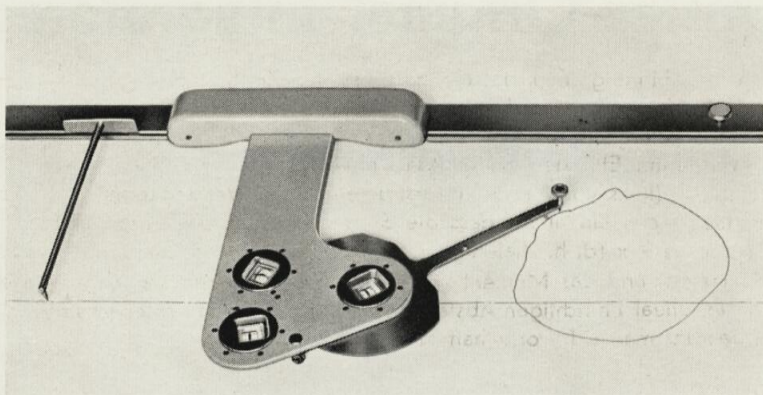


Amsler-Original-Integratoren

Gebrauchsanleitung

Uebersichtstabelle der Amsler Integratoren
und ihrer Anwendungsmöglichkeiten

Zu messende Grösse		Integrator			
		625	626	627	628
Flächeninhalt	$\int y \cdot dx$	A	A	A	A
Statisches Moment	$\frac{1}{2} \int y^2 \cdot dx$	M	M	M	M
Trägheitsmoment	$\frac{1}{3} \int y^3 \cdot dx$	—	I	I	I
Moment 4. Ordnung	$\frac{1}{4} \int y^4 \cdot dx$	—	—	—	P



Integrator 626

Vorbereitung

Man lege das Führungslineal auf die zu messende Zeichnung, setze das Instrument so auf die Zeichnung, dass die beiden Laufräder in die Nut des Führungslineals und die Messrollen auf das Papier zu liegen kommen. Nun lege man die beiden Lehren, welche im Etui des Instrumentes untergebracht sind, mit der Kante in die Nut des Lineals (links und rechts des Instrumentes) und der Spitze auf die Zeichnung und verschiebe das Lineal so, dass die Spitzen der beiden Lehren genau auf die Momentenachse $x \times x$ (d. h. diejenige Linie, auf welche das statische Moment, das Trägheitsmoment und das Moment vierter Ordnung bezogen werden sollen) fallen. Dann ist das Lineal im richtigen Abstand und parallel zur Momentenachse. Zu diesem Zwecke bedient man sich vorteilhaft einer Lupe.

Zählwerk-Ablesung

Das Integrier- und Zählwerk besteht aus der Integrierrolle mit genau abgepasstem Umfang. Ihre Achse hat Spitzenlagerung und dreht sich praktisch reibungslos; auf ihr sitzt eine Zähltrommel, die eine 100er-Teilung trägt. Ein gegenüber dieser Trommel befestigter Nonius erlaubt, eine $1/1000$ Drehung der Messrolle abzulesen. Koaxial zur Achse ist links von der Zähltrommel die Tausendertrommel angeordnet, an der die Anzahl der vollständigen Umdrehungen der Messrolle abgelesen wird. Die Tausendertrommel trägt 10 bzw. 50 Teilstriche wodurch 10 bzw. 50 Umdrehungen abgelesen werden können.

Jede Ablesung ist eine Zahl mit vier bzw. fünf Stellen. Die Trommel links ergibt die Tausender, die mittlere Trommel die Hunderter und Zehner und der Nonius die Einer.

Die Ablesung in nebenstehender Figur z. B. wäre 6569.

Am Nonius liest man denjenigen Teilstrich ab, der einem Teilstrich der Trommel genau oder doch am nächsten gegenübersteht. In der Abbildung ist das der neunte Teilstrich des Nonius.

