dem 16. Nov. pr. mir zugesandten Arbeiten, welche ich mir beifolgend Ihnen wieder zuzustellen erlaube, nicht schon früher zurückgesandt habe. Der Grund lag einerseits an meinen überhäuften Geschäften, andererseits darin, dass ich Ihre Erfindungen einigen Kameraden, die sich dafür interessiren, mitgetheilt hatte. Was zunächst das Wesen der Abstände des Schiffes von Gegenständen, deren Dimensionen man nicht kennt, von Bord aus betrifft, so bin ich der Ansicht, dass diese Erfindung, welche hübsch und sinnreich ist, sich doch eher für Strandbatterien und Küstenforts, welche die Annäherung feindlicher Schiffe zu bewachen resp. gegen solche zu agiren haben, anwenden lassen wird, wie an Bord von Schiffen selbst, wenn diese nicht ganz ruhig liegen sollten. Ein Schiff namentlich unter Segel oder unter Dampf hat immer 3 Bewegungen, denen Ihr Instrument folgen müsste (Gieren, Schlengern und Stampfen). Dies wird schwierig sein, namentlich da zwei Beobachter zum Messen der Distanzen erforderlich sind. Ich halte von allen Beobachtungen an Bord von Schiffen Nichts, zu denen mehr wie ein Beobachter erforderlich ist, und ich glaube auch, dass wenn mit Hülfe Ihres Instruments richtige Distanzen gemessen werden sollten, dies nur unter günstigen Umständen und ausnahmsweise geschehen dürfte. Hierzu kommt noch die Verwirrung des Gefechts, der Pulverdampf, die Erschütterung des Schiffes durch das eigene Schiessen etc., so dass ich der Ansicht mich nicht verschliessen kann, dass Ihr Distanzmesser an Bord in der Praxis nicht gut anwendbar sein wird. Ferner kann ich nicht recht verstehen, wie man die in der Entfernung von etwa 10 Fuss vom Instrument angebrachte Seitenskala (ganz abgesehen davon, dass man an Bord eines Schiffes unmöglich

so viel Platz erübrigen kann, um diese Skala neben dem Instrument in solcher Entfernung anzubringen) ablesen will, wenn man bei einer Krängung des Schiffes von 6° bis zu 10° , und gleichzeitig an dem einen oder dem anderen Endpunkt der Skala abzulesen genöthigt sein würde, d. h. wenn die feste Skala zugleich mit dem Schiff gegen den Horizont und die Axe des horizontal gestellten Fernrohres um 6 bis 10° geneigt ist. Ich möchte deshalb einem Instrument den Vorzug geben, welches die Seitenwinkel an sich selbst abzulesen gestattet (der geringe Zeitaufwand; der hierzu erforderlich ist, kann nicht in Betracht kommen) und das so eingerichtet ist, dass es, allen Bewegungen des Schiffes mit Leichtigkeit folgend, immer horizontal bleibt, wie auch das Fernrohr gerichtet wird, und dann nur Ein Beobachter. Ob man jedoch ein solches Instrument wird herstellen können, ist mir zweifelhaft. Ich glaube, dass man bezüglich des Messens von Distanzen von Bord aus während des Gefechtes immer auf die alte practische Methode zurückkommen wird, d. h. man sieht zu, wo die Kugeln hinfliegen und richtet hiernach die Elevation der Geschütze ein . . .“

Jeder mit den Verhältnissen vertraute Leser wird eingestehen, dass die Abweisungsgründe gegenüber den Vorthelen, die durch leichte Handhabung des Apparates und durch eine mehr als geforderte Genauigkeit der Resultate für das Instrument sprechen, nicht recht stichhaltig erscheinen. Die Arbeit, wie sie hier vorliegt, ist (nur redactionell geändert) dieselbe, wie sie damals abgesendet wurde, nur habe ich in einem Zusatz zum Schluss durch vollständigst eingehende Rechnung dargethan, dass alle Neigungen des Schiffes, und zwar in der äussersten Auffassung der Sachverständigen, auf das Resultat der Beobachtungen keinen schädigenden Einfluss üben, sobald es nur gelingt, das Object durch das Fernrohr einige Augenblicke hindurch zu fixiren. Hiermit, glaube ich, können die von Herrn K. ausgesprochenen Bedenken als beseitigt betrachtet werden.

Der Vorwurf, dass die Skalenablesung unmöglich wird, wenn das Schiff neigt, ist durch die Arbeit implicate widerlegt. Wenn aber von dem Herrn Capitain einem Instrument, mit einem Beobachter der Vorrang eingeräumt wird, so müssen die ausgesprochenen Bedenken Hinsichts der Erschütterung etc. noch viel mehr anwachsen, weil dieser eine Apparat um so feiner und empfindlicher gearbeitet sein müsste.

Ich war überzeugt und bin es noch jetzt, dass meine Erfindung, auf die ich persönlich in Wahrheit sehr wenig Gewicht lege, die aber, nach dem Urtheil meiner sachverständigen Freunde, unserer Marine doch von einigem Nutzen werden könne, nicht still begraben werden durfte, und legte dieselbe deshalb im Dezbr. 1866 dem Kriegsministerium mit dem Wunsche vor, die Mittel zur Herstellung eines (Probe-) Apparates angewiesen zu sehen. Am 13. Dezbr. 1868 erhielt ich folgenden Bescheid:

„Ew. Wohlgeboren remittirt das Marine-Ministerium anliegend und unter Bezugnahme auf das diesseitige Schreiben vom 20. Juli c. *) Ihre im Dezember 1866 hier eingereichte Arbeit über einen Distanzmesser nebst Zeichnungen mit dem Bemerkten ergebenst, dass nach eingehender Prüfung durch eine Commission Ihre Erfindung für die Marine sich nicht als ganz practisch herausgestellt hat. Wenn-

*) In Folge meines Monitums. .

gleich das Marine-Ministerium Ihre Arbeit durchaus anerkennt und die ev. Anwendbarkeit derselben für Küstenbatterien nicht in Abrede stellt, so kann dasselbe auf Grund der vorliegenden Berichte Ihren Distanzmesser für Schiffe nicht als den zweckmässigsten ansehen, es bedauert daher Ihrem Wunsche, betreffend die probe-weise Anfertigung eines Instruments, nicht Folge geben zu können.

Marine-Ministerium

Jachmann.“

Ein flüchtiger Blick auf mein Instrument gegenüber dem Auspruch der Commission und des Herrn Captain *Krausnick*, dass sich dasselbe für Küstenbatterien eignen solle, giebt zu folgender Betrachtung Veranlassung. Einmal ist es berechnet für das Schiff auf leicht beweglichem Elemente; auf festem Grund und Boden einer Strandbatterie, wofür es eben nicht berechnet ist, kann natürlich ein einfacherer und noch sicherere Resultate erzielender Messapparat mit Leichtigkeit hergestellt werden. Fürs zweite ist von der Commission ausser Acht gelassen, dass die Wendung des Schiffes zum Abfeuern den Apparat in die zweckmässigste Lage seiner Anwendung bringt, während ein Richten in diesem Sinne auf dem festen Boden einer Strandbatterie unmöglich wird. Oder will man etwa die Grundlage beider Instrumente (in meinem Falle das Schiff) mit ihrem constanten Abstände von 100 Fuss und darüber um einen Zapfen gehen lassen, wenn das Object seitlich erscheint?

So weit ich davon gehört habe, ist keins der eingelieferten Projecte oder Instrumente als benutzbar anerkannt worden. Ich sann nun weiter über die mir unbekannt gebliebenen Ausstellungen nach; besprach auch mit einem Marine-Offizier einzelne Bedenken, als ich zu meinem Erstaunen von diesem Herrn erfuhr, dass ein Apparat ähnlicher Art in der *Hansa* beschrieben sei. In der That die No. 53 dieser in Hamburg erscheinenden Zeitschrift für Seewesen vom 7. Januar 1866 enthält die Beschreibung eines Distanzmessers, der allerdings Abweichungen im Sinne der von den Behörden gemachten Ausstellungen an sich trägt, in den Hauptzügen (Basis der Schiffslänge, Benutzung des electrischen Stromes für gleichzeitige Beobachtung an zwei Apparaten) jedoch mit dem meinigen übereinstimmt. Diese Abweichungen von meiner Idee an dem hier beschriebenen Instrumente sind kurz gesagt unpractisch und die Resultate gefährdend. Mir als Astronomen lag es ja wohl nahe, Kreisablesungen mittelst der Microscope, wie sie alle unsere Instrumente haben, auch hier anzuwenden. Absichtlich habe ich diese unter den gegebenen Verhältnissen unpractischen Einrichtungen verworfen. Absichtlich habe ich Beobachtungen nur in der vortheilhaftesten Lage des gleichschenkeligen Dreiecks (Basis, Object) mit geringer Ueberschreitung eingeführt. Absichtlich habe ich den electrischen Strom mit seiner schädlichen directen Einwirkung auf die Instrumente ferngehalten.

Ich kann getrost den Richtspruch darüber, welches Instrument den gegebenen Verhältnissen erfolgreicher Rechnung trägt, den Lesern überlassen, zu welchem Zwecke ich aus der betreffenden Beschreibung in der *Hansa* das Folgende vorlege.

„(*Herrmann Gurlt's* neuer Distanzmesser.) . . . Diese schwierige Aufgabe ist durch eine Erfindung des Herrn *H. Gurlt*, Maschinenbauingenieur der K. Preuss. Marine ihrem hauptsächlichsten Wesen nach gelöst worden.

Diese Lösung beruht ebenfalls auf trigonometrischen Prinzipien; da sich die Methode jedoch mit Hülfe eines sinnreichen Instrumentes für die Messung jedes beliebigen schiefwinkligen Dreiecks benutzen lässt, so wird ihre Anwendung bedeutend vielfältiger und genauer, als bei den früheren Arten, um so mehr, als sie nicht an Genauigkeit verliert, ob sich Beobachter oder Object oder beide in Bewegung befinden.

Im $\triangle CDM$ werden die beiden Entfernungen d_1 und d_2 aus der bekannten Basis $CD = c$ und den beiden anliegenden Winkeln α und β nach den Formeln:

$$d_1 = \frac{c \sin \beta}{\sin \gamma} \text{ und } d_2 = \frac{c \sin \alpha}{\sin \gamma} \text{ gefunden.}$$

Der Hauptvorzug dieser Methode besteht in der genauen gleichzeitigen Beobachtung der beiden Winkel α und β , da es gleichgültig ist, ob dieselben spitz, stumpf oder rechte sind, so wie in der Benutzung einer constanten Grundlinie. Practisch wird die Sache dadurch ausgeführt, dass man auf dem Deck die Standlinie CD abmisst und an jedem Endpunkte derselben einen *Gurtt'schen* Distanzmesser aufstellt. Das Object, dessen Entfernung von der Standlinie man zu wissen wünscht, wird dann mit dem Fernrohr jedes Distanzmessers visirt, so dass es sich im Fadenkreuz desselben befindet und festgehalten wird.

Dann werden beide Fernröhre in einem gegebenen Augenblicke durch zwei an jedem Instrumente angebrachte kräftige Electro-Magnete und mittelst einer galvanischen Batterie in ihrer Stellung fixirt. Die beiden beobachteten Winkel werden abgelesen und liefern die nothwendigen Elemente für Berechnung der betreffenden Dreiecke.

Da die Genauigkeit der Methode mit der Länge der Standlinie wächst, so muss diese natürlich so gross genommen werden, als die Verhältnisse des Schiffes es gestatten, und da dies am Lande jedenfalls in viel grösserem Massstabe, als an Bord geschehen kann, so empfiehlt sich die Methode namentlich für Küstenvertheidigung.

Ausserdem ist *Gurtt's* Distanzmesser wegen seiner Genauigkeit aber auch für hydrographische Zwecke von grösster Wichtigkeit, um die Entfernung zwischen zwei unzugänglichen Punkten M und M_1 zu finden. Man hat nur die Dreiecke CMD und CM_1D zu messen, um den Winkel $\delta = \alpha - \alpha_1$ und $\delta_1 = \beta_1 - \beta$ zu finden. Dann wird aus zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel MM_1 oder m im $\triangle CMM_1$

$$m = \sqrt{d_1^2 + d_3^2 - 2 d_1 d_3 \cos \delta} \text{ und im } \triangle DMM_1$$

$$m = \sqrt{d_2^2 + d_4^2 - 2 d_2 d_4 \cos \delta_1} \text{ berechnet.}$$

Um sich jedoch die Mühe dieser Berechnung zu ersparen und die Distanzen schnell zu finden, was eine Hauptaufgabe eines guten Distanzmessers ist, hat Herr *Gurtt* ein anderes Instrument, den Constructeur erfunden, durch den sich das gemessene Dreieck in wenigen Secunden im kleinen construiren und der Werth von d_1 und d_2 direct von einer Graduirung ablesen lässt.

