

Die Hohmann-Coradi'schen
Präzisions-Planimeter

deren Beschreibung und Anwendung

von

G. Coradi in Zürich

(mit einer Theorie des Rollplanimeters von F. H. Reitz)

herausgegeben von

Luckhardt & Alten,
CASSEL

Commission und Export mathematischer Instrumente

in deren Händen

das Alleinverkaufsrecht der Coradi'schen Planimeter für
sämtliche nichtdeutschen Länder ruht.



Frankfurt a. M.

Druck von C. Adelman.

1884.

Inhalt.

Vorwort	2
Einleitung	3
I. Beschreibung der Planimeter:	
a) das freischwebende Präzisionsplanimeter	4
b) das einfache Präzisionsplanimeter	6
c) das Linearrollplanimeter	6
II. Theorie des Linearrollplanimeter von F. H. Reitz	7
III. Gebrauch und Prüfung der Planimeter	11
IV. Genauigkeitsvergleich verschiedener Planimeter	16



VORWORT.

Vorliegende Abhandlung bezweckt einerseits, die Vorzüge und Einrichtung der Hohmann-Coradi'schen Präzisionsplanimeter weiteren Fachkreisen bekannt zu geben, anderseits den Besitzern solcher Instrumente als Leitfaden beim Gebrauch und der Justirung derselben zu dienen.

Eine in diese Arbeit mit Einwilligung des Verfassers aufgenommene kurze und klare Theorie des Rollplanimeters, welche Herr F. H. Reitz in der **Zeitschrift für Vermessungswesen**, XIII. Band 1884, Heft 20, veröffentlicht hat, dürfte nicht wenig zum vollkommenen Verständniss der Construction dieser Instrumente beitragen.

Ausserdem wird in dieser Beziehung auf die bereits früher über die Hohmann-Coradi'schen Planimeter erschienene reiche Literatur, die bei Abfassung vorliegender Abhandlung theilweise benutzt wurde, hingewiesen und dieselbe hiermit namhaft gemacht:

- Zeitschrift für Vermessungswesen, IX. Band 1881, Heft 3. (*Coradi.*)
- Broschüre: Die Präzisionsplanimeter 1882. Erlangen. (*Hohmann.*)
- Zeitschrift für Instrumentenkunde 1882. Heft 9 und 10. (*Prof. Lorber.*)
- Zeitschrift für Vermessungswesen 1882. (*F. H. Reitz.*)
- Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1882. (*Prof. Dr. Tinter.*)
- Sitzungsberichte der kaiserlichen Academie der Wissenschaften. Wien. 1882. (*Kajaba.*)
- Technische Blätter für das Königreich Böhmen. Prag 1882. (*Prof. Czuber.*)
- do. do do. 1884. ders.
- Zeitschrift Oesterr. für Berg- und Hüttenwesen 1883 (*Prof. Lorber.*)
- Zeitschrift für Vermessungswesen 1884. Heft 1. (*Prof. Lorber.*)
- Centralzeitung für Optik und Mechanik 1884. Nr. 7. (*G. Fischer.*)
- Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1884. Heft 1. (*Ing. F. Klein.*)
- Broschüre von Hohmann, 1883, Erlangen (*A. Deichert*), mit einem Nachtrag (das Rollplanimeter betreffend) 1884.
- Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, IV. Heft 1884. (*Prof. Lorber.*)

Sämmtliche citirte Abhandlungen urtheilen äusserst günstig über diese neuen Planimeter. Der Umstand, dass seit 1881 bereits 130 solcher Instrumente gekauft wurden, sowie das grosse Interesse, welches dieselben in der gesammten Fachpresse gefunden haben, sprechen dafür, dass das Bedürfniss nach einem genauen und doch nicht zu kostspieligen und zu complicirten Planimeter thatsächlich vorhanden ist.

Zürich, October 1884.

G. Coradi.

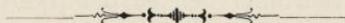
Einleitung.

Die Einrichtung und der Gebrauch des gewöhnlichen Amslerschen Polarplanimeters und dessen Modifikationen, wird als bekannt vorausgesetzt, oder auf die Brochüre von G. Coradi verwiesen, welche denselben als Gebrauchsanweisung beigelegt wird und gratis zu haben ist. Für gewöhnliche Arbeiten werden diese Instrumente ihrer unübertrefflichen Einfachheit und Billigkeit halber stets Verwendung finden. — Soll dagegen ein höherer Genauigkeitsgrad der Flächenmessung erreicht werden, so genügen dieselben nicht, weil sie zu unempfindlich sind und von der Beschaffenheit des Papiers, auf welchem die Messrolle sich bewegt, zu sehr beeinflusst werden, namentlich auf älteren faltigen Plänen, oder wenn am Rand des Planes gemessen wird und die Rolle denselben überschreiten muss.

Die Präzisionsplanimeter, welche nach dem von Hohmann schon im Jahre 1876 aufgestellten Princip von G. Coradi construirt wurden, sind von diesen Uebelständen frei. Die Messrolle bewegt sich nicht auf dem Plane selbst, sondern auf einer ebenen Scheibe, die ein Bestandtheil des Instruments ist; ferner ist der Flächenwerth des kleinsten an der Theilung der Messrolle abzulesenden Theils (Nonius-einheit) bei gleicher Fahrarmlänge 10 bis 20 mal kleiner als beim gewöhnlichen Polarplanimeter, aus welchem Umstand an und für sich schon eine 10 bis 20 mal grössere Genauigkeit gefolgert werden kann, welche Folgerung auch nach den Versuchen mehrerer Autoritäten mit verschiedenen Instrumenten, wirklich richtig ist.

