

# **Lehrbuch des Stahlbetonbaues**

**Grundlagen und Anwendungen  
im Hoch- und Brückenbau**

Von

Diplom-Ingenieur

**Prof. Dr. techn. Adolf Pucher**

Graz

**Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage**

**Mit 324 Textabbildungen**



**Wien  
Springer-Verlag**

**1961**

# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Teil.

### Die Grundlagen der Bauweise.

	Seite
Tabellenverzeichnis . . . . .	XII
Einleitung . . . . .	1
A. Die Baustoffe der Stahlbetonbauweise und deren Verarbeitung . . . . .	2
a) Der Stahl . . . . .	2
b) Der Zement . . . . .	3
c) Sand, Kies und Wasser . . . . .	4
d) Die Bereitung des Betons . . . . .	5
e) Die Festigkeit des Betons . . . . .	10
B. Die physikalischen Grundlagen der Stahlbetonbauweise . . . . .	13
a) Die Formänderungen des Stahles . . . . .	13
b) Die bei der Belastung des Betons sofort entstehenden Formänderungen . . . . .	14
c) Die vom Alter des Betons abhängigen Formänderungen . . . . .	18
d) Die Haftung zwischen Beton und Stahl und die Verbundwirkung . . . . .	25
C. Festigkeitslehre des Stahlbetons . . . . .	27
a) Die Begriffe Standsicherheit und Bemessung . . . . .	27
b) Bezeichnungen . . . . .	27
c) Stützen bei mittigem Druck . . . . .	28
1. Stützen mit Bügelbewehrung 29. — 2. Umschnürte Stützen 31. —	
3. Die Knicksicherheit der Stützen 34.	
d) Mittiger Zug . . . . .	46
e) Balken bei symmetrischer Biegung . . . . .	47
1. Die Zustände der Formänderung 48. — 2. Der Rechteckquerschnitt 49. —	
3. Der Rechteckquerschnitt mit Druckbewehrung 55. — 4. Beliebige,	
einfach symmetrische Querschnitte 58. — 5. Der Plattenbalken 60. —	
6. Der Plattenbalken mit Druckbewehrung 67. — 7. Querschnitt mit	
dreieckiger Druckzone 67. — 8. Die graphische Methode bei beliebiger	
Querschnittsform im Zustand II a 68.	
f) Die erweiterte Anwendung der Bemessungsbehelfe . . . . .	69
g) Momentendeckung und Biegebewehrung . . . . .	72
1. Balken mit konstanter Höhe 72. — 2. Balken mit veränderlicher	
Höhe 73.	
h) Schubspannung und Schubbewehrung . . . . .	74
1. Die Schubspannung 74. — 2. Schubkraft und bezogene Schubkraft 76. —	
3. Schubbewehrung 77. — 4. Bewehrung auf Abscheren 80.	
i) Haftspannungen . . . . .	81
k) Verdrehung (Torsion) . . . . .	81
l) Biegung mit Längskraft (große Ausmittigkeit) . . . . .	85
m) Ausmittiger Druck (kleine Ausmittigkeit) . . . . .	92
n) Ausmittiger Zug (kleine Ausmittigkeit) . . . . .	95
o) Schubspannung und Schubbewehrung bei Biegung mit Längskraft . . . . .	96
p) Schiefe Biegung mit und ohne Längskraft . . . . .	97
1. Berechnung nach Zustand I a 97. — 2. Berechnung nach Zustand	
II a 99.	
q) Grundzüge der Theorie der Biegung im plastischen Bereich . . . . .	105
1. Die bei der Biegung maßgebenden physikalischen Grundgesetze 106. —	
2. Die inneren Kräfte 107. — 3. Die Gleichgewichtsbedingungen 109. —	
4. Die Entwicklung von „Bemessungsformeln“ 110. — 5. Die Form-	
änderungslinie und die Bruchstauchung des Betons 111. — 6. Die Bruch-	

	Seite
momente des Rechteckbalkens 114. — 7. Bemessung auf Grund eines Grenzzustandes 117. — 8. Querschnitte mit Druckbewehrung 121. — 9. Diskussion der bisher gewonnenen Ergebnisse 122.	
r) Die Bemessung nach Önorm B 4200, vierter Teil . . . . .	124
1. Die Grundlagen 124. — 2. Die Bemessung bei Biegung 126. — 3. Biegung mit Längskraft 130. — 4. Ausmittiger Druck 135. — 5. Bemerkungen zu den neuen Bemessungstabellen 139.	
s) Die Bemessung nach den Vorschriften anderer Länder . . . . .	140

