

Anleitung

zum

Gebrauch der Integratoren

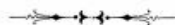
von

J. Amsler-Laffon & Sohn

Schaffhausen (Schweiz)

1909.

Preise und Gewichte der Integratoren.



Integrator Nr. 1	aus	Messing		Preis Fr. 365. —
do.	aus	Neusilber		Preis Fr. 435. —
Integrator Nr. 2	aus	Messing		Preis Fr. 560. —
do.	aus	Neusilber		Preis Fr. 680. —
Integrator Nr. 3	aus	Messing		Preis Fr. 265. —
do.	aus	Neusilber		Preis Fr. 310. —
Integrator Nr. 4	aus	Messing		Preis Fr. 800. —
do.	aus	Neusilber		Preis Fr. 960. —



Die Preise schliessen die Verpackung ein.



Instrument und Lineal sind jeweils in besonderen Kästchen verpackt, ausgenommen bei Integrator Nr. 3, bei dem beides in einem Kästchen untergebracht ist.

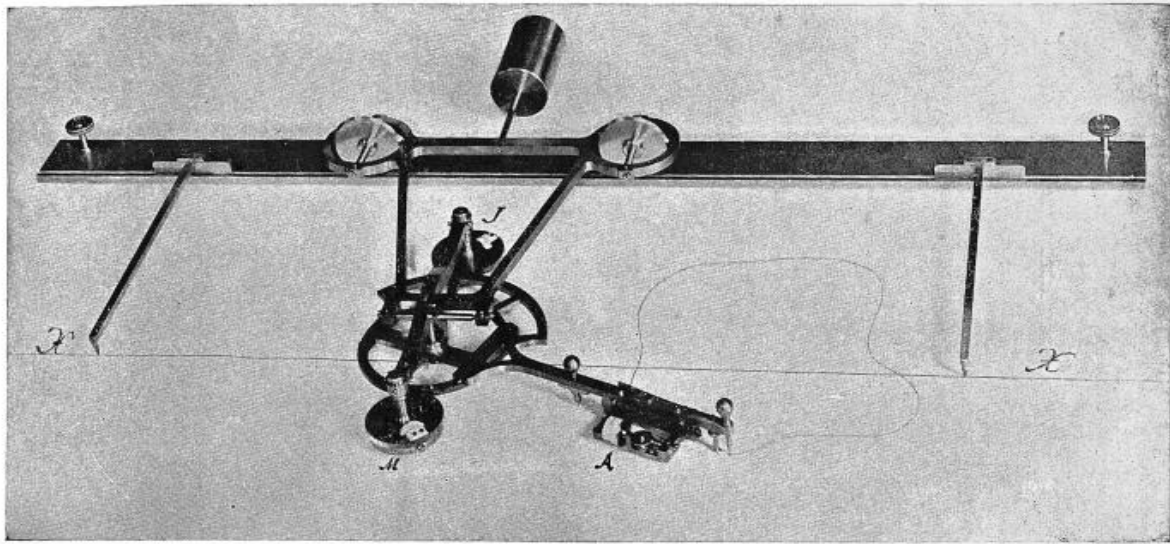


Auf Verlangen werden die Integratoren zum selben Preis für englisches, anstatt für metrisches Maß geliefert.



Anleitung zum Gebrauch der Integratoren.

Integrator No. 1.



Der Integrator No. 1 dient zum Messen von:

1. Flächeninhalt
2. Statischem Moment
3. Trägheitsmoment

ebener Figuren.

Die grösste Figur, die auf einmal gemessen werden kann, ist ein Rechteck von 122 cm Länge und 34 cm Breite.

Länge des Lineals 150 cm.

Weg des Wagens 130 cm.

Abstand der Momentenaxe vom Lineal 19 cm.

Der Integrator No. 1 ist die gebräuchlichste Form der Integratoren. Das Instrument eignet sich für alle Messungen des Flächeninhalts, des statischen Moments und des Trägheitsmoments ebener Figuren, sowie des Rauminhalts und der Schwerpunktslage von Rotationskörpern.

Das Instrument findet vielfache Verwendung im Schiffbau.

Gebrauchsanleitung. Man lege das Lineal auf die zu messende Zeichnung, lege die beiden Lehren, welche im Kästchen des Instrumentes untergebracht sind, mit der Kante in die Nut des Lineals und mit der Spitze auf die Zeichnung, und verschiebe das Lineal so, dass die Spitzen der beiden Lehren genau auf die Momentenaxe (d. h. diejenige Linie, auf welche das statische Moment und das Trägheitsmoment bezogen werden sollen) $x\ x$ fallen. Dann ist das Lineal im richtigen Abstand und parallel zur Momentenaxe. Zu diesem Zwecke bedient man sich mit Vorteil der dem Instrument beigegebenen Lupe.

Man setze nun das Instrument so auf die Zeichnung, dass die beiden Laufräder in die Nut des Lineals und die Messrollen auf das Papier zu liegen kommen. Endlich stecke man das Gegengewicht hinten in den Rahmen des Wagens.

Man markiere irgend einen Punkt der zu messenden Figur, setze den am Ende des Fahrarms befestigten Fahrstift auf den markierten Punkt, lese die drei Messrollen und Zählscheibchen ab (siehe den Abschnitt „Rollenableesungen“) und notiere die Ablesungen. Dann umfahre man die Figur mit dem Fahrstift von links nach rechts, im Sinne der Drehung der Uhrzeiger. Wenn der Fahrstift wieder auf dem Anfangspunkt angekommen ist, lese man die Rollen und Zählscheibchen wieder ab und notiere die Ablesungen unter die entsprechenden ersten Ablesungen. Dann ziehe man die ersten von den zweiten Ablesungen ab. Die drei Ergebnisse, welche man rechts neben die zugehörigen Ablesungen schreibe, sind dann die Drehungen der drei Rollen.

