

Praktische Anleitung
zum Gebrauch und zur gründlichen Prüfung
des
Planimeters

von
G. Coradi in Zürich.

Preis: 50 Pfg.

Karlsruhe.
Kommissionsverlag von Malsch & Vogel.
1882.

Praktische Anleitung

zum Gebrauch und zur gründlichen Prüfung

des

Planimeters

von

G. Coradi in Zürich.

Preis: 50 Pfg.

Karlsruhe.

Kommissionsverlag von Malsch & Vogel.

1882.

Nachdruck ohne Quellenangabe verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

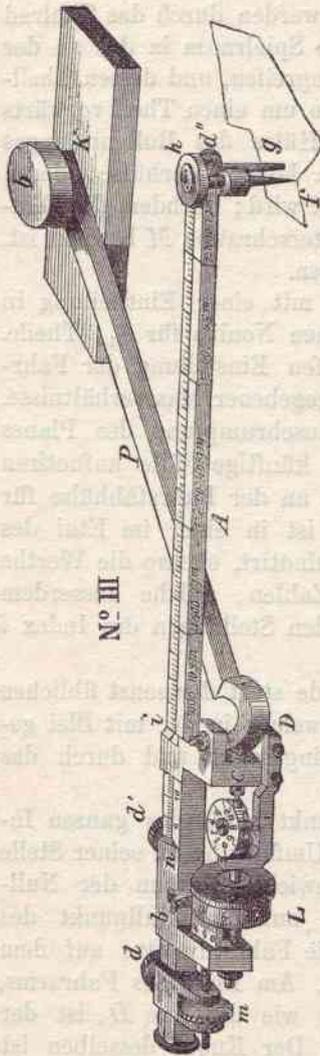
Vorwort.

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 allgemeineren Verwendung zu verhelfen.

Zürich, im Januar 1882.

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. *) auf dem Fahrstab verschiebbar, bei Nr. I mit demselben fest verbunden ist. Das rechte Ende der Laufrollenaxe liegt exentrisch 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

*) Die angegebenen Nummern beziehen sich auf mein Preisverzeichniss vom Jahr 1881.

kann. Das linke Ende der Axe liegt centrisch in einem kleineren Cylinder, welcher mittelst einer Stahlschraube mit eingreifendem Rande zur Beseitigung des Spielraums aus- und eingeschoben werden kann. Beide Cylinder werden mittelst Druckschräubchen in ihren Stellungen gehalten. Die ganzen Umdrehungen der Laufrolle werden durch das Zählrad angegeben, dessen Zähne mit etwas Spielraum in das an der Laufrollenaxe befindliche Gewinde eingreifen, und dessen Theilkreis bei jeder Umdrehung der Rolle um einen Theil vorwärts rückt. Zur feinen Einstellung der Hülse des Rollenrahmens auf dem Fahrstab dient die kurze Mikrometerhülse, deren Druckschraube d zuerst festgeklemmt wird; nachdem die Feinstellung durch Drehen der Mikrometerschraube M bewirkt ist, wird auch die Schraube d' angezogen.

Der Fahrstab 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 dient zur scharfen Einstellung der Fahrstablänge, zur Aufsuchung nicht angegebener Massverhältnisse, 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 Fahrstabhülse für die verschiedenen Massverhältnisse ist in einer im Etui des Instruments aufgeklebten Tabelle aufnotirt, ebenso die Werthe der Noniuseinheit und constanten Zahlen, welche ausserdem auf dem Fahrstab an den betreffenden Stellungen des Index i angebracht sind.

Der Arm P trägt an seinem Ende statt der sonst üblichen Nadelspitze 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, in gleichem Abstand von demselben wie die Axe D , ist der Fahrstift senkrecht eingeschraubt. Der Knopf desselben ist

zur bequemern Führung drehbar gemacht. Neben dem Fahrstift befindet sich eine kleine Stütze, 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, wenn das Instrument auf dem Pol der Rolle und der Stütze ruht. Um diese Stellung rasch zu finden, stellt man den Fahrstift auf ein Stückchen Schreibpapier, schiebt die Stütze daneben bis auf den Plan herab und zieht dann die Schraube d'' an. Bei Benützung des Controlllineals muss diese Stütze wieder in die Höhe geschoben werden.

Neben der Rollentheilung ist am Rahmen eine kleine Klemme angebracht, in welche ein Stückchen Seidenpapier zur matten Beleuchtung der Theilung eingeschoben werden kann.

