

G. Coradi, Zürich.

Das Scheibenpolar-Planimeter

Theorie

Beschreibung

Handhabung

DAS

SCHEIBENPOLAR - PLANIMETER

THEORIE

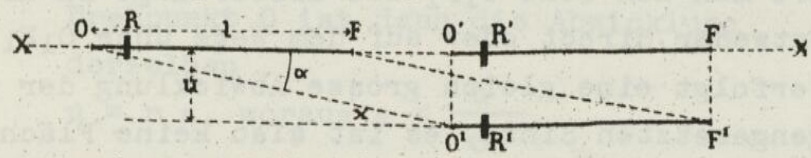
BESCHREIBUNG

HANDHABUNG

ALLGEMEINE DARSTELLUNG DER PLANIMETER - THEORIE

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

Fig.1



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

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

Bewegt sich nun der Stab aus der Lage $O'F'$ parallel zu dieser fort bis er in die Lage O_1F_1 gelangt, so dass der Stab ein Rechteck beschreibt, so bewegt sich die Rolle rechtwinklig zu ihrer Achse und rollt daher einen Bogen u ab, der gleich dem rechtwinkligen Abstand der beiden einzelnen Stablagen ist. Der Stab hat alsdann die Fläche $O'F'O_1F_1 = OFO_1F_1$ bestrichen, deren Flächeninhalt $J=lu$ ist, d.h. der Flächeninhalt der vom Stabe bestrichenen Fläche ist gleich der Länge l des Stabes multipliziert mit dem rechtwinkligen Abstände der seitlichen Verschiebung der Stablagen, oder wenn XX die Normalstellung bezeichnet, multipliziert mit dem rechtwinkligen Abstand des Stabes von der Normalstellung.

Wird der Stab aus der Lage OF direct in die Lage O_1F_1 bewegt, so kann man sich die Bewegung der Rolle zusammengesetzt denken aus vielen, unendlich kleinen gleitenden Bewegungen in Richtung XX und ebensovielen, unendlich kleinen, rollenden Bewegungen rechtwinklig zur Rollachse, welche sich zu u summieren, während die gleitenden Bewegungen keine Abwicklung der Rolle zur Folge haben.

Führt man den Stab O_1F_1 aus dieser Lage in die Anfangslage OF entweder direct oder auf dem Wege über O_1F_1 zurück, so erfolgt eine gleich grosse Abwicklung der Rolle im entgegengesetzten Sinne, es ist also keine Fläche bestrichen, weil die gleiche Fläche einmal positiv und einmal negativ bestrichen wurde, das Resultat also Null ist. Da alle Parallelogramme von gleichen Grundlinien und gleichen Höhen inhaltsgleich sind, so könnte der Stab aus der Lage O_1F_1 auch auf einem anderen Wege in die Richtung der Grundlinie XX zurückgeführt werden, um gleichfalls die einmal positiv bestrichene Fläche gleich gross negativ zu bestreichen.

Fig. 2

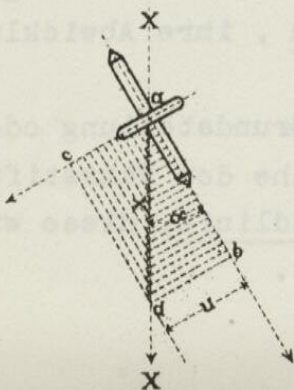
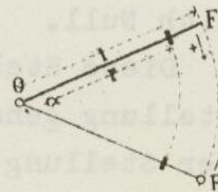


Fig. 3



Bewegt sich der Auflagepunkt der Rolle von d nach a Fig. 2, also in schiefer Richtung zu ihrer Achse, so kann man sich die Bewegung zerlegt denken in unendlich kleine Bewegungen senkrecht zur Achse und parallel zur Achse. Erstere bewirken die Umdrehung der Rolle und summieren sich wenn der Auflagepunkt in a angelangt ist, zur Strecke $ac = bd = u$, letztere bewirken nur ein Gleiten der Rolle, dessen Summe in a der Strecke ad gleich ist.

Die Abwicklung u der Rolle ist gleich dem Wege x den der Auflagepunkt zurücklegt, multipliziert mit dem Sinus des Winkels welchen ihre Achse mit der Bewegungsrichtung des Auflagepunktes einschliesst. Ist dieser Winkel

$$b a d = \alpha \text{ so ist } u = x \cdot \sin \alpha \quad (1)$$

die beschriebene Fläche daher :

$$L = lu = l \cdot x \cdot \sin \alpha \quad (2)$$

Wird der Stab OF um seine Achse C gedreht, so dass der Fahrstift einen Kreisbogen FF' beschreibt, so beschreibt der Stab einen Sector mit dem Centriwinkel α Fig.3 .

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

$$u = r a, \text{ woraus } a = \frac{u}{r} \quad (3)$$

und die bestrichene Fläche

$$J = \frac{12 a}{2} = \frac{12 u}{2r} \quad (4)$$

Für die ganze Umdrehung ist die Verhältniszahl

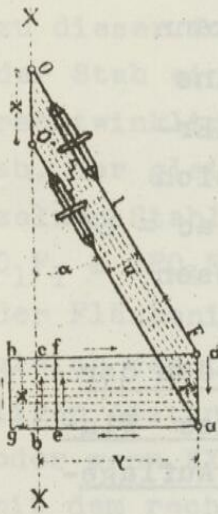
$$\frac{u}{r} = 2\pi, \text{ also } u = 2r\pi \text{ und} \\ J = 12\pi \quad (5)$$

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

Nach dem Vorangegangenen ist nach Fig. 4 sofort klar, dass bei Befahrung der Strecke d nach a mit dem Fahrstift F sich an der Rolle die Grösse u abwickelt.

Diese Grösse multipliziert mit der Länge l des Fahrstabes

Fig. 4



gibt den Inhalt der mit F umfahrenen Figur abcd. Die Bewegung des Fahrstifts von a nach b und von e nach d bewirken je eine gleich grosse aber entgegengesetzte Abwicklung der Rolle, deren Addition Null gibt. Auch sieht man leicht aus Figur 4, dass es gleichgültig ist, an welcher Stelle des Fahrstabs die Rolle angebracht ist, ebenso kann sie seitlich am Fahrstab angebracht sein, wenn nur ihre Achse parallel zum Fahrstab und parallel zur Unterlage ist.

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

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

Rechtsseitig der Grundlinie ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung positiv,
linksseitig der Grundlinie ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung negativ.

In Richtung O nach F des Stabes ist die Bewegungsrichtung der Rolle positiv

In der Richtung F nach O des Stabes ist die Bewegungsrichtung der Rolle negativ

(6)

Wird demnach der Fahrstift statt auf der Grundlinie auf ef geführt, so ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung positiv, die Abwicklung der Rolle von e nach f negativ, somit wird das Flächenstück abcd subtrahiert, weil $(+l) \cdot (-u) = lu$. Ueberschreitet der Fahrstab die Grundlinie, so ist die Bewegungsrichtung der Umfahrung negativ, aber ebenfalls die Abwicklung der Rolle von g nach h negativ, die Rolle addiert also die Fläche bghe und ihre Abwicklung ist proportional der ganzen umfahrenen Fläche aghd weil $(-l) \cdot (-u) = +lu$.

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

Wird in Gleichung (1) statt $\sin \alpha$ der gleichwertige Ausdruck $\frac{y}{l}$ gesetzt:

$$1 \quad a = \frac{x \cdot y}{l} \quad \text{so folgt:} \\ l \cdot u = x \cdot y \quad (7)$$

Die rechte Seite dieser Gleichung ist nichts anderes als die vom Fahrstift umschriebene Fläche (abcd Fig4) während die linke Seite die mit der Fahrstablänge l multiplizierte Rollenabwicklung u vorstellt, wodurch der Nachweis der Richtigkeit geleistet ist.

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

Beim Befahren der beiden Radien mit dem Fahrstift bestreicht der Stab OF die gleich grosse Fläche einmal positiv und einmal negativ. Durch Befahren der Grundlinie bestreicht OF die zwischen Grundlinie und Leitlinie liegenden Flächenelemente negativ, diese werden aber durch Befahren eines Kreisbogens ausserhalb der Grundlinie wieder positiv bestrichen, also ebenfalls zu Null summiert, sodass beim Befahren eines Kreisbogens ausserhalb der Grundlinie die von letzterem, den beiden Radien und der Grundlinie begrenzte Fläche als positiv bestrichen überbleibt.

