

Karl Heinz Holst

# Brücken aus Stahlbeton und Spannbeton

Entwurf, Konstruktion und Berechnung

4. Auflage

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Berechnungsgrundlagen für Brückenbauwerke</b> .....	<b>3</b>
1.1 Bautechnische Regelwerke und Vorschriften .....	3
1.1.1 Genehmigungspflichtige Bauten .....	3
1.1.2 Bauten im Bereich der Straßenbauverwaltung des Bundes und der Länder ..	4
1.1.3 Bauten im Bereich der Deutschen Bahn AG .....	5
1.1.4 Vorschriften für den Brückenbau .....	5
1.2 Belastung für Straßenbrücken nach DIN 1072 .....	7
1.2.1 Einteilung der Lasten .....	7
1.2.2 Hauptlasten .....	8
1.2.3 Zusatzlasten .....	13
1.2.4 Sonderlasten .....	16
1.2.5 Besondere Nachweise nach DIN 1072 .....	17
1.3 Belastung der Straßenbrücken durch militärische Fahrzeuge .....	19
1.4 Belastung der Eisenbahnbrücken nach DS 804 .....	21
1.4.1 Einteilung der Lasten .....	21
1.4.2 Hauptlasten .....	23
1.4.3 Zusatzlasten .....	28
1.4.4 Sonderlasten .....	32
1.5 Belastung für Fußgängerbrücken .....	34
1.6 Rechnerische Auswertung der Verkehrslasteinflüsse .....	34
1.6.1 Belastungsprinzip .....	34
1.6.2 Verkehrslast und Einflußlinie .....	35
1.6.3 Verkehrslast und Einflußfeld .....	38
<b>2 Gestaltung der Brückenbauwerke</b> .....	<b>45</b>
2.1 Gestaltungsmerkmale .....	45
2.2 Querschnittsgestaltung .....	46
2.2.1 Bedeutung der Querschnittsform .....	46
2.2.2 Plattenquerschnitte .....	47
2.2.3 Plattenbalkenquerschnitte .....	49
2.2.4 Hohlkastenquerschnitte .....	51
2.3 Längsschnittgestaltung .....	54
2.3.1 Balkenbrücken .....	54
2.3.2 Rahmenbrücken .....	58
2.3.3 Bogenbrücken .....	60
2.3.4 Fachwerkbrücken .....	65
2.3.5 Durchlässe .....	65

