CASTELL

Präzisions-Rechenstab

3/11

für Berechnungen im Stahlbetonbau

ANLEITUNG

A.W. FABER - CASTELL, STEIN BEI NÜRNBERG

Inhalt.

I. Allgemeines.

Der Rechenstab **CASTELL** 3/11 ist für die Bedürfnisse des Bauingenieurs als ein möglichst vollkommenes Gerät zur Bemessung und Nachprüfung von Stahlbetonquerschnitten aller Art entwickelt worden.

Bei der Gestaltung haben uns folgende Gesichtspunkte geleitet:

1. Auf streng wissenschaftlicher Grundlage ein Präzisionsinstrument zu schaffen, das allen Anforderungen der Praxis genügt, d. h. also **Genauigkeit, Übersichtlichkeit** und **leichte Handhabung** vereint,

2. den Aufbau des Stabes so zu gestalten, daß dieser für **alle Stahlspannungen,** nicht nur für die derzeit, sondern auch für etwa in Zukunft vorkommende, gleichgut verwendet werden kann.

Der **CASTELL** 3/11 erfüllt die gestellten Forderungen im höchsten Maße. Da der Stab nicht auf einer bestimmten Stahlspannung, sondern auf dem Verhältnis der Stahlzugspannung zur Betondruckspannung aufgebaut ist, kann mit allen beliebigen Stahlspannungen gearbeitet werden. Man benötigt weder mehrere Zungen, noch die Zungen-Rückseite. Alle Skalen sind auf der Vorderseite des Stabes angebracht. Ein Blick überzeugt von der guten Übersichtlichkeit, eine Rechenprobe von der überaus großen Genauigkeit der Ergebnisse.

Die vorliegende Anleitung soll auch dem weniger Geübten eine mühelose und schnelle Einarbeitung ermöglichen. Soweit dies im gegebenen Rahmen durchführbar, wird stets auf die einschlägigen amtlichen „Bestimmungen" hingewiesen und im Anhang eine Zusammenstellung der z. Z. geltenden Spannungen gegeben.

II. Beschreibung.

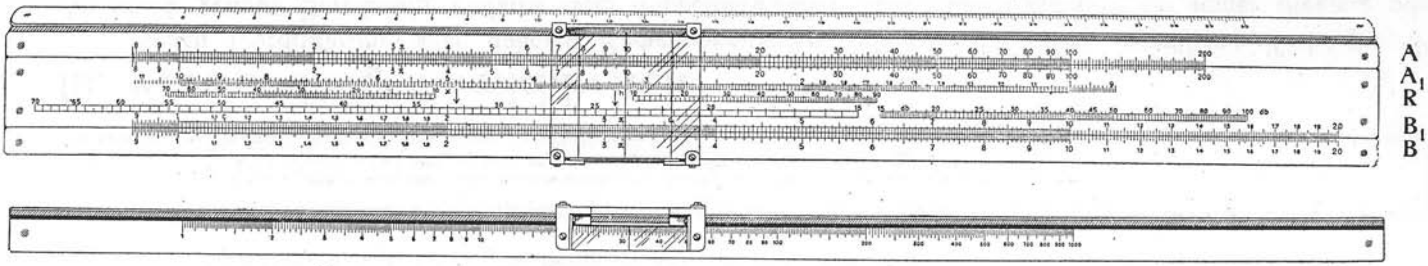


Abb. 1

Die Vorderseite des Stabes weist neben den Teilungen eines gewöhnlichen logarithmischen Rechenstabes mit rücklaufender (reziproker) Teilung und größeren Überteilungen als beim Normalstab die für die Berechnungen im Stahlbetonbau notwendigen Teilungen auf (Abb. 1).

Eine Erklärung über die Benutzung der ersteren, die hier mit den Buchstaben A, A_1, B, B_1 und R bezeichnet sind, ist fortgelassen, da das allgemeine Stabrechnen als bekannt vorausgesetzt wird. Als Nachschlagewerk empfehle ich meine ausführliche Handanleitung 1/787.

Die Stahlbetonteilungen dienen im einzelnen folgenden Funktionen:

- σ_b der Festlegung der Betondruckspannung σ_b in kg/qcm, (rechts über B_1)
- h der Bestimmung der erforderlichen Nutzhöhe ($_{erf}h$) in cm, (Stabmitte)
- Fe der Ablesung des erforderlichen Rundstahlquerschnitts ($_{erf}Fe$) in qcm auf 100 cm Querschnittsbreite, (links über B_1)
- x der Ablesung des Nullinienabstandes in cm (Schiebermitte links).

Auf der Rückseite des Stabes sind 2 Tabellen angebracht. Die längere, links stehende, dient zur Ablesung des Spannungsverhältnisses $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{\text{zul. Stahlzugspannung (kg/qcm)}}{\text{zul. Betondruckspannung (kg/qcm)}}$
für die Werte σ_e = 1000, 1100, 1200, 1400, 1500, 1800, 2000, 2200 und 2400 kg/qcm und alle geraden Werte σ_b = 12 — 90 kg/qcm. Die ungeraden Werte können entweder eingeschaltet, oder aus der doppelten Betonspannung leicht gewonnen werden (Abb. 2), z. B.: $\frac{\sigma_e}{\sigma_b} = \frac{1000}{31} = \frac{1000}{62} \cdot 2 = 16{,}13 \cdot 2 = 32{,}26.$

Die zweite Tabelle enthält den Flächeninhalt der Rundeisen von 6 — 40 mm Ø.

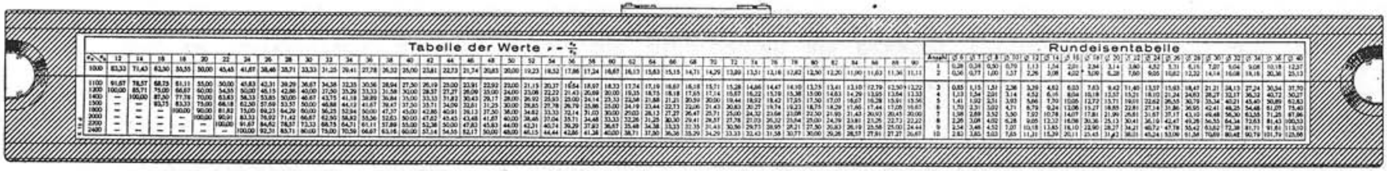


Abb. 2

An Zusatzteilungen sind auf der dem Rechnenden zugekehrten Schmalseite des Stabes die Werte der 3. Potenzen, auf der gegenüberliegenden Schräge eine Zentimeterteilung aufgetragen.

Die trigonometrischen Teilungen befinden sich auf der Rückseite der Zunge (Abb. 3).

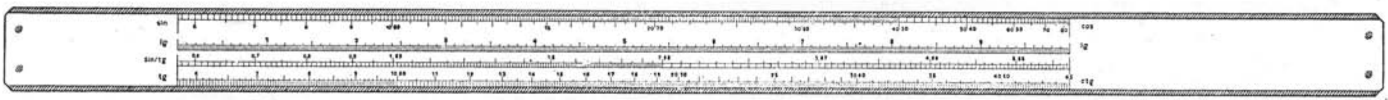


Abb. 3

III. Verwendungsmöglichkeiten.

Neben Durchführung aller üblichen Rechenoperationen, erlauben die oben angeführten Teilungen die theoretisch genaue Berechnung einfach- oder doppeltbewehrter Stahlbetonquerschnitte bei reiner Biegung oder bei Biegung mit Axialkraft im Bereiche aller Stahlzugspannungen und der Betondruckspannungen 15—90 kg/qcm, ferner die Bemessung von Stahlstein- und Hohlsteindecken. Auch für die Durchführung der Schubsicherung, sowie die Berechnung von Stützen entsprechend den Bestimmungen ergeben sich gute Möglichkeiten, auf die kurz hingewiesen wird.

IV. Allgemeine Berechnungsgrundlagen.

a) Bezeichnungen.

Für die Bemessung im Stahlbetonbau werden folgende Bezeichnungen gebraucht:

M	Biegungsmoment in mkg,
d	Gesamthöhe des Querschnitts in cm bei Rechtecksquerschnitten, bei Plattenbalken Dicke der Druckplatte,
h	$= d - a$ Nutzhöhe des Querschnitts in cm;
a	Abstand des Schwerpunktes der Stahleinlagen vom gezogenen Rand in cm,
h′	Abstand des Schwerpunktes der Stahleinlagen vom gedrückten Rand in cm,
b	statisch wirksame Druckbreite des Querschnitts in m,
b_o	Breite des Steges bei Plattenbalken u. ä. in m,
c	Differenz $d - (a + h')$ in cm,
x	Nullinienabstand vom gedrückten Rande in cm,
σ_b	Betondruckspannung in kg/qcm,
σ_e	Stahlzugspannung in kg/qcm,

Fe Gesamtquerschnitt der Rundstahleinlagen in qcm (Zugbewehrung;)

Fe' Gesamtquerschnitt der Rundstahleinlagen in qcm in der Druckzone (bei doppelter Bewehrung);

$fe(fe') = \frac{Fe\,(Fe')}{b}$ = Querschnitt der Zug(Druck)einlagen je Breiteneinheit;

N im Querschnitt wirkende Normalkraft (Druck oder Zug) in kg;

e Exzentrizität = Verhältnis M : N;

M_u Moment $M + N \cdot u$, wobei u den Abstand der Zugbewehrung von der Schwerachse darstellt;

n Verhältnis der beiden Elastizitätsmasse $\frac{E_e}{E_b}$ (s. unten);

r und t sind von der Spannung abhängige Festwerte für die Dimensionierung nach Formeln.

b) Berechnungsgrundlagen.