Befährt der Fahrstift ein innerhalb der Grundlinie liegendes Flächenelement negativ nur soweit dasselbe nicht in dem umfahrenen Element enthalten ist. Der Vorgang ist also bezüglich des Endresultates ganz gleich, nur etwas verwickelter als bei Annahme einer Geraden als Leitlinie.

Die vom Fahrstift umfahrene Fläche ist demnach immer

- a) $J = l \cdot u =$ einem Rechteck dessen Grundlinie l die Fahrstablänge OF und dessen Höhe u das rechtwinklige Mass der seitlichen Verschiebung des Fahrstabes ist, od. nach Figur 4
- b) $J = y \cdot x = l \cdot \sin \alpha \cdot x$ gleich dem rechtwinkligen Abstand des Fahrstifts von der Normalstellung mal der Vorwärtsbewegung x des Drehpunktes O auf der Leitlinie.

Das rechtwinklige Mass der seitlichen Verschiebung des

Fahrstabes OF wird durch Rollenabwicklung u gegeben.

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

$$J = l \cdot c = l \cdot \sin \alpha \cdot x \cdot c \quad (8)$$

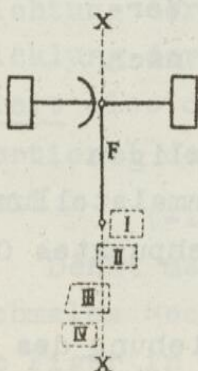
wo c eine von den Dimensionen des Instrumentes abhängige Constante bedeutet.

Führt man den Fahrstift in der Normalstellung des Fahrstabes auf der Grundlinie XX, so bleibt die Rollachse stets parallel zur Bewegungsrichtung ihres Auflagepunktes; sie wird nur gleiten nicht rollen. Die Linie welche der Auflagepunkt der Rolle bei der Befahrung der Grundlinie durch den Fahrstift beschreibt, heiße daher Gleitlinie.

Ist die Leitlinie eine Gerade wie beim Rollplanimeter, so decken sich Grundlinie und Leitlinie oder sind parallele Gerade Fig. 5. Läuft die Rolle auf einer Kugel, bildet also einen Punkt, oder sie besteht aus einem kleinen Kreise, dessen Radius gleich dem verticalen Abstand zwischen Kugelachse und Rollachse ist.

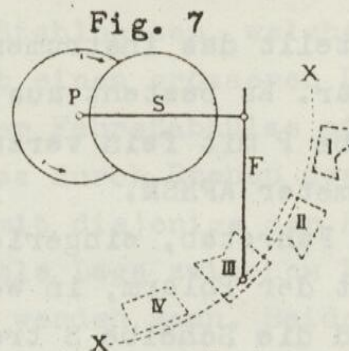
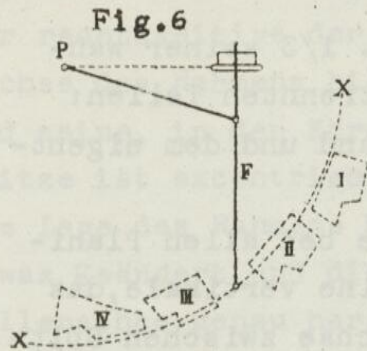
Beim Polarplanimeter Fig. 6 ist die Leitlinie ein Kreis, die Normalstellung des Fahrstabes F ist dann diejenige Stellung bei welcher die verlängerte Rollenebene durch den Pol P geht, also durch den Drehpunkt des ganzen Instrumentes. Wird der Fahrstab in dieser Normalstellung um den Pol bewegt, so beschreibt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

Fig. 5



Läuft die Rolle nicht auf dem Plan selbst sondern wie beim Scheibenplanimeter auf einer am Polarm gelagerten drehbaren Scheibe (Fig. 6) so ist die rechtwinklige Stellung des Fahrstiftes zum Polarm dessen Normalstellung; die Grundlinie ist ein Kreis in dieser Stellung des Fahrstiftes um den Pol beschrieben und die Gleitlinie ist ein Kreis auf der Scheibe dessen Radius gleich ist dem Abstand des Auflagepunktes der Rolle vom Centrum der Scheibe, durch

welches die Verlängerung der Rollenebene geht.



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

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

Unsere langjährigen Versuche haben uns zu einer anderen Annahme gebracht, nämlich, dass die Rolle ebenfalls nur gleitet ohne sich zu drehen wenn der Fahrstift nahe der Grundlinie parallel derselben geführt wird und dass die Ursache dieser Fehler in der Reibung liegt, welche die Achsenspitzen der Messrolle in ihren Körnern erleidet, welche Reibung nicht vollständig beseitigt werden kann durch möglichst feine Lagerung der Messrollenachse. - Allerdings kann bei den Compensationsplanimetern und Scheibenpolarplanimetern der schädliche Einfluss der Achsenreibung durch die auf dem Rollenumfang angebrachte Strichelung (zahllose parallel der Achse laufende Striche mit welchen der Rollenrand gleichmässig bedeckt wird) aufgehoben werden, sodass bei neuen Instrumenten mit sorgfältig gelagerten Rollenaachsen ein schädlicher Einfluss der Grundlinie in den Resultaten kaum wahrnehmbar ist; dieser Zustand kann aber nur durch sorgfältige Behandlung der Instrumente auf die Dauer erhalten bleiben

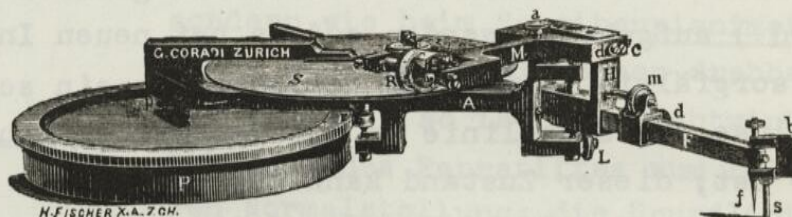
BESCHREIBUNG DES PRAEZISIONS- SCHEIBENPOLARPLANIMETERS

Fig. 18 stellt das Instrument in ca. 1/3 seiner wahren Grösse dar. Es besteht aus zwei getrennten Teilen: der Polscheibe P mit fein verzahntem Rand und dem eigentlichen Planimeter AFHSM.

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

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

Fig. 18



Ueber der Scheibe S befindet sich, um eine horizontale dem Fahrstab parallele, in die Hülse H des Fahrstabs ein -

greifende Spitzenachse drehbar, der Rahmen M der Messrolle, deren Einrichtung noch eingehend beschrieben wird. Der rechtsseitige der beiden Stahlbolzen, welche die Drehachse des Rahmens bilden, hat einen grösseren Durchmesser und seine, in den Körner in der Fahrstabhülse eingreifende Spitze ist excentrisch, so dass durch Drehen des Bolzens die Lage des Rahmens M und somit diejenige der Rollenachse etwas geändert und die parallele Lage zwischen Fahrstab u. Rollenachse genau hergestellt werden kann. Beide Bolzen werden durch stählerne Druckschrauben in ihrer Stellung festgehalten und gleich wie die Bolzen der Messrollenachse durch seitliche Flanschschrauben bewegt,

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

Dieses Abheben der Messrolle von ihrer Unterlage sollte immer geschehen, wenn das Instrument ausser Gebrauch ist, oder bevor irgend eine Manipulation (Fahrstabsverschiebung, Correction, Reinigung etc.) am Instrument vorgenommen wird.

Der Rahmen M lässt sich zurückschlagen sodass die Scheibe bequem gereinigt werden kann.

Die Scheibe S ist aus Aluminium hergestellt; ihre mit Papier überzogene Oberfläche ist eben u. normal zu ihrer Achse. Ihre untere Fläche ist mit radialen Rippen versehen, sodass sie bei geringem Eigengewicht die nötige Stabilität aufweist.

Die Polscheibe P hat einen Durchmesser von 15 cm. Der Fahrstab misst in seiner ganzen Länge 35 cm.

