Die

Planimeter Coradi

Beschreibung und Anleitung

zum

Gebrauch und zur Prüfung derselben

mit

einer elementaren, allgemeinen Erklärung ihrer Wirkungsweise

von

G. Coradi, Zürich

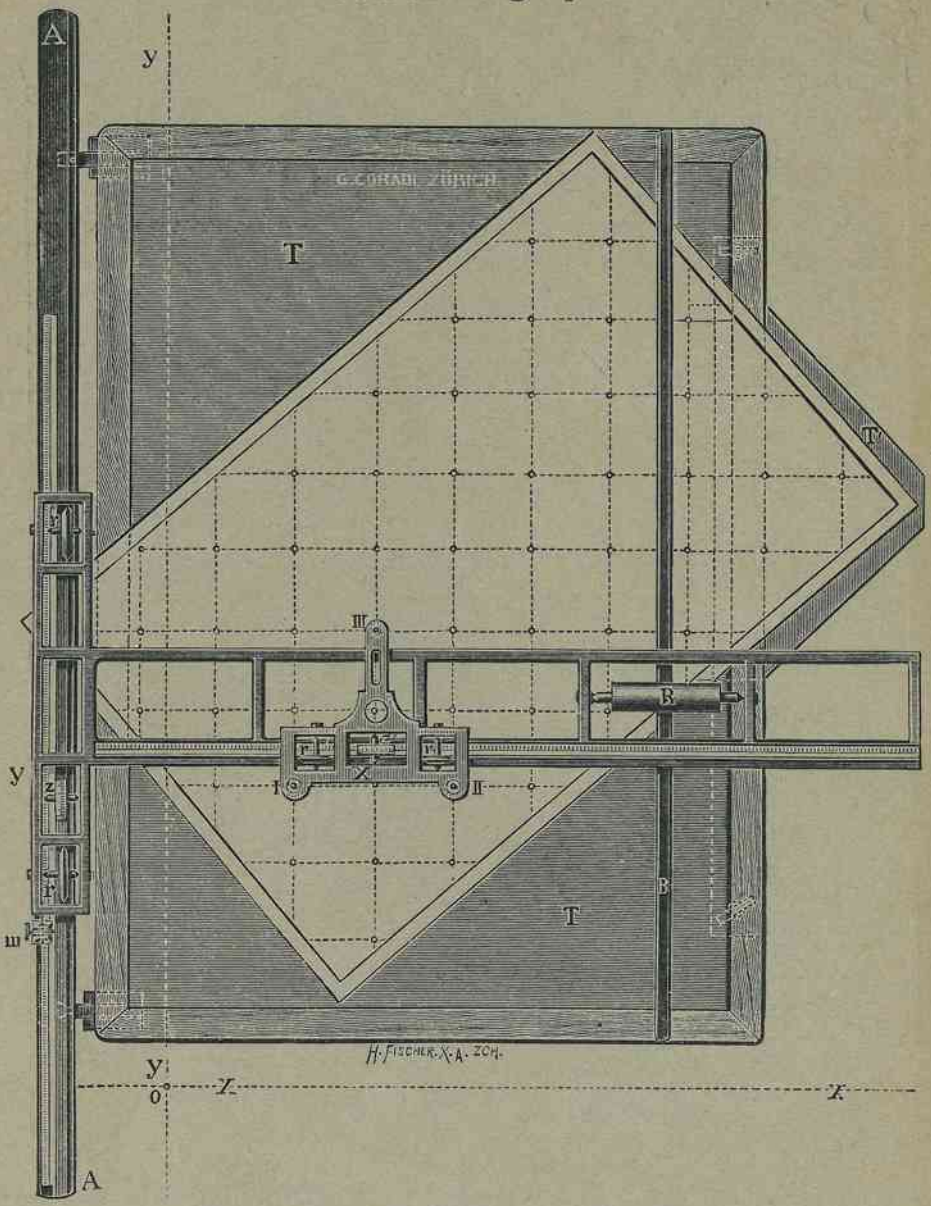
Dritte Auflage

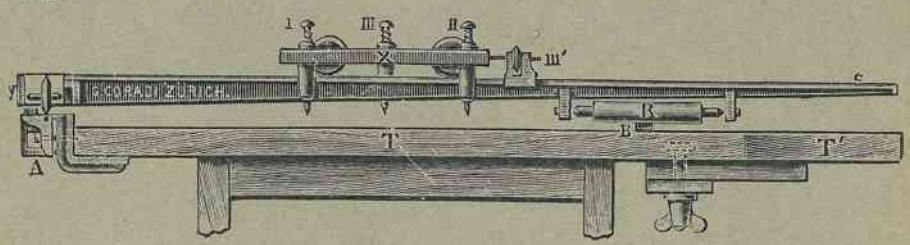
1905

Preis 1 Fr.

ZÜRICH
Buchdruckerei Aschmann & Scheller, Predigerplatz
1905.

Coordinatograph.





Die

Planimeter Coradi

Beschreibung und Anleitung

zum

Gebrauch und zur Prüfung derselben

mit

einer elementaren, allgemeinen Erklärung ihrer Wirkungsweise

von

G. Coradi, Zürich

Dritte Auflage

1905

Preis 1 Fr.

ZÜRICH
Buchdruckerei Aschmann & Scheller, Predigerplatz
1905.

Inhalt.

		Seite
	Vorwort	3
I.	Einleitung	5
*II.	Allgemeine Darstellung der Planimetertheorie	6
*III.	Allgemein gültige Regeln für alle Planimeter	11
*IV.	Teile, welche bei allen Planimetern gleich oder ähnlich sind:	
	1. Der Fahrstab	12
	2. Der Fahrstift nebst Griff und Stütze	13
	3. Die Messrolle, das Zählrad und deren Einteilungen	13
	4. Die Constante bei Pol innerhalb der Figur und der verschiebbare Polarm	15
	5. Die Tabelle im Etui	17
	6. Das Controllineal	17
*V.	Beschreibung der einzelnen Planimeter:	
	1. Das Kugelrollplanimeter	18
	2. Das Scheibenplanimeter	21
	3. Das Compensationsplanimeter	23
*VI.	Gebrauch der Planimeter:	
	1. Besondere Regeln für das Rollplanimeter	27
	2. „ „ „ „ Scheibenplanimeter	28
	3. „ „ „ „ Compensationsplanimeter	28
	4. Für alle Planimeter gemeinsame Regeln	29
*VII.	Prüfung der Planimeter	32
*VIII.	Berechnung der Fahrstablänge für verschiedene Masstäbe mittelst der Teilung auf dem Fahrstab	36
*IX.	Angaben über die Genauigkeit und Leistungsfähigkeit der verschiedenen Planimeter	38
*X.	Tabelle für Benützung des Controllineals	39

* Die mit Sternchen bezeichneten Kapitel sind abgedruckt in **W. Caville, Lehr- und Handbuch der Landmesskunst, Ernst'scher Verlag, Halberstadt und Leipzig,** in welchem Werke auch geschichtliche Notizen über die Erfindung des Planimeters, sowie die Beschreibung älterer Planimeter-Constructionen enthalten sind.

Nachdruck ohne Quellenangabe verboten.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Vorwort.

Nachdem meine Broschüre vom Jahre 1889 über die Kugelplanimeter sowie diejenige vom Jahre 1891 über die einfachen Polarplanimeter vergriffen sind und beide Arten von Planimetern im Laufe dieser Zeit bedeutende Verbesserungen in der Construction erhalten haben, sehe mich veranlasst die nachfolgende Schrift herauszugeben, welche nicht nur alle meine Planimeter umfasst, die ich jetzt anfertige, sondern auch als Handbuch für die Verwendung der Planimeter überhaupt zu betrachten ist, da die darin enthaltenen, auf Grund langjähriger Erfahrung aufgestellten Regeln allgemeine Gültigkeit haben.

Die Theorie ist nur in ganz elementarer Weise und nur so weit behandelt, als es das Verhältnis der mechanischen Wirkungsweise der Integrirrolle erfordert, und sie die Begründung der aufgestellten Regeln ermöglicht. Durch die freundliche Mitwirkung des Herrn *W. Caville,* welche ich hier bestens verdanke, wurde dieselbe verallgemeinert und eine erheblich kürzere Fassung erreicht.

Allen, die meine Bestrebungen zur Vervollkommnung der Planimeter durch Kritik, Anregung, Aufmunterung und gütige Aufträge unterstützt, sei an dieser Stelle verbindlich gedankt.

Möge das Schriftchen dazu beitragen, die richtige Anwendung und Behandlung der Planimeter zu fördern und diesen nützlichen Instrumenten neue Freunde zu erwerben.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem die erste grosse Auflage dieses Schriftchens vergriffen ist, sehe mich veranlasst dasselbe in unverändeter Form wieder herauszugeben. Die inzwischen an den Instrumenten angebrachten Neuerungen und Vervollkommnungen sind an geeigneter Stelle berücksichtigt und das Ganze durchgesehen worden. Möge das Schriftchen fernerhin seinen Zweck erfüllen.

Vorwort zur dritten Auflage.

Uebergebe hiemit die notwendig gewordene neue Auflage nach Durchsicht des Ganzen fast unverändert der Oeffentlichkeit.

ZÜRICH, April 1905.

G. Coradi.

I. Einleitung.

Die Genauigkeit der Flächenberechnung hängt ab von der Genauigkeit, mit welcher die Längenmasse ermittelt sind. Bei allen Berechnungen solcher Grundstückflächen, deren Bodenwert bedeutend ist, werden die Flächen meist aus den Originalzahlen der Aufnahme im Felde berechnet. Sind genaue Pläne vorhanden, deren Masstab im Einklange steht mit dem Bodenwert der Grundstücke, so ist die Genauigkeit der Flächenermittlung mittelst meinen Planimetern ebenso gross wie diejenige aus Originalzahlen, wie mir seitens erfahrener Vermessungstechniker versichert wurde; hiebei wird natürlich eine richtige Handhabung des Planimeters vorausgesetzt, welche durch nachfolgende Zeilen gefördert werden soll.

Im allgemeinen bezeichnet man mit dem Worte Planimeter jedes Instrument, welches dazu dient, direkt vom Plan aus eine Entfernung oder eine Fläche auf mechanische Weise zu berechnen. Die im Nachfolgenden beschriebenen Planimeter sind so eingerichtet, dass sie die Flächen im richtigen Feldmasse (in Quadratmetern) angeben. Die Instrumente, welche dieses ermöglichen, heissen Umfahrungsplanimeter, weil sie durch blosses Befahren der Grenzlinie einer geschlossenen Figur mit einem Fahrstift eine Zahlengrösse ablesen lassen, welche der umfahrenen Fläche proportional ist. Ein solches Umfahrungsplanimeter besteht aus mindestens zwei Hauptteilen:

a) aus einem horizontalen*) Stab, dessen eines Ende den vertikalen Fahrstift trägt, während das andere Stab-Ende, eine vertikale Achse, durch eine Vorrichtung gezwungen wird, sich auf einer Linie — der Leitlinie — zwangläufig zu bewegen. Diese Leitlinie kann eine beliebige Curve sein, praktisch sind indessen nur der Kreis — Polarplanimeter — und die gerade Linie — Linear- oder Rollplanimeter — angewendet.**)

---

*) Es wird im Nachfolgenden stets vorausgesetzt, dass ein jedes Planimeter auf einer horizontalen Unterlage benützt wird, wie es der richtige Gebrauch ohnehin erfordert.

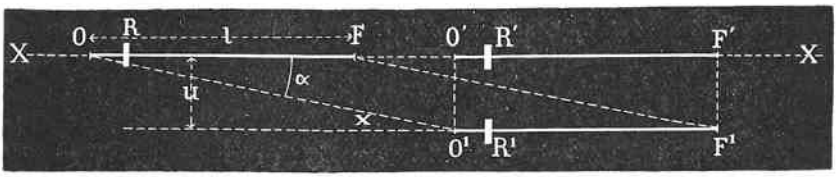
**) Bei dem Tractorienplanimeter des Professor L. Kleritj in Belgrad, von dem die ersten Exemplare im August 1893 angefertigt wurden, ebenso bei dem Beilplanimeter des Capitäns H. Prytz, welche beide auf dem gleichen Prinzip beruhen, wird die Leitlinie durch eine Curve (Tractorie, Zuglinie) gebildet, deren Form sich mit der Form der umfahrenen Figur ändert. Statt der vertikalen Drehachse trägt der Stab eine Rolle mit schneidigem Rande (bei H. Prytz eine beilförmige Schneide), deren Vertikalebene verlängert durch die Fahrstiftspitze geht. Diese Schneide (oder schneidige Rolle) bildet zugleich das Organ, welches das Mass der seitlichen Verschiebung des Fahrstabs angibt. Während der Befahrung der Figur, welche im Schwerpunkt der letzteren beginnt und endigt, beschreibt die Schneide auf dem Papier eine Curve. Der Abstand des Anfangs- und Endpunktes der Curve, multiplizirt mit der Länge l des Fahrstabes gibt den Flächeninhalt der umfahrenen Figur. Da dieses Instrument keine für geodätische Zwecke genügende Genauigkeit bietet, und mehr Zeitaufwand für die Berechnung der Flächen erfordert als die Planimeter mit geteilter Rolle, so kann hier von einer weiteren Beschreibung abgesehen werden.

b) aus einer um ihre Achse leicht beweglichen Rolle, welche so mit dem Stabe verbunden ist, dass ihre Achse horizontal ist und parallel liegt mit der durch die Drehachse des Stabes und die Fahrstiftspitze gedachten Vertikalebene. Diese Rolle besitzt eine Einteilung, welche das Mass der seitlichen Verschiebung des Stabes während der Umfahrung angibt, wslches Mass mit der Stablänge multiplizirt den Flächeninhalt der umfahrenen Figur ergibt.

II. Allgemeine Darstellung der Planimetertheorie.*)

Eine Fläche entsteht aus der Bewegung einer Linie, vorausgesetzt, dass diese Bewegung nicht in der Richtung der Linie selbst geschieht. Bewegt sich eine begrenzte Linie parallel zu ihrer Anfangsrichtung, so ist die von dieser Bewegung bestrichene Fläche gleich dem Produkte aus der Länge l der die Fläche erzeugenden Linie und dem rechtwinkligen Abstand u der Anfangs- und Endlage vor und nach der Bewegung. (Fig. 1.)

Fig. 1.



Diese begrenzte Linie sei eine Gerade und dargestellt durch einen Stab OF. Am einen Ende desselben befinde sich der Fahrstift F, am anderen die vertikale Achse O. Mit dieser verbunden und auf dem Plan aufliegend sei eine Rolle R, deren Achse horizontal und parallel mit OF und so gelagert ist, dass sie ohne Reibungswiderstand befähigt ist, sich um ihre Achse zu drehen. Wird dieser Stab in der Richtung seiner Achse OF bis O' F' fortbewegt, so bestreicht der Stab keine Fläche, die Rolle R, deren Achse während der Bewegung ihres Auflagepunktes stets sich selbst parallel bleibt, wird keine Drehung um ihre Achse ausführen, sie wird nur gleiten, ihre Abwickelung ist gleich Null.

Diese Stellung des Stabes werde Grundstellung oder Normalstellung genannt und die Linie, welche der Fahrstift in dieser Stellung beschreibt, heisse Grundlinie, diese wird im Nachfolgenden stets mit XX bezeichnet.

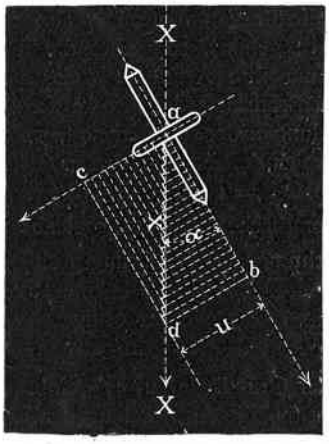
Bewegt sich nun der Stab aus der Lage O' F' parallel zu dieser fort bis er in die Lage O_1 F_1 gelangt, so dass der Stab ein Rechteck beschreibt, so bewegt sich die Rolle rechtwinklig zu ihrer Achse und rollt daher einen Bogen u ab, der gleich dem rechtwinkligen Abstand der beiden einzelnen Stablagen ist. Der Stab hat alsdann die Fläche O' F' O_1 F_1 = O F O_1 F_1 bestrichen, deren Flächeninhalt $J = l\,u$ ist, d. h. der Flächeninhalt der vom Stabe bestrichenen Fläche ist gleich der Länge l des Stabes multiplizirt mit dem rechtwinkligen Abstande der seitlichen Verschiebung der Stablagen, oder wenn XX die

*) Diese Darstellung lehnt sich derjenigen an von Professor Stambach: Die Planimeter Coradi, ihre Theorie, Construction und Genauigkeit. Stuttgart 1889.
Siehe auch W. Caville, Handbuch der Vermessungskunde.

Normalstellung bezeichnet, multiplizirt mit dem rechtwinkligen Abstand des Stabes von der Normalstellung.

