

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur sechsten Auflage</b> .....	V
<b>Aus dem Vorwort zur ersten Auflage</b> .....	VI
<b>Einführung</b> .....	1
<b>1 Berechnungsgrundlagen für Brückenbauwerke</b> .....	3
1.1 Bauten im Bereich öffentlicher Nutzung .....	3
1.1.1 Genehmigungspflicht und Zulassungsverfahren .....	3
1.1.2 Bauten im Bereich der Straßenbauverwaltung des Bundes und der Länder .....	5
1.1.3 Bauten im Bereich der Eisenbahnen des Bundes und der Länder .....	6
1.1.4 Grundbegriffe der Tragwerksplanung .....	7
1.1.4.1 Einwirkungen .....	7
1.1.4.2 Grenzzustände und Einwirkungskombinationen .....	9
1.1.5 Vorschriften und Bautechnische Regelwerke .....	10
1.2 Einwirkungen aus dem Straßenverkehr .....	12
1.2.1 Zuordnung des Straßenverkehrs .....	12
1.2.2 Vertikallasten, charakteristische Werte .....	14
1.2.2.1 Ständige Lasten .....	14
1.2.2.2 Verkehrsregellasten .....	14
1.2.3 Horizontallasten, charakteristische Werte .....	16
1.2.4 Einwirkungen für Ermüdungsberechnungen .....	17
1.2.5 Außergewöhnliche Einwirkungen .....	19
1.2.6 Sonstige Einwirkungen .....	22
1.2.7 Ermittlung von Verkehrsbelastungen für Straßenbrücken .....	23
1.2.8 Einwirkungskombinationen für die Grenzzustände .....	24
1.2.8.1 Verkehrslastmodelle und zeitlich gleiche andere Einwirkungen .....	24
1.2.8.2 Kombinationsfaktoren $\psi$ für Straßenbrücken .....	25
1.2.8.3 Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma$ für Straßenbrücken .....	26
1.3 Einwirkungen aus militärischem Fahrzeugverkehr .....	27
1.4 Einwirkungen aus dem Eisenbahnverkehr und -betrieb .....	31
1.4.1 Übersicht .....	31
1.4.2 Vertikallasten, charakteristische Werte .....	31
1.4.2.1 Statische Lastanteile .....	31
1.4.2.2 Verteilung der Achslasten durch Schienen, Schwellen und Schotter .....	34
1.4.3 Dynamische Einwirkungen .....	35
1.4.3.1 Ursache und Wirkung .....	35
1.4.3.2 Dynamische Beiwerte .....	36
1.4.3.3 Resonanz oder übermäßige Schwingung .....	40
1.4.4 Horizontallasten, charakteristische Werte .....	43
1.4.4.1 Einwirkungen aus Zentrifugallasten .....	43
1.4.4.2 Einwirkungen aus Seitenstoß (Schlingerkraft) .....	45
1.4.4.3 Einwirkungen aus Anfahren und Bremsen .....	45
1.4.5 Längsgerichtete Einwirkungen .....	46
1.4.5.1 Leitlinien für die Untersuchung der Interaktion zwischen Brückenüberbau und Schienenoberbau .....	46

1.4.5.2	Berechnungswerte des Gleises .....	49
1.4.5.3	Vereinfachtes Nachweisverfahren für einteilige Überbauten .....	50
1.4.6	Druck-Sog-Einwirkungen aus Zugverkehr (aerodynamische Einwirkungen) .....	53
1.4.7	Einwirkungen für Ermüdungsberechnungen .....	56
1.4.8	Außergewöhnliche Einwirkungen des Eisenbahnverkehrs .....	58
1.4.9	Sonstige Einwirkungen .....	61
1.4.10	Ermittlung von Verkehrsbelastungen für Eisenbahnbrücken .....	62
1.4.11	Einwirkungskombinationen für die Grenzzustände .....	65
1.4.11.1	Verkehrslastmodelle und zeitlich gleiche andere Einwirkungen .....	65
1.4.11.2	Kombinationsfaktoren $\psi$ für Eisenbahnbrücken .....	67
1.4.11.3	Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma$ für Eisenbahnbrücken .....	67
1.5	Einwirkungen aus dem Fußgänger- und Radwegverkehr .....	67
1.5.1	Vertikale Lasten, charakteristische Werte .....	67
1.5.2	Horizontale Lasten, charakteristische Werte .....	68