Der Wert der Noniuseinheit kann je nach der eingestellten Fahrstablänge zwischen 2 qmm. und 0,5 qmm. verändert werden.

Steht der Fahrstift in seiner Normalstellung, so geht die Messrollenebene verlängert durch das Centrum der Scheibe, eine Drehung des Instrumentes um den Pol in dieser Fahrstabstellung bewirkt daher keine Umdrehung der Rolle. Wird der Fahrstab bei stillstehendem Polarm um seine vertikale Achse gedreht, so gleitet die Rolle in einem Kreisbogen auf der Scheibe, es wird also gemäss den früheren Ausführungen durch die Drehbewegungen des Fahrstabs keine Umdrehung der Rolle hervorgerufen. Bildet der Fahrstab mit seiner Normal-

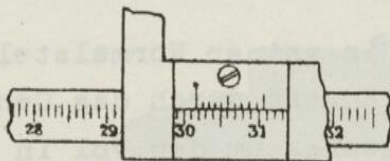
stellung den Winkel α , so steht die Rollenebene in einem Abstand vom Centrum der Scheibe welcher proportional ist $l \sin \alpha$. Wird mit dieser Stellung des Fahrstabes die Drehachse desselben den Weg x zurücklegen, gleich dem m^{ten} Teil des vollen Kreisumfanges der Leitlinie, also $\frac{2 r \pi}{m}$, wo r den Radius des Leitkreises bedeutet (so ist die Abwicklung u der Rolle $u = l \cdot \sin \alpha \cdot \frac{2 r \pi}{m} C$) also stets proportional der vom Fahrstift umfahrenen Fläche.

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

DIE EINZELNEN TEILE DES PLANIMETERS.

Der Fahrstab. Er ist ein hohler vierkantiger Stab aus vernickeltem Messing und verschiebbar in einer Hülse welche die verticale Drehachse trägt, sodass die Länge des Stabes l verändert werden kann. Die Teilung auf dem Stab ist kein absolutes Mass, sie hat nur den Zweck, mittelst des an der Hülse befindlichen Nonius die relative Länge l des Fahrstabes für bestimmte Flächenwerte der Rollenumdrehung auf ein Zehntel Millimeter genau zu fixieren. Die Hülse trägt eine ver-

Fig. 12.



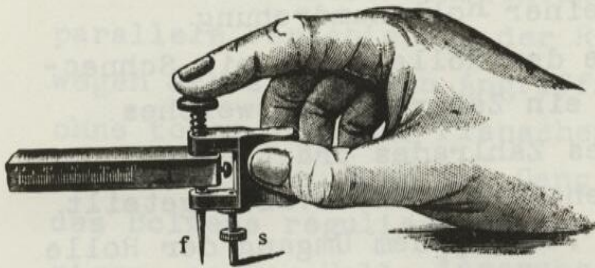
silberte Facette, welche auf besonders angebrachte Marken für bestimmte Masstäbe und Werte der Noniuseinheit zur schnelleren Orientierung eingestellt wird. Die genaue Einstellung erfolgt mittelst des Nonius und der Teilung. Fig. 12 gibt als Einstellung des Nonius am Fahrstab die Ziffer 30,5

Zur genauen Einstellung der in der Tabelle im Etui angegebenen Ziffern dient die

Micrometerschraube, welche in einer kürzeren, den Fahrstab umschliessenden Hülse angebracht ist. Man zieht zuerst die Druckschraube dieser Hülse an, schraubt an der Micrometerschraube bis der Nonius die Einstellungsziffer als Ablesung gibt, darauf zieht man die Druckschraube an der Fahrstabhülse wieder an..

Der Fahrstift nebst Griff und Stütze. Abbildung 13

Fig. 13



zeigt ihn als einen nach unten zugespitzten Stahlstift. Er ist vertical im rechtsseitigen Ende des Fahrstabes mit einer Druckschraube befestigt. Um den cylindrischen Schaft des Fahrstifts lässt sich der Griff b leicht drehen, dieser trägt einen unten leicht abgerundeten Stift s, die Stütze; zwischen Griff g und dem Kopf des Fahrstifts ist eine Spiralfeder eingelegt,

welche den Fahrstab in die Höhe drückt, sodass die Fahrstiftspitze knapp über dem Papier gleitet. Man fasst den Griff mittelst Daumen und Mittelfinger und kann dann mit dem Zeigefinger durch Druck auf den Knopf des Fahrstifts dessen Spitze jederzeit während der Umfahrung ins Papier drücken zum Zweck der genauen Markierung des Anfangspunktes derselben oder zur Fixierung des Fahrstiftes so dass die führende Hand besser nachrücken kann.

Bei Benützung des Controllineals muss die Stütze s so weit in die Höhe geschraubt werden, dass die Stütze das Contrrollineal nicht mehr berührt. Zu diesem Zweck ist an derselben eine geränderte Gegenmutter mit Kopf angebracht.

Die Messrolle, das Zählrad und deren Teilungen. Abb. 14

Die Messrolle

ist bei allen Planimetern das subtilste Organ. Ihre beiden fein ausgearbeiteten Axenspitzen sind aus feinstem Stahl u. gehärtet. Sie laufen in ganz feinen Körnern die sich in cylindrischen Stahlbolzen befinden. Die Achse trägt eine Kreisscheibe mit gewölbtem Rande, deren Durchmesser massgebend ist für die Abwicklung der Rolle.

Der gewölbte Rand der Kreisscheibe (Rollenrand) ist mit einer feinen Strichelung versehen; von der richtigen Ausführung derselben hängt zum grössten Teil die Genauigkeit des Planimeters ab. Diese Strichelung auf dem glasharten Rollenrand hergestellt, ist sehr dauerhaft und durch normalen Gebrauch fast unverwüstlich.

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

Die Ablesung an der Messrolle : Abbildung 14 veranschaulicht die Rolle und Zählscheibe eines Scheibenplanimeters und gibt z. B. folgende Ablesung: Der Zeiger auf der Zählscheibe steht zwischen dem dritten und vierten Strich; es sind also erst 3 volle Rollenumdrehungen vom Nullpunkt aus gemacht worden. Als erste Ziffer ergibt sich demnach ----- 3000

Der Nullpunkt des Nonius steht zwischen Ziffer 4 und 5; es sind also vom Nullpunkt der Rolle aus erst 4 volle Hundert abgewickelt

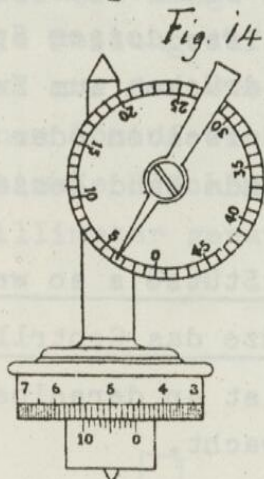
worden, die zweite Ziffer heisst also ----- 400

Von den zwischen 4 und 5 liegenden Zehnerstrichen hat der fünfte den Nullpunkt des Nonius passiert, dies gibt für die Zehner als Ziffer ----- 50

Von den Strichen des Nonius spielt der fünfte mit einem Teilstrich der Teilung genau überein ----- 5

Die ganze Ablesung ist demnach ----- 3455

Die Lagerung der Rollenachse : Die cylindrischen Stahl-



Bolzen, in welchen die Rollennachse gelagert ist, befinden sich in einem Rahmen, in welchem sie durch darauf wirkende stählerne Druckschrauben in richtiger Stellung gehalten werden. Diese Schrauben müssen, ehe eine Verschiebung der Bolzen vorgenommen werden kann, etwas gelockert und nach erfolgter Verschiebung der Bolzen wieder festgeschraubt werden. Eine parallel neben dem Bolzen befindliche Stahlschraube, deren flanschenartiger Kopf in eine Kerbe des Stahlbolzens eingreift, vermittelt die Verschiebung des Bolzens in Richtung der Rollennachse.

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

Ein Drehen der Rolle von Hand, während die Rolle auf ihrer Unterlage ruht, soll niemals vorgenommen werden.