Selbstverständlich bedarf ein so empfindliches Instrument, mit welchem so genau gemessen werden kann, als es überhaupt möglich ist zu zeichnen, und nachzufahren, einer sorgfältigen Handhabung und Instandhaltung, wesshalb das in dieser Abhandlung hierüber Gesagte der besten Beachtung empfohlen sei, als das Resultat vielfacher Versuche und Erfahrungen.

Die nachstehend beschriebenen Instrumente sind in ihrer ganzen Einrichtung nunmehr so vervollkommenet, dass, wie die Centralzeitung für Optik und Mechanik sagt: „kaum mehr etwas zu verbessern und zu vereinfachen übrig bleibt“.

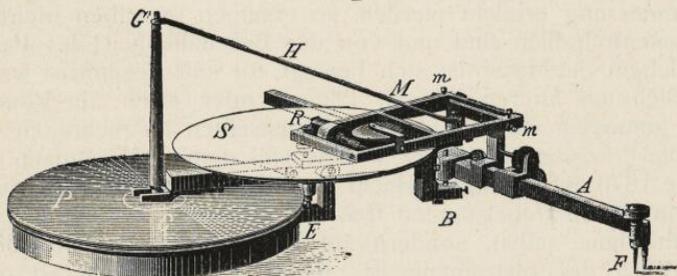


I. Beschreibung der Instrumente.

a) Das freischwebende Präzisionspolarplanimeter.

Nebenstehende, nach einer Photographie des ersten Instruments angefertigte Abbildung, Fig. I, stellt dasselbe in etwa $\frac{1}{4}$ der natürlichen Grösse dar. Die Construction ist inzwischen noch verbessert worden, so dass die Figur nicht mehr ganz mit der wirklichen Ausführung übereinstimmt, letztere kann jedoch mit Zuhilfenahme der Abbildung Fig. II klar veranschaulicht werden.

Fig. I.



Zur leichteren Erklärung denke man sich das Instrument auf eine horizontale Unterlage gestellt. Das freischwebende Planimeter hat, wie das Amsler'sche, zwei Arme, den um C drehbaren Polarm BE und den Fahrarm A . Der Polarm trägt bei E eine senkrecht stehende in zwei harte Stahlspitzen endigende Axe, auf welcher oben die horizontale mit Papier überzogene Scheibe S aus Hartgummi, unten ein fein geriffelter Cylinder von 11mm Durchmesser centrisch befestigt ist, die obere Spitze dieser Axe läuft oben in dem feinen Loch einer Stahlplatte, welche an einer vom Pol über die Scheibe S reichenden Verlängerung des Polarms befestigt ist (siehe Fig. II), die untere Spitze läuft in einem Bolzen, welcher mittelst einer Schraube, behufs Beseitigung etwaigen Spielraums, der Axe genähert werden kann. Die messingene mit Blei gefüllte Polplatte P ist genau abgedreht, und ihr vorspringender Rand mit der gleichen Riffelung versehen, wie der Cylinder an der Axe der Scheibe S . Im Centrum der Platte P ist ein konisches Loch, in welches die stählerne Polaxe CG genau passend eingesteckt wird. Der Polarm trägt an seinem linken Ende eine gabelförmig geschlitzte Stahlplatte, welche sich über den an der Axe CG knapp über der Polplatte befindlichen kurzen und steilen Conus schieben lässt. Wird nun die Spange H bei G und am rechten Ende des Polarms eingehängt, so wird das Instrument von dem Gewicht P getragen und presst mit einer Componente seines Gewichts sowohl die geriffelte Laufrolle bei E an den geriffelten Rand der Polplatte P als auch

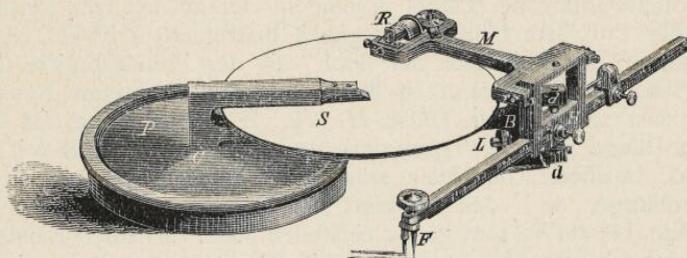
das gabelförmig geschlitzte Ende des Polarms auf den darunter befindlichen Conus der Polaxe, so dass sich das ganze Instrument um die Axe CG ohne jeden todten Gang drehen lässt und hierbei die geriffelte Laufrolle E stets in innigem Contact mit dem geriffelten Rand der Polplatte bleibt; das ganze Instrument schwebt frei und ruht ausser der Polplatte nur noch mit der Fahrstiftspitze F auf dem Plan. Der Fahrarm A ist 30 cm lang aus 4kantigem Neusilberrohr, lässt sich in der Hülse H (Fig. II) verschieben, ist seiner ganzen Länge nach in $\frac{1}{2}$ mm getheilt, und, beim Fahrstift mit 0 beginnend, beziffert. Die Hülse trägt einen Nonius, so dass sich die Fahrarmlänge, d. i. der Abstand der Fahrarmaxe von der Fahrstiftspitze, bis auf $\frac{1}{40}$ mm genau einstellen lässt, zur feinen Einstellung dient eine kürzere Hülse, welche mit der längeren durch eine Mikrometerschraube verbunden ist. In der Mitte der Fahrarmhülse ist die Drehaxe des Fahrarmes befestigt, welche am rechten Ende des Polarmes zwischen Spitzen gelagert ist. Am oberen Theil der Fahrarmhülse ist der Rahmen M , welcher die Messrolle R trägt, zwischen Spitzen $m m$ eingehängt, so dass er sich um $m m$ heben und senken lässt und mit seinem Uebergewicht die Messrolle R auf die Scheibe S drückt. An dem Theilkreis der Messrolle, deren Axe im Rahmen M parallel zum Fahrarm gelagert ist, lassen sich mittelst Nonius $\frac{1}{1000}$ Umdrehungen derselben ablesen; ein mit der Messrollenaxe durch Schneckengewinde in Verbindung stehendes Zählrad gibt auf seinem Theilkreis die ganzen Umdrehungen der Messrolle bis 40 an. Neben dem Fahrstift befindet sich eine um denselben drehbare, in der Höhe verstellbare Stütze, welche das Beschädigen des Plans durch die Fahrstiftspitze verhindern soll. Bei Benutzung des Control-Lineals wird dieselbe abgenommen.