Im folgenden wird die Drehung der

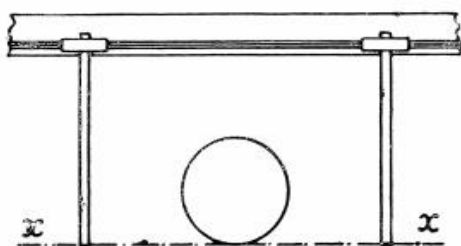
Rolle A mit a bezeichnet

"	M	"	m	"
"	J	"	i	"

Aus den drei durch Messung gefundenen Werten **a, m, i**, werden die gesuchten Grössen mittelst folgender einfacher Formeln berechnet:

$$\begin{aligned}\text{Flächeninhalt} & A = 0,1 a \\ \text{Statisches Moment} & M = 0,6 m \\ \text{Trägheitsmoment} & J = 10 a - 4 i\end{aligned}$$

Als Masseneinheit ist dabei der Centimeter anzusehen.



Beispiel:

Gegeben sei ein Kreis von 10 cm Durchmesser.
Gemessen soll werden der Flächeninhalt des Kreises, sein statisches Moment und sein Trägheitsmoment in Bezug auf die Tangente **x x**.

Man lege das Lineal des Integrators so auf die Zeichnung, wie in der Figur angedeutet und führe die Messung in der erläuterten Weise durch.

Es sei 3271 die anfängliche Ablesung von Rolle und Zählscheibchen **A**
" " 1417 " " " " " " **M**
" " 8843 " " " " " " **J**

Nach dem Umfahren des Kreises findet man

4056 als Ablesung von Rolle und Zählscheibchen **A**

2081 " " " " " " **M**

(1) 0193 " " " " " " **J**

Man schreibe die Zahlen in folgender Anordnung:

A		M		J	
3271		1427		8843	
4056	785	2081	654	10193	1350

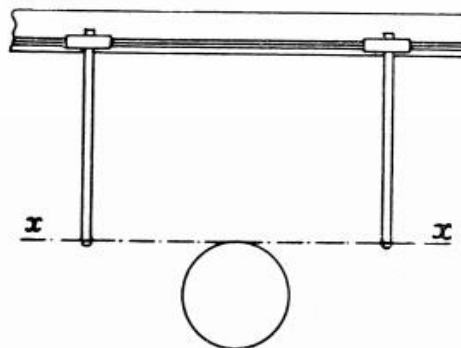
Die drei Differenzen 785, 654, 1350 sind dann die Drehungen der Rollen **A, M, J** beziehungsweise

Es ist also $a = 785$ $m = 654$ $i = 1350$ und folglich

Flächeninhalt $A = 0,1 a = 0,1 \times 785 = 78,5 \text{ cm}^2$

Statisches Moment $M = 0,6 m = 0,6 \times 654 = 392,4 \text{ cm} \times \text{cm}^2$

Trägheitsmoment $J = 10 a - 4 i = 10 \times 785 - 4 \times 1350 = 2450 \text{ cm}^2 \times \text{cm}^2$.



Liegt der Kreis auf der äusseren Seite der Linie **x x** wie in nebenstehender Figur und wiederholt man die Messung, so erhält man, unter Voraussetzung, dass die Anfangsablesungen dieselben seien, wie beim vorigen Beispiel

3271		1427		8843	
4056	785	0773	-654	10193	1350

$a = 785$ $m = -654$ $i = 1350$

Die Rollen **A** und **J** führen also dieselben Drehungen aus wie vorher. Die Rolle **M** dreht sich zwar gleich viel, aber im entgegengesetzten Sinn wie vorher. Die Rollendrehung von **M** ist daher jetzt als negative Grösse anzusehen.

Die Gesamtdrehung der Rolle **A** ist stets eine vorwärtsgehende, diejenige der Rolle **M** ist vorwärts oder rückwärtsgehend — positiv oder negativ — je nachdem der überwiegende Teil der Figur zwischen Lineal und Momentenaxe oder ausserhalb der Momentenaxe liegt. Umgekehrt erkennt man aus der positiven oder negativen Drehung der Rolle **M**, ob der Schwerpunkt der gemessenen Figur zwischen Momentenaxe und Lineal oder ausserhalb der Momentenaxe liegt.

Die Gesamtdrehung der Rolle **J** ist in den weitaus häufigsten Fällen vorwärtsgehend, also positiv zu nehmen. Rückwärtsgehend, also negativ, ist die Gesamtdrehung blos, wenn die Figur der ganzen Ausdehnung nach weit weg von der Momentenaxe liegt. Es muss dann auch in der Formel für **J** das zweite Glied addiert statt subtrahiert werden.

Es empfiehlt sich, eine Figur vor oder nach der genauen Messung ein oder mehrere Male ganz oberflächlich mit dem Fahrstift zu umfahren, um sich über die ungefähre Grösse und den Sinn der Rollendrehungen zu vergewissern. Bei solchem rohem Umfahren richtet man den Blick eher nach den Zählscheibchen als nach dem Fahrstift.

Eine Messung, welche Anspruch auf Zuverlässigkeit haben will, muss mindestens einmal wiederholt werden.

Am Fahrarm des Integrators ist ausser dem festen Fahrstift No. 1 noch ein beweglicher Fahrstift No. 2 angebracht, welcher zum Messen von Figuren kleiner Querausdehnung zweckmässig ist. Wenn immer möglich, umfahre man eine Figur mit dem beweglichen Fahrstift, weil man dann grössere Rollendrehungen und entsprechend genauere Resultate erhält, als mit dem festen Fahrstift. Beim Umfahren einer Figur mit dem beweglichen Fahrstift führe man den Fahrarm am festen Fahrstift und folge der Spitze des beweglichen Fahrstifts mit dem Auge.