1.5.3	Außergewöhnliche Einwirkungen .....	69
1.5.4	Sonstige Einwirkungen .....	69
1.5.5	Ermittlung von Verkehrsbelastungen für Fußgänger- und Radwegbrücken .....	69
1.5.6	Einwirkungskombinationen für die Grenzzustände .....	70
1.6	Einwirkungen aus Änderungen der Stützungsbedingungen .....	71
1.7	Einwirkungen aus Windlasten .....	73
1.7.1	Allgemeine Zusammenhänge .....	73
1.7.2	Windkräfte bei Brücken .....	76
1.7.2.1	Nachweisverfahren nach DIN EN 1991-1-4 .....	76
1.7.2.2	Vereinfachtes Nachweisverfahren nach DIN EN 1991-1-4/NA .....	78
1.8	Temperatureinwirkungen .....	81
1.8.1	Begriffe und Formelzeichen .....	81
1.8.2	Temperatureinwirkungen auf Brückenbauwerke .....	82
1.8.2.1	Konstanter Temperaturanteil, charakteristische Werte .....	82
1.8.2.2	Linearer Temperaturunterschied, charakteristische Werte .....	84
1.8.2.3	Gleichzeitigkeit von Temperatureinwirkungen .....	87
1.8.3	Temperatureinwirkungen auf Brückenpfeiler .....	87
1.8.4	Kombination für die Grenzzustände .....	87
1.9	Schnittkräfte aus Einwirkungen infolge vertikaler Verkehrslast .....	87
1.9.1	Belastungsprinzip .....	87
1.9.2	Verkehrslast und Einflusslinie .....	88
1.9.3	Verkehrslast und Einflussfeld .....	90
1.10	Berechnungsbeispiele .....	94
1.10.1	Ermittlung einer Windkraft .....	94
1.10.2	Ermittlung eines Biegemomentes eines Balkentragwerkes .....	95
1.10.3	Ermittlung eines Biegemomentes eines Flächentragwerkes .....	96
1.10.4	Ermittlung der charakteristischen Werte der Einwirkungen und der Verkehrslastgruppen für eine Eisenbahnbrücke .....	99
1.10.4.1	System, Abmessungen und Vorwerte .....	100
1.10.4.2	Charakteristische Werte der Vertikallasten .....	102
1.10.4.3	Charakteristische Werte der Horizontallasten .....	106
1.10.4.4	Charakteristische Werte der außergewöhnlichen Einwirkungen .....	113
1.10.4.5	Maßgebende Schnittgrößen .....	114
1.10.4.6	Ermittlung der Verkehrslastgruppen .....	116

<b>2</b>	<b>Gestaltung der Brückenbauwerke</b>	119
2.1	Gestaltungsmerkmale	119
2.2	Querschnittsgestaltung	120
2.2.1	Bedeutung der Querschnittsform	120
2.2.2	Plattenquerschnitte	121
2.2.3	Plattenbalkenquerschnitte	123
2.2.4	Hohlkastenquerschnitte	126
2.3	Längsschnittgestaltung	130
2.3.1	Balkenbrücken	130
2.3.2	Rahmenbrücken	133
2.3.3	Integrale Brücken	136
2.3.4	Bogenbrücken	137
2.3.5	Fachwerkbrücken	142
2.3.6	Durchlässe	142
<b>3</b>	<b>Planungsgrundlagen der Verkehrslastträger</b>	149
3.1	Planung von Straßenbrücken	149
3.1.1	Brückenlänge und Wahl der Stützweite	149
3.1.2	Wahl der Querschnittsbreiten	157
3.1.3	Bauhöhe, Konstruktionshöhe und lichte Höhe	162
3.1.3.1	Lichter Raum	162
3.1.3.2	Erforderliche Bauhöhe	163
3.1.4	Brückenende und Übergang zur Straßentrasse	168
3.2	Planung von Eisenbahnbrücken	171
3.2.1	Problemstellung des Eisenbahnbrückenbaus	171
3.2.2	Überlegungen zur Gestaltung der Bauwerke	173
3.2.3	Eisenbahnspezifische Konstruktionsanforderungen	175
3.2.3.1	Vorgaben nach EBO	175
3.2.3.2	Eisenbahnseitige Erfordernisse im Quer- und Längsschnitt	176
3.2.3.3	Abdichtung der Fahrbahntafel	180
3.2.4	Bauhöhe, Konstruktionshöhe und lichte Höhe	183
3.2.4.1	Lichter Raum	183
3.2.4.2	Erforderliche Bauhöhe	186
3.2.5	Konstruktionsbesonderheiten zur Abtragung längsgerichteter Kräfte	187
3.2.6	Feste Fahrbahnen	191
3.2.6.1	Streckenquerschnitt	191
