

Praktische Anleitung
zum Gebrauch und zur gründlichen Prüfung
des
einfachen
Polar-Planimeters

von

G. Coradi in Zürich.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.



1891

Druck von C. Aschmann, Zürich
Stüssihofstatt 7.

Amt für Eich- u. Vermessungswesen
Bücherei

Nachdruck ohne Quellenangabe verboten.
Uebersetzungsrecht vorbehalten.

Vorwort zur ersten Auflage.

Indem ich nachfolgende „Anleitung zum Gebrauch und zur gründlichen Prüfung des Planimeters“ der Oeffentlichkeit übergebe, glaube ich einerseits einem Bedürfniss entgegen zu kommen, da meines Wissens eine ausführliche Anleitung zur Prüfung des Planimeters nicht existirt und daher namentlich den jüngeren Herren Vermessungstechnikern willkommen sein dürfte, anderseits aber bezwecke ich damit, die Art und Weise anzugeben, wie die verschiedenen Planimeterfabrikate auf ihre sorgfältige Ausführung geprüft werden können und hoffe dadurch am wirksamsten der von mir auf die Justirung dieser Instrumente verwendeten Sorgfalt zur gerechten Würdigung und dem Planimeter selbst zu der ihm zukommenden allgemeinen Verwendung zu verhelfen.*)

Zürich, im Januar 1882.

G. Coradi.

*) Ueber die Verwendbarkeit des Polarplanimeters beim Kataster vergleiche die Brochure des Herrn Professor J. J. Stambach am Technikum in Winterthur, (Verlag von C. Wittwer in Stuttgart).

Vorwort zur zweiten Auflage.

Nachdem die erste Auflage dieses Schriftchens vergriffen ist, werde ich durch weitere Nachfragen veranlasst, dasselbe nochmals in Druck zu geben. Dasselbe wurde in Wort und Bild den Vervollkommnungen angepasst, welche seither an den Instrumenten angebracht wurden; und durch Zusätze über die Berechnung der Fahrarmlänge bereichert.

Dass das Schriftchen wirklich einem Bedürfniss entspricht, beweist die Nachfrage nach demselben, sowie, dass es fast in allen neueren Lehr- und Handbüchern für Vermessungskunde erwähnt und theilweise abgedruckt auch in fremde Sprachen übersetzt wurde.

Möge auch die zweite Auflage zur weitem Verbreitung und richtigen Handhabung des nützlichen und zeitsparenden Planimeters beitragen.

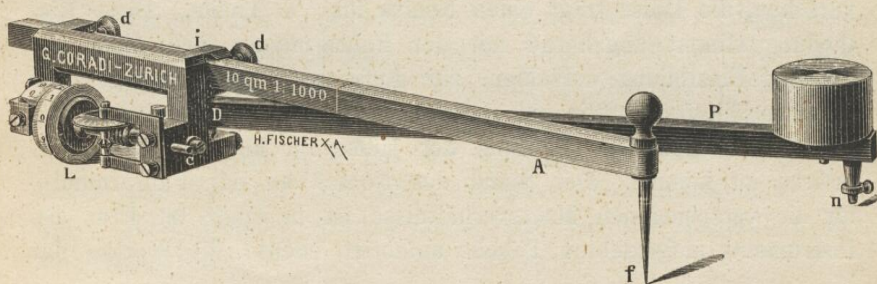
Zürich, im August 1891.

G. Coradi.

I. Beschreibung des Planimeters.

Das Instrument besteht aus drei Haupttheilen, dem Fahrarm *A*, dem Polarm *P* und der Laufrolle *L*. Letztere ist in 100 Theile getheilt, mit einem Nonius versehen, welcher direkt Zehntel Theile angibt, die mit freiem Auge oder mit der Loupe durch Schätzung noch in 2 bis 4 Theile zerlegt werden können. Die beiden Arme des Instruments sind durch die zwischen Körnern gehende, gehärtete Stahlaxe *D* mit einander verbunden und gestatten eine Winkelbewegung von nahe 180°. Die stählerne, mit zwei feinen gehärteten Spitzen versehene Axe der Laufrolle ist in einem Rahmen eingelagert, dessen Hülse bei den Instrumenten Nr. II und III *)

Nr. I.

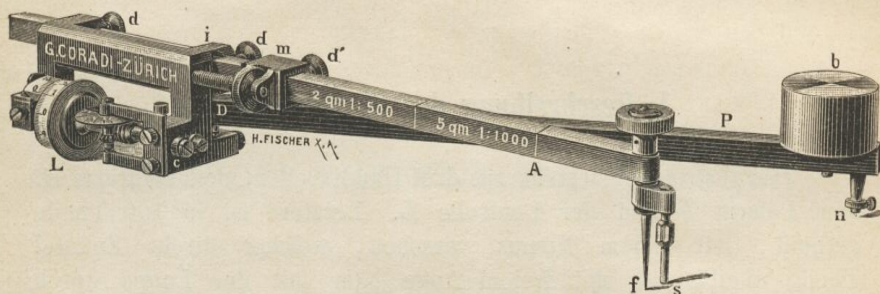


auf dem Fahrstab verschiebbar, bei Nr. I mit demselben fest verbunden ist. Das rechte Ende der Laufrollenaxe liegt excentrisch in dem Cylinder *c*, so dass durch Drehen des Letzteren die Axe parallel zum mathematischen Fahrarm (die durch die Fahrstiftspitze *f* und die Polarmaxe *D* gedachte Verbindungslinie) gestellt werden kann. Das linke Ende der Axe liegt centrisch in einem kleineren Cylinder, welcher vermittelt einer Stahlschraube mit eingreifendem Rande zur Beseitigung des Spielraums aus- und eingeschoben werden kann. Beide Cylinder werden mittelst Druckschraubchen in ihren Stellungen gehalten. Die ganzen Umdrehungen der Laufrolle werden