In § 17 der „Bestimmungen des deutschen Ausschusses für Stahlbeton" DIN 1044, 1048, 4225, heißt es:

„Die Spannungen im Querschnitt des auf Biegung oder des auf Biegung mit Längskraft beanspruchten Körpers sind unter der Annahme zu berechnen, daß sich die Dehnungen wie die Abstände von der Nullinie verhalten. Die zulässige Beanspruchung des Betons auf Druck und des Stahls auf Zug und die Bestimmungen über die Schubsicherung und die Haftspannungen haben zur Voraussetzung, daß der Stahl alle Zugspannungen im Querschnitt aufnimmt, daß also von einer Mitwirkung des Betons auf Zug abgesehen wird.

Für die Spannungsermittlung und für das Bemessen der Bauteile ist das Verhältnis der Elastizitätsmaße von Stahl und Beton zu $n = 15$ ($E_b = 140\,000$ kg/cm²) anzunehmen."

Dementsprechend wurde bei Festlegung der Teilungen geradlinige Spannungsverteilung angenommen und die Mitbeanspruchung des Betons in der Zugzone nicht berücksichtigt.

Das Verhältnis der Elastizitätsmaße von Stahl und Beton ist zu **n = 15** angenommen.

(Dieser Wert hat z. Z. Gültigkeit in Deutschland, Ungarn, Holland, England und Teilen des Balkans.)

Die Betondeckung aller Stahleinlagen, auch etwaiger Bügel, muß, entsprechend den Bestimmungen, mindestens dick sein: Bei Platten und Rippendecken im allgemeinen 1 cm, im Freien 1,5 cm, bei allen andern Bauteilen im allgemeinen 1,5 cm, im Freien 2 cm.

V. Bemessung und Nachprüfung.

Im allgemeinen kann bei der Bemessung von Stahlbetonquerschnitten das Moment als bekannt vorausgesetzt werden, ebenfalls die Normalkraft, wenn eine solche vorhanden ist. Die gesuchten Größen sind dann entweder

a) die erforderlichen Abmessungen des Querschnitts (d und b_o) bei Ausnützung der gewählten, bezw. vorgeschriebenen Spannungen σ_e und σ_b; oder

b) die sich bei geschätzten oder baulich bedingten Abmessungen ergebenden Spannungen.

Bei vorgeschriebenen Spannungen ergeben sich die gesuchten Werte nach den Abb. 4—6 wie folgt:

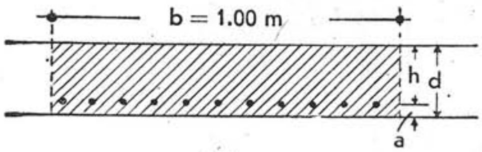


Abb. 4

1. Für **Platten** ($b = b_o = 1{,}00$ m) Abb. 4

erf. $h = r \cdot \sqrt{M}$

erf. $fe = t \cdot \sqrt{M}$

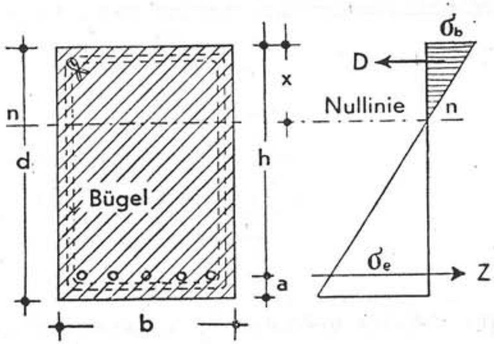


Abb. 5

2. Für **Balken** (Rechteckquerschnitt) (Abb. 5)

erf. $h = r \sqrt{M : b}$

erf. $Fe = t \cdot b \cdot \sqrt{M : b}$

Für 1. und 2. wird $x = \dfrac{n \cdot \sigma_b}{\sigma_e + n \cdot \sigma_b} \cdot h$

3. Für Plattenbalken

bei $x \leq d$: (Abb. 6).

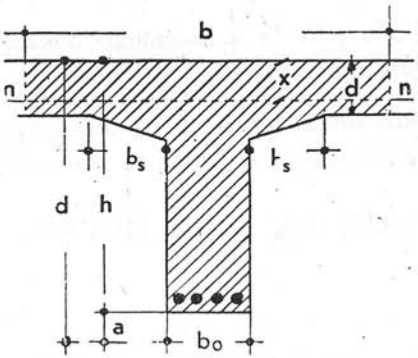


Abb. 6

Mitwirkende Plattenbreite:

a) Beiderseitige Plattenbalken

$b = 12\,d + 2\,b_s + b_o$

aber nicht größer als der Abstand der Feldmitten und als die halbe Balkenstützweite

b) Einseitige Plattenbalken

$b = 4{,}5\,a + b_s + b_1$

aber nicht größer als die halbe lichte Rippenentfernung $+ b_1$ und als ein Viertel der Balkenstützbreite

Für Berechnung statisch unbestimmter Systeme und Durchbiegungsberechnung:

$b = 6\,d + 2\,b_s + b_o$

aber nicht größer als der Abstand der Feldmitten

$b = 2{,}25\,d + b_s + b_1$

aber nicht größer als die halbe lichte Rippenentfernung $+ b_1$

Bei $x > d$ muß das wie vor errechnete b mit einem Abminderungswert multipliziert werden.

Die Zahlen für dies „ideelle" b_i können mit genügender Genauigkeit der Tafel Seite 23 entnommen werden (vgl. Beispiel 7).

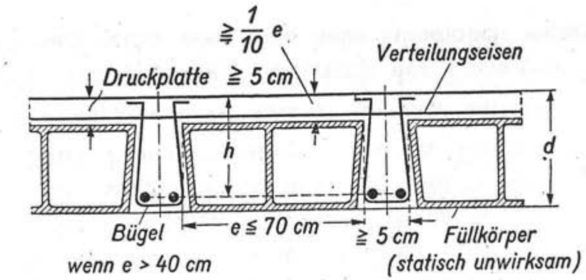


Abb. 7

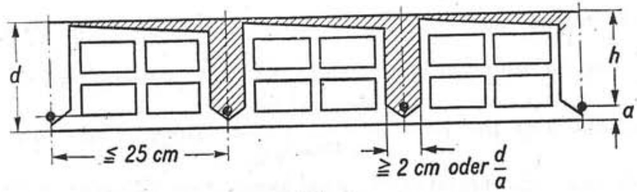


Abb. 8

4. **Stahlbeton-Rippendecken** (Abb. 7) sind wie Plattenbalken zu behandeln.

x < d Für Platten b = 1,00 m

erf. h $= r \cdot \sqrt{M}$

erf. fe $= t \cdot \sqrt{M}$

Begriffsbestimmung siehe Beispiele.
(siehe Seite 17 Abschnitt b)

x > **d** vgl. Plattenbalken, Ziff. 3

5. **Stahlsteindecken** (Abb. 8) ebenfalls wie Plattenbalken zu behandeln, wobei für die Stegbreite die Stein- und Mörtelstege zusammenzuzählen sind. (DIN 1046, § 7, Ziff. 2, wegen der Druckplattendicke vgl. auch Tafel 2 des gleichen Paragraphen)

x < d Für Platten b = 1,00

erf. h $= r \cdot \sqrt{M}$

erf. fe $= t \cdot \sqrt{M}$

Begriffsbestimmung siehe Beispiele.
(siehe Seite 18, Abschnitt c)

x > **d** vgl. Plattenbalken, Ziff. 3

Aus obigen Gleichungen ergeben sich für $n = 15$ folgende

Grundregeln für die Benutzung des Stabes zur Dimensionierung.

Zweckmäßig werden folgende Dimensionen benutzt: $M = \text{mkg}$, $b = \text{m}$, h, z, d und $x = \text{cm}$, $\sigma_e / \sigma_b = \text{kg/cm}^2$

Das Biegungsmoment (M) wird immer auf der oberen log. Teilung des Stabes (Teilung **A** in Abb. **1**) eingestellt, und zwar, wenn (M) geradstellig ist auf der 2 log. Einheit der Teilung (zwischen 10 und 100), wenn (M) dagegen eine ungerade Stellenzahl hat, auf der 1. log. Einheit (zwischen 1 und 10).

Unter den Wert $\frac{\text{Moment}}{\text{Balkenbreite}}$, der auf der oberen log. Teilung festgehalten wird, muß der Teilungsstrich der vorgeschriebenen oder gesuchten Betonspannung der Teilung (σ_b) kommen.

Nach dieser einen Einstellung können alle Ablesungen auf der unteren log. Teilung des Stabes (**B**) erfolgen.

Man verfährt hierbei wie folgt:

Aus den vorgeschriebenen oder gewählten Stahlzug- bzw. Betondruckspannungen bildet man das Verhältnis der Spannungen $\sigma_e : \sigma_b$. Den Zahlenwert hierfür entnimmt man der Tabelle auf der Rückseite des Stabes und findet unter dem Wert dieser Zahl

die Nutzhöhe unter der Teilung h,
den Zugstahlquerschnitt für 1,00 m Querschnittsbreite unter **Fe** und
den Nullinienabstand unter der Teilung x.