Durch Temperaturwechsel ändert sich der Gang der Rolle infolge ungleicher Ausdehnung des Materials des Rahmens und der Rollennachse. War das Instrument an einem kühlen Ort aufbewahrt, so wird die Rolle einen trügen Gang haben (wodurch die Rollenabwicklung in hemmender Weise beeinflusst wird); war das Planimeter dagegen dem Einfluss der Wärme z. B. den Sonnenstrahlen ausgesetzt, so wird die Rollennachse etwas zu viel Spielraum haben, wodurch ebenfalls Fehler entstehen.

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

Die übrigen durch Temperaturwechsel vorkommenden Änderungen in den Dimensionen des Instrumentes sind von keinem so grossen Einfluss auf die Flächenmessungen wie öfters angenommen wird. Die Ausdehnung des Fahrstabs z.B.

beträgt von $0 - 100^{\circ} \text{ C.}$ nur etwa $1/500$ seiner Länge, da die Zimmertemperatur im Allgemeinen aber zwischen 10 und 30° schwankt, so würde hiedurch höchstens eine Aenderung der Fahrstablänge und somit eine Aenderung der Rollenabwicklung u von $1/2500$ hervorgerufen.

Das Controll - Lineal Dem Planimeter wird ein Controll-

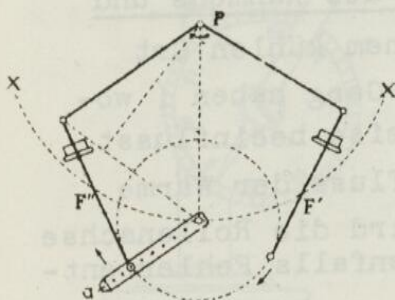
Lineal beigegeben welches eine Einteilung in 8 od. 10 cm. besitzt. Fig. 16. Im Nullpunkt der Teilung ist ein kleines Loch gebohrt, durch welches eine Nadelspitze gesteckt ist, die durch eine übergreifende Schraube gehalten wird.

Bei jedem Teilstrich ist eine

kleine conische Vertiefung, in welche die Fahrstiftspitze eingesenkt werden kann. Die Nadelspitze wird in das Papier

gedrückt, so dass das Lineal flach auf dem Plan aufliegt. Setzt man nun die Fahrstiftspitze in eine der Vertiefungen (nachdem die Fahrstiftstütze in die Höhe geschraubt worden ist) und dreht das Controll-Lineal um seine Spitze (Centrum) so kann der Fahrstift eine Kreisfläche von bekanntem Radius umfahren. Auf einer abgeschrägten Fläche des Lineals ist ein Indexstrich, welcher auf den durch eine Bleistiftlinie markierten Anfangspunkt der Umfahrung eingestellt wird. Aus der Fig. 19 ist die Anwendung des Controll-Lineals zu ersehen. Es

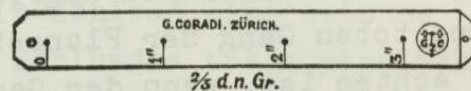
Fig. 19



wird benutzt um die Gleichmässigkeit der Rollenabwicklung u zu kontrollieren. Um diese letztere ganz befreit vom Einfluss der führenden Hand (radialer Druck derselben) zu erhalten, beschwert man den Fahrstift mit einem kleinen Gewicht und führt mit der Hand am Controll-Lineal statt am Knopf des Fahrstiftes.

Die Controll-Scheibe: Anstelle des Controll'lineals kann auch eine Controll-Scheibe benutzt werden. Sie ist eine Platte aus dünnem ca. $11/2$ mm. dickem Messingblech. Dieselbe wird auf den Plan festgedrückt, auf welchem sie durch zwei an der unteren Fläche vorstehende Stahlspitzchen unverrückbar gehalten wird. Auf der oberen eben geschliffenen Fläche sind Kreise von $2, 3, 4, 5$ und 6 cm. Radius eingraviert, in welchen die Fahrstiftspitze geführt werden kann. Die Markierung des Anfangspunktes der Umfahrung ist überflüssig, wenn letzterer dort gewählt wird, wo die Rollenbewegung einen Wendepunkt bildet.

Fig. 16



Die Tabelle im Etui: Jedem Planimeter wird eine Tabel-
ins Etui befestigt, in welcher die
für das betreffende Instrument bestimmten Fahrstablän-
gen, Werte der Noniuseinheit, sowie der constanten Zahlen
für 4-5 Masstabverhältnisse verzeichnet sind.

Tabelle :

Verhältnisse	Einstellung des Nonius am Fahrstab	Wert der Nonius - Einheit	Constante
1:1000	333.3	10m ² (1:1) 10 mm ²	22177
1: 500	266.6	2 " 8 "	23154
1:2500	313.3	40" 6,4"	-----
1:2000	166.6	20" 5 "	-----
1:5000	133.0	100" 4 "	-----

Die erste Verhältniscolumne enthält den Masstab der Kar-
te deren Parcellen berechnet werden sollen. In der Zwei-
ten ist die Fahrstablänge in Noniuseinheiten der Teilung
auf dem Fahrstab angegeben; die dritte Columne enthält
den Wert einer Noniuseinheit der Rollenteilung od. den
Factor mit welchem die in solchen Noniuseinheiten durch
einmaliges Umfahren der Fläche erhaltene Rollenabwick-
lung u multipliziert werden muss, um den Flächeninhalt
in Quadratmetern ausgedrückt zu erhalten. In der glei-
chen Columne sind auch die Werte der Noniuseinheit
in Quadratmetern in natürlichem Masse 1:1 angegeben. Die
vierte Columne enthält die constante Zahl für Verwendung
des Instrumentes mit Pol innerhalb der Figur. Zu den
Planimetern gehört ferner ein Controll - Lineal.

A N L E I T U N G

ZUM

PRACTISCHEN GEBRAUCH .

Das Papierblatt auf welchem sich die zu messenden Figuren befinden wird auf eine ebene, glatte und annähernd horizontale Tischplatte gelegt. Ist das Papier so, dass es von selbst flach aufliegt, so braucht es nicht extra aufgespannt zu werden. Man bringt den Plan und das darauf plazierte Instrument in eine zum Umfahren bequeme und vom Licht begünstigte Lage. Gerollte Pläne müssen natürlich glatt aufgespannt od. durch Auflegen von Beschwerern, Linealen, Büchern od. dergleichen zum glatten Aufliegen gebracht werden.

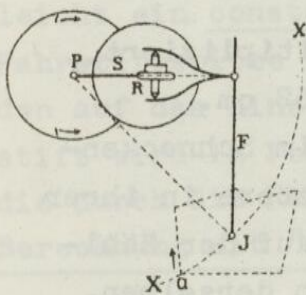
Man wird nun vor der endgültigen Planimetrierung sich überzeugen, dass das Instrument vollkommen in Ordnung ist. Zu diesem Zweck hebt man zuerst den Rahmen M mittelst der Auslösungs-Schraube a in die Höhe, so dass die Rolle nicht auf der Scheibe aufliegt, lässt vorläufig das eigentliche Planimeter ausser Verbindung mit der Polscheibe P. Die Scheibe S soll sich sehr leicht drehen lassen, ihre Achse soll aber keinen merklichen Spielraum zwischen ihren Spitzen haben: man erkennt letzteren, indem man bei festgehaltenem Polarm A versucht, den Rand der Polscheibe S ruckweise auf und ab zu bewegen. - Die verticale Achse des Fahrstabs darf keinen Spielraum haben; versucht man bei festgehaltenem Arm A die Hülse H in der Richtung von A ruckweise zu drehen, also bei stillestehendem Fahrstift, so erkennt man leicht etwaigen Spielraum. Ein zu schwerer Gang oder Spielraum der horizontalen Achse des Rahmens M wirkt ebenfalls schädlich; letzteren erkennt man, wenn man den Rahmen bei festgehaltenem Fahrstab ruckweise seitlich hin und her zu bewegen versucht. Bezüglich der Messrolle gilt auch hier wie bei allen Planimetermessrollen, dass deren Achse sich spielend leicht bewegen soll; das Zählrad soll etwas Spielraum haben sodass der leichte Gang der Rolle nicht gehemmt ist. Zwischen Teil-Kreis und Nonius schiebt man ein Stückchen scharfgeschnittenes Papier (dünnes Briefpapier) und dreht die Rolle einmal um ihre Achse um Staub der die Bewegung der Rolle hemmen könnte, zu entfernen.