Bewegt man das ganze Instrument um die Axe CG , so dreht sich die Scheibe S und theilt ihre Bewegung der auf ihr ruhenden Messrolle mit, im Verhältniss ihres Abstandes vom Mittelpunkt von S . Dreht man den Fahrarm bei stille stehendem Polarm, so gleitet die Messrolle, ohne sich zu drehen, längs eines Kreisbogens auf S . — Constructionsbedingungen bei diesem Instrument sind: 1) Fahrstiftspitze und Fahrarmaxe sollen in einer zum Fahrarm parallelen Ebene liegen und die Messrollenaxe dieser Ebene parallel sein. 2) Die Axe CG , die Axe der Scheibe S und die Fahrarmaxe sollen in einer Vertikalebene liegen. — Der Werth der Noniuseinheit ist bei der längsten Fahrarmeinstellung 2 □mm, bei der kürzesten 0,5 □mm; in ersterer Stellung können Flächen bis 400 □cm, in letzterer bis 30 □cm mit dem Fahrstift umfahren werden.

Die vollständige Unabhängigkeit von der Beschaffenheit seiner Unterlage und die grosse Genauigkeit und Zuverlässigkeit seiner Angaben **sichern diesem Instrument stets den ersten Platz unter allen Planimetern.**

b) Das einfache Präzisionspolarplanimeter.

Fig. II.



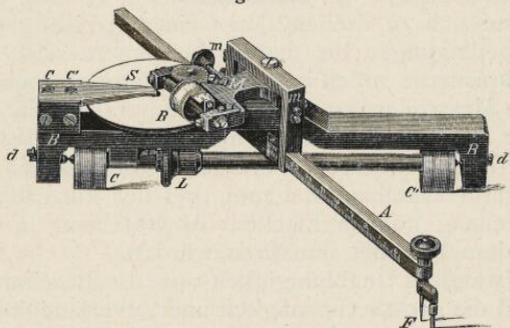
Dieses in Fig. II in etwa $\frac{1}{4}$ der natürlichen Grösse abgebildete Instrument ist in allen Theilen etwas kleiner als das freischwebende Planimeter und unterscheidet sich ausserdem von diesem **nur** durch die einfachere Verbindung der Polplatte *P* mit dem eigentlichen Planimeter, welche die Anwendung einer Stützrolle *L* auf dem Plan erfordert. Der getheilte Fahrarm ist 20 cm lang und gestattet die Einstellung für Werthe der Noniuseinheit von 1 □mm bis 0,4 □mm; in ersterer Stellung können Flächen bis zu 200 □cm, in letzterer solche bis zu 30 □cm umfahren werden. Das Zählrad gibt 10 Umdrehungen an.

Dieses Instrument eignet sich besonders zur Messung kleinerer Flächen, für welche bei ebener Unterlage die gleiche Genauigkeit wie mit dem freischwebenden erreicht werden kann.

c) Das Roll-Linearplanimeter.

Die Construction dieses **originellen Instruments** ist aus den Abbildungen Fig. III ($\frac{1}{4}$ d. w. Gr.) u. Fig. IV ($\frac{3}{5}$ d. w. Gr.) ersichtlich.

Fig. III.



Während die ad a) und b) beschriebenen Instrumente sich um einen Punkt (Pol) drehen, bewegen sich die Rollplanimeter in gerader Linie fort, wesshalb dieselben auch „Linearplanimeter“ genannt werden.

In dem Gestell *B B* ist zwischen Spitzen eine Stahlaxe eingelagert; an dieser sind zwei Cylinder *C C*, deren Rand rauh

gemacht ist, befestigt, diese ruhen auf dem Plan und drehen sich um ihre Axe, wenn das Gestell *B* mittelst des Fahrarms *A*, der sich um eine in *B* befestigte vertikale Axe drehen lässt, vor- oder rückwärts bewegt wird. Vermöge ihrer Adhäsion auf dem Papier und der Gleichheit ihrer Durchmesser geben die beiden Cylinder dem Gestell *B* ohne Weiteres eine geradlinige Führung auf dem Plan.

Die Bewegung dieser Cylinder wird durch eigenthümlich gestellte conische Zahnrädchen auf die ebene Scheibe *S* übertragen, deren verticale Axe in dem Gestell *B* zwischen Spitzen läuft. Das obere Lager dieser Axe wird durch eine Stahlplatte gebildet, welche sich mittelst der Schrauben *c c'* etwas heben und senken lässt, zur Beseitigung etwaigen Spielraums. Die Einrichtung des Fahrarms und dessen Hülse, sowie des Rollenrahmens *M* und der Messrolle *R* ist ganz gleich wie bei den unter a) und b) beschriebenen Instrumenten. Das Zählrad gibt bis 20 Umdrehungen der Messrolle an. Da mit diesen Instrumenten sehr grosse Flächen umfahren werden können, so wird auf Wunsch auch ein Differentialzählrad angebracht, welches bis 420 Umdrehungen angibt; der Theilkreis desselben hat zwei Eintheilungen, von denen die äussere die einzelnen Umdrehungen der Messrolle, die innere die einzelnen Umdrehungen des Zählrades angeben, so dass also jede Intervalle der äusseren Theilung 1000, der inneren Theilung 20,000 Noniuseinheiten bedeutet.