Für den beweglichen Fahrstift No. 2 gelten folgende Formeln:

$$\begin{aligned} A &= 0,05 a \\ M &= 0,15 m \\ J &= \frac{10 a - 4 i}{8} \end{aligned}$$

wobei a, m, i die nunmehrigen Rollendrehungen bedeuten.

Misst man eine Figur mit dem festen Fahrstift, so lege man den beweglichen Fahrstift beiseite.

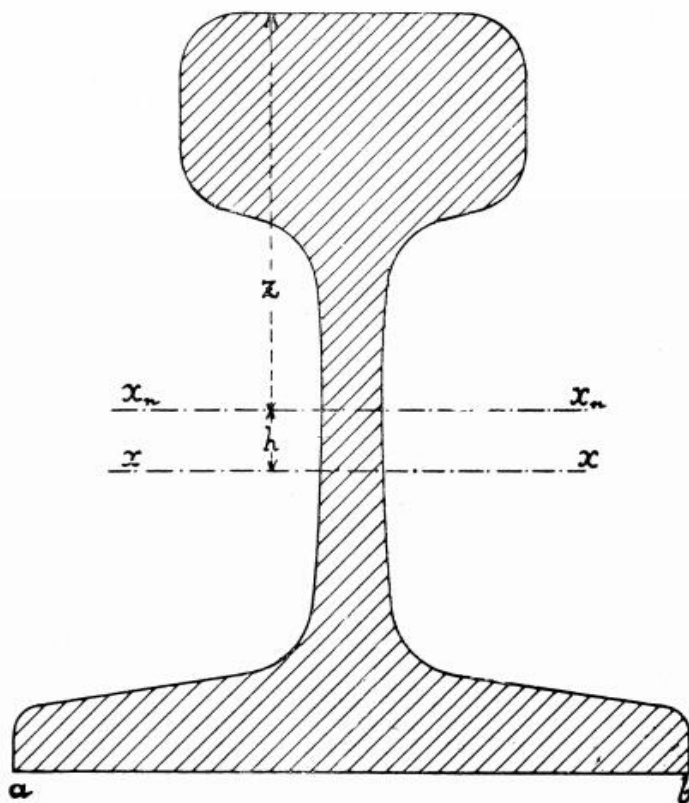
Beispiel. Berechnung des Widerstandsmomentes einer Schiene. (Die untenstehende Figur ist in natürlicher Grösse gezeichnet, so dass man bei einer Messung derselben annähernd die nachfolgenden Resultate wieder erhalten wird).

Man ziehe zunächst eine Linie xx parallel zu a, b derart, dass, wenn man das Integratorlineal auf xx einstellt, man das ganze Schienenprofil mit dem beweglichen Fahrstift umfahren kann.

Man stelle nun das Lineal auf xx als Momentenaxe ein und messe den Flächeninhalt und das statische Moment des Profils. (Das Trägheitsmoment braucht man vorläufig noch nicht).

Es ergibt dies:

	A		M
	6202	564	7108
	6766	562	7255
	7328		7403
Mittel	$a = 563$		$m = 147,5$
	$A = 0,05 \times 563 = 28,15 \text{ cm}^2$		$M = 0,15 \times 147,5 = 22,12 \text{ cm}^3$



Die Höhe h der neutralen Axe $x_n x_n$ über der Linie xx ist dann gleich

$$h = \frac{M}{A} = \frac{22,12}{28,15} = 0,786 \text{ cm}$$

(Wäre m negativ, so würden M und auch h negativ ausfallen und es würde dann $x_n x_n$ unterhalb xx liegen).

Man zeichne die Linie $x_n x_n$ wirklich in das Profil ein, stelle das Integratorlineal nunmehr auf $x_n x_n$ als Momentenaxe ein und messe nochmals Flächeninhalt, statisches Moment und jetzt auch das Trägheitsmoment, wieder mit dem beweglichen Fahrstift.

Man findet so

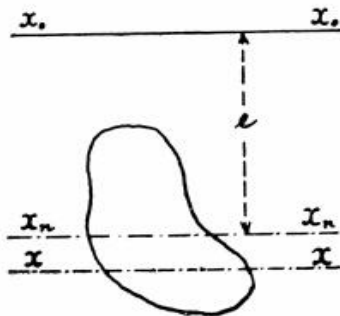
	A	M	J
	7864	7730	6761
	564	-2	631
	8428	7728	7392
	562	0	630
	8990	7728	8022
Mittel	$a = 563$	$m = -1$	$i = 630,5$
	$J_n = \frac{10 \times 563 - 4 \times 630,5}{8} = 388,5 \text{ cm}^4$		

Die Grössen a und m brauchte man eigentlich jetzt nicht zu messen, da a denselben Wert wie vorher haben und $m = 0$ sein sollte, weil ja die neutrale Axe als Momentenaxe gewählt wurde. Die neuerliche Bestimmung von a und m empfiehlt sich aber doch als Kontrolle für die vorhergegangene Messung.

Aus der Figur misst man den Abstand z der entferntesten Faser von der neutralen Axe. Es ist im vorliegenden Fall $z = 5,22 \text{ cm}$.