3.2.6.2	Feste Fahrbahnen auf Brücken	193
3.2.7	Brücken in der Hochgeschwindigkeitsstrecke Köln-Frankfurt	196
3.2.8	Brückenende und Übergang zur Eisenbahntrasse	199
3.3	Erfordernisse der Entwurfsplanung	201
3.3.1	Bedeutung eines Bauentwurfes	201
3.3.2	Einzelheiten der Entwurfsbearbeitung	203
<b>4</b>	<b>Lehrgerüste</b>	209
4.1	Aufgaben und allgemeine Anforderungen	209
4.2	Baustoffe und Bauelemente	210
4.2.1	Schalhaut und Schalung	210
4.2.2	Bauelemente aus Holz	212
4.2.3	Bauelemente aus Stahl	214
4.2.3.1	Gerüstrohre und ihre Verbindungsmittel	214
4.2.3.2	Walzprofilträger	215
4.2.3.3	Rüstträgersysteme	216

4.2.3.4	Rahmenstützensysteme .....	221
4.3	Bauliche Durchbildung der Traggerüste .....	223
4.3.1	Einteilung der Gerüste .....	223
4.3.2	Konstruktive Anordnung der Verbände .....	225
4.3.2.1	Allgemeine Anforderungen .....	225
4.3.2.2	Verbände im Rüstträgergerüst .....	226
4.3.2.3	Verbände im Holzträgergerüst .....	229
4.3.3	Besonderheiten für Traggerüste von Spannbetonbrücken .....	229
4.4	Berechnungsgrundlagen .....	232
4.4.1	Sicherheiten .....	232
4.4.2	Einwirkungen aus vertikalen und horizontalen Lasten .....	232
4.4.3	Nachweis der Horizontalkräfte .....	235
4.4.3.1	Berücksichtigung von Imperfektionen .....	235
4.4.3.2	Schubsteifigkeit einer Verbandsscheibe .....	236
4.4.3.3	Berechnungen des Wind- und Aussteifungsverbandes .....	240
4.4.3.4	Berechnungen der lotrechten Verbände .....	242
4.4.4	Verformung der Traggerüste .....	244
4.4.5	Gründungen .....	245
4.5	Schalungs- und Obergerüst .....	245
4.5.1	Konstruktive Durchbildung .....	245
4.5.2	Schalungsdruck .....	249
4.6	Berechnungsbeispiel: Traggerüst als Rüstträgergerüst .....	252
4.6.1	System, Aufgabenstellung und Abmessungen .....	252
4.6.2	Nachweis der Rüstträgerbeanspruchung Feld 1 und Feld 3 .....	253
4.6.3	Nachweis der horizontalen Einwirkungen .....	256
4.6.4	Darstellung .....	261
4.7	Traggerüstbauweisen .....	263
4.7.1	Entwicklung des Lehrgerüstbaus .....	263
4.7.2	Traggerüste von Bogenbrücken .....	264
4.7.3	Traggerüste von Balkenbrücken .....	272
4.7.3.1	Stationäre Einrüstungen .....	272
4.7.3.2	Bauweise durch Verfahren der Gerüste .....	274
4.7.3.3	Vorschubgerüstbauweise .....	275
4.7.3.4	Taktschiebeverfahren .....	281
4.7.3.5	Freivorbauweise .....	285
<b>5</b>	<b>Überbauten der Brückenbauwerke .....</b>	<b>291</b>
5.1	Entwicklung der Tragsysteme im Überbau .....	291
5.2	Berechnungsgrundlagen für Überbauten .....	293
5.2.1	Tragverhalten von Plattentragwerken .....	293
5.2.1.1	Plattensysteme .....	293
5.2.1.2	Rechtwinklige, zweiseitig gestützte Platten .....	294
5.2.1.3	Schiefwinklige, zweiseitig gestützte Platten .....	303
5.2.1.4	Berechnungshilfen zur Momentenermittlung .....	318
5.2.1.5	Beispiele zur Plattenberechnung .....	319
5.2.2	Tragverhalten von Balkentragwerken .....	339
5.2.2.1	Biegemomente in der Fahrbahnplatte .....	339
5.2.2.2	Lastaufteilung auf die Hauptträger .....	342
5.2.2.3	Beanspruchungen in den Hauptträgern .....	368
5.2.3	Maßgebende Schnittgrößen aus äußeren Einwirkungen .....	378
5.2.4	Schnittgrößen aus Vorspannung .....	382
5.2.4.1	Vorspannarten .....	382

5.2.4.2	Vorspannung mit internen Spanngliedern .....	384
5.2.4.3	Vorspannung mit externen Spanngliedern .....	399