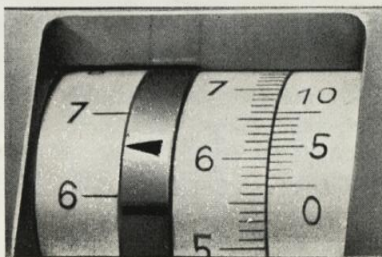


Fig. 1.

Steht der Nullstrich der Trommel dem Nullstrich des Nonius gegenüber, so sollte eigentlich einer der Teilstriche der Trommel links mit dem festen Index übereinstimmen. Genau trifft das meistens infolge des toten Spiels im Antrieb nicht zu. Man verfährt hier wie beim Ablesen der Zeit auf einer Uhr, wenn der Minutenzeiger zwar auf 12 Uhr steht, der Stundenzeiger aber nicht genau auf die volle Stunde zeigt.

Wenn die erste Ablesung eine hohe Zahl ist, beispielsweise 9875 bzw. 49875, so ist es möglich, dass während der Auswertung die Tausendertrommel über Null geht, so dass die zweite Ablesung nach der Umfahrung der Figur kleiner ist als die erste, beispielsweise 0225. In diesem Falle muss zur zweiten Ablesung 10 000 bzw. 50 000 zugezählt, die Zahl 0225 also auf 10 225 bzw. 50 225 ergänzt werden.

Umfahren einer Figur

Man markiere irgend einen Punkt der zu messenden Figur, setze den am Ende des Fahrarms befestigten Fahrstift auf den markierten Punkt, lese die Zählwerkstellungen ab (siehe den Abschnitt Zählwerkablesung) und notiere die Ablesung. Dann umfahre man die Figur mit dem Fahrstift möglichst genau im Sinne der Drehung der Uhrzeiger. Wenn der Fahrstift wieder auf dem Ausgangspunkt angekommen ist, lese man die Zählwerkstellungen wieder ab und notiere die Ablesungen unter die entsprechenden ersten Ablesungen. Dann ziehe man die ersten Ablesungen von den zweiten ab. Die Ergebnisse, welche man rechts neben die zugehörigen Ablesungen schreibe, sind dann proportional der Drehungen der Integrierrollen. Wir bezeichnen die Drehungen der Integrierrollen mit a , m , i , p , die Zählwerke mit a , m , i , p .

Anwendung der Zählwerkablesungen

Aus den durch Messung gefundenen Werten a , m , i , p werden die gesuchten Größen mittelst einfacher Formeln berechnet.

Für die festen Fahrstifte gelten folgende Formeln:

Amsler-Integrator		625	626	627	628
Flächeninhalt	$A =$	0,12 a	0,12 a	0,24 a	0,24 a
Statisches Moment	$M =$	0,6 m	0,6 m	2,4 m	2,4 m
Trägheitsmoment	$I =$	—	4 (3 $a - i$)	32 (3 $a - i$)	32 (3 $a - i$)
Moment 4. Ordnung	$P =$	—	—	—	480 (4 $m - p$)

Als Masseinheit ist dabei der Zentimeter (cm) anzusehen.

In der Folge werden die Beispiele für einen Integrator Type 626 berechnet.

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.

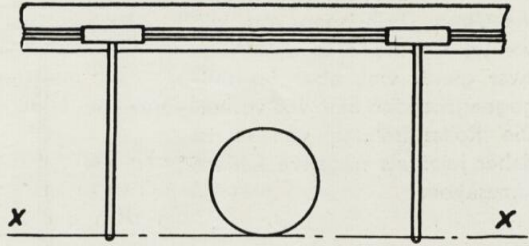


Fig. 2.

Es sei für den festen Fahrstift No. 1:

- 3271 die anfängliche Ablesung des Zählers a ;
- 1427 die anfängliche Ablesung des Zählers m ;
- 8843 die anfängliche Ablesung des Zählers i .

Nach dem Umfahren des Kreises findet man:

- 3925 als Ablesung des Zählers a ;
- 2081 als Ablesung des Zählers m ;
- (1)0193 als Ablesung des Zählers i .