Gurtt's Distanzmesser besteht in seinem wesentlichen Theile aus einem astronomischen Fernrohr, das sich um eine verticale und horizontale Axe drehen lässt, so wie aus einem graduirten halbkreisförmigen Limbus, auf dem sich jeder Winkel zwischen 0° und 180° mit Hülfe von einem Vernier und Microscope ablesen lässt. Das Fernrohr ruht mit seinem cylindrischen Drehungszapfen auf einer

Unterlage, die an einer kreisförmigen Bodenplatte befestigt ist und sich mit derselben um einen konischen Zapfen bewegen lässt. Dieser Zapfen ruht wieder in einem an einem Dreifuss befindlichen Universalgelenk. Die Basisplatte trägt zwei Electromagnete, die mit zwei Polstücken armirt sind und sich leicht um eine horizontale Axe drehen lassen. Darunter befindet sich eine zweite kreisförmige Bodenplatte von etwas grösserem Durchmesser, die auf demselben konischen Zapfen ruht und zwei Träger hat, in denen der graduirte halbkreisförmige Limbus mit einer horizontalen Axe in solcher Weise läuft, dass sowohl die Axe des Limbus als des Fernrohrs in einer Linie coincidiren, die im rechten Winkel zur Axe des konischen Zapfens steht.

Um das Fernrohr zu arretiren, trägt dasselbe auf seinem Zapfen zwei verticale Halbkreise von Eisen, und die untere Bodenplatte an ihrem Umkreise einen eisernen Ring. Beide wirken als Armaturen für die Electromagnete, deren einer Pol aufwärts durch den verticalen Bogen und deren anderer niederwärts durch den horizontalen Ring gezogen wird, sobald man einen electricischen Strom durch die Instrumente strömen lässt. Auf diese Weise lassen sich beide Instrumente gleichzeitig durch Anziehung von 4 Polen in jedem fixiren.

Das Fernrohr trägt eine Einrichtung, durch welche es seine verticalen Schwankungen dem graduirten Limbus mittheilt, während es bei seitlichen Bewegungen an ihm vorübergleitet. Die auf letzterem abgelesenen Winkel werden durch die Standlinie zwischen den beiden Fernröhren und durch ihre resp. optischen Axen gebildet.

Der Constructeur ist aus zwei graduirten Bogen zusammengesetzt, um deren Mittelpunkt sich zwei längere Arme drehen, deren jeder einen Vernier, Microscop und Micrometerschraube trägt. Die Entfernung zwischen den Mittelpunkten dieser Bogen stellt im Kleinen die Standlinie auf dem Deck des Schiffes dar. Fixirt man dann die beweglichen Arme mittelst Schrauben auf den mit den Distanzmessern beobachteten Winkelgrössen, so construiren sie das gemessene Dreieck und die Werthe von d_1 und d_2 lassen sich auf der Graduirung, wo beide einander schneiden, ablesen.

Wir können nicht umhin, Herrn *Gurtt's* Erfindung der allgemeinsten Beachtung auf das Angelegenste zu empfehlen, da sie sowohl für Seegefechte als Küstenvertheidigung und hydrographische Zwecke von grösster Bedeutung zu werden verspricht.“

Der Artikel der *Hansa* rühmt den Vorzug der schnellen Distanzermittelung. Nun ist es aber wohl zweifellos, dass mein Apparat diesen Vorzug in höherem Masse darbietet, als der andere. Man vergegenwärtige sich, dass bei dem meinigen so gut wie ein Blick auf Object und Skala das Resultat der Beobachtung ergiebt, welches die Distanz sofort in der Tabelle ersichtlich macht, bei dem *Gurtt'schen* hingegen erforderlich ist: eine genaue Ablesung des Kreises mittelst Nonius und Microscops, dann die Uebertragung dieses Resultates auf seinen Constructeur durch Micrometerschraube, Microscop und Nonius und zwar auf zwei Bogen, Feststellung des Schnittpunktes mit endlicher Ablesung der Distanz. Zur Ausführung aller dieser Operationen ist ein so grosser Zeitaufwand erforderlich, dass die ermittelte Distanz, den Fall einer Bewegung des Schiffes (Object) durch Dampfkraft vorausgesetzt, alsdann mit der neuen Wirklichkeit nicht mehr in Einklang

steht. Ich zweifle ausserdem, dass ein so complicirter Apparat nicht schon durch die gehäufte Gliederung eine reiche Quelle von Fehlern in sich tragen sollte, welche noch durch den Constructeur vermehrt werden müssen. Man erwäge unter anderem, wie unsicher der Schnittpunkt an letzterem bei sehr spitzen Winkeln festzustellen ist. Diese im Grossen und Ganzen angedeuteten Bedenken mögen hier genügen.

Zum Schlusse recapitulire ich: dass ich meine Erfindung am 16. November 1865 Herrn Marine-Capitain *Krausnick* vorlegte, dass nach einigen Wochen am 7. Januar 1866 die Erfindung des Herrn Marine-Ingenieur *Gurlt* in der Hansa beschrieben wird, welche in den Grundzügen der meinigen durchaus ähnlich ist, in den Abweichungen aber von mir nicht als zweckmässig anerkannt wird.

Ich weiss nicht, ob Herr *Gurlt* zu denjenigen Personen gehört, die nach dem obigen Schreiben des Herrn *Krausnick* directe oder indirecte Mittheilung über meinen Distanzmesser erhalten haben. Herr *Gurlt* mag sich selbst darüber äussern. — Doch der Leser entscheide, ob ich nach dem Vorhergehenden mich nicht veranlasst halten muss, meine Arbeit jetzt, wenn auch spät, zu veröffentlichen.

Die angewendeten Verfahren, auf See die Distanz eines Gegenstandes, der mit Vortheil beschossen werden soll, zu ermitteln, sind theils sehr wenig bequem, theils wegen zu kleiner Basis — von der Basis wird schliesslich doch bei allen Distanzmessungen auszugehen sein — zu illusorisch gewesen, als dass sich nützliche Resultate erwiesen hätten. Was die Ausgangsbasis betrifft, so ist leicht zu sehen, dass ein Instrument, mit dem Entfernungen von 1000—10000 Fuss ohne bedeutenderen Fehler als von höchstens 400 Fuss gefunden werden sollen, wie es der Wunsch der Sachverständigen ist, sehr minutiöse Einrichtung und Theilung verlangt und daher wiederum zeitraubende, unbequeme Ablesung mit sich führt. Ein derartiger Apparat würde in sehr grosser Dimension (etwa 5 Fuss) ausgeführt werden müssen, und auch dann liesse sich bei äusseren Einwirkungen, als bei nicht zu vermeidenden Erschütterungen, Temperatur-Einflüssen etc., nichts Ausreichendes erwarten, wie man leicht sich überzeugen kann, wenn man die geringe Grösse der zu messenden Winkel überhaupt und ihren mit der Entfernung sich ändernden Werth nur überschlägt. Denken wir uns die gleichschenkeligen Dreiecke, deren Spitze das feindliche Object und deren Basis 5 Fuss ist, so würden bei der Höhe des Dreiecks von 1000 Fuss die Winkel an der Grundlinie $89^{\circ} 51' 25''$, bei der Höhe von 10000 Fuss $89^{\circ} 59' 8''$ betragen; es bliebe demnach ein ganz kleiner Spielraum von nur $7' 43''$ auf die Distanzen zwischen 1000 und 10000 Fuss zu vertheilen. Diese Vertheilung ist aber nicht gleichmässig, in der mittleren Entfernung werden schon wenige Secunden falsch eingestellt die Distanz auf 200 Fuss fehlerhaft machen, ganz verschwindende Quantitäten die äusserste Distanz. Um aber auf ein paar Secunden genau einstellen zu können muss die Vergrösserung bedeutend sein; solche ist dann auf dem schwankenden Schiffe nicht zu brauchen. Wer einen Blick auf die Curve geworfen hat, worin die Zunahme der Entfernung im Verhältniss mit der Abnahme der Winkel auf graphische Weise Fig. I. dargestellt wird, dem möchte wohl überhaupt die Lust vergehen, an die Construction eines Instrumentes mit Spiegeln und dergleichen heranzugehen.

Aus dem Vorhergehenden erhellt, dass ein Distanzmesser aus einem einzigen Instrumente bestehend verwerflich ist, mag die Basis in die Entfernung

der Spiegel von einander, oder in die optische Axe des Fernrohrs verlegt sein, in welchem letzteren Falle der geringe Ausschub des Oculares, der grössten Deutlichkeit angepasst, die Ablesung geben soll. Daher hat man auch bereits angefangen, zwecklichere Constructionen mit grosser Basis, etwa des Schiffsmastes, vorzunehmen, wobei natürlich dann zwei Beobachter nöthig sind.

Die unserem Verfahren zu Grunde liegende Idee ist folgende.

Nahe zu jedem der beiden Enden des Schiffes befindet sich ein Fernrohr, welches beide Beobachter zu gleicher Zeit auf ein und denselben Punkt, also etwa den mittleren Mast des feindlichen Schiffes richten. Als Basis gilt also ungefähr die Länge des Schiffes. Die Winkel an der Basis werden wie folgt abgelesen. Das Objectiv jedes Fernrohres ist zur Hälfte freigelassen, zur Hälfte mit einem Reflectionsprisma verdeckt, vermittelt dessen jedem der beiden Beobachter, sobald sie eingestellt haben, an einer in gewisser Entfernung befestigten Skala der betreffende Theilstrich im nämlichen Gesichtsfelde sichtbar wird. Beide Angaben vereinigt liefern den Winkel, der in der Schusstafel aufgesucht, dann das Erwünschte giebt. In der Zeichnung Fig. VII. ist die Aufstellung im Allgemeinen zu übersehen. Wenn Schüsse mit Erfolg abgegeben werden sollen, muss das Schiff einiger Ruhe bedürfen, während es dazu die geschickte Drehung annimmt. Innerhalb weniger Augenblicke der hierbei in Anspruch genommenen Zeit wird, sobald die Langseite des Schiffes nahezu senkrecht zur Richtung kommt, auch eine Beobachtung des Winkels genommen. Um aber in ein und demselben Moment einzustellen, sind Electromagnete der Art eingerichtet, dass ein um eine Axe drehbarer Arm mit zwei Schirmen bei jedem der Fernröhre durch Berührung einer dazu gehörigen Taste Seitens des Commandeurs ganz gleichzeitig umschlägt und jedem der Beobachtenden die Aussicht aufs Object verdeckt, dagegen auf die Skala eröffnet. Es kann also irgend ein Commandoruf oder ein mittelst des Schirmes gegebenes Signal die Beobachter auffordern, auf das Object einzustellen; ein paar Secunden halten sie durch schickliche Bewegung des Rohres, wofür am Apparate gesorgt ist, darauf, bis sogleich die Berührung der Taste ihnen weitere Einstellung gleichzeitig versagt und die Skala abgelesen werden kann, was in aller Ruhe und ohne Schwierigkeit, da gar kein Nonius vorhanden ist, durch denselben Blick in das Fernrohr geschieht. Da die Basis recht lang angenommen werden kann, wird es, wie aus der in der Arbeit gelieferten Discussion der Fehler ersichtlich, auf haarscharfe Beobachtung nicht ankommen. Die äusserst ungünstigen Fälle, wie sie schwerlich in der Wirklichkeit vorkommen, sind hierbei vorgesehen, und dürfte demnach im extremsten Falle der weitesten Distanz (10000 Fuss angenommen) c. eine Minute fehlerhafter Einstellung nichts ausmachen.

Für die näher anzugebende Methode sind zunächst die in Anwendung kommenden Fernrohrapparate, welche nahe den Enden des Schiffes placirt werden, zu beschreiben.

Fig. II. enthält den Grundriss, Fig. III. den Durchschnitt des Instrumentes, das einige Aehnlichkeit mit einem Passageninstrumente hat. Die Zeichnung stellt etwa die halbe wahre Grösse vor. Ein massiver Kreis *a* ruht in horizontaler Lage auf 3 Schraubenfüssen *b*. Ueber ersterem lässt sich ein anderer Kreis *c* um eine verticale Axe herumdrehen und damit auch der in zwei Lagern *d*