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 eingedrungenen 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 des Rollenrandes als des wichtigsten Theils des Instruments zu verwenden. Nach jeder Berührung mit den bloßen Fingern (welche wegen der häufig daraus entstehenden Rostflecken überhaupt zu vermeiden ist) soll der Rollenrand in der Richtung der Axe mit einem weichen reinen Lappen oder Rehlleder sorgfältig abgerieben 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 Maasstab, z. B. 1:500, gezeichneten Figur mit dem Polarplanimeter zu finden, verschiebt man den Fahrstab 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 Schraube 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 (nach M. Clouth) 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 Umfahungsfehler, 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 Umfahungsfehler 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^{mm} , so hat man $1137,5 \times 2^{\text{mm}} = 2275,0^{\text{mm}}$ 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* 42850 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 Fahrstab 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^{mm} multipliziert gibt

$38123,0^{\text{mm}} =$ dem gesuchten Flächeninhalt.

Hat das Zählrad während der Umfahrung eine ganze Umdrehung *vorwärts* gemacht, so ist zur Ablesung 10 000 zu *addiren*; hat sich dagegen das Zählrad bei Umfahrung sehr grosser Figuren (wo der Winkel, den Fahrstift, Pol und Rollenauflagepunkt mit einander bilden, constant über 90° bleibt) *rückwärts* gedreht, so ist die Ablesung von 10 000 abzuziehen und der Rest zur constanten Zahl zu *addiren*, und die Summe wieder, wie schon erwähnt, zu multiplizieren.

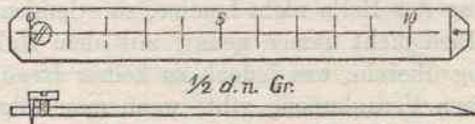
Da das Zählrad Spielraum haben muss, damit es den richtigen Gang der Rolle nicht hemme, so stimmen die Theilstriche desselben nicht immer genau mit dem Nullpunkt der Rollentheilung überein, was jedoch zu keiner Irrung um 1000 Noniuseinheiten Veranlassung gibt, wenn man folgende Regel beobachtet: Zeigt 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 fasst die Basis des Diagramms zwischen die nach oben verlängerten mit abschraubbaren Schutzhülsen versehenen Spitzen des Fahrstifts und der Polarmaxe, stellt also die Fahrarmlänge gleich der Basis des Diagramms und zieht dann die Schraube *d'* fest. Die nach Umfahrung 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.

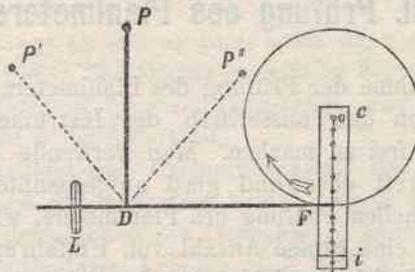
Bei Vornahme der Prüfung des Planimeters hat man sich vor Allem von den ausserhalb des Instruments liegenden Fehlerquellen frei zu machen. Man verwende ein auf einem ebenen Reissbrett eben und glatt aufgespanntes Papier. Da zu einer rationellen Prüfung des Planimeters, wie ich nachher zeigen werde, eine 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. I.

Fig. I.



ein Maassstäbchen von dünnem Messingblech, auf welchem eine genaue Eintheilung in 10 Centimeter angebracht ist. Im Kreuzungspunkt des Nullstrichs mit der Längelinie 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 versilbert 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 nebenstehender Skizze Fig. II. zu ersehen sein.

Fig. II.



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 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 Control-Lineals mit einem Gewichtchen zu beschweren und nicht am Knopf des Fahrstifts, sondern am Control-Linearal 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 Rollrand 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 ($1:1000\ 10^{\text{mm}}$) 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 vom Mechaniker beseitigt werden. Man kann nun diese Prüfung auch noch mit Umfahrung anderer Kreise vornehmen, z. B. 8^{cm} Radius mit der Ablesung 20106 , 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 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 Fahrstab durch Drehen des Cylinders C genähert, im umgekehrten Fall entfernt werden, wobei jedoch zu beachten ist, dass der Spielraum des Zählrades im Schneckenwinde 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 kürzesten Fahrarmstellung, stellt hier durch Drehen des Cylinders *C* die Axe parallel, bezw. 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 einiger-massen vorsichtiger Behandlung dürfte jedoch eine Verbiegung des aus hartgezogenem Neusilberrohr bestehenden Fahrstabs nicht leicht vorkommen.