Die Teilungen **h**, **Fe** und **x** sind also sämtlich nach dem Spannungsverhältnis $\sigma_e : \sigma_b$ numeriert.

Sollte eine Ablesung außerhalb der Teilungen fallen, so kann die Schieberzunge mit einer Schieberlänge (log. 100) nach rechts oder nach links verschoben werden und so die gewünschte Ablesung erfolgen.

VI. Verwendungsbeispiele.

A. Reine Biegung.

a) Stahlbetonplatten (vgl. § 22 der „Bestimmungen").

1. Beispiel: Berechnung einer Deckenplatte (Abb. 9):

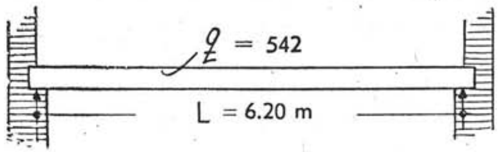


Abb. 9

bekannt:	Gesamtlast	$q = 542$ kg/qm
	Stützweite	$L = 6{,}2$ m
	Streifenbreite	$b = 1{,}00$ m
	zulässiges σ_e	1400 kg/qcm
	zulässiges σ_b	50 kg/qcm
gesucht:	die erforderliche Plattenstärke . . .	erf. d
	Nutzhöhe	erf. h
	und das	erf. Fe

Lösung: (s. Abb. 10).

Es ist zunächst das Moment (M) zu bestimmen.

Unter Voraussetzung von freier Auflagerung wird dies mit den angegebenen Werten:

$$M = q \cdot \frac{L^2}{8} = 542 \cdot 6{,}2^2 : 8 = 2610 \text{ mkg.}$$

Einstellung: Das Moment M = 2610 mkg wird mit dem Läufer auf Teilung A festgehalten, und zwar da die Zahl geradstellig ist, auf der 2. log. Teilung, also bei 26,10.

Darunter wird die Querschnittsbreite, hier 1,00 m, d. h. die Zahl 100 auf Teilung A_1 geschoben.

Unter den Wert M : b, hier also unter 26,10, wird die vorgeschriebene Betonspannung $\sigma_b = 50$ kg/qcm gebracht. Diese Stellung ist in Abb. 10 festgehalten.

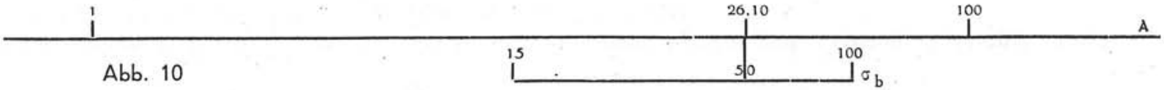


Abb. 10

Nun wird der Wert für das Spannungsverhältnis $\sigma_e : \sigma_b$ aus der Tabelle auf der Rückseite des Stabes entnommen. Man erhält für $\sigma_e = 1400$ kg/qcm und $\sigma_b = 50$ kg/qcm den Tabellenwert $\sigma_e / \sigma_b = 28$.

Unter diesem Wert σ_e / σ_b
auf Teilung **h** findet man auf Teilung **B**: . . . . $h = 18{,}4$ cm
auf Teilung **Fe** den Querschnitt der Zugbewehrung für 1 m Breite . . . . $fe = 11{,}47$ qcm
auf Teilung x nach Umstellung des Schiebers um eine Schieberlänge, den Nullinienabstand $x = 6{,}4$ cm.

Anzahl und Durchmesser (Ø) der erf. Rundstähle kann ebenfalls aus der auf der Rückseite des Stabes angebrachten Tabelle entnommen werden.

Wir wählen 8 Rundstähle Ø 14 mm mit $fe = 12{,}32$ qcm und stellen die sich durch Wahl dieser Rundstahlsorte ergebende Deckenstärke fest. Sie muß mindestens sein:

1. erforderliche Nutzhöhe	erf. $h = 18{,}4$ cm
2. untere Betonschutzschicht	1,0 cm
3. halber R. St.-Durchmesser	0,7 cm
Demnach erforderliche Platten-Mindeststärke d . . .	= 20,1 cm

Die Werte 2 und 3 addiert ergeben (a) = 1,7 cm.

2. Beispiel: Der erfahrene Ingenieur wird den Rechnungsgang oft umkehren. Bei gegebenem Moment und vorgeschriebener Stahlzugspannung wird die Plattenstärke geschätzt und die sich ergebende Betonspannung ermittelt.

Als Faustformel für Schätzung der Plattenstärke gilt etwa:

für $M \leqq 1500$ mkg . . . . . wird $d \sim M : 100$ in cm
für $M > 1500$ mkg . . . . . wird $d \sim M : 120$ (bis 140) in cm.

Für das unter 1. behandelte Beispiel würde man etwa $d = 2610 : 120 \cong 22$ cm schätzen. Der Wert (a) ist ebenfalls aus Beispiel 1 mit 1,7 cm bekannt, demnach sind

gegeben:	M	2610 mkg
	d	22 cm
	$h = (d - a)$	20,3 cm
	σ_e	1400 kg/qcm
gesucht:	σ_b, erf. fe, und x.	

Lösung: Es muß dasjenige Spannungsverhältnis gefunden werden, für das $h = 20,3$ wird. Am schnellsten durch Probieren.

Einstellung: Grundstellung wie bei 1, d. h. unter 26,10 der Teilung A steht die Zahl 100 der Teilung A_1.

Ablesung: Unter 26,10 steht jetzt auf der Teilung für $\sigma_b = 40$ kg/qcm, dies entspricht laut Tabelle einem $\sigma_e : \sigma_b = 35$.

Ein Blick auf h zeigt unter 35 . . . . erf. $h = 22$ cm.

Der Wert ist zu groß, da die geschätzte Nutzhöhe nur 20,3 cm beträgt. Um ein geringeres h zu bekommen muß die Spannung erhöht werden.

2. Versuch: Wir schieben den Wert $\sigma_b = 45$ unter den noch immer auf 26,1 stehenden Läuferstrich. Für $\sigma_b = 45$ wird $\sigma_e / \sigma_b = 31$ und hierfür das erf. h . . . 20 cm.

Wem es auf die restlose Ausnutzung der Rundstähle nicht ankommt, kann sich mit der erreichten Genauigkeit begnügen und findet unter 31:

auf Teilung Fe . . . . = 10,50 qcm
auf Teilung x . . . . = 6,5 cm.

Ein weiterer Versuch mit $\sigma_b = 44$ kg/qcm und damit $\sigma_e / \sigma_b = 31{,}82$ würde den sehr guten Wert . . . h = 20,4 cm und damit fe = 10,22 qcm und x = 6,52 cm bringen.

Man wird den Grad der Genauigkeit nur von Fall zu Fall, oft abhängig von den zu wählenden Rundstahleinlagen, festlegen. Für Beispiel 2 würde man z. B. den dritten Versuch noch vornehmen, da nach dem 2. Versuch mit einem erf. fe = 10,5 qcm

10 R. St. Ø 12 mm mit fe = 11,31 qcm gewählt werden müßten, während nach dem 3. Versuch nur 9 R St. Ø 12 mm pro m Breite mit fe = 10,18 qcm erforderlich sind. Es würden demnach 10% R. St. gespart.

3. Beispiel: Will man statt der normalen Rundstahlbewehrung das hochwertige Baustahlgewebe verwenden, für das eine Stahlzugspannung $\sigma_e = 2400$ kg/qcm zugelassen werden soll, so ergeben sich bei gleichem Moment und gleicher Konstruktionshöhe folgende Werte:

gegeben: M . . . . 2610 mkg
d . . . . 22 cm
h . . . . 20,3 cm
gesucht: σ_b, erf. fe und x.

Lösung: Wenn sich vorhin bei $\sigma_e = 1400$ kg/qcm eine Betondruckspannung $\sigma_b = 44$ kg/qcm ergeben hat, so muß jetzt, bei fast verdoppeltem σ_e auch σ_b stark wachsen. Wir versuchen also etwa mit $\sigma_b = 54$ kg/qcm, d. h. $\sigma_e / \sigma_b = 44{,}44$. Auf demselben Weg, wie vorhin, erhalten wir:

h = ... 20,4 cm

fe = ... 5,82 qcm und

x = ... 5,15 cm

Da bei Verwendung von Baustahlgewebe, zufolge der sehr dünnen Drähte, der Wert h größer wird (hier etwa 20,6 cm), genügt die erreichte Genauigkeit.

Gewählt wird aus den in jedem Handbuch enthaltenen Tabellen das Gewebe 7,5 . 5,5 / 75 . 300 mit fe = 5,89 qcm.

b) **Stahlbeton-Rippendecken** (vgl. Abb. 7 und § 24 der „Bestimmungen").

1. Begriffsbestimmung. Unter Stahlbeton-Rippendecken werden (aufgelöste) Decken mit höchstens 70 cm lichtem Rippenabstand verstanden, die zur Erzielung einer ebenen Unteransicht statisch unwirksame Lochsteine oder andere Füllkörpereinlagen enthalten können. Diese Füllkörper dürfen zur Spannungsübertragung nicht mit herangezogen werden.