Man schreibe die Zahlen in folgender Anordnung:

a		m		i	
3271		1427		8843	
3925	654	2081	654	10193	1350

Die drei Differenzen 654, 654, 1350 sind dann die Drehungen der Rollen a , m , i .

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

Flächeninhalt	$A = 0,12 a$	$= 0,12 \times 654$	$= 78,48 \text{ cm}^2$
Statisches Moment	$M = 0,6 m$	$= 0,6 \times 654$	$= 392,4 \text{ cm}^3$
Trägheitsmoment	$I = 12 a - 4 i$	$= 12 \times 654 - 4 \times 1350$	$= 2448 \text{ cm}^4$

Liegt der Kreis auf der äussern Seite der Linie $x-x$, wie in Figur 3 und wiederholt man die Messung, so erhält man, unter Voraussetzung, dass die Anfangsablesungen dieselben sind wie beim vorigen Beispiel

3271		1427		8843	
3925	654	0773	— 654	10193	1350
$a = 654$		$m = - 654$		$i = 1350$	

Die Rollen a und i 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.

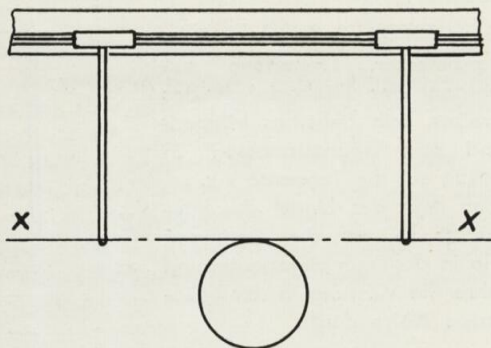


Fig. 3.

Drehrichtungen der Integrierrollen

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 Momentenachse und Lineal oder ausserhalb der Momentenachse liegt. Umgekehrt erkennt man aus der positiven Drehung der Rolle m , ob der Schwerpunkt der gemessenen Figur zwischen Momentenachse und Lineal oder ausserhalb der Momentenachse liegt. Die Gesamtdrehung der Rolle i ist in den weitaus häufigsten Fällen vorwärtsgehend, also positiv zu nehmen. Rückwärtsgehend, also negativ, ist die Gesamtdrehung bloss, wenn die Figur der ganzen Ausdehnung nach weit weg von der Momentenachse liegt. Es muss dann auch in der Formel für I das zweite Glied addiert statt subtrahiert werden.

Wie die Drehung der Rolle m , so kann auch diejenige der Rolle p und dementsprechend der Wert des Momentes vierter Ordnung negativ ausfallen. Es ist dies wieder der Fall, wenn der grösste Teil der Figur ausserhalb der Momentenachse liegt.

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 Zählwerken als nach dem Fahrstift. Eine Messung, welche Anspruch auf Zuverlässigkeit haben will, muss mindestens einmal wiederholt werden.

Bewegliche Fahrstifte

Am Fahrarm der Amsler-Integratoren 625 und 626 ist ausser dem festen Fahrstift Nr. 1 noch ein beweglicher Fahrstift Nr. 2 angebracht, welcher zum Messen von Figuren kleiner Querausdehnung zweckmässig ist. Am Fahrarm der Amsler-Integratoren 627 und 628 gibt es noch einen weiteren beweglichen Fahrstift Nr. 3. Wenn immer möglich, umfahre man eine Figur mit einem der beweglichen Fahrstifte, weil man

dann grössere Rollendrehungen und entsprechend genauere Resultate erhält als mit dem festen Fahrstift. Beim Umfahren einer Figur mit einem der beweglichen Fahrstifte führe man den Fahrarm am festen Fahrstift und folge der Spitze des beweglichen Fahrstifts mit dem Auge.