Ist der Spielraum der Rollennachse zu gross, so kann man durch Verschieben der Bolzen nachhelfen. Wir machen aber hier nochmals darauf aufmerksam, dass das Instrument vor allem einmal erst sich der Zimmertemperatur angepasst hat, dass es event. in der Hand etwas zu erwärmen od. auch dem directen Einfluss der Sonne zu entziehen ist. Ein Nachstellen der Bolzen ist nur in äussersten Fällen angezeigt. Soll der Bolzen einmal definitiv verschoben werden, so ist darauf zu achten, dass die Rolle nicht zu nahe an den Teil-Kreis gebracht werde, damit er nicht an demselben streift, er soll indessen auch nicht zu weit von demselben fixiert werden, weil so das Ablesen erschwert würde.

Man hat nun noch das Instrument mit der Polscheibe in Verbindung zu setzen und zu sehen, ob der Eingriff des Rädchens richtig erfolgt, sodass die Scheibe S durch Bewegung des Fahrstiftes auf dem Plan in der Richtung um den Pol in Umdrehung versetzt wird und bei raschem Umkehren der Bewegungsrichtung kein toter Gang verspürt wird.

Die Umfahrung : Das Planimeter soll stets in eine solche Lage gebracht werden, zu der zu umfahrenden Figur, dass die Grenzen derselben nicht nahe und parallel zur Grundlinie verlaufen. In Fig. 7 sind die zu vermeidenden ungünstigen Stellungen zur Figur angedeutet. In Fig. 11 ist die

Fig. 11



für das Scheibenplanimeter die günstigen gegenseitigen Lagen von Fläche J und Instrument angedeutet. Diese günstige Lage ergibt sich ohne langes Probieren durch folgende Regel:

Man stelle den Fahrstift in die Mitte der zu berechnenden Figur, stellt den Pol P so, dass die Rollenebene verlängert durch den Pol, geht. fährt in dieser gegenseitigen Stellung, also auf der Grund-

linie an der Grenze der Figur in a und markiert dort den Anfangspunkt der Umfahrung, weil hier auf der Grundlinie die Rolle die geringsten Bewegungen macht und daher die Einstellungsfehler auf dem Anfangspunkt der Umfahrung am ehesten verschwinden.

Der Masstab: Ist der zu berechnende Plan z. B. im Masstab 1:500 gezeichnet, so wählt man diejenige Fahrstablänge welche in der Tabelle im Etui für diesen Masstab eine bequeme Zahl als Wert der Nonius-Einheit ergibt, wobei im Allgemeinen für kleine Masstäbe (1/5000, 1/4000) etc. ein kurzer, für grosse Masstäbe ein längerer Fahrstab ge-

wählt wird.;

für den oben genannten Masstab gebe die Tabelle die Einstellung 266.6 welche Zahl auf der Teilung des Fahrstabes eingestellt wird - der Wert der Nonius-Einheit sei dann 2 qm.

Die Umfahrung : Man überzeugt sich nun durch ein flüchtiges Umfahren erst einmal, dass das Befahren der Grenzlinie der Parcellen ohne Anstoss vor sich gehen kann. Man stellt den Fahrstift auf den Anfangspunkt der Umfahrung (also auf der Grundlinie) ein und notiert die Ablesung an der Messrolle und am Zählrad als erste Lesung L_1 Dieselbe ergehe z. B. wie auf der Abbildung Fig. 14 die Ziffer 3455 . Dann führt man die Fahrstiftspitze in der Richtung des Uhrzeigers genau auf der Grenzlinie der Parcellen bis auf den Anfangspunkt zurück und nimmt, während man den Fahrstift hier festhält die zweite ablesung L_2 an Messrolle und Zählrad vor, dieselbe sei: 9981 . Ist nun der Wert der Noniuseinheit f , so ist der Flächeninhalt der Figur $J = (L_2 - L_1) f$.

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

$$L_2 = 9981$$

$$L_1 = 3455$$

Differenz: $L_2 - L_1 = 6526$ mit 2 qm. multipliziert, ergibt als Inhalt der Figur $6526 \times 2 \text{ qm.} = 13052 \text{ qm.}$

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

Eine Irrung um 1000 Noniuseinheiten ist im Uebrigen leicht zu vermeiden wenn folgende Regel beobachtet wird: Zeigt der Nullpunkt des Nonius an der Messrolle u n t e r Null , also 80,90, so gilt der vorhergehende Teilstrich der Zähl-scheibe , steht der Nonius dagegen ü b e r Null

also 10, 20, so gilt derjenige Teilstrich der Zählsscheibe auf welchen der Index derselben zeigt, als erste Ziffer der Ablesung.

Während des ganzen vorbeschriebenen Verfahrens soll die Polscheibe unverrückt auf ihrem Platze stehen bleiben.

Man kann die Umfahung wiederholen und erhält dadurch eine Controlle für Irrungen im Ablesen, eine Verminderung des Fehlers welcher aus nicht ganz genauem Einstellen auf den Ausgangspunkt entsteht, sowie eine directe Erhöhung der Genauigkeit.

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

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

Berechnung mit "Pol innerhalb der Figur" Für die Berechnung sehr grosser Figuren kann das Instrument innerhalb der Figur aufgestellt werden, sodass bei jeder Umfahung derselben Fahrstab und Polarm eine volle Umdrehung um den Pol ausführen.

Das erhaltene Resultat ist dann von der Constanten in Abzug zu bringen d.h. mit dem Inhalt der von der Grundlinie XX eingeschlossenen Kreisfläche in Abzug zu verrechnen. Die Figur wird in bekannter Weise im Sinne des Uhrzeigers umfahren, (in diesem Falle die Grundlinie) und es entsteht, weil die Rolle auf der Gleitlinie läuft, keine Abwicklung an derselben, wenn der Fahrstift die ganze Umdrehung um den Pol ausführend zum Anfangspunkt zurückgekehrt ist; die hierbei vom Fahrstift umzogene Fläche ist aber gleich $r^2 \pi$ ($r =$

Abstand des Fahrstiftes vom Pol) also gleich der von der Grundlinie XX eingeschlossenen Fläche. Da hier keine Rollenabwicklung entsteht, so wird an deren Stelle eine constante Zahl gesetzt welche die, dieser Fläche entsprechende Rollenabwicklung in Noniuseinheiten ausdrückt, vorstellt. Diese Zahl ist für jedes Instrument und für jede Fahrstablänge eine andere und wird in jedem Falle extra durch Versuche bestimmt.

Ist die umfahrene Fläche grösser als die Grundlinienfläche, so muss die wirklich erfolgte Rollenabwicklung u zur constanten Zahl addiert, ist sie kleiner, so muss u von der constanten Zahl subtrahiert werden, was vom Planimeter selbst automatisch ausgeführt wird.

Wir geben als Beispiel einer Umfahrung mit Pol innerhalb der Figur als erste Ablesung L_1 wieder die selbe Summe wie oben 3455, die zweite Ablesung (nach der erfolgten Umfahrung) L_2 9981, die Constante C sei angegeben im Etui mit 23154, der Wert der Noniuseinheit f sei wieder 2 qm. so ist der Flächeninhalt der Figur

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

dies gibt im vorliegenden Beispiel:

	C = 23154
+ zweite Ablesung	<u>L₂ = 9981</u>
Summe -----	33135
- erste Ablesung	<u>L₁ = 3455</u>
Rest -----	29680

$$\text{mal } f = 2 \times 29680 = 59360 \text{ qm} =$$

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

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

Passiert der Nullpunkt der Zählscheibe den Index während der Umfahrung zweimal, so ist natürlich die Ziffer 10000 oder 50000 zweimal zu addieren. Da man während des Umfahrens einer Figur nicht gleichzeitig den Gang der Zählscheibe beo-

bachten kann, so gibt folgendes einfache Verfahren hierüber Aufschluss: Man merkt sich je nach der Grösse der zu umfahrenden Figur 2 - 4 Stationen an welchen man den Stand des Zählrades laut abliest oder sich notiert. Am Anfangspunkt angelangt kann aus der Reihenfolge der abgelesenen Ziffern leicht die Ueberschreitung des Nullpunktes constatiert werden.