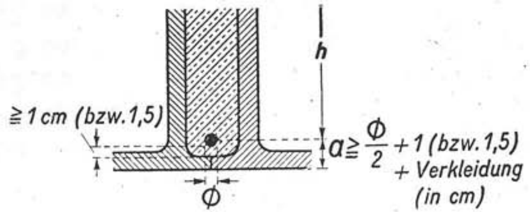


Abb. 11

Die Dicke der Druckplatte muß mindestens $^1/_{10}$ des lichten Rippenabstandes und darf nicht kleiner als 5 cm sein.

Die Rippen müssen mindestens 5 cm breit sein.

In den Rippen müssen stets Bügel liegen.

4. Beispiel:

Gegeben:

	Moment	1060	mkg
	σ_e	1200	kg/qcm
	Steinhöhe	12	cm
	Druckplatte	5	cm
daraus ergibt sich	d	17	cm
und bei a = 3 cm	h = 17 — 3 = ...	14	cm*)

Gesucht: σ_b und fe

Lösung: Wie bei Beispiel 2.

1. Versuch: $\sigma_b = 40$ kg/qcm ergibt $\sigma_e / \sigma_b = 30$.

Der Wert 40 wird unter 10,60 geschoben und auf Teilung h unter 30 das erf. h für $\sigma_b = 40$ gefunden. Die Ablesung ergibt h = 13,4 cm. Der Wert ist zu klein.

2. Versuch: mit $\sigma_b = 38$ kg/qcm ergibt $\sigma_e / \sigma_b = 31{,}58$ und, nachdem 38 unter fe 10,60 gerückt worden ist, auf Teilung h den Wert 13,9 cm auf Fe, nach Umstellung des Schiebers, erf. fe = 7,10 qcm und für x = 4,48 cm. Da x < d (= 6 cm) ist, braucht eine Berechnung nach Art eines Plattenbalkens nicht zu erfolgen.

c) **Stahlsteindecken** (vgl. Teil B der „Bestimmungen".)

Begriffsbestimmung. Stahlsteindecken im Sinne dieser Bestimmungen sind mit Stahl bewehrte Steindecken, bei denen die Steine zur Spannungsübertragung herangezogen werden. Dazu müssen die Steine so untereinander verbunden sein, daß eine einwandfreie Übernahme der Kräfte gewährleistet ist.

*) a ist abhängig von der Steinform und schwankt zwischen 2,5 und 4,0 cm.

Stahlsteindecken können eine statisch wirksame Betondruckschicht von mindestens 2 und höchstens 5 cm Dicke erhalten, gemessen von Oberkante Stein an; ist die Betondruckschicht dicker, so sind die Decken als Stahlbetonrippendecken nach den „Bestimmungen für Ausführung von Bauwerken aus Stahlbeton", Teil A § 24 zu berechnen und auszubilden.

Die Deckensteine dürfen nur so breit sein, daß bei Bewehrung in einer Richtung der Abstand der Stahleinlagen höchstens 25 cm wird.

Die Berechnung bietet nichts Neues und kann hier wegbleiben. Besonders zu beachten sind jedoch die abweichenden Vorschriften über Schubsicherung und zul. Spannungen (siehe diese).

d) Rechteckquerschnitte (Balken) Abb. 12. (Vgl. § 25 der „Bestimmungen".)

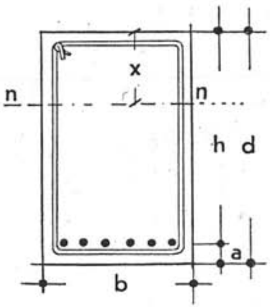


Abb. 12

5. Beispiel: Es findet hochwertiger Baustahl Verwendung.

Gegeben:	M	4800 mkg
	σ_e	1800 kg/qcm
	b	0,25 m
geschätzt:	d	0,50 m
	h	0,46 m
gesucht:	σ_b, erf. Fe und x.	

Rechnungsgang: M : b wird mit dem Läufer festgehalten (192 auf der roten Überteilung).

Das Spannungsverhältnis wird für $\sigma_e = 1800$ kg/qcm auf der Tabelle abgelesen und ergibt:

1. Versuch: Für das schon unter 192 stehende $\sigma_b = 40$ kg/qcm wird $\sigma_e/\sigma_b = 45$ und das erf. h = 64,7 cm. Da das erf. h zu groß ist, muß die Spannung erhöht werden. Ein

2. Versuch: für $\sigma_b = 50$ kg/qcm und $\sigma_e/\sigma_b = 36$ bringt ein erf. h = 53,8 cm. Der Wert ist noch zu groß.

3. Versuch: Wir schieben die Betonspannung $\sigma_b = 60$ kg/qcm unter den Grundwert (192) (Abb. 13) und finden für $\sigma_e/\sigma_b = 30$ das erf. h = 46,5 cm.

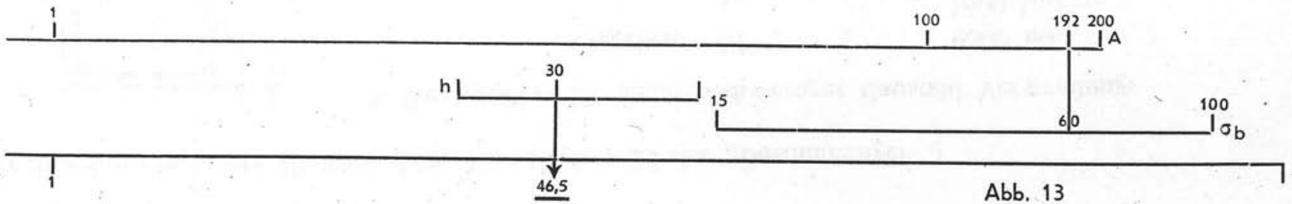


Abb. 13

Mit der erreichten Genauigkeit begnügen wir uns und lesen weiter ab:

unter Fe	(für b = 1,0 m) =	25,8 qcm
demnach für b = 0,25 m	0,25 · 25,8 =	6,45 qcm
unter x	=	15,50 cm

Auf der Rückseite des Stabes wählen wir 6R. St. Ø 12 mm mit fe = 6,79 qcm und überprüfen die Nutzhöhe h:

Betonüberdeckung bei Balken	1,5 cm
Bügelstärke	1,0 cm
halber R. St. Ø	0,6 cm
a =	3,1 cm

demnach das vorh. h = (50 — 3,1) = 46,9 cm.

Das angenommene h = 46,5 cm reicht aus.

6. Beispiel: Prüfung der Tragfähigkeit eines Rechteckquerschnittes.

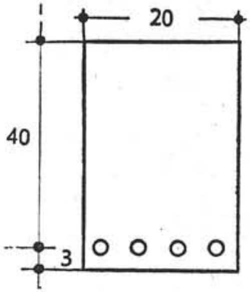


Abb. 14

Gesucht ist das Biegungsmoment, welches durch den nebenstehenden einfachbewehrten Stahlbeton-Rechteckquerschnitt unter Einhaltung der Spannungen $\sigma_b = 50$ und $\sigma_e = 1500$ getragen werden kann.

Der dem vorgeschriebenen Spannungsverhältnis $\frac{1500}{50} = 30$ entsprechende Strich der Teilung h wird über die Zahl der gegebenen Nutzhöhe $h = 40{,}00$ auf B geschoben. Alsdann wird der Strich für die festgesetzte Betonspannung der Teilung σ_b mit dem Läufer festgehalten (Abb. 15).

Der Endpunkt der Teilung A_1 wird nun unter den Läuferstrich geschoben. Über der an der Teilung A_1 eingestellten Balkenbreite $b = 20$ ist das gesuchte Biegungsmoment $M = 2370$ mkg auf Teilung A abzulesen.

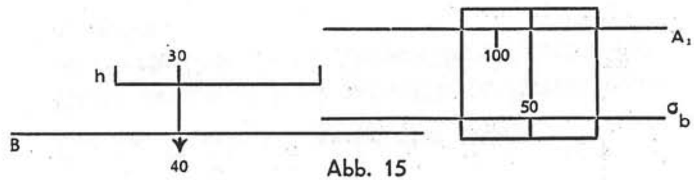


Abb. 15

Nach der gleichen Methode kann auch die Tragfähigkeit von Platten untersucht werden.

e) Plattenbalken.

7. Beispiel: Berechnung eines Plattenbalkens (vgl. Abb. 16 und 17).

Unter Plattenbalken versteht man einen im Stahlbetonbau sehr gebräuchlichen Querschnitt, der sich aus einer meist sehr dünnen Eisenbetonplatte und einer, mit dieser Platte in fester Verbindung stehenden, hohen Rippe zusammensetzt (s. auch Abb. 6).

Beim Bemessen von Plattenbalken und beim Nachweis der auftretenden Spannungen darf ein Druckplattenstreifen von der Breite b als mitwirkend in Rechnung gestellt werden.

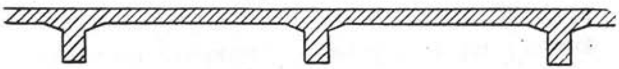
Diese Breite b ist anzunehmen:

bei beiderseitigen Plattenbalken nach Bild 16 und 17

$$b = 12\,d + 2\,b_s + b_o,$$

aber nicht größer als der Abstand der Feldmitten und als die halbe Balkenstützweite.

