

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 Bemessungsbefehle	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 ω nach den deutschen Bestimmungen (Sicherheit $s = 3$)	43
Tab. 6. Knickzahlen ω 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 σ_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 (σ_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 (σ_p maßgebend), nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren)	131
Tab. 18a. Stahlspannungen σ_e zu Tab. 18 nach Önorm B 4200, 4. Teil (Traglastverfahren)	132
Tab. 19. Rechteck bei Biegung mit Längskraft (σ_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. κ - und λ -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 kg/cm^2 nach DIN 1045	255
Tab. 29. Im Stahlbetonhochbau zulässige Spannungen in 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