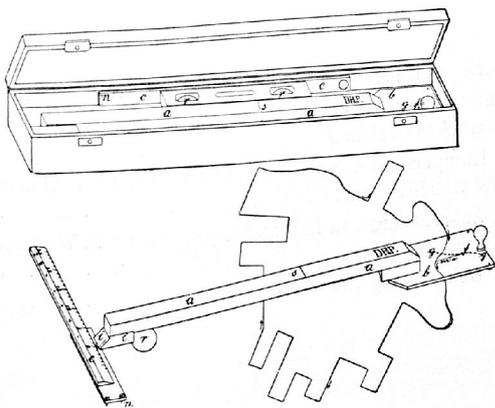


161

185

Beschreibung und Gebrauchsanweisung  
 der  
**Kompensationsplanimeter**  
 mit Kugellagerung.

D. R. P. 238500 und D. R. P. 248310.



**I. SCHNÖCKEL**  
 Mathematisch-mechanisches Institut  
 BERLIN.

Im Selbstverlage des Verfassers.

Nachdruck verboten.

nde.

ck-Straße 61.

Nicht im Buchhandel.

9.

160

162

## Inhalt.

	Seite
I. Zweck und technische Ausführung des Kompensationsplanimeters mit Kugellagerung . . . . .	3
II. Gebrauchsanweisung . . . . .	5
III. Die Kompensationsmessung sowie verschiedene Genauigkeitsbetrachtungen . . . . .	9
IV. Die Ausmessung von Inditordiagrammen und Wattmeterdiagrammen . . . . .	10
V. Die Behandlung des Planimeters . . . . .	11

---

167

185

## I. Zweck und technische Ausführung des Kompensationsplanimeters mit Kugellagerung.

Das in Figur 1 abgebildete Planimeter, welches dem Erfinder durch die **Deutschen Reichspatente** Nr. 238500 und Nr. 248310 geschützt ist, dient wie das bekannte Polarplanimeter zur präzisen Ausmessung des Flächeninhalts von beliebig begrenzten, ebenen Figuren auf Karten und Plänen. Das neue Instrument besitzt, obgleich es nicht **halb so viel** kostet als ein Polarplanimeter, die gleiche Leistungsfähigkeit und Genauigkeit, arbeitet aber **deutend schneller** und sein Gebrauch erfordert ebenfalls keine theoretischen Vorkenntnisse. Ein weiterer Vorzug ist seine ganz außerordentliche **Stabilität**, die darin begründet ist, daß Räder, Rollen und Achsen an dem Instrument fehlen, sodaß es ohne Bedenken auch ungeschulten Kräften in die Hand gegeben werden kann. Die Umfahrung der Figuren erfolgt mit einer auffallenden Leichtigkeit und Sicherheit, welche anderen bekannten Planimeterkonstruktionen nicht in dem Maße zu eigen ist.

Das Etui (vergl. Figur 1, oben) enthält das eigentliche Planimeter, den etwa 27 cm langen Metallstab a mit der daran angeschraubten, transparenten Celluloidplatte b und dem Kugelanstoß i, ferner zwei nahezu  $1\frac{1}{2}$  cm dicke Präzisionsstahlkugeln r mit rauher Oberfläche, den in weißem Celluloid plattierten, prismatischen Maßstab c, einen kleinen Vorrat zum eventuellen Ersatz der Schraubenspitze n und eine Konstantentabelle.

Anm. 1. Die sorgfältige, **einmalige** Berechnung einer Figur von ein- bis dreifacher Handgröße dauert kaum **dreiviertel Minuten** und liefert ein sehr **genaues** Resultat, das nur auf etwa 0,1 bis 0,3 % der Fläche fehlerhaft ist. Bei sehr kleinen Flächen hat man jedoch einen etwas größeren Prozentsatz, wie es auch beim Polarplanimeter der Fall ist.

nde.

rek-Straße 61.

Nicht im Buchhandel.

