

Instruktionen HAFF Mechanische - Planimeter 31x für Polar-Planimeter No. 313, 315 und 317E

Inhalt:

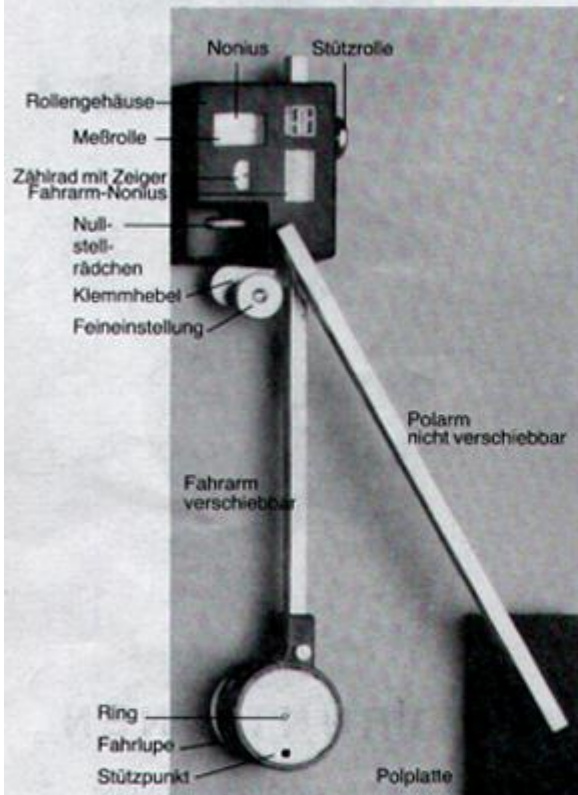
Arbeitsweise	Seite 4
Beachte	Seite 4
Gebrauch	Seite 5
Lesebeispiele	Seite 6
Funktions Bereiche	Seite 8
Der Wert einer Nonius-Einheit (=NE)	Seite 8
Umfahrung der Figur	Seite 9
Flächen in verschiedenen Maßstäben	Seite 11
Genauigkeit	Seite 16
Verschiebbarer Fahrarm bei 313 und 315	Seite 20 - 22
1. Handhabung	Seite 20
2. Messung mit	Seite 21
"Pol innerhalb" bei $M = 1 : 1$	Seite 21
Anwendungsbeispiele	Seite 23 - 26
Ermittlung der Erdbewegungen	Seite 23
für einen Straßendamm	Seite 23
Ermittlung des Wasserinhalts	Seite 24
von Speicherbeckens	Seite 25
Das Planimeter als Integrimeter	Seite 26
Formeln	Seite 28

Stand Jan. 2006

HAFF-Planimeter Nr. 313

(Bestell Nr. = 313 E) nur im Etui

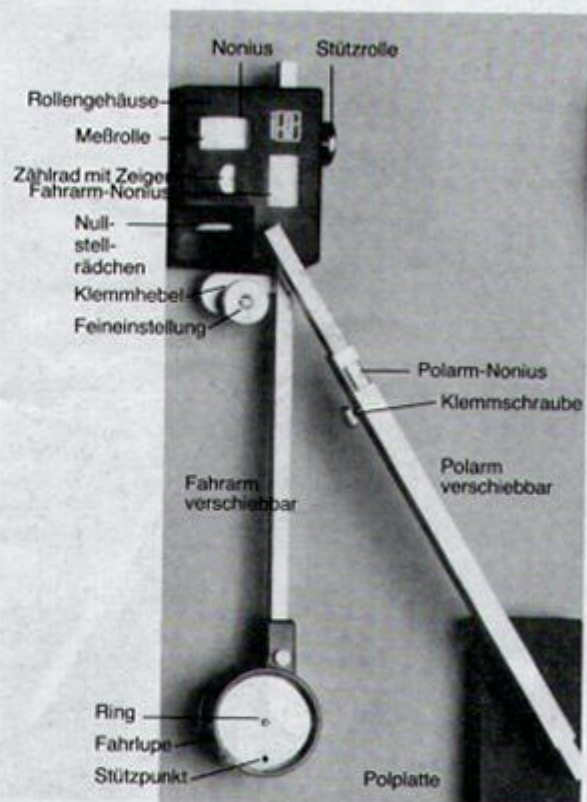
(wird anstelle der Fahrlupe ein Fahrstift gewünscht,
ist die Bestell Nr. = 313 FE)



HAFF-Planimeter Nr. 315

(Bestell Nr. = 315 E) nur im Etui

(wird anstelle der Fahrlupe ein Fahrstift gewünscht,
ist die Bestell Nr. = 315 FE)



C. Gebrauch

Ableseübungen

Setze das Planimeter so, daß der Fahrarm und die Fahrrolle gegen Dich gerichtet sind. Stecke den Polarm in das Gehäuse und in die Polplatte, so daß der Polarm etwa rechtwinklig zum Fahrarm liegt (Bild 1).

Man bewegt das Nullstellrädchen solange bis die 0 des Zählrades sich mit dem Zeiger deckt und gleichzeitig die 0 der Meßrolle genau gegenüber der 0 des Nonius steht. Das ist die 0-Stellung des Instrumentes (Bild 2).

Nun bewegt man die Fahrrolle ein klein wenig nach links und hält an, bevor die 0 des Nonius den ersten Teilstrich der Meßrolle erreicht hat. Man wird sehen, daß nur ein einziger Teilstrich des Nonius sich mit einem einzigen Teilstrich der Meßrolle deckt. Wenn z. B. der 4. Teilstrich des Nonius sich in dieser Weise deckt, weiß man, daß sich die Meßrolle um 4 Nonius-Einheiten (NE) von 0 zum vierten Teilstrich gedreht hat (Bild 3).

Nun bewegt man die Fahrrolle wieder etwas weiter nach links bis die 0 des Nonius sich gegenüber dem ersten Teilstrich der Meßrolle befindet. Somit hat sich die Meßrolle um 10 Nonius-Einheiten (= 10 NE) bewegt (Bild 4).

Wenn sich die Meßrolle weiterdreht, bis die Zahl „1“ der Meßrolle sich gegenüber der 0 des Nonius befindet, hat sie sich um „100 Nonius-Einheiten“ (= 100 NE) gedreht (Bild 5).

Wenn die Meßrolle eine vollständige Umdrehung gemacht hat, (nachdem sie 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, überschreitet) und wieder auf 0 zurückkehrt, hat sie sich um 1000 Nonius-Einheiten (= 1000 NE) gedreht. Man beobachtet, daß das Zählrad jetzt auf 1, statt auf 0 steht (Bild 6). Jede der 10 Nummern auf dem Zählrad entspricht einer ganzen Rollenumdrehung = 1000 NE.

In diesen „Nonius-Einheiten“ lesen wir die 1000er am Zählrad, die 100er und 10er an der Meßrolle und die 1er am Nonius ab.