## Zweiter Teil

### Stahlbeton-Hochbau.

A. Die Formen des Stahlbeton-Hochbaues . . . . .	143
a) Die Stabtragwerke . . . . .	143
1. Die Durchlaufträger 143. — 2. Die Rahmen 143. — 3. Die Fachwerke 143.	
b) Die ebenen Flächentragwerke . . . . .	144
1. Die Platten 144. — 2. Plattenartige Tragwerke 144. — 3. Die Scheiben 145.	
c) Die räumlichen Flächentragwerke . . . . .	145
1. Die Behälter 145. — 2. Die Faltwerke 145. — 3. Die Schalen 146.	
B. Stabtragwerke . . . . .	146
a) Die wichtigsten statischen Methoden für die Stabtragwerke des Stahlbeton-Hochbaues . . . . .	146
1. Der Grundgedanke des <i>Cross</i> -Verfahrens 147. — 2. Der Durchlaufträger 151. — 3. Rahmen mit geraden Stäben und unverschieblichem Netz 158. — 4. Rahmen mit geraden Stäben und verschieblichem Netz mit wenigen Freiheitsgraden 161. — 5. Rahmen mit verschieblichem Netz mit vielen Freiheitsgraden und Rahmen mit gekrümmten Stäben 166. — 6. Rahmen mit Zugbändern 170.	
b) Die Gestaltung der Stabtragwerke . . . . .	171
1. Allgemeine Grundsätze für die Gestaltung der Bewehrung 171. — 2. Die Stützen und deren Grundkörper 173. — 3. Die geraden Träger 175. — 4. Die Rahmen 177. — 5. Feste Gelenke 179. — 6. Dehnfugen und bewegliche Gelenke 181. — 7. Zugbänder 183.	
C. Platten und Scheiben (Ebene Flächentragwerke) . . . . .	184
a) Die Berechnungsmethoden der Platten . . . . .	184
1. Die Näherungsmethoden 185. — 2. Die Theorie elastischer Platten 192.	
b) Die Gestaltung der Platten . . . . .	202
1. Platten mit Hauptbewehrung in einer Richtung 203. — 2. Kreuzbewehrte Platten 205. — 3. Pilzdecken 206. — 4. Plattenartige Tragwerke 207.	
c) Die Berechnungsmethoden der Scheiben . . . . .	209
1. Die Theorie elastischer Scheiben 209. — 2. Das Näherungsverfahren für die tragende Wand 212.	
d) Die Gestaltung der Scheiben . . . . .	214
1. Die Formgebung der Scheiben 214. — 2. Die Bewehrung der Scheiben 215.	
D. Behälter und Schalen. (Räumliche Flächentragwerke) . . . . .	217
a) Die prismatischen Behälter . . . . .	217
1. Die Berechnungsverfahren 217. — 2. Die Gestaltung 222.	
b) Die Berechnungsverfahren der drehsymmetrischen Behälter und Rotationsschalen . . . . .	224
1. Der zylindrische Behälter 224. — 2. Die Membranspannungen der doppelt gekrümmten Rotationsschalen 229. — 3. Die drehsymmetrische Randstörung an der doppelt gekrümmten Rotationsschale 234.	
c) Die Gestaltung der Rotationsschalen und drehsymmetrischen Behälter . . . . .	240
1. Der zylindrische Behälter 240. — 2. Die doppelt gekrümmten Rotationsschalen 241.	
d) Die Schalentragwerke . . . . .	243
1. Die Bauformen der Zylinderschalen 243. — 2. Das Kräftespiel in den Zylinderschalen 247. — 3. Die doppelt gekrümmten Schalen 252.	
Anhang . . . . .	255