der verticalen Säulen e ruhende Fernrohrapparat. Die Kreise haben keine Theilung. Die horizontalen Axen f von gleichem Durchmesser sind hohl und sitzen auf dem zweimal rechtwinkelig gebogenen Metallstück gg , in welchem zugleich das Fernrohr h mit dem Objectivende eingeschraubt ist. Dicht neben dem Objectivende ist mit dem Stücke gg die Unterlage i verbunden, worauf das in der Fig. II. der Form nach zu ersehende Prisma k durch 2 Schrauben fest gemacht wird. Dieses Prisma befindet sich vor der einen Hälfte des Objectivs, die andere ist frei, so dass eine directe Durchsicht durch das Rohr nach dem Object, dessen Entfernung bestimmt werden soll, und auch eine Aussicht durch die hohle Axe vermittelt des Prismas also rechtwinklig zur Absehlenslinie des Fernrohres möglich ist. Damit das Gewicht des Rohres nicht herunterzieht, ist auf der entgegengesetzten Seite desselben ein Gegengewicht l befestigt. Das Fernrohr lässt sich also um die horizontale Axe drehen, und kann der Beobachter, nachdem er es umgeschlagen hat, auch auf entgegengesetzter Seite eine Durchsicht haben, während die vom Prisma vermittelte Absehlenslinie dieselbe bleibt. Das Ocular hat ein rechtwinkeliges Fadenkreuz, dessen verticaler Faden auf das Object gerichtet wird. Um aber dieses continuirlich für den Zeitpunkt der Beobachtung bewirken zu können, sind an den verticalen Säulen e die Arme m , mit Schlitten am Ende versehen, befestigt; in den Schlitten sitzen die Endstifte der um die verticale Axe n mittelst des Knopfes o zu drehenden Hebel p . Während also der längere Hebel durch den Knopf o mit der Hand geführt wird, kann man dem Horizontalkreise, und damit dem Fernrohre, eine sanfte Bewegung, die im Verhältniss der angenommenen Hebelarme steht, zur Pointirung des Objectes ertheilen. Das Prisma ist von dem Künstler bereits nahe zu unter einem rechten Winkel zur Gesichtslinie des Rohres zu stellen, was er durch entsprechendes Abfeilen der Unterlage i erreicht; Hauptsache ist, dass es fest sitzt, auf genaue Stellung unter 90° kommt es nicht an. Die eine hohle Axe, vor der das Prisma sich befindet, ist länger, als die andere und zwar so lang, dass der Mittelpunkt der Prismagesichtslinie in die Mitte des Horizontalkreises zu stehen kommt. Mittelst der prismatischen Vorrichtung wird, gleich nachdem aufs Object eingestellt war, die Ablesung an einem in einer Entfernung von etwa 10 Fuss befindlichen Massstabe (Skala) gemacht, dessen Form und Theilung aus der Zeichnung Fig. IV. (in wahrer Grösse) zu ersehen ist. Damit das Fernrohr in solcher Entfernung deutlich die Theilung zeigt, ohne dass der Ocularansatz, wie er für die bedeutenderen Entfernungen gestellt ist, verschoben zu werden braucht, ist die der offenen Axe am nächsten liegende Prismenseite in der erforderlichen convexen Sphäre geschliffen, während die anderen Seiten plan sind. Heisst die Entfernung des Massstabes zur Prismenfläche e , so muss für den Fall der Deutlichkeit $\frac{1}{e} = \frac{n-1}{R}$ sein, wo n den Brechungsindex des Glases und R den Krümmungsradius bedeuten. Hieraus folgt für R der Werth $R = (n-1)e$. Ist also, wie in unserem Falle $e = 10$ Fuss und n etwa 1,5, so wird $R = 5$ Fuss. Der Massstab im Horizont wird parallel der Gesichtslinie des Rohres, wenn es zugleich den Nullpunkt der Theilung zeigt, gestellt. Ist er von der Mitte aus nach beiden Seiten hin bis zu 5° in Minuten getheilt, so wird dieses genügen. Es muss aber bedacht werden, dass Winkel abgelesen werden sollen, da doch der Stab kein

Kreisbogen mit dem Radius 10 Fuss ist; deshalb sind Tangenten aufzutragen. Vergleicht man die Bogen und Tangenten, so werden die Unterschiede in dem vorgesezten Falle unbedeutend sein, bis 2^0 ganz unmerklich; von hier ab wachsen sie in dem durch folgende Tabelle dargestellten Verhältniss:

	Bogen.	Tang.	Unterschied.	fehlerh. Winkel.
2° 0'	0,034906708	0,034920764	0,000014056	2'',9
30	0,043633385	0,043660940	0,000027555	5,7
3 0	0,052360062	0,052407785	0,000047723	9,8
30	0,061086739	0,061162614	0,000075875	15,7
4 0	0,069813416	0,069926800	0,000113384	23,4
30	0,078540093	0,078701700	0,000161607	33,3
5 0	0,087266770	0,087488667	0,000221897	45,8

Es ist bekannt, dass der Künstler auf der Längentheilmachine die getheilte Trommel, welche die Schraube in Bewegung setzt, immer um ein Bestimmtes dreht und alsdann den Strich zieht; es wird keine Schwierigkeit machen, wenn er zwischen gewissen Grenzen die Intervalle ändert. Dies kann nach folgendem einfachen Gesetze geschehen. Die Intervalle auf dem Stabe sollen Minuten sein, also ist für zwei benachbarte Winkel $t - t' = 1'$, daher genähert:

$$tg\ t - tg\ t' = \frac{\sin(t-t')}{\cos t \cos t'} = \frac{1'}{\cos t^2} = 1' (1 + \sin t^2)$$

Also:

	für	$1' (1 + \sin t^2)$
0^0	$30'$	1,000076
1	0	1,000305
	30	1,000685
2	0	1,001218
	30	1,001903
3	0	1,002739
	30	1,003727
4	0	1,004866
	30	1,006156
5	0	1,007596

Wenn daher die Intervalle bis 2^0 gleichmässig aufgetragen werden, von hier ab und zwar:

zwischen 2^0	$0' - 2^0$	$15'$	Intervalle um	$\frac{1}{1000}$
15	—	45	„	$\frac{2}{1000}$
45	—	3	15	„ $\frac{3}{1000}$
3	15	—	45	„ $\frac{4}{1000}$
45	—	4	15	„ $\frac{5}{1000}$
4	15	—	45	„ $\frac{6}{1000}$
45	—	5	0	„ $\frac{7}{1000}$

jedes vermehrt, so erhält man ohne Mühe einen Längenstab, der die Winkel so genau angiebt, dass kaum ein Fehler von $3''$ gemacht wird, gleichviel in welchem Revier die Ablesung genommen ist.

Es war angegeben, dass die Entfernung der Massstäbe von den Fernröhren 10 Fuss sein soll (wenigstens steht dieselbe mit dem Krümmungsradius der Prismenoberfläche in Relation); darnach müssen die die Minuten vorstellenden Intervalle sein. Hierbei kann, wie folgt, verfahren werden. Der Künstler trägt nahe zu dem Radius von 10 Fuss entsprechend Minuten auf, also $1' = 0,035 \text{ Lin.}$ (der Fuss in 12 Th. geth.) und vollendet die Theilung in vorgeannten steigenden Intervallen. Man bringt alsdann den Massstab zum Mittelpunkt der spiegelnden Prismenseite (senkrecht über dem Centrum des Instrumentes) in die Entfernung, die man erhält, wenn man von der Theilung $4^{\circ} 45'$ zwölfmal abmisst und noch $10',4$ hinzufügt. Denn dann ist auch berücksichtigt, dass der betreffende Winkel beinahe um $3''$ zu klein ist.

Es ist noch hinzuzufügen, dass die Theilung auf Elfenbein den Vorzug vor anderem verdient; von der Berichtigung der Stellung der Massstäbe zur Gesichtslinie wird später die Rede sein.

Was nun die richtige Aufstellung der Apparate betrifft, so ist dieselbe ein für alle Male im Hafen in Ruhe zu machen, und späterhin nur wenig und bequem zu ändern. Ich setze voraus, dass das Fernrohr auf einem stabilen Pfable, der mit einem starken Brette bekeidet ist, worauf der Apparat zu stehen kommt, placirt werden kann. Ebenso erheischt natürlich auch die Anbringung des Massstabes Festigkeit. Die Fernrohrapparate werden mit den Füßen in 3 feine Löcher metallener Unterlagen gesetzt, können hierauf bleiben, auch anderswo verwahrt werden, wenn sie nur wieder ganz gleich eingesetzt werden. Die Massstäbe verbleiben ein für alle Mal an ihrer Stelle und müssen durch Verkleidung geschützt werden. Wenn das Schiff also in Ruhe ist, wird an den Fusschrauben gleichzeitig bei beiden Apparaten so viel geändert, dass das auf die Axe gesetzte Niveau*) die Horizontalstellung zeigt. Das Ocular mit seinem rechtwinkligen Fadenkreuz ist dahin zu berichtigen, dass der Verticalfaden richtig vertical steht. Dies geschieht, und zwar immer für beide Apparate zugleich, wenn jeder der beiden Beobachter nach ihnen vorgehaltenen Lothen durch das Fernrohr sieht und bei Drehung des letzteren um die Horizontalaxe sich versichert, dass der Verticalfaden auf dem Lothe bleibt. Durch Benutzung der beiden dem Oculare beigegebenen Schrauben q , Fig. II., wird die das Fadenkreuz enthaltende Röhre in die richtige Stellung gebracht. Wie aus der Erfahrung bekannt ist, kommen nachträgliche Correctionen dieser Art gar nicht mehr vor; der ganze Metallkörper ändert sich zu wenig.

Die Mittelpunkte der Kreise und Skalen haben ihre Lage in einer geraden Linie, die mit der durch die Masten gelegten einigermaßen zusammenfällt; dafür ist natürlich schon bei der Construction der die Apparate haltenden Unterlagen zu sorgen. Um die Skalen zu richten, stellt man die Fernröhre gleichzeitig auf einen sehr weiten Gegenstand ein, der, wie man sich durch den Compass oder anderswie überzeugt, eine zur Länge des Schiffes senkrechte Richtung hat. Dann gelten ihre Axen parallel und man sieht zu, ob das von der Skala durchs Prisma erzeugte Bild 0° ist. Die Skala lässt sich schieberartig bewegen; man löst die eine Endschraube um etwas und zieht die andere an, bis der Nullpunkt

*) Eine auf dem Kreise befestigte Dosenlibelle würde auch genügen.

durch das Fadenkreuz gedeckt wird. Während das Fernrohr auf den eingestellten Gegenstand zeigt, sieht man auch an der Skala entlang, ob hierdurch der Gegenstand getroffen wird; die Unterlagen werden bei etwaiger Abweichung geändert. Es fehlt noch zu untersuchen, dass die Skalen nicht Neigungen zum Horizont haben; dafür wird gesorgt, wenn die oberen Kreise mit den Fernröhren gedreht werden und zugeesehen wird, ob das Fadenkreuz auf der Theilung bleibt. Damit ist dann alles zur Genauigkeit Erforderliche, was, wie gesagt, im Hafen bei aller Ruhe untersucht wird, erreicht.

Welche Fehler man macht, wenn die aufgezählte Berichtigung ungenau ist, darüber möge das Folgende Licht verbreiten.

1) Steht die Skala nicht in entsprechend richtiger Entfernung, so erhält man andere Winkel. Angenommen $\frac{1}{4}$ Zoll gefehlter Abstand. Dann würde bei $20^\circ 30'$ der Winkel um $19''$ falsch werden. Denn ist die p die Entfernung, die geänderte p' , t der Winkel, so gilt für den geänderten Winkel t' die Gleichung:

$$\operatorname{tg} t' = \frac{p}{p'} \operatorname{tg} t$$

Man wird indess bei der Anbringung und Aufstellung der Apparate Sorgfalt verwenden, und gewiss in dem betreffenden Falle keine grösseren Fehler als $\frac{1}{10}$ Zoll zu befürchten haben, was verschwindende Unterschiede in der Winkelmessung ergiebt.

2) Die Skala ist nicht auf der Verbindungslinie des Instrumentscentrums und des Nullpunktes senkrecht. Wird diese Abweichung der Skala α gesetzt, a die Länge der Skala vom Nullpunkt ab gerechnet, t und t' die entsprechenden Winkel bei richtiger und um α geänderter Stellung der Skala, p die Entfernung Centrum zum Nullpunkt, dann findet statt:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} t &= \frac{a}{p} \\ \operatorname{tg} t' &= \frac{a \cos \alpha}{p + a \sin \alpha} = \frac{a}{p} \cos \alpha - \frac{a^2 \sin \alpha \cos \alpha}{p^2} \dots \\ \sin (t - t') &= \frac{a}{p} (1 - \cos \alpha) \cos t \cos t' + \frac{a^2}{p^2} \sin \alpha \cos \alpha \cos t \cos t' \dots \end{aligned}$$

oder sehr nahe:

$$t - t' = \frac{2a \sin \frac{\alpha^2}{2} \cos t^2}{p \sin 1''} \text{ in Sekunden ausgedrückt.}$$

Angenommen $a = 6$ Zoll

$p = 10$ Fuss

$\alpha = 2^\circ$

$t - t' = 6'',3$ also ganz unmerklich.

Aber auch die Annahme von 2° ist schon so übergross, wie sie in der Wirklichkeit nicht vorkommen wird.

3) Die Skala hat eine Neigung zum Horizont des Instruments. Der Neigungswinkel heisse β , dann ist der Fehler für die Länge der Skala o bis a :

$$= a (1 - \cos \beta) = 2 a \sin \frac{\beta^2}{2}$$

Angenommen, es wäre bei der Stelle $20^\circ 30'$, wenn man den Horizontkreis drehte, um $5'$ (Intervalle) tiefer oder höher die Theilung, dann ist $\operatorname{tg} \beta = \frac{5'}{20^\circ 30'} = \frac{1}{30}$

also $\beta = 1^\circ 54' 33''$, und $2 a \sin \frac{\beta^2}{2} = 4'',95$, was ganz unmerklich ist. Aber 5 Minutenintervalle sind schon über die Massen gross gewählt.