Diese Instrumente werden in zwei Grössen angefertigt, das kleine, Fig. IV ($\frac{3}{5}$ d. w. G.), hat 20 cm langen Fahrarm für Werthe der Noniuseinheit von 0,6 bis 0,2 mm, das grössere Instrument, Fig. III, hat 30 (auf Wunsch auch 50 cm) Fahrarmlänge, und der Werth der Noniuseinheit ist 2 mm bis 0,5 mm. Mit dem Fahrstift der Rollplanimeter lassen sich Flächen von beliebiger Länge umfahren, deren Breite etwas grösser ist als die eingestellte Fahrarmlänge.

Die Führung dieser Instrumente ist sehr leicht, ihre Aufstellung zur Figur einfacher als die des gewöhnlichen Polarplanimeters. Bei sorgfältiger Handhabung lässt sich mit denselben auf einigermaßen ebenem Papier die gleiche Genauigkeit wie mit dem freischwebenden Planimeter erreichen.

II. Theorie des Rollplanimeters

von F. H. Reitz. Zeitschrift für Vermessungs-Wesen. 1884, Heft 20.

„Die Anzahl der Planimeterconstructions ist kürzlich wieder um eine neue Anordnung, die wir hier zur Mittheilung bringen, vermehrt worden.

In dieser Zeitschrift wurde in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Abhandlungen über die successiv bekannt werdenden neuen Constructions von Planimetern veröffentlicht, nämlich über verschiedene Varietäten des Amsler'schen Planimeters, über das Hohmann-Coradi'sche Präzisionsplanimeter, das Günther'sche Planimeter, das Kloht'sche Planimeter, endlich über das freischwebende Hohmann-Coradi'sche Planimeter. Diesen Instrumenten reiht sich

nun das hier zu beschreibende **Rollplanimeter** als das Resultat der bei den ausgedehnten Versuchen und vielfachen Aenderungen von Herrn Coradi gemachten Erfahrungen an, die ihn zu dieser eigenthümlichen Lösung der vorliegenden Aufgabe führten.

Das neue Instrument vereinigt vier gute Eigenschaften, die als bekannte Bedingung für Planimeterconstructions hingestellt werden. Erstens ist der Werth der Noniuseinheit ein so kleiner, dass auch Flächen von sehr geringer Grösse damit genügend genau bestimmt werden können und dass es hierin den übrigen Planimetern, welche der Lösung dieser Aufgabe gewidmet sind, eine scharfe Concurrenz macht. Zweitens ist der zu umziehende Raum für eine Aufstellung des Instruments im Verhältniss zu den Dimensionen desselben ein sehr grosser, besonders bei langgestreckten Figuren, die in der Praxis sehr häufig vorkommen. Drittens sind die Resultate nahezu gar nicht beeinflusst von der Beschaffenheit der Oberfläche des Papiers, auf welchem sich die Zeichnung befindet, und viertens verbürgt die ganze Anordnung eine lange Dauer der guten Erhaltung aller Theile.

In Fig. IV ist das Instrument nach einer Photographie abgebildet.

Zwei fest auf einer Axe sitzende Rollen vom Radius R_1 , deren Rand auf eine eigenthümliche Weise rauh gemacht ist, tragen ein Gestell B , auf dem die Scheibe A und die Axe des Fahrarmes F angebracht ist. Das Ganze bewegt sich in beliebig langer Strecke auf den genannten Rollen in gerader Linie auf dem Papier dahin, während man mit dem Fahrstift die zu messende Figur umzieht.

Auf der die beiden Rollen vom Radius R_1 tragenden Axe ist ausserdem ein feingezahntes conisches Rädchen vom Radius R_2 angebracht. Dieses conische Rädchen greift in ein zweites kleineres vom Radius R_3 ein. Durch letzteres Rädchen, welches auf der Axe der Scheibe A sitzt, wird also diese Scheibe gedreht, sobald das Planimeter sich rollend weiter bewegt.

Auf der Scheibe A ruht die integrirende Rolle E . Dieselbe wird durch einen zum Fahrarm rechtwinklig angebrachten, zwischen Spitzen frei beweglichen Arm, durch die Drehung des Fahrarms auf der Scheibe A , hin und her bewegt. Die Achse der Integrirrolle ist parallel zum Fahram. Das obere Lager der Axe der Scheibe A wird durch eine Stahlplatte c_1 gebildet.

Obwohl nach der allgemeinen Theorie des Planimeters mit Integrirrolle es gleichgültig ist, in welcher Linie das eine Ende des Fahrarms geführt wird, so ist hier doch wegen einiger praktischen Vortheile in der Ausführung eine möglichst genaue Führung in gerader Linie gewählt. Eine sich etwa vorfindende geringe Abweichung der Führung von der geraden Linie würde aber aus dem genannten Grunde keinen Fehler im Resultat bedingen.

Wegen der hier vorliegenden Führung des Drehpunktes des Fahrarms in gerader Linie, empfiehlt es sich für die Entwicklung der Theorie des Instruments, ein rechtwinkliges Coordinatensystem anzunehmen, dessen Abscissenaxe diese gerade Linie ist.

Die Bewegung des Fahrstifts bei Umziehung einer Figur denkt

man sich in zwei Bewegungen, parallel und rechtwinklig zur Abscissenaxe zerlegt. Da letztere Bewegung, in der Richtung der Ordinatenaxe, nur eine in gleichem Maasse bis zur Rückkehr zum Anfangspunkt der Umziehung erfolgende Hin- und Herbewegung des Fahrstiftes ist, so wird keine dauernde Fortbewegung eines Punktes des Umfanges der Integrirrolle durch diese Bewegung bewirkt und man hat nur die differentiale Bewegung des Fahrstiftes in der Richtung der Abscissenaxe zu betrachten.

Mit Bezug auf Figur V, die dieselben Bezeichnungen für die Theile des Instruments wie Figur IV trägt und derselben Lage des

Fig. IV.

