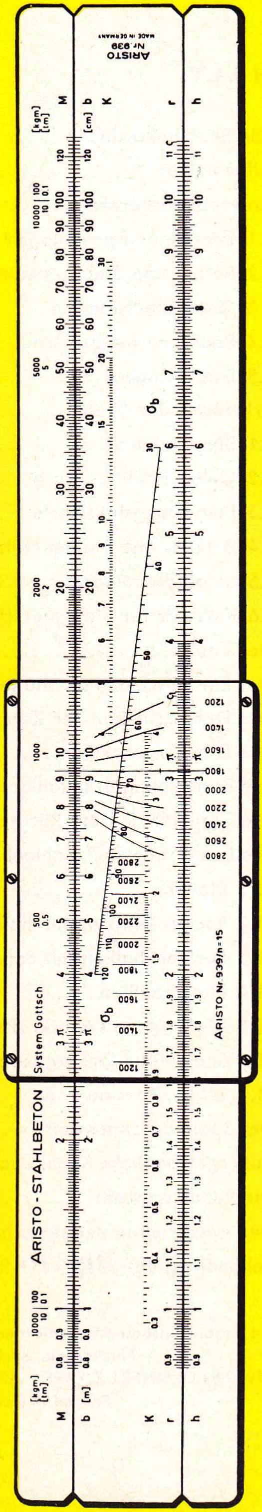
ANLEITUNG ZUM RECHENSTAB



ARISTO

STAHLBETON

939

INHALT

1. Die Skalenanordnung 3
2. Allgemeines 5
3. Anwendungsbereich 5
   3.1 Berechnungsgrundlagen 5
   3.2 Beton- und Stahlspannungen 5
   3.3 Querschnittsformen 5
   3.4 Beanspruchungsarten 6
   3.5 Dimensionen 6
4. Erklärung der Skalen 6
   4.1 Biegemomente M 6
   4.2 Querschnittsbreiten b 6
   4.3 Bemessungshilfswerte r 7
   4.4 Balken- und Platten-Nutzhöhen h 7
   4.5 Betonspannungen σ_b 7
   4.6 K-Werte für Stahlquerschnitt F_e 7
5. Der Läufer 7
6. Das Einstellschema für die Bemessung 8
7. Das Durchschieben der Zunge 10
8. Der Dimensionsprüfer 10
9. Die Berechnung des Stahlquerschittes F_e 11
10. Die Sonderskalen der Rückseite 12
11. Die Bemessung (mit Zahlenbeispielen) 12
   11.1 Platten 12
   11.2 Rechteckbalken mit einfacher Bewehrung 13
   11.3 Rechteckbalken mit doppelter Bewehrung 14
   11.4 Plattenbalken 15
   11.5 Biegung mit Längskräften 16
   11.6 Säulen und Druckglieder 16
   11.7 Schub, Torsion u. ä. 16
12. Der Spannungsnachweis 16
13. Außergewöhnliche Spannungen 17
14. Die Rundeisenwahl 17
15. Der Anschrieb in der statischen Berechnung 19
16. Behandlung des ARISTO-Rechenstabes 19

Printed in Germany by Borek KG · 16160

DER RECHENSTAB ARISTO-STAHLBETON System Göttsch

Der ARISTO-Stahlbeton ist ein Rechenstab für den Stahlbetonfachmann, Bauingenieur und Architekten.

1. Die Skalenanordnung

Vorderseite:	M	Quadratskala und Skala der Momente	Auf dem Körper
	b	Quadratskala und Skala der Breiten	auf der Zunge
	K	Hilfsskala zum Ablesen der K-Werte	
		Schrägliegende Skala der Betonspannungen	
	r	Grundskala und Skala der Tabellenwerte r	
	h	Grundskala und Skala der Höhen	Auf dem Körper

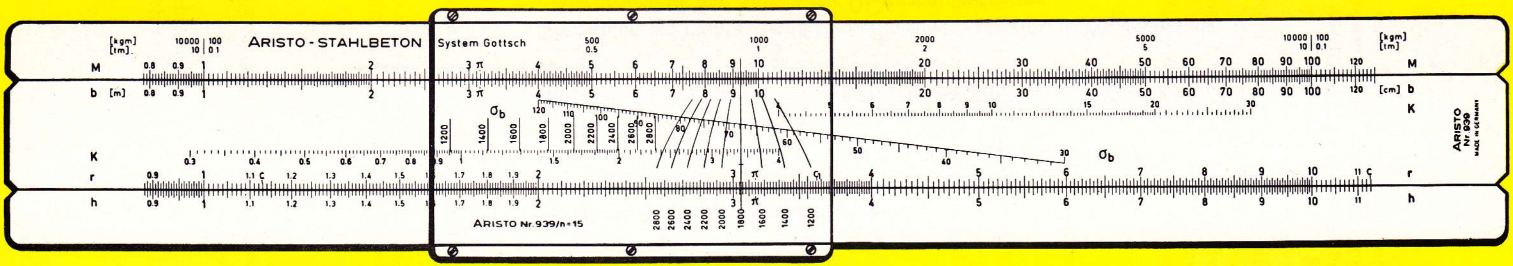


Abb. 1 Vorderseite

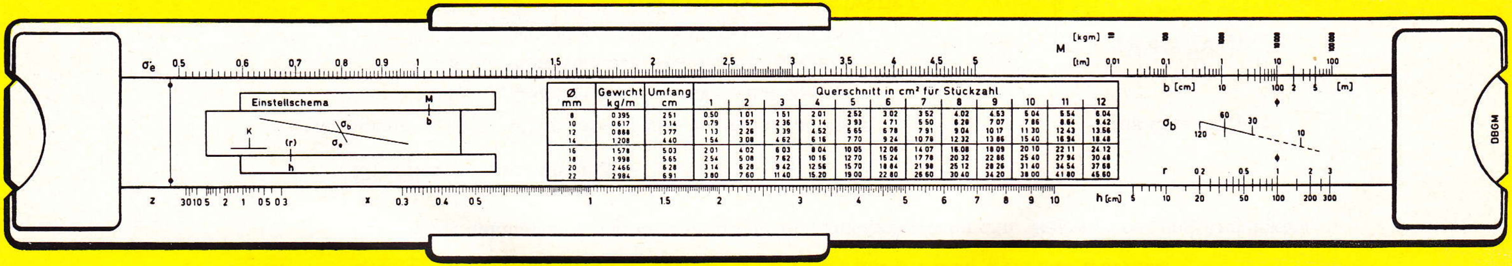
Rückseite:

σ'_e Hilfsskala für Stahldruckspannungen

x Hilfsskala für den Abstand x der Nullinie vom gedrückten Rand

z Hilfsskala für den Abstand z des Druckmittelpunktes vom Zugmittelpunkt

Die Skalen am rechten Ende sind eine stark verkleinerte Wiederholung der Vorderseite und dienen zur Überschlagrechnung.



Ø mm	Gewicht kg/m	Umfang cm	Querschnitt in cm² für Stückzahl 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	0.395	2.51	0.50	1.01	1.51	2.01	2.52	3.02	3.52	4.02	4.53	5.04	5.54	6.04
10	0.617	3.14	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.86	8.64	9.42
12	0.888	3.77	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.91	9.04	10.17	11.30	12.43	13.56
14	1.208	4.40	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.86	15.40	16.94	18.48
16	1.578	5.03	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09	20.10	22.11	24.12
18	1.998	5.65	2.54	5.08	7.62	10.16	12.70	15.24	17.78	20.32	22.86	25.40	27.94	30.48
20	2.466	6.28	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.98	25.12	28.26	31.40	34.54	37.68
22	2.984	6.91	3.80	7.60	11.40	15.20	19.00	22.80	26.60	30.40	34.20	38.00	41.80	45.60

Abb. 2 Rückseite

2. Allgemeines

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Grund- und Quadratskalen sind die gleichen wie beim System Rietz und werden als bekannt vorausgesetzt. Gegebenenfalls greife man zur Anleitung des ARISTO-Rietz oder zum Lehrbuch von Dr. R. Stender: „Der moderne Rechenstab", ein Vorbereitungsbuch für Schule und Hochschule, Otto Salle-Verlag, Hamburg.