Abb. 16



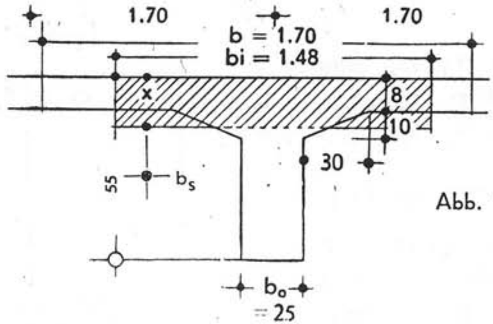


Abb. 17

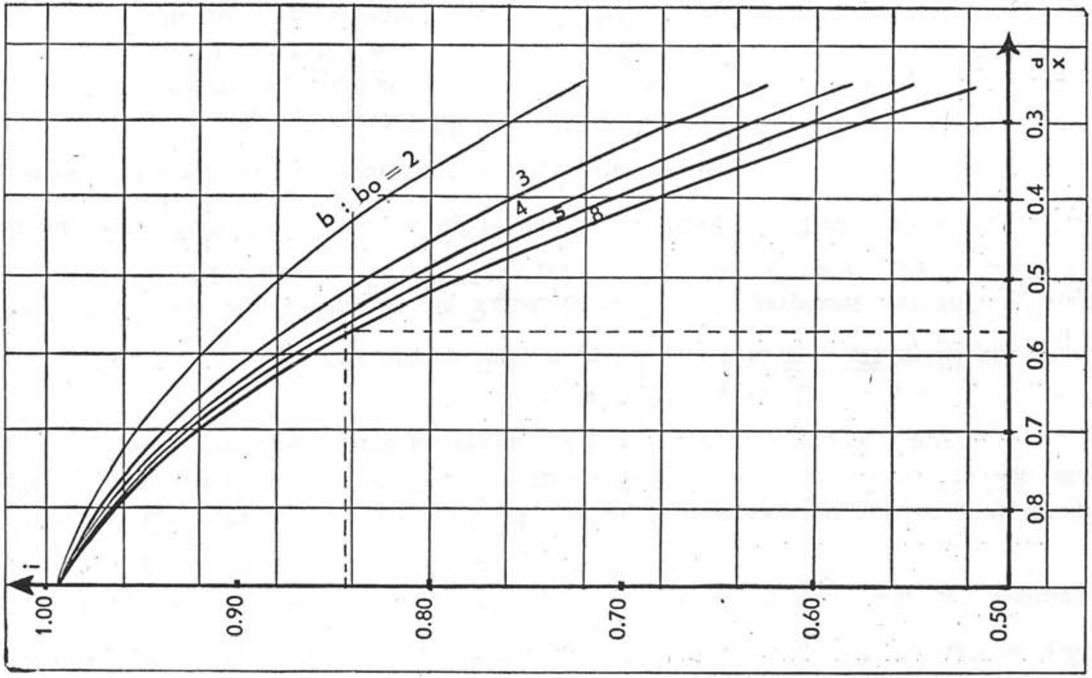
Für die Bemessung merke man noch:

1. Es ist, namentlich bei Kontinuität der Plattenbalken, meist unwirtschaftlich, an die Grenze der zul. Betonspannungen zu gehen.

2. Man wähle die Rippenbreite b_o so gering als mit Rücksicht auf die R. St.-Einlagen möglich ist. Gewichtsersparnis!

3. Der Rechnungsgang ist bequemer und das Resultat in vielen Fällen nicht ungünstiger, wenn man statt der errechneten Druckbreite mit einem geringeren b rechnet. Etwa mit b = 1,00 m, wodurch bei $\sqrt{M : b}$ der Nenner fortfällt und dadurch der Querschnitt wie eine Deckenplatte behandelt werden kann. U. U. kann dadurch sogar Stahl gespart werden, denn: großes b . . . viel Stahl!

Hilfstafel für die Berechnung der Werte (i) zur Bemessung von Plattenbalken.



Bemessung: Nach Abb. 17 ergibt sich: $b = 12 \cdot 0{,}08 + 2 \cdot 0{,}30 + 0{,}25 = 1{,}81$ m.

Da dieser Wert größer als die Feldweite $L = 1{,}70$ m ist, darf nach den Bestimmungen nur diese als Druckbreite eingesetzt werden. Das Moment sei 18400 mkg.

Um den Querschnitt wie einen Rechteckquerschnitt behandeln zu können, muß zu dem maximalen b ein „ideelles b" (b_i) errechnet werden. Wir benutzen dafür die Tafel auf Seite 23. Von den benötigten Werten b, b_o, d und x ist nur das letztere unbekannt. Wir erhalten es angenähert aus

$$x \cong 0{,}135 \cdot \sqrt{M : b}$$

Für unsern Fall: $x \cong 0{,}135 \cdot \sqrt{18400 : 1{,}70} = 14$ cm.

Da $14 > 8$ ist, fällt die Nullinie in die Rippe, es muß mit b_i gerechnet werden.

$$b : b_o = 1{,}70 : 0{,}25 = 6{,}8 \qquad d : x = 8 : 14 = 0{,}57$$

Damit aus Tafel Seite 23 . . . . $i = 0{,}844$ und $b_i = 0{,}844 \cdot 1{,}70 = 1{,}43$ m.

Mit diesen Werten kann die Bemessung vorgenommen werden.

Gegeben:	Das Biegungsmoment M . .	18400	mkg
	Die zul. Druckbreite b_i . . .	1,43	m
	Die Rippenbreite b_o	0,25	m
	Die zul. Stahlspannung σ_e . .	1400	kg/qcm
	Die zul. Betonspannung σ_b .	40	kg/qcm
gesucht:	die erf. Nutzhöhe	erf. h	
	die erf. Bewehrung	erf. fe und	
	die notwendige Höhe des Gesamtquerschnitts.		

Einstellung: Unter den Wert 184 der Teilung A wird 1,43 geschoben (Teilung A_1), das Resultat mit dem Läufer wird jedoch diesmal nicht links, sondern gleich auf der rechten roten Überteilung festgehalten (Abb. 18).

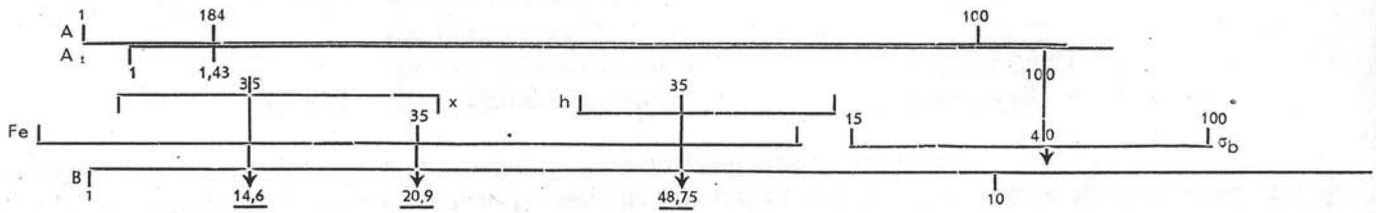


Abb. 18

Unter dem Läuferstrich steht schon die vorgeschriebene Betonspannung σ_b = 40 kg/qcm

Der Tafel auf der Rückseite entnehmen wir $\sigma_e / \sigma_b = 35$.

Unter 35 finden wir: auf Teilung h . . . . . . erf. h = 48,75 cm
auf Teilung Fe. . . . . . erf. fe = 20,9 qcm/m Breite
also für b_i fe = 1,43 · 20,90 = 29,9 qcm
auf Teilung x . . . . . = 14,6 cm.

Wir wählen 8 R. St. ⌀ 22 mm in zwei Lagen 5 + 3 und bestimmen bei einem Bügeldurchmesser von 10 mm und 1,5 cm Stahlüberdeckung das sich ergebende a.

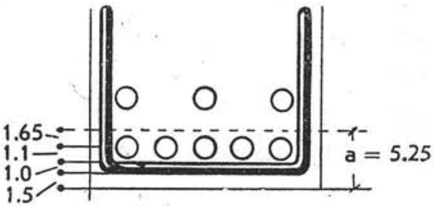


Abb. 19

Lage der Bewehrungsschwerachse (Abb. 19)

$y = \frac{3 \cdot 44}{8} =$	1.65 cm
halber R. St. ∅	1,10 cm
Bügeldurchmesser	1,00 cm
Überdeckung	1,50 cm
a =	5,25 cm

demnach erf. $d_o = (h + a) = (48{,}75 + 5{,}25) = 54{,}00$ cm
gewählt wird $d_o = 55$ cm.

8. Beispiel: Plattenbalken wie vor.

Wie auf Seite 22 erwähnt, kann häufig, ohne die Wirtschaftlichkeit eines Querschnitts zu beeinträchtigen, von der Ausnutzung der größtmöglichen Druckbreite abgesehen werden. Der geübte Rechner würde bei der Bemessung eines Plattenbalkens nach Beispiel 7 etwa folgendermaßen verfahren:

gegeben:	das Biegungsmoment M	18 400 mkg
	die zul. Stahlspannung σ_e	1 400 kg/qcm
	die Rippenbreite b_o	0,25 m
geschätzt:	die Querschnittshöhe d_o	55 cm
	die Nutzhöhe h	50 cm
	die Druckbreite b	1,0 m
gesucht:	σ_b, fe und x.	