Für die beweglichen Fahrstifte gelten folgende Formeln:

Fahrstift Nr. 2

Amsler Integrator		625	626	627	628
Flächeninhalt	A =	0,06 a	0,06 a	0,12 a	0,12 a
Statisches Moment	M =	0,15 m	0,15 m	0,6 m	0,6 m
Trägheitsmoment	I =	—	$\frac{1}{2} (3 a - i)$	$4 (3 a - i)$	$4 (3 a - i)$
Moment 4. Ordnung	P =	—	—	—	$30 (4 m - p)$

Fahrstift Nr. 3

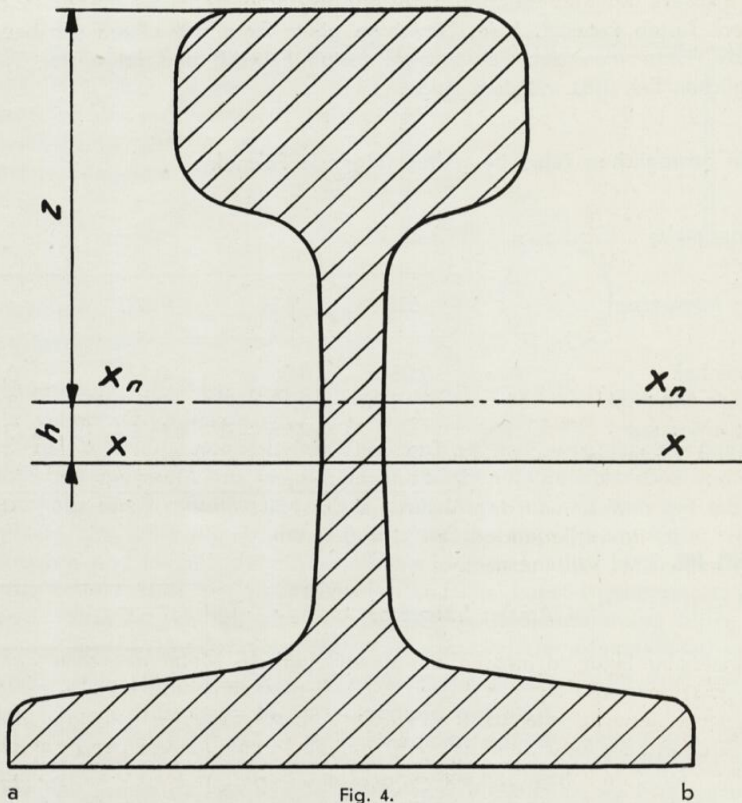
Amsler Integrator		627	628
Flächeninhalt	A =	0,06 a	0,06 a
Statisches Moment	M =	0,15 m	0,15 m
Trägheitsmoment	I =	$\frac{1}{2} (3 a - i)$	$\frac{1}{2} (3 a - i)$
Moment 4. Ordnung	P =	—	$\frac{15}{8} (4 m - p)$

wobei a, m, i und p die nunmehrigen Rollendrehungen bedeuten. Misst man eine Figur mit dem festen Fahrstift, so lege man den beweglichen Fahrstift beiseite.

Beispiel: Berechnung des Widerstandsmomentes einer Eisenbahn-Schiene.

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

Man stelle nun das Lineal auf x x als Momentenachse ein und messe den Flächeninhalt und das statische Moment des Profils. (Das Trägheitsmoment braucht man vorläufig noch nicht.) Es ergibt sich mit Amsler-Integrator 626 bei Verwendung des beweglichen Fahrstiftes Nr. 2 (dies entspricht bei Integrator 627 und 628 dem Fahrstift Nr. 3, beim Integrator 625 dem Fahrstift Nr. 2):



a		m	
6296		7108	
6766	470	7255	147
7234	468	7403	148
Mittel	$a = 469$	$m = 147,5$	

$$A = 0,06 \times 469 = 28,14 \text{ cm}^2$$

$$M = 0,15 \times 147,5 = 22,125 \text{ cm}^3$$

Die Höhe h der neutralen Achse $x_n x_n$ über Linie $x x$ ist dann gleich

$$h = \frac{M}{A} = \frac{22,125}{28,14} = 0,7862 \text{ cm.}$$

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

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

Man findet so (mit Integrator 626 Fahrstift Nr. 2):

	a		m		i	
	7958		7730		6761	
	8428	470	7728	-2	7392	631
	8896	468	7728	0	8022	630
Mittel	$a = 469$		$m = -1$		$i = 630,5$	

$$I_n = \frac{12 \times 469 - 4 \times 630,5}{8} = 388,3 \text{ cm}^4.$$

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 Achse als Momentenachse 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 Achse. Es ist im vorliegenden Fall $z = 5,22 \text{ cm}$.