Auf die Beobachtungen werden daher derartige Fehler nur geringen Einfluss üben. Hauptsache ist, den Verticalfaden des Oculars recht genau zu stellen, was indess nur einmal für längere Zeit gemacht zu werden braucht. Wenn Aenderungen in den Stellungen, besonders Nivellirung nöthig werden sollten, so ist darauf zu achten, dass dieselben an beiden Apparaten zur nämlichen Zeit vorgenommen werden. Eine Aenderung nur, die des Nullpunktes der Skalen oder Berichtigung des Indexfehlers, könnte wohl manchmal geboten scheinen, sie ist aber höchst bequem zu veranstalten. Die Ablesung geschieht nämlich durch Nachsehen und Zwischenschätzen der Skalentheile, auf welche der Verticalfaden im Kreuzpunkt zeigt. Das Zeichen, ob $+$ oder $-$, ist schon auf der Skala vermerkt. Die Zahlen müssen in der Weise umgekehrt gestochen werden, dass die Durchsicht durch das Rohr, dem man einfach ein astronomisches Ocular geben könnte, sie wieder aufrichtet. Gesetzt den Fall, es stände alles richtig, und die von den Beobachtern gemachten Ablesungen wären beispielsweise:

$$\begin{array}{r} \text{Beob. } a \\ + 28',7 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Beob. } b \\ - 0',2 \\ \hline \end{array}$$

dann ist die Summe $28',5$ das Argument, womit in die Schusstafel eingegangen wird, welche mit Zugrundelegung der Basis, das heisst der Entfernung der beiden Fernrohrapparate, ein für alle Mal berechnet ist. Wenn die Skalen aber einen Indexfehler haben, und zwar jede einen andern, so ist entweder dieser abzurechnen oder die Skalen werden durch ihre Endschrauben auf 0° gestellt; natürlich wird letzteres vorzuziehen sein. Man benutzt zur Bestimmung des Indexfehlers eine gleichzeitige Beobachtung eines Sonnenrandes oder anderen Gestirnes, oder auch einer Wolkenspitze, wenn diese Gegenstände nahe über dem Horizont sich finden, oder eines recht weit abgelegenen terrestrischen Objectes. Das Argument 0° kommt nämlich eigentlich für unendliche Entfernung. Hat man also für eine derartige Beobachtung die Angaben gewonnen, nämlich z. B.:

$$\begin{array}{r} \text{Beob. } a \\ + 19',4 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} \text{Beob. } b \\ - 16',1 \\ \hline \end{array}$$

so ist der Indexfehler $= + 19',4 + (- 16',1) = + 3',3$, und er müsste, wenn obige Ablesung mit diesem behaftet wäre, von $28',5$ abgezogen werden, was dann $25',2$ als Argument ergiebt. So einfach es ist, die Abzugszahl anzuwenden, so ist es doch manchmal, wenn der Indexfehler zu gross ist, zweckmässig diesen ganz wegzuschaffen. Würde man die Vorstellung haben, dass die eine Skala richtig steht, so wäre in dem obigen Beispiel, wo $+ 19',4 - 16',1$ die Angaben waren, die andere allein mit dem Fehler $+ 3',3$ behaftet. Stellt man also das Fernrohr auf $+ 3',3$ hier ein, und rückt die Skala auf 0° , so hat man keinen Indexfehler mehr. Oder man halbirt den Fehler $3',3$ und stellt jede Skala um die Hälfte anders. Z. B. wäre für sehr weite Objecte die Ablesung $+ 15',8 - 22',6$, so ist an beiden Fernröhren auf $- 3',4$ zu rücken, und an den Skalen auf 0° .

Es fehlt noch ein Punkt zu besprechen, der vielleicht von schädlichem Einfluss sein könnte. Die Winkel an der Basis AB Fig. VIII sind bei Observation

eines Objectes D sehr selten ganz gleich, die beiden Skalenablesungen also verschieden, da man aber ihre Summe für die Schusstafel als dem gleichschenkeligen Dreieck angehörig zu betrachten hat, dessen Spitze C in derselben Kreisperipherie, wie A , B und D liegen, so würden die Distanzen nach $C = CE$ und nach $D = FE$, wo $DF \parallel AB$ gezogen gilt, um CF verschieden sein. Es ist die Frage, ob diese Grösse zu vernachlässigen angeht. Heisst der Fehler f und verbinden wir C mit D , D mit G , wo CG der Durchmesser ist, A mit G , und setzen wir $CD = q$, $\angle CDF = CGD = CAD = \varphi$, $EG = s$, die Distanz $CE = d$, die Basis $AB = b$, und den Durchmesser $= D$, dann ergeben sich folgende Relationen zwischen den angeführten Grössen:

$$\frac{f}{q} = \sin \varphi$$

$$\frac{q}{D} = \sin \varphi$$

$$\text{also } f = D \sin \varphi^2$$

$$\text{ferner } s : \frac{b}{2} = \frac{b}{2} : d$$

$$s = \frac{b^2}{4d}, \text{ also}$$

$$f = (d + s) \sin \varphi^2 = \left(d + \frac{b^2}{4d}\right) \sin \varphi^2$$

Setzen wir zum Beispiel $b = 100$ Fuss, so werden für die angenommenen Entfernungen 1000 und 10000 Fuss die Fehler:

$$f = \left(1000 + \frac{100^2}{4 \cdot 1000}\right) \sin \varphi^2 = 1002,5 \sin \varphi^2$$

$$f' = \left(10000 + \frac{100^2}{4 \cdot 10000}\right) \sin \varphi^2 = 10000,25 \sin \varphi^2$$

Da aber φ nur höchstens ein paar Grade betragen kann, so sind dies kleine Grössen. Denn wenn $\varphi = 3^\circ$ gewählt wird, macht man im Falle der Entfernung 1000 Fuss 2 Fuss Fehler, im äussersten Falle bei 10000 Fuss 20 Fuss Fehler. Weit geringer noch muss also der Unterschied zwischen CE und DE ausfallen.

Sehr wichtig und unerlässlich ist es, gleichzeitige Beobachtungen anzustellen. Dieses wird durch die folgende Methode ganz zweifellos erreicht; auch ist, wie daraus zu sehen sein wird, damit dem Uebelstande abgeholfen, die beiden Bilder, das feindliche Object und die Skala, mit einander in selbigem Gesichtsfelde zu haben, welche ja zusammen sehr undeutlich werden würden. In Fig. V und VI sind die Fernrohrapparate noch einmal im kleineren Massstabe verzeichnet seitwärts zu der hohlen Axe, die der Skala zugewendet ist, befindet sich das hölzerne Tischchen a , das folgenden Apparat trägt. Das mit seiner Axe vertical stehende Triebrad b kommt zweimal symmetrisch zur hohlen Axe in Fig. V b und b' zwischen dem aus Fig. VI A zu ersiehenden Träger c zu stehen; auf dem oberen Theile des Triebrades ist ein mit quadratischer Oeffnung d versehenes Metallplättchen befestigt. Hierin steckt nun der Stift e (Fig. VI), welcher den an den Enden mit geschwärzten Schirmen g und g' versehenen Arm f trägt. Durch Anfassen an den Stift e und Drehen, würde man entweder, wie in den Figuren dargestellt ist, einen Schirm g' vor das Objectiv bringen, also den Gegen-

stand verdecken und zugleich die Aussicht zur Skala öffnen, oder (bei Drehung um 90°) den Schirm g vor die hohle Axe bringen, also die Durchsicht nach dem Objecte gestatten, während die Skala unsichtbar wird. Und ferner würde man, wenn man den Schirmträger f aus der Oeffnung d entfernte, dann das Fernrohr umschlüge und den Schirmträger in die Oeffnung des anderen Triebrades brächte, eine gleiche Beobachtung nach der anderen Seite des Schiffes hin machen können. Damit die Beobachter aber während der Einstellung auf das Object nicht gestört werden, wird das Umschlagen der Schirme und zwar für jeden derselben im ganz gleichen Momente durch den electrischen Strom bewirkt. h stellt nämlich die einen cylindrischen Eisenkern umgebende Drahtspirale vor, welche, wenn ein Strom durch sie geleitet wird, magnetisch wirkt. Zwischen den Triebrädern ist der vierseitige Rahmen i i' , der zu beiden Seiten mit Triebstange versehen ist, eingeschaltet und wird durch die Spiralfeder k zum Ständer l an die darin befestigten beiden Schrauben gezogen. Da die eine Seite i' des Rahmens aus Eisen besteht, so wird er, sobald ein Strom die Spirale durchläuft, von dem Eisenkern angezogen werden und damit das Triebrad und also auch den Schirmhalter drehen. Durch Verstellung der Spirale und Benutzung der beiden Schrauben in l wird die Drehung genau, wie man sie haben will, regulirt. Der Draht der Rolle kann irgend wo im Schiffsraume von dem einen Apparate zum anderen geführt werden, ebenso lassen sich die den Strom vermittelnden Elemente, deren Zahl nur gering zu sein braucht, an irgend einen Ort des inneren Raumes placiren, so dass diese Gegenstände gänzlich ohne Hinderniss für den Schiffsbetrieb sein werden.

Die ganze Manipulation besteht also einfacher Weise nur darin, dass während das Schiff sich lang legt, beide Beobachter durch Benutzung des Knopfes den Verticalfaden auf das Object halten; dass jemand nun den Schlüssel drückt, welcher den Strom schliesst; dadurch wird beiden Beobachtern im nämlichen Momente das Object verdeckt; im selbigen Augenblicke wird die Skala sichtbar, und derselbe Blick, der noch das Object einstellen half, liest die Skala ab. Beide Notizen gesammelt, addirt bilden das Argument für den Schuss. Um aber, während das Schiff, da es den Schuss abgegeben hat, sich nach der umgekehrten Seite dreht, wieder zu beobachten, ist weiter nichts nöthig, als den Schirmhalter umzusetzen und das Rohr umzuschlagen; in wenigen Augenblicken ist wie im ersten Falle eine neue Angabe gewonnen.

Abgesehen von den Schwankungen des Schiffes, worauf wir schliesslich noch eingehen werden, ist die Genauigkeit, die durch die angegebene Methode erreicht wird, da die anderen Punkte sich als zu geringfügig herausgestellt haben, lediglich davon abhängig, wie genau der Verticalfaden auf das Object gestellt wird; denn die Ablesung ist so bequem und deutlich, dass hier nur um $\frac{1}{10}$ Minute versehen werden kann. Nehmen wir die ein für allemal gemessene Fernrohrapparat-Entfernung sehr gering nur 100 Fuss an (sie wird meistens grösser sein können und damit auch die Genauigkeit), dann wird für eine gewünschte Genauigkeit von 200 Fuss in der Distanz kein grösserer Einstellungsfehler als der in folgender Tabelle für die verschiedenen Distanzen beigesetzte vorkommen dürfen:

Distanz.	Einstellungsfehler.
1000 Fuss	34'
2000 "	9
3000 "	4
4000 "	2
5000 "	1,4
6000 "	1,0
7000 "	0,7
8000 "	0,5
9000 "	0,4
10000 "	0,3

Diese Zahlen sind erhalten aus der Differentiation der Gleichung:

$$\operatorname{tg} t = \frac{\frac{1}{2}b}{d}$$

also aus der Formel:

$$\Delta t = \frac{\frac{1}{2}b}{d^2} \cos t^2 \Delta d, \text{ worin } \Delta d = 200 \text{ Fuss}$$

angenommen ist.

Da in der Wirklichkeit bei grösser anzunehmender Basislänge diese Fehler-tabelle sich immer günstiger herausstellt, so wird der hier angegebene Weg das Problem um so mehr lösen, als bei einiger Uebung ein paar Secunden hindurch den Verticalfaden auf das Object zu halten, so einfach bewerkstelligt werden kann.

In der bisherigen Untersuchung wurde auf diejenigen fehlerhaften Einflüsse Rücksicht genommen, welche aus unrichtiger Aufstellung der Apparate und ihrer mit der Zeit bald mehr bald weniger eintretenden Aenderungen hervorgehen.

Wir haben jetzt noch näher die Fehler zu erforschen, die in Folge der durch Wind und Wellen hervorgebrachten veränderlichen Lage des Schiffes bei der Fahrt entstehen. Die folgende Discussion wird darthun, dass die Apparate auch unter diesen Umständen ohne Zufügung eines besonderen Instrumentes, welches den jedesmaligen Stand des Schiffes zum Horizont ablesen lässt, und somit ohne weitere Rechnungsschwierigkeit mit vollständig günstigem Erfolg benutzt werden können, sobald es sich darum handelt, in den oben angegebenen Grenzen der Genauigkeit wirksam Schüsse abzugeben. Ja ich behaupte, dass die Beobachtung selbst dann noch das Verlangte leistet, wenn schon wegen zu grosser Rührigkeit des Schiffes das Richten der Geschütze kaum noch mit Erfolg geschehen kann. Das Schiff nimmt pendelartige Bewegungen um seine Gleichgewichtslage an, wodurch seine Neigung zum Horizont in allen Richtungen, wiewohl nicht eben in all zu kurzer Zeit geändert werden kann. Diese Neigungen lassen sich jedoch nach zwei Hauptrichtungen zusammengesetzt betrachten, für welche besondere technische Ausdrücke gegeben werden. Hierhin gehört das Stampfen des Schiffes, wodurch es seiner Länge nach anders gerichtet wird, so dass das eine Ende sinkt, das andere sich hebt. Ferner heisst die schwankende Bewegung des Schiffes seiner Breite nach Schlengern (Schlingern). Zu diesen pendelartigen Bewegungen um den Schwerpunkt kann noch durch ein gewisses Verstärken oder Abschwächen der Wellen ein Heben oder Senken des ganzen Schiffskörpers hinzutreten. Oft verbleibt

auch längere Zeit beim Segeln das Schiff in einer bestimmten constant geneigten Lage. Die Neigungen würden in Pendel- oder Niveauapparaten sich jeder Zeit abspiegeln, dennoch hätte man dadurch immerhin für die Grösse der Hebung oder Senkung keinen Anhalt. Glücklicherweise sind die letzteren auf die Bestimmung der Distanz in der Praxis ohne allen Einfluss.