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 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, ob dessen Theilung richtig und die Vertiefungen sowie das Centrum

*) Bei den Linearplanimetern kommt dieser Fehler ebenfalls vor, wie die zahlreichen und sorgfältigen Versuche des Herrn Prof. Dr. W. Tinter klar darthun (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 kleiner Figuren, besitzen, welcher ihnen der Theorie nach zukommen würde. Beim Präcisionsplanimeter, welcher diesen Fehler ebenfalls besitzt, ist es mir endlich nach vieler Mühe gelungen, die Ursachen desselben zu finden, und so weit zu beseitigen, dass die betreffenden Fehler innerhalb der Grenze liegen, welche durch die bei wiederholtem Umfahren einer Figur vorkommenden Abweichungen gezogen ist.

**) Auf diesen Einfluss wurde ich zuerst von Herrn Regierungsfeldmesser Bernards in Carishafen a. W. aufmerksam gemacht.

genau im Kreuzungspunkt der Theilstriche mit der Längelinie sich befinden, und ob die Nadel senkrecht stehe.

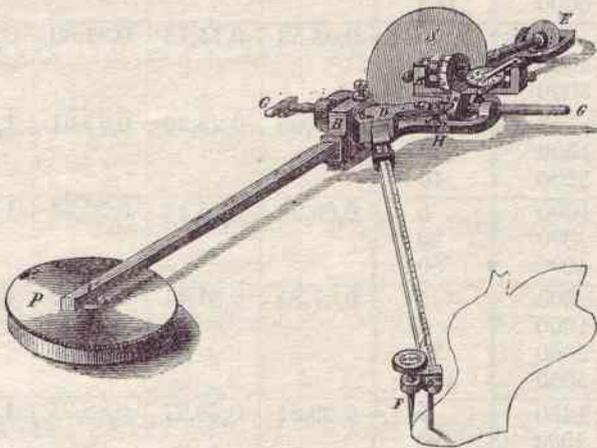
Nun berechnet man die Flächeninhalte der 10 mit dem Control-Lineal umfahrbaren Kreise und überzeugt sich, dass die durch Umfahren derselben erhaltenen Ablesungen mit der Berechnung übereinstimmen. Sind die Ablesungen zu gross, so muss der Fahrstab verlängert, sind sie zu klein, verkürzt werden. Hierauf 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 Massstabverjüngungen die Werthe der Noniuseinheiten (Reductionsfactoren) sowie die Ablesungen, welche bei Umfahrung der 10 Kreise, deren Radien im Controllineal gegeben sind, erhalten werden sollen, in übersichtlicher Weise an. Die Ablesungen am Zählrad, Rolle und Nonius sind je durch ein Komma getrennt.

Zu 7. Zur Vornahme dieser Prüfung bedient man sich einer kleinen Vorrichtung, welche auf Verlangen dem Planimeter beigegeben wird. Diese Vorrichtung gestattet, Fahr- und Polarm in jedem beliebigen Winkel zu einander in feste Verbindung zu bringen, so dass also mit dem Fahrstift Kreise von beliebiger Grösse um den Pol beschrieben werden können. Man setzt nun den Pol auf eine scharfe Linie, welche als Durchmesser der Kreise gilt, so dass der Pol vertikal über

dieser Linie steht, und markirt auf dieser Linie mit der Fahrstiftspitze den Durchmesser der mit letzterer beschriebenen Kreise, berechnet die Flächeninhalte derselben und dividirt letztere mit dem Werthe der Noniuseinheit. Diese Zahlen werden dann zu den Ablesungen addirt, welche man durch Umfahrung der Kreise nach §. 7. II. erhält, die Summen der Ablesungen und der durch die Noniuseinheit dividirten Inhalte sollen gleich der constanten Zahl sein.

IV. Gebrauch des Hohmann'schen Präcisions-Planimeters.



Bei der neuesten Construction dieses Planimeters ist der Schlitten sammt Messrolle zum Wegnehmen eingerichtet und kann für sich im Kästchen untergebracht werden. Er besteht nicht mehr aus einem cylindrischen Stift *G* (siehe die Abbildung), sondern aus einer Platte von rechteckigem Querschnitt, an welchem der Rahmen der Messrolle zwischen Spitzen eingehängt ist. Auf obiger Abbildung fehlen auch die in neuerer Zeit angebrachten, durch eine elastische Messingfeder mit dem Rahmen *H* verbundenen Tragrollen, welche den Zweck haben,

(Fortsetzung Seite 20.)