Es ist mithin das Widerstandsmoment:

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

Hat man eine Figur zu messen, die so weit von der Momentenachse $x_0 x_0$ entfernt liegt, dass man die Figur mit dem Fahrstift nicht umfahren könnte, wenn man die Integratorschiene auf die Achse $x_0 x_0$ einstellt, so ziehe man zu $x_0 x_0$ eine Parallele $x_n x_n$, die durch die Figur hindurch geht und, als Momentenachse angesehen, gestattet, die Figur mit dem Fahrstift zu umfahren. Dann bestimme man die Lage der neutralen Achse $x x$ 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 I_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 I_0 in bezug auf Achse $x_0 x_0$ aus den Formeln

$$M_0 = Ae$$

$$I_0 = I_n + Ae^2$$

Man könnte zwar die Werte von M_0 und I_0 auch aus den Messungen in bezug auf die Achse $x x$ ableiten, was sich aber wegen Mangel an Uebersichtlichkeit des Verfahrens nicht empfiehlt.

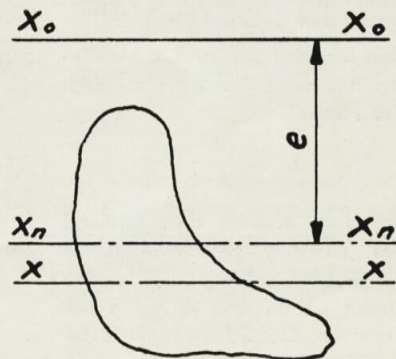


Fig. 5.

Grosse Figuren

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

Dann bestimme man von jedem einzelnen Stück der Figur die neutrale Achse parallel zur vorgeschriebenen Achse, das Trägheitsmoment in bezug auf seine neutrale Achse und den Flächeninhalt, leite sodann durch Rechnung das statische Moment und das Trägheitsmoment für jedes Stück in bezug auf die vorgeschriebene Achse nach den Formeln $M = Ae$; $I = I_n + Ae^2$ ab und bilde schliesslich die Summe der Flächeninhalte A der einzelnen Stücke, die Summe der Trägheitsmomente I . Die genannten Summen sind dann Flächeninhalt und Momente der ganzen Figur.

Langgestreckte Figuren

Hat man eine in der Richtung der Momentenachse 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 Achse 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 Achse x_n x_n nach der Formel

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

berechne ebenso den Abstand der zu y y parallelen Achse 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.

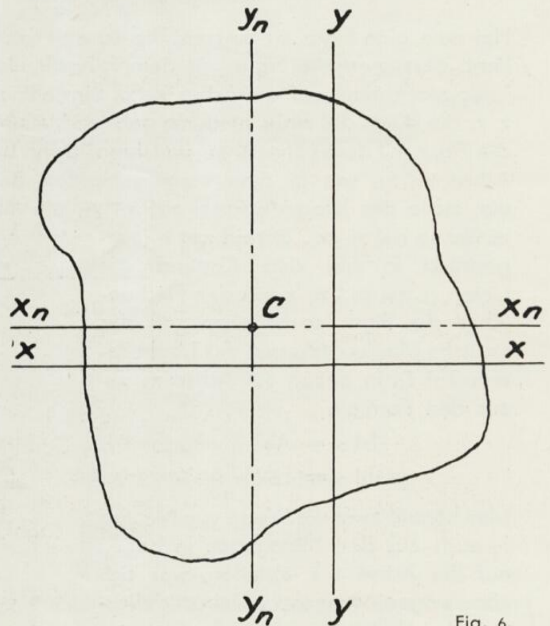


Fig. 6.