Wie complicirt auch die Resultante aller dieser Bewegungen*) sein mag, so möchte es doch bei dem allmählichen und nicht zu schnellen Uebergange aus einer Bewegung in die andere angänglich erscheinen, das Object während der so kurzen Dauer hindurch mit der oben beschriebenen Handhabung bei einiger Uebung genügend scharf zu verfolgen. Es ist daher nur unsere Aufgabe, den Werth der Verbesserung der gemachten Ablesung, wie ihn die veränderte Lage des Schiffes hervorruft, näher zu bestimmen. Zunächst ist als selbstverständlich hier anzuführen, dass, wenn die Ablesung des Objectes und der Skala nicht mehr mit demselben Blicke ausführbar ist, da sie bei den Schwankungen nicht in einer und derselben Ebene sich befinden, das Fernrohr soviel herunter- oder heraufgeschlagen werden muss, damit die Ablesung möglich wird. Eine Winkelverschiebung ist bei dieser Manipulation nicht zu befürchten, weil die Führung des Rohres ganz leicht, die des Kreises aber mit einiger Reibung von Statten geht.

Betrachten wir zunächst die erste der beiden Bewegungen. Würde das Stampfen als eine Drehung um die Linie, Object und Mitte des Schiffes, zu welcher die Apparate symmetrisch aufgestellt sind, vor sich gehen, so müssten, falls diese Linie senkrecht zur Basis steht, die auf das Object gerichteten Fernröhre in einer Kegelfläche sich bewegen, also ohne Aenderung stets auf dasselbe gerichtet bleiben. Dies würde ohne Einfluss auf die gemessenen Winkel auch in allen den Fällen stattfinden, worin die Drehung des Schiffes um irgend eine vom Object zur Basis oder deren Verlängerung gefällte Senkrechte gedacht werden könnte, wobei also ein Erhöhen und Senken des Schiffes ungleich für beide Enden eintritt. Ebenso wenig Beeinträchtigung der Messungen hätte man, wenn der ganze Schiffskörper ohne Stampfen, um ein Quantum gehoben oder gesenkt würde. Wir haben nun noch die gemeinsame Componente des Stampfens und der Hebung oder Senkung zu untersuchen. Stellen wir uns in Fig. IX. AB als Basis der Apparate in der Horizontalen vor, $A'B'$ als die sowohl durch Neigung des Stampfens, als auch durch Erhebung des Schiffes z. B. veranlasste Aenderung, so können wir uns statt AB auch die parallel zu $A'B'$ verschobene und durch C gelegte Richtung $A''B''$ vorstellen, worin C der Fusspunkt des vom Object auf die Basis gezogen gedachten Lothes ist. Für die Lage $A''B''$ findet nach dem Gesagten keine Aenderung der Winkel statt, daher nur zu untersuchen bleibt, welcher Einfluss aus der Aenderung der Beobachtungsstationen $A''B''$ in die Station $A'B'$ resultirt. Denken wir uns nun in Fig. X. den grössten Kreis ad auf der Kugel identisch mit der Ebene $A''B''$, worin das Schiff liegt. Der Punkt a soll die Richtung des Fernrohres vorstellen, wenn der Nullpunkt der Skala, dessen Richtung c ist, abgelesen wird, so dass a und c um 90° von einander abstehen; die Punkte b und d mögen diese durch Observation eines Objectes verschobenen Richtungen be-

*) Die mit Gieren benannte Bewegung des Schiffes, wodurch es den Cours bisweilen zu ändern strebt, bedarf selbstverständlich keiner Untersuchung.

zeichnen. Benennen wir die Skalenablesung $cd = ab$ mit t , die durch das Stampfen veranlasste Neigung mit L , legen wir ferner durch b einen auf dem Horizont ae senkrecht stehenden Bogen ebf , und ist bf durch g bezeichnet und als Winkelwerth gefasst die durch die Erhebung des Schiffes veranlasste Senkung des Objectes, so muss, um anstatt der Richtung b den Punkt f zu fixiren, der Apparat mit dem Fernrohr von b nach g verschoben werden, damit durch Drehung um die Fernrohraxe das Fernrohr von g nach f kommen kann, wo gf ein zur Ebene des Schiffes senkrechter Bogen ist. Der Betrag des hierbei hervorspringenden Fehlers ist bg , welchen Bogen wir mit f bezeichnen wollen.

Man überzeugt sich aber leicht, dass der Sinn der Drehung für den Apparat des zweiten Beobachters der entgegengesetzte ist, und demnach im Endresultat nur der Unterschied dieser Fehler auftritt. Um den mathematischen Ausdruck für unsere Betrachtung zu entwickeln, haben wir noch den Neigungswinkel $abe = fbg$ durch A benannt einzuführen. Dann folgen aus den sphärisch rechtwinkligen Dreiecken abe und $bf g$ die Formeln:

$$\operatorname{ctg} A = \cos t \operatorname{tg} L.$$

$$\operatorname{tg} f = \operatorname{tg} g \cos A.$$

Der Betrag des Stampfens also des Winkels L kann im Maximum auf 5° angenommen werden, daher ist mit hinreichender Näherung:

$$\operatorname{tg} f = \operatorname{tg} g \cos t \operatorname{tg} L \text{ oder auch}$$

$$\operatorname{tg} f = \operatorname{tg} g \operatorname{tg} L.$$

Wenn wir die Erhebung oder Senkung ($A'A''$ in Fig. IX.) k im Fussmass ausgedrückt setzen, die Entfernungen des Objectes zu den Apparaten r und r' , den für den zweiten Beobachter entsprechenden Winkel g' und den hier gemachten Fehler f' , dann finden die folgenden Relationen statt:

$$g = \frac{k}{r}$$

$$g' = \frac{k}{r'}$$

$$\operatorname{tg} f = \frac{k}{r} \operatorname{tg} L$$

$$\operatorname{tg} f' = \frac{k}{r'} \operatorname{tg} L$$

Daher wird:

$$\operatorname{tg} f - \operatorname{tg} f' = k \operatorname{tg} L \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \right)$$

wofür auch $\operatorname{tg} (f - f')$ anzunehmen ist.

Da r und r' nur äusserst wenig von einander abweichen, so ist der Ausdruck des Resultats für $f - f'$ ein äusserst verschwindend kleiner, selbst wenn man über die Lage des Punktes C die ungünstigste Annahme (Fig. IX (C) nach aussen) innerhalb der von uns gewählten Skalenlänge trafe. Es ist also ersichtlich, dass der Einfluss des Stampfens in Verbindung mit der Erhebung und Senkung des Schiffes vollständig bei Seite gelassen werden kann.

Wir haben uns nun noch auf die seitlichen Neigungen des Schlengerns und zwar auch hier im Zusammenhang mit Veränderung der Schiffshöhe in der Untersuchung einzulassen. Die Wirkung dieser Art stellt sich nach dem Folgenden etwas erheblicher heraus, zumal schon die durch das Schlengern verursachte Neigung bis 10° im Maximum angenommen werden kann, bleibt aber noch innerhalb der

Fehlergrenzen, die für einen Kriegs-Distanzmesser gezogen werden. Auch hier, wie in dem obigen Falle, ist von dem Einfluss der Erhebung oder Senkung des Schiffes vollständig zu abstrahiren. Stellen wir uns in der vorher erwähnten Bezeichnung die 4 Punkte a, b, c, d auf Fig. XI. dem grössten Kreise des Horizontes angehörig und durch die Bewegung des Schlengerns das Schiff um seine Längsaxe, deren Richtung dem Punkte c entspricht, um den Winkel B gedreht vor, so dass die Punkte a, b, d in die Lage der Punkte e, f, p gelangen, nehmen wir ferner z. B. eine Senkung des Schiffes im Betrage von g gleichbedeutend mit einer Hebung des Visirpunktes b nach g senkrecht über den Horizont an, so wird, um das Object zu treffen, eine Bewegung des Apparates im Sinne der der Figur beigefügten Pfeile stattfinden müssen und zwar für ein blosses Schlengern die Bewegung von f nach h , und von h senkrecht über ec nach b , für den angenommenen Fall der Senkung noch dazu die Bewegung von h nach k und von k nach g . Wir legen durch c g den grössten Kreis cm und durch a die Fortsetzung des senkrecht daraufstehenden Bogens ae bis zum Schnittpunkte, bezeichnen am mit x , gm mit y und wie oben $ab = ef$ mit t . Der Bogen ae ist unser Winkel B . Mit diesen Bezeichnungen gewinnen wir aus den in der Figur vorkommenden sphärisch rechtwinkligen Dreiecken die Formeln:

$$\sin y = \sin t \cos g$$

$$\operatorname{ctg} x = \operatorname{ctg} g \cos t$$

$$\operatorname{tg} ek = \operatorname{tg} (t + f) = \frac{\operatorname{tg} y}{\cos (B + x)}$$

worin f den Fehler fk bedeutet. Da y nur wenig von t abweicht und für x wegen des geringen Abstandes $ab = t$ auch g gesetzt werden kann, so folgt:

$$\operatorname{tg} (t + f) = \frac{\operatorname{tg} t}{\cos (B + g)}$$

Hinlänglich genau wird für diese Formel auch die folgende gelten:

$$\operatorname{tg} t + \operatorname{tg} f = \operatorname{tg} t + \frac{1}{2} \operatorname{tg} t \sin (B + g)^2$$

$$\text{oder } \operatorname{tg} f = \frac{1}{2} \operatorname{tg} t \sin (B + g)^2$$

Da in der nächsten Distanz von 1000 Fuss für die Basis 100 Fuss der Winkel t etwa 3° beträgt, so erhält die Grösse g für eine Senkung von schon 5 Fuss erst den Betrag von $17'$; daher sieht man, dass $\operatorname{tg} f$ ganz unwesentlich beeinflusst werden kann, wenn man in dem Ausdrucke dieses Fehlers statt $\sin (B + g)^2$ bloss $\sin B^2$ einführt. Der Unterschied würde auf $10''$ zu setzen sein, für den Fall der nächsten Distanz unter dem ungünstigsten Umstande, und in weiteren Distanzen, wofür der Winkel t abnimmt, ganz unmerklich werden. Der aus unserer Untersuchung des Schlengerns hervorgehende Fehler ist also vollständig genügend bestimmt durch die Gleichung:

$$\operatorname{tg} f = \frac{1}{2} \operatorname{tg} t \sin B^2.$$

Für die andere Beobachtungsstation ist ein analoger Ausdruck zu verwenden, so dass man als Endausdruck die folgende vollkommen genügende Correction des Schlengerns erhält:

$$\operatorname{tg} (f + f') = \frac{1}{2} \operatorname{tg} (t + t') \sin B^2$$

worin $t + t'$ der Gesamtbetrag der Skalenablesungen d. h. der der Basis gegenüberliegenden Winkel ist.

Berechnen wir im ungünstigsten Fall, das $B = 10^\circ$ ist, den Fehler f für

einen der Beobachter*) in den äussersten Grenzen, also zu den Distanzen 1000 Fuss und 10000 Fuss, oder für die Winkel $t = 3^\circ$ und $17'$, so erhalten wir (für die Basis = 100 Fuss) $2',7$ und $15''$. Vergleichen wir hiermit die Zahlen in der obigen Fehlertabelle (p. 18), worin die Winkelwerthe aufgestellt sind, über welche hinaus man in der Beobachtung nicht fehlen muss, wenn die gemessenen Distanzen auf 200 Fuss richtig sein sollen, so liegen die Grössen $2',7$ und $15''$ innerhalb der betreffenden Fehlergrenzen $34'$ und $0',3$ (genauer $21''$). Hieraus folgt, dass für Kriegszwecke auch die Correction des Schlengerns ausser Acht gelassen werden kann.

Wir sind somit aus den vorstehenden analytischen Untersuchungen zu schliessen berechtigt, dass die bei allen möglichen Neigungen und Hebungen oder Senkungen von besagtem Umfange gemachten Beobachtungen überhaupt keiner Verbesserung bedürfen, so bald den für den Krieg gestellten Grenzen der Genauigkeit genügt werden soll.