## Dritter Teil

Seite

**Massiv-Brückenbau.**

A. Einteilung der Massiv-Brücken . . . . .	258
a) Nach dem Baustoff . . . . .	258
1. Brücken aus Mauerwerk 258. — 2. Brücken aus Beton 259. — 3. Brücken aus Stahlbeton 260.	
b) Nach dem Zweck . . . . .	260
1. Die Straßenbrücken und Fußgängerstege 260. — 2. Eisenbahnbrücken 260. — 3. Brücken für besondere Zwecke 261.	
c) Nach der statischen Kennzeichnung des Haupttragwerkes . . . . .	261
1. Bogen 261. — 2. Rahmen 261. — 3. Balken 261. — 4. Sonderbauweisen 261.	
B. Die für die Massivbrücken maßgebenden Bestimmungen . . . . .	262
C. Die Gliederung der Massivbrücken . . . . .	262
D. Die Fahrbahntafel . . . . .	263
a) Die bauliche Ausgestaltung der Fahrbahn . . . . .	263
1. Die Fahrbahndecke 263. — 2. Radfahr- und Gehwege 264. — 3. Randsteine, Geländer und Entwässerungen 265.	
b) Die Fahrbahnplatte . . . . .	265
1. Platten mit Hauptbewehrung in einer Richtung 266. — 2. Kreuzbewehrte Platten 268.	
c) Die Fahrbahnträger . . . . .	272
1. Die Längsträger 272. — 2. Die Querträger 272.	
E. Die Abstützung der Fahrbahntafel . . . . .	273
a) Fahrbahn oberhalb des Haupttragwerkes . . . . .	273
1. Massive Aufbauten 273. — 2. Aufgelöste Aufbauten 273.	
b) Fahrbahnen unterhalb des Haupttragwerkes . . . . .	275
F. Bogenbrücken . . . . .	276
a) Die Form der Bogenachse . . . . .	276
1. Geometrische und statische Form 276. — 2. Die Ermittlung der Bogenachse als Stützlinie 276.	
b) Die Statik der Stützlinienbogen . . . . .	279
1. Der gelenklose (eingespannte) Bogen 279. — 2. Der Zweigelenkbogen 285. — 3. Der Dreigelenkbogen 287. — 4. Bogen mit stützlinien-naher Achse 288.	
c) Die Einflußlinien der Bogentragwerke . . . . .	290
1. Der gelenklose Bogen 290. — 2. Der Zweigelenkbogen 292. — 3. Der Dreigelenkbogen 293. — 4. Kernpunktmoment-Einflußlinien 293.	
d) Die Verformungsmomente und die Knicksicherheit der Stützlinienbogen . . . . .	294
1. Die elastische Verformung der Stützlinienbogen 294. — 2. Die Verformungsmomente infolge Eigengewicht 296. — 3. Die Knicksicherheit der Stützlinienbogen im elastischen Bereich 299. — 4. Untere Grenzwerte der Knicksicherheit 302. — 5. Obere Grenzwerte der Knicksicherheit 303. — 6. Die Knicksicherheit der Stützlinienbogen im plastischen Bereich 305.	
e) Die Schnittkräfte der Bogen infolge von Querbelastrungen . . . . .	310
1. Die Querbelastrungen und deren Angriffe am Bogentragwerk 310. — 2. Das statisch bestimmte Grundsystem und die Überzähligen 311. — 3. Die Elastizitätsgleichungen und die Schnittkräfte 313.	
f) Gestaltung und Ausführung der Bogenbrücken . . . . .	314
1. Wahl des statischen Systems 314. — 2. Form des Bogenquerschnittes 314. — 3. Bogenstärke und Bogenbreite 315. — 4. Die Herstellung der Bogenbrücken 316.	
G. Balkenbrücken . . . . .	317
a) Statische Systeme der Balkenbrücken . . . . .	317
1. Der Einfeldbalken 317. — 2. Der gelenklose Mehrfeldbalken 319. — 3. Der Gelenkträger (Gerberträger) 321.	
b) Die Gestaltung der Balkenbrücken . . . . .	322
1. Der Brückenquerschnitt 322. — 2. Die Hauptträger 323.	

	Seite
H. Rahmenbrücken . . . . .	324
a) Die statischen Systeme der Rahmenbrücken . . . . .	324
1. Einfeldrige Rahmenbrücken 325. — 2. Mehrfeldrahmen 325.	
b) Die Gestaltung der Rahmenbrücken . . . . .	326
I. Lager, Gelenke und Bewegungsfugen . . . . .	328
a) Feste Lager und Gelenke . . . . .	328
b) Bewegliche Lager . . . . .	330
c) Bewegungsfugen . . . . .	331
Sachverzeichnis . . . . .	333