Massstab- verhältnisse.	Werthe der Nonius- Einheit. mm	Ablesungen für einmalige Umfahrung der			
		1cm	2cm	3cm	4cm
1: 500	2,5	0,03,14	0,12,56	0,28,27	0,50,26
1: 1000	10				
1: 2000	40				
1: 4000	160				
1: 500	2	0,03,92	0,15,7	0,35,33	0,62,83
1: 1000	8				
1: 2500	50				
1: 5000	200				
1: 625	2,5	0,04,9	0,19,63	0,44,18	0,78,54
1: 1250	10				
1: 2500	40				
1: 5000	160				
1: 750	5	0,03,53	0,14,13	0,31,80	0,56,54
1: 1500	20				
1: 3000	80				
1: 750	2,5	0,07,06	0,28,26	0,63,61	1,13,09
1: 1500	10				
1: 3000	40				
1: 1000	5	0,06,28	0,25,13	0,56,54	1,00,52
1: 2000	20				
1: 4000	80				
1: 500	1	0,07,85	0,31,41	0,70,68	1,25,66
1: 1000	4				
1: 2500	25				
1: 5000	100				
1: 1250	5	0,09,81	0,39,27	0,88,35	1,57,08
1: 2500	20				
1: 5000	80				
1: 2500	10	0,19,63	0,78,54	1,76,71	3,14,16
1: 1000	2	0,15,70	0,62,83	1,41,37	2,51,33
1: 2500	12,5				
1: 5000	50				
1: 1440	20	0,06,51	0,26,06	0,58,62	1,04,24
1: 2730	40	0,05,85	0,23,41	0,52,67	0,93,64
1: 6250	200	0,06,13	0,24,54	0,55,22	0,98,17
1: 1820	20	0,05,20	0,20,81	0,46,82	0,83,24
1: 2400	40	0,04,52	0,18,09	0,40,71	0,72,38

Kreise vom Radius 1cm bis 10cm.

5cm	6cm	7cm	8cm	9cm	10cm
0,78,54	1,13,097	1,53,93	2,01,06	2,54,47	3,14,16
0,98,17	1,41,37	1,92,41	2,51,33	3,18,09	3,92,70
1,22,71	1,76,71	2,40,51	3,14,16	3,97,61	4,90,85
0,88,35	1,27,23	1,73,17	2,26,18	2,86,27	3,53,42
1,76,71	2,54,47	3,46,34	4,52,36	5,72,54	7,06,84
1,57,08	2,26,19	3,07,86	4,02,12	5,08,89	6,28,32
1,96,34	2,82,74	3,84,82	5,02,66	6,36,18	7,85,40
2,45,43	3,53,42	4,81,02	6,28,32	7,95,19	9,81,75
4,90,85	7,06,84	9,62,05	12,56,64	15,90,39	19,63,50
3,92,70	5,65,48	7,69,65	10,05,31	12,72,35	15,70,8
1,62,86	2,34,50	3,19,18	4,16,96	5,27,63	6,51,44
1,46,39	2,10,69	2,86,82	3,74,57	4,74,03	5,85,35
1,53,36	2,20,88	3,00,63	3,92,7	4,96,98	6,13,56
1,30,08	1,87,28	2,54,95	3,32,96	4,21,38	5,20,31
1,13,09	1,62,86	2,21,66	2,89,52	3,66,43	4,52,39

einen Theil des Gewichtes zu tragen und somit die Laufrollenaxe theilweise zu entlasten. Bezüglich der Beschreibung und Theorie dieses Instruments verweise ich auf die demnächst im gleichen Verlag erscheinende Broschüre des Erfinders, sowie auf meinen Artikel im 3. Hefte des neunten Bandes der Zeitschrift für Vermessungswesen.

Um den Schlitten in richtige Verbindung mit dem Fahrarmhebel zu bringen, werden Fahr- und Polarm ganz zusammengedreht, der Schlitten vorsichtig in seine Lager eingesetzt, so weit als möglich nach rechts geschoben, und hierauf der Fahrarm nach rechts gedreht, so dass der Zapfen *Z* sich zwischen den Angriffscylinder und den federnden Stift am Schlitten hineinschiebt, worauf letzterer durch den Fahrarm hin- und herbewegt werden kann. Am Winkel des Rahmens *H* ist ein Anschlagstift für die Begrenzung der Fahrarmbewegung angebracht, welcher nun heraufgeschoben wird, so dass der Fahrarm an demselben anschlägt, bevor noch der Schlitten seine äusserste Stellung rechts erreicht hat.