Der Rechenstab ARISTO-Stahlbeton trägt Sonderskalen für die Stahlbetonbemessung, Skalen also, die in der Baustatik ganz besonders häufig benötigt werden. Die bekannten c-Marken und die Läuferstriche für Querschnitt-Berechnungen sind vom System Rietz übernommen. Eine Tabelle der häufig benutzten Rundeisen befindet sich darüber hinaus auf der Rückseite der Zunge (vgl. Kap. 14).

3. Anwendungsbereich

3.1 Berechnungsgrundlagen

Den Sonderskalen liegt die international gebräuchlichste Theorie für Stahlbeton-Biegung zugrunde, wonach der Spannungsverlauf geradlinig und die Zugzone als gerissen angenommen wird. Das Verhältnis der Elastizitätsmoduln wird dabei als eine Konstante n auf unterschiedlichen Läufern berücksichtigt.

Für n = 15:	Läufer L 939/15	für σ_e	von 1200 bis 2800 kg/cm²
	Läufer L 939/15/35	für σ_e	von 1200 bis 3500 kg/cm²
Für n = 10:	Läufer L 939/10	für σ_e	von 800 bis 3500 kg/cm²
Für n = 8:	Läufer L 939/8	für σ_e	von 800 bis 2600 kg/cm²

Der Rechenstab *ARISTO*-Stahlbeton Nr. 939/15 entspricht den Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DIN 1045); die anderen Modelle sind für die Stahlbetonberechnung nach ausländischen Bestimmungen vorgesehen.

Gekennzeichnet sind die einzelnen Ausführungen durch entsprechende Aufdrucke auf den Läufern. Die Anwendung aller Modelle ist im Prinzip die gleiche. Auf geringfügige Unterschiede wird in den einzelnen Abschnitten dieser Anleitung jeweils hingewiesen.

Die Teilungen des Rechenstabes sind bei allen Modellen genau gleich. Unterschiedlich entsprechend dem n-Wert sind lediglich die Läuferstriche. Die Läufer sind austauschbar und können auch einzeln bezogen werden.

3.2 Beton- und Stahlspannungen

Der ARISTO-Stahlbeton gestattet Berechnungen mit jeder beliebigen Stahl- und Betonspannung.

Vorzugsweise, d. h. besonders einfach durchzuführen sind Berechnungen der Betonspannungen von 30 bis 120 kg/cm² und der auf dem Läufer angegebenen Stahlspannungen.

3.3 Querschnittsformen

Mit dem ARISTO-Stahlbeton sind sehr schnell und einfach zu berechnen:

Stahlbeton-Platten
Rechteckbalken mit einfacher Bewehrung
Rechteckbalken mit doppelter Bewehrung
Plattenbalken
Rippendecken und Stahlsteindecken

3.4 Beanspruchungsarten

Die unter 3.3 genannten Querschnitte können bemessen werden auf:

Einachsige Biegung
Biegung mit Längskraft
Schub

Außerdem Rechtecksäulen auf mittigen Druck wie üblich.

Die sonst gebräuchlichen Bemessungstafeln sind bei Durchführung aller obigen Berechnungen mit dem Rechenstab ARISTO-Stahlbeton völlig entbehrlich. Erforderlich ist lediglich die Kenntnis der jeweils vorgeschriebenen zulässigen Spannungen, wie sie in den maßgeblichen Berechnungsvorschriften festgelegt sind.

3.5 Dimensionen

Der ARISTO-Stahlbeton ist anwendbar für:

Biegemomente M	in kgm und tm
Querschnittsbreiten b	in m und cm
Querschnittshöhen h	in m und cm
Beton- und Stahlspannungen σ_b und σ_e	in kg/cm²

4. Erklärung der Skalen

Die Grund- und Quadratskalen entsprechen denen des Systems Rietz und können wie dort für alle Multiplikations- und Divisionsaufgaben, für die Bildung der Quadrate und Wurzeln usw. verwendet werden. Für Bemessungsaufgaben hat jede dieser Skalen aber noch eine spezielle Bedeutung:

4.1 Die Quadratskala auf dem Körper ist die Skala der **Biegemomente M**

Die richtige Einstellung bzw. Ablesung der Biegemomente M in kgm und tm wird erleichtert durch genaue, stellenmäßig eindeutige Zahlenangaben als Ergänzung der eigentlichen Skala. Danach ist z. B. M = 4000 kgm oder, was ja dasselbe besagt, M = 4,0 tm bei Marke 40 der M-Skala einzustellen.

Nicht unmittelbar angegeben, trotzdem aber eindeutig einstellbar sind Momente von mehr als 10000 kgm (10 tm). Das rechte Skalenende schließt zwar mit diesem Wert ab, doch ist der gleiche Wert am linken Skalenende wiederholt. Es ist leicht einzusehen, daß dann z. B. M = 20000 kgm bei 2, M = 30000 kgm bei 3 usw. eingestellt werden kann. Für tm gilt das Entsprechende.

Für Momente kleiner als 100 kgm (0,1 tm) gilt sinngemäß das gleiche: das linke Skalenende beginnt zwar mit 100 kgm, doch ist der gleiche Wert am rechten Skalenende wiederholt. Dort ist demnach z. B. einstellbar: M = 100 kgm bei 100, links davon M = 80 kgm bei 80 usw.

Diese Art der Momenteneinstellung wird sehr schnell geläufig. Man gewöhne sich von vornherein daran, stets mit der gleichen Dimension (kgm oder tm) zu rechnen.

4.2 Die Quadratskala auf der Zunge dient bei Bemessungen vornehmlich zur Einstellung und Ablesung der **Querschnittsbreiten b.** Und zwar werden eingestellt bzw. abgelesen:

Auf der rechten Skalenhälfte:	10, 20, 30, 40... 100 cm
Auf der linken Skalenhälfte:	1, 2, 3, 4... 10 m

4.3 **Die Grundskala auf der Zunge** liefert **Bemessungshilfswerte r,** wie sie in einschlägigen Tabellenwerken vielfach gebräuchlich sind. Wenn diese Werte für die Anwendung des ARISTO-Stahlbeton auch **niemals erforderlich** sind, so mache man sich doch zur Regel, die r-Werte abzulesen und in der Berechnung mit anzugeben. Der Prüf-Ingenieur, der etwa nicht selbst den ARISTO-Stahlbeton besitzt, vermag dann die Ergebnisse an Hand ihm bekannter Tafeln leichter zu prüfen.

Angeschrieben werden die r-Werte mit vorangestelltem Dezimalkomma. Also z. B.: Ablesung 358, Anschrieb $r = 0{,}358$. Ausnahmen sind die rechte Endzahl 10 der Skala, die als $r = 1{,}0$, und die Zahlen der roten Überteilung, die als $r = 1,\ldots$ anzuschreiben sind.

4.4 **Die Grundskala auf dem Körper** dient zur Einstellung und Ablesung von **Balken- und Platten-Nutzhöhen h.** Die Dimension (cm oder m) ist hier ohne Bedeutung.