97  
160

168

- 4 -

Figur 1 unten zeigt das Planimeter in seiner Aufstellung beim Gebrauch. Man verkoppelt den Metallstab, der unten eine Vertiefung und eine Rille, das Kugellager, besitzt, mit der Kugel, indem man sie unter dem Stabe gegen den „Anstoß“ i drückt. Der Metallstab ruht dann mit der Kugel und zwei Metallstützen

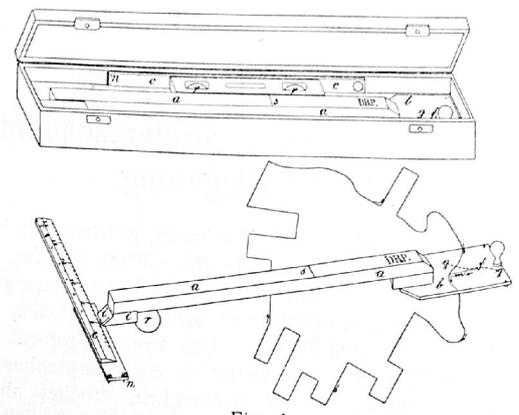


Fig. 1.

der transparenten Platte b auf dem Papier. Letztere ist ca. 3 Millimeter dick und **durchsichtig wie Glas**, so daß selbst die feinsten Bleistriche klar und deutlich durch die Platte hindurch zu erkennen sind. Auf ihrer Unterseite befindet sich — das Planimeter besitzt keinen sogen. Fahrstift — ein „Fahrpunkt“ f, der Kreuzungspunkt einer in Figur 1 punktierten „Fahrlinie“ g, deren Zweck in der folgenden Gebrauchsanweisung erläutert wird, mit einem kurzen zu ihr senkrechten Strich. Diese sorgfältigst und scharf ausgeführte Celluloidgravierung ist von unbegrenzter Haltbarkeit und wasserfest; auch kann die Platte, von der jedoch Flüssigkeiten wie Aceton und Aether fernzuhalten sind, selbst durch jahrelangen Gebrauch nicht blind oder grau werden. Der Celluloidmaßstab c ruht mit einer Schraubenspitze n und zwei Stützen auf dem Papier.

Im Interesse des schnellen Fortganges größerer Arbeiten vermeide man es, nach Beendigung einer Umfahrung den Metallstab von der Kugel abzuheben. Setzt man das Instrument beiseite oder will man eine zweite Figur berechnen, so erfaßt man

mit der Rechten den auf der Platte b drehbaren Führungsgriff, während die Linke oben über den Metallstab hinweggreift, die Kugel zwischen Daumen und Zeigefinger klemmt und sie gegen den „Anstoß“ i drückt.

## II. Gebrauchsanweisung.

Für den praktischen Gebrauch besteht das Planimeter aus zwei getrennten Teilen: dem nach Abschnitt I „mit der Kugel verkoppelten Metallstab“ und dem „Celluloidmaßstab“ zur Flächenablesung (vergl. Fig. 1, unten). Ersteren setze man möglichst so auf die Karte<sup>1)</sup>, daß die Kugel links, der Führungsgriff rechts, vom Rechner aus gesehen, steht und beachte für genaue Berechnungen folgende Hauptregel:

Der unter dieser zu erwähnende Figur (vergl. Fig. 1, unten) gesetzte Metallstab soll sie in zwei schabungsweise flächengleiche<sup>2)</sup> Hälften, und zwar bei sehr länglicher Form möglichst ihrem größten Durchmesser (vgl. Fig. 2a und Anmerk. 2) dienlich, zerschneiden, welcher letzterer nicht mehr als Instrumentenlänge (d. s. ca. 30 cm.) betragen soll, während in der zur Lage des Metallstabes senkrechten Richtung die Figur aus Genauigkeitsrücksichten im groben und ganzen höchstens eine Handspanne<sup>3)</sup> (d. s. 16 bis 18 cm.) breit sein darf.

Ann. 1. Altes, starkkrissiges, faltiges Kartenpapier beeinträchtigt die Genauigkeit der Berechnungen etwas ungünstig. Auch darf der Tisch nicht derartig schief stehen, daß die frei auf die Tischplatte gelegte Kugel herabrollt, was leicht dadurch beseitigt wird, daß man etwas unter die betreffenden Tischfüße legt. Auch reinige man die Karte von Staub.