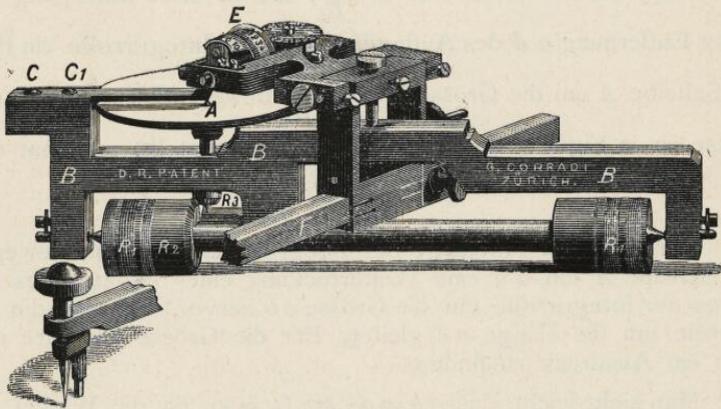
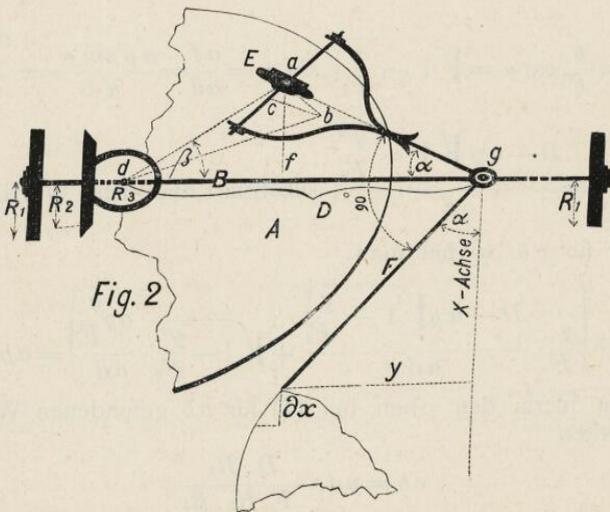


Fig. V.



Instrumentes entspricht, in der es Figur IV darstellt (wobei D den Abstand der Fahrarmaxe von der Scheibenaxe bedeutet), wäre zu entwickeln, wie gross bei der Bewegung des Fahrstifts um dx , die Bewegung eines Punktes des Umfanges der Integrirrolle E sein wird. Diese Bewegungsgrösse muss sich als ein Product des Differentials der Fläche, bezogen auf rechtwinklige Coordinaten ($y dx$) und einer aus Dimensionen des Instruments gebildeten Constanten ergeben, wenn die Construction des Planimeters richtig ist.

Bewegt sich der Fahrstift um dx , so bewegt sich auch ein Punkt des Umfanges der Rollen vom Radius R_1 um dx . Dann bewegt sich ein Punkt des Theilrisskreises des conischen Rädchens vom Radius R_2 um die Grösse $dx \frac{R_2}{R_1}$. Durch diese Bewegung wird in der Entfernung ad des Auflagepunktes der Integrirrolle ein Punkt der Scheibe A um die Grösse $dx \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{ad}{R_3}$ bewegt. Diese Bewegungsgrösse ist in Figur V durch die Linie ab dargestellt, man hat also:

$$ab = dx \frac{R_2 ad}{R_1 R_3} \quad (1)$$

Vermöge der Axenlage der Integrirrolle bringt die Bewegung der Scheibe A um ab eine Weiterrückung eines Punktes des Umfanges der Integrirrolle um die Grösse cb hervor, während die Integrirrolle um die Länge ac gleitet. Für die Grösse cb wäre demnach ein Ausdruck zu finden.

Man sieht leicht, dass $cb = ab \sin(\alpha + \beta)$, da die Winkel dad und $caag$ beide gleich 90° zu setzen sind, also $caf = \alpha$ und $fab = \beta$ ist. Es ist nun $\sin(\alpha + \beta) = \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta$; ferner

$$\sin \alpha = \frac{y}{F}, \cos \alpha = \sqrt{1 - \frac{y^2}{F^2}}, \sin \beta = \frac{af}{ad} = \frac{ag \sin \alpha}{ad} = \frac{ag \frac{y}{F}}{ad},$$

$$\cos \beta = \frac{df}{ad} = \frac{D - ag \sqrt{1 - \frac{y^2}{F^2}}}{ad};$$

substituirt man diese Werthe in dem

Ausdruck für cb , so hat man:

$$cb = ab \left(\frac{y}{F} \cdot \frac{D - ag \sqrt{1 - \frac{y^2}{F^2}}}{ad} + \sqrt{1 - \frac{y^2}{F^2}} \cdot \frac{ag \frac{y}{F}}{ad} \right) = ab \frac{y D}{F a d};$$

setzt man hierin den oben bei (1) für ab gefundenen Werth, so wird erhalten:

$$cb = y dx \frac{D \cdot R_2}{F \cdot R_1 \cdot R_3}; \quad (2)$$

was zu beweisen war.

Integrirt man Gleichung (2), so wird erhalten, da die Summe der $c b$ gleich der Ablesungsdifferenz multiplicirt mit dem Umfang der Integrirrolle, und $\int y dx$ gleich dem Inhalt der umzogenen Figur ist, wenn man den Umfang der Integrirrolle mit U und den Inhalt der Figur mit J , ferner die Ablesungsdifferenz mit N bezeichnet:

$$J = N \cdot \frac{U \cdot R_1 R_3 F}{R_2 \cdot D} \quad (3)$$

Die Formel (3) zeigt, dass die Entfernung ag der Rolle vom Drehungspunkt des Fahrarms g gleichgültig ist und keinen Einfluss auf die Angaben des Instruments hat.