5.2.5	Vorgespannte Tragwerke im Gebrauchszustand .....	408
5.2.5.1	Vorspannziele und Vorspanngrad .....	408
5.2.5.2	Mittelwert der Vorspannkraft .....	409
5.2.5.3	Erforderliche Vorspannkraft .....	411
5.2.5.4	Spannkraft und Spannweg .....	413
5.2.5.5	Spannkraftverluste aus Kriechen und Schwinden des Betons sowie Relaxation des Spannstahls .....	421
5.3	Bemessung der Betonbauteile .....	429
5.3.1	Bemessungskonzept der DIN-EN 1992-2/NA, 1991-1-1/NA .....	429
5.3.1.1	Charakteristische Werte der Einwirkungsseite .....	429
5.3.1.2	Charakteristische Werte der Widerstandsseite .....	431
5.3.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung und Längskraft .....	436
5.3.2.1	Nutzungsbereiche der Stahl- und Betondehnungen .....	436
5.3.2.2	Dehnung in vorgespannten Querschnitten .....	437
5.3.2.3	Varianten der Bruchverformungen .....	439
5.3.2.4	Bemessung für Biegung mit Längskraft .....	440
5.3.3	Grenzzustand der Tragfähigkeit für Querkraft .....	444
5.3.3.1	Problemstellung .....	444
5.3.3.2	Bemessungsmodell und innere Kräfte .....	446
5.3.3.3	Nachweisverfahren .....	448
5.3.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit für Torsion .....	454
5.3.4.1	Grundlagen der Torsionsbeanspruchung .....	454
5.3.4.2	Bemessungsmodell und innere Kräfte .....	456
5.3.4.3	Nachweisverfahren .....	458
5.3.5	Grenzzustand der Tragfähigkeit für Ermüdung .....	460
5.3.5.1	Einzelheiten zur Nachweisführung der Ermüdungsfestigkeit .....	460
5.3.5.2	Zur Theorie der Ermüdungsfestigkeit von Stahl .....	462
5.3.5.3	Nachweisführung im Stahl .....	466
5.3.5.4	Zur Theorie der Ermüdungsfestigkeit von Beton .....	468
5.3.5.5	Nachweisführung im Beton .....	469
5.3.6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	472
5.3.6.1	Anforderungsprofil des Grenzzustandes .....	472
5.3.6.2	Spannungsbegrenzungen und Spannungsnachweise .....	477
5.3.6.3	Zusammenhänge der Rissbildung .....	479
5.3.6.4	Beschränkung der Rissbreite .....	482
5.3.6.5	Verformungen von Tragwerken .....	494
5.3.6.6	Grenzzustand der Schwingung .....	499
5.3.7	Grenzzustände der Verformungen und Schwingungen im Eisenbahnbrückenbau .....	503
5.3.8	Besondere Bemessungsprobleme .....	506
5.3.8.1	Einleitung der Vorspannkraft .....	506
5.3.8.2	Koppelfugen .....	511
5.4	Grundsätze der baulichen Durchbildung .....	519
5.4.1	Anordnung der schlaffen Bewehrung .....	519
5.4.2	Anordnung der Spannbewehrung .....	525
5.4.2.1	Vorspannung mit Verbund .....	525
5.4.2.2	Vorspannung ohne Verbund .....	533
5.4.3	Querschnittsrandkappen .....	540
5.4.3.1	Kappen von Straßenbrücken .....	540
5.4.3.2	Kappen von Eisenbahnbrücken .....	543

5.5	Berechnungsbeispiele	545
5.5.1	Fußgängerbrücke, vorgespannt	545
5.5.1.1	System, Einwirkungen und Schnittgrößen	545
5.5.1.2	Lastfall Vorspannung	547
5.5.1.3	Grenzzustand der Tragfähigkeit	552
5.5.1.4	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	557
5.5.2	Rechtwinklige Fahrbahnplatte, schlaff bewehrt	563
5.5.2.1	System und Abmessungen	563
5.5.2.2	Einwirkungen, Biegemomente und Querkräfte	563
5.5.2.3	Bemessung	570
5.5.3	Rechtwinklige Fahrbahnplatte, vorgespannt	575
5.5.3.1	System und Querschnittswerte	575
5.5.3.2	Einwirkungen, Biegemomente und Querkräfte	575
5.5.3.3	Lastfall Vorspannung	576
5.5.3.4	Grenzzustand der Tragfähigkeit	582