Soviel von dem Distanzmesser für Kriegszwecke. Unserem Instrument kann aber ein erweiterter Gebrauch für gewisse hydrographische Zwecke geschafft werden. Bei Küstenaufnahmen namentlich wird er ein zweckmässiges Instrument sein, mit dem man die Entfernung zweier Punkte von der See aus erhält und zwar genauer als in den vorhin gezogenen Grenzen, da die Apparate in solchen Fällen in aller Ruhe und bei stiller Fahrt benutzt zu werden pflegen. Wenn bei Vermessungen dieser Art aus irgend einem Grund (durch die Segelstellung etc.) das Schiff seitlich geneigt ist, dann hat man die Correction für die Neigung B zu Hülfe zu ziehen, was mittelst einer Tabelle am leichtesten erreicht werden kann. Zur Auffindung der Grösse B würde sich am geeignetsten eine Dosenlibelle empfehlen, auf deren Glase zwei zu einander senkrechte, der Länge und Breite des Schiffes entsprechende Linien, und ausserdem mit der Längenseite von Grad zu Grad Parallelengezogen sind, die aus dem Standpunkte der Luftblase den Neigungswinkel sofort erkennen lassen. Ein derartiges Niveau könnte an irgend einem stabilen Platze aufgestellt oder am bestem in dem Fusskreise der Fernrohrapparate eingelassen sein, und somit zugleich zur Berichtigung der letzteren dienen. Die Methode ist nun die folgende. Das Schiff legt dem einen Objecte seine Breitseite vor, die beiden Beobachter observiren gleichzeitig und lesen die Skala ab, das Schiff legt dem andern Objecte seine Seite vor, die Beobachtung desselben geschieht auf gleiche Weise. Während dieser Zeit nimmt nun noch ein dritter Beobachter mittelst des üblichen Sextanten den Winkel zwischen den beiden Objecten. Da aus der für eine bestimmte Basis berechneten Tabelle mit den addirten Skalen-Angaben beider Beobachter als Argument die betreffende Distanz geradezu abgelesen wird, so hat man hier nur die Aufgabe, aus zwei Seiten (den beiden Distanzen) und dem eingeschlossenen durch den Sextanten gemessenen Winkel die diesem gegenüberliegende Seite zu berechnen. Heissen d und d' die gemessenen Distanzen, c die zu findende Linie und C den ihr zugehörigen gemessenen Gegenwinkel, dann ist:

$$c^2 = d^2 + d'^2 - 2 d d' \cos C$$

*) Es ist hier das Dreieck als gleichschenkeliges ($t = t'$) aufgefasst, um mit der oben gegebenen Fehler-Tabelle den entsprechenden Vergleich zu haben. Anderenfalls wird im Resultat nichts geändert, da eben soviel Fehlerbetrag der einen Beobachtung zugefügt als der anderen abgenommen werden muss.

Man berechnet zweckmässig einen Hülfswinkel φ durch die Formel:

$$\sin \varphi = \frac{2 \sqrt{d d'}}{d + d'} \cos \frac{C}{2} \text{ und mit diesem aldann}$$

$$c = (d + d') \cos \varphi$$

In diesen Formeln sind bereits die verbesserten d und d' einzusetzen, wie sie der Neigung B entsprechen. Die hier folgende Tabelle, nach dem oben aufgestellten Fehlerwerthe:

$$\operatorname{tg} (f + f') = \frac{1}{2} \operatorname{tg} (t + t') \sin B^2$$

berechnet enthält für ein beobachtetes B , und für die Summe der Skalenablesungen $t + t'$ den Betrag, welcher zu dem gefundenen Winkel $t + t'$ (das ist der der Basis gegenüberliegende Winkel) zugelegt werden muss (d. h. die Distanz wird verkleinert), wenn die dem Objecte benachbarte Schiffsseite gehoben ist, dagegen in Abzug kommt (die Distanz wird also vergrössert), wenn diese Seite gesenkt ist.

		<i>B</i>										
		0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
<i>t</i> + <i>t'</i>	0°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1°	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9
	2°	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8
	3°	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,2	2,7
	4°	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	0,9	1,3	1,8	2,3	2,9	3,6
	5°	0,0	0,0	0,2	0,4	0,7	1,1	1,6	2,2	2,9	3,7	4,5
	6°	0,0	0,1	0,2	0,5	0,9	1,4	2,0	2,7	3,5	4,4	5,4

Wird ausser der Grösse der Linie zwischen den beiden Objecten auch ihre Lage im Horizonte zu wissen gewünscht, so kann dies nicht anders als mit Rücksicht auf den Schiffcours oder die Ablesung des Compasses geschehen. Die Genauigkeit wird also von der Einrichtung und der Beobachtung desselben abhängen. Um eine bestimmte Beziehung auf die Himmelsgegenden zu haben, nehmen wir auf Taf. VII. rechts die Spitze des Schiffes, links das Steuerende an, so haben wir von der Spitze gezählt im Sinne *N-W-S-O-N* den Winkel Spitze des Schiffes, Mitte, Object entweder

$$90^\circ - \frac{t - t'}{2} \text{ oder } 270^\circ - \frac{t - t'}{2},$$

worin t die Ablesung am Steuerende, t' an der Spitze in dem der Figur beigegebenen Sinn des Positiven und Negativen bedeuten. Wird nun die Compassablesung der Richtung Nord zur Spitze des Schiffes in dem nämlichen Sinne wie oben gezählt, dann erhält man durch Addition beider Angaben die Richtung von N. zu dem Object. Die Einstellung auf das zweite Object liefert die entsprechende Orientierung des zweiten; auf dieser Grundlage kann somit die Lage der beobachteten Punkte in einer Karte verzeichnet werden. Der aus beiden Beobachtungen erhaltene Winkelunterschied stellt auch den mit dem Sextanten gemessenen Winkel vor, und wird durch diesen noch controllirt.

Bemerkung.



Tafel I enthält Fig. I, V, VI.

„ II „ „ II, III.

„ III „ „ IV, VII, VIII, IX, X, XI.



Fig.V.

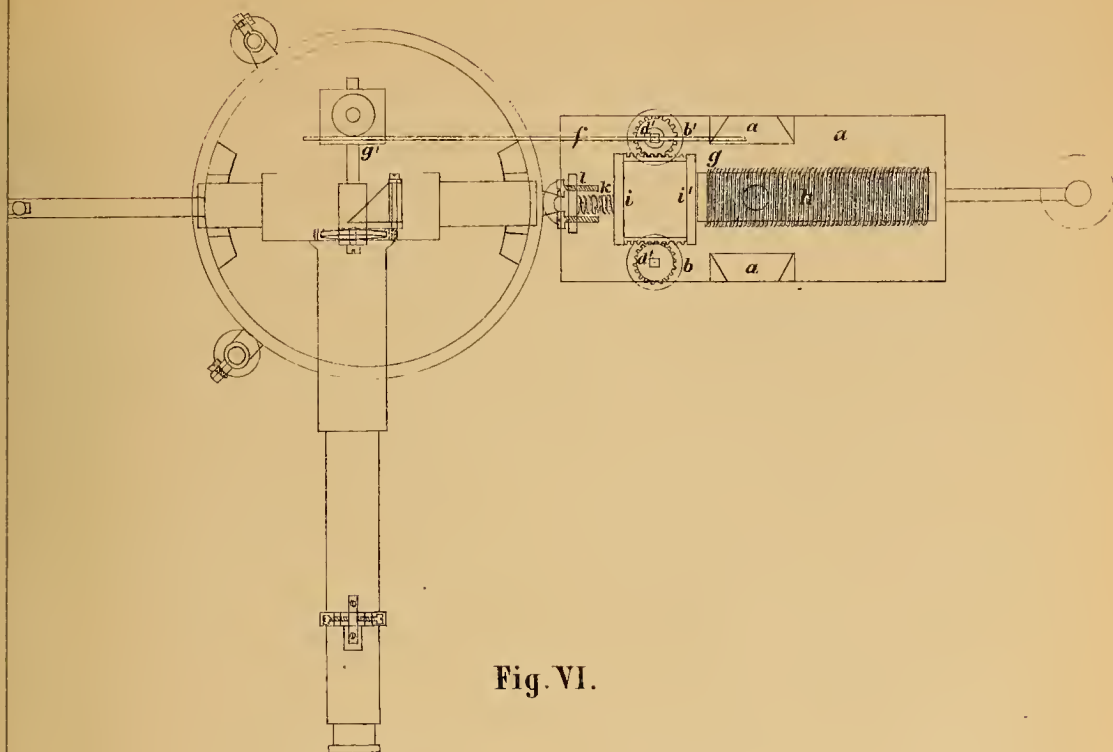


Fig.VI.

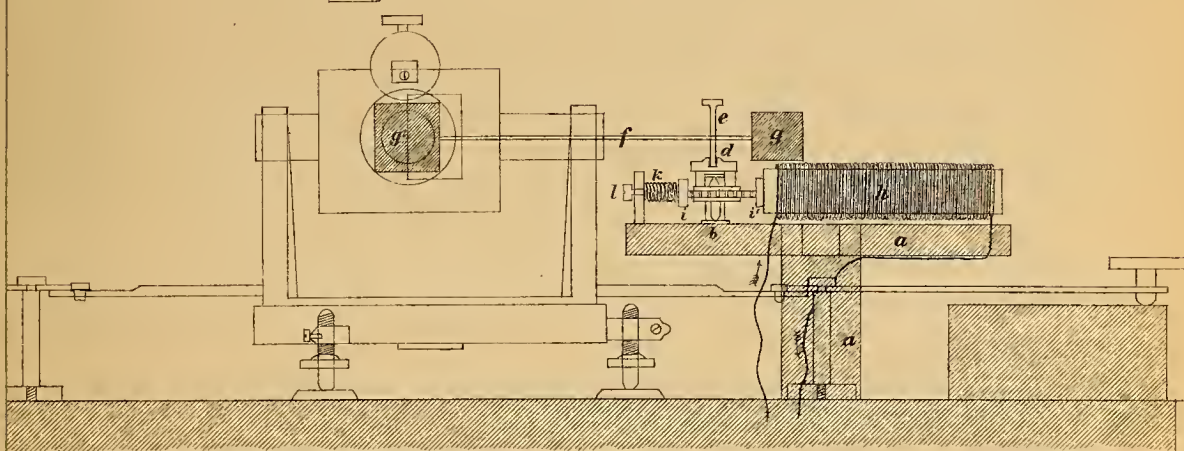
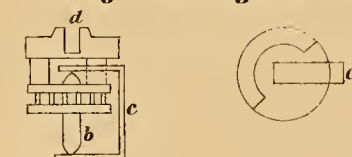
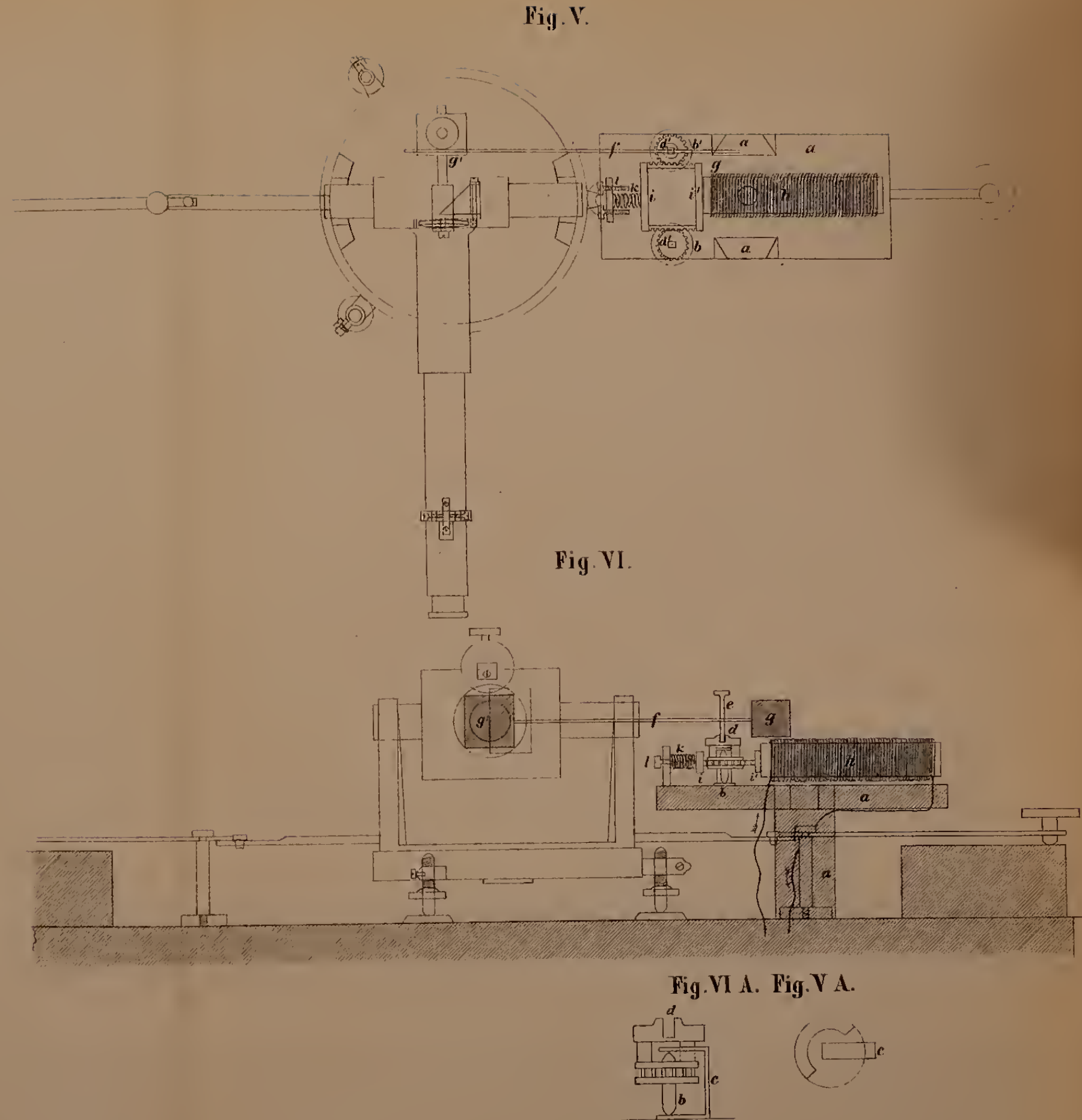
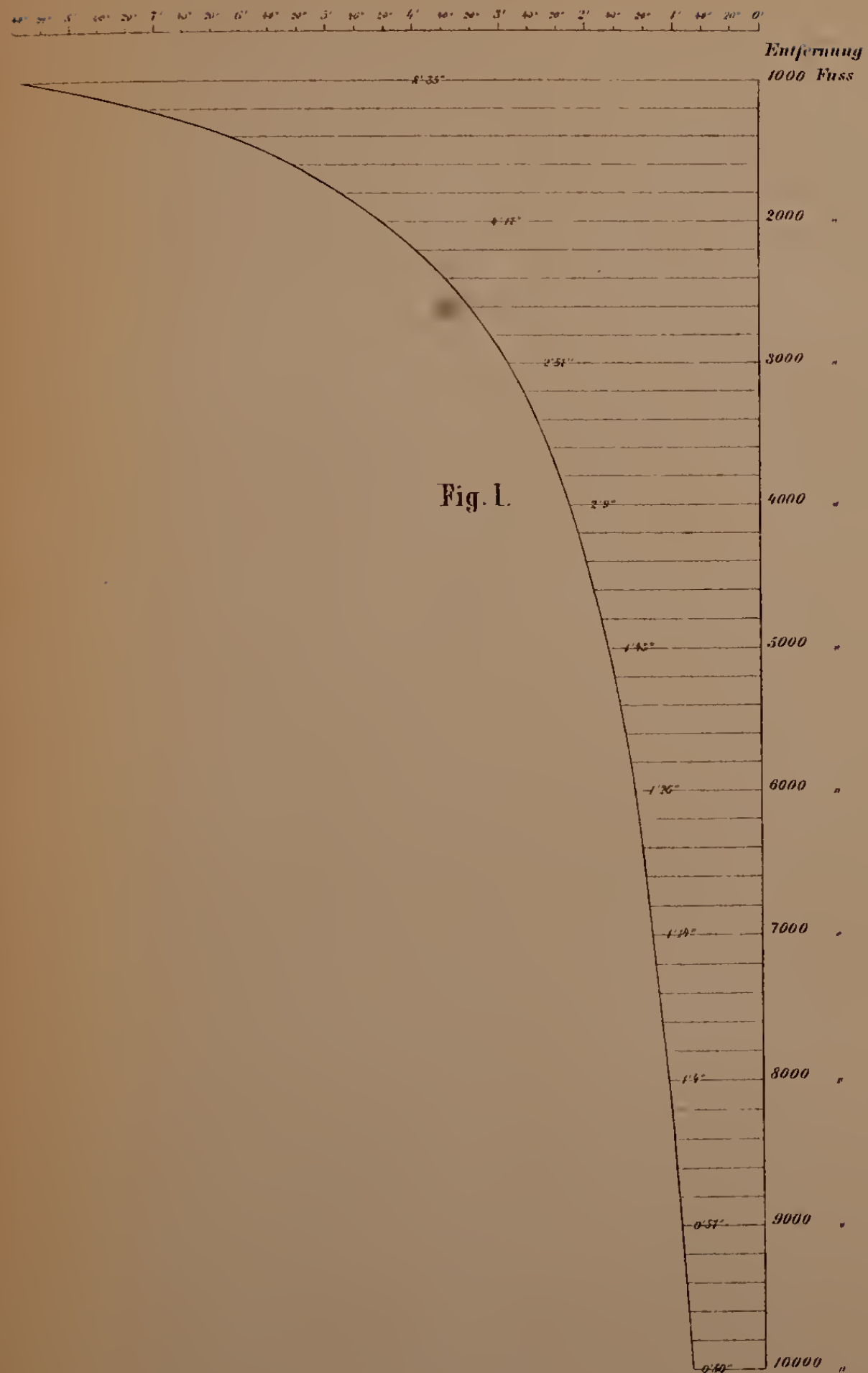