*) Die angegebenen Nummern beziehen sich auf meinen Spezial-Catalog vom Jahr 1891.

durch das Zählrad angegeben, dessen Zähne mit etwas Spielraum in das an der Laufrollenaxe befindliche Gewinde eingreifen, und

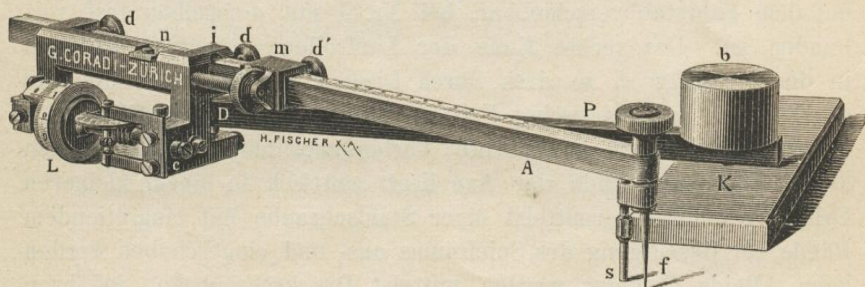
Nr. II.



dessen Theilkreis bei jeder Umdrehung der Rolle um einen Theil vorwärts rückt. Zur feinen Einstellung der Hülse m des Rollenrahmens auf dem Fahrarm der Instrumente Nr. II und III dient die kurze Mikrometerhülse, deren Druckschraube d' zuerst festgeklummt wird; nachdem die Feineinstellung durch Drehen der Mikrometerschraube bewirkt ist, werden auch die Schrauben d d angezogen.

Der Fahrarm ist bei Nr. III. mit einer Eintheilung in $\frac{1}{2}$ mm versehen, die Hülse trägt einen Nonius für $\frac{1}{10}$ Theile. Diese Eintheilung stimmt annähernd mit der Fahrarmlänge und dient zur scharfen Einstellung derselben, zur Aufsuchung nicht angegebener Maassverhältnisse, sowie um die für eine gewisse Einschrumpfung des Planes gefundene Stellung der Hülse für künftige Fälle aufnotiren zu können. Der Stand des Nonius an der Fahrarmhülse für die verschiedenen Maassverhältnisse ist in einer im Etui des Instruments aufgeklebten Tabelle aufnotirt, ebenso die Werthe der

Nr. III.



Noniuseinheit und constanten Zahlen, welche bei den Instrumenten Nr. I. und II. auf dem Fahrarm an den betreffenden Stellungen des Index i angebracht sind.

Der Arm P trägt an seinem Ende je nach Wunsch entweder die übliche Nadelspitze oder eine kleine Stahlkugel, welche in der mit Blei gefüllten Messingplatte K passend eingesenkt und durch das aufgelegte Gewicht b beschwert ist.

Diese Kugel bildet den Drehpunkt (Pol) des ganzen Instruments und muss während einer Umfahrung an seiner Stelle bleiben. Durch Verschieben des Gewichts K kann der Nullpunkt der Rollentheilung bequem auf den Nullpunkt des Nonius eingestellt werden, wenn die Fahrstiftspitze auf dem Anfangspunkt der Umfahrung steht. Am Ende des Fahrarms ist der Fahrstift f senkrecht eingeschraubt. Der Knopf desselben ist zur bequemen Führung drehbar gemacht. Neben dem Fahrstift befindet sich eine kleine Stütze s , welche den Zweck hat, den Plan vor Beschädigung durch die scharfe Fahrstiftspitze zu schützen. Diese Stütze wird so gestellt, dass die Fahrstiftspitze knapp über dem Papier schwebt, ohne dasselbe zu berühren, wenn das Instrument mit dem Pol, der Rolle und der Stütze darauf ruht. Die Stütze s ist mit einem Gewinde versehen, dessen Mutter sich in einem um den Fahrstift leicht drehbaren Stück befindet, so dass dieselbe durch Drehen auf- und niedergeschraubt werden kann, indem man sie an ihrem eckigen Theil mit zwei Fingern anfasst. Beim Gebrauch des Control-Lineals wird die Stütze s genügend in die Höhe geschraubt, so dass dasselbe nicht von ihr berührt wird.

Die Theilung der Rolle und des Nonius ist auf weissem Celluloid scharf ausgeführt. Der Rand der Rolle besteht aus einer *Glasscheibe*, welche solid mit der Rollenaxe verbunden ist. Dies bietet den Vortheil, dass die Genauigkeit des Instruments nicht durch Rost zerstört werden kann, wie bei den Laufrollen mit stählernem Rande.