Das Bild 7 zeigt ein Beispiel: Da der Zeiger des Zählrades zwischen 3 und 4 steht, wissen wir nun, daß die Ablesung in Nonius-Einheiten $3000 + \text{etwas}$ ist. Da außerdem die 0 des Nonius zwischen 4 und 5 der Meßrolle ist, wissen wir, daß die Ablesung $3400 \text{ Nonius-Einheiten} + \text{etwas}$ ist. Da die 0 des Nonius zwischen dem 7. und 8. Teilstrich der Teilung zwischen 4 und 5 auf der Meßrolle ist, wissen wir, daß die Ablesung $3470 \text{ Nonius-Einheiten} + \text{etwas}$ ist. Endlich da der 4. Teilstrich des Nonius mit einem Rollenteilstrich übereinstimmt, wissen wir, daß die vollständige Ablesung ist: $3474 \text{ Nonius-Einheiten} (= \text{NE})$.

Das ist die Reihenfolge der Überlegungen, die man bei jeder Planimeterstellung machen muß und zwar muß man an 4 Plätzen ablesen. Mit ein wenig Übung kann die Ablesung sehr schnell und ohne Fehler erreicht werden.

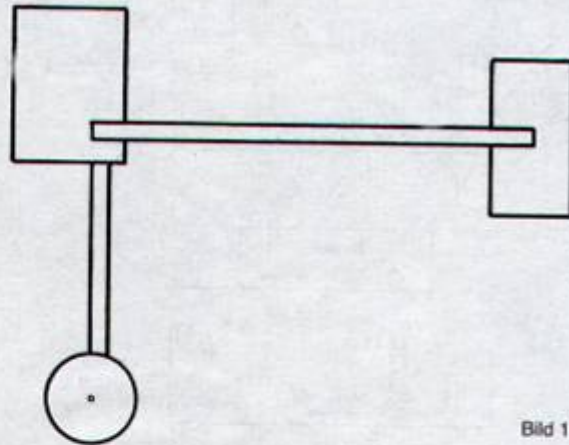


Bild 1



Bild 2



Bild 3

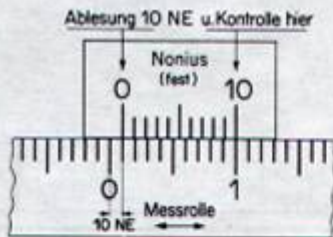


Bild 4



Bild 5



Bild 6

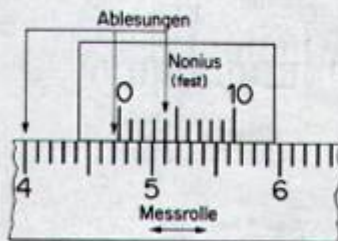


Bild 7



Der Wert einer Nonius-Einheit (= NE)

Das HAFF-Planimeter 317 hat einen Fahrarm mit unveränderlicher Länge, die so gewählt ist, daß der Wert einer NE unveränderlich ist, wie folgt!

	Anzahl der NE	Wert in cm ²	No. 316 Wert in sq. in.
Eine NE	= 1	0,1 cm ²	0.01 sq.in.
Ein Teilstrich der Meßrolle	= 10	1 cm ²	0.10 sq.in.
Abstand der längsten Teilstriche zwischen den Nummern	= 100	10 cm ²	1.00 sq.in.
Eine ganze Rollen-umdrehung = 1 Teilstrich des Zählrades	= 1000	100 cm ²	10 sq.in.
Eine ganze Umdrehung des Zählrades	= 10000	1000 cm ²	100 sq.in.

Die HAFF-Planimeter Nr. 313 und 315 haben einen verschiebbaren Fahrarm, so daß durch seine mögliche Verkürzung außer obiger Werte weitere Werte für eine NE lt. Tabelle III (IV) gewählt werden können.

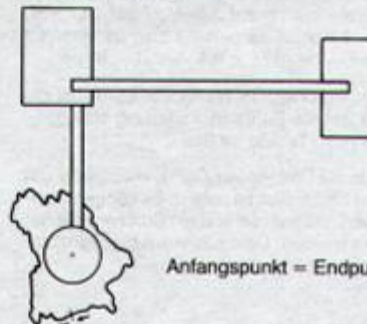
Messung mit „Pol außerhalb“ (üblich) Für folgende Umfahungsbereiche:

(Für größere Flächen siehe Seiten 21 + 22)

No.	313			315		
cm	20-40	5-65	300	20-40	5-84	300

No.	317			316		
cm	20-40	5-65	300	18-18	10-38	180

Die Polplatte kann in jeder beliebigen außerhalb der Figur befindlichen Stellung plziert werden. Sie kann rechts oder links der Figur sein. Die Länge des Polarmes ist ohne Einfluß auf das Meßergebnis.



Anfangspunkt = Endpunkt

Bild 8

Am Besten ist es, wenn man vor Beginn der Umfahrung das Planimeter so auf die Figur stellt, daß die Fahrlupe etwa in der Mitte ist und dabei der Polarm einen ungefähren rechten Winkel bildet (Bild 8).

Beachte:

Die Papierbeschaffenheit des Papiers auf dem die Meßrolle während des Meßvorgangs gleitet, muß sauber, eben und ohne Unterbrechung sein. Wenn es unmöglich sein sollte, die Meßrolle auf ihrem Weg ganz auf dem gleichen Papier zu halten, muß die Figur in 2 oder mehrere Teile zerlegt werden, oder man mißt bei „Pol innerhalb der Figur“ (Abschnitt E 2).

Umfahrung der Figur

1. Markiere den Anfangspunkt (= Endpunkt) der Messung durch einen leichten Strich quer zur Umgrenzungslinie der Figur (Bild 8).
2. Bringe den mittleren kleinen Ring der Fahrlupe, die man mit der rechten Hand hält (Bild 9) ganz genau über den Anfangspunkt und stelle gleichzeitig durch Drehen des Stellrädchens mit der linken Hand (Bild 10) das Zählrad und die Meßrolle auf 0.
3. Man hält die Fahrlupe wie in Bild 9 gezeigt und folgt mit dem kleinen Ring im Uhrzeigersinn der Umgrenzungslinie. Man beobachtet den Vorgang in Richtung der Bewegung und achtet darauf, daß die Linie innerhalb des kleinen Ringes bleibt.
4. Die Hand wird aber nicht in der Lage sein, die Linie ganz genau in der Mitte des kleinen Ringes zu halten. Man wird bei dieser Absicht beobachten, daß man einmal zu weit links und dann wieder zu weit rechts der Linie liegt. Umfangreiche Versuche haben ergeben, daß sich diese Abweichungen ausgleichen.
5. Wenn der kleine Ring genau am Ausgangspunkt angelangt ist, liest man ab, angenommen 4175 Nonius-Einheiten (NE).
6. Die Zahl 4175 gibt die Nonius-Einheiten der Fläche an. Wenn das verwendete Instrument die HAFF Nr. 317 war, wobei der Wert einer Nonius-Einheit $0,1 \text{ cm}^2$ ist, dann ist die ausgemessene Fläche $4175 \times 0,1 = 417,5 \text{ cm}^2$.
Wenn ein HAFF Nr. 313 oder 315 verwendet wurde, ist die gemessene Fläche von der Fahrarmeinstellung abhängig. Siehe Tabelle III (IV) und Tabelle im Etui.
7. Es ist gut, wenn man die Umfahrung einmal wiederholt, um einen Beweis für die Richtigkeit zu haben. Es können mehrere Messungen gemacht werden und ein Durchschnitt der Ergebnisse gebildet werden. Dadurch steigt die Genauigkeit (über „Genauigkeit“ siehe Abschnitt D).