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

Das Scheibenplanimeter kann auch zur Berechnung von Indicatordiagrammen verwendet werden. Wie aus Gleichung 8 Seite 6 ersichtlich, ist der Inhalt der vom Fahrstift umzogenen Fläche gleich einem Rechteck dessen Grundlinie gleich der Länge l des Fahrstabes und dessen Höhe gleich der Rollenabwicklung u ist ($J = l \cdot u$). Stellt man nun die Länge des Fahrstiftes gleich der Basis des Diagrammes, so gibt die Rollenabwicklung u gleich die mittlere Höhe des Diagrammes, es ist dann nur notwendig, dass der Umfang der Rolle so justiert sei, dass eine Umdrehung derselben ein rundes Mass bedeutet. Beim Scheibenplanimeter ist dieser Wert 0,01 mm.

Die Einteilung des Stabes muss so ausgeführt sein, dass die Einstellung des Nonius am Fahrstab genau dem Abstand des Fahrstiftes von der Drehachse des Fahrstabes entspricht; man misst also die Basis mit dem Masstab und stellt den Fahrstab des Planimeters auf diese Länge ein, unter Berücksichtigung dass die Fahrstabteilung in $1/2$ mm. ausgeführt ist.

Die Umfahrung und Ablesung erfolgt wie bei einer Flächenberechnung. Die Differenz $L_2 - L_1$ wird mit 0,01 multipliziert. Das Resultat ist die gesuchte Höhe des Diagrammes in Millimetern.

DIE PRUEFUNG DES PLANIMETERS.

Wenn man das Planimeter prüfen will, sollte man dessen Eigenschaften gründlich kennen und mit der Handhabung desselben einigermaßen vertraut sein. Es kann daher nicht genug empfohlen werden, sich die zur richtigen Handhabung erforderlichen Handgriffe anzueignen. Ist das Instrument durch einen voreiligen Handgriff in einem seiner subtilsten Organe getroffen und beschädigt, so nützt die noch so peinliche Beobachtung der nachstehenden Regeln nichts mehr und es ist eben-

so unmöglich zu einem guten Resultat zu kommen als zu einem richtigen Urteil über das Instrument zu gelangen. Es wird also bei nachfolgenden Prüfungsvorschriften das früher Gesagte als bekannt vorausgesetzt. Zuerst überzeugt man sich von dem richtigen Zustand des Instrumentes, wie dies auf Seite 16 und folgenden erklärt worden ist.

Da zur gründlichen Prüfung eines jeden Instrumentes eine grössere Anzahl Umfahrungen nötig sind, und Umfahrungsfehler hierbei ausgeschlossen sein sollen, so verwendet man zur Prüfung mechanische Hilfsmittel. Als ein solches ist das bereits beschriebene Controll-Lineal zu betrachten, dessen Verbindung mit dem Instrument aus Fig. 26 hervorgeht. Oefters wird die auf Seite 14 beschriebene Controll - Scheibe vorgezogen.

Umfahrungsfehler sind indessen bei Verwendung mechanischer Hilfsmittel nicht ausgeschlossen. Erfolgt nämlich beim Bewegen des Fahrstiftes in einem durch einen Radius des Controll-Lineals gegebenen Kreis der Druck auf den Knopf des Fahrstiftes nicht immer tangential, so entsteht, obgleich die Fahrstiftspitze die Kreislinie nicht verlassen kann, eine Federung, infolge deren der Fahrstab eine andere als die durch die Fahrstiftspitze bedingte Lage annimmt, woraus dann namentlich bei grossen Kreisen ganz erhebliche Umfahrungsfehler entstehen, wovon man sich selbst auch durch Nachrechnen überzeugen kann.

Es empfiehlt sich daher, sowohl den Fahrstift als auch das Centrum des Controll-lineals mit einem Gewichtchen zu beschweren, und nicht am Knopf des Fahrstiftes sondern am Controll-Lineal selbst zu führen. Man wird das Controll-Lineal deshalb auch vorzugsweise zur Prüfung der Gleichmässigkeit der Resultate bei wiederholtem Umfahren und bei verschiedenen Polstellungen benützen, dagegen die Bestimmung der definitiven Fahrstablänge auf Grund der Umfahrung gezeichneter Figuren von genau bekanntem Inhalt vornehmen. (Quadrate oder deren Zerlegung in Dreiecke).

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

- 1) ob das Instrument im Allgemeinen in richtigem Zustand ist.- Dies wurde bereits erörtert (Seite 16,
- 2) ob die Teilung der Rolle richtig und centrisch ist. Man beobachtet den Nonius an verschiedenen Stellen der Teilung von 10 zu 10 Teilstrichen, ringsum ob Nullstrich und Zehnerstrich desselben überall neun Teilen der Rollenteilung genau entspricht,

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

Diese Untersuchung betrifft hauptsächlich die Kontrolle der Rollenumdrehung.

Treten zwischen den einzelnen Umfahrungen grössere Differenzen bis zu 10 Noniuseinheiten auf, so sind dieselben mehr zufälliger Natur, zeigen sich nicht immer an der gleichen Stelle der Rollenteilung u. sind hauptsächlich Umfahrungsfehler, die wie schon gesagt auch bei Benützung des Controll-Lineals nicht unbedingt ausgeschlossen sind.

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

Das Gesagte gilt auch für die Untersuchung ob das Planimeter bei Vor-u.-Rückwärtsbefahren eines Kreises mit Controll-Lineal das gleiche Resultat ergeben.

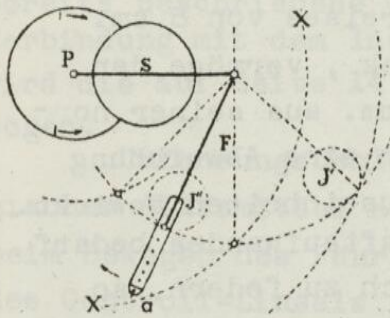
Man wird sich durch diese Untersuchung überzeugen, dass das Planimeter richtig functioniert, man kann indessen nicht verlangen, dass die einzelnen Umfahrungsresultate auf einzelne Noniuseinheiten genau übereinstimmen.

- 4) ob die Rollenabwicklung u bei Umfahrung einer u. derselben Figur links und rechts von der Grundlinie die gleiche ist, d.h. ob die Messrollenachse parallel zum Fahrstab ist, kann ebenfalls mit Hilfe des Controll-Lineals untersucht werden, nur hat man darauf zu achten, dass die beschriebene Kreislinie nicht zu nahe der Grundlinie XX liegt in beiden Stellungen, da sonst die Resultate durch die Nähe derselben beeinflusst werden und die Fehler in den Ablesungen nicht lediglich diejenigen Fehler

anzeigen würde, welche aus der falschen Lage der Messrollenachse entspringen.

Fig. 26 zeigt die Ausführung dieser Untersuchung für das Scheibenplanimeter. Ist die Ablesung von J' (also rechts der Grundlinie) grösser als in J'' (Links) so muss das dem Fahrstift zugekehrte Ende der Messrollenachse nach rechts verschoben werden (und umgekehrt). Dies geschieht durch einseitiges Verschieben des Messrollenrahmens wie auf Seite 13 näher angegeben wurde.

Fig. 26 Es wird



5. kontrolliert, ob die in der Tabelle angegebenen Fahrstabeinstellungen, sowie die Constanten für "Pol innerhalb der Figur" richtig sind.

Auch zu dieser Untersuchung kann zuerst das Controll-Lineal verwendet werden, wobei man mehrere Radien desselben benützt und das Mittel aus den Resultaten nimmt. Dazu aber wird am besten eine gezeichnete Figur (Quadrat, Dreieck) von genau bekanntem Inhalt freihändig umfahren. Sind die Resultate um $\frac{1}{n}$ des Flächeninhaltes zu klein, so muss der Fahr-

stab um $\frac{1}{n}$ seiner Länge verkürzt werden und umgekehrt.