4.5 **Die schräge Sonderskala der Zunge** dient der Einstellung und Ablesung von **Betonspannungen** σ_b. Zur Einstellung bzw. Ablesung dienen die Stahlspannungsstriche des Läufers (c in Abb. 3). Diese Marken sind mehr oder weniger stark gekrümmt und schräggestellt, und zwar um so mehr, je weiter sie vom Hauptläuferstrich (a in Abb. 3) entfernt stehen.

Man merke: *Schräge Skala — schräge Ablesemarken*

4.6 **Die waagerechte Sonderskala K der Zunge** dient der Ablesung von K-Werten für die Errechnung des erforderlichen **Stahlquerschnittes** F_e. Sie ist aus Platzgründen ab $K = 4$ unterbrochen und etwas nach oben versetzt.

Die K-Skala wird mit einer zweiten Gruppe von Läuferstrichen (e in Abb. 3) abgelesen, die mit Stahlspannungen beziffert sind. Sie stehen senkrecht und sind nur so lang, daß sie die beiden Äste der K-Skala anschneiden.

Man merke: *Gerade Skala — gerade Ablesemarken*

5. Der Läufer

Der Läufer der ARISTO-Stahlbeton (Abb. 3) trägt einen langen lotrechten Hauptstrich *a* für Einstellungen auf den Grund- und Quadratskalen. Links oben und rechts unten von diesem Hauptstrich sind zwei kurze Strichmarken *d* angeordnet, die zu Querschnitts- und Gewichtsberechnungen von Rundeisen verwendet werden (vgl. Kap. 14). Die leicht gekrümmten Ablesestriche *c* arbeiten mit der σ_b-Skala und die Ablesestriche e mit der K-Skala zusammen.

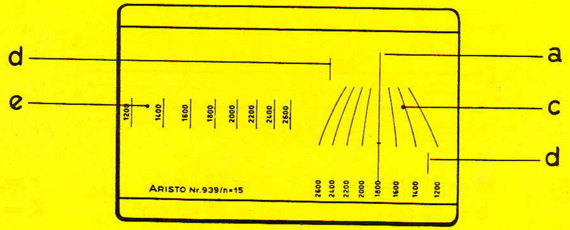


Abb. 3 Läufer L 939/15

Auf den Läufern L 939/10 und L 939/8 (vgl. Kap. 3.1) sind die Markengruppen c und e etwas weiter gegeneinander verschoben als beim Läufer L 939/15 (Abb. 3). Im Prinzip ist die Anordnung der Läuferstriche aber die gleiche wie oben beschrieben. Nur eine Strichmarke für die Berechnung des Stahlquerschnitts F_e ist zusätzlich angebracht (vgl. Kap. 9.2).

6. Das Einstellschema für die Bemessung

Für die Bemessung eines Rechteckquerschnittes (Platte oder Balken) sind vornehmlich folgende Werte von Interesse:

M	Biegemoment
b	Querschnittsbreite
h	Nutzhöhe
σ_e	Stahlspannung
σ_b	Betonspannung
r	Tabellenwert für den Prüf-Ingenieur
K	Wert für die Errechnung des Querschnitts F_e

Alle obigen Werte sind auf dem Rechenstab ARISTO-Stahlbeton gleichzeitig ablesbar, wenn die Zunge und der Läufer in die entsprechende Stellung gebracht wurden. Abb. 4 zeigt das Einstellschema mit den zusammengehörigen Ablesungen. Das gleiche Schema ist auf der Rückseite des Rechenstabes (Abb. 2) wiederholt, um jederzeit verfügbar zu sein.

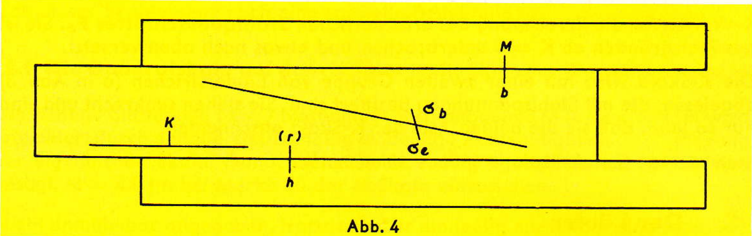


Abb. 4

Die gleiche Einstellart zeigt Abb. 5 für folgende Zahlenwerte ausgeführt:

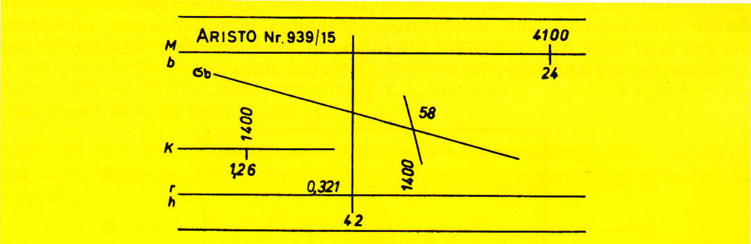


Abb. 5

Für n = 15:	M = 4100 kgm	h = 42 cm	r = 0,321
	b = 24 cm	σ_b = 58 kg/cm²	K = 1,26
		σ_e = 1400 kg/cm²	

Die Reihenfolge, in der diese Einstellung vorzunehmen ist, hängt davon ab, welcher Wert, außer r und K, als unbekannter Wert gesucht wird.

Man führe die Einstell-Reihenfolgen Abschnitt 6.1 bis 6.4 für das Zahlenbeispiel der Abb. 5 durch. (In den Fällen Abschnitt 6.2 bis 6.4 nehme man die angegebenen Spannungen als zulässige Spannungen hin.) Man wird dann in jedem Falle die in Abb. 5 gezeigte Einstellung erhalten.

Man merke: *Das Einstell-Schema ist beliebig umkehrbar.*

6.1 Gesucht: Betonspannung σ_b

Man stelle zunächst die Werte M und b genau untereinander (Zungenverschiebung), wozu man vorübergehend den Läuferstrich heranziehen kann. Dann schiebe man den Hauptläuferstrich auf den Wert h und lese bei unveränderter Zungenstellung die Werte r, σ_b und K ab.

6.2 Gesucht: Erforderliche Nutzhöhe h

Man stelle wieder die Werte M und b übereinander. Dann verschiebe man den Läufer so, daß die zulässige Betonspannung genau durch die Ablesemarke für die zulässige Stahlspannung eingestellt ist (*schräge Skala — schräge Marken*). Der Hauptläuferstrich zeigt dann die erforderliche Nutzhöhe auf der h-Skala an. Gleichzeitig sind r und K ablesbar.

6.3 Gesucht: Erforderliche Balkenbreite b

Man gehe genau umgekehrt wie unter 6.2 beschrieben vor: Läuferstrich auf h (gewählte Nutzhöhe), Zungenverschiebung so, daß die zulässigen Spannungen eingestellt sind. Man lese r und K ab und suche die erforderliche Balkenbreite b unter dem Wert M auf. Man kann dazu den Läuferstrich benutzen, nachdem r und K abgelesen wurden.

6.4 Gesucht: Aufnehmbares Biegemoment eines Querschnittes

Man führe alle Einstellungen genau wie in 6.3 durch. Nach Ablesung der r und K suche man M_{zul} über b (Querschnittsbreite).

6.5 Einstellschema für ARISTO-Stahlbeton Nr. 939/10 und Nr. 939/8

Das Einstellschema ist bei allen Modellen grundsätzlich gleich. Die abgelesenen Ergebnisse sind aber naturgemäß verschieden, da sie jeweils von einem anderen n funktional abhängen.

Man übe die Einstellmöglichkeiten 6.1 bis 6.4 für folgende Zahlenwerte.