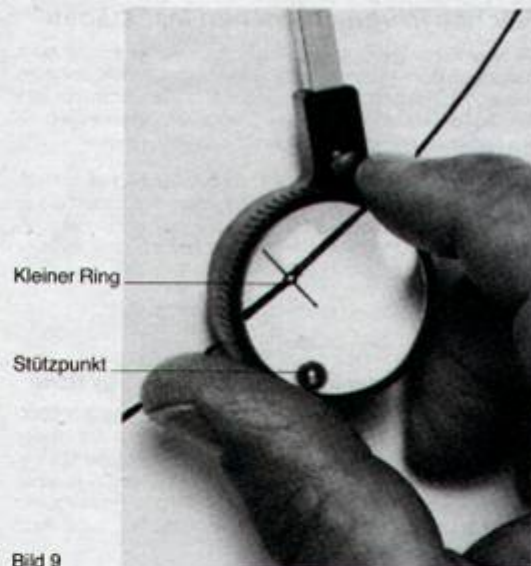


Bild 9

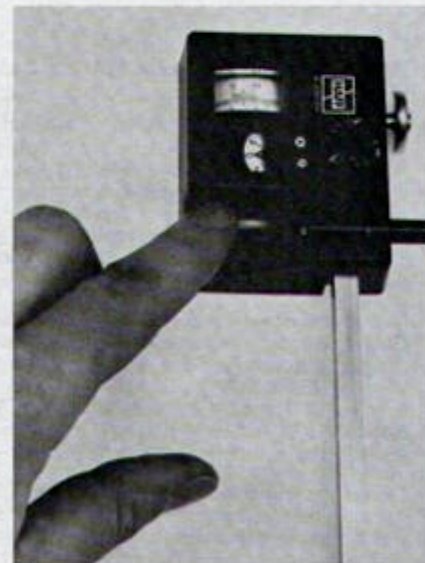


Bild 10

Flächen in verschiedenen Maßstäben

Mit allen Planimetern können nicht nur Flächen im cm^2 oder Quadrat-Zoll im Maßstab 1 : 1 gemessen werden, sondern ebensogut Flächen in irgendeinem Maßstab. Man braucht lediglich die in cm^2 gemessene Fläche mit einem zugehörigen Faktor zu multiplizieren.

In den Tabellen I und II sind für die gebräuchlichsten Maßstabverhältnisse die Faktoren angegeben, mit denen die in cm^2 (sq. in.) gemessenen Flächenwerte multipliziert werden müssen, um die Flächen in m^2 , ha oder km^2 (sq. ft. or acres or sq. miles) zu erhalten.

1. Beispiel für Planimeter Nr. 317 (= m - System)

Angenommen, eine Landkarte ist im Maßstab 1 : 5000 gezeichnet. Wenn die Messung einer Fläche auf dieser Karte z. B. 1253 NE ergeben hat, so ist die Fläche $1253 \times 0,1 = 125,3 \text{ cm}^2$, da beim Planimeter 317 der Wert einer NE unveränderlich $0,1 \text{ cm}^2$ ist. In der Natur ist diese Fläche $125,3 \times \text{Faktor } 2500 = 313250 \text{ m}^2$, oder $125,3 \times \text{Faktor } 0,25 = 31,325 \text{ ha}$ (Siehe Tabelle I).

2. Beispiel für Planimeter Nr. 313 oder 315 (m- und inch-System)

Angenommen eine Landkarte ist im Maßstab 1 : 5000 gezeichnet. Man mißt die Fläche in cm^2 bei irgend einer Fahrarmeinstellung, z. B. der Einstellung (siehe Tabelle im Etui) die dem Wert einer NE von $0,1 \text{ cm}^2$ entspricht und erhält 1553 NE. Die Fläche beträgt somit $1553 \times 0,1 = 155,3 \text{ cm}^2$. Multipliziert mit dem Faktor 2500 ergibt die Fläche in der Natur = 388250 m^2 , oder mit Faktor 0,25 = $38,825 \text{ ha}$ (Siehe Tabelle I).

Man ist aber bestrebt die Messung mit einer höheren Genauigkeit vorzunehmen und wählt eine kürzere Fahrarmeinstellung nach Tabelle III und IV, die einem geringeren Wert die NE entspricht, z. B. 1 NE = $0,05 \text{ cm}^2$. Die Messung auf der Karte hat mit dieser Einstellung $3116 \text{ NE} \times 0,05 = 155,80 \text{ cm}^2$ ergeben. Die Fläche in der Natur ist somit $155,80 \text{ cm}^2 \times \text{Faktor } 2500 = 389500 \text{ m}^2 = 38,95 \text{ ha}$.

Die Wahrscheinlichkeit eines genaueren Ergebnisses ist demnach die Messung mit dem Planimeter 313 oder 315, weil bei diesen Instrumenten mit verkürzbarem Fahram die Meßrolle eine größere Bewegung macht.

Wenn eine Fläche in einem Maßstabverhältnis gemessen werden soll, worüber in den Tabellen I und II keine Angaben stehen, so kann der zugehörige Faktor, mit dem der in cm^2 oder sq.in. gemessene Flächenwert multipliziert werden muß, um m^2 oder sq.ft. zu erhalten, nach folgender Formel leicht selbst berechnet werden:

$$\begin{array}{cc} \text{Meter} & \text{Inch} \\ f = \left(\frac{n}{100} \right)^2 & f = \left(\frac{n}{12} \right)^2 \end{array}$$

Es bedeuten: f = gesuchter Faktor
n = Maßstabverhältnis

Beispiel (Meter)

Gesucht ist der Faktor f bei einer Landkarte, die im Maßstab 1 : 1820 gemessen ist.

$$f = \left(\frac{1820}{100} \right)^2 = 18,20^2 = 331,24$$

Die in cm^2 gemessene Fläche auf der Karte muß mit 331,24 multipliziert werden, um den Flächenwert in m^2 zu erhalten, z. B. $100 \text{ cm}^2 \times 331,24 = 33124 \text{ m}^2$.