Bevor man nun das Instrument in Gebrauch nimmt, überzeugt man sich von dem guten Zustand desselben im Allgemeinen, wobei das, was beim Gebrauch des gewöhnlichen Planimeters unter II. 1 gesagt wurde, auch hier gilt. Ausserdem ist noch nachzusehen, dass die Laufrollenaxe *L* bei eben fühlbarem Spielraum sich sehr leicht bewegen lässt, die Tragrollen sollen so viel aufliegen, dass sie mindestens die Hälfte des Gewichtes, das sonst auf die Axe *L* drücken würde, tragen. Der Rahmen der Messrolle soll sich leicht, aber ohne Spielraum zwischen den Spitzenschräubchen bewegen lassen. Der Schlitten und dessen Lager, sowie der Angriffscylinder und Zapfen *Z* sollen stets rein gehalten werden. Wenn diese Theile von Zeit zu Zeit mit ganz wenig feinem Oel geölt werden, so dient das zum leichten Gang und zur Conservirung derselben. Bezüglich der Führung und Ablesung dieses Planimeters gilt gleichfalls das unter II. 2–6 Gesagte. Auf die Verwendung des Instruments mit Pol innerhalb der Figur wurde gleich von vorneherein verzichtet. Eine ruhige gleichmässige Führung ist sehr zu empfehlen. Sodann ist es von grosser Wichtigkeit, dass der Anfangspunkt der Umfahrung stets so gewählt werde,

dass der Rand der Messrolle in der Mitte der Scheibe *S* steht, d. h. Fahr- und Polarm annähernd einen rechten Winkel bilden, da hiedurch die Einstellungsfehler, die in andern Stellungen sehr gross werden können, eliminirt werden. Bei den Instrumenten Nr. III. b. und c. werden die mit langem Polarm in der Tabelle verzeichneten Verhältnisse mit ganz ausgezogenem, die andern mit ganz eingeschobenem Polarm eingestellt und letzterer jedesmal festgeklemmt. Beim Anstecken der Verlängerung des Fahrarms (welches von links geschieht, ehe der Fahrarm aus der Mikrometerhülse austritt) ist der Schlitten wegzunehmen und darauf zu achten, dass der Fahrarm nicht verbogen und die beiden Theile bis zum völligen Schliessen zusammengeschoben werden.

Die Prüfung dieses Planimeters erfolgt auf gleiche Weise wie die des gewöhnlichen Planimeters und gilt das unter III. 1—6 Gesagte auch hier. Bezüglich der Untersuchung 4. ist noch Folgendes zu bemerken: Ist die Ablesung in der nahen Polstellung zu *gross*, so muss mittelst der am Fahrarmhebel angebrachten Correctionsschraubchen der Zapfen *Z* so verschoben werden, dass der Winkel, den Fahrstift, Fahrarmaxe und der Zapfen *Z* mit einander bilden, *kleiner* wird, sind die Ablesungen dagegen in genannter Stellung kleiner als in den anderen Stellungen, so muss dieser Winkel *grösser* gemacht werden. — Bei den Instrumenten Nr. I. und II. ist eine Correction nicht angebracht, da der Winkel ein für allemal richtig gestellt und eine Verbiegung nicht zu befürchten ist.

Bezüglich der Prüfung 5., ob die Ablesungen bei Vor- und Rückwärtsbefahren einer Figur gleich sind, empfiehlt es sich bei diesen Instrumenten, diese Prüfung nicht mit dem Control-Lineal vorzunehmen, sondern mit einer auf Papier gezeichneten Figur, weil in Folge der grösseren Kraft, welche zur Bewegung des Instruments erforderlich ist, auch dann noch eine Federung des Fahrstabs oder des Centrums des Control-Lineals vorkommt, wenn (wie unter III. näher angegeben), nicht am Knopf des Fahrstifts, sondern am Control-Lineal geführt wurde. Es eignen sich zu dieser Untersuchung am besten lange schmale Figuren, welche man in verschiedenen Polstellungen vor- und dann rückwärts umschreibt.