Es ist mithin das Widerstandsmoment

$$W = \frac{J_n}{z} = \frac{388,5}{5,22} = 74,4 \text{ cm}^3$$



Hat man eine Figur zu messen, die so weit von der Momentenaxe $x_0 x_0$ entfernt liegt, dass man die Figur mit dem Fahrstift nicht umfahren könnte, wenn man die Integratorschiene auf die Axe $x_0 x_0$ einstellt, so ziehe man zu $x_0 x_0$ eine Parallele $x x$, die durch die Figur hindurch geht und, als Momentenaxe angesehen, gestattet die Figur mit dem Integrator zu messen. Dann bestimme man die Lage der neutralen Axe $x_n x_n$ wie in dem vorhergehenden Beispiel, zeichne $x_n x_n$ in die Figur ein, stelle das Integratorlineal auf $x_n x_n$ ein und messe das Trägheitsmoment J_n in bezug auf $x_n x_n$.

Bezeichnet e (ausgedrückt in cm) den Abstand der Linien $x_0 x_0$ und $x_n x_n$, A den Flächeninhalt der Figur, so ergeben sich das statische Moment M_0 und das Trägheitsmoment J_0 in bezug auf Axe $x_0 x_0$ aus den Formeln

$$M_0 = eA \quad J_0 = J_n + e^2A$$

Man könnte zwar die Werte von M_0 und J_0 auch aus den Messungen in bezug auf Axe $x x$ ableiten, was sich aber wegen Mangel an Uebersichtlichkeit des Verfahrens nicht empfiehlt.

Ist eine Figur so gross, dass man sie nicht in einem Mal umfahren kann, so teile man sie durch Hülfslinien in mehrere Stücke ein und ziehe zu jedem Stück eine Hülfsmomentenaxe parallel zur vorgeschriebenen Momentenaxe, wenn es bei der Einstellung des Integratorlineals auf die richtige Momentenaxe nicht möglich ist, die einzelnen Stücke mit dem Fahrstift zu umfahren.

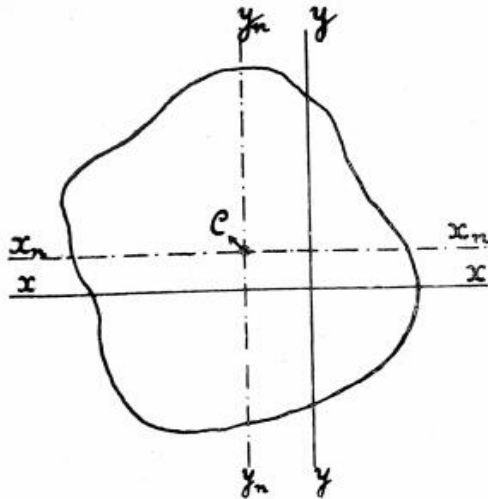
Dann bestimme man von jedem einzelnen Stück der Figur die neutrale Axe parallel zur vorgeschriebenen Axe, das Trägheitsmoment in bezug auf die neutrale Axe und den Flächeninhalt, leite sodann durch Rechnung das statische Moment und das Trägheitsmoment — jedes Stück in bezug auf die vorgeschriebene Axe — nach den Formeln

$$M = eA \quad J = J_n + e^2A$$

ab und bilde schliesslich die Summe der Flächeninhalte A der einzelnen Stücke, die Summe der statischen Momente M und die Summe der Trägheitsmomente J . Die genannten Summen sind dann Flächeninhalt und Momente der ganzen Figur.

Hat man eine in der Richtung der Momentenaxe langgestreckte Figur, wie zum Beispiel den Plan der Wasserlinien eines Schiffes, welche man durch Querstriche so teilen kann, dass man jedes

Stück in bezug auf eine und dieselbe Axe messen kann, so ist die Sache sehr einfach, weil dann auch die Momente der ganzen Figur sich aus der Summe der Momente der einzelnen Stücke zusammensetzen.



Bestimmung des Schwerpunktes einer Figur.
Man ziehe irgend zwei sich ungefähr senkrecht schneidende Linien $x\ x$ und $y\ y$ durch die Figur, messe die Werte von A und M zuerst in bezug auf $x\ x$, dann in bezug auf $y\ y$; berechne daraus den Abstand der zu $x\ x$ parallelen neutralen Axe $x_n\ x_n$ nach der Formel

$$h = \frac{M}{A};$$

berechne ebenso den Abstand der zu $y\ y$ parallelen neutralen Axe $y_n\ y_n$ und zeichne die beiden Linien $x_n\ x_n$ und $y_n\ y_n$ in die Figur ein. Der Schnittpunkt C der beiden Linien ist dann der gesuchte Schwerpunkt.

Ist eine Zeichnung nicht in natürlicher Grösse gezeichnet, sondern in einem andern Masstabe $1 : n$, so hat man zur Berechnung von A , M und J folgende Formeln zu benutzen:

Für den feststehenden Fahrstift:

$$\begin{aligned} A &= 0,1a \times n^2 \\ M &= 0,6m \times n^3 \\ J &= (10a - 4i) \times n^4 \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift:

$$\begin{aligned} A &= 0,05a \times n^2 \\ M &= 0,15m \times n^3 \\ J &= \left(\frac{10a - 4i}{8} \right) \times n^4 \end{aligned}$$

Die Masseinheit für die Grössen A , M , J ist dann wieder der Centimeter.

Wäre z. B. in dem frühern Beispiel die Schiene in halber Grösse gezeichnet gewesen, so hätte man zur Berechnung die vorstehenden Formeln anzuwenden und da jetzt $1 : n = 1 : 2$ ist, darin $n = 2$ setzen müssen. Da $n^2 = 4$, $n^3 = 8$, $n^4 = 16$, so würden also die Formeln lauten

$$A = 0,2 a \qquad M = 1,2 m \qquad J = 20 a - 8 i$$

für den zur Messung angewandten beweglichen Fahrstift.