Ann. 2. Sogenannte „günstige Anlage“. Mehr oder weniger günstige Anlagen zur Figur unterscheidet man beim bekannten Polarplanimeter ebenfalls. Bei kleinen Flächen bis etwa halbe Handgröße braucht man die Hauptregel nicht mehr streng zu befolgen. — In den Figuren 2a bis 2f ist der Metallstab in seiner Anlage einfach durch einen Strich, sein Fahrpunkt durch ein Kreuz bezeichnet. Legt man den Metallstab, wenigstens bei größeren Figuren, im Widerspruch mit dieser Regel so an, daß die zu berechnende Fläche nicht ungefähr halbiert wird, sondern oberhalb oder unterhalb des Metallstabes liegt, so kann dadurch höchstens eine Ungenauigkeit von  $\pm 0,2$  bis  $0,4\%$  der Fläche in das Resultat eingeschleppt werden.

Ann. 3. Die sogenannte Spanne (größte Oeffnung zwischen Daumen und Zeigefinger, also etwa 16 bis 18 cm) ist ein für diesen Zweck praktisches, genügend genaues Maß.

nde.

rok-Straße 61.

Nicht im Buchhandel.

Da nach der Hauptregel die Figuren nur etwa 16 bis 18 cm breit sein dürfen, müssen große Flächen, die sich mit dem Polarplanimeter bei Aufstellung mit „Pol innerhalb“ der Figur“ noch in einem Zuge umfahren ließen, in Teile von am besten ein- bis dreifacher Handgröße zerlegt werden

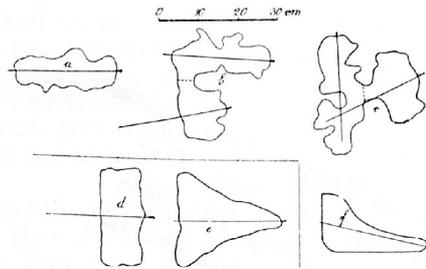


Fig. 2.

(vergl. Anmerk. 2 auf Seite 5 und Fig. 2b und 2c). Die Zerlegung in möglichst **rundliche, einem Quadrat entfernt ähnliche** oder gleichmäßig längliche Figuren ist für die Genauigkeit am vorteilhaftesten. Die meisten Figuren kann man aber in einem Zuge umfahren, da die Berechnung sehr großer Flächen in der Praxis nicht die Regel sondern eine Ausnahme bildet. Auch erwächst bei der großen Schnelligkeit, mit der das hier beschriebene Planimeter arbeitet, aus der Zerlegung einer Figur durch eine Bleilinie niemals ein Zeitverlust.

Der „Fahrpunkt“  $f$  der transparenten Platte wird über einen rechts hervorspringenden Eckpunkt des Umfanges oder einen **außerhalb** der Figur zu wählenden Anfangspunkt, das rechte Ende einer kurzen Bleilinie  $m$  (Fig. 1, unten), gebracht, einen solchen Punkt, welcher die Figur vollkommen links von sich läßt.

Nun wird der Nullstrich des Celluloidmaßstabes  $c$  (vergl. Fig. 1 unten), welcher infolge Fehlens der kleinen Nachbarstriche sehr klar aus der Teilung hervortritt, auf den am „Anstoß“  $i$

Anm. 1. Uebrigens erfordert eine solche Berechnung großer Flächen mit dem Polarplanimeter aus Genauigkeitsrücksichten auch stets eine zweite sogenannte Kompensationsumfahrung, während die preußische Katasteranweisung VIII Umfahrungen mit „Pol innerhalb der Figur“ überhaupt für amtliche Zwecke untersagt.

befindlichen Indexstrich des Planimeters einstellt<sup>1)</sup>. Man drückt dabei mit der Rechten leicht auf das spitze Schraubchen n und schwenkt den Maßstab mit der linken Hand ungefähr einen rechten Winkel nach links herum, ohne daß die Schraubenspitze aus dem Papier springt.