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

Zur Untersuchung der constanten Zahl benützt man ein genügend grosses Quadrat von bekanntem Inhalt J und umfährt dasselbe in der Richtung des Uhrzeigers. Dividiert man den Inhalt J des Quadrates durch den Wert der Noniuseinheit f , addiert dann die erste Ablesung L_1 und subtrahiert die zweite L_2 so ist der Rest gleich der constanten Zahl:

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

6 Man hat schliesslich noch zu untersuchen ob die Rollenabwicklungen bei Umfahrung einer und derselben Figur sich gleich bleiben, wenn das Rädchen r sich an verschiedenen Stellen des Umfangs der Polscheibe abwickelt, während die Scheibe S innerhalb der beiden Marken, die man sich auf derselben machen kann, bleibt.

MITTELST DER TEILUNG AUF DEM FAHRSTAB.

Um solche Einstellungen, welche in der Tabelle im Etui nicht angegeben sind, durch einfache Rechnung zu finden oder die Länge des Fahrstabes ermitteln zu können, ist die Teilung auf dem Fahrstab nebst Nonius ein vorzügliches Hilfsmittel. (siehe hierüber: F. Lorber, Zeitschrift. für Vermessungswesen 1883, Heft 17)

Zu diesem Zweck sind in der Tabelle die Werte f^0 der Noniuseinheit auch für natürliche Grösse (1:1) in qmm. angegeben. Es sei nun a die längste, a_1 die kürzeste in der Tabelle im Etui angegebene Fahrstabeinstellung, f^0 und f^0_1 die zugehörigen Werte der Noniuseinheit in qmm.; es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Flächenwert f^0_2 F sei die Fahrstablänge für den Flächenwert $f^0 - f^0_2$, so hat man die Proportion

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

und : $a_2 = a - F$

Z. B.: $a = 320,9$; $f^0 = 10$ qmm. $a_1 = 128,5$; f^0_1 sei 4 qmm, es werde gesucht die Einstellung a_2 für den Masstab 1:2500 mit dem Werte der Noniuseinheit 20qm: $f^0_2 = 3,2$ qmm.

Nach der Gleichung (1) ist

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

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

$$320,9 - 218,5 = 102,85$$

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

In gleicher Weise kann die der Flächeneinheit (10qmm.) entsprechende Länge des Fahrstabes (Abstand der Fahrstiftspitze von der Drehachse des Polararms) ermittelt und durch einfache Proportion diese Länge für einen beliebigen Flächenwert berechnet werden. Aus obigem Beispiel berechnet sich die Länge des Fahrstabes für 10 qmm. zu 320,85 der Nonius am Fahrstab ist also um + 0,25 versetzt gegen die wirkliche Fahrstablänge ; diese constante Grösse ist jedesmal zur berechneten Fahrstablänge zu addieren oder, wenn die-

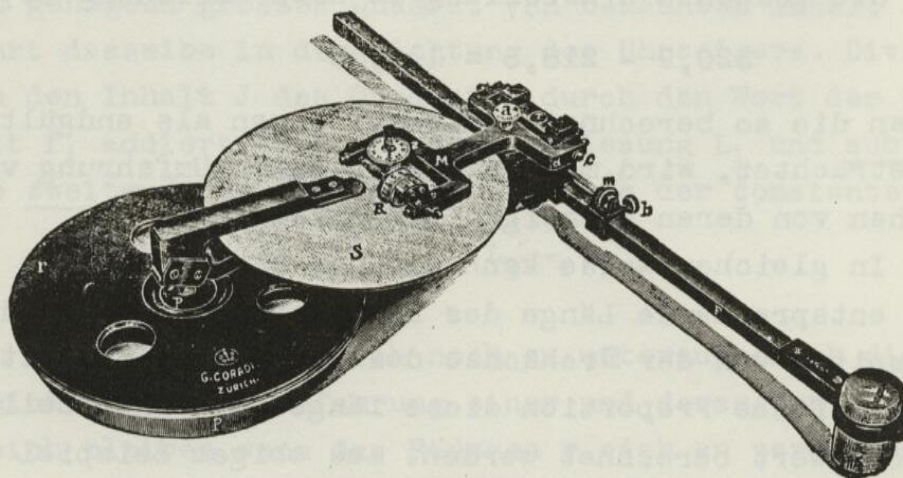
selbe negativ ist, zu subtrahieren, um die richtige Einstellungszahl zu finden.

Um z. B. die Einstellungszahl für 6,4 qmm. im obigen Falle zu finden, hat man nur die Fahrstablänge für 10 qmm. 320,65 mit 0,64 zu multiplizieren = 205,21 und hierzu die obige Verschiebung des Nonius +0,25 zu addieren u. erhält dann die richtige Einstellungszahl 205,46.

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

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

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!



DIE NACHFAHRLUPE " SAPHIR " (Patent)

Für die Planimeter C O R A D I

Die Lupe Saphir ersetzt in vorteilhafter Weise den bisher üblichen Fahrstift an Planimetern und Umfahrunsinstrumenten.

Ihre Vorteile sind folgende:

Sie erleichtert Umfahrungen so sehr, dass, wie Versuche ergaben, nur die Hälfte der sonst aufgewendeten Zeit benötigt wird. Selbst anhaltende Umfahrunsarbeiten, mit der Lupe ausgeführt, ermüden weder die Hand noch das Auge, welches freie Durchsicht von oben hat. Ein Betrachten mit seitlich geneigtem Kopf ist daher nicht mehr nötig. Die gebotene Vergrößerung wirkt sehr angenehm und der Durchmesser des zur Führung herangezogenen Cylinders bietet den Muskeln der Hand ein Format, an welchem sie sich selbst bei grosser Inanspruchnahme nicht ermüden.

Die Lupe Saphir besteht aus einem massiven Glascylinder, dessen durchsichtig polierte Basis einen transparenten weissen synthetischen Saphirstein trägt in Form eines Plättchens, das vollkommen durchsichtig ist und mit Ringmarke und Punkt versehen ist, so dass der Verlauf der zu befahrenden Linie in keiner Weise unterbrochen erscheint.

Die Lupe, welche auf dem Saphir ruhend fortwährend in direkter Auflage auf dem Plan ist, wird in die abschleifende Wirkung des Befahrens nicht miteinbezogen, weil der Saphirstein, dank seiner Härte, an sich nicht abnutzbar ist. Die Lupe und der Saphirstein bleiben stets klar und unzerkratzt. Als ein immer gleichmässig durchleuchteter Cylinder produzieren sie absolut keine Parallaxe.

Das dem Auge gebotene Gesichtsfeld das der ganzen unteren Fläche des Glascylinders entspricht, ist um ein Mehrfaches grösser als die innerhalb des Markenrings gesehene Fläche. Die Durchsicht durch den Glaskörper auf den Plan ergibt demnach eine ergiebige Teilansicht auf den Verlauf der zu befahrenden Linie, sodass Richtungsänderungen derselben in der Lupe rechtzeitig für die Befahrung wahrgenommen werden.

Bei dieser Nachfahreinrichtung wird eine Controllscheibe resp. ein Spezialcontroll-Lineal in Anwendung gebracht, sodass das mit der Nachfahrlupe "Saphir" ausgestattete Planimeter jederzeit einer Kontrolle über das einwandfreie Funktionieren der Messrolle unterzogen werden kann.

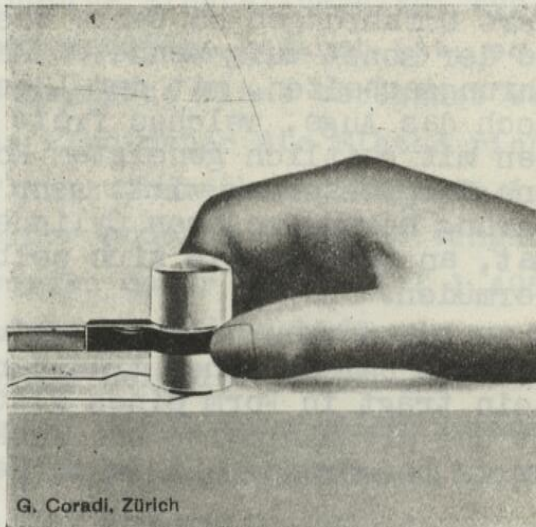
Fig. 2 stellt die Controllscheibe dar, die zum Befestigen auf dem Plan auf ihrer Rückseite mit drei Stiften versehen ist und einen Radius von 48 mm besitzt, wozu wie abgebildet, 12 mm kommen als Durchmesser der Lupe, sodass es im Total also 60 mm sind.