Will man die Resultate in Metern statt in Centimetern ausgedrückt erhalten, was bei den Berechnungen im Schiffbau meistens der Fall sein wird, so bediene man sich folgender Formeln:

Für den festen Fahrstift:

$$\begin{aligned} A &= 0,1 a \left(\frac{n}{100} \right)^2 \\ M &= 0,6 m \left(\frac{n}{100} \right)^3 \\ J &= (10a - 4i) \left(\frac{n}{100} \right)^4 \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift:

$$\begin{aligned} A &= 0,05 a \left(\frac{n}{100} \right)^2 \\ M &= 0,15 m \left(\frac{n}{100} \right)^3 \\ J &= \left(\frac{10a - 4i}{8} \right) \left(\frac{n}{100} \right)^4 \end{aligned}$$

Ist z. B. die zu messende Figur im Masstab $1 : 50$ gezeichnet, so ist $n = 50$ zu setzen, also

$$\frac{n}{100} = \frac{1}{2}; \quad \left(\frac{n}{100} \right)^2 = \frac{1}{4}; \quad \left(\frac{n}{100} \right)^3 = \frac{1}{8}; \quad \left(\frac{n}{100} \right)^4 = \frac{1}{16}$$

und die obigen Formeln nehmen in diesem besonderen Fall folgende Form an:

Für den festen Fahrstift:

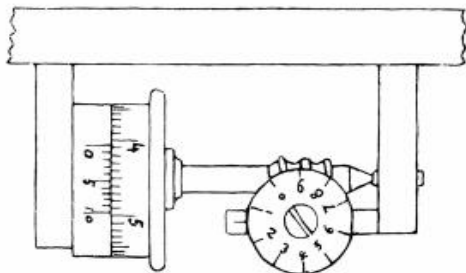
$$\begin{aligned} A &= \frac{0,1 a}{4} \\ M &= \frac{0,6 m}{8} \\ J &= \frac{10 a - 4 i}{16} \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift:

$$\begin{aligned} A &= \frac{0,05 a}{4} \\ M &= \frac{0,15 m}{8} \\ J &= \frac{10 a - 4 i}{128} \end{aligned}$$

Rollenablesungen. Der Umfang der Rolle ist in 100 Teile eingeteilt. Die Zehntel eines solchen Teiles werden am Nonius abgelesen. Die ganzen Umdrehungen der Rolle werden am Zähl-scheibchen abgelesen, das bei jeder Umdrehung der Rolle um einen Teilstrich vorrückt. Bei 10 vollen Umdrehungen der Rolle macht das Zähl-scheibchen eine ganze Umdrehung.

Jede Rollenablesung gibt eine vierstellige Zahl. Man liest die Tausender auf dem Zähl-scheibchen ab, die Hunderter und Zehner auf der Rolle und die Einer am Nonius. Die Ablesung der in nebenstehender Figur abgebildeten Rolle mit Zähl-scheibchen wäre z. B. 1407. Der abzulesende Noniusteil, im vorliegenden Beispiel der siebente, ist derjenige Noniusteil, welcher einem Rollenteil gerade gegenübersteht oder doch am nächsten gegenübersteht.



Wenn der Nullpunkt der Rolle dem Nullpunkt des Nonius gegenübersteht, sollte ein Teilstrich des Zähl-scheibchens der festen Marke gegenüberstehen. Infolge des toten Ganges des Zähl-scheibchens trifft dies gewöhnlich nicht genau zu und man muss diesem Umstand in derselben Weise Rechnung tragen, wie bei einer Uhr, wenn der Minutenzeiger auf 12 Uhr steht und der Stundenzeiger nicht genau die volle Stunde zeigt.

Um die richtige Rollendrehung aus Anfangs- und Endablesung zu erhalten, muss man darauf achten, ob die Gesamtdrehung der Rolle eine vorwärtsgehende oder eine rückwärtsgehende ist und ferner, ob und wieviel mal und in welchem Drehungssinne der Nullpunkt des Zähl-scheibchens an der festen Marke vorbeigehen muss, die hin- und hergehenden Vorübergänge des Nullpunktes nicht mitgerechnet. War die Gesamtdrehung vorwärtsgehend, so zählt man ebenso oftmal die Zahl 10000 zu der End-ablesung hinzu als der Nullpunkt des Zähl-scheibchens an der festen Marke vorbeiging. War die Gesamtdrehung rückwärtsgehend, so hat man das entsprechend vielfache von 10000 der Anfangs-ablesung hinzuzufügen, bevor man die Differenz von Anfangs- und Endablesung bildet. Das Verfahren ist ebenso einfach, wie wenn man einerseits den Zeitunterschied z. B. von vormittags 10 Uhr bis nachmittags 2 Uhr desselben Tages oder andererseits von vormittags 10 Uhr bis abends 7 Uhr des vorhergehenden Tages von der Uhr ablesen will.

Man soll es möglichst vermeiden, die Messrollen mit den Fingern anzurühren. Man versuche daher nicht, die Rollen vor dem Umfahren einer Figur auf Null einzustellen; es wäre dies überdies viel zeitraubender und umständlicher, als die Rollen abzulesen, so wie sie gerade zufällig zu stehen kommen.

Eine Messrolle muss sehr leicht laufen; ihre Axe soll deswegen etwas Spiel haben, doch darf die Rolle den Nonius nicht berühren können.