In gleicher Weise lässt sich auch die Theorie der ad a) und ad b) beschriebenen Planimeter ableiten, wenn der Entwicklung derselben ein Polarcoordinatensystem zu Grunde gelegt wird.“

III. Gebrauch und Prüfung der Präzisionsplanimeter.

Die Anwendung dieser Planimeter ist im Allgemeinen ganz gleich wie die des gewöhnlichen Polarplanimeters. Man merke sich vor Allem folgende allgemeine Regeln:

1. Man bewege das Instrument beim Gebrauch in sehr langsamem Tempo, namentlich wenn die Messrolle nahe an den Rand der Scheibe S kommt; so dass sich die Messrolle nicht schneller bewegt, als die Ziffern auf dem Theilkreis derselben während der Bewegung noch getrennt erscheinen.
2. Der Anfangspunkt für die Umfahrung der Figuren soll stets so gewählt werden, dass Fahrarm und Polarm, bzw. Fahrarm und Laufwalze einen rechten Winkel bilden, weil nur in dieser Stellung derjenige Fehler unschädlich ist, welcher daraus entsteht, dass die Fahrstiftspitze nach der Umfahrung nicht genau auf den Anfangspunkt derselben zurückgeführt wird.
3. Alle drehbaren Theile der Instrumente sollen sich leicht (die Messrolle spielend leicht) drehen lassen, aber ohne den geringsten Spielraum.

Ehe man also das Instrument in Gebrauch nimmt, wird man sich von dessen guten Zustand im Allgemeinen überzeugen:

Die Fahrarmaxe und die Axe mm des Rollenrahmens M müssen leicht gehen, aber nicht den geringsten Spielraum zwischen ihren Spitzen zulassen. Die Scheibe S soll sich sehr leicht drehen lassen, ihre Axe darf aber ebenfalls keinen Spielraum haben, welcher dadurch erkannt wird, dass man den Rand der Scheibe anfasst und auf und ab zu bewegen sucht; wobei kein Wackeln verspürt werden darf. Die Axe der Messrolle muss spielend leicht gehen, man darf aber nicht das geringste Wackeln verspüren, wenn man mit der einen Hand den Rahmen M hält und mit der andern die Mess-

rolle in der Richtung der Axe zu bewegen sucht. Der Theilkreis der Messrolle soll möglichst nahe am Nonius sein, darf aber denselben nicht berühren. Das Zählrad muss leicht gehen und darf keine sichtbare Hemmung auf die Bewegung der Messrolle ausüben.

Sämmtliche zwischen Spitzen gehenden Axen laufen in Stahlbolzen, welche mittelst Schrauben den Axen genähert werden können; mittelst Druckschrauben werden die Bolzen in ihrer richtigen Lage festgehalten, man lockert daher zuerst die betreffende Druckschraube und zieht dieselbe wieder fest an, nachdem der Bolzen die richtige, jeden Spielraum ausschliessende Lage erhalten hat. Bei den Rollplanimetern laufen die Spitzen der Scheibenaxe S in zwei Stahlplatten, von welchen die obere mittelst der beiden Schrauben c c_1 gehoben und gesenkt werden kann, zur Erzielung des richtigen Gangs der Scheibenaxe; geht letztere zu leicht, also mit Spielraum, so ist die Schraube c zu lockern, c_1 dagegen fester anziehen, geht dann die Axe zu fest, so zieht man zuerst c etwas fester an und erst wenn dies nicht genügt, lockert man c_1 wieder etwas. Die Laufwalze C C_1 bei den Rollplanimetern soll ebenfalls sehr leicht gehen, keinen Spielraum haben, und der Eingriff des an derselben befestigten conischen Zahnradchens in das conische Zahnradchen an der Scheibenaxe, soll leicht aber ohne merklichen todten Gang vor sich gehen, ist der Eingriff zu locker, so nähert man die Walze sammt dem darauf befestigten Zahnradchen etwas der Scheibenaxe, vermittelt der Bolzen d d^1 (Fig. III) und zieht die darauf wirkenden Druckschrauben, die man zuvor lockert, wieder an, wenn der Eingriff und der Gang der Laufwalze richtig hergestellt ist.

Nachdem so die Bewegung der einzelnen Theile des Instruments richtig gestellt ist, versucht man das ganze Instrument auf dem Papier hin und her zu bewegen, indem man dasselbe am Knopf des Fahrstifts anfasst und beobachtet dabei das Funktioniren sämmtlicher Theile des Instruments, wodurch man sich mit demselben vertraut macht. Das Instrument soll sich leicht bewegen lassen und es soll bei raschem Umkehren der Bewegungsrichtung kein Wackeln zu verspüren sein.

Will man nun das Instrument auf seine Richtigkeit prüfen, so hat man folgende Untersuchungen anzustellen:

1. Ob die Ablesungen an der Messrolle gleich sind, wenn ein und dieselbe Figur in verschiedenen Stellungen zum Instrument umfahren wird, so dass sich die Messrolle das eine Mal nur auf der vordern, das andere Mal nur auf der hintern Hälfte der Scheibe S bewegt.
2. Ob die in der Tabelle angegebenen Einstellungen des Nonius auf dem Fahrstab richtig seien.

ad 1. Zu dieser Prüfung benutzt man das beigegebene Controllineal, eine kleine Schiene aus Neusilberblech, auf welchem Punkte in Abständen von 1 cm (oder auch 1") angegeben sind, der Anfangspunkt ist durchbohrt und eine feine Nadelspitze senkrecht durchgesteckt, die von einer Schraube gehalten wird, das andere Ende ist abgeschragt und trägt einen Indexstrich zur Einstellung auf den

Anfangspunkt der Umfahung, welcher durch eine feine Linie auf dem Papier markiert wird. Drückt man die Nadelspitze des Controllineals in das Papier und setzt die Fahrstiftspitze in einen der Punkte, so können mit letzterer Kreisflächen von genau bestimmtem Radius umfahren werden. Es ist jedoch wohl darauf zu achten, dass während des Umfahrens kein seitlicher Druck auf den Fahrstift ausgeübt wird, sondern nur in der Richtung der Kreislinie. Die Anwendung des Controllineals ist aus den schematischen Figuren VI—IX ersichtlich.