Berücksichtigung des Figuren-Masstabes

Ist die Figur, deren Inhalt und Momente erwünscht sind, nicht in natürlicher Grösse gezeichnet, sondern im Masstab $1 : n$, so treten in den Formeln zur Berechnung von A , M , I und P verschiedene Potenzen der Zahl n auf.

Um den Gebrauch der Anleitungen zu erleichtern, ist von einer allgemeinen, für alle Integratoren gültigen Erläuterung über die Berücksichtigung des Figuren-Masstabes abgesehen worden. Dafür sind für jede Integratorentype alle anzuwendenden Formeln auf einer besonderen Seite zusammengestellt worden.

Integrator 625

Wiederholung der Formeln für die verschiedenen Fahrstiftlängen.

Fahrstift		No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	0,12 a	0,06 a	cm^2
Statisches Moment	$M =$	0,6 m	0,15 m	cm^3

Berücksichtigung des Figurenmasstabes

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

Fahrstift		No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	$0,12 a \times n^2$	$0,06 a \times n^2$	cm^2
Statisches Moment	$M =$	$0,6 m \times n^3$	$0,15 m \times n^3$	cm^3

Die Masseinheit für die Grössen A und M ist dabei wieder der Zentimeter (cm). Wäre z. B. in dem früheren 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. Mit $n^2 = 4$, $n^3 = 8$, würden also die Formeln für den zur Messung angewandten beweglichen Fahrstift Nr. 2 lauten:

$$\begin{aligned} \text{Fahrstift Nr. 2} \quad A &= 0,06 a \times 4 = 0,24 a \\ M &= 0,15 m \times 8 = 1,20 m \end{aligned}$$

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

Fahrstift		No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	$0,12 \text{ a } \left(\frac{n}{100}\right)^2$	$0,06 \text{ a } \left(\frac{n}{100}\right)^2$	m^2
Statisches Moment	$M =$	$0,6 \text{ m } \left(\frac{n}{100}\right)^3$	$0,15 \text{ m } \left(\frac{n}{100}\right)^3$	m^3

Beispiel:

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

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

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

Fahrstift		No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	$\frac{0,12 \text{ a}}{4}$	$\frac{0,06 \text{ a}}{4}$	m^2
Statisches Moment	$M =$	$\frac{0,6 \text{ m}}{8}$	$\frac{0,15 \text{ m}}{8}$	m^3

Integrator 626

(Für den Text siehe vorstehend bei Integrator 625)

Wiederholung der Formeln für die verschiedenen Fahrstiftlängen

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	0,12 a	0,06 a	cm^2
Statisches Moment	$M =$	0,6 m	0,15 m	cm^3
Trägheitsmoment	$I =$	$4 (3a - i)$	$\frac{1}{2} (3a - i)$	cm^4

Formeln für Figuren, die im Masstab 1 : n aufgezeichnet sind

Längeneinheit = cm

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	$0,12 a \times n^2$	$0,06 a \times n^2$	cm^2
Statisches Moment	$M =$	$0,6 m \times n^3$	$0,15 m \times n^3$	cm^3
Trägheitsmoment	$I =$	$4 (3a - i) \times n^4$	$\frac{1}{2} (3a - i) \times n^4$	cm^4

Beispiel: Für eine im Masstab 1 : 2 aufgezeichnete Figur ist $n = 2$; $n^2 = 4$; $n^3 = 8$; $n^4 = 16$. Somit gilt für den

Fahrstift Nr. 2: $A = 0,24 a$ $M = 1,2 m$ $I = 24 a - 8 i$.