Zwecks Umfahrung ergreift man nun den drehbaren Griff der transparenten Platte und führt den „Fahrpunkt“ im rechtsläufigen Drehungssinn (also im Sinne des Uhrzeigers, wie die Pfeile in Figur 1, unten andeuten), zunächst dem kurzen Bleistrich m folgend, um die ganze Fläche herum, wobei die Kugel unter dem Instrument dahinrollt. Die Umfahrung ist erst beendet, wenn die Kugel wieder an den „Anstoß“ i anschlägt, woran der nur auf die Bewegung des „Fahrpunktes“ achtende Rechner durch einen gewissen „Ruck“ erinnert wird, den er in der den Griff führenden Hand durch die plötzliche Hemmung verspürt. Bei kleineren Figuren bis etwa Handgröße ist das der Fall, sobald der Fahrpunkt wieder den Anfangspunkt, also das rechte Ende des Bleistriches m, erreicht. Bei größeren Figuren dagegen tritt diese Hemmung dann oft noch nicht ein, weil die Kugel noch einige Millimeter vom Anstoß entfernt ist. Man führe dann ruhig weiter nach rechts, beachte aber, daß der Anfangspunkt immer unter der schon im ersten Abschnitt erwähnten (in Fig. 1, unten punktierten, in die Platte gravierten) „Fahrlinie“ g bleibt, bis die Hand beim Anschlagen der Kugel an den Anstoß den „Ruck“ verspürt<sup>2)</sup> und somit die

Ann. 1. Diese Einstellung kann auch auf rein mechanischem Wege besonders bequem und schnell ausgeführt werden, wenn man das Stiftschraubchen aus dem „Vorrat“ im Etui herausnimmt und es mit dem Cylinder nach oben in das Schraubenloch am Nullstrich der Celluloidteilung einschraubt. Dieses Stiftchen paßt in eine Kerbe am Anstoß i. Man schiebt mit der Linken das entferntere Ende des Maßstabes, der sich daher mit dem Stiftchen in der Kerbe dreht, solange nach rechts bis die Kante dem Rande des Anstoßes ungefähr parallel erscheint. Index- und Nullstrich fallen dann von selbst zusammen resp. in eine Gerade, sodaß der Maßstab richtig liegen muß.

Ann. 2. Sollte bei größeren Figuren der Metallstab im Widerspruch mit der Hauptregel in der Anfangsstellung so gelegt worden sein, daß er den weitaus größten Teil der Fläche auf seiner vom Rechner entfernteren Seite läßt oder gar die ganze Figur, so schlägt die Kugel bereits an den Anstoß, wenn der „Fahrpunkt“ den Anfangspunkt noch garnicht wieder erreicht hat. Man reiße dann nicht etwa mit Gewalt, die Kugel schleifend, nach rechts durch, sondern schiebe — durch eine kleine Bewegung der Platte senkrecht zum Metallstab — die „Fahrlinie“ über den Anfangspunkt, wobei sich also das Instrument um die am Anstoß verbleibende Kugel ein wenig dreht.

nde.

rok - Strafee 61.

Nicht im Buchhandel.

160

172

- 8 -

Umfahrung beendet ist. Ein Fehler von einigen Zehntel Millimetern in der Einstellung des „Fahrpunktes“ resp. der „Fahrlinie“ über den Anfangspunkt vor und nach der Umfahrung<sup>1)</sup> ist so gut wie unschädlich.

Nun führe man, wieder auf die spitze Schraube  $n$  drückend, den Celluloidmaßstab an den Indexstrich des „Anstoßes“  $i$  heran. Man ließt mit bloßem Auge, viel schärfer aber mit einer kleinen Handlupe die sehr klare, weiße Celluloidteilung ab. Die Teilstriche haben in der Nähe des Nullstriches 0,4 Millimeter Abstand, der jedoch mit wachsender Ablesung sich etwas verringert. Liest man z. B. ab 2203, wo die letzte Stelle, die 3, sich noch mit Sicherheit zwischen zwei Teilstrichen als ein Zehntel des Intervalls schätzen läßt, so ist der Flächeninhalt der umfahrenen Figur in Quadratmillimetern die 20fache Ablesung, also 44060 qmm.