Beispiel (Inch)

Gesucht ist der Faktor f bei einer Landkarte, die im Maßstab 5 in. = 1 ft. oder 1 : 60 gezeichnet ist.

$$f = \left(\frac{60}{12} \right)^2 = 25$$

Die in sq. in. gemessene Fläche auf der Karte muß mit 25 multipliziert werden, um den Flächenwert in sq. ft. zu erhalten.

Fahrarmeinstellungen für gebräuchliche Maßstäbe:

Einstellung	Meter	Fläche 1.1 NE	Fläche für 1 Umdreh.
	Maßstab		
31.41	1:1	0.1 cm^2	100 cm^2
31.41	1:1000	10 m^2	10000 m^2
25.13	1:2500	50 m^2	20000 m^2
12.57	1:5000	100 m^2	100000 m^2

Tabelle I = Metersystem

Maßstab	Faktoren, mit denen die in cm² gemessenen Flächenwerte multipliziert werden müssen, um die in den einzelnen Spalten angegebenen Flächenbezeichnungen zu erhalten.			
	1:n	cm ²	m ²	ha
1:1	1,0	—	—	—
1:1'	0,155	—	—	—
1:2	4,0	—	—	—
1:2,5	6,25	—	—	—
1:5	25,0	—	—	—
1:10	100,0	0,01	—	—
1:15	225,0	0,0225	—	—
1:20	400,0	0,04	—	—
1:25	625,0	0,0625	—	—
1:30	900,0	0,09	—	—
1:33½	—	0,111	—	—
1:40	—	0,16	—	—
1:50	—	0,25	—	—
1:75	—	0,5625	—	—
1:100	—	1,0	—	—
1:125	—	1,5625	—	—
1:250	—	6,25	—	—
1:500	—	25,0	—	—
1:650	—	42,25	—	—
1:750	—	56,25	—	—
1:1000	—	100,0	0,01	—
1:1250	—	156,25	0,0156	—
1:1440	—	207,36	0,0207	—
1:1500	—	225,0	0,0225	—
1:2000	—	400,0	0,0400	—
1:2500	—	625,0	0,0625	—
1:2880	—	829,44	0,0829	—
1:3000	—	900,0	0,09	—
1:4000	—	1600,0	0,16	—
1:5000	—	2500,0	0,25	—
1:10000	—	10000,0	1,0	0,01
1:25000	—	—	6,25	0,0625
1:50000	—	—	25,0	0,25
1:100000	—	—	100,0	1,0

* Dieser Faktor ist in Quadrat-Zoll (sq.in.), um mit Planimeter Nr. 317 auch Flächen im English Inch-System messen zu können.

Tabelle II = English Inch-System

Angegebener Maßstab auf der Landkarte	Maßstab	Faktoren, mit denen die in sq. in. gemessenen Flächenwerte multipliziert werden müssen, um die in den einzelnen Spalten angegebenen Flächenbezeichnungen zu erhalten.			
		1:n	sq. in.	sq. ft.	acres
natürl. Größe	1:1	1,0	—	—	—
½ natürl. Größe	1:2	4,0	—	—	—
¼ natürl. Größe	1:4	16.	—	—	—
3 in. = 1 ft.	1:4	16.	0.111	—	—
1½ in. = 1 ft.	1:8	64.	0.444	—	—
1 in. = 1 ft.	1:12	144.	1.0	—	—
¾ in. = 1 ft.	1:16	256.	1.778	—	—
½ in. = 1 ft.	1:24	576.	4.0	—	—
⅓ in. = 1 ft.	1:32	1024.	7.11	—	—
¼ in. = 1 ft.	1:48	2304.	16.0	—	—
⅓ in. = 1 ft.	1:96	9216.	64.0	—	—
1 in. = 10 ft.	1:120	—	100.	—	—
1 in. = 20 ft.	1:240	—	400.	—	—
1 in. = 40 ft.	1:480	—	1600.	0.0367	—
1 in. = 50 ft.	1:600	—	2500.	0.0574	—
1 in. = 66 ft.	1:792	—	4356.	0.1	—
1 in. = 80 ft.	1:960	—	6400.	0.147	—
1 in. = 100 ft.	1:1200	—	10000.	0.2296	—
1 in. = 132 ft.	1:1584	—	17424.	0.4	—
1 in. = 200 ft.	1:2400	—	40000.	0.918	—
1 in. = 400 ft.	1:4800	—	160000.	3.673	—
1 in. = 660 ft.	1:7920	—	435600.	10.0	0.0156
1 in. = ¼ mi.	1:15840	—	—	40.0	0.0625
1 in. = ½ mi.	1:31680	—	—	160.0	0.25
1 in. = 1 mi.	1:63360	—	—	640.0	1.0
—	1:25000	—	—	99.6	0.1557
—	1:62500	—	—	622.7	0.973

Tabelle III für 313 und 315 (Metersystem)

Fahrarmeinstellung (kontrollierbar mit Kontrollfläche für 100 cm ²)		Soll-Noniuseinheiten bei 100 cm ² Kontrollfläche	Wert einer Noniuseinheit beim Maßstab 1 : 1
1	2	3	4
ungefähre	genaue	genau	genau
31,41		1000	0,1 cm ²
28,27		1111	0,09 cm ²
25,13		1250	0,08 cm ²
21,99		1429	0,07 cm ²
18,85		1666	0,06 cm ²
15,71		2000	0,05 cm ²

Tabelle IV für 313 und 315 (Inch-System)

Fahrarmeinstellung (kontrollierbar mit Kontrollfläche für 10 sq. in.)		Soll-Noniuseinheiten bei 10 sq. in. Kontrollfläche	Wert einer Noniuseinheit beim Maßstab 1 : 1
1	2	3	4
ungefähre	genaue	genau	genau
32.43		625	0.016 sq. in.
28.38		714	0.014 sq. in.
24.33		833	0.012 sq. in.
20.27		1000	0.01 sq. in.
18.22		1250	0,008 sq. in.

D. Genauigkeit

1. Die Präzision des Instrumentes

Die Genauigkeit des Instrumentes für Meter- und Inch-System ist leicht mit Hilfe der beigegebenen Kontrollflächen zu prüfen. Diese bestehen aus Folien mit aufgezeichneten Ellipsen mit einer Fläche von genau 100 cm² (10 sq. in.). Das Instrument und die Kontrollfläche werden so plaziert, wie in Bild 11 gezeigt. Die Umfahrung der Fläche geschieht wie auf Seite 9 beschrieben. Zum Beweis, daß das Instrument in Ordnung ist, muß die Messrolle eine vollständige Umdrehung gemacht haben, von 0 zu 0, während sich das Zählrad von 0 zur 1 gedreht hat, das sind 1000 NE \times 0,1 = 100 cm² (bzw. 1000 NE \times 0.01 sq. in.), siehe Bild 2 und 6.