Rechnungsgang: Da b zu 1,00 m < $b_{zul.}$ angenommen wurde, fällt die lästige Ermittlung von b_i fort.

Das Moment wird wie vor auf Teilung A mit dem Läufer festgehalten und die Betonspannung unter den Läuferstrich geschoben.

1. Versuch: $\sigma_b = 45$ kg/qcm gibt $\sigma_e / \sigma_b = 31{,}12$ und erf. $\underline{h = 53 \text{ cm}}$
2. Versuch: $\sigma_b = 48$ kg/qcm gibt $\sigma_e / \sigma_b = 29{,}17$ und erf. $\underline{h = 50{,}5 \text{ cm}}$
3. Versuch: $\sigma_b = 48{,}5$ kg/qcm gibt $\sigma_e / \sigma_b \approx 28{,}9$ und erf. $\underline{h = 50 \text{ cm}}$

und mit $\sigma_e / \sigma_b = 28{,}9$: unter Teilung Fe . . $= 1{,}00 \cdot 29{,}6 = 29{,}6$ qcm
Teilung x . . $= 17{,}1$ cm.

Trotz wesentlich geringerem Rechenaufwand wird das Ergebnis in wirtschaftlicher Hinsicht nicht ungünstiger.

f) Doppelt bewehrte Rechteckquerschnitte bei reiner Biegung.

Doppelte Bewehrung kann aus zweierlei Gründen erforderlich werden:

1. bei sehr beschränkter Bauhöhe und
2. bei zweiseitiger Beanspruchung eines Querschnitts.

Zur Verstärkung der Druckzone des Betons werden zusätzliche Druckstähle angeordnet, die ihrerseits eine Verstärkung der Zugzone erfordern, da andernfalls eine Verschiebung der Nullinie eintreten würde.

Die Zusatzstähle ΔFe und Fe' müssen denjenigen Momentenrest aufnehmen, der bei einfacher Bewehrung ungetilgt bleiben würde.

Rechenvorgang. Man bestimmt nach Beispiel 6 das für einfache Bewehrung bei gegebenen Randspannungen und geschätztem Querschnitt zulässige Moment (zul. M_1) und zieht dies von dem vorhandenen M (vorh. M) ab. Der Rest $\Delta M = (M - \text{zul. } M_1)$ kann durch die einfache Bewehrung nicht aufgenommen werden.

Die erforderlichen R. St. in der Zugzone setzen sich, entsprechend den Momenten, aus zwei Teilen zusammen ($Fe_1 + \Delta Fe$), wobei Fe_1 sich auf üblichem Wege aus dem zul. M_1 errechnet, während

$$\Delta Fe = \frac{\Delta M}{c \cdot \sigma_e} \text{ wird.}$$

Der notwendige Querschnitt der Druckbewehrung errechnet sich aus $Fe' = \frac{\Delta M}{c \cdot \sigma_e'}$, wobei σ_e' der etwas umständlichen Gleichung $\sigma_e' = \frac{\sigma_b}{h} \cdot (15 \cdot c - \sigma_e / \sigma_b \cdot h')$ entnommen werden kann.

9. Beispiel: Der Querschnitt Abb. 20 soll ein Moment von M = 3200 mkg aufnehmen. Eine Vergrößerung der Abmessungen ist aus baulichen Gründen unmöglich. Die zulässigen Randspannungen sollen betragen:

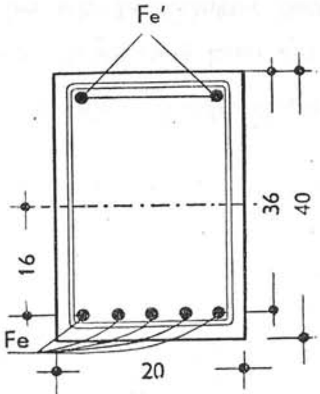


Abb. 20

σ_e	1400 kg/qcm
σ_b	60 kg/qcm.

Für die gegebenen Abmessungen der nebenstehenden Abb. werden die erf. Stahleinlagen gesucht.

Rechnungsgang: Es muß für $\sigma_e / \sigma_b = \frac{1400}{60} = 23.33$ und die bekannten Abmessungen das zul. Moment gefunden und die hierfür erforderliche Bewehrung abgelesen werden.

Wir halten h = 36 auf Teilung B mit dem Läufer fest und schieben das Verhältnis $\sigma_e / \sigma_b = 23,33$ (Teilung h) darüber.

Der Läufer wird nun über die vorgeschriebene Betondruckspannung $\sigma_b = 60$ kg/qcm gerückt und das Ende der Teilung A_1 unter den Läuferstrich gebracht.

Über $b = 0{,}20$ m liest man auf A das zul. $M_1 = 2650$ mkg ab.

Hierfür auf **Fe** unter 23,33 das erf. $Fe_1 = 30{,}20 \cdot 0{,}20 = 6{,}04$ qcm.

Es ergibt sich das ungedeckte Moment

$$\Delta M = 3200 - 2650 = 550 \text{ mkg und mit } c = 33 \text{ cm} \ldots \Delta Fe = \frac{55\,000}{33 \cdot 1400} = 1{,}19 \text{ qcm.}$$

Somit die gesamte **Zug**bewehrung:

$$Fe = Fe_1 + \Delta Fe = 6{,}04 + 1{,}19 = 7{,}23 \text{ qcm.}$$

Gewählt werden 5 R. St. Ø 14 mm mit $Fe = 7{,}70$ cm².

Für die erf. Druckbewehrung wird

$$\sigma_e{}' = \frac{60}{36} \cdot (15 \cdot 33 - 23{,}3 \cdot 3) = 709 \text{ kg/qcm}$$

$$\text{und} \qquad Fe' = \frac{55\,000}{33 \cdot 709} = 2{,}36 \text{ qcm.}$$

Gewählt werden 2 R. St. Ø 14 mm mit $Fe' = 3{,}08$ cm².

Die Anordnung der R. St. geht aus der Abbildung 20 hervor.

Bei der Bemessung bedient man sich vorteilhaft der Tabellenform:

$M = + \ldots\ldots$	$c = \ldots$ | $\sigma_e = \ldots$ | $\sigma_b = \ldots$ | $\sigma_e/\sigma_b = \ldots$	$h' = \ldots$ | $h = \ldots$ | $\frac{\sigma_b}{h} = \ldots$
zul. $M_1 = - \ldots\ldots$	$\rightarrow$ ergibt $Fe_1 = \ldots\ldots + \ldots\ldots$	$15 \cdot c = \ldots\ldots +$
$\Delta M = + \ldots\ldots$	$\rightarrow$ ergibt $\Delta Fe = \frac{\Delta M}{c \cdot \sigma_e} = + \ldots\ldots$	$\sigma_e/\sigma_b \cdot h' = \ldots\ldots -$
	$Fe = \ldots\ldots +$	$\cdot k =$
	$Fe' = \frac{\Delta M}{\sigma_e' \cdot c} = \ldots\ldots$	$\sigma_e' = \frac{\sigma_b}{h} \cdot k = \ldots\ldots$ $\leftarrow$

B. Biegung mit Axialkraft.

a) Berechnung einfach bewehrter Rechteckquerschnitte für Biegung mit Axialkraft.

Um die Abmessungen eines auf Biegung und Druck (bezw. Zug) beanspruchten Rechteckquerschnittes zu bestimmen, verfährt man am einfachsten wie folgt:

Man bestimmt das Moment $M_u = M + N \cdot u$ (bezw. $M_u = M - N \cdot u$, bei Zug), wobei u den Abstand der Mittellinie des Querschnitts bis zur Schwerachse der Zugbewehrung und N die Normalkraft bedeutet, bemißt dann den Querschnitt für M_u wie in Beispiel 5 durchgeführt und zieht von dem so errechneten Rundstahlquerschnitt ($N : \sigma_e$) ab (bezw. addiert es bei Zug dazu).

10.Beispiel: Gegeben:

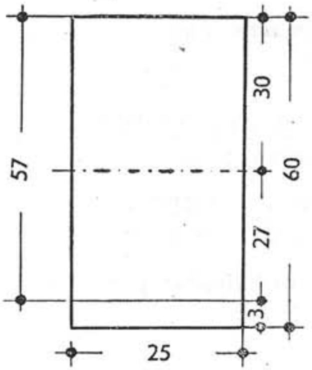


Abb. 21

Das auf die Mitte bezogene Biegungsmoment

M . . . . 6110 mkg
die Druckkraft N . . . . 12000 kg
das zul. σ_e . . . . . . 1400 kg/qcm

und die nebenstehenden Abmessungen des Querschnitts, woraus

$$u = 0{,}30 - 0{,}03 = 0{,}27 \text{ m.}$$

$$M_u = 6110 + 12000 \cdot 0{,}27 = 9350 \text{ mkg.}$$

Auf (A) einstellen 93,50, darunter b = 0,25 schieben.

Läufer nach links unter 1, den Schieber umstellen und

1. Versuch: $\sigma_b = 60$ kg/qcm unter den Läuferstrich schieben.
Läuferstrich über Schieberende (100) rücken und Schieber umstellen.
Man findet für $\sigma_e/\sigma_b = 1400 : 60 = 23{,}33$ auf Teilung h ein erf. h = 60,5 cm.
Da der Wert zu groß ist:
Läufer wieder über (1), Schieber umstellen und Läufer zurück auf $\sigma_b = 60$ kg/qcm.