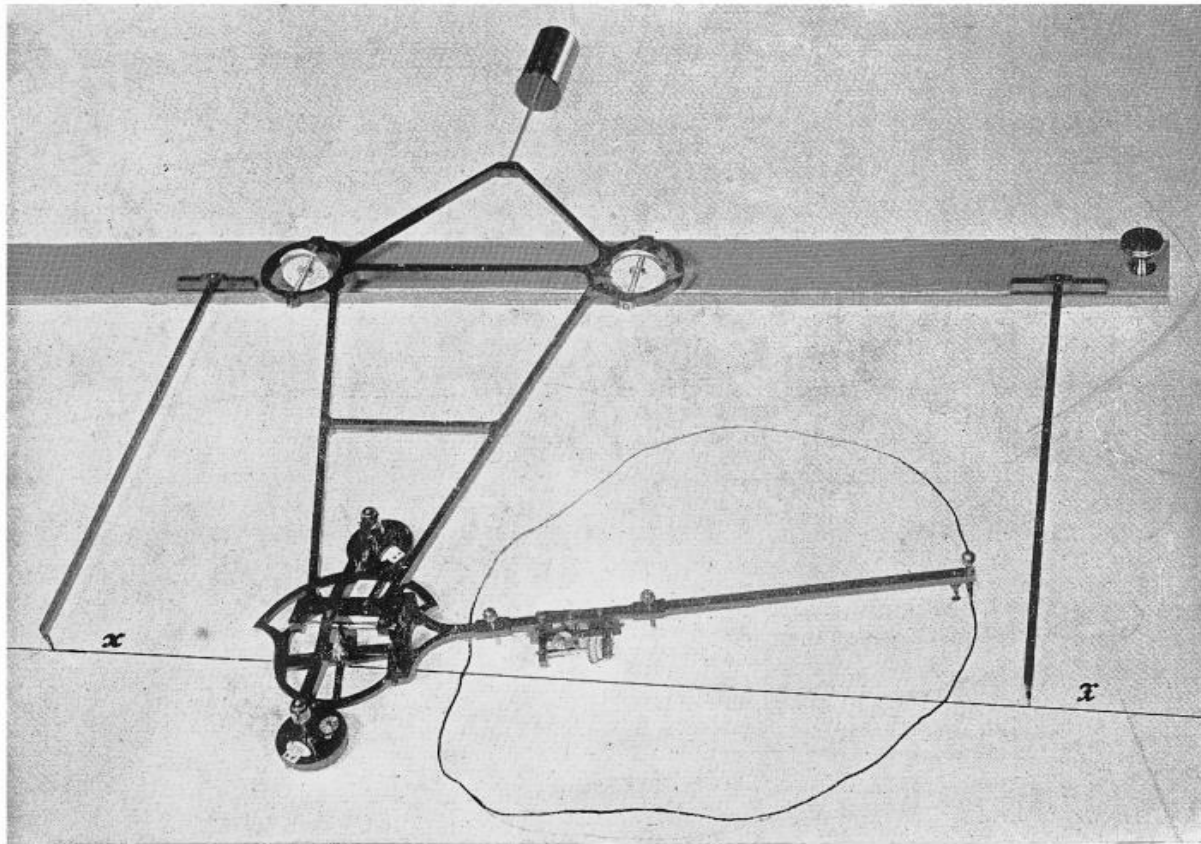
Die Axen des Bewegungsmechanismus des Integrators und die Axe des Fahrarms dürfen nicht wackeln, im übrigen kommt es nicht darauf an, ob sie mehr oder weniger leicht laufen. Gelegentliches Oelen der Spitzen der Achsen mit feinem Oel ist empfehlenswert.

Werden die Räder des Wagens in ihrer Axenrichtung verstellt, so geht die Genauigkeit des Integrators verloren; dasselbe ist der Fall beim Verstellen oder Verbiegen des Fahrarms.

Die Messrollen dagegen lassen sich in der Axenrichtung verstellen ohne Einfluss auf die Genauigkeit des Instruments. Man kann daher die Messrollen zum Zweck gründlicher Reinigung unbedenklich wegnehmen, vorausgesetzt, dass man dabei die nötige Vorsicht anwendet. Vor allem soll man den Rollenrand unverändert lassen, nicht abpolieren und nicht zerkratzen und die Spitzen der Rollenaxe vor Beschädigung bewahren, weil davon die Brauchbarkeit des Integrators abhängt.

Ist der Integrator infolge Beschädigung des Mechanismus ungenau geworden, so kann man, wenn die Ungenauigkeit nicht allzu gross ist, auch ohne Reparatur von Seite des Mechanikers, noch genaue Resultate bekommen, wenn man jede Messung in der Art wiederholt, dass man das Zeichnungsblatt vor der zweiten Messung um 180° dreht, so dass der Teil der Figur, der bei der ersten Messung zwischen Lineal und Momentenaxe lag, bei der zweiten Messung ausserhalb der Momentenaxe zu liegen kommt. Man nimmt dann aus den Resultaten der beiden Messungen das Mittel.

Integrator No. 2.



Der Integrator No. 2 dient zum Messen von

1. Flächeninhalt
2. Statischem Moment
3. Trägheitsmoment

ebener Figuren.

Die grösste Figur, welche auf einmal gemessen werden kann, ist ein Rechteck von 155 cm Länge und 68 cm Breite.

Länge des Lineals 200 cm.

Weg des Wagens 172 cm.

Abstand der Momentenaxe vom Lineal 35 cm.

Integrator No. 2 ist gleich wie Integrator No. 1 konstruiert; der Unterschied besteht nur in der Grösse und darin, dass bei dem grossen Integrator No. 2 ausser dem festen Fahrstift noch zwei bewegliche Fahrstifte am Fahrarm angebracht sind.

Die Verwendbarkeit des Integrators No. 2 ist im allgemeinen dieselbe, wie diejenige des Integrators No. 1; man kann mit Integrator No. 2 wesentlich grössere Figuren umfahren, was hauptsächlich bei manchen Problemen des Schiffbaues vorteilhaft ist.