<b>3</b>	<b>Bauliche Belange der Verkehrslastträger</b> . . . . .	<b>71</b>
3.1	Straßenseitige Situation . . . . .	71
3.1.1	Brückenlänge und Wahl der Stützweite . . . . .	71
3.1.2	Wahl der Querschnittsbreiten . . . . .	78
3.1.3	Bauhöhe, Konstruktionshöhe und lichte Höhe . . . . .	81
3.2	Eisenbahnseitige Situation . . . . .	87
3.2.1	Problemstellung des Eisenbahnbrückenbaues . . . . .	87
3.2.2	Statische und gestalterische Überlegungen . . . . .	88
3.2.3	Querschnittsaufteilung, Konstruktionshöhe und Lichtraumverhältnisse . . . . .	90
3.3	Erfordernisse der Entwurfsbearbeitung . . . . .	94
3.3.1	Aufgabe des Bauwerksentwurfes . . . . .	94
3.3.2	Bestandteile des Bauwerksentwurfes . . . . .	94
<b>4</b>	<b>Überbauten von Brückenbauwerken</b> . . . . .	<b>99</b>
4.1	Entwicklung der Tragsysteme im Überbau . . . . .	99
4.2	Berechnungsgrundlagen für Überbauten . . . . .	101
4.2.1	Tragverhalten von Plattentragwerken . . . . .	101
4.2.1.1	Plattensysteme . . . . .	101
4.2.1.2	Rechtwinklige, zweiseitig gestützte Einfeldplatten . . . . .	102
4.2.1.3	Schiefwinklige, zweiseitig gestützte Einfeldplatten . . . . .	114
4.2.1.4	Berechnungsbeispiel einer schiefwinkligen Einfeldplatte . . . . .	129
4.2.1.5	Durchlaufende Plattensysteme . . . . .	141
4.2.2	Tragverhalten von Balkentragwerken . . . . .	146
4.2.2.1	Biegemomente in der Fahrbahnplatte . . . . .	146
4.2.2.2	Lastaufteilung auf die Hauptträger . . . . .	150
4.2.2.3	Beanspruchungen der Hauptträger . . . . .	168
4.2.3	Schnittgrößen aus äußerer Belastung . . . . .	178
4.2.4	Vorgespannte Tragwerke im Gebrauchszustand . . . . .	180
4.2.4.1	Vorspannart und Vorspanngrad . . . . .	180
4.2.4.2	Schnittgrößen unter Vorspannung . . . . .	181
4.2.4.3	Erforderliche Vorspannkraft . . . . .	189
4.2.4.4	Spannkraft und Spannweg . . . . .	190
4.2.4.5	Verluste aus Kriechen und Schwinden . . . . .	198
4.3	Bemessung der Betonbauteile . . . . .	200
4.3.1	Erforderliche Nachweise . . . . .	200
4.3.2	Vorgespannte Betonbauteile . . . . .	201
4.3.2.1	Bemessungskonzept . . . . .	201
4.3.2.2	Nachweis der Gebrauchsfähigkeit . . . . .	203
4.3.2.3	Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand . . . . .	210
4.3.2.4	Nachweis der Schubbeanspruchung . . . . .	213
4.3.2.5	Spannkrafteinleitung . . . . .	217
4.3.2.6	Koppelfugen . . . . .	220
4.3.3	Schlaff bewehrte Betonbauteile . . . . .	226
4.3.4	Spannungsnachweis bei nicht vorwiegend ruhender Belastung . . . . .	228
4.4	Grundsätze der baulichen Durchbildung . . . . .	229
4.4.1	Mindestbewehrung . . . . .	229
4.4.2	Anordnung der Spannbewehrung . . . . .	232
4.4.3	Querschnittsrandskappen . . . . .	242
4.4.3.1	Kappen von Straßenbrücken . . . . .	242
4.4.3.2	Kappen von Eisenbahnbrücken . . . . .	245