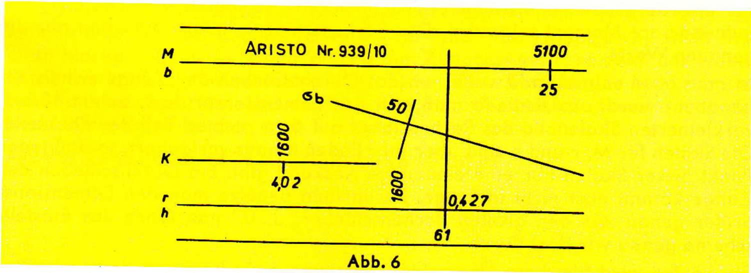


Abb. 6

Für **n = 10:**	M = 5100 kgm	h = 61 cm	r = 0,427
	b = 25 cm	σ_b = 50 kg/cm²	K = 4,02
		σ_e = 1600 kg/cm²	

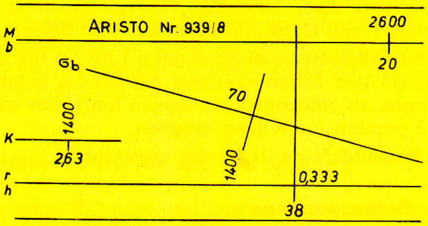


Abb. 7

Für **n = 8:**

M = 2600 kgm	h = 38 cm	r = 0,333
b = 20 cm	σ_b = 70 kg/cm²	K = 2,63
	σ_e = 1400 kg/cm²	

7. Das Durchschieben der Zunge

Bei einigen Aufgabenstellungen wird es vorkommen, daß ein gesuchter Wert M, b oder h nicht ablesbar ist, weil außerhalb der Skalengrenzen liegend. Man darf dann ohne Bedenken die Zunge um eine ganze Grundskalenlänge durchschieben, wie man das von anderen Rechenschieber-Berechnungen gewohnt ist, und zwar je nach Bedarf nach rechts oder nach links.

Die Ablesungen der Werte r und K erfolgen jedoch immer in gleicher Läuferstellung wie die Ablesung bzw. Einstellung der Betonspannung.

8. Der Dimensionsprüfer

Die Dimension bzw. die Größenordnung eines abgelesenen Wertes ist nicht immer ohne weiteres eindeutig. So kann z. B. eine Ablesung h = 153 entweder bedeuten: h = 15,3 cm oder h = 1,53 m. Andererseits kann z. B. eine abgelesene Betonspannung σ_b = 53 kg/cm² gelten für eingestelltes h = 85 cm. Es wäre aber auch denkbar, daß diese Spannung tatsächlich für h = 8,5 cm gilt. Oder man liest z. B. ein aufnehmbares Moment M = 350 kgm ab. Nach Abschnitt 4.1 kann aber an gleicher Stelle abgelesen werden: M = 35000 kgm. Welcher Wert ist richtig?

Der geübte Statiker wird solche Fragen meist absolut sicher beantworten können. Er vermag schon vor der genauen Durchrechnung die Größenordnung der erforderlichen Abmessungen anzugeben oder zu sagen, wie groß etwa das aufnehmbare Moment sein wird. Der Rechenschieber liefert ihm dann nur die genauen Werte.

Ist man aber einmal im Zweifel, ob das Durchschieben der Zunge richtig gehandhabt wurde, so bediene man sich des Dimensionsprüfers, einem 10fach verkleinerten Skalenbild des Rechenstabes auf dem rechten Teil der Rückseite. Die Skalen für M, r und h sind über ihre Enden hinaus verlängert, so daß jeder Punkt dieser Skalen nur eine eindeutige Auskunft gibt. Ein Durchschieben der Zunge kommt dort nicht in Frage. Im übrigen benutze man den Dimensionsprüfer genau wie den großen Rechenschieber, d. h. man führe das Einstellschema genau wie dort durch.

Ein Läufer wird für diese Überschlagsrechnung nicht benötigt, denn alle Einstellungen brauchen nur grob zu erfolgen. Man will ja nicht Zahlenwerte, sondern lediglich Größenordnungen kontrollieren. Die Betonspannungen lese man etwa lotrecht über h ab, da die Abstände der Stahlspannungsmarken vom Läuferhauptstrich bei dieser Verkleinerung nur 1 bis 2 mm betragen würden.

9. Die Berechnung des Stahlquerschnittes F_e

Die Berechnung von F_e erfolgt mit Hilfe der abgelesenen K-Werte (vgl. 6) in einfacher Weise.

9.1 Für **n = 15** bei Verwendung des Läufers L 939/15 gilt: $F_e = \frac{h}{K} \cdot b$

Man erhält F_e in cm², wenn in die obige Formel h in cm und b in m eingesetzt wird.

Am einfachsten rechnet man F_e auf dem unteren Skalenpaar aus, zumal dort meist noch der Wert h eingestellt ist (Einstellschema!). Man verschiebt dann nur die Zunge so weit, daß statt r jetzt der K-Wert unmittelbar über h steht (Abb. 8), und liest unter b in Skala r den gesuchten Wert F_e in Skala h ab.

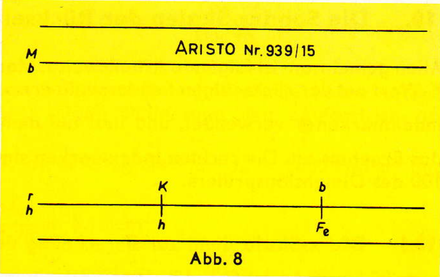


Abb. 8

Das Zahlenbeispiel des Abschnittes 6 lieferte: K = 1,26. Der erforderliche Stahlquerschnitt ist demnach

$$F_e = \frac{42}{1,26} \cdot 0,24 = 8,01 \text{ cm}^2$$

9.2 Für **n = 10** bei Verwendung des Läufers L 939/10 gilt:

$$F_e = \frac{h}{K} \cdot b \cdot 1,5$$

F_e in cm² für h in cm und b in m.

Die Einstellung obiger Formel wird am einfachsten nach Abb. 9 vorgenommen, d. h. man stellt zunächst den Wert K über den Wert h.

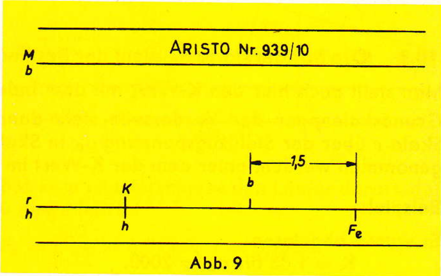


Abb. 9

Unter dem Wert b kann F_e nicht abgelesen werden, sondern es ist jetzt noch mit dem Faktor 1,5 zu multiplizieren. Das geschieht am einfachsten mit Hilfe der kleinen b-Marke des Läufers (etwa 4,5 cm links vom Hauptstrich). Stellt man diese Marke nämlich auf den Wert b der Zungenskala r, so zeigt der Hauptstrich des Läufers den gesuchten Wert F_e an. Der Abstand der Marke b vom Hauptstrich entspricht genau der Strecke 1,5 der Grundskala, wovon man sich leicht überzeugen kann.

Für das Zahlenbeispiel im Abschnitt 6.5 (n = 10) ist

$$F_e = \frac{61}{4,02} \cdot 0,25 \cdot 1,5 = 5,7 \text{ cm}^2$$

9.3 Für **n = 8** bei Verwendung des Läufers L 939/8 gilt:

$$F_e = \frac{h}{K} \cdot b \cdot 1,875$$

F_e in cm² für h in cm und b in m.