Wird der Stab aus der Lage O F direkt in die Lage $O_1 F_1$ bewegt, so kann man sich die Bewegung der Rolle zusammengesetzt denken aus vielen, unendlich kleinen gleitenden Bewegungen in Richtung X X, und ebensovielen, unendlich kleinen, rollenden Bewegungen rechtwinklig zur Rollenachse, welche sich zu u summiren, während die gleitenden Bewegungen keine Abwickelungen der Rolle zur Folge haben. Führt man den Stab $O_1 F_1$ aus dieser Lage in die Anfangslage O F entweder direkt, oder auf dem Wege über O' F' zurück, so erfolgt eine gleich grosse Abwickelung der Rolle im entgegengesetzten Sinne, es ist also keine Fläche bestrichen, weil die gleiche Fläche einmal positiv und einmal negativ bestrichen wurde, das Resultat also Null ist. Da alle Parallelogramme von gleichen Grundlinien und gleichen Höhen inhaltsgleich sind, so könnte der Stab aus der Lage $O_1 F_1$ auch auf einem anderen Wege in die Richtung der Grundlinie X X zurückgeführt werden, um gleichfalls die einmal positiv bestrichene Fläche gleich gross negativ zu bestreichen.

Fig. 2



Bewegt sich der Auflagepunkt der Rolle von d nach a, Fig. 2 (also in schiefer Richtung zu ihrer Achse), so kann man sich die Bewegung zerlegt denken in unendlich kleine Bewegungen senkrecht zur Achse und parallel zur Achse, erstere bewirken die Umdrehung der Rolle und summiren sich, wenn der Auflagepunkt in a angelangt ist, zur Strecke $ac = bd = u$, letztere bewirken nur ein Gleiten der Rolle, dessen Summe in a der Strecke $a\,d$ gleich ist. Die Abwickelung u der Rolle ist gleich dem Wege x, den der Auflagepunkt zurücklegt, multiplizirt mit dem Sinus des Winkels, welchen ihre Achse mit der Bewegungsrichtung des Auflagepunktes einschliesst. Ist dieser Winkel

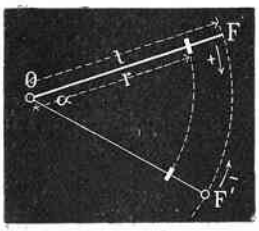
$$b\,a\,d = \alpha, \text{ so ist } u = x \,.\, \sin \alpha \qquad (1)$$

die bestrichene Fläche daher

$$J = lu = l \,.\, x \,.\, \sin \alpha \qquad (2)$$

Wird der Stab O F um seine Achse O gedreht, so dass der Fahrstift einen Kreisbogen F F' beschreibt, so bestreicht der Stab einen Sector mit dem Centriwinkel α (Fig. 3).

Fig. 3



Bei einer Entfernung r der Rolle vom Drehpunkt O ist dann die Abwickelung derselben

$$u = r\,\alpha, \text{ woraus } \alpha = \frac{u}{r} \qquad (3)$$

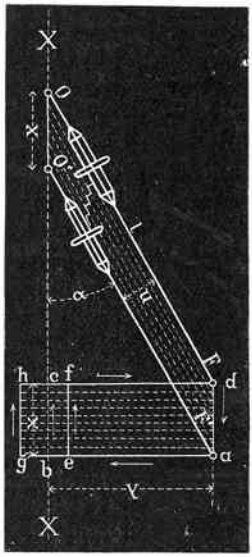
und die bestrichene Fläche $J = \frac{l^2\,\alpha}{2} = \frac{l^2\,u}{2\,r}$ (4)

Für eine ganze Umdrehung ist die Verhältniszahl

$$\frac{u}{r} = 2\,\pi, \text{ also } u = 2\,r\,\pi \text{ und } J = l^2\,\pi. \qquad (5)$$

Kehrt der Stab dagegen wieder in seine Anfangslage zurück, ohne eine ganze Umwälzung vollzogen zu haben, so wird der Sector negativ bestrichen und es ist sowohl u = Null wie J = Null.

Fig. 4



Nach dem Vorangegangenen ist nach Fig. 4 sofort klar, dass bei Befahrung der Strecke d nach a mit dem Fahrstift F sich an der Rolle die Grösse u abwickelt. Diese Grösse, multiplizirt mit der Länge l des Fahrstabs, gibt den Inhalt der mit F umfahrenen Figur $abcd$. Die Bewegung des Fahrstifts von a nach b und von c nach d bewirken je eine gleich grosse, aber entgegengesetzte Abwicklung an der Rolle, deren Addition Null gibt. Auch sieht man leicht aus Fig. 4, dass es gleichgültig ist, an welcher Stelle des Fahrstabs die Rolle angebracht ist, ebenso kann sie seitlich am Fahrstab angebracht sein, wenn nur ihre Achse parallel zum Fahrstab und parallel zur Unterlage ist.

Wird der Fahrstift von b nach c, also auf der Grundlinie geführt, so gleitet die Rolle nur, ohne sich um ihre Achse zu drehen. Es wird also nur bei Befahrung der Strecke da eine bleibende Abwicklung u der Rolle erzeugt, welche gleich ist der Höhe eines Rechtecks, dessen Grundlinie der Fahrstab O F = l ist.

Hieraus leiten wir für die Vorzeichen der Fläche folgende Regel ab:

Rechtsseitig der Grundlinie ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung positiv			
Linksseitig „ „ „ „ „ „ „ negativ			
In Richtung O nach F des Stabes ist die „ „ Rolle positiv			(7)
„ „ F „ O „ „ „ „ „ „ „ negativ			

Wird demnach der Fahrstift statt auf der Grundlinie auf ef geführt, so ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung positiv, die Abwickelung der Rolle von e nach f negativ, somit wird das Flächenstück $ebcf$ von der Fläche $abcd$ subtrahirt (weil $(+l).(-u) = -lu$. Ueberschreitet der Fahrstab die Grundlinie, so ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung negativ, aber ebenfalls die Abwickelung der Rolle von g nach h negativ, die Rolle addirt also die Fläche $bghc$ zu $abcd$ und ihre Abwickelung ist proportional der ganzen umfahrenden Fläche $aghd$.

$$\text{weil} \qquad (-l).(-u) = +lu.$$

Denkt man sich die Fläche $aghd$ als ein unendlich schmales Rechteck, so kann man sich jede beliebig begrenzte Figur in solche Rechtecke zerlegt denken.

Wird in Gleichung (1) statt sin α der gleichwertige Ausdruck $\frac{y}{l}$ gesetzt: $u = \frac{x.y}{l}$, so folgt:

$$l.u = x.y \tag{8}$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ist nichts anderes als die vom Fahrstift umschriebene Fläche ($abcda$ Fig. 4) während die linke Seite die mit der Fahrstablänge l multiplicirte Rollenabwicklung u vorstellt, wodurch der Nachweis der Richtigkeit geleistet ist.

Ist die Leitlinie, also auch die Grundlinie, ein Kreis (Polarplanimeter), so denkt man sich die Flächenelemente als unendlich schmale, von Radien und Kreisbögen begrenzte Trapeze.

Beim Befahren der beiden Radien mit dem Fahrstift bestreicht der Stab O F die gleich grosse Fläche einmal positiv und einmal negativ. Durch das Befahren der Grundlinie bestreicht O F die zwischen Grundlinie und Leitlinie liegenden Flächen-Elemente negativ, diese werden aber durch das Befahren eines Kreisbogens ausserhalb der Grundlinie wieder positiv bestrichen, also ebenfalls zu Null summirt, so dass beim Befahren eines Kreisbogens ausserhalb der Grundlinie die von letzterem, den beiden Radien und der Grundlinie begrenzte Fläche als positiv bestrichen übrig bleibt. Befährt der Fahrstift ein innerhalb der Grundlinie liegendes Flächenelement, so bestreicht O F das zwischen dem Grundkreis und dem Leitkreis liegende Flächenelement negativ, nur soweit dasselbe nicht in dem umfahrenen Element enthalten ist. Der Vorgang ist also bezüglich des Endresultates ganz gleich, nur etwas verwickelter als bei Annahme einer Geraden als Leitlinie.

Die vom Fahrstift umfahrene Fläche ist demnach immer

a) $\mathbf{J} = \boldsymbol{l} \,.\, \mathbf{u} =$ gleich einem Rechteck, dessen Grundlinie l die Fahrstablänge O F und dessen Höhe u das rechtwinklige Mass der seitlichen Verschiebung des Fahrstabs ist, oder nach Fig. 4,

b) $J = y \,.\, x = l \,.\, \sin \alpha \,.\, x$ gleich dem rechtwinkligen Abstand des Fahrstifts von der Normalstellung des Fahrstabs mal der Vorwärtsbewegung x des Drehpunkts O auf der Leitlinie.

Das rechtwinklige Mass der seitlichen Verschiebung des Fahrstabs O F wird durch die Rollenabwicklung u gegeben. Lässt man die Rolle auf der Planebene aufliegen, so ist unmittelbar $u = x \,.\, \sin \alpha$. Lässt man die Rolle auf einer Scheibe oder Kugel laufen, deren Umdrehungen stets proportional sind der Bewegung x des Punktes O auf der Leitlinie, so wird nur der Weg, den die Rolle auf der Unterlage macht, also x, vergrössert, so dass die Rolle kleinere Flächenteile angeben kann. Im übrigen wird aber an der Giltigkeit der Gleichung (2) nichts geändert, sie nimmt nur die allgemeine Form an

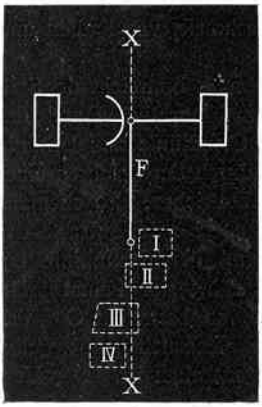
$$J = l \,.\, u \,.\, c = l \,.\, \sin \alpha \,.\, x \,.\, c \qquad (9)$$

wo c eine von den Dimensionen des Instrumentes abhängige Constante bedeutet.

Führt man den Fahrstift in der Normalstellung des Fahrstabs auf der Grundlinie X X, so bleibt die Rollenachse stets parallel zur Bewegungsrichtung ihres Auflagepunktes, sie wird nur gleiten, nicht rollen. Die Linie, welche der Auflagepunkt der Rolle bei der Befahrung der Grundlinie durch den Fahrstift beschreibt, heisse daher **Gleitlinie.** Ist die Leitlinie eine gerade, wie beim Rollplanimeter, so decken sich Grundlinie und Leitlinie oder sind parallele Gerade Fig. 5. Läuft die Rolle auf einer Kugel, so liegt die Gleitlinie im Pol der Kugel, bildet also einen Punkt, oder sie besteht aus einem kleinen Kreise. dessen Radius gleich dem vertikalen Abstand zwischen Kugelachse und Rollenachse ist.

Beim **Polarplanimeter** Fig. 6 ist die Leitlinie ein Kreis, die Normalstellung des Fahrstabs F ist dann diejenige Stellung, bei welcher die verlängerte Rollenebene durch den Pol P geht, also durch den Drehpunkt des ganzen Instrumentes. Wird der Fahrstab in dieser Normalstellung um den Pol bewegt, so beschreibt der Fahrstift die **Grundlinie** XX, der Auflagepunkt der Rolle die **Gleitlinie** und die Drehachse des Fahrstabs die **Leitlinie** drei parallele Kreisbögen, mit dem gemeinschaftlichen Centrum P.

Fig. 5



Läuft die Rolle nicht auf dem Plan selbst, sondern wie beim **Scheibenplanimeter** auf einer am Polarm gelagerten, drehbaren Scheibe (S. Fig. 7), so ist die rechtwinklige Stellung des Fahrstabs zum Polarm dessen Normalstellung; die Grundlinie ist ein Kreis in dieser Stellung des Fahrstifts um den Pol beschrieben und die Gleitlinie ist ein Kreis auf der Scheibe, dessen Radius gleich ist dem Abstand des Auflagepunktes der Rolle vom Centrum der Scheibe, durch welches die Verlängerung der Rollenebene geht.

Fig. 6

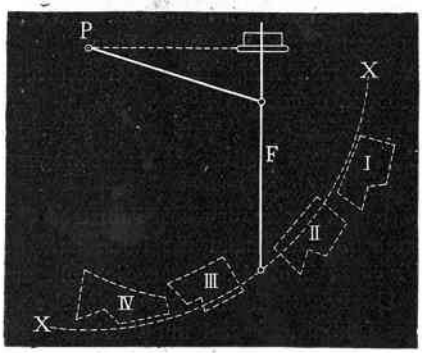
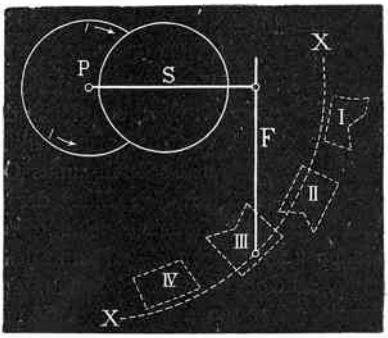


Fig. 7



Man sieht, dass bei allen Arten von Planimetern beim Befahren der Grundlinie ein Gleiten der Messrolle vorkommt. Am grössten ist die Gleitbewegung beim Polarplanimeter, dessen Rolle sich direkt auf dem Plan bewegt; am geringsten ist sie beim Kugelplanimeter, aber auch bei diesem nicht unbedingt ausgeschlossen.

Von jeher ist das Gleiten der Rolle als eine Hauptfehlerquelle der Planimeter angesehen worden. Man scheint aber meist angenommen zu haben, dass der Fehler sich in der Weise äussere, dass die Rolle bei Befahrung der Gleitlinie kleine Wälzungen ausführe, statt ohne alle Drehung nur zu gleiten.

Meine langjährigen Versuche haben mich zu einer anderen Annahme gebracht, nämlich, dass die Rolle ebenfalls nur gleitet, o h n e sich zu drehen, wenn der Fahrstift **nahe** der Grundlinie parallel derselben geführt wird und dass die Ursache dieser Fehler in der Reibung liegt welche die Achsenspitzen der Messrolle in ihren Körnern erleidet, welche Reibung nicht vollständig beseitigt werden kann durch möglichst feine Lagerung der Messrollenachse. — Allerdings

kann bei den Compensations- und Scheibenplanimetern der schädliche Einfluss der Achsenreibung durch die auf dem Rollenumfang angebrachte **Strichelung** (zahllose parallel der Achse laufende Striche mit welchen der Rollenrand gleichmässig bedeckt wird) aufgehoben werden, so dass bei neuen Instrumenten mit sorgfältig gelagerten Rollenachsen ein schädlicher Einfluss der Grundlinie in den Resultaten kaum wahrnehmbar ist; dieser Zustand kann aber nur durch sorgfältigste Behandlung der Instrumente auf die Dauer erhalten bleiben, weshalb folgende, für alle Planimeter mit Messrolle gültigen Regeln der Beachtung dringend empfohlen werden.

III. Allgemein gültige Regeln für alle Planimeter.

1) Jedes Umfahrungs-Planimeter, heisse es, wie es wolle, muss eine ganz fein gelagerte, möglichst ohne Reibung sich spielend leicht bewegende Messrollen-Achse haben, soll es anders genau funktioniren.

2) Die Rollenachse muss bei jedem Planimeter, heisse es wie es wolle, mit aller Sorgfalt behandelt werden und vor Stoss und Druck bewahrt bleiben, wenn das Planimeter seine Genauigkeit beibehalten soll. — Sind die feinen Spitzchen der Rollenachse beschädigt, so kann die Rolle sich nicht mehr genau nach dem Gesetz $u = x \sin \alpha$ bewegen, und die Genauigkeit des Planimeters kann nur durch Reparatur wieder hergestellt werden.

Der Plan auf welchem mit dem Compensationsplanimeter gearbeitet wird soll möglichst rein gehalten werden, frei von Staub oder Fremdkörpern, ebenso die Scheibe auf welcher die Messrolle des Scheibenplanimeters sich bewegt, damit die Strichelung der Messrolle nicht Schaden leide.

Fig. 8

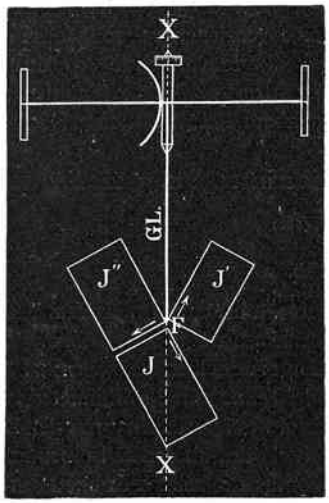
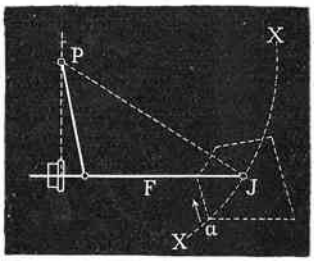


Fig. 9



3) Jedes Planimeter soll stets in eine solche Lage zu der zu umfahrenden Figur gebracht werden, dass die Grenzen derselben nicht nahe und parallel der Grundlinie entlang laufen.

In Fig. 8—11 sind für die verschiedenen Arten von Planimetern die günstigen gegenseitigen Lagen von Fläche J und Instrument angedeutet. Diese günstige Lage erhält man ohne langes Probiren durch folgende Regel:

4) Man stellt den Fahrstift in die Mitte der zu messenden Fläche, stellt den Pol P so, dass die Rollenebene verlängert durch den Pol geht. Beim Rollplanimeter so, dass Fahrstab und Laufwalze rechtwinklig zu einander sind, fährt in dieser gegenseitigen Stellung

(also auf der Grundlinie) an die Grenze der Figur in a und beginnt dort den Anfangspunkt der Umfahrung, weil hier auf der Grundlinie die Rolle die geringsten Bewegungen macht, und daher die Einstellungsfehler auf den Anfangspunkt der Umfahrung am ehesten verschwinden.