In den meistens gebräuchlichen, verjüngten Maßstabsverhältnissen der Karten ist die Ablesung mit folgenden einfachen Zahlen<sup>2)</sup> zu multiplizieren und zwar:

	im Maßstab	mit der Konstanten
	1 : 500	5 = $\frac{1}{2} \times 10$
	1 : 625	7,81
	1 : 1000	20 = $2 \times 10$
	1 : 1250	31,3
	1 : 1500	45 = $(\frac{1}{2} - \frac{0,1}{2}) 100$
	1 : 2000	80 = $(1 - 0,2) 100$
	1 : 2500	125 = $\frac{1}{8} \times 1000$
	1 : 3000	180 = $(2 - 0,2) 100$

Eine dreistellige Konstante, wie zum Beispiel 7,81 aus der zweiten Zeile, multipliziert man mit der Ablesung am besten und schnellsten mit dem bekannten, kleinen Rechenschieber von 25 cm Länge, indem man die Konstante am Schieber ein für alle Male einstellt und den Flächeninhalt mit der ausreichenden

Anm. 1. Solange sich die Kugel während des Umfahrens links des Striches  $s$  (in Fig. 1 der Strich auf dem Metallstabe) befindet, steht das Instrument fest, sodaß der Rechner jederzeit die Hand vom Führungsgriff nehmen kann, ohne daß es das Gleichgewicht verliere. Rollt die Kugel aber rechts dieser deutlich erkennbaren Marke, was ausnahmsweise bei sehr langen Figuren eintritt, so warte man die Rückkehr ab, ehe man die Umfahrung unterbricht.

Anm. 2. Ein gedrucktes Verzeichnis dieser Konstanten ist im Etui des Planimeters vorhanden.

Genauigkeit von  $\pm 0,2\%$  am Glasläufer abliest. Schließlich findet man in der dritten Zeile obiger Tabelle noch eine für Multiplikationen zweckmäßige Zerlegung der Konstanten. Wäre z. B. auf einer Karte ein Maßstabsverhältnis 1:1500 die Ablesung 1203 gemacht worden, so hätte man eigentlich zu rechnen: Flächeninhalt  $45 \times 1203 = 54135$ . Man kann demnach schreiben:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{2} \times 1203\right) &= 6015 \\ - \left(\frac{0,1}{2} \times 1203\right) &= 601 \quad \text{(Die letzte Stelle, die 5,} \\ &\quad \text{kann wegbleiben).} \\ \text{also Fläche} &= 54140 \end{aligned}$$

d. h. man kommt so mit einer Division durch 2 aus.

### III. Die Kompensationsmessung sowie verschiedene Genauigkeitsbetrachtungen.

Soll, wie es amtlich oft vorgeschrieben ist, eine zweite Berechnung der umfahrenen Fläche als Kontrolle für die erste ausgeführt werden, so wählt man, wenn möglich, eine zur ersten Anlage des Metallstabes **ungefähr senkrechte** Aufstellung und umfährt die Figur noch einmal (**Kompensationsmessung**).

Das Mittel, die halbe Summe zweier solcher Messungen zeichnet sich durch einen besonders **hohen Grad von Genauigkeit** aus.

Bei länglichen Figuren von etwa 20 bis 30 cm ist die Kompensationsanlage des Metallstabes mit Rücksicht auf die Hauptregel des vorigen II. Abschnittes nur dadurch möglich daß man die Figur durch eine feine Bleilinie in zwei möglichst abgerundete Teilstücke zerlegt und diese einzeln umfährt.

Bei den verhältnismäßig sehr länglich geformten Figuren bis zur Länge einer Handspanne (ca. 16—18 cm, vgl. die Anm. 3 auf Seite 5) kann man jedoch ebenfalls eine Kompensationsmessung vornehmen, ohne zu zerlegen, obgleich der Metallstab bei dieser zweiten Umfahrung regelwidrig ungefähr senkrecht zum größten Durchmesser der Fläche angelegt werden muß (vgl. Fig. 2d). Man erhält dann stets ein um  $0,3\%$  zu kleines Resultat und füge daher stets diese geringe Verbesserung im Kopfe bei. Hätte man z. B. in der (ungünstigen) Anlage der Figur 2d an der Celluloidteilung 714 abgelesen, so schreibe man die um  $0,3\%$  vergrößerte Ablesung 716 nieder und berechne die Fläche zu  $20 \times 716 = 14320$  qmm.

nde.

rok-Straße 61.