Die Einstellweise entspricht der für $n = 10$ beschriebenen. Auf dem Läufer für $n = 8$ kann die b-Marke genau wie bei $n = 10$ benutzt werden. Der Abstand der b-Marke vom Hauptstrich entspricht hier jedoch dem Faktor 1,875. Für das Zahlenbeispiel im Abschnitt 6.5 ($n = 8$) ist:

$$F_e = \frac{38}{2,63} \cdot 0,20 \cdot 1,875 = 5,42 \text{ cm}^2$$

10. Die Sonder-Skalen der Rückseite

Allen gemeinsam ist folgende Arbeitsweise: Man stellt den vorderseitig erhaltenen K-Wert auf der rückseitigen Sonderskala erneut ein, wozu man eine der Zungen-Indexmarken ● verwendet, und liest auf dem vorderseitigen Grundskalenpaar das Ergebnis ab. Die rechten Indexmarken sind identisch mit den Werten 1 und 100 des Dimensionsprüfers.

10.1 **Die x-Skala** dient zur Berechnung des Abstandes x der Nullinie vom gedrückten Rand (s. Abb. 13). Man liest x unmittelbar über der meist noch mit dem langen Läuferstrich eingestellten Nutzhöhe h in Skala r ab.

Hatte man vorderseitig z. B. abgelesen: $K = 3,52$, so liefert dieser Wert — auf der x-Skala neu eingestellt — über $h = 16,5$ cm den Wert $x = 4,17$ cm.

10.2 **Die z-Skala** liefert den Abstand des Druckmittelpunktes vom Zugmittelpunkt (Hebelarm der inneren Kräfte). Die Anwendung ist sinngemäß die gleiche wie die der x-Skala. Die Ablesung der z-Werte erfolgt wieder über h in Skala r.

10.3 **Die Sonderskala σ_e'** dient der Bestimmung von Stahldruckspannungen. Man stellt auch hier den K-Wert mit dem Indexstrich in Skala σ_e' ein. Auf dem Grundskalenpaar der Vorderseite steht dann die Stahldruckspannung σ_e' in Skala r über der Stahlzugspannung σ_e in Skala h. Für σ_e **muß** der gleiche Wert genommen werden, unter dem der K-Wert im Einstellschema abgelesen wurde.

Beispiel:

Es wurde abgelesen

$$K = 1,33 \text{ für } \sigma_e = 2000.$$

K auf σ_e'-Skala neu eingestellt, ergibt auf der Vorderseite:

$$\sigma_e' = 975 \text{ kg/cm}^2, \text{ ablesbar über } \sigma_e = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

Der Sonderskala σ_e' liegt ein Verhältnis $h'/h = 0,07$ zugrunde, ein Verhältnis, das nach Ehlers, Luetkens u. a. als genügend gut zutreffend für Balken mit Nutzhöhen $h > 25$ cm gilt.

11. Die Bemessung (mit Zahlenbeispielen)

11.1 **Platten** werden meist als 1 m breite Streifen genau wie Rechteckbalken bemessen: Man führt das Einstellschema nach Abschnitt 6 durch und liest u. a. den Wert K ab. Aus K ergibt sich nach Abschnitt 9 sofort der erforderliche Stahlquerschnitt F_e. Damit ist die Bemessung bereits beendet. Für die Plattenbreite b nimmt man wahlweise die Marke $b = 100$ cm oder $b = 1$ m.

Beispiel 1:

Gesucht: σ_b und F_e

Gegeben: $M = 1470$ kgm
$b = 1{,}00$ m
$h = 14{,}5$ cm
$\sigma_e = 1400$ kg/cm²

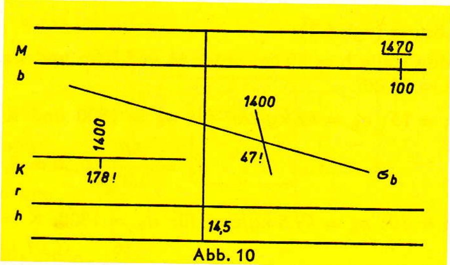


Abb. 10

Lösung (vgl. 6.1):

Man stelle $b = 100$ cm unter $M = 1470$ kgm ($b = 1$ m würde keine Ablesemöglichkeit über $h = 14{,}5$ geben). Dann stelle man den Läuferstrich auf $h = 14{,}5$ cm.

Ablesung für $n = 15$: $r = 0{,}379$, $\sigma_b = 47$ kg/cm² für $\sigma_e = 1400$ kg/cm² und $K = 1{,}78$ cm².

Nach Abb. 8 rechne man: $F_e = \frac{14{,}5}{1{,}78} = 8{,}15$ cm²

$n = 10$: $r = 0{,}379$, $\sigma_b = 55$ kg/cm², $K = 2{,}72$; $F_e = \frac{14{,}5}{2{,}72} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}5 = 8{,}00$ cm² (Abb. 9)

$n = 8$: $r = 0{,}379$, $\sigma_b = 60$ kg/cm², $K = 3{,}43$; $F_e = \frac{14{,}5}{3{,}43} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}875 = 7{,}93$ cm²

Beispiel 2:

Gesucht: F_e und h

Gegeben: $M = 835$ kgm
$b = 1{,}0$ m
$\sigma_e = 2000$ kg/cm²
$\sigma_b = 80$ kg/cm²

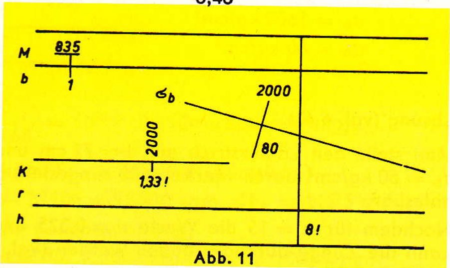


Abb. 11

Lösung (vgl. 6.2):

Man stelle $b = 1{,}0$ m unter $M = 835$ kgm und verschiebe den Läufer derart, daß $\sigma_b = 80$ durch Läufermarke 2000 eingestellt ist.

$n = 15$: $h = 8{,}0$ cm, $K = 1{,}33$; $F_e = \frac{8{,}0}{1{,}33} = 6{,}0$ cm², $r = 0{,}276$

$n = 10$: $h = 9{,}0$ cm, $K = 2{,}63$; $F_e = \frac{9{,}0}{2{,}63} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}5 = 5{,}13$ cm²

$n = 8$: $h = 9{,}7$ cm, $K = 3{,}86$; $F_e = \frac{9{,}7}{3{,}86} \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}875 = 4{,}72$ cm²

11.2 Rechteckbalken mit einfacher Bewehrung

Wie bei Platten beschränkt sich die Bemessung auf:

a) Durchführung des Einstellschemas (nach Abschn. 6)
b) Errechnung des Stahlquerschnittes (nach Abschn. 9)

In den o. a. Abschnitten wurde schon ein Zahlenbeispiel mehrfach variiert durchgeführt. Weitere Beispiele:

Beispiel 3:

Gesucht: σ_b und F_e

Gegeben: $M = 7{,}8$ tm, $b = 50$ cm, $h = 56$ cm, $\sigma_e = 1800$ kg/cm²

Lösung (vgl. 6.1):

Man stelle b = 50 cm unter M = 7,8 tm und stelle sodann den Läuferstrich auf h = 56 cm.

n = *15*: $\sigma_b = 42$ kg/cm² für $\sigma_e = 1800$ und K = 3,31, r = 0,448

$$F_e = \frac{56}{3{,}31} \cdot 0{,}50 = 8{,}45 \text{ cm}^2$$

n = *10*: $\sigma_b = 49{,}5$ kg/cm² für $\sigma_e = 1800$, K = 5,01;

$$F_e = \frac{56}{5{,}01} \cdot 0{,}50 \cdot 1{,}5 = 8{,}40 \text{ cm}^2$$

n = *8*: $\sigma_b = 54$ kg/cm² für $\sigma_e = 1800$, K = 6,33;

$$F_e = \frac{56}{6{,}33} \cdot 0{,}50 \cdot 1{,}875 = 8{,}3 \text{ cm}^2$$

Beispiel 4:

Gesucht: M_{zul} und F_e

Gegeben: b = 60 cm
h = 72 cm
$\sigma_e = 1600$ kg/cm²
$\sigma_b = 60$ kg/cm²

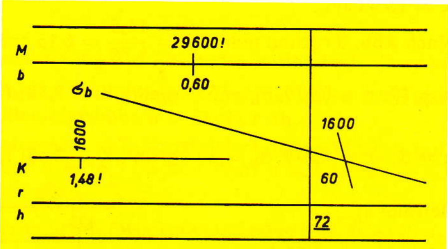


Abb. 12

Lösung (vgl. 6.4):

Man stelle den Läuferstrich auf h = 72 cm und verschiebe die Zunge so, daß $\sigma_b = 60$ kg/cm² durch Marke 1600 eingestellt ist. Über b = 60 cm ist kein M ablesbar.

Nachdem für n = 15 die Werte r = 0,325 und K = 1,48 abgelesen wurden, kann die Zunge durchgeschoben werden (vgl. Abschnitt 7). Hierzu fixiere man den linken Skalenanfang der Zunge mit dem Läuferstrich und schiebe die Zunge nach links durch. Über b = 60 cm kann dann M = 29600 kgm abgelesen werden.

Kontrolle der Größenordnung mit dem Dimensionsprüfer: Man stelle etwa $\sigma_b = 60$ über h = 72 cm und lese über b = 60 cm etwa ab: M = 30000 kgm.

Schließlich kann angegeben werden: $F_e = \frac{72}{1{,}48} \cdot 0{,}60 = 29{,}2 \text{ cm}^2$

n = *10*: K = 2,93, M = 23100 kgm; $F_e = \frac{72}{2{,}93} \cdot 0{,}60 \cdot 1{,}5 = 22{,}1 \text{ cm}^2$

n = *8*: K = 4,32, M = 19900 kgm; $F_e = \frac{72}{4{,}32} \cdot 0{,}60 \cdot 1{,}875 = 18{,}8 \text{ cm}^2$

11.3 Rechteckbalken mit doppelter Bewehrung

Doppelte Bewehrung (Zug- und Druckbewehrung) ist erforderlich für solche Balken, deren für einfache Bewehrung höchstzulässiges Moment (vgl. 6.4) kleiner ist als das tatsächlich vorhandene.

Man bestimme zunächst das zulässige Moment für einfache Bewehrung — hier bezeichnet mit M_o — nach Abschnitt 6.4, sowie die dafür erforderliche Bewehrung F_{eo}.

Dann gilt: $\Delta M = M_{vorh} - M_o$

$\Delta F_e = \dfrac{\Delta M}{\sigma_e \cdot c}$, worin $c = h - h'$

(vgl. Abb. 13)

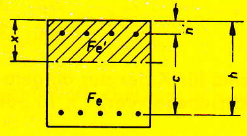


Abb. 13

$\Sigma F_e = F_{eo} + \Delta F_e$ Zugbewehrung

$F_e' = \dfrac{\Delta M}{\sigma_e' \cdot c}$ Druckbewehrung

Ermittlung von σ_e' nach Abschnitt 10.3.

Beispiel 5:

Der Rechteckbalken nach Beispiel 4 soll für ein Moment $M = 35000$ kgm bemessen werden. Es sei $h' = 4$ cm, $c = 72 - 4 = 68$ cm.

$n = 15$:

Beispiel 4 lieferte: $M_o = 29600$ kgm
$F_{eo} = 29{,}2\ cm^2$

Also ist: $\Delta M = 35000 - 29600 = 5400$ kgm

$$\Delta F_e = \frac{5400}{1600 \cdot 0{,}68} = 4{,}96\ cm^2$$

$\Sigma F_e = 29{,}2 + 4{,}96 = 34{,}16\ cm^2$ (Zugbewehrung)

Die σ_e'-Skala liefert für $K = 1{,}48$ (vgl. Beispiel 4):

$\sigma_e' = 725\ kg/cm^2$ (ablesbar über $\sigma_e = 1600\ kg/cm^2$)

Damit wird: $F_e' = \dfrac{5400}{725 \cdot 0{,}68} = 10{,}95\ cm^2$ (Druckbewehrung)

$n = 10$: $M_o = 22100$ kgm, $F_{eo} = 22{,}1\ cm^2$ (Beispiel 4)
$\Delta M = 35000 - 22100 = 12900$ kgm, $\Delta F_e = 11{,}75\ cm^2$
$\Sigma F_e = 33{,}85\ cm^2$ (Zugbewehrung)
$\sigma_e' = 446\ kg/cm^2$ für $K = 2{,}93$ und $\sigma_e = 1600\ kg/cm^2$
$F_e' = 42{,}7\ cm^2$ (Druckbewehrung)

$n = 8$: $M_o = 19900$ kgm, $F_{eo} = 18{,}8\ cm^2$ (Beispiel 4)
$\Delta M = 35000 - 19900 = 15100$ kgm, $\Delta F_e = 13{,}9\ cm^2$
$\Sigma F_e = 18{,}8 + 13{,}9 = 32{,}7\ cm^2$ (Zugbewehrung)
$\sigma_e' = 335\ kg/cm^2$ für $K = 4{,}32$ und $\sigma_e = 1600\ kg/cm^2$
$F_e' = 66{,}3\ cm^2$ (Druckbewehrung)

11.4 Plattenbalken

Man rechne den Plattenbalken wie einen Rechteckbalken mit der Breite b = Gesamtbreite der Druckplatte (Abb. 14). Dieses b setze man auch in die Formel für F_e (Abschnitt 9) ein. Der so erhaltene Bewehrungsquerschnitt F_e ist nur sehr wenig größer, als ein genauerer und sehr viel umständlicher Nachweis ergeben würde. Die bei obigem Verfahren abgelesene Betonspannung ist zwar ungenau, aber auch kaum von Interesse, da sie normalerweise weit kleiner als σ_{zul} ist. Man schreibe deshalb nur z. B. $\sigma_b < 70\ kg/cm^2$.

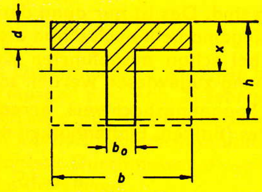


Abb. 14

Nur in außergewöhnlichen Fällen prüfe man:

$$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{100} \cdot \frac{30/K + 100/\alpha^2}{30/\alpha - 15/\alpha^2} \cdot \frac{15}{n} \leqq \sigma_{b\,zul}$$

Darin sind für K der aus obigem Näherungsverfahren erhaltene Wert, für n der vorgeschriebene Wert 15, 10 oder 8 und $\alpha = h/d$ einzusetzen.

11.5 Biegung mit Längskräften

Man setze wie allgemein üblich:
$M_e = M - N \cdot e$
(N als Druckkraft negativ),
worin $e = h - d/2$ (Abb. 15)
und rechne mit M_e
wie für M gewohnt. Dann ist

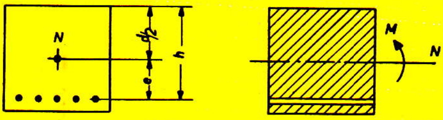


Abb. 15

$$\Sigma F_e = F_e + \frac{N}{\sigma_e} \text{ (N als Druckkraft negativ),}$$

worin F_e für M_e wie nach Abschnitt 9 errechnet ist.