4.5	Berechnungsbeispiele. . . . .	247
4.5.1	Bemessung einer schlaff bewehrten Fahrbahnplatte. . . . .	247
4.5.2	Bemessung einer vorgespannten Fahrbahnplatte. . . . .	250
4.5.2.1	Biegemomente und Querschnittswerte. . . . .	250
4.5.2.2	Lastfall Vorspannung. . . . .	251
4.5.2.3	Nachweis der Gebrauchsfähigkeit. . . . .	256
4.5.2.4	Nachweis für den rechnerischen Bruchzustand. . . . .	261
4.5.2.5	Nachweis der Schubsicherung. . . . .	262
4.5.2.6	Einleitung der Spannkkräfte. . . . .	264
4.5.2.7	Schlaffe Bewehrung und Bewehrungsskizzen. . . . .	265
4.5.3	Spanngliedführung einer Fahrbahnplatte als Durchlaufträger. . . . .	268
4.5.3.1	System, Biegemomente und Querschnittswerte. . . . .	268
4.5.3.2	Lastfall Vorspannung für eine parabolische Spanngliedführung. . . . .	269
4.5.3.3	Lastfall Vorspannung für eine allgemeine Spanngliedführung. . . . .	274
<b>5</b>	<b>Widerlager von Brückenbauwerken. . . . .</b>	<b>280</b>
5.1	Form, Aufgabe und Zweckbestimmung der Widerlager. . . . .	280
5.2	Konstruktion und Tragverhalten der Widerlager. . . . .	282
5.2.1	Konstruktionsformen. . . . .	282
5.2.1.1	Einfache Widerlagerstützwand. . . . .	282
5.2.1.2	Kastenförmiges Widerlager. . . . .	283
5.2.1.3	Einzelheiten der Konstruktion. . . . .	287
5.2.2	Tragverhalten eines Widerlagers. . . . .	293
5.2.2.1	Einfache Widerlagerwand. . . . .	293
5.2.2.2	Kastenförmiges Widerlager. . . . .	298
5.3	Berechnung eines Widerlagers. . . . .	310
5.3.1	Belastungsannahmen. . . . .	310
5.3.1.1	Belastungseinflüsse aus dem Überbau. . . . .	310
5.3.1.2	Belastungseinflüsse aus dem Erddruck. . . . .	312
5.3.1.3	Widerlagersystem und Belastung. . . . .	315
5.3.1.4	Schrammbordstoß an der Flügelwand. . . . .	317
5.3.2	Nachweis der Standsicherheit. . . . .	319
5.3.3	Bemessung und Bewehrungsführung. . . . .	322
5.3.3.1	Bemessungsgrundsätze. . . . .	322
5.3.3.2	Mindestbewehrung. . . . .	323
5.3.3.3	Bewehrungsführung in der Widerlagerwand. . . . .	325
5.3.3.4	Bewehrungsführung in der Flügelwand. . . . .	327
5.3.3.5	Bewehrungsführung im Fundament. . . . .	329
5.4	Berechnungsbeispiele. . . . .	330
5.4.1	Ermittlung der Standsicherheit eines schiefwinkligen Widerlagers. . . . .	330
5.4.1.1	System und Abmessungen. . . . .	330
5.4.1.2	Belastung. . . . .	331
5.4.1.3	Ermittlung der Bodenpressungen. . . . .	333
5.4.1.4	Ermittlung der Gleitsicherheit. . . . .	347
5.4.2	Bemessung einer einfachen Widerlagerstützwand. . . . .	348
5.4.2.1	System und Abmessungen. . . . .	348
5.4.2.2	Belastungsannahmen. . . . .	349
5.4.2.3	Biegebeanspruchungen und Bemessung. . . . .	353

<b>6</b>	<b>Stützen und Pfeiler</b> . . . . .	366
6.1	Konstruktion und Gestaltung . . . . .	366
6.1.1	Stützen . . . . .	366
6.1.2	Pfeiler . . . . .	370
6.2	Berechnung und Bemessung . . . . .	373
6.2.1	Zum Tragverhalten von Stahlbetondruckgliedern . . . . .	373
6.2.2	Knicksicherheitsnachweis nach DIN 1045 . . . . .	378
6.2.3	Bemessungserfordernisse . . . . .	379
6.3	Berechnungsbeispiele . . . . .	382
6.3.1	Rechteckstütze mit Knicksicherheitsnachweis (Näherungslösung) . . . . .	382
6.3.2	Rechteckstütze mit Fahrzeuganpralllast . . . . .	387
6.3.3	Rechteckstütze mit Knicksicherheitsnachweis nach Theorie II. Ordnung . . . . .	391
<b>7</b>	<b>Brückenlager</b> . . . . .	395
7.1	Begriffe, Einteilungen, Symbole . . . . .	395
7.2	Statische und kinematische Situation eines Lagers . . . . .	398
7.2.1	Einwirkungen auf die Lager . . . . .	398
7.2.2	Haupt- und Nebenschnittgrößen . . . . .	399
7.3	Konstruktion und Lagerungsplan . . . . .	401
7.3.1	Bauliche Durchbildung der Lager . . . . .	401
7.3.2	Auflagerbank . . . . .	403
7.3.3	Lagerungsplan . . . . .	405
7.4	Lagerarten . . . . .	407
7.4.1	Feste Lager . . . . .	407
7.4.1.1	Kipplager . . . . .	407
7.4.1.2	Topflager . . . . .	408
7.4.1.3	Kalottenlager . . . . .	409
7.4.1.4	Horizontalkraftlager . . . . .	409
7.4.1.5	Stahlbetongelenk . . . . .	410
7.4.2	Bewegliche Lager . . . . .	411
7.4.2.1	Rollenlager . . . . .	411
7.4.2.2	Gleitlager . . . . .	412
7.4.3	Elastomerverformungslager . . . . .	414
<b>8</b>	<b>Fahrbahnübergänge und Brückengeländer</b> . . . . .	421
8.1	Fahrbahnübergänge . . . . .	421
8.1.1	Problemstellung und Berechnungsansätze . . . . .	421
8.1.2	Konstruktionsformen . . . . .	422
8.2	Brückengeländer . . . . .	426
<b>9</b>	<b>Brückenentwässerung</b> . . . . .	429
9.1	Anforderungen . . . . .	429
9.2	Anordnung der Brückenabläufe . . . . .	430
9.3	Abführung des Oberflächenwassers . . . . .	431
<b>10</b>	<b>Lehrgerüste</b> . . . . .	433
10.1	Aufgaben und allgemeine Anforderungen . . . . .	433
10.2	Baustoffe und Bauelemente . . . . .	434
10.2.1	Schalhaut und Schalung . . . . .	434