Bezüglich der Untersuchung ad 6. sei bemerkt, dass bei

den mit verschiebbarem oder corrigirbarem Polarm versehenen Instrumenten (Construction Nr. I. und II.) der Polarm verkürzt werden muss, wenn die Ablesung zu klein, verlängert, wenn sie zu gross ist. Dasselbe gilt bei den andern Instrumenten (Construction Nr. III.) bezüglich des Fahrarms.

Da bei diesem Planimeter die *gleitende* und die *rollende* Bewegung der Messrolle beziehungsweise der Laufrolle getrennt auftreten, jede derselben für sich untersucht werden kann, und diese beiden Bewegungen (wenn das Instrument im Uebrigen nach vorstehender Anleitung in Ordnung gestellt ist) noch die einzigen wesentlich in Betracht kommenden Fehlerquellen sind, so kann die Prüfung des Instruments auch auf folgende Weise vorgenommen werden:

1. Man untersucht die *gleitende Bewegung* der Messrolle, ob dieselbe die Bedingung erfüllt, dass keine drehende Bewegung derselben erfolge, wenn sie (bei vollkommen stillstehender Laufrolle) mit dem Fahrarmhebel von einem Ende von *S* bis zum andern und wieder zurück geführt wird. Zum Zwecke der Ausführung dieser Operation unterlegt man den Rahmen der *Laufrolle* mit einem Lineal oder dergleichen, so dass die Laufrolle vollkommen frei schwebt, und bremst noch die Laufrolle durch Einschieben eines mehrfach zusammengelegten Papierstreifens zwischen den Rand der Rolle und den Rahmen, so dass man sicher ist, dass selbe keine drehende Bewegung ausführt. Nun bewegt man den Schlitten sammt Messrolle mit dem Fahrarmhebel vorsichtig von einem Ende von *S* bis zum andern und wieder zurück, liest an beiden Endstellungen am Nonius ab, und dreht nach jeder Hin- und Her-Bewegung die Rolle um 5 oder 10 Theilstriche vorwärts und wiederholt die Hin- und Her-Bewegungen, bis der ganze Rollenumfang durchgenommen ist. Erfolgt *ringsum* eine kleine drehende Bewegung der Rolle nach der gleichen Richtung und von gleicher Grösse, so hat dies auf die Flächenmessung keinen Einfluss, weil diese Drehung beim Gleiten der Rolle nach *rechts* sich stets wieder durch eine gleiche aber entgegengesetzte Drehung beim Gleiten nach *links* aufhebt und die Messrolle bei Umfahrung jeder Figur,

sie mag begrenzt sein wie sie will, ebenso viel vorwärts als rückwärts gleitet. Ausserdem kann dieser scheinbare Fehler dadurch beseitigt werden, dass das eine Lager der Messrolle (analog wie bei meinen Polar-Planimetern) durch Drehen des einen Cylinders gehoben und gesenkt und dadurch parallel zur Bewegungsrichtung des Schlittens gestellt werden kann. Anders verhält es sich dagegen, wenn die Rolle an einigen Stellen während des Gleitens gar keine drehende Bewegungen, an andern Stellen aber solche nach der einen oder andern Richtung ausführt. Die hier gefundene grösste Differenz zwischen den einzelnen Ablesungen wird derjenige grösste Fehler sein, welcher sich bei wiederholten Umfahrungen zeigen kann. Derselbe wird aber bei Benützung des Instruments nur dann voll auftreten, wenn die zu messende Figur so geformt ist und die Anfangsstellung der Messrolle zufällig so eintrifft, dass die Messrolle beim Befahren der einen Begrenzungshälfte der Figur mit dem Fahrstift an ihrer *schlechtesten Stelle* über den ganzen Durchmesser von *S* hingleitet und beim Befahren der andern Begrenzungshälfte der Figur an ihrer *besten Stelle* wieder zurückgleitet, ein Fall, der in der Praxis wohl gar nicht vorkommen dürfte.