In Figur 5, 6, 7 sind die zu vemeidenden ungünstigen Stellnngen des Instrumentes zur Figur angedeutet. Wer die Regeln 2, 3 und 4 stets befolgt und sich stets überzeugt, dass sein Planimeter der Regel 1 entspricht, wird immer zuverlässige Resultate mit demselben erhalten.

Fig. 10

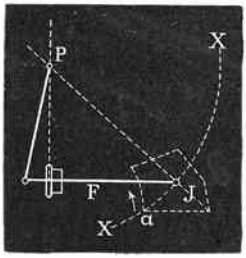
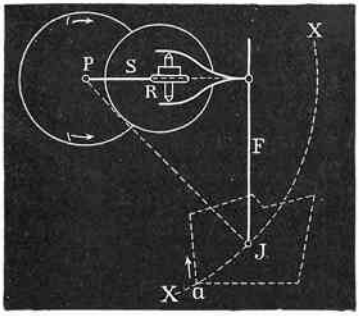


Fig. 11



Es wird allseitig zugegeben, dass die Beschaffenheit der Unterlage der Sinus-Rolle auf die Abwickelungen derselben von Einfluss ist. Die letzteren werden auf glattem, ebenem Papier anders sein, als auf solchem Kartenmaterial, welches eine rauhe oder körnige, oder faserige, oder gar eine wellige unebene Oberfläche bietet.

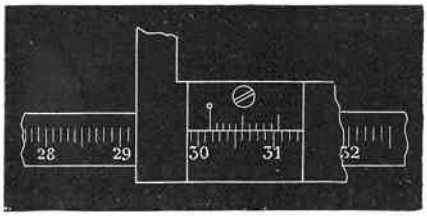
In der Möglichkeit, die Unterlage der Rolle stets gleichförmig erhalten und kleinere Flächenteile ablesen zu können, liegt **der unbestrittene Vorzug der Scheiben- und Kugelplanimeter,** und diese Vorzüge verdienen es wohl, dass diesen Planimetern auch die in ihrer Construction bedingte vermehrte **Sorgfalt der Behandlung** zu Teil werde, um so mehr, als auch das einfachste Planimeter eine sorgfältige Behandlung erfordert, soll es brauchbare Resultate liefern!

IV. Teile, welche bei allen Planimetern gleich oder ähnlich sind.

1) Der Fahrstab.

Der Fahrstab ist ein hohler vierkantiger Stab aus viernickeltem Messing. Er ist in einer Hülse, welche die vertikale Drehachse trägt, verschiebbar, um die Länge *l* desselben verändern zu können. Die Teilung in $^1/_2$ Millimeter ist kein absolutes Mass, sie hat nur den Zweck, mittels des an der Hülse befindlichen Nonius die relative Länge *l* des Fahrstabes für bestimmte Flächenwerte der Rollenumdrehung auf $^1/_{20}$ mm genau zu fixiren. Die Hülse trägt eine versilberte Facette, welche auf besonders angebrachte Marken für

Fig. 12

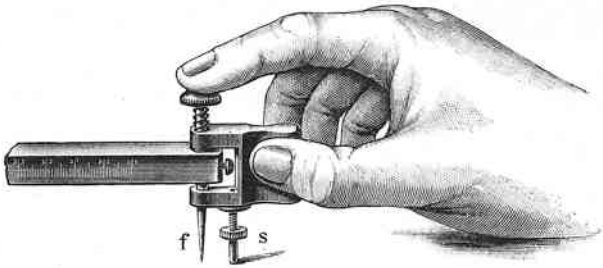


bestimmte Masstäbe und Werte der Nonius-Einheit zur schnelleren Orientirung eingestellt wird. Die genaue Einstellung erfolgt mittelst des Nonius und der Teilung. Fig. 12 gibt als „Einstellung des Nonius am Fahrstab“ die Ziffer 301.5. Zur genauen Einstellung der in einer Tabelle im Etui angegebenen Ziffern dient die Mikrometerschraube, welche in einer kürzeren, den Fahrstab umschliessenden Hülse angebracht ist; man zieht zuerst die Druckschraube dieser Hülse an, schraubt an der Mikrometerschraube, bis der Nonius die Einstellungsziffer als Ablesung gibt, und zieht dann die Druckschrauben an der Fahrstabhülse an.

2) Der Fahrstift nebst Griff und Stütze.

Derselbe wird jetzt bei allen meinen Planimetern in gleicher Weise ausgeführt wie ihn die Abbildung Fig. 13 zeigt. Ein nach unten zugespitzter gehärteter Stahlstift ist vertikal im rechtseitigen Ende des Fahrstabes mit einer Druckschraube befestigt. Um den cylindrischen Schaft des Fahrstiftes lässt sich der Griff *b* leicht drehen, dieser trägt einen unten abgerundeten Stift *s*, die **Stütze**;

Fig. 13



zwischen Griff *b* und dem Knopf des Fahrstifts ist eine Spiralfeder eingelegt, welche den Fahrstab in die Höhe drückt, sodass die Fahrstiftspitze knapp über dem Papier gleitet. Man fasst den Griff mittelst Daumen und Mittelfinger und kann dann mit dem Zeigefinger durch Druck auf den Knopf des Fahrstifts dessen Spitze zur genauen Markirung des Anfangspunktes der Umfahrung, oder zur Fixirung des Fahrstiftes während der Umfahrung jederzeit in's Papier drücken, um mit der führenden Hand besser nachrücken zu können.

Bei Benützung des Controllineals muss die Stütze *s* so weit in die Höhe geschraubt werden, dass die Stütze das Controllineal nicht berührt; zu diesem Zweck ist an derselben ein geränderter Kopf und Gegenmutter angebracht.

3) Die Messrolle, das Zählrad und deren Teilungen.

Die Messrolle ist bei **allen** Planimetern das subtilste Organ. Die beiden fein ausgearbeiteten Achsen-Spitzen sind aus feinstem Stahl und gehärtet. Sie laufen in ganz feinen Körnern, die sich in cylindrischen Stahlbolzen befinden. Bei den Polarplanimetern und beim Scheibenplanimeter trägt die Achse eine Kreisscheibe aus Nickelstahl mit gewölbtem Rande, deren Durchmesser massgebend ist für die Abwickelung *u* der Rolle. **Nickelstahl** wurde als Material gewählt, weil dieser durch Rost nicht leidet wie z. B. gewöhnlicher Stahl, wo der Rost die feine „Strichelung“ des Rollenumfanges und damit die Genauigkeit der Rollenabwickelung zerstören würde.

Bei den Compensationsplanimetern, deren Genauigkeit zum grössten Teil von der richtigen Strichelung des Rollenrandes abhängt, welche infolge der grossen Gleitbewegung starker Abnützung unterworfen ist, wird die Laufscheibe der Messrolle aus **glashartem Stahl** hergestellt, nachdem es gelungen ist, dieselbe in gleicher Präzision herzustellen wie aus weichem Material. Der gehärtete Stahl wird vom Rost weniger angegriffen als der weiche Stahl. Die Strichelung auf dem glasharten Stahl ist viel dauerhafter und durch normalen Gebrauch unverwüstlich.

Beim Kugelrollplanimeter ist der massgebende Durchmesser der Rolle der Durchmesser eines Cylinders, dessen Erzeugende eine mathematisch genaue, gerade Linie bildet, welche parallel zum Fahrstab steht. Diese Linie bildet durch die Tangente an die Kugel den Halbmesser des Berührungskreises zwischen Kugel und Cylinder; dieser Halbmesser wächst proportional zu $l \sin \alpha$, so dass die Abwicklung u des Cylinders gleich $J = C . x l . \sin \alpha$ ist. Da der Cylinder sich in beiden Richtungen um die Kugel nur wälzt, nicht gleitet, so ist eine „Strichelung" des Cylinders nicht nötig; dagegen soll dieser Cylinder stets **metallisch rein** gehalten werden. Die Achse des Cylinders ist aus einer weissen, genügend harten, nicht leicht oxidirbaren Metall-Legirung hergestellt.

Jede Messrollenachse trägt einen in 100 Teile geteilten Cylinder auf weissem Celluloid, an welchem sich ein feststehendes Cylindersegment aus gleichem Material eng, jedoch ohne Berührung anschliesst, dieses trägt den Nonius, der die 100 Intervalle der Hauptteilung noch in je 10 Teile unterteilt, also Tausendstel einer Rollenumdrehung abzulesen gestattet. Die Achse der Rolle trägt ein Schneckengewinde, in dieses greift ein Zählrad ein, welches bei den einfachen Polarplanimetern 10, bei den Scheiben- und -Rollplanimetern 50 Zähne besitzt. Die Achse des Zählrades trägt eine Scheibe aus Celluloid, welche in ebensoviele Intervalle geteilt ist, als das Zählrad Zähne hat; bei jedem Umgang der Rolle rückt die Teilung auf der Zählscheibe um ein Intervall am Index derselben vorbei. Jedes Intervall an der Zählscheibe bedeutet also 1 Rollenumdrehung oder 1000 Noniuseinheiten.

Abbildung Fig. 14 veranschaulicht die Rolle und Zählscheibe eines Scheibenplanimeters und gibt z. B. folgende Ablesung: der Zeiger auf der Zählscheibe steht zwischen dem 3. und 4. Strich; es sind also erst 3 volle Rollenumdrehungen vom Nullpunkt aus gemacht worden.

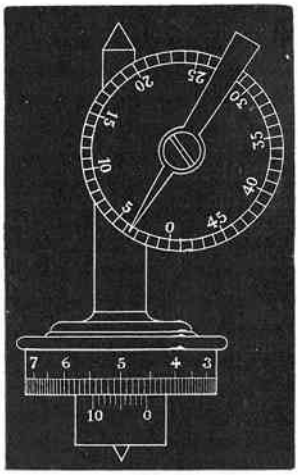
Als erste Ziffer der Ablesung ergibt sich also	3000
der Nullpunkt des Nonius steht zwischen Ziffer 4 und 5; es sind also vom Nullpunkte der Rolle aus erst 4 volle Hundert abgewickelt worden; die zweite Ziffer heisst also	400
von den zwischen 4 und 5 liegenden Zehnerstrichen hat der fünfte den Nullpunkt des Nonius passirt; dies gibt als Ziffer für die Zehner	50
Von den Strichen des Nonius spielt der fünfte mit einem Teilstrich der Teilung genau ein; dies gibt daher als Einerziffer . . .	5
Die ganze Ablesung ist demnach	3455

Die cylindrischen Stahl-Bolzen, in welchen die Rollenachse gelagert ist, befinden sich in einem Rahmen aus Messing, in welchem sie durch darauf wirkende, stählerne Druckschrauben in richtiger Stellung gehalten werden. Diese Schrauben müssen, ehe eine Verschiebung der Bolzen vorgenommen werden kann, etwas gelockert, und nach erfolgter Verschiebung der Bolzen wieder fest-

geschraubt werden. Eine parallel neben dem Bolzen befindliche Stahlschraube, deren flanschenartiger Kopf in eine Kerbe des Stahlbolzens eingreift, vermittelt die Verschiebung des Bolzens in Richtung der Rollenachse.

Diese Einrichtung gestattet eine vollkommen parallele Verschiebung der Rollenachse, dagegen ist es wegen des seitlichen Angriffs nicht möglich, den Bolzen ohne toten Gang der Flanschenschraube zu stellen, worauf zu achten ist, wenn der Gang der Rolle durch Verschieben der Bolzen reguliert werden soll. Ohne Not soll man übrigens an der Rollenlagerung nicht schrauben. Bei sorgfältiger Behandlung des Instruments ändert sich dasselbe Jahre lang nicht. Die Rolle ist so gestellt, dass sie in gewöhnlicher Zimmertemperatur sich lebhaft spielend drehen lässt, wenn sie nicht auf ihrer Unterlage aufliegt.

Fig. 14



Ein Drehen der Rolle mit der Hand, während die Rolle auf ihrer Unterlage ruht, soll niemals vorgenommen werden, bei keiner Planimeter-Rolle, welcher Construction sie auch sei.

Durch Temperaturwechsel ändert sich der Gang der Rolle infolge ungleicher Ausdehnung des Materials des Rahmens (Messing) und der Rollenachse (Stahl). War das Instrument an kühlem Orte aufbewahrt, so wird die Rolle einen trägen, schweren Gang haben (wodurch nach Abschnitt III die Rollenabwickelung in schädlicher Weise beeinflusst wird). War das Instrument dem Einfluss der Wärme, z. B. den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so wird die Rollenachse etwas zu viel Spielraum haben, wodurch ebenfalls Fehler entstehen.

Es ist aber in beiden Fällen verkehrt, durch Verschieben der Bolzen den Gang reguliren zu wollen. Im ersteren Falle erwärmt man den Rollenrahmen mit der Hand etwas, im zweiten Falle lässt man das Instrument einige Zeit im Schatten abkühlen, ehe es in Gebrauch genommen wird. Während des Arbeitens mit dem Instrument soll in Rücksicht auf den erwähnten Temperatur-Einfluss bei kühler Witterung das Fenster nicht offen stehen.

Die übrigen, durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Aenderungen in den Dimensionen des Instruments sind von keinem so grossen Einfluss auf die Flächenmessungen, wie vielfach angenommen wird. Die Ausdehnung des Fahrstabs beträgt z. B. von 0—100° C. nur etwa $^1/_{500}$ seiner Länge, da die Zimmertemperatur aber im allgemeinen nur zwischen 10° und 30° schwankt, so würde hierdurch höchstens eine Fahrstabänderung, und somit eine Aenderung der Rollen-Abwickelung u von $^1/_{2500}$ derselben hervorgerufen.

4) Die Constante bei Pol innerhalb der Figur.

Wenn grössere Flächen mit dem Planimeter durch einmalige Umfahrung gemessen werden sollen, als es die Bewegung des Fahrstifts gestattet, können diejenigen Planimeter, deren Leitlinie ein Kreis ist (also die Polarplanimeter), auch in der Weise verwendet werden, dass man den Pol in die Mitte der zu

messenden Figur setzt und dieselbe in gleicher Weise in der Richtung des Uhrzeigers mit dem Fahrstift umfährt. Befährt der Fahrstift in diesem Falle die Grundlinie XX, so entsteht, weil die Rolle auf der Gleitlinie läuft, keine Abwickelung an der Rolle, wenn der Fahrstift, die ganze Umdrehung um den Pol ausführend, zum Anfangspunkt zurückgekehrt ist; die hierbei vom Fahrstift umzogene Fläche ist aber gleich $r^2 \pi$ (r = Abstand des Fahrstifts vom Pol), also gleich der von der Grundlinie XX eingeschlossenen Fläche. Da hier keine Rollen-Abwickelung entsteht, so wird an deren Stelle eine constante Zahl gesetzt, welche die, dieser Fläche entsprechende Rollen-Abwickelung, in Noniuseinheiten ausgedrückt, vorstellt. Diese Zahl ist für jedes Instrument und für jede Fahrstablänge eine andere und wird in jedem Falle extra durch Versuche bestimmt.

Ist die umfahrene Fläche grösser als die Grundlinienfläche, so muss die wirklich erfolgte Rollen-Abwickelung u zur konstanten Zahl addirt, ist die Fläche kleiner, so muss u von der constanten Zahl subtrahirt werden.

Bezüglich der rechnerischen Verwertung der erhaltenen Ablesungen $L_2 - L_1$ vergl. das in Abschnitt VI, Seite 31 Gesagte.

Da diese Verwendungsart des Instruments etwas umständlich ist, und keine grosse Genauigkeit liefert, so wird von derselben wenig Gebrauch gemacht.

Durch die Benützung des neu construirten **verschiebbaren Polarms** bei den Compensations-Planimetern wird die Anwendung für innerhalb der Figur stehenden Pol bedeutend vereinfacht und ausserdem durch je eine Umfahrung mit Pol rechts und Pol links vom Fahrstab eine genügend grosse Genauigkeit erreicht auch für diese sonst wenig gebräuchliche Anwendung des Planimeters (mit innenstehendem Pol). —

Fig. 15

In obenstehender Figur 15 ist der verschiebbare Polarm in etwa halber Grösse abgebildet. Er besteht aus zwei Hauptteilen, dem hohlen vierkantigen Stab H, an welchem das Polgewicht b angebracht ist und dem verschiebbaren Stab P, der die Gelenkkugel D trägt und sich im Stab H passend verschieben und mittelst Druckschraube festklemmen lässt, so dass der Abstand zwischen Polnadel b und Gelenkkugel D zwischen 13 cm und 23 cm verändert werden kann. Der Stab P trägt eine kurze Einteilung in $^1/_2$ mm, auf welcher die Länge des Polarms mittelst der am Stab H befindlichen versilberten Facette eingestellt wird. Die Länge des Polarms kann nun so gewählt werden, dass der Grundkreis gleich ist einer Fläche von 20000 Noniuseinheiten. Während der Umfahrung einer Fläche mit innenstehendem Pol addirt dann die Messrolle so viel Noniuseinheiten zu 20000, als die umfahrene Fläche grösser ist als 20,000 (als der Grundkreis), oder subtrahirt so viel Noniuseinheiten von 20000 als die umfahrene Fläche kleiner ist als der Grundkreis, man erhält also als Resultat

sofort den Flächeninhalt der umfahrenen Figur in gleicher Weise wie mit aussenstehendem Pol, wobei nur darauf zu achten ist, ob für die Zehntausenderstelle der Ablesungen die Ziffer 0, 1 oder 2 zu setzen ist, was leicht zu erkennen ist. Die Länge des Polarms muss für jede Fahrstabeinstellung besonders bestimmt werden und wird mit Indexstrichen auf dem verschiebbaren Stück bezeichnet; ausserdem wird der Stand des Indexstriches auf der Teilung des Stabes in der Tabelle im Etui notirt.