II. Gebrauch des Planimeters.

1. Bevor man das Instrument zu Flächenberechnungen benützt, überzeugt man sich im Allgemeinen von dem guten Zustand desselben. Die getheilte Laufrolle muss sehr leicht spielen und einen kaum fühlbaren Spielraum zwischen ihren Körnern haben; der Nonius darf den Theilkreis der Rolle nicht berühren, und soll auch nicht zu weit abstehen, um ein scharfes Ablesen zu ermöglichen; es ist gut, wenn man von Zeit zu Zeit ein Stückchen dünnes Postpapier zwischen Nonius und Theilkreis hineinschiebt, um etwa ein-

gedrungenen Staub zu entfernen. Das Zählrad soll sehr leicht gehen und genügend Spielraum im Gewinde der Laufrollenaxe haben. Die Axe des Polarms soll leicht gehen, darf aber nicht den geringsten Spielraum zwischen ihren Körnern haben; man überzeugt sich hievon am besten, indem man Fahr- und Polarm parallel zu einander stellt, und dann den Polarm auf- und abwärts zu bewegen sucht, ausser einiger Federung darf keine Bewegung des Polarms in dieser Richtung möglich sein. Fahr- und Polarm sowie der Fahrstift sind wohl vor Verbiegung zu schützen.

Besondere Sorgfalt ist auf die Conservirung der Rolle als des wichtigsten Theils des Instruments zu verwenden. Man gebe wohl acht, dass der Rand der Rolle oder die feinen Spitzen der Rollenaxe nicht durch Stoss oder Fall beschädigt werden. Von Zeit zu Zeit soll auch das alte, etwa verharzte Oel an den Spitzen der Laufrollenaxe entfernt werden, indem man, um ein Herausnehmen derselben zu vermeiden, einen in Petroleum getauchten Zwirnfaden über die Spitzen der Axe an der Lagerstelle derselben hinwegzieht, wobei die Laufrolle durch Unterlegen des Rollenrahmens freischwebend gemacht wird; hierauf bringt man an jede Spitze mit einem zugespitzten Hölzchen ein klein wenig vom feinsten Oel.

2. Um den Inhalt einer in einem gewissen Maassstab, z. B. 1:500, gezeichneten Figur mit dem Polarplanimeter zu finden, verschiebt man den Fahrarm in seiner Hülse, so dass die Kante *i* mit jenem Theilstrich zusammenfällt, neben welchem auf dem Stab das Verhältniss 1:500 notirt ist. Bei den Instrumenten Nr. III. stellt man noch den Nonius *n* an der Hülse auf den in der Tabelle notirten Stand und befestigt dann die Hülse mittelst der Schrauben *d d*.

Der Plan, dessen Figuren berechnet werden sollen, wird möglichst eben und ohne Falten, an denen etwa der Theilkreis der Rolle streifen könnte, auf ein Reissbrett befestigt.

3. Die Polplatte setzt man nun in die Nähe der zu berechnenden Figur, setzt die Polkugel des Instruments in das Gesenke derselben und überzeugt sich durch flüchtiges Umfahren der Figur, dass die Umfahrung derselben mit dem Fahrstift in der gewählten Polstellung ohne Anstand vor sich geht.

4. Nun setzt man die Fahrstiftspitze auf einen leicht zu merkenden Punkt des Umfangs der Figur, wobei man gut thut, um den Einstellungsfehler zu vermindern, den Anfangspunkt so zu wählen, dass die beiden Arme des Instruments nahezu rechtwinklig stehen. Nun kann man entweder den Stand des Zählrades, der

Rollentheilung und des Nonius aufnotiren, oder durch Verschieben des Polgewichts den Nullpunkt der Rollentheilung auf den Nullpunkt des Nonius bringen. Das Zählrad stehe beispielsweise auf 3, die Rollentheilung auf 0.

5. Nun führt man mit möglichster Genauigkeit die Fahrstiftspitze auf der Grenzlinie der Figur, in der Richtung, wie der Zeiger an der Uhr sich bewegt, bis genau zum Anfangspunkt zurück. Hierbei dreht sich das Instrument um den Pol, während die Rolle eine bald *gleitende*, bald vor-, bald rückwärts *rollende* Bewegung annimmt.

Das genaue Nachfahren der Figuren wird erleichtert, wenn man den Ballen der Hand auf ein Stückchen Papier auflegt, welches eine glatte und eine raue Oberfläche hat (letztere nach oben) und auf demselben die Hand wie auf einem Schlitten herumführt. Die Verwendung eines Lineals zum Nachfahren der geradlinigen Theile des Umfangs wird vielfach empfohlen, doch erhält man hiedurch leicht einen positiven oder negativen Umfahrungsfehler, während beim Nachfahren aus freier Hand die Fehler bald positiv bald negativ sind, sich also gegenseitig eher aufheben. Ferner ist bei Benützung eines Lineals zum Nachfahren darauf zu achten, dass kein *seitlicher* Druck auf den Knopf des Fahrstifts ausgeübt wird, in Folge dessen der Fahrstab vermöge seiner Federung sich nicht in der durch die Fahrstiftspitze bedingten Lage befindet und somit gleichfalls ein Umfahrungsfehler entsteht.

6. Hat man sich nun überzeugt, dass die Fahrstiftspitze nach erfolgter einmaliger Umfahrung wieder genau auf dem Anfangspunkt steht, so wird an Rolle und Zählrad abgelesen. Letzteres stehe auf 4, d. h. der Index desselben stehe zwischen dem 4. und 5. Theilstrich, der Nonius an der Rollentheilung zeige auf 13,75, — 13 liest man direkt an der Rolle ab, 7 und $\frac{1}{2}$ Zehntel am Nonius, da weder der 7. noch der 8. Strich des Nonius genau auf einen Theilstrich der Rolle zeigen; die Rolle hat sich also während der Umfahrung um $1000 + 137,5 = 1137,5$ Noniuseinheiten vorwärts bewegt. Diese Ablesung wird nun noch mit dem auf dem Fahrstab angegebenen Werthe der Noniuseinheit multipliziert, dieser sei bei 1:500 2 qm, so hat man $1137,5 \times 2 \text{ qm} = 2275,0 \text{ qm}$ den gesuchten Flächeninhalt der Figur. Hat man vor der Umfahrung die Rollentheilung nicht auf 0 eingestellt, so ist der Stand des Nonius und Zählrades als *erste Ablesung* zu notiren, z. B. 3157,5, und von der nach der Umfahrung erfolgten *zweiten Ablesung* 4295,0 abzuziehen und die Differenz mit dem Werthe der Noniuseinheit zu multiplizieren.