Nun stellt man das Instrument wie in den Figuren VI oder VII angedeutet so auf, dass die zu umfahrende Kreisfläche K (von 4 oder 5 cm Radius) links von dem zu B rechtwinklig gestellten Fahrarm A zu liegen kommt, markiert den Anfangspunkt der Umfahung

Fig. VI.

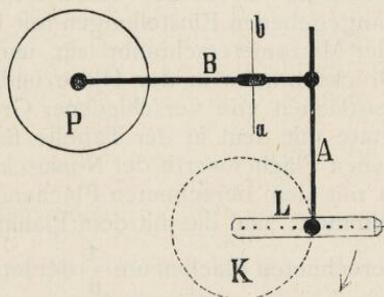
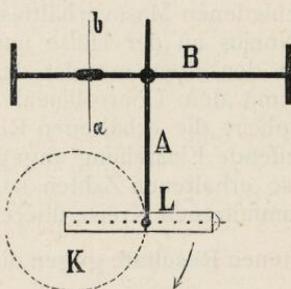


Fig. VII.



am rechten Ende des Controllineals L , liest am Theilkreis der Messrolle und des Zählrades ab und notirt die Ablesung. Nun umfährt man vorsichtig den Kreis in der Richtung des Pfeils bis der Index des Controllineals wieder die Anfangsmarke deckt, liest wieder ab und zieht die erste Ablesung von der zweiten ab, wodurch man die wirkliche Anzahl Noniuseinheiten erhält, um welche sich die Messrolle vorwärts bewegte; man kann die Umfahung mehrere Male wiederholen und das Mittel aus den erhaltenen Resultaten nehmen.

Fig. VIII.

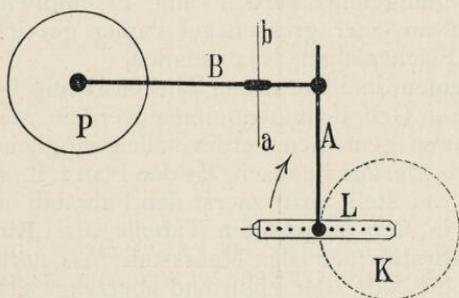
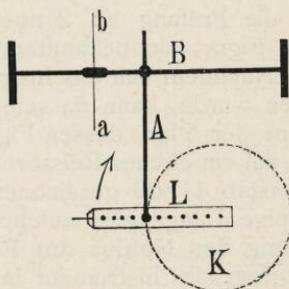


Fig. IX.



Nun bringt man das Instrument in die in Fig. VIII oder IX angegebene Lage zur Fläche K , so dass Letztere rechts vom Fahrarm A liegt und umfährt dieselbe in gleicher Weise.

Sind die erhaltenen Resultate links und rechts vom Fahrarm gleich gross, so ist die Messrollenaxe ab parallel zum Fahrarm A und man kann zur Prüfung ad 2 übergehen.

Sind dagegen die Resultate im ersten Falle (Fläche links vom Fahrarm) grösser, so muss das Ende a der Messrollenaxe vom Fahrstab entfernt, sind dieselben kleiner, demselben genähert werden.

Um diese Correction ausführen zu können ist der vordere Bolzen m (Fig. I und III) mit einer excentrischen Spitze versehen; lockert man die auf diesen Bolzen wirkende Druckschraube, so kann derselbe gedreht und dadurch der vordere Theil des Rahmens M sammt dem Ende a der Messrollenachse (Fig. VI) innerhalb der nothwendigen Grenzen etwas hin und her bewegt werden, bis die Gleichheit der Resultate links und rechts vom Fahrarm erreicht ist.

ad 2. Man stellt den Fahrarm auf die in der Tabelle für die verschiedenen Massverhältnisse angegebenen Einstellungen mit Hülfe des Nonius an der Hülse und der Mikrometerschraube ein, und befestigt denselben mittelst der Druckschraube in der Hülse und umfährt mit dem Controllineal Kreisflächen von verschiedener Grösse, multiplicirt die erhaltenen Resultate mit dem in der Tabelle für die betreffende Einstellung angegebenen Flächenwerth der Noniuseinheit. Die so erhaltenen Zahlen sollen mit dem berechneten Flächeninhalt der umfahrenen Kreise übereinstimmen; sind die mit dem Planimeter

erhaltenen Resultate gegen die berechneten Flächen um $\frac{1}{n}$ der letztern zu klein, so muss der Fahrarm (d. h. der Abstand des Fahrstifts von der Drehaxe des Fahrarms) um $\frac{1}{n}$ seiner Länge verkürzt, im umgekehrten Falle ebensoviel verlängert werden. Der Nonius an der Fahrstabhülse gibt mit genügender Genauigkeit auf der Theilung des Fahrstabs dessen soeben definirte Länge in $\frac{1}{2}$ mm an.

Zur Vornahme der Prüfungen 1 und 2 wird von Manchem die Anwendung einer Controlplatte, statt des Controllineals, vorgezogen. Es ist dies eine runde Messingscheibe von 17 cm Durchmesser mit eingravirten Kreislinien von 80,0, 60,0, 30,0 und 10,0 mm Radius, in welchen die Fahrstiftspitze herumgeführt werden kann. Es empfiehlt sich die Prüfung ad 2 noch an einer grossen auf Papier gezeichneten Figur von bekanntem Flächeninhalt vorzunehmen.