5) Die Tabelle im Etui.

Jedem Planimeter wird eine im Etui befestigte Tabelle von nachstehender Form beigefügt, in welcher die für jedes Instrument besonders bestimmten Fahrstablängen, Werte der Noniuseinheiten (und der constanten Zahlen bei Polarplanimetern) für 4—5 Masstabverhältnisse verzeichnet sind:

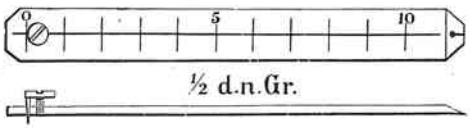
Verhältnisse	Einstellung des Nonius am Fahrstab	Wert der Noniuseinheit		Constante
1 : 1000	333 . 3	10 qm (1 : 1)	10 qmm	22173
1 : 500	266 . 6	2 „	8 „	23154
1 : 2500	213 . 3	40 „	6.4 „	—
1 : 2000	166 . 6	20 „	5 „	—
1 : 5000	133 . 3	100 „	4 „	—

Die erste Vertikalkolonne enthält den Masstab der Karte, deren Parzellen berechnet werden sollen. In der zweiten ist die Fahrstablänge in Noniuseinheiten der Teilung auf dem Fahrstab angegeben; die dritte Kolonne enthält den Wert einer Noniuseinheit der Rollenteilung, oder den Faktor, mit welchem die in solchen Noniuseinheiten durch einmaliges Umfahren der Fläche erhaltene Rollenabwickelung u multiplizirt werden muss, um den Flächeninhalt in Quadratmetern ausgedrückt zu erhalten. In der gleichen Kolonne sind auch die Werte der Noniuseinheit in Quadratmillimetern in natürlichem Masse 1 : 1 angegeben. Die vierte Kolonne enthält die constante Zahl für Verwendung des Instruments mit Pol innerhalb der Figur. Für die Planimeter mit verschiebbarem Polarm enthält die 4. Kolonne statt der Constanten-Zahl die Polarmlänge für die Constante 20 000 in $^1/_2$ mm angegeben.

6) Das Controllineal.

Jedem Planimeter wird ein kleines Lineal, Controllineal genannt, beigegeben, welches eine Einteilung in 8 oder 10 Centimeter besitzt (Figur 16). Im Nullpunkt der Teilung ist ein kleines Loch gebohrt, durch welches eine Nadelspitze gesteckt ist, die durch eine übergreifende Schraube gehalten wird. Bei jedem Teilstrich ist eine kleine conische Vertiefung, in welche die Fahrstiftspitze eingesetzt werden kann. Die Nadelspitze wird in das Papier gedrückt, so dass das Lineal flach auf dem Papier aufliegt. Setzt man nun die Fahrstiftspitze in eine der Vertiefungen **(nachdem die Stütze s in die Höhe geschraubt wurde)** und dreht das Lineal um die Spitze des Centrums, so kann der Fahrstift eine Kreisfläche von bekanntem Radius umfahren. Auf einer ab-

Fig. 16



geschrägten Fläche des Lineals ist ein Indexstrich, welcher auf den durch eine Bleistiftlinie auf dem Papier markirten Anfangspunkt der Umfahrung eingestellt wird. Aus der Figur 19, S. 23 ist die Anwendung des Controllineals zu ersehen. Es wird benutzt, um die Gleichmässigkeit der Rollen-Abwickelung u zu controlliren.

Um diese letztere ganz befreit vom Einfluss der führenden Hand (radialer Druck derselben) zu erhalten, beschwert man den Fahrstab neben dem Fahrstift mit einem Bleigewicht o. dgl. und führt mit der Hand am Controllineal statt am Knopf des Fahrstifts.

An Stelle des Controllineals kann auch die Controlscheibe benützt werden, eine Platte aus dünnem, ca. $1^1/_2$ mm starkem Messingblech. Dieselbe wird auf den Plan festgedrückt, auf welchem sie durch zwei an der unteren Fläche vorstehende Stahlspitzchen unverrückbar gehalten wird. Auf der oberen, eben geschliffenen Fläche sind Kreise von 2, 3, 4, 5 und 6 Centimeter Radius eingravirt, in welchen die Fahrstiftspitze geführt werden kann. Die Markirung des Anfangspunkts der Umfahrung ist überflüssig, wenn letzterer dort gewählt, wo die Rollenbewegung einen Wendepunkt bildet.

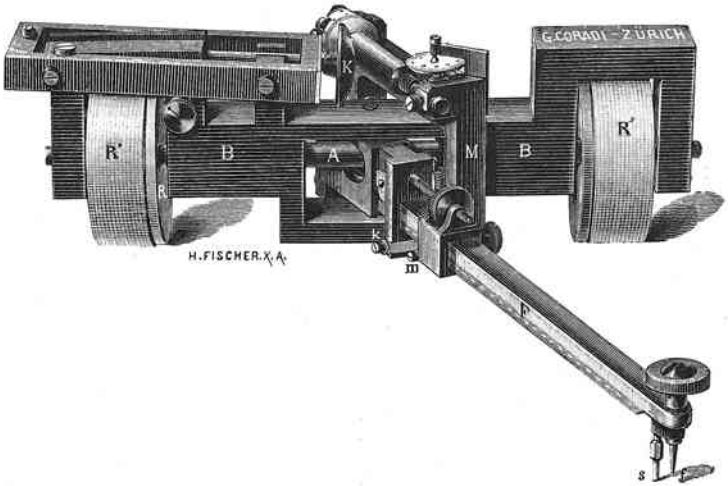
Nachdem wir diese einzelnen Teile, welche bei allen Planimetern gleich oder besonders ähnlich sind, kennen gelernt haben, gehen wir jetzt an die

V. Beschreibung der Planimeter.

1) Das Kugelrollplanimeter.

Die perspektivische Abbildung Fig. 17 veranschaulicht das Instrument in ca. $^1/_2$ nat. Gr.

Fig. 17



Die **Leitlinie** der Drehachse des Fahrstabs F ist wie bei jedem Linearplanimeter eine Gerade. Das Instrument ruht mit drei Punkten, den beiden

Walzen R′ und dem Fahrstift *f*, resp. dessen Stütze *s* auf dem Plan. — In dem Gestell B ist mit fein ausgearbeiteten, gehärteten Stahlspitzen die Achse A in zwei Körnerschrauben gelagert, welche ihr Gewinde im Gestell B haben. Die rechtsseitige Schraube ist corrigirbar und kann, wie bei **allen** Correctionsschrauben bei meinen Planimetern durch eine auf dieselbe wirkende Druckschraube aus Messing festgestellt werden.

Mit der Achse A sind fest verbunden die beiden cylindrischen Walzen R′, welche von genau gleichem Durchmesser, centrisch zur Achse A und an ihrem Umfange mit einer punktartigen Riffelung versehen sind, um die Sicherheit der Geradführung auf dem Plan zu vermehren.

Die eine dieser Walzen ist mit einer feinen Verzahnung R versehen, in welche das in der Zeichnung nicht sichtbare, auf der stählernen Achse des Kugelsegments K befestigte Zahnrädchen eingreift. Diese Achse ist in einem horizontalen Rahmen links mit fein ausgearbeiteter, gehärteter Spitze in einer corrigirbaren Körnerschraube, andererseits mit gehärtetem Conus in gehärteter Stahlplatte gelagert. Ausserhalb dieses Lagers steckt auf einem Conus der Kugelachse das aus einer nicht leicht oxidirbaren, harten, Metalllegirung hergestellte genau sphärisch geschliffene Kugelsegment K. Der linksseitige Teil des Rahmens der Kugelachse und somit diese selbst, lässt sich um eine horizontale, im Gestell B eingreifende Achse zwischen Spitzen etwas heben, und senkt sich durch sein eigenes Gewicht, bis das Rädchen an der Kugelachse auf der Verzahnung der cylindrischen Walze aufliegt, wodurch automatisch der richtige Eingriff des Zahnrädchens bewirkt wird. Durch eine halbe Umdrehung der mit einem Pfeil versehenen Schraube, kann der Eingriff des Rädchens aufgehoben werden, zeigt der Pfeil der Schraube nach unten, so ist der Eingriff wieder hergestellt.

Die Achse A und die Kugelachse sind parallel und liegen in e i n e r Vertikalebene. In dieser Ebene ist, in der Mitte des Gestelles B, die vertikale Drehachse des Fahrstabs angebracht, bestehend aus zwei im Gestell eingeschraubten, corrigirbaren Stahlschrauben, deren gehärtete Spitzen in zwei Körner eingreifen, welche in der Fahrstabhülse so eingebohrt sind, dass ihre Verbindungslinie (also die Fahrstabachse) rechtwinklig zum Fahrstab und die durch diese und die Fahrstiftspitze gedachte Vertikalebene parallel dem Fahrstab ist. Letzterer und seine Einrichtung ist schon im Abschnitt IV sub. 1 beschrieben.

Die Druckschraube zur Feststellung des Fahrstabs in seiner Hülse befindet sich rückwärts des Gestells B. Um bequem zu derselben zu gelangen, wird der Fahrstab so weit als möglich nach rechts gedreht.

Der Rahmen M, der die cylindrische Messrolle trägt, greift vorn und rückwärts unter den Fahrstab und ist um eine horizontale, zum Fahrstab parallele Achse drehbar. Diese wird gebildet durch zwei im Rahmen M befindliche, corrigirbare Schrauben, deren gehärtete Spitzen in Körnern laufen, die sich in der Fahrstabhülse befinden. Die dem Fahrstift zugekehrte Körnerspitze ist in einem Stahlplättchen eingelagert, welches sich durch zwei darauf wirkende Schrauben *k* seitlich verschieben lässt, um den Messcylinder in vollkommen parallelle Lage zum Fahrstab zu bringen.

Eine Spiralfeder, welche einerseits am Rahmen M, anderseits an der Fahrstabhülse eingehängt ist, zieht den Rahmen M oben gegen das Kugelsegment *k*, so dass die Messrolle letzteres stets berührt.

Eine im Rahmen M befindliche Schraube mit cylindrisch geriffeltem Kopf, welche sich gegen den Fahrstab stemmt, gestattet, den Rahmen M von der Kugel sanft weg zu bewegen und so die Berührung zwischen Kugel und Cylinder aufzuheben. Dieses Letztere sollte immer geschehen, wenn das Instrument ausser Gebrauch ist, oder bevor irgend ein Handgriff am Instrument vorgenommen wird, damit stets ein Anprallen des Cylinders gegen die Kugel, und somit eine Beschädiguug dieser beiden subtilen Organe (Kugel und Cylinder) verhütet werde. Man kann zu diesem Zwecke auch ein Polster aus Seidenpapier oder weichem Leder zwischen Kugel und Cylinder legen. An der rechten Seite des Gestelles B ist eine kleine Bremsschraube angebracht, welche durch leichtes Anziehen gestattet, die leichte Beweglichkeit der Walze A aufzuheben, so dass das Instrument nicht durch unvorsichtigen Anstoss in Lauf geraten und beschädigt werden kann.

Der Fahrstab kann eine Winkelbewegung von etwa 30° links und rechts von der Grundlinie ausführen, die Grösse der Bewegung in der Richtung der Grundlinie ist unbegrenzt. Es können also mit diesem Instrumente Flächen auf einmal umfahren werden, deren Breite gleich ist der eingestellten Fahrstablänge und deren Länge beliebig gross sein kann.

Die Rollplanimeter werden in zwei Grössen ausgeführt. Die grosse Sorte hat eine Walze von 16 cm, die kleine von 12½ cm Länge, die ganze Länge des Fahrstabs beträgt beim grossen Instrument 30 cm, beim kleinen 24 cm. Zu beiden kann eine ansteckbare Verlängerung des Fahrstabs bis 50 cm bezw. 40 cm geliefert werden **(nicht nachträglich lieferbar).** Vor dem Anstecken und Abziehen dieser Verlängerung legt man ein Polster zwischen Kugel und Cylinder oder entfernt dieselben mittelst der Auslöse-Schraube, damit eine Beschädigung dieser Teile vermieden wird.

Der Flächenwert der Noniuseinheit kann beim grossen Instrument je nach der eingestellten Fahrstablänge zwischen 1,0 und 0,4 qmm geändert werden, beim kleinen Instrument zwischen 0,8 und 0,32 qmm. Durch die Verlängerung des Fahrstabs können diese Werte auf 2 qmm resp. 1,5 qmm erhöht werden.

Es können also mit dem grossen Rollplanimeter bei 50 cm Fahrstablänge und 2 qmm Wert der Nonius-Einheit, Flächen bis zu 50 cm Breite und beliebiger Länge auf einmal mit dem Fahrstift umzogen werden, was kein anderes Planimeter leistet.

Das Rollplanimeter soll nicht auf der Unterlage seitlich verschoben werden, damit die rauhe Oberfläche des Cylinders R' nicht allmählig glatter werde, wodurch die Sicherheit der Geradführung vermindert würde.

Beim Kugelrollplanimeter vollzieht die Messrolle nur rollende Bewegungen auf der Oberfläche eines exakt geschliffenen Kugelsegments, das Resultat der Rollenabwickelung ist daher unabhängig sowohl von dem schädlichen Einfluss des Gleitens, als auch von dem Zustande des Papiers, auf welchem die zu messenden Figuren gezeichnet sind.

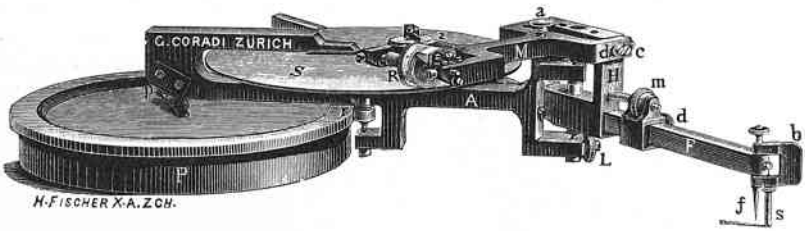
2) Das Präzisions-Scheibenplanimeter.

Fig. 18 stellt das Instrument in ca. $^1/_3$ seiner wahren Grösse dar. Es besteht aus zwei getrennten Teilen, der Polscheibe P mit fein verzahntem Rande und dem eigentlichen Planimeter A F H S M.

F ist der Fahrstab, eingerichtet wie bei allen Planimetern; A ist der Polarm, in welchem eine vertikale, das Rädchen *r* und die Scheibe S tragende Achse zwischen Spitzen, unten in einer corrigirbaren Körnerschraube gelagert ist. Beide Arme sind durch eine vertikale Achse verbunden, welche in der Fahrstabhülse H befestigt, sich zwischen gehärteten Spitzenschrauben bewegt, von denen die obere corrigirbar ist.

Der Polarm ruht einerseits mit der Stützrolle L auf dem Plan, andererseits mit dem Lager *p* auf der genau im Centrum der Scheibe P befestigten, feinpolirten Stahlkugel, welche den Drehpunkt (Pol) des ganzen Instrumentes bildet. Das Kugellager *p* ist eine entsprechend schief gestellte Rinne von halbkreisförmigem Querschnitt gleich dem Durchmesser der Kugel aus feinpolirtem und gehärtetem Stahl. Wird dieses Lager *p* über die Kugel gesetzt, so sinkt durch sein Eigengewicht der Polarm auf der Kugel so weit abwärts, bis das feinverzahnte Rädchen *r* der Scheibenachse S an der Verzahnung am Rande der Polscheibe P anliegt, so dass durch das Gewicht des Polarms der stete Eingriff des Rädchens automatisch bewirkt wird und das ganze auf drei Punkten: Laufrolle L, Pollager *p* und Fahrstiftspitze S ruhende Instrument sich um *p* drehen lässt, während das Rädchen *r* sich an der Polscheibe abwickelt und so die Scheibe proportional der Bewegung *x* der Fahrstabachse in Umdrehung versetzt.

Fig. 18



Ueber der Scheibe S befindet sich um eine horizontale, dem Fahrstab parallele, in die Hülse H des Fahrstabs eingreifende Spitzenachse drehbar, der Rahmen M der Messrolle, deren Einrichtung auf Seite 15 beschrieben ist. Der rechtsseitige der beiden Stahlbolzen, welche die Drehachse der Rahmens bilden, hat einen grösseren Durchmesser, und seine in den Körner in der Fahrstabhülse eingreifende Spitze ist excentrisch, so dass durch Drehen des Bolzens die Lage des Rahmens M und somit diejenige der Rollenachse etwas geändert und die parallele Lage zwischen Fahrstab und Rollenachse genau hergestellt werden kann. Beide Bolzen werden durch stählerne Druckschrauben in ihrer Stellung festgehalten und gleich wie die Bolzen der Messrollenachse durch seitliche Flanschenschrauben bewegt.