2. Versuch: Unter den Läuferstrich $\sigma_b = 65$ kg/qcm schieben,

Läufer zurück auf 100, umstellen, $\sigma_e / \sigma_b = 1400 : 65 = 21{,}55$ ablesen. Unter 21,55 finden wir

auf h . . . . erf. h = 57 cm

auf Fe . . . . erf. fe = 54,5 qcm

oder abzüglich der Normalkraft:

$$fe = 54{,}5 \cdot 0{,}25 - \frac{12\,000}{1400} = 5{,}04 \text{ qcm.}$$

Statt der häufigen Umstellung des Schiebers kann man hier besser M auf der linken roten Überteilung einstellen und dadurch den Rechnungsgang abkürzen.

b) Berechnung doppelt bewehrter Rechteckquerschnitte für Biegung mit Axialkraft.

Man errechnet wie vor M_u und verfährt bei der Bemessung genau wie in Beispiel 9 angegeben. Zu dem gefundenen Wert fe addiert man mit entsprechendem Vorzeichen den Wert $(N : \sigma_e)$.

11. Beispiel: In dem Querschnitt der Abb. 20 wirke ein Moment M = 4600 mkg und eine Zugkraft von 5500 kg. Es wird

$$M_u = 4600 - 5500 \cdot 0{,}16 = 3720 \text{ mkg.}$$

Die zugelassenen Randspannungen seien $\sigma_e = 1400$ kg/qcm und $\sigma_b = 65$ kg/qcm,
danach $\sigma_e / \sigma_b = 1400 : 65 = 21{,}55$.

Hierfür ist bei einfacher Bewehrung ein Moment von $M_1 = 2990$ mkg zulässig. (Errechnet wie in Beispiel 9.) Demnach $\Delta M = 3720 - 2990 = 730$ mkg.

Für das zul. M_1 wird $Fe_1 = 34{,}4 \cdot 0{,}20 = 6{,}88$ qcm und $\Delta Fe = \frac{73000}{33 \cdot 1400} = 1{,}58$ qcm.

Unter Berücksichtigung der Normalkraft wird der erf. Zugstahlquerschnitt endgültig

$$fe = 6{,}88 + 1{,}58 + \frac{5500}{1400} = 12{,}39 \text{ qcm.}$$

Für die Druckbewehrung ist $\sigma_e' = \frac{65}{36} \cdot (15 \cdot 33 - 21{,}55 \cdot 3) = 776$ kg/qcm.

$$\text{und } fe' = \frac{73000}{33 \cdot 776} = 2{,}85 \text{ qcm.}$$

VII. Schubsicherung. (Vgl. § 20 der „Bestimmungen".)

In Platten, Rippendecken, Balken, Plattenbalken und Rahmen sind die Schubspannungen τ_0 nachzuweisen.

Die Schubspannung τ_0 ist ohne Rücksicht auf abgebogene Rundstähle oder Bügel bei gleichbleibender Nutzhöhe h zu berechnen aus der Gleichung

$$\tau_0 = \frac{Q}{b_0 \cdot z}.$$

Hierin bedeuten τ_0 bei Rippendecken und Plattenbalken die Stegbreite (bei Platten und Balken die Breite), z den Abstand des Schwerpunktes der Zugstähle vom Druckmittelpunkt und Q die Querkraft.

Die Ausrechnung der Gleichnung $\tau_o = \frac{Q}{b_o \cdot z}$ bietet keine Schwierigkeiten. Unbekannt ist nur (z). Wir ersetzen es mit genügend guter Genauigkeit durch den Wert $\underline{z = 0{,}88 \cdot h}$, sodaß also $\tau_o = \underline{\underline{\frac{Q}{0{,}88 \cdot h \cdot b_o}}}$ gilt.

Über die Ermittlung der für die Schubsicherung maßgebenden Querkräfte (Q) vgl. § 18 der „Bestimmungen".

VIII. Säulen. (Vergleiche § 27 der „Bestimmungen".)

Ausschlaggebend für die Bemessung von Säulen ist das Verhältnis

$$\frac{h_s}{d} = \frac{\text{Säulenhöhe}}{\text{kleinste Dicke}}$$

Man unterscheidet 3 Fälle:

1. $\frac{h_s}{d} \leqq 5$, d. h. sehr gedrungene Säulen (ohne Knickgefahr).
   Die Bewehrung Fe muß mindestens 0,5% des statisch erf. Betonquerschnitts F_b betragen.

2. $5 \leqq \frac{h_s}{d} \leqq 15$, schlanke Säulen ohne Knickgefahr.
   Die Mindestbewehrung wächst bei $\frac{h_s}{d} = 5$ bis 10 von 0,5% bis 0,8% des erf. Betonquerschnitts geradlinig an und bleibt dann bis $h_s : d = 15$ konstant $= 0{,}8\%$.

3. $15 \leqq \frac{h_s}{d} \leqq 40$, schlanke Säulen mit Knickgefahr.
   Die Mindestbewehrung wird mit 0,8% des erf. F_b beibehalten, die Belastung ist jedoch mit einem Beiwert ω, entsprechend der folgenden Tabelle zu multiplizieren.

$h_s : d$	Knickzahl ω *)
15	1,0
20	1,08
25	1,32
30	1,72
35	2,28
40	3,00

Die Tragfähigkeit der Säulen für die mit der Knickzahl ω zu multiplizierende Kraft beträgt

$$P_{zul.} = \frac{K_b \cdot F_b + \sigma_s \cdot Fe}{3}$$

Dabei ist je nach Materialgüte, vgl. DIN 1045 § 27:

	k_b		σ_s
B 120	108	St I	2400
B 160	144	St II	3600
B 225	195	St III	4200
B 300	240	St IV	4200

Weiterhin ist $F_e = 0{,}005$ bis $0{,}008 \cdot F_b = \mu \cdot F_b$

Die erforderliche Säulenquerschnittsfläche wird daher

$$F_b = \frac{3\,P \cdot \omega}{k_b + \mu \cdot \sigma_s}$$

*) Gilt für quadratische und rechteckige Säulen mit einfacher Bügelbewehrung. Zwischenwerte sind geradlinig einzuschalten.

Für die gebräuchlichsten Materialzeiten B 160 und St I sowie $\mu = 0{,}008$ wird

$$F_b = \frac{3 \cdot P \cdot \omega}{144 + 0{,}008 \cdot 2400} = \frac{P \cdot \omega}{48 + 6{,}4} = \frac{P \cdot \omega}{54{,}4}$$

Mindestens sind aber folgende Abmessungen erforderlich:

Kleinste Säulendicke 20 cm (mit Ausnahme von Fenstersäulen und dergleichen und Säulen als Fertigbauteile nach DIN 4225)

Kleinste Dicke der Berechnungsstähle 14 mm (mit Ausnahme von Säulen als Fertigbauteile nach DIN 4225)
Bügelabstand $\leq$ d und $\leq$ 12 mal Dicke der Berechnungsstähle.

Der Berechnungsfaktor μ bezieht sich aber stets auf den statisch erforderlichen Betonquerschnitt und darf nicht größer werden als 3% für B 120 und B 160
6% für B 225 und B 300

Andere Materialzeiten für $\mu = 0{,}008$.
Wenn P die auftretende Belastung der Säule und F_b der erforderliche Säulen- (Beton-) Querschnitt ist, dann wird $F_b = \frac{P \cdot \omega}{C}$, wobei C aus der nachstehenden Tabelle zu entnehmen wäre:

Betongüte	Stahlgüte	C	Stahlgüte	C	Stahlgüte	C
B 120	St I	42,4	—	—	—	—
B 160	St I	54,4	St II	57,6	—	—
B 225	St I	71,4	St II	74,6	St III u. IV	76,2
B 300	St I	86,4	St II	89,6	St III u. IV	91,2

Beispiel:

Es sei die Säulenbelastung $P = 38000$ kg
die Säulenhöhe $h_s = 3{,}85$ m
die Betongüte B 160, die Betonstahlgüte St I
und die Querschnittsseitenlänge $d = 35$ cm

1. Frage: Reicht der vorhandene Querschnitt aus?
2. Frage: Welche Mindestbewehrung ist vorgesehen?

Für die angegebenen Materialgüten wird der Nenner $C = 54{,}4$ der Schlankheitsgrad $\frac{h_s}{d} = 11$, ω also $= 1$,

somit der statisch erforderliche Betonquerschnitt $F_b \text{erf.} = \frac{38000}{54{,}4} = 699 \text{ cm}^2$ und daraus die erforderliche Mindestseitenlänge $\sqrt{699} = 26{,}4$ cm. Der vorhandene Querschnitt ist also mit großer Sicherheit ausreichend. Die erforderliche ~~Berechnung~~ Bewehrung ergibt sich zu $0{,}008 \cdot 699 = 5{,}6 \text{ cm}^2$, entsprechend 4 Ø 14 mm mit $4 \cdot 1{,}54 = 6{,}16$ cm.

Für die Bügel wird Ø 6 mm gewählt und der vorgeschriebene Größtabstand der Bügel ist $12 \cdot 1{,}4 = 16{,}8$ cm.

Anhang.