2. Die *rollende* Bewegung oder die Bewegung der Laufrolle, deren Fehlerhaftigkeit sich nur in dem Sinne äussert, dass die Abwickelungen derselben vor- und rückwärts nicht gleich sind, untersucht man auf folgende Weise:

Man stellt das Instrument so auf, dass mit dem Polarm ein Kreisbogen von nahezu 180° Länge (also länger als bei Benützung des Instruments je vorkommt) beschrieben werden kann. Nun erstellt man durch ein genügend schweres Gewicht oder durch einen eingeschlagenen Stift auf dem Tisch einen Anschlag für die Begrenzung der Polarmbewegung, so dass der Rahmen an seinem äussersten Ende an dem Stift oder Gewicht sicher anschlägt. Der Fahrarm wird nun so weit gegen den Polarm gedreht, dass der Hebel des Fahrarms ausser Berührung mit dem Schlitten bleibt, während der Pol-

arm den oben genannten Kreisbogen beschreibt, man wird, um einer Verbiegung des Fahrstifts bei dieser Operation vorzubeugen, gut thun, die Stütze neben dem Fahrstift herabzuschrauben. Nun setzt man den Schlitten sammt Messrolle an das äusserste Ende *rechts* und macht denselben dadurch unbeweglich, dass man ein Stückchen Seidenpapier zwischen denselben und eines der Lager hineinzwängt. Nun beschreibt man mehrere Male langsam und vorsichtig mit dem Polarm einen Bogen von ca. 180° und wieder zurück zum Anschlag, und liest jedesmal den Stand des Nonius an dieser Stelle ab; theoretische Bedingung ist, dass die Ableisungen immer gleich bleiben, d. h. das Resultat des Hin- und Herbewegens der Laufrolle $= 0$ sei. Dieselbe Operation wiederholt man noch, indem man den Schlitten an das entgegengesetzte Ende von *S*, *links*, befestigt. Aus der Gleichheit der Resultate links und rechts von *S* geht dann hervor, dass die ungleichseitige Belastung der Laufrollenaxe auf die Bewegung derselben keinen schädlichen Einfluss ausübt. Die für die rollende Bewegung gefundenen Differenzen treten ebenfalls nur dann *voll* auf, wenn die zu messende Figur beziehungsweise die Grenzen ihrer Längenausdehnung, so geformt und die Stellung des Instruments zur Figur so gewählt ist, dass diese Grenzen aus zwei Bögen bestehen, welche mit dem Fahrstift in zwei dem Pol ganz nahen oder ganz entfernten Stellungen des Fahrarms um den Pol als Mittelpunkt beschrieben werden, welcher Fall in der Praxis ebenfalls nicht leicht vorkommen wird oder leicht zu vermeiden ist.

Aus dem geringen Einfluss, den diese beiden Hauptfehlerquellen des Instruments auf die eigentliche Flächenmessung ausüben, aus dem geringen Werth der Noniuseinheit bei diesem Instrument und ferner aus dem Umstande, dass die Messrolle sich stets auf einer ebenen Unterlage bewegt, geht hervor, dass bei richtiger Handhabung dem Hohmann'schen Planimeter unter allen Umständen eine grössere Genauigkeit und Zuverlässigkeit als dem gewöhnlichen Polarplanimeter und dem Linearplanimeter zugesprochen werden kann.

Die
Mathematisch-mechan. Werkstätte

von

G. Coradi in Zürich

empfiehlt als Spezialität in anerkannt guter Ausführung: Freischwebende **Präcisionspantographen, Polarplanimeter und Präcisionsplanimeter**. — Ferner: *Theodoliten, Nivellirinstrumente, Universalinstrumente, Messtische, Kippregeln, Tachygraphometer, Winkelprismen, Winkelspiegel, Massstäbe, Lineale, Winkel, Stromgeschwindigkeitsmesser* etc. etc. Reparaturen aller geodätischen Instrumente werden bestens besorgt.

Meine Planimeter und Pantographen können von mir direkt, sowie von nachfolgend verzeichneten renommirten Instituten bezogen werden:

Heyde in Dresden, Amonstrasse 78, A. & R. Hahn in Cassel, C. N. Richter in Wien IV., Calderoni & Cie. in Budapest, Ing. A. Salmoiraghi in Mailand, Corso Magenta 48, F. Schwabe in Moskau, G. Gerlach in Warschau, P. J. Kipp & Söhne in Delft, Holland.

Für alle mit meiner Firma und Fabrikationsnummer versehenen Instrumente leiste ich jederzeit die vollste Garantie!

Preise meiner Polarplanimeter:

Nr. I	55 Frs. = 44 Mk.
„ II.	70 „ = 56 „
„ III.	75 „ = 60 „
„ IV.	80 „ = 64 „
Controllineale per Stück	2,50 „ = 2 „

Letztere werden bei Einsendung des Betrags in Briefmarken überall hin in einem Brief franco versandt.