Der Rahmen M bewegt sich durch sein Gewicht so weit abwärts bis die Rolle R auf der Scheibe S aufliegt; durch die Schraube *a*, welche sich auf eine an der Hülse H befestigte Platte stützt, kann der Rahmen M gehoben werden,

bis die Rolle nicht mehr auf der Scheibe S aufliegt. Dieses Abheben der Messrolle von der Unterlage sollte immer geschehen, wenn das Instrument ausser Gebrauch ist, oder bevor irgend eine Manipulation (Fahrstabverschiebung, Correction, Reinigung etc.) am Instrument vorgenommen wird.

Der Rahmen M lässt sich zurückschlagen, so dass die Scheibe bequem gereinigt werden kann.

Die Scheibe S ist aus Aluminimum hergestellt; ihre mit Papier überzogene Oberfläche ist eben und normal zu ihrer Achse; die untere Fläche derselben ist mit radialen Rippen versehen, so dass diese Scheibe leichter ist, als die früheren aus Hartgummi oder Celluloid, welche sich meist verzogen (hohl wurden), leichter, zäher und widerstandsfähiger als solche aus Glas, welche zerbrechlich sind; zudem sind Aluminiumscheiben ebenso stabil als solche aus Stahl oder Messing, welche Materialien wegen ihres zu grossen spezifischen Gewichtes und des daraus entstehenden schweren Gangs des Instruments nicht verwendet werden können.

Die Polscheibe P hat einen Durchmesser von 15 cm; die ganze Länge des Fahrstabs beträgt 35 cm. Der Wert der Noniuseinheit kann je nach der eingestellten Fahrstablänge zwischen 2 qmm und 0,5 qmm geändert werden. Auf der Polscheibe sind zwei Marken mit Pfeilen angebracht, welche denjenigen Teil der Pol-Scheibenverzahnung bezeichnen, welcher die gleichmässigste Abwickelung des Rädchens r ergibt. — Die Scheibe S soll sich beim Gebrauch immer innerhalb dieser Pfeile bewegen. (Siehe die Fig. 7 und 11, Seite 10 und 12).

Steht der Fahrstift in seiner Normalstellung, so geht die Messrollenebene verlängert durch das Centrum der Scheibe, eine Drehung des Instruments um den Pol in dieser Fahrstabstellung bewirkt daher keine Umdrehung der Rolle. Wird der Fahrstab bei stillstehendem Polarm um seine vertikale Achse gedreht, so gleitet die Rolle in einem Kreisbogen auf der Scheibe, es wird also gemäss den früheren Ausführungen durch die Drehbewegung des Fahrstabs keine Umdrehung der Rolle hervorgerufen. Bildet der Fahrstab mit seiner Normalstellung den Winkel α, so steht die Rollenebene in einem Abstand vom Centrum der Scheibe, welcher proportional ist $l \sin \alpha$ Wird mit dieser Stellung des Fahrstabs die Drehachse desselben den Weg x zurücklegen (gleich dem $m$ten Teil des vollen Kreisumfangs der Leitlinie), also $\frac{2 r \pi}{m}$; wo r den Radius des Leitkreises bedeutet (so ist die Abwickelung u der Rolle $u = l . \sin \alpha . \frac{2 r \pi}{m} C$ *), also stets proportional der vom Fahrstift umfahrenen Fläche.

Dieses Planimeter arbeitet sehr genau und zuverlässig und ist, da nur zwei Punkte (die Stützrolle L und der Fahrstift F) sich auf dem Plan bewegen, geeignet, auch auf rauhem, unebenen Kartenmaterial genaue Flächenmessungen auszuführen. Immerhin muss in jedem Falle die Polscheibe gut und sicher aufliegen, was durch Unterlegen von Papierkeilen erreicht werden kann, falls die Unterlage uneben ist.

---

*) C bedeutet eine von den Dimensionen des Instrumentes (Polscheibe P, Rädchen r, Polarm A) abhängige Constante. Bezüglich einer strengen Theorie des Scheibenplanimeters siehe die Abhandlung von Prof. **F. Lorber** in der „Zeitschrift für Vermessungswesen", Jahrgang 1884, Heft I.

3) Die Compensations-Polarplanimeter.

Diese Planimeter treten jetzt an Stelle der früheren Construction des einfachen Polarplanimeters. Sie unterscheiden sich von diesen hauptsächlich dadurch, dass deren Polarm zu beiden Seiten des Fahrstabs aufgestellt werden kann. **Durch diese Einrichtung der Planimeter ist es möglich, denjenigen Fehler der Rollenabwicklung u, welcher aus der nicht parallelen Lage von Rollenachse und Fahrstab hervorgeht, durch je einmaliges Umfahren in einer Polstellung links und rechts vom Fahrstab zu eliminiren, indem der Fehler einmal positiv, das andere mal negativ ins Resultat übergeht.** Landmesser **O. Lang** in **Neuwied,** auf dessen Anregung diese Verbesserung des Polarplanimeters ausgeführt wurde, hat den theoretischen Nachweis obigen Satzes in seiner Abhandlung, Zeitschrift für Vermessungswesen 1894, Heft 12, in gründlicher Weise geführt.

Bildet nämlich die Achse der Messrolle mit dem Fahrstab den Winkel δ, so ist die Abwickelung der Rolle nicht mehr $= x \sin \alpha$, sondern $u = x \operatorname{ein} \alpha \pm \delta$, also nicht mehr proportional der vom Fahrstab bestrichenen Fläche; je nach dem Vorzeichen des Winkels δ wird der Fehler in der Rollenabwickelung, wenn der Pol nahe **rechts** dem Fahrstab steht, positiv oder negativ **am grössten** sein und wird abnehmen, je mehr sich Polarm und Fahrstab der gestreckten Stellung nähern; kann nun der Polarm noch weiter gedreht werden, so dass er auf die **linke** Seite des Fahrstabs zu stehen kommt, so kehrt sich das Vorzeichen des Winkels δ um, der Fehler nimmt weiter ab, so dass die Rollenabwickelung u in der nahen Polstellung **links** vom Fahrstab ein **Minimum** bildet, wenn sie in der nahen Polstellung **rechts** vom Fahrstab ein **Maximum** erreichte — und umgekehrt.

Das arithmetische Mittel aus zwei Umfahrungen einer Figur, aus je einer symmetrischen Polstellung **links** und **rechts** vom Fahrstab liefert also ein von

Fig. 19

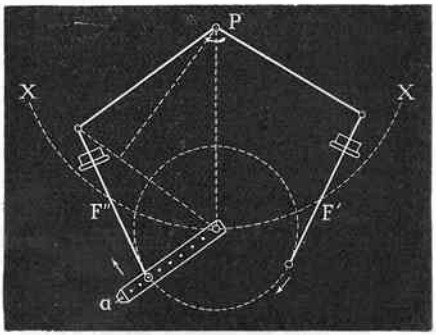
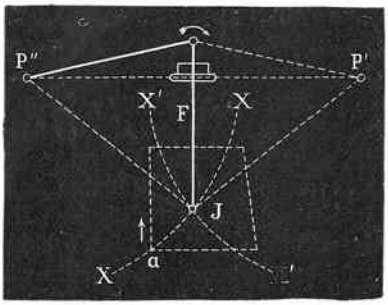


Fig. 20

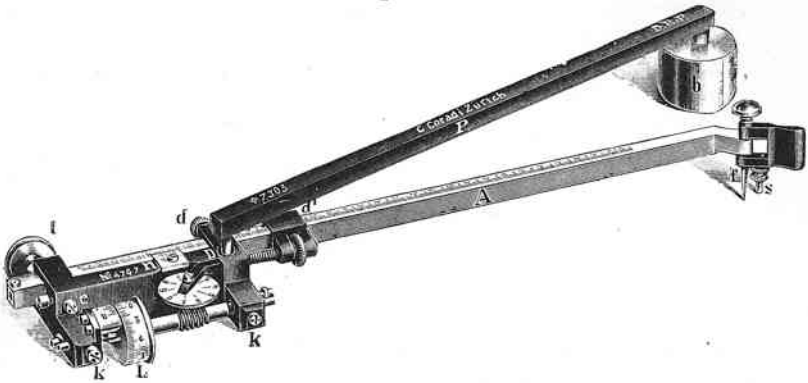


dem Fehler der Rollenachsenstellung befreites Resultat. Je eine symmetrische Stellung des Fahrstabs zur Figur mit Pol rechts und links vom Fahrstab erhält man ohne weiteres, wenn der nach der Regel 4, Abschnitt III aufgestellte Pol an seiner Stelle gelassen wird, und der Fahrstab nach der ersten Umfahrung in die gestreckte Stellung gebracht, unter dem Polarm auf die entgegengesetzte Seite geschoben, „durchgeschlagen“ wird, wie das Fernrohr eines Theodolits.

Fig. 19 bezeichnet zwei symmetrische Lagen von Fahrstab und Figur mit Pol **links** und **rechts** vom Fahrstab aus **einer** Polstellung *P*. — Fig. 20 stellt zwei symmetrische Lagen von Fläche *J* und Fahrstab *F* vor aus zwei Polstellungen *P* und *P''*. Auf beide Arten kann der genannte Fehler compensirt werden.

In Fig. 21 ist das Compensations-Planimeter in etwa $^2/_5$ seiner Grösse abgebildet. Es besteht aus zwei Teilen, dem Fahrgestell *ALl* und dem Polarm *P*, welche jeder für sich im Etui aufbewahrt werden.

Fig. 21.



Das Fahrgestell ruht für sich allein auf drei Punkten: der Messrolle *L*, dem Fahrstift *f*, bezw. dessen Stütze *s* und der Stützrolle *l*. Die Verbindung zwischen Polarm und Fahrstab wird durch ein Kugelgelenk bewirkt, welches sich in der Hülse des Fahrstabs möglichst tief, d. h. möglichst nahe der Planebene befindet. Die Kugel aus Stahl, fein polirt, ist am Polarm befestigt und wird zur Verbindung einfach in die Oeffnung *D*, an der Fahrstabhülse, eingelegt. Dieses Kugelgelenk bildet die Drehachse des Fahrstabs, welche durch den Polarm auf einem Kreis als Leitlinie geführt wird. Es ermöglicht zugleich, dass das Fahrgestell stets mit seinen drei Punkten auf dem nicht immer ebenen Plane aufliegen kann.

Der Pol wird durch einen am rechtsseitigen Ende des Polarms eingeschraubten Messingcylinder *b* gebildet, dessen untere Fläche giebelartig geformt ist, so dass eine zum Polarm rechtwinklig stehende Kante entsteht, um welche sich derselbe so weit senken kann, dass sein linksseitiges, die Gelenkkugel tragendes Ende im Kugelgelenk *D* der Fahrstabhülse sicher und passend ruht. Im Centrum des Cylinders *b* steckt ein kleiner Stahlstift, welcher durch eine seitliche Druckschraube gehalten wird. Dieser Stift endigt beidseitig in eine feine gehärtete Spitze, die ganz wenig vor der untern Kante des Cylinders *b* vorsteht. **Diese Spitze soll nicht ins Papier gedrückt, sondern nur leicht auf dasselbe gestellt werden,** da das Iustrument so sicherer fixirt ist und ausserdem der Plan nicht durch Nadelstiche verdorben wird. — Ist die Spitze stumpf geworden, so kann dieselbe umgekehrt (das obere Ende nach unten) eingesetzt, und schliesslich beide Spitzen nachgeschliffen oder ersetzt werden.

Neigt man den Polarm etwas seitlich, ohne ihn aus dem Kugellager *D* zu heben, so berührt die Polspitze das Papier nicht, und der Pol kann verschoben werden, um den Nullstrich der Rollenteilung auf den Nullstrich des

Nonius einzustellen, während die Fahrstiftspitze in den Anfangspunkt der Umfahrung gedrückt wird.

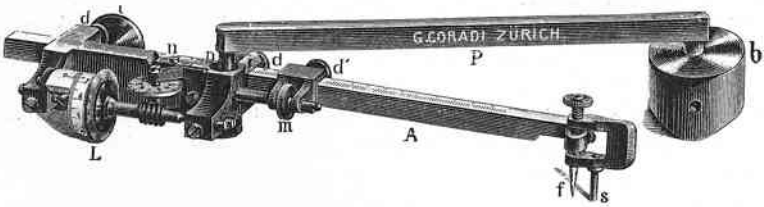
Der Fahrstab ist mit Nonius und Mikrometerwerk versehen, wie in Abschnitt IV (1) beschrieben. Seine ganze Länge beträgt 22 cm, die des Polarms 20 cm. Der Fahrstab lässt sich in seiner Hülse verschieben, so dass die Werte der Noniuseinheit von 10 qmm bis 2 qmm geändert werden können; bei 10 qmm ist der Abstand der Fahrstiftspitze vom Kugelgelenk (wirkliche Fahrstablänge) 166 mm; bei 2 qmm beträgt diesselbe 33 mm.

Der Fahrstab kann ferner zur Beseitigung des eingangs erwähnten Winkelfehlers δ der Rollenachsenlage in seiner Hülse durch eine Correctionsschraube und gegenwirkende Druckfeder etwas seitlich verschoben werden. Die Correctionsschraube befindet sich links neben dem Nonienträger, hat ihr Gewinde in der Fahrstabhülse, kann durch eine Messingdruckschraube in letzterer festgestellt werden, und wirkt mit ihrem flachen Ende gegen die seitliche Fläche des Fahrstabs, auf dessen gegenüberliegende Seite eine an Stelle der Druckschraube *d* befindliche Spiralfeder wirkt, so dass durch Drehen der Correctionsschraube die Lage des Fahrstabs in seiner Hülse und somit gegen die Rollenachse etwas geändert werden kann, ohne dass die Lagerung der Rolle selbst hierdurch irgend schädlich beeinflusst wird.

Die der rechtsseitigen Druckschraube *d* gegenüberliegende Anlagfläche des Fahrstabs ist nach innen etwas abgeschrägt, so dass durch Anziehen der ersteren die Wirkung der Feder verstärkt wird und der Fahrstab vollkommen sicher in der durch die Correctionsschraube bedingten Lage in seiner Hülse befestigt ist. Ehe eine Correction vorgenommen wird, soll die genannte Druckschraube gelockert werden.

Die Rolle und ihre Teilung ist ebenfalls bereits im Abschnitt IV (3), Seite 16, beschrieben: die Zählscheibe ist aus Celluloid und trägt 10 Teilstriche. — Zum Befahren einer Figur fasst man den Flügelgriff neben dem Fahrstift mittelst Daumen und Mittelfinger und kann dann durch Druck mit dem Zeigefinger auf den Knopf des Fahrstifts die Spitze desselben jederzeit ins Papier drücken, zur genauen Markirung des Anfangspunktes der Umfahrung, oder um den Stand des Fahrstiftes zu fixiren, während mit dem auf dem Papier ruhenden Handballen nachgerückt werden kann.

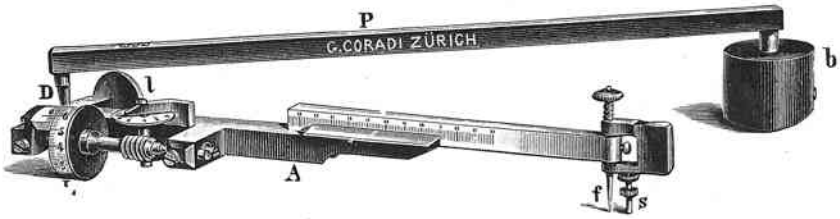
Fig. 22.



Das in Fig 22 dargestellte Compensations-Planimeter unterscheidet sich von dem vorstehenden nur dadurch, dass die Correctionsvorrichtung weggelassen ist und der Fahrstab und die Rollenachse ein- für allemal parallel gestellt sind. — Der Fahrstab wird hier durch **zwei** Druckschrauben in seiner Hülse befestigt.

Das Planimeter Fig. 23 ist nur für eine einzige Noniuseinheit eingerichtet, welche je nach Bestellung zwischen 10 qmm und 8 qmm gewählt werden kann. Das den Fahrstift tragende Stück wird aus Neusilber hergestellt, mit einer kurzen Teilung versehen, auf welcher der am Träger A befindliche Indexstrich den Abstand des Fahrstifts *f* vom Kugelgelenk D in $^1/_2$ mm anzeigt.

Fig. 23



Durch diese neue Construction der Polarplanimeter haben dieselben an Dauerhaftigkeit, bequemer Handhabung und Genauigkeit bedeutend gewonnen. Ausser den Vorzügen meiner früheren Constructionen, von welchen keiner preisgegeben wurde, erwähnen wir folgende:

1) Das Kugelgelenk kann vermöge seiner Construction niemals wackelig werden; man hat nur darauf zu achten, dass die Vertiefung D in der Fahrstabhülse rein bleibt.
2) Dadurch, dass das Instrument in zwei getrennten Teilen im Etui aufbewahrt wird, kann die Verbindung von Polarm und Fahrstab nicht durch den Transport gelockert werden.
3) Da der Fahrstab eine Winkelbewegung von nahe 180° links und rechts vom Polarm anführen kann, ohne aus seiner normalen Lage zur Planebene zu geraten, können grössere Flächen umfahren werden, als es bei den früheren Constructionen, oder mit dem gewöhnlichen Amsler-Planimeter möglich ist, welche höchstens eine Winkelbewegung des Fahrstabs von etwa 90—100° auszunützen gestatten.
4) Zur Untersuchung der parallelen Lage der Rollenachse können so grosse Flächen benützt werden, als sie der Fahrstab überhaupt zu umfahren gestattet; da jede Umfahrung dieser Fläche links und rechts vom Pol das **gleiche** Resultat liefern muss.
5) Die Ablesung an der Rolle ist vollkommen frei von oben und unbeschattet; die Handhabung des Instruments durch den Fortfall des an demselben hängenden Polarms bequemer und weniger gefährlich für dasselbe.