7. Bei grossen Flächen, welche mit einer Aufstellung des Instruments nicht mehr umfahren werden können, stellt man den Pol innerhalb in die Mitte*) der Figur und umfährt dieselbe in umgekehrter Richtung (entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers). Es ist in diesem Falle vortheilhaft, die Rollentheilung und Zählrad vor der ersten Umfahrung *auf 0 einzustellen*, da Irrungen viel eher ausgeschlossen sind. Die erhaltene Ablesung ist dann noch von einer constanten Zahl, welche bei dem betreffenden Theilstrich auf dem Fahrarm oder in der Tabelle im Etui angegeben ist, abzuziehen, und der Rest wieder mit dem Werth der Noniuseinheit zu multiplizieren. Z. B. man habe nach der Umfahrung wieder wie oben die Ablesung 1137,5 erhalten; auf dem Stab stehe bei $\frac{1}{500}$ die Zahl 20199, so hat man von der

Constante 20199

die Ablesung 1137,5 abzuziehen und der

Rest 19061,5 mit 2 qm multipliziert gibt

38123,0 qm = dem gesuchten Flächeninhalt.

Hat das Zählrad während der Umfahrung eine ganze Umdrehung *vorwärts* gemacht, so ist zur Ablesung 10000 zu *addiren*, hat sich dagegen das Zählrad bei Umfahrung sehr grosser Figuren (wo der Winkel, den Fahrstift, Pol und Rollenauflegepunkt mit einander bilden, vorwiegend über 90° bleibt) *rückwärts* gedreht, so ist die Ablesung von 10000 abzuziehen und der Rest zur constanten Zahl zu *addiren*, und die Summe wieder, wie schon erwähnt, zu multiplizieren.

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.

Der Planimeter Nr. IV kann noch speziell zur Bestimmung der mittleren Höhe von Indikator-Diagrammen verwendet werden. Man misst die Länge der Basis des Diagramms mit einem in mm getheilten Maassstab und stellt die Fahrarmlänge gleich der Basis des

*) Es dürfte in den meisten Fällen vortheilhafter sein, grosse Figuren zu zerlegen und die äussere Polstellung anzuwenden.

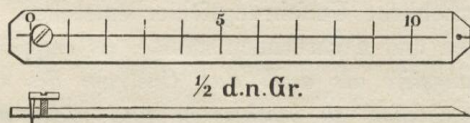
Diagramms mittelst der Theilung auf dem Fahrarm, welche in mm ausgeführt, genau die Fahrarmlänge angibt und zieht dann die Schrauben d' d fest. Die nach Umfahung erhaltene Ablesung durch 20 dividirt gibt die gesuchte mittlere Höhe des Diagramms in Millimetern und Dezimaltheilen. Z. B. obige Ablesung

$$\frac{1137,5}{20} = 56,87 \text{ mm die gesuchte Höhe.}$$

III. Prüfung des Planimeters.

Bei Vornahme der Prüfung des Planimeters hat man sich vor Allem von den ausserhalb des Instruments liegenden Fehlerquellen frei zu machen. Man verwende ein auf einem ebenen Reissbrett eben und glatt aufgespanntes Papier. Da zu einer rationellen Prüfung des Planimeters, wie ich nachher zeigen werde, eine grosse Anzahl von Umfahrungen erforderlich ist, und Umfahrungsfehler bei der Prüfung ausgeschlossen sein sollten, so verwendet man hiezu mit Vortheil mechanische Hilfsmittel. Als solches empfiehlt sich vor Allem das sogenannte Control-Lineal Fig. 1,

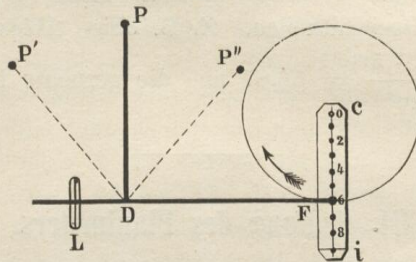
Fig. 1.



ein Maassstäbchen von dünnem Messingblech, auf welchem eine genaue Eintheilung in Centimeter angebracht ist. Im Kreuzungspunkt des Nullstrichs mit der Längenslinie ist ein feines Loch gebohrt, in welches eine Nadel senkrecht eingesteckt und durch eine Schraube gehalten wird. An den Kreuzungspunkten der übrigen Theilstriche ist je eine kleine kegelförmige Vertiefung angebracht, in welche die Fahrstiftspitze eingesetzt werden kann. Das eine Ende des Lineals ist abgeschrägt und trägt einen Indexstrich zur Einstellung auf den Anfangspunkt der Umfahrung, welcher durch eine feine, nach dem Centrum gerichtete Bleistiftlinie auf dem Papier markirt wird. Gegenüber der ebenfalls in Gebrauch befindlichen Controlscheibe hat das Control-Lineal den Vorzug, dass es besser auf seine eigene Richtigkeit geprüft und zur Umfahrung kleinerer und grösserer Flächen benützt werden kann, als erstere.