Die Tabellen III und IV zeigen in Spalte 1 die ungefähren Fahrarmeinstellungen für verschiedene Werte einer NE. Daneben ist die Spalte 2 vorgesehen, in die man die genauen Werte selbst eintragen kann, nachdem man sie durch Messungen mit der Kontrollfläche gefunden hat (Begründung siehe D 2). Das geschieht wie folgt:

Man stellt den Fahrarm auf einen der ungefähren Werte in Tabelle III (IV), Spalte 1 ein, z. B. für den Wert einer NE von 0,1 cm² = 31,41 (0.01 sq. in. = 20,27), macht eine volle Umfahrung mit der Kontrollfläche Bild 11 und notiert die abgelesenen Nonius-Einheiten. Stimmen sie nicht genau mit den in Spalte 3 angegebenen Soll-Nonius-Einheiten von 1000 NE (1000) überein, verändert man den Fahrarm mit der Feineinstellung so oft, bis dies der Fall ist. Eine Verkürzung des Fahrarmes bewirkt mehr, eine Verlängerung weniger Nonius-Einheiten. Erst dann, wenn man sich nach wiederholten Messungen mit der Kontrollfläche davon überzeugt hat, daß die abgelesenen Nonius-Einheiten an der Meßrolle genau mit den Soll-Nonius-Einheiten von 1000 NE (1000) übereinstimmen, liest man am Fahrarmnonius ab und schreibt den gefundenen Wert in die Spalte 2. Er kann z. B. 31,54 (20,24) sein. Mit dieser Fahrarmeinstellung mißt das Planimeter jederzeit genau 1 NE = 0,1 cm² (0.01 sq. in.). Die gleichen Kontrollmessungen können mit allen anderen Werten einer NE der Spalte 4 durchgeführt werden.

Man kann weitere Umfahrungen machen und nach jeder ablesen. Nachstehend sind 2 charakteristische Möglichkeiten der Ablesungen in NE dargestellt:

Kontrollleur A	Kontrollleur B
1001 NE	1000 NE
2002 "	2000 "
3002 "	2999 "
4002 "	3999 "
5001 "	4999 "
6001 "	5998 "
7002 "	6997 "
8002 "	7997 "

Die Prüfung A zeigt, daß bei der Anfangsstellung ein kleiner Fehler war. Die Ablesungen zeigen, daß man ein relativ genaues Instrument vor sich hat, denn der Fehler am Anfang bleibt bei allen Ablesungen ungefähr gleich groß, sodaß man von einem persönlichen Ablesefehler am Anfang der Umfahrungen sprechen kann.

Die Prüfung B zeigt, daß eine kleine aber sich stetig vergrößernde Tendenz vorherrscht, bei jeder weiteren Umfahrung immer weniger anzuzeigen.

Beide Prüfungen zeigen, daß das Instrument eine Genauigkeit aufweist, die größer als 1‰ beim Messen einer Fläche von 100 cm² (10 sq. in.) ist.

Weitere Prüfungen können durch Versetzen des Polarmes von der rechten auf die linke Seite gemacht werden, weiter durch Umfahrungen entgegengesetzt des Uhrzeigersinnes, statt im Uhrzeigersinn. Solche Prüfungen werden kleine Abweichungen des Resultates zeigen, die bei allen Instrumenten verschieden sind. Ihr hauptsächlichster Wert liegt darin, aufzuzeigen, ob sich das Instrument in einer allgemein guten Verfassung befindet und in der Lage ist, übereinstimmende Ergebnisse aufzuzeigen. Wenn man herausfindet, daß das Instrument bei „Pol rechts“ hohe Werte und bei „Pol links“ niedrige Werte anzeigt, oder umgekehrt, macht man bei jeder Polstellung eine Messung und bildet den Durchschnitt der beiden Ergebnisse.

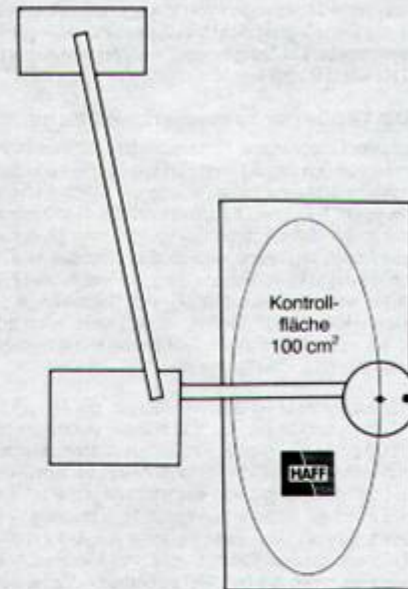


Bild 11

2. Bedingungen für die Messung

So bedeutungsvoll die dem Instrument eigene Präzision ist, so wichtig sind die äußeren Bedingungen. Vielleicht das Wichtigste ist die Beschaffenheit der Fläche, auf der die Meßrolle gleitet. Wenn das Papier Falten oder Risse hat, oder Nadelstiche, oder wellig ist, oder uneben in irgend einer Weise, können keine genauen Resultate erwartet werden. Das Gefüge des Papiers macht nur wenig aus, wenn es gleichmäßig ist. Wenn man auf einer schrägen Unterlage arbeitet, nimmt die Genauigkeit etwas ab und vermehrt die Gefahr, daß das Instrument auf den Boden fällt – eine ernste Gefahr. Auch die Temperatur hat einen Einfluß. Die Instrumente sind so geeicht, daß sie bei 20° (68 degrees Fahrenheit) richtig arbeiten.

3. Der persönliche Fehler

Einige Leute erzielen bessere Resultate als andere. Ein gutes Auge, eine ruhige Hand und Geduld beim Umfahrungen der Figur sind wichtige Voraussetzungen. Gutes Licht und eine bequeme Arbeitsstellung sind für eine genaue Arbeit auch wichtig.

Wiederholte Messungen von ein und derselben Fläche steigern die Genauigkeit des Resultates und wenn die Prüfungen von mehreren Leuten gemacht werden, kann das bestmögliche Resultat erzielt werden.

4. Die Größe der zu messenden Fläche

Wenn ein Quadrat von beispielsweise 10 mm (1 in.) Seitenlänge irrtümlich um 0,1 mm (0.01 in.) außerhalb der Umgrenzungslinie umfahren wird, würde die Fläche 104 mm^2 (1.04 sq. in.) statt 100 mm^2 (1 sq. in.) messen = 4% mehr. Wird ein Quadrat mit der Seitenlänge von 20 mm (2 in.) in gleicher Weise falsch umfahren, würde das Resultat 408 mm^2 (4.08 sq. in.) sein statt 400 mm^2 (4 sq. in.) = 2% mehr. Bei einem Quadrat von 100 mm (10 sq. in.) Seitenlänge würde das Resultat 10040 mm^2 (100.4 sq. in.) sein, statt 10000 mm^2 (100 sq. in.) = 0,4% mehr. Der prozentuale Fehler wird also kleiner je größer die Fläche ist.