Selbstverständlich ist (wie schon oft gesagt) auch bei diesem einfachen Instrument die Messrolle und ihre Lagerung ein **subtiles** Organ, das der grössten Schonung bedarf, durch dessen Beschädigung die Genauigkeit dieses wie jedes andern Planimeters verloren geht.

VI. Gebrauch des Planimeters.

Bevor ein Planimeter benützt wird, überzeugt man sich im allgemeinen von dem guten Zustand desselben; zum mindesten untersucht man den Gang der Messrollenachse, ob dieselbe lebhaft spielend, bei leichtem Antreiben langsam auslaufend sich bewegt.

Kein anderes geodätisches Instrument ist so leicht, wie das Planimeter, Beschädigungen unterworfen, welche aus der äusseren Beschaffenheit des Instrumentes meist gar nicht wahrnehmbar, nur durch feines Gefühl für mechanische Bewegung erkenntlich sind, und doch die Resultate in schädlicher Weise beeinflussen.

Bezüglich des guten Zustandes im allgemeinen hat man für die verschiedenen Arten von Planimetern folgendes zu beachten:

1) Für das Kugel-Roll-Planimeter.

Man setzt das Gestell *B* durch Unterlegen eines Buches oder dergleichen so, dass die Walze *A* frei beweglich ist. Das Rädchen an der Kugelachse bringt man ausser Eingriff, indem man den Pfeil an der Auslöseschraube nach oben zeigend stellt. Den Rahmen *M* der Messrolle dreht man mittelst seiner Auslöseschraube von der Kugel weg und stellt den Fahrstab rechtwinklig zum Polarm. Nun versucht man die Walze *A* in der Richtung ihrer Achse leicht zu verschieben; ein geringer, eben merklicher Spielraum derselben ist unschädlich; die Walze soll sich aber **leicht** drehen lassen und, einmal in Drehung versetzt, nicht sofort wieder still stehen.

Der in seiner Hülse mittelst Druckschraube festgestellte Fahrstab soll sich leicht um seine vertikale Achse drehen lassen, aber ohne merklichen Spielraum derselben; letzteren erkennt man, indem man versucht, den in seiner Hülse festgestellten Fahrstab um seine Längsachse ruckweise hin und her zu drehen. Die Achse, auf welcher das Kugelsegment befestigt ist, soll sich leicht drehen und darf einen kaum merklichen Spielraum in der Richtung der Achse haben; die horizontale Drehachse des Rahmens der Messrolle und diejenige des Rahmens der Kugelachse sollen keinen Spielraum haben; man erkennt diesen, indem man diese Teile bei festgehaltenem Gestell *B* in der Richtung ihrer Achse ruckweise hin und her zu bewegen versucht. — Alle diese Achsen lassen sich, sollte ein zu schwerer Gang oder zu grosser Spielraum vorhanden sein, durch Anziehen oder Lockern der Körnerschrauben beseitigen, wobei man zuerst die auf dieselben wirkenden Messing-Druckschrauben lockert und nach erfolgter Correction wieder anzieht.

Die Oberfläche des Kugelsegments *K*, sowie des Cylinders sollen metallisch rein sein, frei von Staub, Schmutz und fremden Körpern. Man reinigt diese Teile, indem man ein weiches, reines Leinwand- oder Baumwoll-Läppchen mit Benzin befeuchtet, um den kleinen Finger wickelt und damit Kugel und Cylinder sorgfältig abwischt; **namentlich den mittleren Teil des Kugelsegmentes.** — Die Messrollenachse soll sich spielend leicht drehen lassen und das Zählrad soll etwas Spielraum haben, sodass der leichte Gang der Rolle nicht gehemmt wird. — Zwischen Teilkreis und Nonius schiebt man ein Stückchen scharfgeschnittenes, ganz dünnes Postpapier, uud dreht die Rolle einmal um ihre Achse, um etwaigen Staub, der die Bewegung der Rolle hemmen könnte, zu entfernen. Ist der Spielraum der Rollenachse zu gross, so kann man durch Verschieben der Bolzen nachhelfen, wie dies bei der Beschreibung der Rolle, Abschnitt V (3), Seite 15, näher angegeben ist; dabei hat man aber zu beachten, dass der Teilkreis der Rolle nicht zu nahe an den Nonius gebracht werde, damit er nicht an denselben streift, oder zu weit davon entfernt ist, wodurch das Ablesen erschwert würde.

2) Für das Scheiben-Planimeter.

Um zu untersuchen, ob sämtliche Teile desselben in Ordnung sind, hebt man zuerst den Rahmen *M* mittels der Auslösungs-Schraube *a* in die Höhe, so dass die Rolle nicht auf der Scheibe *S* aufliegt, und lässt vorläufig das eigentliche Planimeter ausser Verbindung mit der Polscheibe *P*. Die Scheibe *S* soll sich sehr leicht drehen lassen; ihre Achse soll aber keinen merklichen Spielraum zwischen ihren Spitzen haben; man erkennt letzteren, indem man bei festgehaltenem Polarm *A* versucht, den Rand der Scheibe *S* ruckweise auf und ab zu bewegen. — Die vertikale Achse des Fahrstabs darf keinen Spielraum haben; versucht man bei festgehaltenem Arm *A* die Hülse *H* in der Richtung von *A* ruckweise zu drehen, also bei stille stehendem Fahrstift, so erkennt man leicht etwaigen Spielraum; ein etwaiger zu schwerer Gang oder Spielraum der horizontalen Drehachse des Rahmens *M* wirkt ebenfalls schädlich; letzteren erkennt man, wenn man den Rahmen bei festgehaltenem Fahrstab ruckweise seitlich hin und her zu bewegen versucht. Bezüglich der Messrolle gilt auch hier das beim Rollplanimeter gesagte; ebenso bezüglich Beseitigung etwaigen Spielraumes oder schweren Ganges dieser Achse. Man hat nun noch das Instrument mit der Polscheibe in Verbindung zu setzen und zu sehen, ob der Eingriff des Rädchens *r* richtig erfolgt, sodass die Scheibe *S* durch Bewegung des Fahrstifts auf dem Plan, in der Richtung um den Pol in Umdrehung versetzt wird und bei raschem Umkekren der Bewegungsrichtung kein toter Gang verspürt wird.

3) Für das Compensations-Planimeter

bleibt nur wenig mehr zu sagen übrig, bezüglich der Messrolle gilt das Gleiche, was beim Rollplanimeter gesagt wurde. — Man überzeugt sich noch, dass das Kugelgelenk keinen seitlichen Spielraum zulässt; zu diesem Zwecke drückt man die Fahrstiftspitze ins Papier, stellt die Druckschrauben am Fahrstab fest und versucht das linksseitige Ende desselben mit **ganz leichtem** seitlichem Druck ruckweise hin und her zu bewegen. Ist ein Spielraum zu verspüren, so scheint das Kugellager nicht rein zu sein, welches gereinigt wird, indem man um ein Streichholz etwas Seidenpapier wickelt, dasselbe in die Oeffnung *D* des Kugellagers bis auf den Grund einsteckt und zwischen den Fingern dreht. Möglicherweise steht auch die Spitze des Pols zu wenig vor; in diesem Falle müsste die Druckschraube am Cylinder *b* etwas gelockert und der Nadelstift etwas weiter herausgezogen werden.

Nach langem Gebrauch, sowie nach längerer Nichtbenutzung der Instrumente kann ein schwerer Gang in der Achsenbewegung durch Verhärtung des Oels in den Lagerstellen entstanden sein, so dass ein Lockern der Schrauben keinen leichten Gang bewirken könnte. In diesem Falle bringt man mit einem zugespitzten Hölzchen etwas Benzin in die Lagerstellen und setzt die Achsen in rasche Bewegung (vor- und rückwärts); sodann fährt man mit scharf geschnittener Papierkante über die Lagerstellen und entfernt das danebenliegende, aufgelöste Oel mit **reinem** Leinwand-Läppchen; dann wird mit zugespitztem Hölzchen ganz **wenig** vom feinsten Uhrenöl in die Lagerstellen gebracht. Erst wenn dies geschehen, wird etwaiger Spielraum oder zu schwerer Gang durch die Correctionsschraube beseitigt.

Nach dieser Anleitung wird es nicht schwer fallen, irgend ein Planimeter richtig und mit Vorteil zu benützen. Es bleibt nur noch übrig, das hierzu

4) für alle Planimeter

gleiche Verfahren der Reihenfolge nach summarisch anzugeben.

Das Papierblatt, auf welchem sich die zu messenden Figuren befinden, wird auf eine ebene, glatt behobelte, annähernd **horizontal** gestellte Tischplatte gelegt. Ist das Papier so, dass es von selbst flach auf dem Tisch aufliegt, so wird es nicht aufgespannt, so dass dasselbe, samt dem darauf befindlichen Instrument in eine zum Umfahren bequeme und vom Lichte begünstigte Lage gebracht werden kann. — Gerollte Pläne müssen natürlich straff ausgespannt oder durch Auflegen von Beschwerern, Linealen, Büchern oder dergl. zum flachen Aufliegen gebracht werden.

Beim Gebrauch des Rollplanimeters ist es manchmal nicht zu vermeiden, dass dessen Walzen die Papierkante überschreiten, man stösst deshalb an letztere ein Stück gleichen Papieres, knapp und unverrückbar anliegend an, sodass die Kante ohne Anstoss von den Walzen überschritten werden kann.

Das Gleiche gilt für die Compensations-Planimeter, falls ein Ueberschreiten der Papierkante durch die Messrolle nicht vermieden werden kann.

Ist der zu berechnende Plan z. B. im Masstab 1 : 500 gezeichnet, so wählt man diejenige Fahrstablänge, welche in der Tabelle im Etui für diesen Masstab eine bequeme Zahl als Wert der Nonius-Einheit ergiebt, wobei im allgemeinen für kleine Masstäbe ($^1/_{5000}$, $^1/_{4000}$ etc.) ein kurzer, für grosse Masstäbe ein längerer Fahrstab gewählt wird; – für obigen Masstab gebe die Tabelle die Einstellung 266,6 welche Zahl auf der Teilung des Fahrstabs eingestellt wird. – Der Wert der Nonius-Einheit sei dann 2 qm.

Nun stellt man nach früher angegebener und begründeter Regel 3 und 4 Abschnitt III das Instrument in die günstige Lage zur Parzelle, wie es die Figuren 8 bis 11 Seite 11 und 12 für die verschiedenen Arten von Planimetern andeuten. Die Figuren 5 bis 7, Seite 10, zeigen die zu vermeidenden ungünstigen Stellungen des Instruments zu der zu messenden Parzelle.

Nun überzeugt man sich durch flüchtiges Umfahren der Parzelle, dass die Umfahrung ohne Anstoss vor sich gehen kann. – Beim Rollplanimeter kann während dieser flüchtigen Umfahrung durch Drehung der Auslöse-Schraube unter dem Rollenrahmen die Kugelachse ausser Eingriff gebracht werden, sodass der ganze Zählapparat während dieser Umfahrung still stehen kann, was namentlich bei grossen Figuren eine Schonung desselben bedeutet. Beim Herablassen des Kugelrahmens ist es möglich, dass der Eingriff der Zahnrädchen nicht völlig erreicht wird; man bewegt daher das Instrument erst etwas hin und her, ehe man die Umfahrung beginnt.

Nun stellt man den Fahrstift auf den Anfangspunkt der Umfahrung (auf der Grundlinie XX) und notirt die Ablesung an Messrolle und Zählrad als **erste Ablesung** L_1 Dieselbe ergebe, z. B. wie auf unserer Abbildung, Abschnitt III 3, Fig. 14 Seite 15, die Ziffer: 3455. Dann führt man die Fahrstiftspitze in der Richtung des Uhrzeigers genau auf der Grenze der Parzelle bis auf den Anfangspunkt zurück und nimmt, während man den Fahrstift hier festhält, die **zweite Ablesung** L_2 an Messrolle und Zählrad vor; dieselbe sei: 9981. Ist nun der Wert der Nonius-Einheit f, so ist der Flächeninhalt der Figur $J = (L_2 - L_1) f$.

Für den angenommenen Fall, wo $f = 2$ qm ist, erhält man also:

$$L_2 = 9981$$
$$-L_1 = 3455$$

Differenz $L_2 - L_1 = 6526$ mit 2 qm multiplizirt, gibt als Inhalt der Figur: 6526×2 qm $= 13052$ qm.

Wegen des Spielraums, den das Zählrad im Schneckengewinde der Rollenachse haben muss, damit letztere in ihrer Bewegung nicht gehemmt wird, zeigt der Index auf der Zählscheibe nicht immer genau auf einen Teilstrich derselben, wenn der Nullpunkt der Teilung auf Null am Nonius zeigt; bewegt man indessen die Zählscheibe leicht mit dem Finger so viel hin und her, als ihr Spielraum gestattet, so ersieht man sofort aus der mittleren Stellung des Zeigers, welcher Teilstrich der Zählscheibe als erste Ziffer der Ablesung genommen werden muss.

Eine Irrung um 1000 Noniuseinheiten ist übrigens leicht zu vermeiden, wenn folgende Regel beobachtet wird: Zeigt der Nullpunkt des Nonius an der Messrolle **unter** Null, also 80, 90, so gilt der vorhergehende Teilstrich der Zählscheibe; steht der Nonius dagegen **über** Null, also 10, 20, so gilt derjenige Teilstrich der Zählscheibe, auf welchen der Index derselben zeigt, als erste Ziffer der Ablesung.

Während des ganzen, vorbeschriebenen Verfahrens soll der Pol P unverrückt auf seinem Standpunkt bleiben. Ebenso ist darauf zu achten, dass während der Umfahrung der Wagen des Rollplanimeters nicht durch Stoss, Hindernisse auf dessen Weg, oder geneigte Lage des Tischplattes von seiner geraden Bahn abgelenkt werde.

Man kann die Umfahrung wiederholen und erhält dadurch eine Controle für Irrungen im Ablesen, eine Verminderung des Fehlers, welcher aus nicht genauem Einstellen auf den Ausgangspunkt entsteht, sowie eine direkte Erhöhung der Genauigkeit, welche namentlich bei dem grossen Werte der Noniuseinheit der Compensationsplanimeter und besonders bei kleinen Figuren notwendig ist.

Das Nachfahren der Linien erfolgt am sichersten, wenn der Fahrstift in der Richtung der Linie beobachtet wird; man erkennt dann die seitliche Abweichung desselben besser. Ist die Spitze des Fahrstifts auf einer starken Wendung der Linie oder auf einem Endpunkt angelangt, so wird dieselbe durch den Zeigfinger niedergedrückt, so dass, ohne den Stift zu verrücken, die führende Hand in eine bequeme Stellung gebracht werden kann.

Vielfach wird zum Nachfahren gerader Linien ein Lineal verwendet; unserer Ansicht nach wird hierdurch weder eine grössere Genauigkeit noch Zeitersparnis erzielt; das Nachfahren von freier Hand gibt bei sorgfältiger Umfahrung unwillkürlich eben so grosse Abweichungen nach rechts wie nach links, welche sich in ihrer Gesamtwirkung im Endresultat gegenseitig aufheben; bei Anwendung des Lineals wird aber leicht ein **constanter Fehler** begangen selbst dann, wenn die Fahrstiftspitze genau auf der Linie eingestellt ist. Durch den auf das Lineal ausgeübten seitlichen Druck auf den Fahrstift wird in Folge der Federung desselben der Fahrstab nicht die durch die Fahrstiftspitze bedingte Lage erhalten.

Die Polarplanimeter können zur Berechnung sehr grosser Figuren auch mit **Pol innerhalb der Figur** verwendet werden, so dass bei jeder Umfahrung derselben Fahrstab und Polarm eine volle Umdrehung um den Pol ausführen.

Das erhaltene Resultat ist dann von der Constanten in Abzug zu bringen, d. h. mit dem Inhalt der von der Grundlinie XX eingeschlossenen Kreisfläche zu verrechnen (vergl. Abschnitt IV (4).

Es sei in diesem Falle die erste Ablesung L_1 wieder gleich oben 3455, die zweite Ablesung nach der Umfahrung L_2 9981, die Constante C sei angegeben in der Tabelle im Etui: 23154, der Wert der Noniuseinheit f sei wieder 2 qm, so ist der Flächeninhalt der umfahrenen Figur

$$J = f\ (C + L_2 - L_1),$$

dies gibt im vorliegenden Beispiele

	C = 23154
+ zweite Ablesung L_2 =	9981
Summa:	33135
− erste Ablesung L_1 −	3455
Rest:	29680

mal $f = 2 \times 29680 = 59360$ qm =

dem Inhalt der umfahrenen Fläche in Quadratmetern. Die Richtung der Umfahrung ist im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers angenommen.