Die Anwendung des Control-Lineals dürfte am besten aus nachstehender Skizze Fig. 2 zu ersehen sein.

Fig. 2.



Allgemein wird angenommen, dass bei Anwendung mechanischer Hilfsmittel *Umfahrungsfehler ohne Weiteres ausgeschlossen seien*. Dies ist durchaus unrichtig, wie auf Grund vieler Versuche mit verschiedenen Personen behauptet werden kann. Erfolgt nämlich beim Bewegen des Fahrstifts in einem durch einen Radius des Control-Lineals gegebenen Kreis der Druck auf den Knopf des Fahrstifts nicht immer *tangential*, so entsteht, obgleich die Fahrstiftspitze die Kreislinie nicht verlassen kann, eine Federung, in Folge deren der Fahrarm 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 Control-Lineals mit einem Gewichtchen zu beschweren und nicht am Knopf des Fahrstifts, sondern am Control-Lineal zu führen!*

Gegenüber dem Einwand, dass der Kreis eine zu günstige Figur für die Prüfung des Planimeters sei, kann erwidert werden, dass, wenn sich die Prüfung auf alle weiter unten angegebenen Bedingungen erstreckt, und dieselbe gut bestanden wird (wobei eine zulässige Differenz von 2 bis $2\frac{1}{2}$ Nonius-Einheiten zwischen der *grössten und kleinsten Ablesung* angenommen wird), der Planimeter auch alle übrigen beliebig begrenzten Figuren innerhalb der gefundenen Fehlergrenze richtig und zuverlässig angeben wird.

Der Planimeter soll in der angegebenen Reihenfolge auf folgende Bedingungen geprüft werden:

1. dass das Instrument im Allgemeinen in Ordnung sei,
2. dass die Theilung der Rolle richtig und centrisch sei,
3. dass die Ablesungen bei wiederholtem Umfahren einer Figur

- unter sich gleich und die Theilung und der Rollenrand centrisch zu einander seien,
4. dass die Ablesungen in verschiedenen Polstellungen gleich seien,
 5. dass die Ablesungen bei Vor- und Rückwärtsbefahren einer Figur gleich seien,
 6. dass der angegebene Werth der Noniuseinheit bei der eingestellten Fahrstablänge richtig ist,
 7. dass die angegebenen constanten Zahlen richtig seien.

Zu 1. sehe man nach dem unter II. 1. Gesagten.

Zu 2.: Man sieht nach, ob der Nonius an der Rollentheilung ringsum von 5 zu 5 Theilstrichen genau passt, alsdann kann man annehmen, dass die Theilung sowohl richtig als centrisch sei.

Zu 3. Zu dieser wichtigsten Untersuchung wählt man die grösste Länge des Fahrarms (1 : 1000 10 qm) und stellt das Instrument in der in Fig. II angegebenen Lage auf, (rechtwinklige Stellung der beiden Arme). Hierauf wählt man einen Kreis, bei dessen wiederholter Umfahrung nach und nach jeder 2. oder 3. Strich einmal zur Ablesung gelangt. Wählt man den Radius 6 cm, so hat man als Ablesung 1130,9. Umfährt man diesen Kreis etwa 60 mal, so wird nach und nach jeder zweite Theilstrich zur Ablesung kommen. Hierbei soll die Differenz zwischen der grössten und kleinsten Ablesung 2 bis 2,5 Noniuseinheiten nicht übersteigen. Nimmt die Ablesung von einer Stelle aus ab und wieder zu, so dass die kleinsten und grössten Ablesungen 50 Trommeltheile auseinander liegen, so ist dies ein Beweis, dass Rollenrand und Theilung nicht centrisch zu einander sind. Treten die Fehler hingegen unregelmässig auf, so deutet dies auf eine unrichtige Beschaffenheit des Rollenrandes. Beide Fehler können nur von einem mit der Justirung der Planimeter *wohl vertrauten Mechanikus* beseitigt werden. Man kann nun diese Prüfung auch noch mit Umfahrung anderer Kreise vornehmen, z. B. 8 cm Radius mit der Ablesung 2010,6, wo dann bei 100 maliger Umfahrung jeder einzelne Theilstrich einmal zur Ablesung gelangt. Bei so oftmaliger Umfahrung ist es gut, von Zeit zu Zeit das Centrum des Lineals in einen andern Punkt des Papiers zu setzen, da sonst ein schädlicher Spielraum im Centrum entstehen könnte.

Zu 4. Wählt man am besten einen mittelgrossen Kreis und umfährt denselben in den drei in Fig. II. angegebenen Polstellungen P , P' und P'' . Ist die Ablesung in der nahen Polstellung zu gross, so muss das rechte Ende der Laufrollenaxe dem Pol durch Drehen des Cylinders C genähert, im umgekehrten Fall entfernt