Die durch Umfahrung beschriebene Fläche ergibt sich aus:
 $F = R^2$ gleich 1854 mm². Die Ablesung aus einer Folge von Umfahrungen lassen sofort die ordnungsgemässe Abwicklung der Messrolle resp. die Regelmässigkeit der Resultate und die Genauigkeit des Planimeters erkennen.

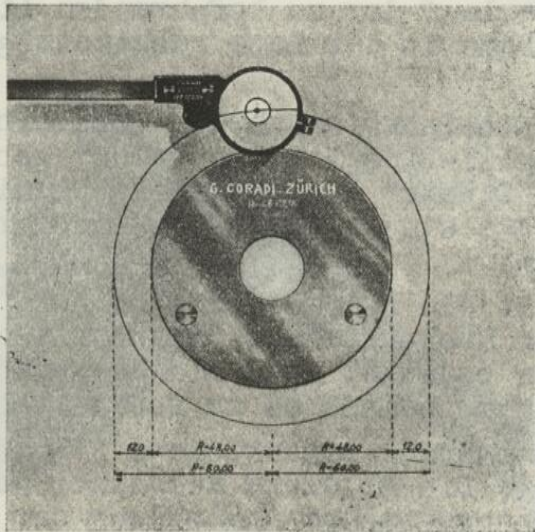
DIE NACHFÄHRLEISTUNG "SAPHIR" (Patent)

Für die Planmessung C O R A D I ZÜRICH ist das Instrument ein B. 2. 20

Die Lupe Saphir erzeugt in vorzüglicher Weise das hier abgebildete Saphir als Planmesswerkzeug und Messwerkzeuginstrumente. Ihre Vorteile sind folgende:



Sie erhalten...
erhalten, wenn die Hand...
Saphir anstatt der...
wollen weder die Hand...
oben hat. Ein...
weil nötig. Das...
Planmesser des...
kann der Hand ein...
Instrumentes nicht...
die Lupe Saphir...
diesem durch...
Saphir...
kommen...
so dass der...
früher...
Die Lupe, welche auf dem Saphir...
dieser Art...
des Betrachters...
Härte, es...
haben...
durchmesser...
Das...
Fläche...
als die...
durch den...
Teil...
während...
Bei dieser...
resp. ein...
mit der...
einer...
untersuchen...
Fig. 2...
auf dem...
einen...
als...
Die...
y = R...
lassen...
die...
erhalten.



Das...
Fläche...
als die...
durch den...
Teil...
während...
Bei dieser...
resp. ein...
mit der...
einer...
untersuchen...
Fig. 2...
auf dem...
einen...
als...
Die...
y = R...
lassen...
die...
erhalten.

die Genauigkeit der Messung und die Genauigkeit des Planmessers

Tabelle für Benützung des Controllineals.

	Werte der Nonius-Einheit für 1 : 1 (f)	Maßstab des Planes $\frac{1}{n}$	Werte d. Nonius-Einheit (f) für d. Maßstab des Planes	Differenz der Ablesungen (L ₂ -L ₁) für einmalige Umfahrung von Kreisen vom Radius 1 cm bis 10 cm									
				1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm	7 cm	8 cm	9 cm	10 cm
1	10 mm ²	1 : 1000	10 m ²	*0,03,14	0,12,56	0,28,27	0,50,26	0,78,54	1,13,09	1,53,93	2,01,06	2,54,47	3,14,16
2	7 "	1 : 3333 ¹ / ₃	100 "	0,03,49	0,13,96	0,31,41	0,55,85	0,87,26	1,25,66	1,71,04	2,23,40	2,82,74	3,49,06
3	8 ² / ₃ "	1 : 1500	20 "	0,03,53	0,14,13	0,31,8	0,56,54	0,88,35	1,27,23	1,73,17	2,26,18	2,86,27	3,53,42
4	8 "	1 : 500	2 "	0,03,92	0,15,7	0,35,33	0,62,83	0,98,17	1,41,37	1,92,41	2,51,33	3,18,09	3,92,70
5	7,5 "	1 : 2000	30 "	0,04,18	0,16,75	0,37,69	0,67,02	1,04,72	1,50,79	2,05,24	2,68,08	3,39,29	4,18,88
6	250/36	1 : 2400	40 "	0,04,52	0,18,09	0,40,71	0,72,38	1,13,09	1,62,86	2,21,66	2,89,52	3,66,43	4,52,39
7	6,4	1 : 1250	10 "	0,04,9	0,19,63	0,44,18	0,78,54	1,22,71	1,76,71	2,40,51	3,14,16	3,97,61	4,90,85
8	6,25	1 : 4000	100 "	0,05,02	0,20,1	0,45,23	0,80,42	1,25,66	1,80,95	2,46,30	3,21,69	4,07,15	5,02,65
9	50000/8281	1 : 1820	20 "	0,05,2	0,20,81	0,46,82	0,83,24	1,30,08	1,87,28	2,54,95	3,32,96	4,21,38	5,20,31
10	400000/74529	1 : 2730	40 "	0,05,85	0,23,41	0,52,67	0,93,64	1,46,39	2,10,69	2,86,82	3,74,57	4,74,03	5,85,35
11	640/125	1 : 6250	200 "	0,06,13	0,24,54	0,55,22	0,98,17	1,53,36	2,20,88	3,00,63	3,92,70	4,96,98	6,13,56
12	5	1 : 2000	20 "	0,06,28	0,25,13	0,56,54	1,00,52	1,57,08	2,26,19	3,07,86	4,02,12	5,08,89	6,28,32
13	3125/648	1 : 1440	10 "	0,06,51	0,26,06	0,58,62	1,04,24	1,62,86	2,34,50	3,19,18	4,16,96	5,27,63	6,51,44
14	4 ¹ / ₃	1 : 3000	40 "	0,07,06	0,28,26	0,63,61	1,13,09	1,76,71	2,54,47	3,46,34	4,52,36	5,72,54	7,06,84
15	4	1 : 5000	100 "	0,07,85	0,31,41	0,70,68	1,25,66	1,96,34	2,82,74	3,84,82	5,02,66	6,36,18	7,85,40
16	3,2	1 : 2500	20 "	0,09,81	0,39,27	0,88,35	1,57,08	2,45,43	3,53,42	4,81,02	6,28,32	7,95,19	9,81,75
17	0,0125 □ "	östrerr. Maß 1" = 40 ^o	20 □ ^o	0,03,62	0,14,48	0,32,59	0,57,95	0,90,54	1,30,39	1,77,47	2,31,80	2,93,37	3,62,19
18	0,01 "	1" = 20 ^o	4 "	0,04,52	0,18,11	0,40,74	0,72,44	1,13,18	1,62,99	2,21,85	2,89,76	3,66,71	4,52,75
19		engl. Maß	□'	1 "	2 "	3 "	4 "						
20	0,016 "	1 = 50'	40 "	0,19,6	0,78,54	1,76,71	3,14,16						
21	0,0125 "	1" = 40' (1 : 480)	20 "	0,25,13	1,00,53	2,26,19	4,02,12						
22	$\frac{1}{90}$ "	1" = 30' (1 : 360)	10 "	0,28,27	1,13,09	2,54,47	4,52,39						
23	0,01 "	1" = 100' (1 : 1200)	100 "	0,31,41	1,25,66	2,82,74	5,02,66						
24	0,0144 "	russ. Maß 1" = 100 Saggi	Dessiatin 0,06	0,21,81	0,87,26	1,96,35	3,49,06						
25	0,012 "	1" = 100 Saggi	0,05	0,26,18	1,04,72	2,35,62	4,18,87						

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

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

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

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

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

*) Die Ablesungen an Zählstabe, Rolle und Nonius sind je durch ein Komma getrennt. Für das Roll- und Scheibenplanimeter, wo f_0 10 mal kleiner ist, rückt das Komma eine Stelle nach rechts.