Wenn während der Umfahrung der Nullpunkt an der Zählscheibe den Index in **positiver** Richtung ... 9, 0, 1, ... (od.... 48, 49, 0, 1, 2 ...) vorbei geht, so ist zur zweiten Ablesung L_2 10000 oder 50000 (je nachdem die Zählscheibe bis 10 oder bis 50 Umdrehungen der Messrolle angibt) zu addiren. Bewegt sich dagegen der Nullpunkt der Zählscheibe in **negativer** Richtung, also ..2; 1; 0: 9; 8 ... am Index vorbei, so ist zur ersten Ablesung L_1 10000 (bezw. 50000) zu addiren. Dieser letztere Fall kann nur eintreten, wenn der Pol innerhalb der Figur steht.

Passirt der Nullpunkt der Zählscheibe den Index während der Umfahrung zweimal so ist natürlich die Ziffer 10000 oder 50000 zwei mal zu addiren.

Da man während des Umfahrens einer Figur nicht gleichzeitig den Gang der Zählscheibe beobachten kann, so gibt folgendes einfache Verfahren hierüber leicht Aufschluss: Man merkt sich je nach der Grösse der zu umfahrenden Figur 2 – 4 Stationen, an welchen man den Stand des Zählrads laut abliest oder notirt, während man die Fahrstiftspitze durch Druck auf den Knopf derselben im Papier fixirt. Am Anfangspunkt angelangt, kann aus der Reihenfolge der abgelesenen Ziffern leicht die Ueberschreitung des Nullpunktes constatirt werden.

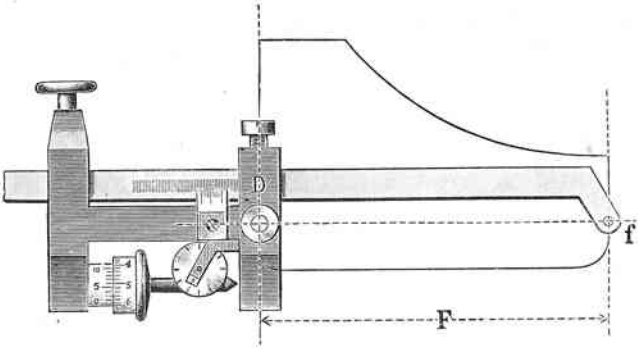
Bei kleineren Figuren kann das Ueberschreiten des Nullpunkts leicht vermieden werden, wenn das Zählrad vor der Umfahrung nahe über Null gestellt wird, indem man die Rolle von ihrer Unterlage abhebt und in Umdrehung versetzt, bis das Zählrad diese Stellung erreicht hat.

Bei den **Compensationsplanimetern mit verschiebbarem Polarm** kann die Verrechnung mit der Fläche des Grundkreises vom Instrument selbst besorgt werden wenn der Polarm auf die in der Tabelle angegebene Marke eingestellt wird, welche als Constante die runde Zahl 20000 liefert (siehe Abschnitt IV unter 4), Seite 16).

Die Planimeter Fig. 18, 21, 22 können auch zur Berechnung der mittleren Höhe von **Indikator-Diagrammen** verwendet werden. Wie aus Gleichung (8), Seite 8, ersichtlich, ist der Inhalt der vom Fahrstift umzogenen Fläche gleich einem Rechteck, dessen Grundlinie gleich der Länge l des Fahrstabs und dessen Höhe gleich der Rollenabwickelung u ist ($J = l \cdot u$). Stellt man nun die Länge

des Fahrstabs gleich der Basis des Diagramms, so gibt die Rollenabwickelung *u* gleich die mittlere Höhe des Diagramms; es ist dann nur notwendig, den Umfang der Rolle so zu justiren, dass eine Umdrehung derselben ein rundes

Fig. 24



Mass bedeutet. Bei den Planimetern Fig. 21 und 22 wird der Rollenumfang für diese Benützungsart auf 60 mm justirt; ein Noniusteil entspricht also einer Höhe von 0,06 mm. Beim Scheibenplanimeter Fig. 18 ist dieser Wert 0,01 mm. — Die Einteilung des Stabs muss so ausgeführt sein, dass die Einstellung des Nonius am Fahrstab genau dem Abstand des Fahrstifts von der Drehachse des Fahrstabs entspricht; man misst also die Basis mit einem Masstab und stellt den Fahrstab auf diese Länge ein, unter Berücksichtigung, dass die Fahrstabteilung in $^1/_2$ mm ausgeführt ist. Die Umfahrung und Ablesung erfolgt wie oben angegeben. Die Differenz $L_2 - L_1$ wird bei Planimeter Fig. 19 mit 0,01 multiplizirt, bei den Compensationsplanimetern Fig. 21 und 22 mit 0,06; das Resultat ist die gesuchte Höhe des Diagramms in Millimetern.

Bei den Planimetern Fig. 21 und 22 kann der Fahrstab auf die Länge der Basis auch direkt eingestellt werden, indem man den Fahrstift auf das rechte Ende derselben einstellt, und denselben in seiner Hülse verschiebt, bis durch die kleine Oeffnung des Kugellagers (bei abgenommenem Polarm) das andere Ende der Basis in der Mitte dieser Oeffnung erscheint.

VII. Prüfung der Planimeter.

Wenn man ein Instrument prüfen will, sollte man vorher dessen Eigenschaften gründlich kennen und mit der Handhabung desselben einigermassen vertraut sein. — Es kann daher nicht genug empfohlen werden, die Abschnitte III bis VI ganz durchzulesen, sich mit den zur rechten Handhabung erforderlichen Handgriffen vertraut zu machen, ehe man die Prüfung vornimmt. — Ist das Instrument durch einen voreiligen Handgriff in seinen subtilsten Organen getroffen und beschädigt, so nützt die noch so peinliche Beobachtung nachstehender Regeln und Vorschriften nichts mehr, und es ist ebenso unmöglich zu einem guten Resultat als zu einem richtigen Urteil über das Instrument zu gelangen. Es wird also bei den nachfolgenden Prüfungsvorschriften der vorstehende Inhalt des Schriftchens als bekannt vorausgesetzt.

Zuerst überzeugt man sich von dem richtigen Zustand des Instruments, wie dies in Abschnitt VI ausführlich erklärt wurde.

Da zur Vornahme einer gründlichen Prüfung eines jeden Planimeters eine grössere Anzahl Umfahrungen nötig sind, und Umfahrungsfehler hierbei ausgeschlossen sein sollten, so verwendet man zur Prüfung mit Vorteil mechanische Hülfsmittel. Als ein solches empfiehlt sich vor allem das in Fig. 16 (Seite 17) abgebildete und beschriebene Controllineal, dessen Verbindung mit dem Instrument aus den Fig. 19, 25, 26 und 27 ersichtlich ist. Die eben dort beschriebene Controlscheibe wird vielfach vorgezogen.

Umfahrungsfehler sind indessen bei Anwendung mechanischer Hülfsmittel nicht unbedingt ausgeschlossen. Erfolgt nämlich beim Bewegen des Fahrstifts in einem durch einen Radius des Controllineals gegebenen Kreis der Druck auf den Knopf des Fahrstifts nicht immer tangential, so entsteht, obgleich die Fahrstiftspitze die Kreislinie nicht verlassen kann, eine Federung, infolge deren der Fahrstab eine andere als die durch die Fahrstiftspitze bedingte Lage annimmt, woraus dann namentlich bei grossen Kreisen ganz erhebliche Umfahrungsfehler entstehen, wie jeder sich selbst überzeugen und nachrechnen kann. Es empfiehlt sich daher, sowohl den Fahrstift als auch das Centrum des Controllineals mit einem Gewichtchen zu beschweren und nicht am Knopf des Fahrstifts, sondern am Controllineal zu führen! Man wird das Controllineal deshalb auch vorzugsweise zur Prüfung der **Gleichmässigkeit** der Resultate bei wiederholtem Umfahren und bei verschiedenen Polstellungen benützen, dagegen die Bestimmung der definitiven Fahrstablänge auf Grund der Umfahrung gezeichneter Figuren von genau bekanntem Inhalt vornehmen. (Quadrate und deren Zerlegung in Dreiecke).

Die Prüfung hat sich der Reihe nach auf folgende Punkte zu erstrecken:

1) ob das Instrument im allgemeinen im richtigen Zustand ist. — Dies wurde schon im Abschnitt VI erörtert.

2) ob die Teilung der Rolle richtig und centrisch ist. Man beobachtet den Nonius an verschiedenen Stellen der Teilung von 10 zu 10 Teilstrichen ringsum, ob Nullstrich und Zehnerstrich desselben überall neun Teilen der Rollenteilung genau entsprechen.

3) ob die Differenz der Ablesungen ($L_2 - L_1$) bei wiederholtem Umfahren einer Figur unter sich gleich sind.

Diese Untersuchung ist hauptsächlich für Compensations-Planimeter, resp. für diejenigen Planimeter, deren Rolle direkt auf dem Plane läuft, von Wichtigkeit, einmal weil der Wert der Noniuseinheit sehr grosse Flächen vorstellt; zweitens, weil die Gleichheit der Abwickelung von der „Strichelung" des Rollenrandes abhängt, und durch wiederholtes Umfahren, je nachdem die Rollenabwickelung einen kleineren oder grösseren Bruchteil der ganzen Rollenumdrehung ausmacht, die Fehler sich summiren, statt sich auszugleichen.

Treten bei den Scheiben- und Kugelplanimetern zwischen den einzelnen Umfahrungen grössere Differenzen bis zu 10 Noniuseinheiten auf, so sind dieselben mehr zufälliger Natur, zeigen sich nicht, wie beim Polarplanimeter, immer an der gleichen Stelle der Rollenteilung und sind hauptsächlich die Folgen von Umfahrungsfehlern, die, wie schon gesagt, auch bei Benützung des Controllineals nicht unbedingt ausgeschlossen sind.

Wird z. B. bei Umfahrung eines Kreises von 8 cm Radius der Fahrstab durch seitlichen (radialen) Druck, vermöge Federung des Fahrstifts, um nur 0,02 mm aus seiner normalen Lage gebracht, so wird hierdurch eine Abweichung von $^1/_{2000}$ der Fläche gleich 10 Noniuseinheiten bewirkt. — Bedenkt man, dass es keines grossen Kraftaufwandes bedarf, um den Fahrstift sogar 0,1 mm seitlich zu federn, so wird man dem Gesagten beipflichten müssen.

Das Gleiche gilt für die Untersuchung, ob die Planimeter bei Vor- und Rückwärtsbefahren eines Kreises mit Controllineal das **gleiche** Resultat ergeben.

Immerhin wird man diese Untersuchungen auch beim Scheiben- und Rollplanimeter vornehmen, um sich zu überzeugen, dass dieselben richtig funktionieren; man kann aber nicht verlangen, dass diese Resultate auf einzelne Noniuseinheiten genau übereinstimmen.

Zur Prüfung der Planimeter Fig. 21, 22 und 23 auf die Gleichheit der Ablesung benützt man am besten die Einstellung für 10 qmm und einen Radius von 6 cm am Controllineal; nach etwa 10 maliger Umfahrung ist in kurzen Zwischenräumen der ganze Umfang der Rolle zur Ablesung gekommen. – Uebersteigen die Differenzen zwischen dem grössten und kleinsten Resultat nicht 2 bis 2,5 Noniuseinheiten, so kann das Planimeter in dieser Beziehung als richtig angesehen werden. Die Fehler treten am deutlichsten hervor, wenn die befahrene Kreislinie mit dem Grundkreise eine Strecke weit nahe zusammenfällt.

In gleicher Weise befährt man den Kreis in negativer Richtung, welche die gleiche Ablesungsziffer ergeben soll wie in positiver Richtung. Eine Correction für beide Fehler gibt es nicht. Ueberschreiten die Differenzen die zulässige Grenze, so liegt der Grund in zu grossem Spielraum irgend einer Achse; in unrichtiger „Strichelung" des Rollenrandes oder in unrichtiger Lagerung oder Beschädigung der Messrollenachse.

In den letzteren beiden Fällen kann nur ein mit der Justirung der Messrollen wohlvertrauter Mechaniker dem Fehler abhelfen.

Fig. 25

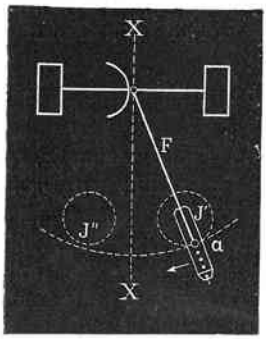
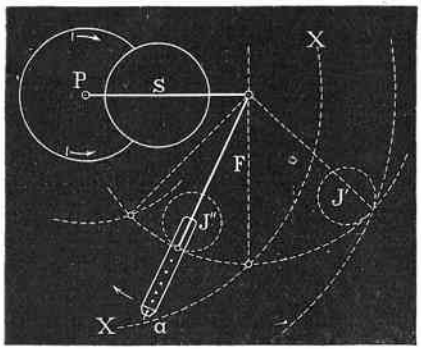


Fig. 26



4) Ob die Rollenabwicklung u bei Umfahrung einer und derselben Figur links oder rechts von der Grundlinie die gleiche ist, d. h. ob die Messrollenachse parallel zum Fahrstab ist, kann ebenfalls mit Hilfe des Controllineals untersucht werden, nur hat man darauf zu achten, dass die beschriebene Kreislinie in beiden Stellungen nicht zu nahe an der Grundlinie XX liegt, da sonst

die Resultate durch die Nähe derselben beeinflusst werden, und der Fehler in den Ablesungen nicht lediglich denjenigen Fehler anzeigen würde, welcher aus der falschen Lage der Messrollenachse entspringt.

Fig. 25 und 26 zeigen die Ausführung dieser Untersuchung für das Roll- und das Scheiben-Planimeter. Ist die Ablesung von J' (also rechts der Grundlinie) grösser als in J" (links), so muss das dem Fahrstift zugekehrte Ende der Messrollenachse nach rechs verschoben werden (und umgekehrt). Dies geschieht durch einseitiges Verschieben des Rahmens der Messrolle, wie bei Beschreibung der Instrumente näher angegeben wurde.

Eig. 27

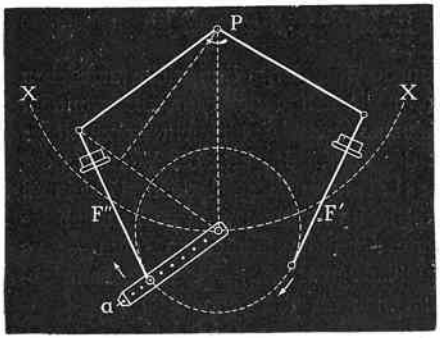


Fig. 28

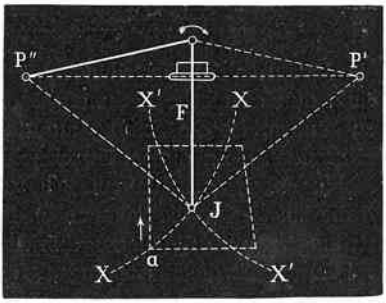


Fig. 27 und 28 zeigt, wie diese Untersuchung bei dem Compensationsplanimeter ausgeführt wird. Gibt die Fahrstabstellung F (mit Pol links vom Fahrstab) ein grösseres Resultat, als diejenige F" (Pol rechts) so muss wiederum das dem Fahrstift zugekehrte Ende der Messrollenachse nach rechts verschoben werden, wenn wie bei Fig. 21 eine solche Correction vorhanden ist. Andernfalls eliminirt man den Fehler vollständig, durch Annahme des arithmetischen Mittels aus den Resultaten beider Stellungen.

5) Ob die in der Tabelle angegebenen Fahrstabeinstellungen, sowie die Constanten für „Pol innerhalb der Figur" richtig sind.

Auch zu dieser Untersuchung kann zuerst das Controllineal verwendet werden, wobei man mehrere Radien desselben benützt und das Mittel aus den Resultaten nimmt. Zur definitiven Bestimmung der Fahrstablänge aber, wird am besten eine gezeichnete Figur (Quadrat, Dreieck) von genau bekanntem Inhalt freihändig umfahren. Sind die Resultate um $\frac{1}{n}$ des Flächeninhalts zu klein, so muss der Fahrstab um $\frac{1}{n}$ seiner Länge verkürzt werden und umgekehrt.

Die Teilung auf dem Fahrstab gibt diese Länge (Abstand zwischen Fahrstab und Drehachse) zu diesem Zwecke mit genügender Genauigkeit an.

Zur Untersuchung der constanten Zahl benützt man ein genügend grosses Quadrat von bekanntem Inhalt J und umfährt dasselbe in der Richtung des Uhrzeigers. Dividirt man den Inhalt J des Quadrates durch den Wert der

Noniuseinheit f, addirt dann die **erste** Ablesung L_1 und **subtrahirt** die **zweite** L_2, so ist der Rest gleich der constanten Zahl.

$$C = \frac{J}{f} + L_1 - L_2$$

6) Man hat nun noch beim Scheibenplanimeter zu untersuchen, ob die Rollenabwickelungen bei Umfahrung einer und derselben Figur sich gleich bleiben, wenn das Rädchen r sich an verschiedenen Stellen des Umfangs der Polscheibe abwickelt, während die Scheibe S innerhalb der beiden Marken auf der Polscheibe bleibt.