Fig.VI A. Fig.V A.





Construction und Theorie eines Marine-Distanzmessers

von
E. Kayser.

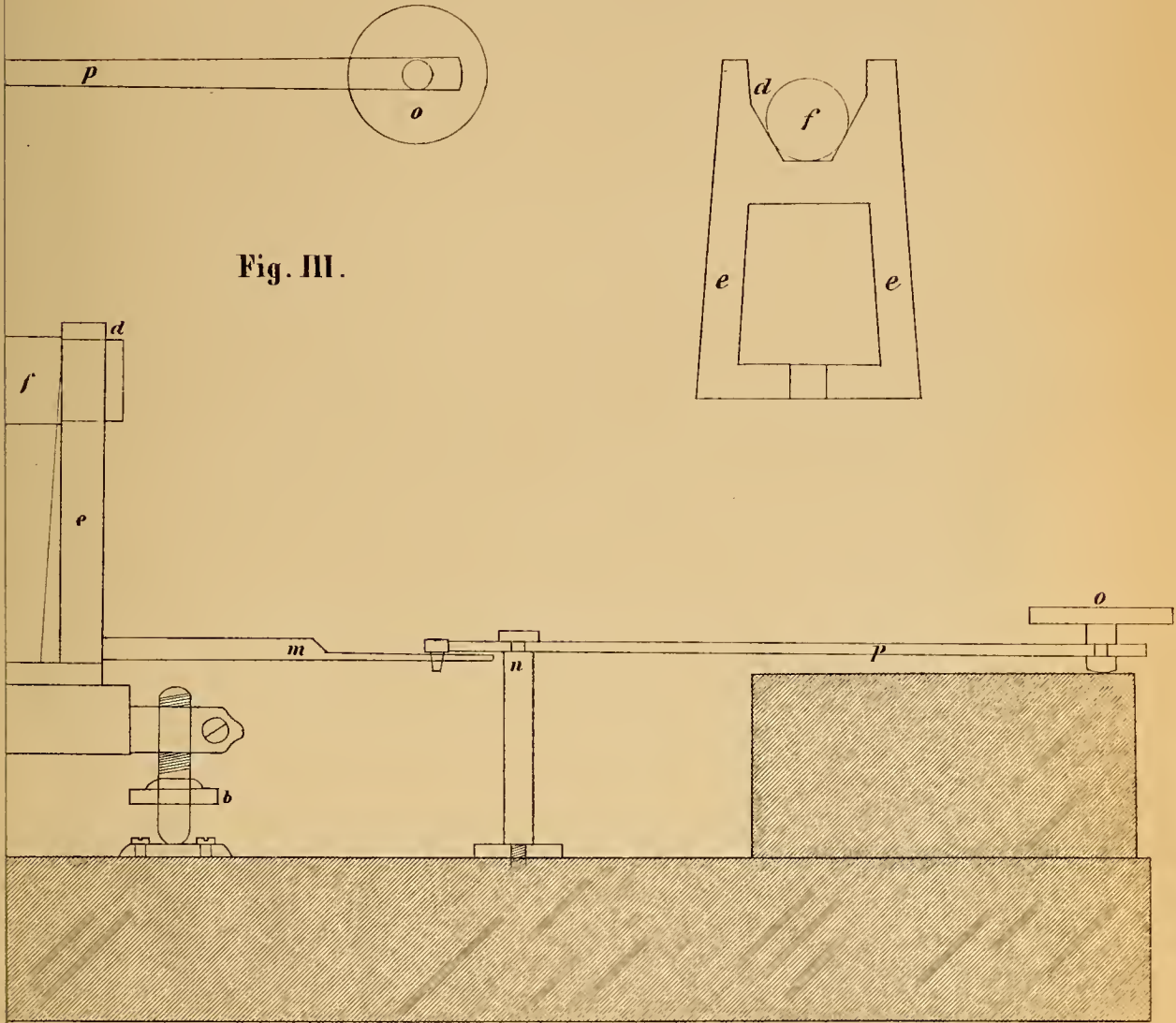
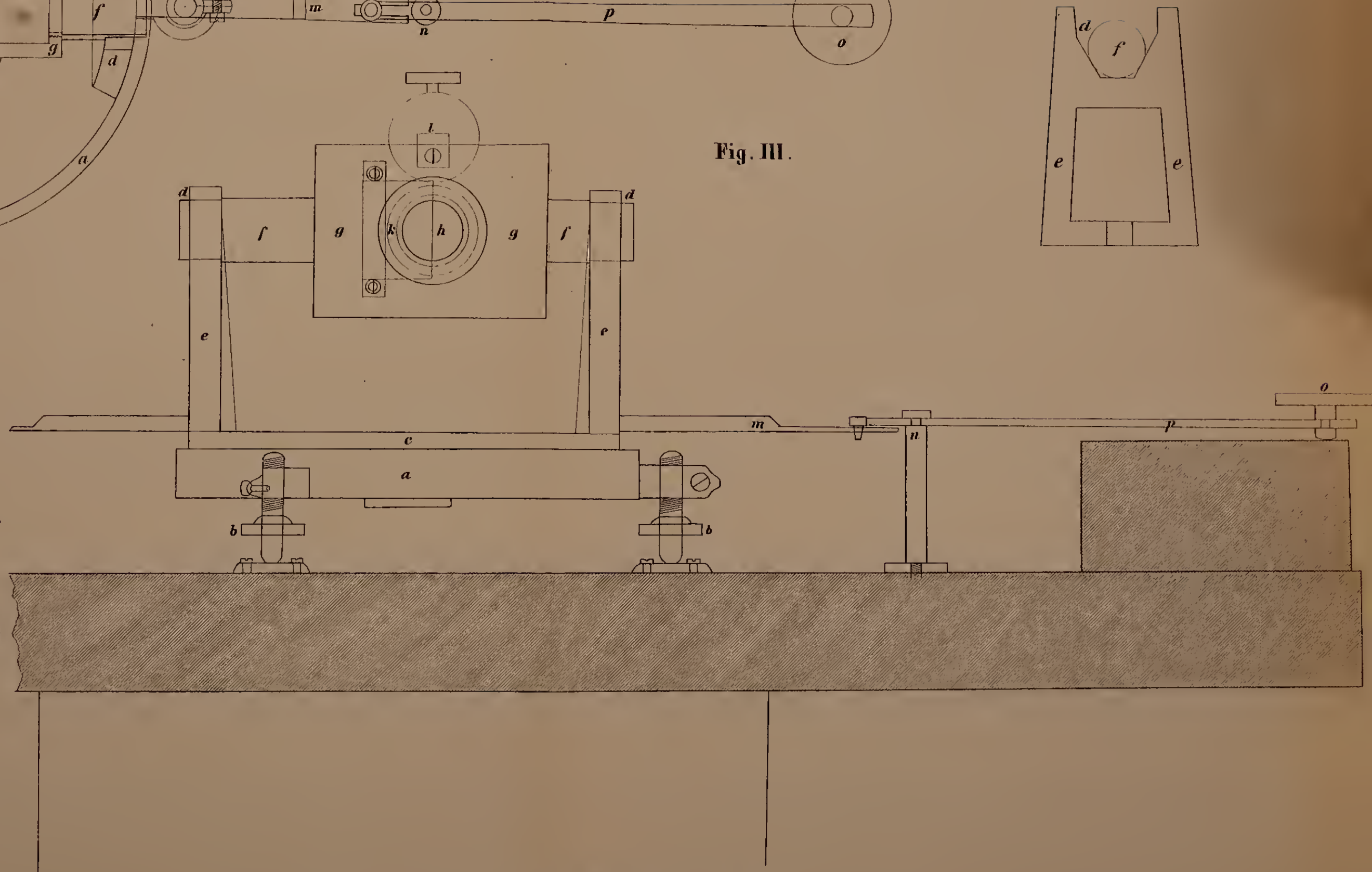
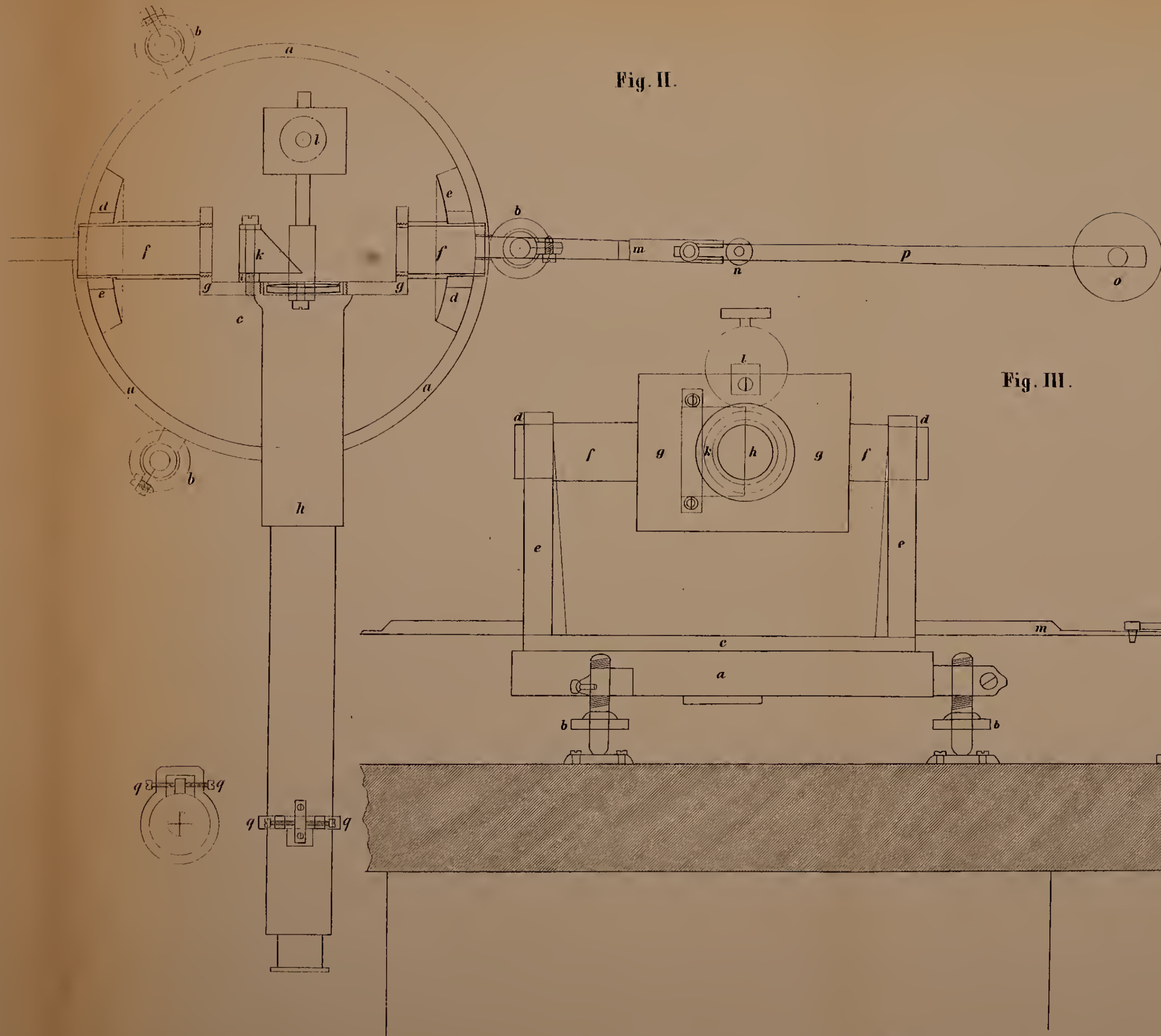


Fig. III.

nes Marine-Distanzmessers

yser.