10.2.2	Bauelemente aus Holz	436
10.2.3	Bauelemente aus Stahl	438
10.2.3.1	Gerüstrohre und ihre Verbindungsmittel	438
10.2.3.2	Walzprofilträger	439
10.2.3.3	Rüstträgersysteme	440
10.2.3.4	Rahmenstützensysteme	445
10.3	Bauliche Durchbildung der Traggerüste	448
10.3.1	Einteilung der Gerüste	448
10.3.2	Konstruktive Anordnung der Verbände	450
10.3.2.1	Allgemeine Anforderungen	450
10.3.2.2	Verbände im Rüstträgergerüst	450
10.3.2.3	Verbände im Holzträgergerüst	454
10.3.3	Besonderheiten für Traggerüste von Spannbetonbrücken	454
10.4	Berechnungsgrundlagen	456
10.4.1	Sicherheiten	456
10.4.2	Belastungseinflüsse aus Haupt- und Zusatzlasten	457
10.4.3	Nachweis der Horizontalkräfte	459
10.4.3.1	Berücksichtigung geometrischer Ungenauigkeiten	459
10.4.3.2	Schubsteifigkeit einer Verbandscheibe	459
10.4.3.3	Berechnung des Wind- und Aussteifungsverbandes	463
10.4.3.4	Berechnung der lotrechten Verbände	468
10.4.3.5	Einzelnachweise	470
10.4.4	Verformung der Traggerüste	471
10.4.5	Gründungen	472
10.4.6	Zulässige Widerstände im Lehrgerüstbau	472
10.5	Schalungs- und Obergerüst	473
10.5.1	Konstruktive Durchbildung	473
10.5.2	Schalungsdruck	477
10.6	Traggerüstbauweisen	480
10.6.1	Entwicklung des Lehrgerüstbaues	480
10.6.2	Traggerüste von Bogenbrücken	481
10.6.3	Traggerüste von Balkenbrücken	486
10.6.3.1	Stationäre Einrüstungen	486
10.6.3.2	Bauweise durch Verfahren der Gerüste	488
10.6.3.3	Vorschubgerüstbauweise	489
10.6.3.4	Taktschiebeverfahren	498
10.6.3.5	Freivorbauweise	501
10.7	Fertigteilbauweise	507
10.8	Berechnungsbeispiele	510
10.8.1	Traggerüst als Rüstträgergerüst	510
10.8.1.1	Aufgabenstellung, System und Abmessungen	510
10.8.1.2	Tragfähigkeitsnachweis Feld 1 und Feld 3	511
10.8.1.3	Darstellung	521
10.8.2	Traggerüst als Lastturmgerüst	523
10.8.2.1	Aufgabenstellung, System und Abmessungen	523
10.8.2.2	Tragfähigkeitsnachweis	524
10.8.2.3	Darstellung	530

Nachwort ..... 532

Literaturverzeichnis ..... 534

Bildnachweis ..... 537

Stichwortverzeichnis ..... 538