werden, wobei jedoch zu beachten ist, dass der Spielraum sowohl der Rollenaxe selbst als auch des Zählrades im Schneckengetriebe nicht zu gross oder zu klein wird. Die Prüfung 4 ist für die verschiedenen Fahrstablängen zu wiederholen; zeigt sich an einer Stelle eine Abweichung, so hat eine Verbiegung des Fahrarms stattgefunden und der Fehler muss auf gleiche Weise beseitigt werden, wie er entstanden ist. Man beginnt in diesem Fall am Besten mit der längsten Fahrarmstellung, stellt hier durch Drehen des Cylinders *C* die Axe parallel, bzw. so, dass die Ablesungen in verschiedenen Polstellungen gleich sind, nimmt dann die Untersuchung in der nächsten Fahrarmstellung vor und sucht durch vorsichtiges Biegen des Fahrarms das gleiche Resultat zu erhalten. Ist die Ablesung in der nahen Polstellung zu gross, so muss das rechte Ende des Fahrarms vom Pol weg gebogen werden. Bei einigermaßen vorsichtiger Behandlung dürfte jedoch eine Verbiegung des aus hartgezogenem Neusilberrohr bestehenden Fahrarms nicht vorkommen. Die Instrumente werden übrigens vor dem Versandt *aufs Genaueste justirt*, und soll daher an denselben *nicht früher geschraubt oder gebogen werden, als bis man sich von der wirklichen Nothwendigkeit sicher überzeugt hat*. Auch kann dieser Fehler dadurch eliminirt werden, dass man die Flächen in verschiedenen Polstellungen umfährt und das arithmetische Mittel aus den Resultaten nimmt.

Zu 5. Dieser bis jetzt wenig beachtete Fehler*) kommt namentlich bei jenen Planimetern vor, bei welchen die Rolle am Ende des Fahrarms fest und die Polarmaxe zwischen dieser und dem Fahrstift verschiebbar ist, und ist hauptsächlich eine Folge des zu grossen Spielraums der Laufrollenaxe und einer unrichtigen Beschaffenheit des Rollenrandes. Die Art der Prüfung ist einfach folgende: Man umfährt einen grossen Kreis (10 cm R.) in gewöhnlicher Weise und dann wieder zurück zum Anfangspunkt, worauf

*) Bei den Linearplanimetern kommt dieser Fehler ebenfalls vor, wie aus den zahlreichen und sorgfältigen Versuchen des Herrn Prof. Dr. W. Tinter klar hervorgeht (vergl. dessen Brochüre: „Ein Beitrag zur Kenntniss der Leistungsfähigkeit der in der Praxis hauptsächlich verwendeten Planimeter“. Wien 1877 bei R. v. Waldheim). Dieser Fehler ist meiner Ansicht nach der Grund, warum diese Instrumente nicht jenen Genauigkeitsgrad, namentlich für die Messung kleinerer Figuren, besitzen, welcher ihnen der Theorie nach zukommen würde. Bei den Kugelplanimetern ist es mir gelungen, diesen Fehler so weit zu beseitigen, dass er innerhalb der Grenze liegt, welche durch die bei wiederholtem Umfahren einer Figur vorkommenden Abweichungen gezogen ist.

man wieder die erste Ablesung erhalten soll. Dieser Fehler ist von schädlichem Einfluss besonders auf die Messung langer, schmaler Figuren.

Zu 6. Untersucht man zuerst das Control-Lineal mit einem genauen Maassstab, ob dessen Theilung richtig ist und ob die Nadel senkrecht stehe.

Nun berechnet man die Flächeninhalte der mit dem Control-Lineal umfahrbaren Kreise und überzeugt sich, dass die durch Umfahren derselben erhaltenen Ablesungen mit der Berechnung übereinstimmen. Sind die Ablesungen zu gross, so muss der Fahrarm verlängert, sind sie zu klein, verkürzt werden. Sind die Ablesungen um den n^{ten} Theil der umfahrenen Fläche zu klein, so muss auch der mathematische Fahrarm um den n^{ten} Theil seiner Länge verkürzt werden, und umgekehrt. Die Einstellungszahl des Nonius auf dem Fahrarm gibt diese Länge direkt ziemlich genau an. Hierauf kann man noch folgende Probe anstellen, nach deren günstigem Ausfall das Instrument zu definitiven Arbeiten verwendet werden kann. Man zeichnet mit grösster Schärfe ein Quadrat von bekanntem Inhalt, so gross als es der Planimeter zu umfahren gestattet, umfährt dann dasselbe in verschiedenen Stellungen des Instruments zur Figur und überzeugt sich, dass die Ablesung mit dem Inhalt übereinstimmt. Hierauf theilt man das Quadrat durch eine Diagonale in zwei gleiche Dreiecke, welche wieder einzeln in verschiedenen Stellungen umfahren werden; die erhaltenen Ablesungen sollen unter sich gleich und ihre Summe gleich dem Inhalt des Quadrats sein. Nun kann man durch eine zweite Diagonale das Quadrat in vier gleiche Dreiecke, durch Parallelen in Rechtecke zerlegen und wie vorhin verfahren. Aus dieser Probe kann zugleich der individuelle mittlere Umfahrungsfehler ermittelt werden.

Die Tabelle auf S. 18 und 19 gibt für die gebräuchlichsten Maassstabverjüngungen die Werthe f der Noniuseinheiten, sowie die Ablesungen, welche bei Umfahrung der Kreise, deren Radien im Controllineal gegeben sind, erhalten werden sollen, sowie die Werthe f^o der Noniuseinheit für natürliche Grösse (1:1) in übersichtlicher Weise an. Die Ablesungen am Zählrad, Rolle und Nonius sind je durch ein Komma getrennt.