Sind die Resultate statt in der Einheit cm in der Einheit m ausgedrückt erwünscht (wie z. B. im Schiffbau), so sind die Formeln wie folgt zu benutzen:

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	
Flächeninhalt	$A =$	$0,12 a \left(\frac{n}{100} \right)^2$	$0,06 a \left(\frac{n}{100} \right)^2$	m^2
Statisches Moment	$M =$	$0,6 m \left(\frac{n}{100} \right)^3$	$0,15 m \left(\frac{n}{100} \right)^3$	m^3
Trägheitsmoment	$I =$	$4 (3a - i) \left(\frac{n}{100} \right)^4$	$\frac{1}{2} (3a - i) \left(\frac{n}{100} \right)^4$	m^4

Beispiel: Wasserlinien eines Schiffskörpers im Masstab 1 : 50 aufgezeichnet:

$$n = 50; \frac{n}{100} = \frac{1}{2}; \left(\frac{n}{100} \right)^2 = \frac{1}{4}; \left(\frac{n}{100} \right)^3 = \frac{1}{8}; \left(\frac{n}{100} \right)^4 = \frac{1}{16};$$

etc. etc. entsprechend dem Beispiel für den Integrator 625.

Integrator 627

(Für den Text siehe vorstehend bei Integrator 625)

Wiederholung der Formeln für die verschiedenen Fahrarmtlängen

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
Flächeninhalt	A =	0,24 a	0,12 a	0,06 a	cm ²
Statisches Moment	M =	2,4 m	0,6 m	0,15 m	cm ³
Trägheitsmoment	I =	32 (3 a — i)	4 (3 a — i)	¹ / ₂ (3 a — i)	cm ⁴

Formeln für Figuren, die im Masstab 1 : n aufgezeichnet sind

Längeneinheit = cm

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
A =		0,24 a × n ²	0,12 a × n ²	0,06 a × n ²	cm ²
M =		2,4 m × n ³	0,6 m × n ³	0,15 m × n ³	cm ³
I =		32 (3 a — i) × n ⁴	4 (3 a — i) × n ⁴	¹ / ₂ (3 a — i) × n ⁴	cm ⁴

Beispiel: Für eine im Masstab 1 : 2 aufgezeichnete Figur ist n = 2; n² = 4; n³ = 8; n⁴ = 16. Somit gilt für den

$$\text{Fahrstift Nr. 3: } A = 0,24 a \quad M = 1,2 m \quad I = 24 a - 8 i$$

Sind die Resultate statt in der Einheit cm in der Einheit m ausgedrückt erwünscht (wie z. B. im Schiffbau), so sind die Formeln wie folgt zu benutzen:

	Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
A =		0,24 a $\left(\frac{n}{100}\right)^2$	0,12 a $\left(\frac{n}{100}\right)^2$	0,06 a $\left(\frac{n}{100}\right)^2$	m ²
M =		2,4 m $\left(\frac{n}{100}\right)^3$	0,6 m $\left(\frac{n}{100}\right)^3$	0,15 m $\left(\frac{n}{100}\right)^3$	m ³
I =		32 (3 a — i) $\left(\frac{n}{100}\right)^4$	4 (3 a — i) $\left(\frac{n}{100}\right)^4$	¹ / ₂ (3 a — i) $\left(\frac{n}{100}\right)^4$	m ⁴

Beispiel: Wasserlinien eines Schiffskörpers im Masstab 1 : 50 aufgezeichnet:

$$n = 50; \frac{n}{100} = \frac{1}{2}; \left(\frac{n}{100}\right)^2 = \frac{1}{4}; \left(\frac{n}{100}\right)^3 = \frac{1}{8}; \left(\frac{n}{100}\right)^4 = \frac{1}{16};$$

etc. etc. entsprechend dem Beispiel für den Integrator 625.

Integrator 628

(Für den Text siehe vorstehend bei Integrator 625)

Wiederholung der Formeln für die verschiedenen Fahrstiftlängen

Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
Flächeninhalt $A =$	0,24 a	0,12 a	0,06 a	cm^2
Statisches Moment $M =$	2,4 m	0,6 m	0,15 m	cm^3
Trägheitsmoment $I =$	32 (3 a — i)	4 (3 a — i)	$\frac{1}{2} (3 a — i)$	cm^4
Moment 4. Ordnung $P =$	480 (4 m — p)	30 (4 m — p)	$\frac{15}{8} (4 m — p)$	cm^5

Formeln für Figuren, die im Masstab 1 : n aufgezeichnet sind. Längeneinheit = cm.

Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
$A =$	$0,24 a \times n^2$	$0,12 a \times n^2$	$0,06 a \times n^2$	cm^2
$M =$	$2,4 m \times n^3$	$0,6 m \times n^3$	$0,15 m \times n^3$	cm^3
$I =$	$32 (3 a — i) \times n^4$	$4 (3 a — i) \times n^4$	$\frac{1}{2} (3 a — i) \times n^4$	cm^4
$P =$	$480 (4 m — p) \times n^5$	$30 (4 m — p) \times n^5$	$\frac{15}{8} (4 m — p) \times n^5$	cm^5

Beispiel: Für eine im Masstab 1 : 2 aufgezeichnete Figur ist $n = 2$; $n^2 = 4$; $n^3 = 8$; $n^4 = 16$; $n^5 = 32$. Somit gilt für den

Fahrstift Nr. 3: $A = 0,24 a$; $M = 1,2 m$; $I = 24 a - 8 i$; $P = 60 (4 m - p)$

Sind die Resultate statt in der Einheit cm in der Einheit m ausgedrückt erwünscht (wie z. B. im Schiffbau), so sind die Formeln wie folgt zu benutzen:

Fahrstift	No. 1 (fest)	No. 2 (beweglich)	No. 3 (beweglich)	
$A =$	$0,24 a \left(\frac{n}{100}\right)^2$	$0,12 a \left(\frac{n}{100}\right)^2$	$0,06 a \left(\frac{n}{100}\right)^2$	m^2
$M =$	$2,4 m \left(\frac{n}{100}\right)^3$	$0,6 m \left(\frac{n}{100}\right)^3$	$0,15 m \left(\frac{n}{100}\right)^3$	m^3
$I =$	$32 (3 a — i) \left(\frac{n}{100}\right)^4$	$4 (3 a — i) \left(\frac{n}{100}\right)^4$	$\frac{1}{2} (3 a — i) \left(\frac{n}{100}\right)^4$	m^4
$P =$	$480 (4 m — p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$	$30 (4 m — p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$	$\frac{15}{8} (4 m — p) \left(\frac{n}{100}\right)^5$	m^5

Beispiel: Wasserlinien eines Schiffskörpers im Masstab 1 : 50 aufgezeichnet:

$n = 50$; $\frac{n}{100} = \frac{1}{2}$; $\left(\frac{n}{100}\right)^2 = \frac{1}{4}$; $\left(\frac{n}{100}\right)^3 = \frac{1}{8}$; $\left(\frac{n}{100}\right)^4 = \frac{1}{16}$; $\left(\frac{n}{100}\right)^5 = \frac{1}{32}$; etc. etc. entsprechend dem Beispiel für den Integrator 625.

Allgemeine Bemerkungen

Sich hüten, die Messrollen mit den Fingern zu berühren, um Rostansatz zu vermeiden. Man versuche daher nicht, die Rollen vor dem Umfahren einer Figur auf 0 einzustellen; es wäre dies überdies viel zeitraubender und umständlicher als die Rollen abzulesen, so wie sie gerade zufällig zu stehen kommen.

Vor allem den Rollenrand unverändert lassen, nicht abpolieren und nicht zerkratzen und die Spitzen der Rollenachsen vor Beschädigung bewahren, weil davon die Brauchbarkeit des Integrators abhängt.

Die Messrollen müssen sehr leicht laufen; ihre Achse soll deshalb ein schwaches Längsspiel haben.

Von Zeit zu Zeit die Spitzen der Achsen mit feinstem Oel ölen.

Sind die Räder des Wagens in ihrer Achsenrichtung verstellt, so geht die Genauigkeit des Integrators verloren. Dasselbe ist der Fall bei einer seitlichen Verstellung des Gabelgelenkes des Fahrarms oder bei einer Verbiegung desselben. Es ist daher bei der Handhabung des Integrators die nötige Vorsicht anzuwenden und zu vermeiden, denselben zu heftig auf den Tisch aufzusetzen oder ihn gar auf diesen fallen zu lassen.

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