Nachdem nun das Instrument in allen seinen Theilen richtig befunden wurde, kann dasselbe in Gebrauch genommen werden. Man spannt den Plan, dessen Figuren gemessen werden sollen, möglichst glatt auf ein ebenes Reissbrett oder Zeichentisch. Ist der Plan z. B. im Maassstab 1:500 gezeichnet, so stellt man zuerst den Fahrstab auf diejenige Länge ein, welche in der beigegeführten Tabelle als „**Einstellung des Nonius am Fahrstab**“ für den Maassstab $\frac{1}{500}$ notirt ist, bringt das Instrument in die Nähe der Figur und überzeugt sich, dass die Umfahrung derselben ohne Anstoss möglich ist; stellt den Fahrarm rechtwinklig zum Polarm (oder Laufwalze), die Fahrstiftspitze auf einen naheliegenden leicht zu merkenden Punkt der Figur und liest am Zählrad, Messrolle und deren Nonius ab. Ersteres stehe

zwischen dem 3. u. 4. Theilstrich, der Nullpunkt des Nonius zwischen dem 5. und 6. Theilstrich, der nach der Ziffer 6 folgt und der 5. Strich des Nonius stimme mit einem Theilstrich auf dem Theilkreis der Messrolle überein, man erhält also als erste Ablesung die Zahl: 3655. Nach der Umfahrung stehe das Zählrad zwischen dem 16. und 17. Strich, der Nullpunkt des Nonius zwischen dem 7. und 8. Theilstrich der auf die Ziffer 7 folgt und der 8. Theilstrich des Nonius stimme mit einem Strich der Messrollentheilung überein, die zweite Ablesung lautet also:

16778

Hiervon die erste Ablesung $\underline{3655}$ abgezogen, ergibt

als Resultat 13123, dieses mit dem in der Tabelle für $\frac{1}{500}$ angegebenen Flächenwerth der Noniuseinheit z. B. $0,2 \square m$ multiplicirt, gibt $13123 \times 0,2 \square m = 2624,6 \square m$ als Inhalt der umfahrenen Figur.

Geht während der Umfahrung der Nullpunkt des Zählrades an dessen Index vorbei, so ist, je nachdem das Zählrad bis 10, 20 oder 40 beziffert ist, zur zweiten Ablesung 10,000, 20,000 oder 40,000 zu addiren.

Da das Zählrad Spielraum haben muss, damit es den richtigen Gang der Rolle nicht hemme, so stimmen die Theilstriche desselben nicht immer genau mit dem Nullpunkt der Rollentheilung überein, was jedoch zu keiner Irrung um 1000 Noniuseinheiten Veranlassung gibt, wenn man folgende Regel beobachtet: Zeigt der Nonius an der Rolle nahe **unter** Null, also 80, 90, so gilt der **vorhergehende** Strich des Zählrades. Steht der Nonius nahe **über** Null, also 10, 20, so gilt derjenige Strich, auf welchem der Index des Zählrades steht, als erste Ziffer in der Ablesung.

Ist das Papier des Planes eingeschrumpft, so ermittelt man die Grösse desselben, sind die Flächen des Planes in Folge der Einschrumpfung um $\frac{1}{n}$ derselben kleiner geworden, so nimmt man die Fahrstablänge um $\frac{1}{n}$ kürzer, worauf der Planimeter die Flächen so angibt, als ob der Plan nicht eingeschrumpft wäre.

Was die Conservirung der Instrumente betrifft, so sind alle Theile derselben vor Verbiegung durch Stoss oder Fall wohl zu schützen; der Rand der Messrolle ist wohl vor dem Rosten zu bewahren, nach jeder Berührung mit den blossen Fingern ist derselbe mit einem weichen Lappen abzuwischen. An sämtliche Stellen, wo die Axen sich reiben, kann von Zeit zu Zeit etwas feines Uhrmacheröl gebracht werden. Ist das Papier der Scheibe *S* beschmutzt oder zu glatt geworden, so kann es durch Reiben mit Seidenpapier wieder gereinigt oder schliesslich ersetzt werden, indem man ein anderes darauf klebt mit Fischleim. Zu diesem Zweck wird die Scheibe sammt Axe aus

ihren Lagern herausgenommen und die Axe von der Scheibe abgeschraubt, indem man durch das Loch in der Mitte der Axe einen Stift steckt; inzwischen wird der Messrollenrahmen (zur Verhütung der Beschädigung der Messrolle) durch einen Keil aus Carton etc. in der Höhe gehalten.

IV. Genauigkeits-Vergleichungen verschiedener Planimeter-Constructionen.

Nachfolgende Zusammenstellung der Fehlergrenzen verschiedener Planimeter stützt sich auf die ausgedehnten gründlichen Untersuchungen des Herrn Prof. Lorber an der k. k. Bergakademie in Loeben, die mit den Untersuchungen anderer Autoritäten etc. übereinstimmen. Aus denselben geht zur Genüge die grosse Ueberlegenheit der Hohmann-Coradi'schen Planimeter hervor.

Grösse der Fläche. □ cm	Der mittlere Fehler einer Umfahrung in Bruchtheilen der Fläche beträgt beim:				
	gewöhnlichen Polarplanimeter Noniuseinheit:	Linearplanimeter von Starke Noniuseinheit:	freischwebenden Planimeter Noniuseinheit:	Rollplanimeter	
	10 □ mm	1 □ mm	1 □ mm	Noniuseinheit: 1 □ mm	Noniuseinheit: 0,5 □ mm
10	1/75	1/588	1/625	1/625	1/1000
20	1/148	1/1000	1/1111	1/1000	1/2000
50	1/355	1/1852	1/2500	1/2000	1/3000
100	1/682	1/2857	1/4167	1/3333	1/5000
200	1/1274	1/4255	1/7143	1/5128	1/7693
300	—	—	1/9375	1/8000	1/10000