Die Genauigkeit bei größeren Flächen, die den „Pol innerhalb der Figur“ bedingen, (S. 21) wurde ebenfalls untersucht, wobei freihändig große Kreise umfahren wurden. Es ist bemerkenswert, daß die durchschnittliche Abweichung sehr klein und unabhängig von der Flächengröße ist. Die gemessenen Flächen stimmen auffallend gut mit den berechneten überein, so daß keineswegs gesagt werden kann, daß Messungen von großen Flächen bei „Pol innerhalb“ wesentlich ungenauer seien, als bei „Pol außerhalb“. Es ist auch festgestellt worden, daß entgegen mancher Behauptungen in Planimeter-Instruktionen, keinerlei Verschlechterung der Genauigkeit in der Nähe des neutralen Kreises auftritt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei wiederholten sorgfältigen Messungen unter günstigen Bedingungen eine Genauigkeit von $\pm 1\%$ mit den HAFF-Planimetern erreicht werden kann, wenn die Fläche größer als 100 cm^2 ist.

E. Bedeutung des verschiebbaren Fahrarmes und Polarmes

1. Verschiebbarer Fahrarm bei 313 und 315

a) Handhabung

Wenn der Klemmhebel durch Rechtsdrehung gelöst ist, kann das Rollen-Gehäuse mittels der Feineinstellung leicht auf dem Fahrarm verschoben und genau eingestellt werden (Bild S. 1 u. 2). Der Vorgang ist folgender: Soll nach Tab. III oder IV eine bestimmte Fahrarm-Einstellung gewählt werden, ist das Rollengehäuse so zu verschieben, daß die Null des Fahrarm-Nonius zunächst in die Nähe der gewünschten Zahl zu stehen kommt. Mit dem Daumen der rechten Hand drückt man die elastische Rolle der Feineinstellung gegen den Fahrarm und bewegt das Rollen-Gehäuse durch einen kleinen Druck nach links oder rechts so lange, bis die gewünschte Einstellung genau stimmt. Dann ist der Klemmhebel durch eine Linksdrehung anzuziehen und anschließend die Einstellung noch einmal zu kontrollieren. Das Prinzip des Nonius im allgemeinen ist im Abschnitt C erklärt, doch hat man in diesem Fall zu beachten, daß Skala und Nonius von rechts nach links abgelesen werden statt von links nach rechts.

Die Skala ist willkürlich und dient lediglich als Ables-Hilfsmittel zur Längenänderung des Fahrarmes.

b) Zweck

Es lassen sich mehrere Werte einer Nonius-Einheit (NE) von $0,1 \text{ cm}^2$ bis $0,05 \text{ cm}^2$ (0,016 sq. in. bis 0,008 sq. in.) einstellen (Tabellen III und IV, Seite 15). Man ist besonders bei kleinen Flächen bestrebt, den Wert einer NE möglichst klein zu wählen, um die Genauigkeit zu erhöhen.

Jedes Planimeter hat nicht nur seine eigene Charakteristik, sondern diese unterliegt auch im Laufe der Zeit gewissen Änderungen durch Abnutzung. Sie können durch die Verschiebbarkeit des Fahrarmes ausgeglichen werden. Auch läßt sich vorhandener Papierschwind bei alten Landkarten dadurch ausgleichen. Mit der geeichten Kontroll-Fläche ist eine Überprüfung und Korrektur jederzeit durch den Benutzer selbst möglich, (Siehe Abschnitt D 1), (bei Nr. 317 nur die Überprüfung).

2. Verschiebbarer Polarm bei 315

a) Handhabung

Wenn die Klemmschraube gelöst ist, kann die innere Vierkantstange im Polarm leicht verschoben werden. Anschließend ist die Klemmschraube wieder anzuziehen.

b) Zweck

Der verschiebbare Polarm bietet den Vorteil, daß der Umfahrbereich des Planimeters vergrößert werden kann. Bei kleinen Tischflächen ist die Verkürzung des Polarmes oft von Nutzen. Ferner:

c) Messung mit „Pol innerhalb“ bei $M = 1 : 1$

Wenn Flächen gemessen werden sollen, die größer sind als etwa 20×40 cm oder 30 cm \varnothing , so muß der Pol innerhalb der Figur aufgestellt werden. Der Polarm ist mittels des Nonius auf die im Etui angegebene Zahl einzustellen, ebenso der Fahrarm. Die Umfahrung der Figur geschieht in der gleichen Weise wie bei „Pol außerhalb“, S. 8 beschrieben, also im Uhrzeigersinn. Bei der Ermittlung des Ergebnisses muß jedoch eine konstante Zahl berücksichtigt werden, die in der Tabelle im Etui angegeben ist. Die „Konstante“ ist die Fläche des sog. konstanten Kreises. Es ist derjenige Kreis, den die Fahrrolle um den Pol beschreibt, wobei die Achse der Meßrolle tangential zum Kreis steht und die Meßrolle keinerlei Bewegung macht. Ist nun die zu messende Fläche größer oder kleiner als der konstante Kreis, so wird die Meßrolle nur so viele NE angeben, als die Fläche größer oder kleiner ist.

1. Beispiel: Eine Fläche wird mit diesen Einstellungen bei „Pol innerhalb der Figur“ umfahren. Die Ablesung ergibt 2785 NE $\times 0,1 = 278,5$ cm² ($2785 \times 0,01 = 27,85$ sq. in.). Die Beobachtung während der Umfahrung hat gezeigt, daß sich die Meßrolle nach vorwärts gedreht hat. Die Figur ist also größer als der konstante Kreis. Wenn die Konstante z. B. 2000 cm² ist, mißt die Figur 2000 cm² + $278,5$ cm² = $2278,5$ cm² (200 sq. in. + $27,85$ sq. in. = $227,85$ sq. in.).

2. Beispiel: Die Ablesung ergibt 7865 NE. Die Beobachtung hat gezeigt, daß sich die Meßrolle nach rückwärts bewegt hat. Die Figur ist also kleiner als der konstante Kreis und zwar um 10000 NE – 7865 NE = 2135 NE $\times 0,1 = 213,5$ cm². (Da die Meßrolle keine gegenläufige Bezifferung trägt, wird statt der 0 die Zahl 10000 NE eingesetzt, um nach Abzug

der abgelesenen 7865 NE die Differenzfläche zum konstanten Kreis zu erhalten.) Diese Fläche von der Fläche des konstanten Kreises abgezogen ergibt die Fläche der gemessenen Figur. 2000 cm² – $213,5$ cm² = $1786,5$ cm²

Anmerkung für 313, 317 und 316

Messungen mit „Pol innerhalb“ können auch mit den HAFF-Planimetern Nr. 313 und 317 vorgenommen werden, obwohl sie keinen verschiebbaren Polarm besitzen. Der Vorgang ist derselbe.