## Tabellenverzeichnis.

Tab. 1. Festigkeitseigenschaften der Betonstähle . . . . .	2
Tab. 2. Prismenfestigkeiten und Quetschgrenzen nach den deutschen Bestimmungen . . . . .	30
Tab. 3. Knickspannung und Schlankheit für Rechteckquerschnitte . . . . .	39
Tab. 4. Knickmoduli für verschiedene Querschnittsformen bei $E(\sigma)/E_0 = 0,3$ und $0,5$ (Biegungsdruckspannung oben) . . . . .	40
Tab. 5. Knickzahl $\omega$ nach den deutschen Bestimmungen (Sicherheit $s = 3$ ) . . . . .	43
Tab. 6. Knickzahlen $\omega$ nach Önorm B 4200, 4. Teil (Sicherheit $s = 2,5$ ) . . . . .	43
Tab. 7. Bemessung der Stahlbeton-Säulen auf Knickung nach den deutschen Bestimmungen (nach <i>Dohmke</i> ) . . . . .	45
Tab. 8. Bemessung der Stahlbeton-Säulen auf Knickung nach der Önorm B 4200, 4. Teil (nach <i>Dohmke</i> ) . . . . .	45
Tab. 9. Abhängigkeit des $\sigma_e$ vom Bewehrungsverhältnis und von der zuzulassenden Betonzugspannung . . . . .	47
Tab. 10. Biegung des Rechteckquerschnittes (Zustand IIa, $n = 15$ ) . . . . .	53
Tab. 11. Biegung des Plattenbalken-Querschnittes (Zustand IIa, $n = 15$ ) . . . . .	65
Tab. 12. Verdrehungsspannungen des Rechteckes im Zustand Ia . . . . .	82
Tab. 13. Rechteck bei Biegung mit Längskraft ( $\sigma_b$ maßgebend). (Zustand IIa, $n = 15$ ) . . . . .	90
Tab. 14. Rechteck, symmetrisch bewehrt, bei ausmittigem Druck (Zustand Ia, $n = 15$ ) . . . . .	94
Tab. 15. Schiefe Biegung des Rechteckquerschnittes (Zustand IIa, $n = 15$ ) . . . . .	102
Tab. 16. Rechteck bei Biegung und Biegung mit Längskraft, Zustand IIb: $\sigma_b = \sigma_p \epsilon_b / \epsilon_p (2 - \epsilon_b / \epsilon_p)$ nach Önorm B 4200, 4. Teil für B 225, B 300, B 400; $\epsilon_p = 2,0\text{‰}$ . . . . .	127
Tab. 17. Rechteck bei Biegung und Biegung mit Längskraft, Zustand IIb; $\sigma_b = \sigma_p \epsilon_b / \epsilon_p (2 - \epsilon_b / \epsilon_p)$ nach Önorm B 4200, 4. Teil für B 160, $\epsilon_p = 1,5\text{‰}$ . . . . .	128
Tab. 18. Rechteck bei Biegung mit Längskraft ( $\sigma_p$ maßgebend), nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren) . . . . .	131
Tab. 18a. Stahlspannungen $\sigma_e$ zu Tab. 18 nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren) . . . . .	132
Tab. 19. Rechteck bei Biegung mit Längskraft ( $\sigma_p$ maßgebend), für Beton B 225, B 300, B 400 und Torstahl 40 nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren) . . . . .	134
Tab. 20. Rechteck bei ausmittigem Druck, symmetrisch bewehrt, für Beton B 225, B 300, B 400 und Torstahl 40 nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren) . . . . .	136
Tab. 21. $\kappa$ - und $\lambda$ -Werte zur Ermittlung der Bruchmomente . . . . .	141
Tab. 22. Stützmomente und Auflagerkräfte des gelenklosen Mehrfeldträgers mit gleichen Stützweiten, konstantem Trägheitsmoment und frei drehbarer Lagerung . . . . .	153
Tab. 23. Trägheitsmoment und Schwerpunkt des Plattenbalkens (Zustand Ia) . . . . .	156
Tab. 24. Hilfswerte zur näherungsweise Berechnung kreuzbewehrter Platten . . . . .	186
Tab. 25. Feld- und Stützmomente der kreuzbewehrten Rechteckplatten unter Gleichlast $q = \text{const.}$ . . . . .	188
Tab. 26. Grenzwerte des Hebelarmes $z$ der inneren Kräfte der tragenden Wand . . . . .	214
Tab. 27. Raumgewichte und Reibungswinkel von Schüttgütern . . . . .	221
Tab. 28. Im Stahlbetonhochbau zulässige Spannungen in $\text{kg/cm}^2$ nach DIN 1045 . . . . .	255
Tab. 29. Im Stahlbetonhochbau zulässige Spannungen in $\text{kg/cm}^2$ nach Önorm B 4200, 4. Teil ( $n$ -Verfahren) . . . . .	257
Tab. 30. Knicksicherheit parabolischer Stützlinienbogen mit $J \cdot \cos \varphi = \text{const.}$ . . . . .	303