VIII. Berechnung der Fahrstablänge und der Einstellungen mittelst der Teilung auf dem Fahrstab.

Um solche Einstellungen, welche in der Tabelle im Etui nicht angegeben sind, durch einfache Rechnung finden, oder die Länge des Fahrstabs ermitteln zu können, ist die Teilung auf dem Fahrstab nebst Nonius ein vorzügliches Hilfsmittel.*) Zu diesem Zwecke sind in der Tabelle im Etui die Werte f^0 der Noniuseinheit auch für natürliche Grösse (1 : 1) in qmm angegeben. Es sei nun a die längste, a_1 die kürzeste in der Tabelle im Etui angegebene Fahrstabeinstellung, f^0 und f^0_1 die zugehörigen Werte der Noniuseinheit in qmm —; es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Flächenwert f^0_2, F sei die Fahrstablänge für den Flächenwert $f^0 - f^0_2$, so hat man die Proportion:

$$\frac{a - a_1}{F} = \frac{f^0 - f^0_1}{f^0 - f^0_2} \text{ hieraus: } F = \frac{(a - a_1)\,(f^0 - f^0_2)}{f^0 - f^0_1} \qquad (1)$$

und: $a_2 = a - F$. (2)

Z. B.: a sei 320,9; $f^0 = 10$ qmm; $a^1 = 128{,}5$; f^0_1 sei 4 qmm, es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Masstab 1 : 2500 mit dem Werte der Noniuseinheit 20 qm : $f^0_2 = 3{,}2$ qmm.

Nach der Gleichung (1) ist

$$F = \frac{(320{,}9 - 128{,}5)\,.\,(10 - 3{,}2)}{(10 - 4)} = 218{,}05$$

somit ist die gesuchte Einstellung a_2 nach Gleichung (2):

$$320{,}9 - 218{,}5 = 102{,}85.$$

Ehe man die so berechneten Einstellungen als endgültig richtig betrachtet, wird man sich noch durch Umfahrung von Probeflächen von deren Richtigkeit überzeugen.

In gleicher Weise kann die der Flächeneinheit (10 qmm) entsprechende Länge des Fahrstabs (Abstand der Fahrstiftspitze von der Drehachse des Polarms) ermittelt und durch einfache Proportion diese Länge für einen beliebigen Flächenwert berechnet werden. Aus obigem Beispiel berechnet sich die Länge des Fahrstabs für 10 qmm zu 320,65, der Nonius am Fahrstab ist also um + 0,25 versetzt gegen die wirkliche Fahrstablänge; diese constante Grösse ist jedesmal zur berechneten Fahrstablänge zu addiren, oder, wenn dieselbe negativ ist, zu subtrahiren, um die richtige Einstellungszahl zu finden.

Um z. B. die Einstellungszahl für 6,4 qmm im obigen Falle zu finden, hat man nur die Fahrstablänge für 10 qmm 320,65 mit 0,64 zu multipliziren

*) Siehe hierüber F. Lorber: Zeitschr. für Verm.-Wesen 1883, Heft 17.

= 205,21 und hiezu obige constante Verschiebung des Nonius + 0,25 zu addiren und erhält dann die richtige Einstellungszahl 205,46.

Wenn die Fahrstablänge bekannt ist, so kann man dieselbe, wenn eingeschrumpfte Pläne berechnet werden sollen, so ändern, dass das Planimeter die Fläche richtig angibt. Es sei z. B. ein Plan zu berechnen, welcher in der einen Richtung um 1 % in der andern um 0,5 % eingeschrumpft ist, die Flächen werden daher um 1,5 % (1,495 %) zu klein sein. Man braucht daher nur den Fahrstift um 1,5 % zu verkürzen, also in obigem Beispiel statt der Einstellung 320,9 den Fahrstab auf 316,1 zu stellen, worauf der Planimeter die richtige Fläche angeben wird. (320,65 × 0,015 = 4,81; 320,9 — 4,8 = 316,1).

Die angeführten Vorteile der Fahrstabteilung sollten bei der Wahl eines Planimeters stets für einen solchen mit geteiltem Fahrstab ausschlaggebend sein.

Wir geben nun zum Schluss eine

IX. Zusammenstellung der Leistungsfähigkeit der gebräuchlichsten neuen Planimeter von G. Coradi.

Name des Planimeters		Fahrstablänge von Fahrstift bis Drehachse		Wert der Nonius-Einheit		Grösse der auf einmal umfahrbaren Fläche		Genauigkeit einer Umfahrung mit Controllineal im Radius	
		grösste	kleinste	grösster	kleinster	Höhe	Breite	10 cm	2 cm
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	circa	
Grosses Kugelrollplanimeter		25	8	1	0,4	beliebig gross	25	1/5000	1/500
mit Verlängerung		50		2		„	50	1/2500	
Kleines Kugelrollplanimeter		20	5	0,8	0,32	„	20	1/5000	1/500
mit Verlängerung		40		1,5		„	40	1/2500	
Scheibenplanimeter		30	7,5	2	0,5	25	20	1/4000	1/500
Compensationsplanimeter	Fig. 21	16	3,2	10	2	25	25	1/2000	1/125
	Fig. 22	16	10	10	6,25	25	25		
	Fig. 23	16	12	10	7,5	25	25		

XI. Tabelle für Benützung des Controllineals.

	Werte der Nonius-Einheit für 1 : 1 (f_0)	Masstab des Planes $\frac{1}{n}$	Werte d. Nonius-Einheit (f) für den Masstab des Planes	Differenz der Ablesungen ($L_2 - L_1$) für einmalige Umfahrung von Kreisen vom Radius 1 cm bis 10 cm									
				1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm
1	10 qmm	1 : 1000	10 qm	*0,03,14	0,12,56	0,28,27	0,50,26	0,78,54	1,13,09	1,53,93	2,01,06	2,54,47	3,14,16
2	7	1 : 3333$^{1}/_{3}$	100 „	0,03,49	0,13,96	0,31,41	0,55,85	0,87,26	1,25,66	1,71,04	2,23,40	2,82,74	3,49,06
3	$8^{8}/_{9}$	1 : 1500	20 „	0,03,53	0,14,13	0,31,8	0,56,54	0,88,35	1,27,23	1,73,17	2,26,18	2,86,27	3,53,42
4	8	1 : 500	2 „	0,03,92	0,15,7	0,35,33	0,62,83	0,98,17	1,41,37	1,92,41	2,51,33	3,18,09	3,92,70
5	7,5	1 : 2000	30 „	0,04,18	0,16,75	0,37,69	0,67,02	1,04,72	1,50,79	2,05,24	2,68,08	3,39,29	4,18,88
6	250/36	1 : 2400	40 „	0,04,52	0,18,09	0,40,71	0,72,38	1,13,09	1,62,86	2,21,66	2,89,52	3,66,43	4,52,39
7	6,4	1 : 1250	10 „	0,04,9	0,19,63	0,44,18	0,78,54	1,22,71	1,76,71	2,40,51	3,14,16	3,97,61	4,90,85
8	6,25	1 : 4000	100 „	0,05,02	0,20,1	0,45,23	0,80,42	1,25,66	1,80,96	2,46,30	3,21,59	4,07,15	5,02,65
9	50000/8281	1 : 1820	20 „	0,05,2	0,20,81	0,46,82	0,83,24	1,30,08	1,87,28	2,54,95	3,32,96	4,21,38	5,20,31
10	400000 74529	1 : 2730	40 „	0,05,85	0,23,41	0,52,67	0,93,64	1,46,39	2,10,69	2,86,82	3,74,57	4,74,03	5,85,35
11	640/125	1 : 6250	200 „	0,06,13	0,24,54	0,55,22	0,98,17	1,53,36	2,20,88	3,00,63	3,92,70	4,96,98	6,13,56
12	5	1 : 2000	20 „	0,06,28	0,25,13	0,56,54	1,00,52	1,57,08	2,26,19	3,07,86	4,02,12	5,08,89	6,28,32
13	3125 648	1 : 1440	10 „	0,06,51	0,26,06	0,58,62	1,04,24	1,62,86	2,34,50	3,19,18	4,16,96	5,27,63	6,51,44
14	$4^{4}/_{9}$	1 : 3000	40 „	0,07,06	0,28,26	0,63,61	1,13,09	1,76,71	2,54,47	3,46,34	4,52,36	5,72,54	7,06,84
15	4	1 : 5000	100 „	0,07,85	0,31,41	0,70,68	1,25,66	1,96,34	2,82,74	3,84,82	5,02,66	6,36,18	7,85,40
16	3,2	1 : 2500	20 „	0,09,81	0,39,27	0,88,35	1,57,08	2,45,43	3,53,42	4,81,02	6,28,32	7,95,19	9,81,75
17	0,0125 □'	österr. Mass 1" = 40°	20 □°	0,03,62	0,14,48	0,32,59	0,57,95	0,90,54	1,30,39	1,77,47	2,31,80	2,93,37	3,62,19
18	0,01 „	1" = 20°	4 „	0,04,52	0,18,11	0,40,74	0,72,44	1,13,18	1,62,99	2,21,85	2,89,76	3,66,71	4,52,75
19	„	engl. Mass	□'	1"	2	3"	4"						
20	0,0125 „	1" = 40' (1 : 480)	20 „	0,25,13	1,00,53	2,26,19	4,02,12						
21	$\frac{1}{90}$ „	1" = 30' (1 : 360)	10 „	0,28,27	1,13,09	2,54,47	4,52,39						
22	0,01 „	1" = 100' (1 : 1200)	100 „	0,31,41	1,25,66	2,82,74	5,02,66						
23	0,0144 „	russ. Mass 1" = 100 Sagène	Dessiatin 0,06	0,21,81	0,87,26	1,96,35	3,49,06						
24	0,012 „	1 — 100 Sagène	0,05	0,26,18	1,04,72	2,35,62	4,18,87						

*) Die Ablesungen an Zählscheibe, Rolle und Nonius sind je durch ein Komma getrennt. Für das Rollplanimeter u. Scheibenplanimeter, wo f_0 10mal kleiner ist, rückt das Komma 1 Stelle nach rechts.

NB. Für solche Verhältnisse, welche in obiger Tabelle nicht angegeben sind, lässt sich der zugehörige Wert der Nonius-Einheit leicht berechnen. Ist dieser Wert für das Verhältnis $\frac{1}{n} = f$, so ist er bei der gleichen Fahrstablänge für das Verhältnis $\frac{1}{u \cdot m} = f \cdot m^2$.

Z. B. für $\frac{1}{500}$ sei der Wert $f = 2$ qm, so ist

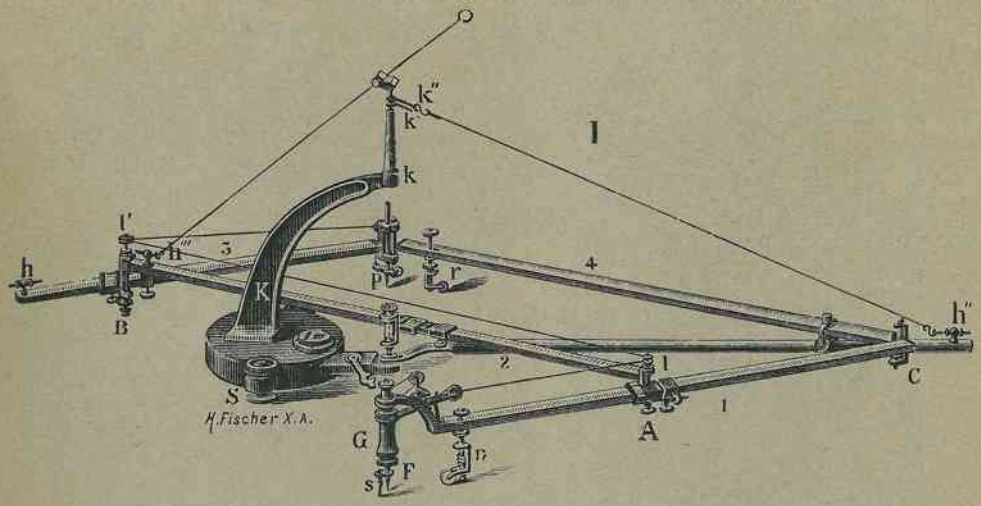
f „ $\frac{1}{500 \cdot 2}$ oder $\frac{1}{1000} = 8$ „ $= (2 \cdot 2^2)$.

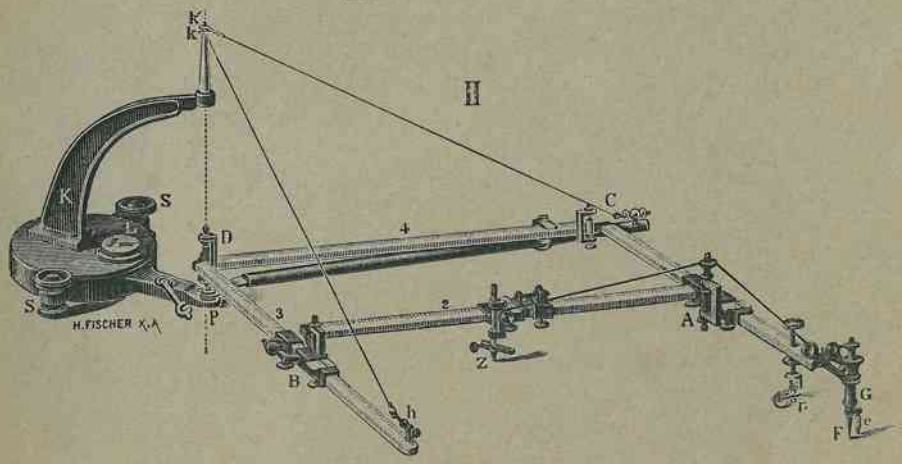
„ „ $\frac{1}{500 \cdot 5}$ „ $\frac{1}{2500} = 50$ „ $= (2 \cdot 5^2)$.

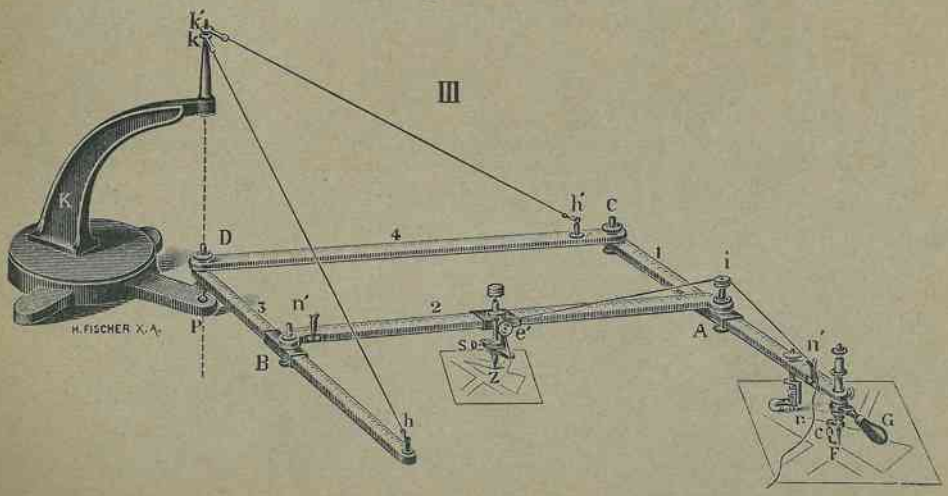
„ „ $\frac{1}{500 \cdot 6}$ „ $\frac{1}{3000} = 72$ „ $= (2 \cdot 6^2)$.

Präzisions-Pantographen

vollkommenstes Instrument zum Verkleinern, Vergrössern und Copieren von Plänen.



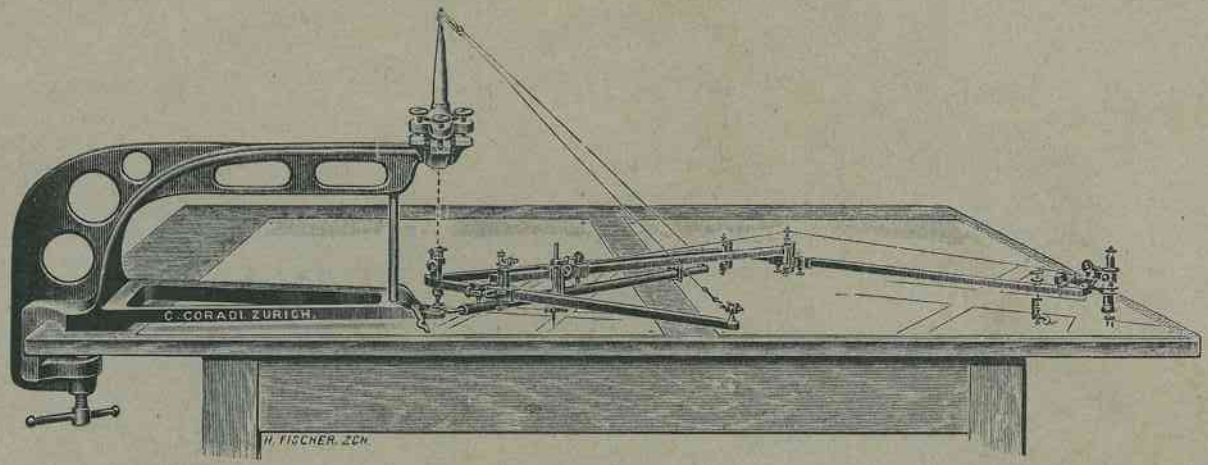




Neu! Neu!

Pantographengestell mit freischwebendem Fuss

konstruiert von **G. Coradi, Zürich IV**



Erleichtert ungemein die Orientierung von Reduktion und Original, namentlich sehr vorteilhaft für starke Reduktionen ($^1/_5$ bis $^1/_{20}$).

Das Gestell kann nachgeliefert werden.