I. Benützung der Teilungen bei geänderter Verhältniszahl n.

Die Lösungen der bisherigen Aufgaben der Anleitung haben alle nur Gültigkeit für das **Verhältnis** $n = 15$ (vergl. S. 8).

Es können jedoch die Teilungen des Stabes „CASTELL 3/11“ auch für jedes andere Spannungsverhältnis unverändert benutzt werden.

Man verfährt hierbei wie folgt.

1. Es wird nicht mit der vorgeschriebenen oder gewählten Stahlzugspannung (σ_e) gerechnet, sondern mit dem Wert
$$\frac{15}{n} \cdot \sigma_e .$$

2. Der sich bei dieser Rechnung ergebende Rundstahlquerschnitt fe muß ebenfalls mit dem Wert $15 : n$ multipliziert werden.

Die praktische Anwendung soll an dem folgenden Beispiel für
$$n = 10$$
gezeigt werden.

gegeben:	Moment	11 200 mkg
	σ_e	1 200 kg/qcm
	σ_b	70 kg/qcm
	b (Balkenbreite)	28 cm
gesucht:		
	erf. h, fe und x	

Lösung: Man bestimmt zunächst den Wert $\frac{15}{n} = \frac{15}{10} = 1{,}5.$

Sonach ist mit $\sigma_e = 1200 \cdot 1{,}5 = 1800$ kg/qcm zu rechnen und nachher Fe auch mit 1,5 zu multiplizieren.

Einstellung: Auf Teilung A mit dem Läufer 112,00 festhalten, darunter auf A_1 den Wert $b = 28$ rücken. Läufer über das rechte Ende (100) der Teilung A_1 rücken und darunter $\sigma_b = 70$ bringen.

Schiebereinstellung vornehmen.

Den Verhältniswert für $\sigma_e/\sigma_b = \frac{1800}{70} = 25{,}71$ auf der Rückseite des Stabes aufsuchen und unter diesem Wert ablesen:

unter Teilung h . . . . erf. $h = 59{,}5$ cm
" " x . . . . $= 22$ cm
" " Fe (für $b = 100$) . . . . $= 42{,}75$ qcm oder

mit Balkenbreite und geänderter Verhältniszahl (1,5) multipliziert

$$fe = 42{,}75 \cdot 0{,}28 \cdot 1{,}5 = 17{,}96 \text{ qcm.}$$

In der gleichen Art können Aufgaben für jedes beliebige n gelöst werden.

Zulässige Spannungen in kg/cm² nach DIN 1045 § 29 Tafel 5

Bauteile und Beanspruchungsart	Baustoff und Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen					Zeile
			Güteklasse des Betons				
			B 120	B 160*)	B 225*)	B 300*)	
1	2	3	4	5	6	7	8
A. Platten und Balken mit Rechteckquerschnitt auf Biegung	Beton in Platten und Balken mit Rechteckquerschnitt (auch in kreuzweise bewehrten Platten und Pilzdecken)						
	$d \leqq 8$ cm	σ_b	40	50	70	90	1
	$d > 8$ cm	σ_b	40	60	80	100	2
	Stahl in Platten:						
	Betonstahl I	σ_e	1200	1400	1400	1400	3
	Betonstahl II	σ_e	—	2000	2000	2000	4
	Betonstahl III	σ_e	—	2200	2200**)	2200**)	5
	Betonstahl IV	σ_e	—	2200	2400	2400	6
	Stahl in Balken:						
	Betonstahl I	σ_e	1200	1400	1400	1400	7
	Betonstahl II	σ_e	—	1800	1800	1800	8
	Betonstahl III und IV	σ_e	—	—	2000	2000	9
B. Plattenbalken und Rippendecken auf Biegung	Beton bei Berücksichtigung der Spannungen in der Platte	σ_b	40	50	70	90	10
	Werden die Spannungen in der Platte nicht berücksichtigt, so gelten die unter A angegebenen Werte.						
	Beton in Stegen von Plattenbalken und Rippendecken im Bereich der negativen Momente	σ_b	50	70	90	110	11
	Betonstahl I	σ_e	1200	1400	1400	1400	12
	Betonstahl II	σ_e	—	1800	1800	1800	13
	Betonstahl III und IV	σ_e	—	—	2000	2000	14

Bauteile und Beanspruchungsart	Baustoff und Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen					Zeile
			Güteklasse des Betons				
			B 120	B 160*)	B 225*)	B 300*)	
1	2	3	4	5	6	7	8
C. Biegung mit Längskraft bei Platten, Balken mit Rechteckquerschnitt, Plattenbalken, Rahmen, Bogen (wegen der Mindestbewehrung s. § 16,3) und Säulen (auch von Pilzdecken) als Teilen rahmenartiger Tragwerke, wenn diese ausführlich nach der Rahmentheorie berechnet werden, und zwar bei gewöhnlichen Hochbauten unter Annahme ungünstigster Laststellung, bei anderen Bauten außerdem unter Berücksichtigung der Wärmewirkung, des Schwindens und etwaiger Reibungs- und Bremskräfte.	Beton bei						
	a) Rechteckquerschnitten mit einachsiger Biegung	σ_b	—	70	90	110	15
	b) Rechteckquerschn. mit zweiachs. Biegung (Eckspanng.)	σ_b	—	80	100	120	16
	c) Plattenquerschnitten bei Berücksichtigung der Druckspannungen in der Platte.	σ_b	—	60	80	100	17
	Werden die Spannungen in der Platte nicht berücksichtigt oder liegt die Platte in der Zugzone, so gelten die unter a) und b) für Rechteckquerschnitte angegeb. Betonspanng.						
	Stahl in Platten:						
	Betonstahl I	σ_e	—	1400	1400	1400	18
	Betonstahl II	σ_e	—	2000	2000	2000	19
	Betonstahl III	σ_e	—	2200	2200**)	2200**)	20
	Betonstahl IV	σ_e	—	2200	2400	2400	21
	Stahl in anderen Bauteilen:						
	Betonstahl I	σ_e	—	1400	1400	1400	22
	Betonstahl II	σ_e	—	1800	1800	1800	23
	Betonstahl III u. IV	σ_e	—	—	2000	2000	24
D. Schub infolge Biegung	Ohne Nachweis der Schubsicherung:						
	in Platten	τ_o	6	8	9	10	25
	in anderen Bauteilen	τ_o	4	6	7	8	26
	Höchstwerte o. Einrechg. d. Schubbewehrung	max. τ_o	14	16	18	20	27

*) Die angegebenen Stahlspannungen gelten: bei der Betongüte B 160 für Stähle mit einem Ø $\leqq$ 30 mm (7,07 cm²)
bei der Betongüte B 225 für Stähle mit einem Ø $\leqq$ 40 mm (12,57 cm²)
bei der Betongüte B 300 für Stähle mit einem Ø $\leqq$ 50 mm (19,64 cm²).

Bei größeren Durchmessern sind die angegebenen Stahlspannungen um 200 kg/cm² herabzusetzen.

**) Bis auf weiteres können bei Platten mit mehr als 8 cm Dicke und bei Anwendung von Betongüte B 225 oder 300 die mit **) versehenen zulässigen Stahlspannungen (Zeile 5 und 20) um 200 kg/cm² erhöht werden.

Bauteile und Beanspruchungsart	Baustoff und Anwendungsbereich	Zulässige Spannungen	Güteklasse des Betons				Zeile
			B 120	B 160	B 225	B 300	
1	2	3	4	5	6	7	8
E. Verdrehung in Rechteckquerschnitten	Ohne Nachweis der Verdrehungsbewehrung	τ_0	4	5	6	7	28
	Höchstwerte ohne Einrechnung der Verdrehungsbewehrung	max. τ_0	14	16	18	20	29
F. Verdrehung und Schub aus Biegung bei Rechteckquerschnitten	Ohne Nachweis der Verdrehung	τ_0	6	8	9	10	30
	Höchstwerte ohne Einrechnung der Schub- u. Verdrehungsbewehrung	max. τ_0	17	20	23	26	31
G. Haftung der Stahleinlagen in Bauteilen, die auf Biegung beansprucht werden.	Haftspannung	τ_1	4	5	6	8	32

Zulässige Beanspruchungen für Stahlsteindecken nach DIN 1046 § 12, Tafel 3

Decken- Art	Decken- Dicke cm	Erforderliche Würfelfestigkeit W_{28} von Mörtel u. Beton kg/cm²	Zulässige Spannung in kg/cm²: Stein, Mörtel und Beton	Zulässige Spannung in kg/cm²: Betonstahl I	Zulässige Spannung in kg/cm²: Betonstahl II und III	Zeile
1	2	3	4	5	6	7
Leichtsteindachdecken	$\leqq 8$	120	30	1000	—	1
	$= 10$	120	35	1200	—	2
Geschoß- u. Dachdecken	$\geqq 10$	120	45	1200	—	3
	$\geqq 16$	160	45	1400	1800	4

Die Werte der Zeile 4 dürfen nur angewendet werden, wenn die Breite der Mörtelstege mindestens 5 cm beträgt und wenn in jedem Einzelfall durch Versuche nachgewiesen wird, daß die Bruchfestigkeit W_{28} von Mörtel und Beton mindestens 160 kg/cm² ist. Voraussetzung ist ferner, daß die Decke von einem besonders erfahrenen und zuverlässigen Unternehmer ausgeführt wird.