Allgemein:

Man kann große Flächen auch in mehrere kleine einteilen und jede einzelne mit „Pol außerhalb“ messen und anschließend die Ergebnisse addieren.

F. Anwendungsbeispiele

Ermittlung der Erdbewegungen für einen Straßendamm

Es werden in 2 Flächenmessungen, zuerst einige in das Kartenbild eingezeichnete Querschnittsflächen, dann aus den als Kurvenpunkt aufgezeichneten Meßwerten durch eine zweite Flächenmessung die Raummenge ermittelt (Bild 12):

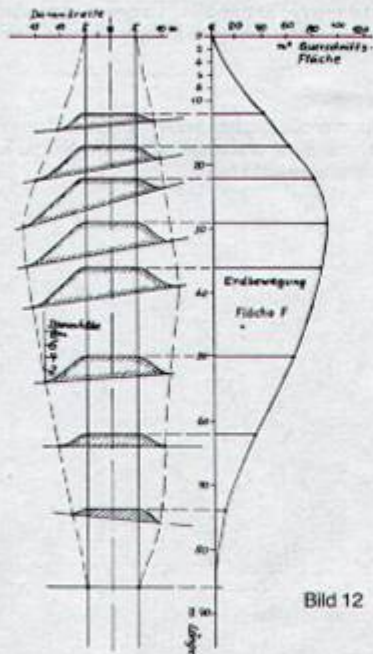


Bild 12

Im Beispiel sind die Querschnitte in verschiedenen Maßstäben für Breite der Straße und Höhe der Aufschüttung gezeichnet, 1 cm der Zeichnung entspricht 5 m Breite und 4 m Höhe. 1 cm² enthält also $5 \times 4 = 20 \text{ m}^2$.

Man verfährt wie folgt:

1. Liegen die Querschnitte im Grundriß der Karte fest, so greift man die Abschnitte der Querschnitte mit dem Zirkel ab und überträgt sie auf eine gerade Skala der Trassenlänge, wobei 1 cm = 4 m gewählt sei.

2. Danach mißt man die Flächen dieser Querschnitte in m² und trägt sie senkrecht zu dieser Achse auf, wobei 1 cm = 20 m² sei. Sodann zeichnet man die verbindende Kurve und erhält die Fläche F.

3. Man berechnet den Volumenwert eines cm² dieser Fläche. Im Beispiel wird 1 cm² = 4 m Straßlänge \times 20 m² Querschnittsfläche = 80 m³. Ein cm² der Fläche F entspricht demnach 80 m³ Rauminhalt der Erdbewegung.

4. Nun umfährt man die Fläche F und mißt z. B. 57,50 cm². Eine Multiplikation des Flächenwertes mit dem soeben errechneten Volumenwert für 1 cm² ergibt den Rauminhalt der Erdbewegung: $57,50 \times 80 \text{ m}^3 = 4600 \text{ m}^3$.

Gewichtsberechnung eines Stanzteiles

Das Gewicht eines Stanzteiles nach Bild 13 soll berechnet werden. Es ist lediglich notwendig, den Rauminhalt des Teiles mit dem spez. Gewicht des Materials zu multiplizieren, z. B. bei Stahl mit 7,38.



Bild 13

Der Rauminhalt = Fläche in cm² \times Materialstärke in cm. Im Beispiel nach Bild 13 ist eine Fläche mit 8,5 cm² gemessen, die Materialstärke = 0,12 cm, somit ist der Rauminhalt = $8,5 \text{ cm}^2 \times 0,12 \text{ cm} = 1,02 \text{ cm}^3$ und das Gewicht = $1,02 \times 7,38 = 7,53 \text{ g}$.

Ermittlung des Wasserinhaltes von Speicherbecken

In einer Karte M = 1:100 000 mit Höhenschichtlinien wird der geplante Staudamm Bild 14 und die oberste Stauhöhenschichtlinie eingezeichnet, falls sie nicht mit einer in der Karte vorhandenen übereinstimmt. Daraufhin wird in folgenden Arbeitsschritten vorgegangen:

1. Man zeichnet ein Achsenkreuz auf Millimeterpapier; senkrecht trägt man die Tiefenlinien in m auf und notiert die zugehörige Bezifferung der Höhenschichtlinien dazu. Geht man von der normalen Stauhöhe nach unten, so kann man die Wassertiefen als maßgeblich eintragen. Auf der wagrechten Achse wird für die noch auszumessenden Flächen des Kartenbildes in m² eine Bezifferung eingetragen.

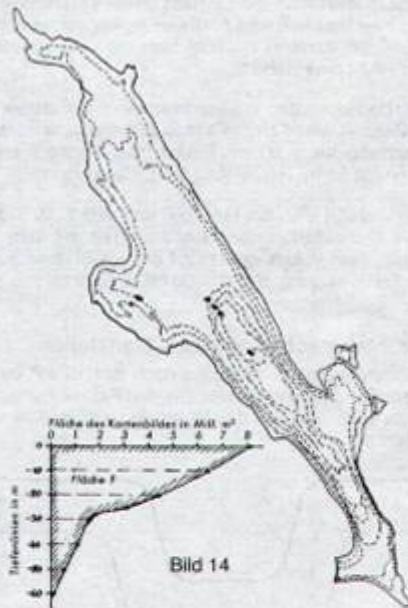


Bild 14

- Man umfährt alle Höhenschichtlinien im geschlossenen Zug einschließlich der Staumauerlinie und trägt diese Flächenwerte in m^2 (siehe Seite 11 „Flächen in Maßstäben“) in das vorbereitete Achsenkreuz zu den betreffenden Tiefenlinien ein. Dann zeichnet man durch die Punkte eine sie bestmögliche verbindende Kurve (nicht einen geraden Zug) und erhält die Fläche F (Bild 14).
- Im Beispiel ist $1 \text{ cm}^2 = 1 \text{ Mill. m}^2$. 1 cm^2 der Fläche F entspricht somit bei 10 m Tiefe $10 \times 1 \text{ Mill. m}^2 = 10 \text{ Mill. m}^3$ des Staubeckens-Wasserinhaltes.
- Dann umfährt man die Fläche F und bestimmt die cm^2 . Eine Multiplikation des Flächenwertes z. B. $18,2 \text{ cm}^2$ mit dem soeben errechneten Volumenwert für 1 cm^2 ergibt den Wasserinhalt des Staubeckens: $18,2 \times 10 \text{ Mill. m}^3 = 182 \text{ Mill. m}^3$.