92

160

174

- 16 -

Sehr kleine Figuren unter etwa halber Handgröße umfährt man ohne merklichen Zeitverlust zweimal hintereinander, sodaß man also am Schluß das doppelte abliest, und gewinnt dadurch erheblich an Genauigkeit.

Eine übermäßige Sorgfalt bei der Umfahrung von Flächen ist ganz wertlos. Man umfahre vielmehr so schnell und dabei ruhig, daß man den Unregelmäßigkeiten des Umfanges noch gerade folgen kann. Da die Fehler gleich häufig positiv und negativ sind, heben sie sich in der Summe ungefähr wieder auf.

Tritt beim Umfahren durch Zufall eine plötzliche Erschütterung des Tisches ein, die sich auf das Planimeter überträgt, so pflegt sie ohne schädlichen Einfluß auf das Resultat zu bleiben, weil der Metallstab über der Kugel ins Pendeln gerät und diese daher wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückrollt.

Zeigt eine Karte Flächeneinschwand (auch Krempe genannt) oder hat sie sich seit Zeichnung der Figur ausgedehnt, so ist vor der Flächenberechnung der zahlenmäßige Wert dieser Veränderung in Form eines Prozentsatzes zu ermitteln (meist weniger als 0,1 bis 0,2%). Besitzt die Karte ein Quadratnetz, so kann man diesen Prozentsatz am zweckmäßigsten dadurch feststellen, daß man ein oder mehrere Quadrate mit dem hier beschriebenen Planimeter umfährt und das Mittel aus allen Messungen bildet, wobei man den Metallstab abwechselnd in die Richtung der Quadratseite und der Diagonale legen mögen. Bei der dann folgenden Flächenberechnung werden alle Ablesungen nach diesem Prozentsatz verbessert.

Der beim Umfahren um die Spitze n (Fig. 1) nach links gedrehte Celluloidmaßstab kann nur in seltenen Ausnahmefällen die Bewegung des Instruments irgendwie hindern, und zwar unter Umständen bei der Berechnung großer und sehr langer Figuren von etwa 30 Zentimeter Ausdehnung. Man hake dann den Punkt n auf dem Papier mit Bleistift an und lege den Maßstab bis zur Beendigung der Umfahrung beiseite.

#### IV. Die Ausmessung von Indikator- und Wattmeterdiagrammen.

Diagramme bis zu 30 cm Basislänge lassen sich in einem Zuge (vergl. die Anlage Figur 2i) umfahren. Noch größere teile man durch eine Bleilinie in zwei Teilstücke und summiere die Ablesungen. Die meistens gesuchte mittlere Höhe des Diagramms

175

- M -

findet man bekanntlich durch Division der abzumessenden Basislänge in die Fläche (resp. in die 20fache Ablesung am Celluloidmaßstab). Zu letzterem Zweck sowie zur Ermittlung der indizierten Leistung der geprüften Maschine bedient man sich des Rechenschiebers, an dem man das Resultat hinreichend genau abliest.

## V. Die Behandlung des Planimeters.

Die rauhe Oberfläche der beiden beigegebenen Präzisionskugeln, welche bis auf wenige Tausendstel Millimeter von mathematischer Kugelform sind, hält sich dauernd gut, falls sie nicht absichtlich mit einer Feile zerstört wird. Man feuchte sie von Zeit zu Zeit mit feinem Oel an. Das Kugellager, die schädlichen Einflüssen wegen ihrer versteckten Lage kaum zugängliche Rille unter dem Metallstabe, kann man vor dem Gebrauch mit einem Lederläppchen auswischen. Eine irgendwie bemerkbare Längenveränderung des Celluloidmaßstabes durch Feuchtigkeit oder Temperatur ist nicht zu befürchten. Derartige Längenänderungen liegen innerhalb von nur  $\pm 0,1\%$ .

Bezüglich der Theorie dieses Planimeters wird auf des Verfassers Veröffentlichung in der Zeitschrift für „Instrumentenkunde“ Jahrgang 1911, Juniheft Seite 173 und flgd. verwiesen.



nde.

rok-Straße 61.

Nicht im Buchhandel.

92 160

176

Druck von Böckler & Schütt G. m. b. H.  
Berlin NW6, Karlstraße 7.