11.6 Säulen und Druckglieder

Für die Berechnung von Säulen und Druckgliedern mit mittigem oder wenig ausmittigem Druck benötigt man im allgemeinen nur die genormten Angaben für zulässige Beanspruchungen, Mindest- und Höchstbewehrungen u. dgl., aber keine ausgesprochenen Bemessungstafeln. Man vermag daher solche Aufgaben mit dem ARISTO-Stahlbeton genau wie mit jedem anderen Rechenschieber durchzuführen. Für stark ausmittigen Druck rechne man nach Abschnitt 11.5, sofern die Vorschriften einen entsprechenden Nachweis auf Biegung mit Längskräften zulassen bzw. vorschreiben.

11.7 Schub, Torsion u. ä.

Für die Nachweise von Schubspannungen, Schubdeckungen u. dgl. benötigt man vornehmlich die Bemessungsgröße z (Hebelarm der inneren Kräfte), die man nach Abschnitt 10.2 sehr leicht auf dem ARISTO-Stahlbeton ermitteln kann. Im übrigen sind die Formeln für solche Bemessungsaufgaben recht einfach im Aufbau, so daß Bemessungstafeln bzw. Sonderskalen nicht vonnöten sind. Das gleiche gilt für die Ermittlung von Haftspannungen, von Torsionsspannungen und -Deckungen.

Hinsichtlich der Formeln und Ansätze muß mit Rücksicht auf den Umfang dieser Anleitung auf das Schrifttum verwiesen werden.

12. Der Spannungsnachweis

Ein Spannungsnachweis kommt nur dann in Frage, wenn beide Spannungen (Stahl- und Betonspannung) eines Querschnittes als unbekannte Werte zu ermitteln sind. Das ist nur dann der Fall, wenn außer den Betonabmessungen und dem Biegemoment auch schon die Größe des Stahlquerschnittes F_e festliegt, also z. B. bei schon ausgeführten Konstruktionen, denen eine veränderte Beanspruchung zugewiesen werden soll.

Zum Spannungsnachweis errechnet man zunächst den K-Wert des Querschnittes (Balken, Plattenbalken oder Platte):

$$n = 15: \quad K = \frac{h}{F_e} \cdot b$$

$$n = 10: \quad K = \frac{h}{F_e} \cdot b \cdot 1{,}5$$

$$n = 8: \quad K = \frac{h}{F_e} \cdot b \cdot 1{,}875$$

Man setzt dabei F_e in cm^2, h in cm, b in m (bei Plattenbalken: b = gesamte Druckplattenbreite nach Abb. 14).

Den erhaltenen K-Wert benutze man zur Ermittlung der x und z nach Abschnitt 10.1 bzw. 10.2.

Dann gilt: $$\sigma_e = \frac{M}{F_e \cdot z}$$

Für Rechteckbalken und für Platten: $$\sigma_b = \frac{2\,M}{b \cdot x \cdot z}$$

Für Plattenbalken: $$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{100} \cdot \frac{30/K + 100/\alpha^2}{30/\alpha - 15/\alpha^2} \cdot \frac{15}{n}$$

13. Außergewöhnliche Spannungen

Betonspannungen < 30 kg/cm² sind immer uninteressant, da weit unterhalb der zulässigen Grenze liegend. Man gebe in solchen Fällen lediglich an:

$$\sigma_b < 30\ kg/cm^2.$$

Betonspannungen > 120 kg/cm² dürften nur in den seltensten Fällen zulässig sein. In solchen Fällen lese man den K-Wert wie üblich ab, errechne den Stahlquerschnitt wie üblich und stelle die Werte x und z nach Abschnitt 10.1 bzw. 10.2 fest. Dann errechne man die Betonspannung nach der entsprechenden Formel des Abschnittes 12 (Spannungsnachweis).

Für **außergewöhnliche Stahlspannungen** schätze man die Betonspannung und den K-Wert durch optische Interpolation (Ablesung zwischen zwei Stahlspannungsmarken des Läufers), oder man rechne als Überschlag:

$$F_e = \frac{M}{\sigma_e \cdot 0{,}88\,h}$$

Je nach erforderlichem Genauigkeitsgrad führe man dann den genauen Spannungsnachweis (s. Abschnitt 12) durch.

14. Die Rundeisenwahl

Die Wahl der Rundeisen nach Durchmesser und Anzahl erfolgt entweder, wie meist üblich, an Hand einer Rundeisentabelle (auf der Rückseite des Rechenstabes abgedruckt) oder mit Hilfe der Grund- und Quadratskalen des Rechenstabes.

14.1 Mit den Läuferstrichen

Der Stahlquerschnitt eines Rundeisens mit dem Durchmesser d wird wie bei fast allen technischen Rechenstäben mit den Läufermarken d (s. Abb. 3) sehr einfach berechnet (Abb. 16): Man stelle die rechte Marke *d* auf den Rundeisendurchmesser d auf der h-Skala. Dann kann man den Rundeisenquerschnitt unter dem Hauptstrich *a* sofort ablesen. Die gleiche Beziehung Durchmesser d ←→ Querschnitt F gilt für den Hauptstrich und die Marke links oben.

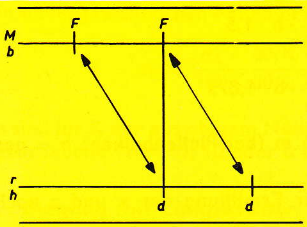


Abb. 16

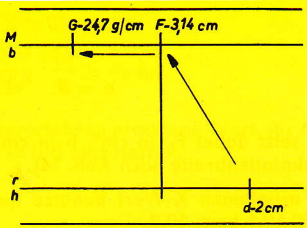


Abb. 17

Der gleiche Faktor 785 ($\pi/4 = 0{,}785$ in der Formel $F = d^2 \cdot \pi/4$) gilt zufällig auch für das spezifische Gewicht von Flußstahl $\gamma = 7{,}85$ g/cm³, so daß die Gewichtsberechnungen von Stahlstangen vereinfacht werden (Abb. 17):

Rundeisendurchmesser $d = 2$ cm. Querschnitt $F = 3{,}14$ cm².
Ein Stück Flußstahl von der Längeneinheit 1 m wiegt dann $G = 2{,}47$ kg.

Stellt man den Zungenanfang unter den linken Läuferstrich, so kann durch Multiplikation das Gewicht für jede Länge abgelesen werden.

14.2 Mit den c-Marken

Den Querschnitt mehrerer Rundeisen gleichen Durchmessers erhält man am einfachsten mit Hilfe der Marken c und c_1 auf der unteren Zungenskala. Stellt man die c-Marke über den Rundeisendurchmesser d in Skala h, so findet man den Querschnitt F eines Rundeisens in Skala M über der 1 der Skala b. Darüber hinaus liefert die gleiche Einstellung aber auch die Querschnitte für 2, 3, 4 usw. Stück Rundeisen, wenn man den Läufer über 2, 3, 4 usw. der Skala b einstellt. Abb. 18 zeigt eine derartige Rechnung für Rundeisen 18 mm ⌀.

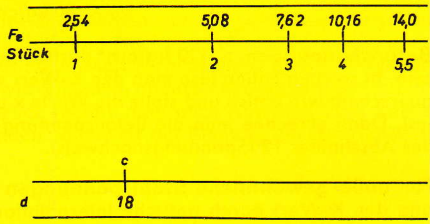


Abb. 18

Ist nun z. B. $F_e = 14{,}0$ cm² erforderlich, so liest man für Rundstahl 18 mm ⌀ die Anzahl 5,5 Stück ab, also praktisch 6 Stück ⌀ 18 mm. Bei Platten braucht man die abgelesenen Stückzahlen nicht auf ganze Werte abzurunden, sondern rechnet für unrunde Stückzahlen den Abstand der Eisen aus: Obiges Beispiel ergibt z. B. für eine 1,0 m breite Platte einen erforderlichen Abstand von $a = 100/5{,}5 = 18{,}2$ cm.