Zu 7. Zur Vornahme dieser Prüfung können entweder scharf gezeichnete, genügend grosse Quadrate von bekanntem Flächeninhalt benützt werden, oder man verwendet hiezu mit Vortheil ein grösseres Controllineal, das zweckentsprechend eingerichtet, den Instrumenten

auf Wunsch beigegeben wird. In demselben sind Punkte im Abstand von 10, 15 und 20 cm vom Centrum angegeben, in welche die Fahrstiftspitze eingesetzt werden kann. Beim Centrum desselben befindet sich eine Vorrichtung zur Aufnahme der Polkugel (oder auch der Polnadel) so dass sich dieselbe genau centrisch über der Nadelspitze (Centrum oder Nullpunkt) des Controllineals befindet, und mit dem Fahrstift Kreise von genau bekanntem Radius um den Pol als Centrum beschrieben werden können. Addirt man nun die hiedurch erhaltenen Resultate zu dem durch den Werth der Noniuseinheit dividirten Flächeninhalt des umfahrenen Kreises, so ist die Summe gleich der constanten Zahl. Z. B. Man habe bei einem Werthe f^0 der Noniuseinheit von 8 □ mm einen Kreis vom Radius 10 cm umfahren und als Resultat erhalten: 17239. Der Flächeninhalt dieses Kreises ist 31416 □ mm dividirt durch 8 □ mm

gibt 3927	hiezu addirt obiges Resultat
17239	
gibt 21166	als Constante.

IV. Berechnung der Fahrarmlänge und der Einstellungen, mittelst der Theilung auf dem Fahrarm.

Um solche Einstellungen, welche in der Tabelle im Etui nicht angegeben sind, durch einfache Rechnung finden oder die Länge des mathematischen Fahrarms ermitteln zu können, ist die Theilung auf dem Fahrstab nebst Nonius ein vorzügliches Hilfsmittel.*) Zu diesem Zweck sind in der Tabelle im Etui sowie in der Tabelle am Schluss dieses Schriftchens die Werthe (f^0) der Nonius-Einheit 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 Fahrarmeinstellung, f^0 und f_1 die zugehörigen Werthe der Nonius-Einheit in qmm —; es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Flächenwerth f_2^0 , F sei die Fahrarmlänge für den Flächenwerth $f^0 - f_2^0$, so hat man die Proportion:

$$\frac{a - a_1}{F} = \frac{f^0 - f_1^0}{f^0 - f_2^0} \quad \text{hieraus: } F = \frac{(a - a_1) (f^0 - f_2^0)}{f^0 - f_1^0} \quad (1)$$

$$\text{und: } a_2 = a - F. \quad (2)$$

*) Siehe hierüber die vortreffliche Abhandlung des Herrn Professor F. Lorber in Leoben in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1883, Heft 17. (Ein Beitrag zur Justirung des Polarplanimeters).

Z. B.: a sei 320,9, $f^0 = 10$ qmm; $a_1 = 128,5$, f_1^0 sei 4qmm, es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Maassstab 1:2500 mit dem Werthe der Noniuseinheit 20 qm (Nr. 16 in der Tabelle) $f_2^0 = 3,2$ qmm.

$$\text{Nach Gleichung 1 ist } F = \frac{(320,9 - 128,5) \cdot (10 - 32)}{(10 - 4)} = 218,05$$

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

$$320,9 - 218,05 = 102,85.$$

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 oder auch 0,01 □“) entsprechende Länge des mathematischen Fahrarms (Abstand der Fahrstiftspitze von der Drehaxe des Polarms) ermittelt und durch einfache Proportion diese Länge für einen beliebigen Flächenwerth berechnet werden. Aus obigem Beispiel berechnet sich die Länge des Fahrarms für 10 □ mm zu 320,65, der Nonius am Fahrarm ist also um + 0,25 versetzt gegen die wirkliche Fahrarmlänge; diese constante Grösse ist jedesmal zur berechneten Fahrarmlänge zu addiren, oder, wenn dieselbe negativ ist, zu subtrahiren, um die richtige Einstellungszahl zu finden.

Um z. B. die Einstellungszahl für 6,4 □ mm in obigem Falle zu finden, hat man nur die Fahrarmlänge für 10 □ mm 320,65 mit 0,64 zu multiplizieren = 205,21 und hiez u obige constante Verschiebung des Nonius + 0,25 zu addiren und erhält dann die richtige Einstellungszahl 205,46.

Wenn die Fahrarmlänge 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 Fahrarm um 1,5 % zu verkürzen, also in obigem Beispiel statt der Einstellung 320,9 den Fahrarm auf 316,1 zu stellen, worauf der Planimeter die richtige Fläche angeben wird. ($320,65 \times 0,015 = 4,81$; $320,9 - 4,8 = 316,1$).

Die angeführten Vortheile der Fahrarmtheilung sollten bei der Wahl eines Planimeters **stets** für einen solchen mit getheiltem Fahrarm ausschlaggebend sein.