Construction und Theorie eines Marine-Distanzmessers

von
E. Kayser.

Tafel III.

Fig. VIII.

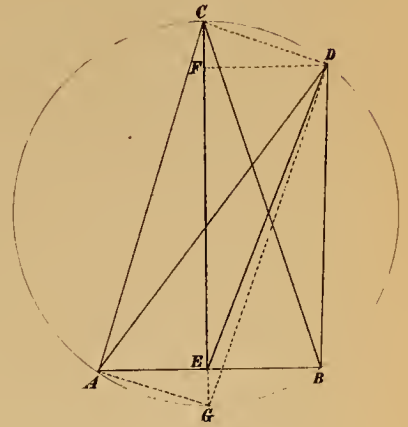


Fig. XI.

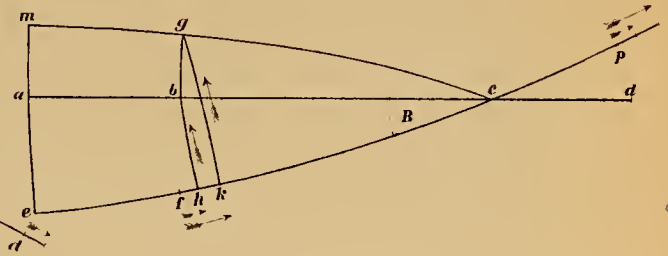
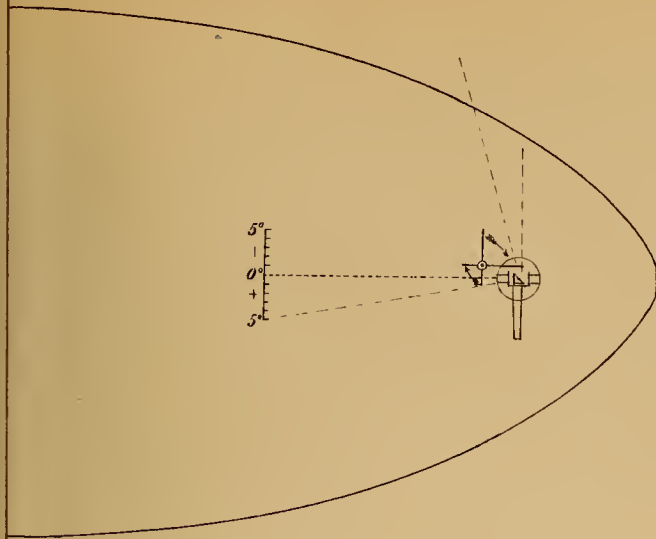
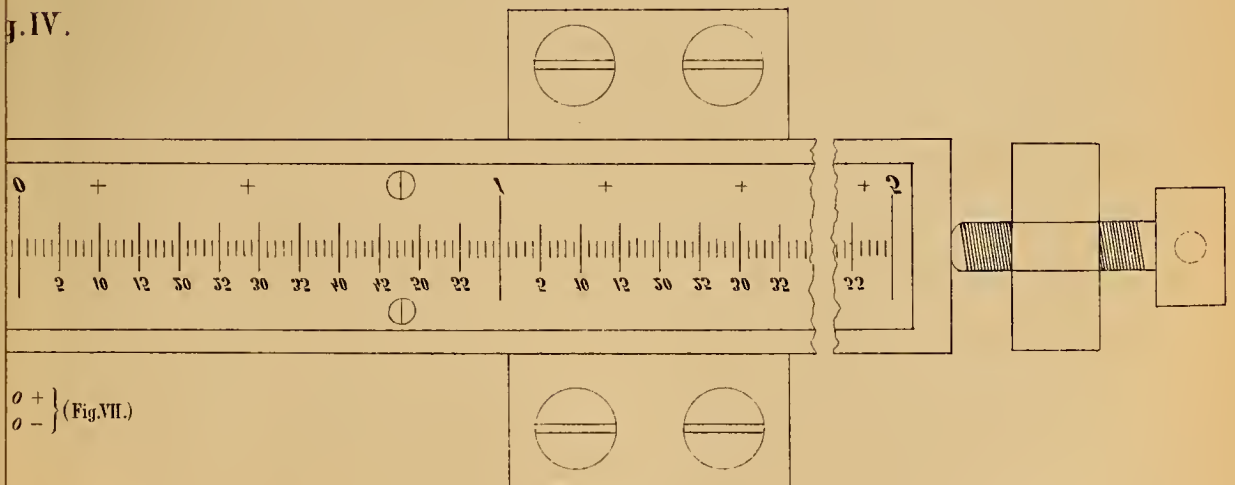


Fig. X.



J. IV.



eines Marine-Distanzmessers

von

Kayser.

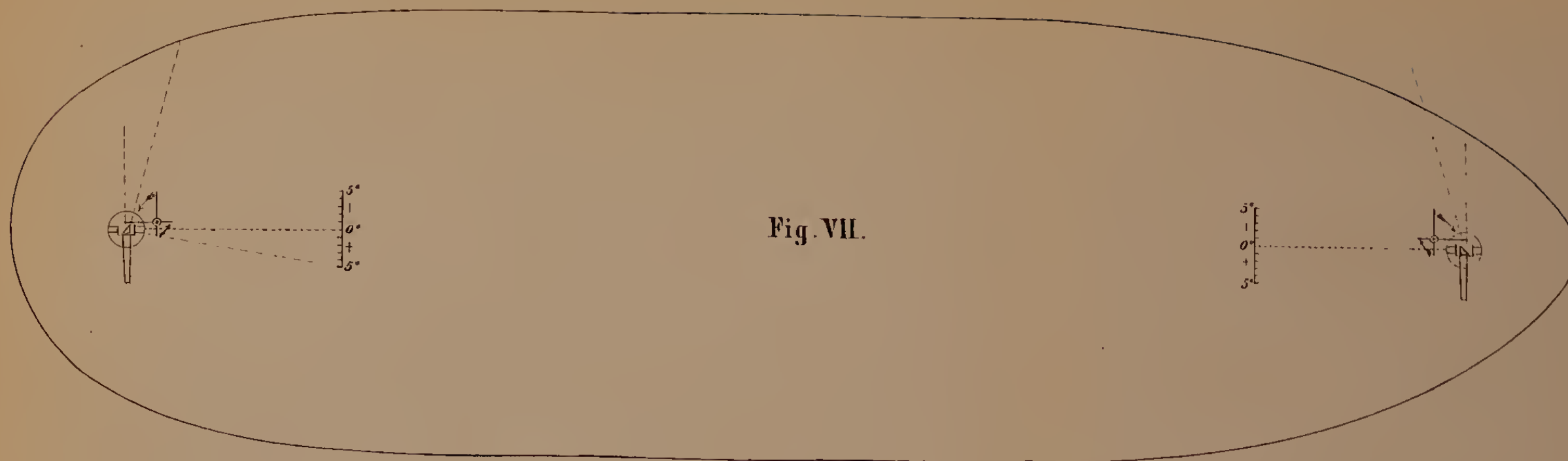


Fig. VII.

Fig. VIII.

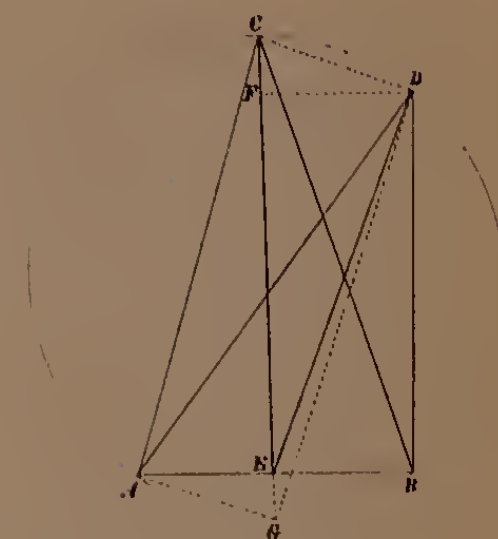


Fig. IX.

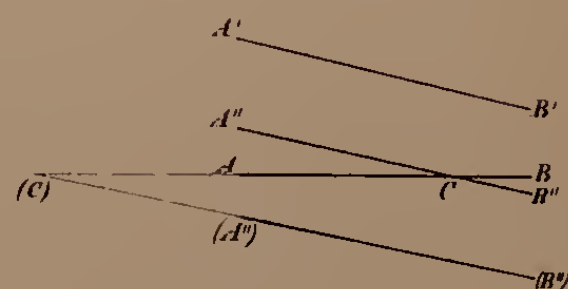


Fig. X.

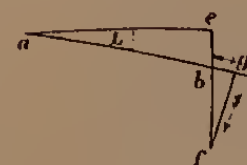


Fig. XI.

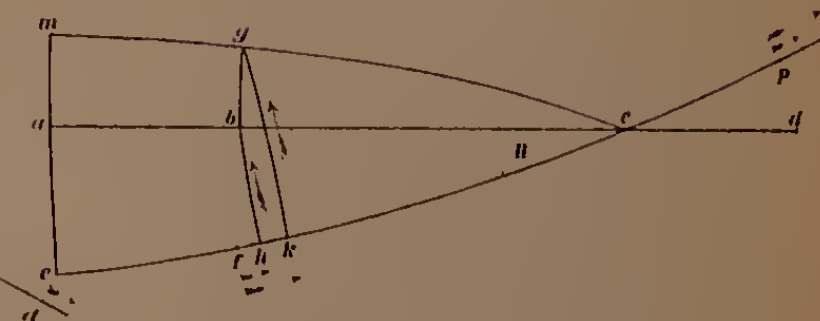
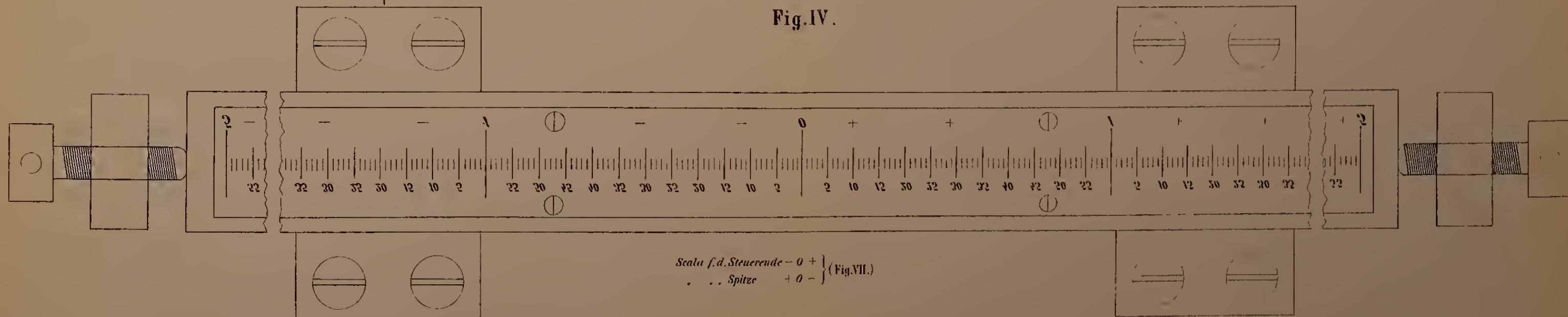


Fig. IV.



Construction und Theorie eines Marine-Distanzmessers

von
E. Kayser.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig](#)

Jahr/Year: 1869

Band/Volume: [NF_2](#)

Autor(en)/Author(s): Stapff Friedrich Moritz

Artikel/Article: [Construction und Theorie eines Marine-Distanzmessers 1-23](#)