Die Art der Anwendung ist genau die gleiche wie bei Integrator No. 1.

Es gelten folgende Formeln:

Für den festen Fahrstift No. 1:

$$\begin{aligned} A &= 0,2 a \\ M &= 2,4 m \\ J &= 8 (10 a - 4 i) \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift No. 2:

$$\begin{aligned} A &= 0,1 a \\ M &= 0,6 m \\ J &= 10 a - 4 i \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift No. 3:

$$A = 0,05 a$$

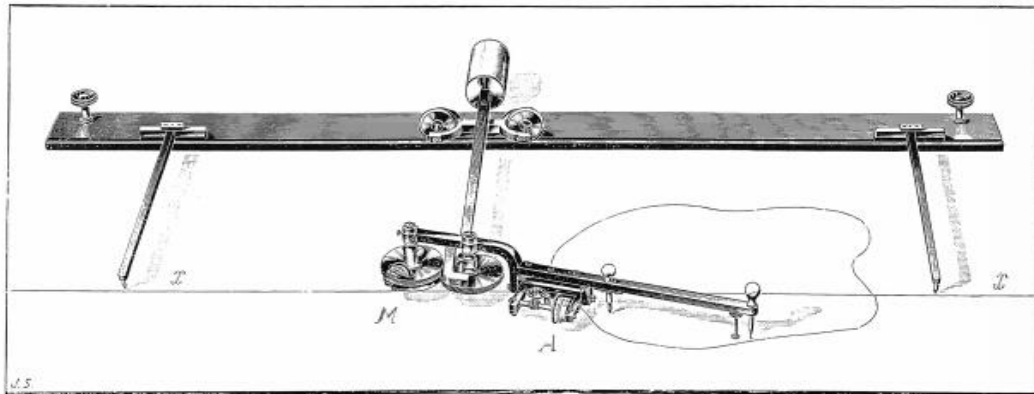
$$M = 0,15 m$$

$$J = \frac{10 a - 4 i}{8}$$

Die Masseinheit der aus den Formeln erhaltenen Resultate ist der Centimeter.

Man wähle von den drei Fahrstiften stets denjenigen, welcher den kürzesten Fahrarm ergibt und doch noch die Figur zu umfahren erlaubt.

Integrator No. 3.



Der Integrator No. 3 dient zum Messen von

1. Flächeninhalt
2. Statischem Moment

ebener Figuren.

Das Trägheitsmoment kann mit diesem Integrator nicht gemessen werden.

Die grösste Figur, welche auf einmal gemessen werden kann, ist ein Rechteck von 54 cm Länge und 38 cm Breite.

Länge des Lineals 75 cm.

Weg des Wagens 67 cm.

Abstand der Momentenaxe vom Lineal 19 cm.

Integrator No. 3 eignet sich im Schiffbau hauptsächlich zu Stabilitätsberechnungen; ebenso zur Berechnung des Inhalts und der Schwerpunktslage des verdrängten Wassers.

Ferner findet das Instrument überall da Verwendung, wo Messungen von Flächeninhalten, Bestimmungen von Schwerpunktslagen ebener Figuren und Messungen des Rauminhaltes von Rotationskörpern auszuführen sind.

Integrator No. 3 ist nach dem gewöhnlichen Planimeter der einfachste Integrator. Er zeichnet sich durch leichten Gang, Handlichkeit und grosse Einfachheit aus.

Das Instrument wird genau gleich angewendet, wie Integrator No. 1 bei der Bestimmung von Flächeninhalt und statischem Moment.

Flächeninhalt und statisches Moment werden nach folgenden beiden Formeln berechnet:

Für den festen Fahrstift No. 1

$$A = 0,1 a$$

$$M = 0,6 m$$

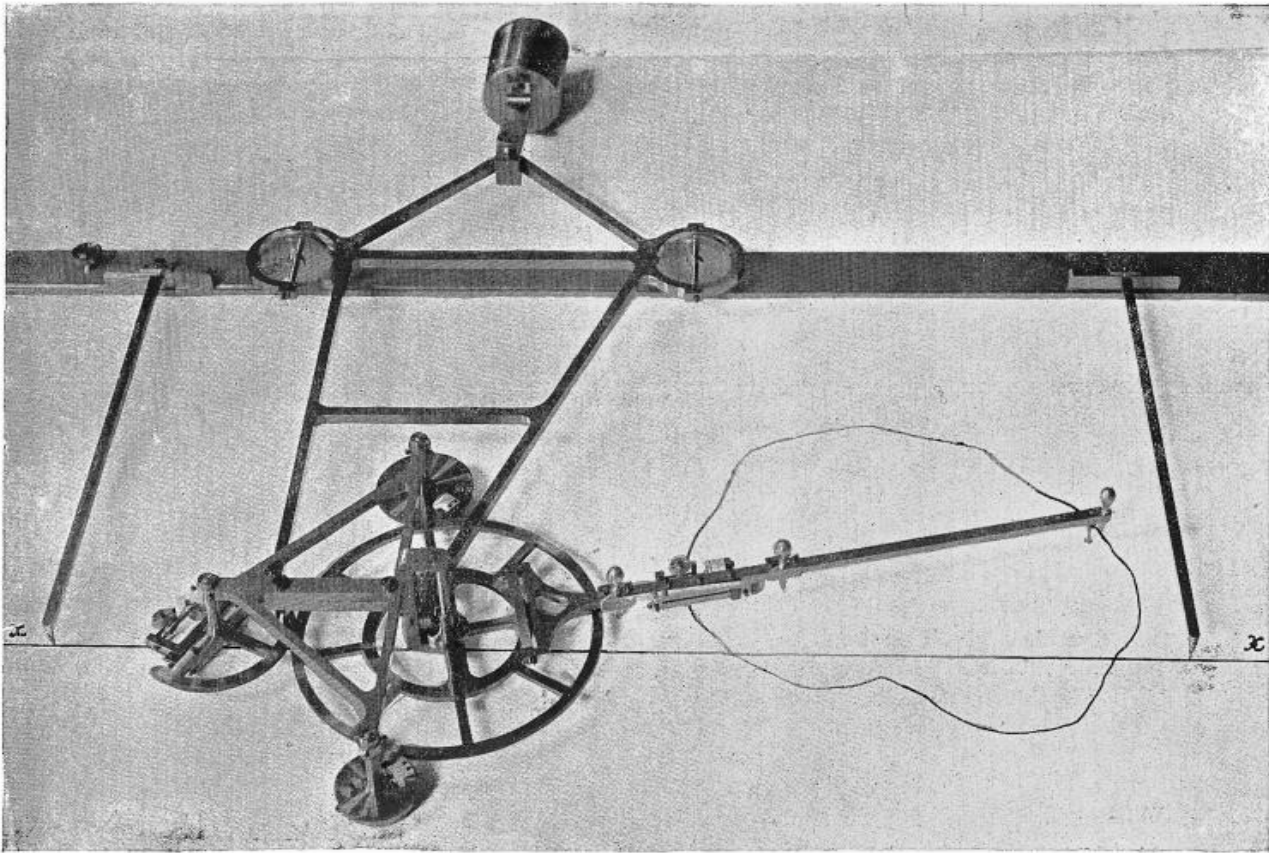
Für den beweglichen Fahrstift No. 2

$$A = 0,05 a$$

$$M = 0,15 m$$

Die Masseinheit ist der Centimeter.

Integrator No. 4.



Der Integrator No. 4 dient zum Messen von:

1. Flächeninhalt

$$\int y \, dx = A$$

2. Statischem Moment

$$\frac{1}{2} \int y^2 \, dx = M$$

3. Trägheitsmoment

$$\frac{1}{3} \int y^3 \, dx = J$$

4. Moment vierter Ordnung

$$\frac{1}{4} \int y^4 \, dx = P$$

ebener Figuren.

Die grösste Figur, welche auf einmal gemessen werden kann, ist ein Rechteck von 157 cm Länge und 62 cm Breite.

Länge des Lineals 200 cm.

Weg des Wagens 172 cm.

Abstand der Momentenaxe vom Lineal 31,5 cm.

Der Integrator No. 4 kann gleicherweise wie die Integratoren No. 1 und No. 2 verwendet werden; ausserdem aber noch zur Messung des Trägheitsmoments von Rotationskörpern sowohl in bezug auf die Rotationsaxe als auch in bezug auf eine andere Axe.

Das Instrument findet hauptsächlich Verwendung zur Berechnung der ballistischen Eigenschaften von Geschossen, des Rückschlagswiderstandes von Geschützröhren, Panzertürmen u. dergl. Rotationskörpern, sowie zur Messung der Schwungkraft für Schwungräder.

Der Bereich des Instruments beim Messen von Schwerpunktslage und Trägheitsmoment in bezug auf eine Queraxe eines Rotationskörpers hängt von der Form des Profils ab.

Ein Cylinder von 120 cm Länge ist z. B. der längste Cylinder, welcher bei einem Durchmesser von 20 cm gemessen werden kann. Je kürzer der Rotationskörper ist, desto grösser darf sein Durchmesser sein.

Der Integrator ist mit vier Messrollen A, M, J, P, sowie ausser dem festen Fahrstift mit zwei beweglichen Fahrstiften versehen.

Es seien a, m, i, p , die Rollendrehungen der Rollen A, M, J, P, beziehungsweise beim Umfahren einer Figur. Dann gelten folgende Formeln:

Für den festen Fahrstift No. 1:

$$\begin{aligned} A &= 0,24 a \\ M &= 2,4 m \\ J &= 32 (3 a - i) \\ P &= 480 (4 m - p) \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift No. 2:

$$\begin{aligned} A &= 0,12 a \\ M &= 0,6 m \\ J &= 4 (3 a - i) \\ P &= 30 (4 m - p) \end{aligned}$$

Für den beweglichen Fahrstift No. 3:

$$\begin{aligned} A &= 0,06 a \\ M &= 0,15 m \\ J &= 0,5 (3 a - i) \\ P &= \frac{15}{8} (4 m - p) \end{aligned}$$

Die Masseinheit der aus den Formeln erhaltenen Resultate ist der Centimeter.

Ist die Figur im Masstab $1 : n$ gezeichnet, so gelten für A, M, J ähnliche Formeln wie bei Integrator No. 1 erklärt.

Für P gelten folgende Formeln:

Für Fahrstift No. 1:

$$P = 480 (4 m - p) n^5$$

Für Fahrstift No. 2:

$$P = 30 (4 m - p) n^5$$

Für Fahrstift No. 3:

$$P = \frac{15}{8} (4 m - p) n^5$$

wenn man das Resultat in cm ausgedrückt erhalten will, dagegen

Für Fahrstift No. 1:

$$P = 480 (4 m - p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$$

Für Fahrstift No. 2:

$$P = 30 (4 m - p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$$

Für Fahrstift No. 3:

$$P = \frac{15}{8} (4 m - p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$$

wenn das Resultat in Metern ausgedrückt sein soll.

Wie die Drehung der Rolle M, so kann auch diejenige der Rolle P und dementsprechend der Wert des Moments vierter Ordnung negativ ausfallen. Es ist dies wieder der Fall, wenn der grösste Teil der Figur ausserhalb der Momentenaxe liegt.