Werthe der Nonius- Einheit für 1 : 1 (f^0) qmm	Maass- verhältnisse $\frac{1}{l}$	Werthe der Nonius- Einheit (f) qm	Ablesungen für einmalige Umfahrung				
			1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	
10	1 : 1000	10	* 0,03,14	0,12,56	0,28,27	0,50,26	(1)
9	1 : 3333 $\frac{1}{3}$	100	0,03,49	0,13,96	0,31,41	0,55,85	(2)
8 $\frac{8}{9}$	1 : 1500	20	0,03,53	0,14,13	0,31,8	0,56,54	(3)
8	1 : 500	2	0,03,92	0,15,7	0,35,33	0,62,83	(4)
7,5	1 : 2000	30	0,04,18	0,16,75	0,37,69	0,67,02	(5)
$\frac{250}{36}$	1 : 2400	40	0,04,52	0,18,09	0,40,71	0,72,38	(6)
6,4	1 : 1250	10	0,04,9	0,19,63	0,44,18	0,78,54	(7)
6,25	1 : 4000	100	0,05,02	0,20,1	0,45,23	0,80,42	(8)
$\frac{50000}{8281}$	1 : 1820	20	0,05,2	0,20,81	0,46,82	0,83,24	(9)
$\frac{400000}{74529}$	1 : 2730	40	0,05,85	0,23,41	0,52,67	0,93,64	(10)
$\frac{640}{125}$	1 : 6250	200	0,06,13	0,24,54	0,55,22	0,98,17	(11)
5	1 : 2000	20	0,06,28	0,25,13	0,56,54	1,05,22	(12)
$\frac{6250}{1296}$	1 : 1440	10	0,06,51	0,26,06	0,58,62	1,04,24	(13)
4 $\frac{4}{9}$	1 : 3000	40	0,07,06	0,28,26	0,63,61	1,13,09	(14)
4	1 : 5000	100	0,07,85	0,31,41	0,70,68	1,25,66	(15)
3,2	1 : 2500	20	0,09,81	0,39,27	0,88,35	1,57,08	(16)
□ "	österreich. Maass	□ °					
0,0125	1" = 40° (1 : 2880)	20	0,03,62	0,14,48	0,32,59	0,57,95	(17)
0,01	1" = 20° (1 : 1440)	4	0,04,52	0,18,11	0,40,74	0,72,44	(18)
□ "	englisch Maass	□ '	1 "	2 "	3 "	4 "	
0,0125	1" = 40' (1 : 480)	2	0,25,13	1,00,53	2,26,19	4,02,12	(19)
$\frac{1}{90}$	1" = 30' (1 : 360)	1	0,28,27	1,13,09	2,54,47	4,52,39	(20)
0,01	1" = 100' (1 : 1200)	10	0,31,41	1,25,66	2,82,74	5,02,66	(21)
0,0144	russ. Maass 1" = 100 Sagene 1 : 8400	Dessiatin					
		0,06	0,21,81	0,87,26	1,96,35	3,49,06	(22)
0,012	1 : 8400	0,05	0,26,18	1,04,72	2,35,62	4,18,87	(23)

* Die Ablesungen am Zählrad, Rolle

der Kreise vom Radius 1 cm bis 10 cm.

	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm
(1)	0,78,54	1,13,097	1,53,93	2,01,06	2,54,47	3,14,16
(2)	0,87,26	1,25,66	1,71,04	2,23,40	2,82,74	3,49,06
(3)	0,88,35	1,27,23	1,73,17	2,26,18	2,86,27	3,53,42
(4)	0,98,17	1,41,37	1,92,41	2,51,33	3,18,09	3,92,70
(5)	1,04,72	1,50,79	2,13,63	2,68,08	3,39,29	4,18,88
(6)	1,13,09	1,62,86	2,21,66	2,89,52	3,66,43	4,52,39
(7)	1,22,71	1,76,71	2,40,51	3,14,16	3,97,61	4,90,85
(8)	1,25,66	1,80,95	2,46,30	3,21,69	3,97,15	5,02,65
(9)	1,30,08	1,87,28	2,54,95	3,32,96	4,21,38	5,20,31
(10)	1,46,39	2,10,69	2,86,82	3,74,57	4,74,03	5,85,35
(11)	1,53,36	2,20,88	3,00,63	3,92,7	4,96,98	6,13,56
(12)	1,57,08	2,26,19	3,07,86	4,02,12	5,08,89	6,28,32
(13)	1,62,86	2,34,50	3,19,18	4,16,96	5,27,63	6,51,44
(14)	1,76,71	2,54,47	3,46,34	4,52,36	5,72,54	7,06,84
(15)	1,96,34	2,82,74	3,84,82	5,02,66	6,36,18	7,85,40
(16)	2,45,43	3,53,42	4,81,02	6,28,32	7,95,19	9,81,75
(17)	0,90,54	1,30,39	1,77,47	2,31,80	2,93,37	3,62,19
(18)	1,13,18	1,62,99	2,21,85	2,89,76	3,66,71	4,52,75

NB. Für solche Verhältnisse, welche in obiger Tabelle nicht angegeben sind, lässt sich der zugehörige Werth der Nonius-Einheit leicht berechnen. Ist dieser Werth für das Verhältniss $\frac{1}{l} = f$, so ist er

bei der gleichen Fahrarmlänge für das Verhältniss $\frac{1}{l \cdot n} = f \cdot n^2$.

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

$$f \quad " \quad \frac{1}{500 \cdot 2} \quad \text{oder} \quad = \frac{1}{1000} = 8 \text{ qm } (2 \cdot 2^2).$$

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

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

und Nonius sind je durch ein Komma getrennt.

Das mathematisch-mechanische Institut von

G. CORADI in ZÜRICH

empfiehlt sich zur Anfertigung geodätischer Instrumente nach eigenen, zweckmässigen und bewährten Constructionen.

Meine Specialitäten: *Pantographen*, *Kugelplanimeter* und *Polarplanimeter* können sowohl von mir direkt als auch von nachbenannten Firmen zu Originalpreisen bezogen werden.

In Deutschland: Von *R. Reiss in Liebenwerda* und den meisten mathematisch-mechanischen Instituten. In Oesterreich-Ungarn von *Calderoni & Cie, Budapest*. In Russland (ausschl.) von *G. Gerlach, Warschau* und *St. Petersburg*. In Frankreich von *B. Cabas-son, Paris*. In Spanien von *M. Recarte, Madrid*. In Holland (ausschl.) von *P. J. Kipp & Zonen, Delft*.

Spezialkatalog und jede Auskunft auf franco Anfragen gerne zu Diensten.