In gleicher Weise erhält man mit wenig Mühe den Rauminhalt von Seen bekannter Tiefenlinien, von Abwässerrückhaltebecken, wie auch sozusagen mit umgekehrtem Profil von Steinbrüchen, Kiesgruben, Erz- und Kohle-Tagebauten, Dämmen und Aufschüttungen aller Arten usw.

Weiteres Anwendungsgebiet

Das Planimeter als Integrimeter

Um die laufende Integralkurve zu einer gegebenen gezeichnet zu erhalten, müßte ein kostspieliger Integrator verwendet werden; er zeichnet beim Nachfahren der gegebenen Kurve die Integralkurve dazu selbsttätig auf. Im allgemeinen wird es jedoch ausreichen, das Integral wenigstens in mehr oder weniger dicht aufeinanderfolgenden Punkten zu erhalten und diese durch eine bestmögliche ausgleichende Kurve zeichnerisch zu verbinden. Mit dem Planimeter läßt sich bei zweckmäßiger Arbeitsweise behelfsmäßig die Folge von Integralwerten bei einer einzigen Umfahrung der Kurve und der Abszissenachse (Nulllinie) ermitteln; (Bild 15).

Im allgemeinen wird neben der linken Begrenzung (Anfang) auch die rechte der zu integrierenden Kurve bekannt sein oder gewählt werden können. Man unterteilt die Argumentspanne in soviel Schritte, als Integralwerte ermittelt werden sollen, und zeichnet an jedem einen zur Nulllinie senkrechten Strich bis zur Kurve.

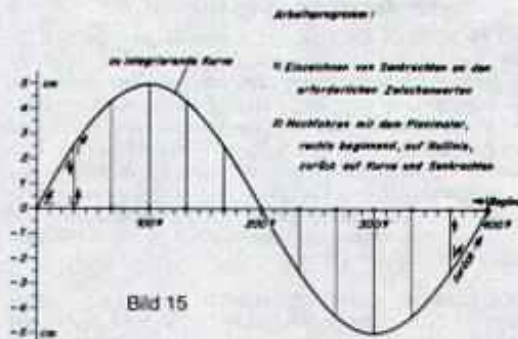
Dann beginnt man – anders als üblich – am rechten Ende der Kurve und fährt zuerst die Nulllinie entlang nach links; dabei liest man zu jedem Argumentsschritt die Meßrollenanzeige ab und schreibt diese Zahlen von rechts her in eine Zeile. Die Rückfahrt erfolgt auf der Kurve bis zur nächsten Senkrechten und auf dieser bis zur Nulllinie; dort wird jeweils wieder abgelesen und (von links her) der Zahlenwert über den zugehörigen der ersten Serie geschrieben, in die Zeile darüber. Danach wird die Senkrechte zurück bis zur Kurve und auf dieser bis zur nächsten Senkrechten und auf dieser bis zur Nulllinie nachgefahren, usw. bis zum Anfangspunkt.

Die Differenzbildung der jeweils übereinander stehenden Ablesungen ergibt die Integralwerte der gegebenen Kurve in NE. Es ist also nur eine Umfahrung erforderlich, bei der lediglich die Senkrechten jeweils doppelt zu befahren sind.

Ist der Wert einer NE des Planimeters $0,1 \text{ cm}^2$, so erhält man durch Multiplikation der einzelnen NE Werte mit $0,1$ die Integralwerte in cm^2 . Diese werden wie in Bild 16 dargestellt, aufgetragen. Durch Verbinden der Punkte erhält man die gesuchte Integralkurve. (Bild 16)

Punktweises Integrieren mit dem Planimeter Nr. 313, 315 oder 317

mit einmaligem Umfahren (1 NE = 0,1 cm²)



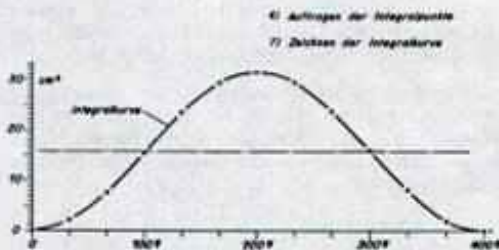
1) Eintragen der Ableitungen an der x

2) Bilden der Differenzen Δx

3) Multiplizieren mit $\Delta x^2 \cdot \pi \cdot 10^4$

Ableitungen:

0	174	343	504	657	803	941	1071	1193	1307	1413	1511	1601	1683	1757	1823	1881	1931	1973	2007
0	21	76	134	194	254	313	371	428	483	536	587	636	683	728	771	812	851	888	923
0	20	70	120	170	220	270	320	370	420	470	520	570	620	670	720	770	820	870	920



G. Formeln

Nachstehend sind die wichtigsten Formeln angegeben, mit Hilfe derer es jederzeit möglich ist, solche Daten selbst zu berechnen, die in dieser Instruktion nicht enthalten sind.

$$1.) F = L \times U \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$2.) F = N \times f_0 \text{ [cm}^2\text{]}$$

$$3.) L \times U = N \times f_0 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Es bedeuten:

F = Fläche der Figur in cm²

L = Länge des Fahrarms gemessen von der Mitte des Lupenringes bis zur Mitte des Pol-Loches im Rollengehäuse in cm. (Aus Gründen der Platzersparnis sind am Fahrarm jedoch Zahlen eingraviert, die dem 5. Teil der Länge in cm entsprechen.

U = Umfang der Meßrolle = $d \times \pi = 6 \text{ cm}$

d = Durchmesser der Meßrolle

N = Anzahl der Nonius-Einheiten bei einer Umdrehung der Meßrolle = 1000

f_0 = Wert einer Nonius-Einheit beim Maßstab 1 : 1 in cm²

$$4.) f = \left(\frac{n}{100} \right)^2 \times f_0 \text{ [m}^2\text{]}$$

Es bedeuten:

f = Wert einer Nonius-Einheit beim Maßstab 1 : n in m²

n = Maßstabverhältnis

f_0 = Wert einer Nonius-Einheit beim Maßstab 1 : 1 in cm²

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A-B Arbeitsweise	4
C Gebrauch	5
Umfahrungsbereich	8
Ableseübungen	5
Wert einer Nonius-Einheit = NE	8
„Pol außerhalb der Figur“ (üblich)	8
Umfahrung der Figur	9
Flächen in Maßstäben	11
D Genauigkeit	16
Kontroll-Fläche	16
E Verschiebbarer Fahr- und Polarm	20
1. Verschiebbarer Fahrarm	20
2. Verschiebbarer Polarm	21
„Pol innerhalb der Figur“	21
F Anwendungsbeispiele	23
Erbewegung für Straßendamm	23
Gewichtsberechnung eines Stanzteiles	24
Wasserinhalt eines Speichers	25
Das Planimeter als Integrimeter	26
G Formeln	28