Wünscht man eine bestimmte Stückzahl Rundeisen von vornherein einzuhalten, so stelle man die entsprechende Stückzahl, z. B. 6, in Skala b unter den erforderlichen Stahlquerschnitt, also z. B. $F_e = 12{,}0$ cm² (Abb. 19). Unter der c-Marke vermag man dann den rechnerisch erforderlichen Rundeisendurchmesser abzulesen, also z. B. $d = 15{,}8$ mm, den man nach oben abrundet: erforderlich $d = 16$ mm.

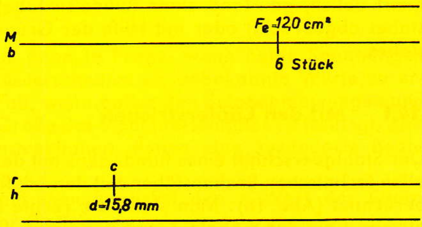


Abb. 19

15. Der Anschrieb in der statischen Berechnung

Der Anschrieb von Bemessungsaufgaben und deren Lösungen wird individuell immer etwas verschieden sein. Ganz allgemein, d. h. nicht nur für die Benutzung des ARISTO-Stahlbeton, gilt aber folgendes:

a) Die Formeln bzw. funktionalen Beziehungen zwischen M, b, h, r und den Spannungen sind so allgemein bekannt und geläufig, daß sie **nicht** abgeleitet oder angeschrieben zu werden brauchen.

b) Es ist für den Prüfer völlig ohne Belang, welcher Wert ursprünglich als Bemessungsergebnis gesucht wurde.

Man schreibe daher die im Abschnitt 6 für n = 15 geübte Aufgabe (Rechteckbalken) für alle Variationen 6.1 bis 6.4 gleich und etwa wie folgt an:

$M = 4100$ kgm, $b = 24$ cm, $h = 42$ cm, $\sigma_b = 58$ kg/cm², $\sigma_e = 1400$ kg/cm²

$$r = 0{,}321, \; K = 1{,}26, \; F_e = \frac{42}{1{,}26} \cdot 0{,}24 = 8{,}01 \text{ cm}^2$$

Für die unbekannten Zahlenwerte läßt man zweckmäßig zunächst einen entsprechenden Platz frei und trägt sie sofort nach der Ablesung ein.

Die Angaben für zulässige Spannungen usw. wird man meist schon im sogenannten Vorspann der Berechnung angegeben haben.

Ein Hinweis, daß die Bemessung mit dem ARISTO-Stahlbeton durchgeführt wurde, empfiehlt sich zwar in jedem Falle, ist aber nicht **unbedingt** erforderlich. Denn die r-Werte sind ja unmittelbar, die K-Werte aber wenigstens als Reziprokwerte in vielen Tafelwerken wiederzufinden, stellen also keine Besonderheit des ARISTO-Stahlbeton dar.

16. Behandlung des ARISTO-Rechenstabes

Der Rechenstab ist ein wertvolles Rechenhilfsmittel und braucht eine pflegliche Behandlung. Die Skalen und der Läufer sind vor Verschmutzung und Kratzern zu schützen, damit die Ablesegenauigkeit nicht beeinträchtigt wird.

Es empfiehlt sich, den Rechenstab von Zeit zu Zeit mit dem Spezialreinigungsmittel DEPAROL oder mit Wasser zu reinigen und trocken nachzupolieren. Keinesfalls dürfen irgendwelche Chemikalien verwendet werden, da diese die Teilung zerstören können.

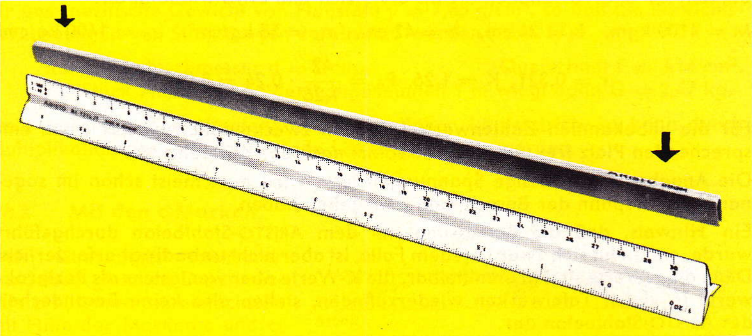
Der Rechenstab ist vor Lagerung an heißen Plätzen, z. B. auf Heizkörpern oder in praller Sonne, zu schützen, da bei höheren Hitzegraden als etwa 60° C Verformungen auftreten. Für derartig beschädigte Rechenstäbe wird kein Ersatz geleistet.

ARISTO

ARISTO-Dreikant-Maßstäbe mit Griffleiste

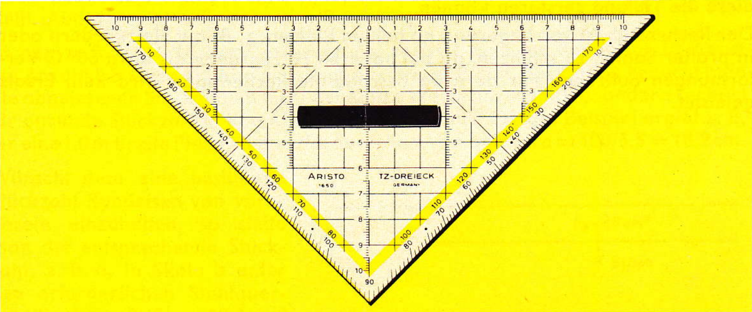
Bei allen ihren Vorzügen wiesen Dreikant-Maßstäbe bisher einen Nachteil auf. Nimmt man sie zur Hand, so wird viel Zeit damit verbracht, durch Drehen und Wenden die gewünschte Teilung zu finden. Dieses Problem hat ARISTO erfolgreich gelöst.

ARISTO-Dreikant-Maßstäbe erhalten ohne Mehrpreis eine durchgehende, aufsteckbare und zweifarbige Griffleiste, die auf einen Blick die gesuchte Teilung erkennen läßt. Die sanfte Wölbung der Griffleiste „entschärft“ auch die oben liegende Facette, deren Kante sich beim Arbeiten unangenehm in die Hand drückt.



ARISTO-TZ-Dreieck

Das praktische Zeichendreieck mit den unerschöpflichen Anwendungsmöglichkeiten wird aus unzerbrechlichem, maßbeständigem und transparentem ARISTOPAL gefertigt. Millimeter-Teilungen senkrecht zur Hypotenuse und das 1-cm-Gitternetz erleichtern das Schraffieren, das Zeichnen von Parallelen, symmetrischen Figuren, rechten Winkeln sowie das Auftragen und Ablesen rechtwinkliger Koordinaten. Die Winkelteilung ist in 360° oder 400 ^{g} lieferbar.



ARISTO-PRODUKTIONSPROGRAMM

Rechenstäbe · Rechenscheiben · Maßstäbe · Zeichengeräte
Planimeter · Schichtgravurgeräte
Manuelle und numerisch gesteuerte Koordinatographen

Verlangen Sie von Ihrem Fachhändler unsere ausführlichen Einzelprospekte

ARISTO-WERKE · DENNERT & PAPE KG
2 HAMBURG 50