5.5.3.5	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	585
5.5.3.6	Grenzzustand der Ermüdungsfestigkeit	590
5.5.3.7	Sonstige Bewehrungserfordernisse, Spannplan und Bewehrungsskizze des Querschnittes	594
<b>6</b>	<b>Widerlager von Brückenbauwerken</b>	<b>599</b>
6.1	Form, Aufgabe und Zweckbestimmung der Widerlager	599
6.2	Konstruktion und Tragverhalten der Widerlager	601
6.2.1	Konstruktionsformen	601
6.2.1.1	Einfache Widerlagerstützwand	601
6.2.1.2	Kastenförmiges Widerlager	602
6.2.1.3	Einzelheiten der Konstruktion	606
6.2.2	Tragverhalten eines Widerlagers	612
6.2.2.1	Einfache Widerlagerstützwand	612
6.2.2.2	Kastenförmiges Widerlager	617
6.3	Berechnung eines Widerlagers	624
6.3.1	Einwirkungen auf das Widerlager	624
6.3.1.1	Belastungsannahmen	624
6.3.1.2	Einwirkungen aus dem Überbau	627
6.3.1.3	Einwirkungen aus dem Erddruck	629
6.3.1.4	Widerlagersystem und Belastung	634
6.3.1.5	Schrammbordstoß an der Flügelwand einer Straßenbrücke	637
6.3.2	Nachweis der Standsicherheit	638
6.3.2.1	Grundlagen der Nachweisführung nach DIN EN 1997-1/NA	638
6.3.2.2	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	640
6.3.2.3	Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	644
6.3.3	Bemessung und Bewehrungsführung	646
6.3.3.1	Bemessungsgrundsätze	646
6.3.3.2	Mindestbewehrung	646
6.3.3.3	Bewehrungsführung in der Widerlagerwand	647
6.3.3.4	Bewehrungsführung in der Flügelwand	650
6.3.3.5	Bewehrungsführung im Fundament	651
6.4	Berechnungsbeispiele	653
6.4.1	Ermittlung der Standsicherheit eines schiefwinkligen Widerlagers	653
6.4.1.1	System und Abmessungen	653
6.4.1.2	Einwirkungen auf das Widerlager	655
6.4.1.3	Ermittlung der charakteristischen Werte der Einwirkungen in der Sohlfuge	656

6.4.1.4	Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit .....	669
6.4.1.5	Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit .....	670
6.4.2	Bemessung einer einfachen Widerlagerstützwand .....	673
6.4.2.1	System und Abmessungen .....	673
6.4.2.2	Einwirkungen auf das Widerlager .....	674
6.4.2.3	Biegebeanspruchung und Bemessung .....	677
<b>7</b>	<b>Stützen und Pfeiler</b> .....	<b>695</b>
7.1	Konstruktion und Gestaltung .....	695
7.1.1	Stützen .....	695
7.1.2	Pfeiler .....	699
7.2	Berechnung und Bemessung .....	702
7.2.1	Zum Tragverhalten von Stahlbetondruckgliedern .....	702
7.2.2	Nachweisverfahren .....	707
7.2.3	Bemessungserfordernisse .....	708
7.2.3.1	Stützen ohne Knickgefahr .....	708
7.2.3.2	Stützen mit Stabilitätsgefährdung (Knicksicherheitsnachweis) .....	710
7.2.3.3	Bemessungskombinationen .....	715
7.2.3.4	Stützen mit Anprallstoß .....	716
7.2.4	Stütze und Fundament .....	722
7.2.4.1	Nachweisverfahren zur Verhinderung des Durchstanzens .....	722
7.2.4.2	Kritischer Rundschnitt .....	722
7.2.4.3	Querkrafttragfähigkeit der Fundamentplatte .....	725
7.3	Berechnungsbeispiele .....	727
7.3.1	Ermittlung der charakteristischen Werte der Einwirkungen auf die Mittelstütze einer Zweifeldstraßenbrücke .....	727
7.3.2	Rechteckstütze mit Knicksicherheitsnachweis nach dem Modellstützenverfahren .....	734
7.3.3	Rechteckstütze mit Knicksicherheitsnachweis nach Theorie II. Ordnung ...	737
7.3.4	Rechteckstütze mit Fahrzeuganprall .....	742
7.3.5	Rechteckstütze und Fundament .....	745
<b>8</b>	<b>Brückenlager</b> .....	<b>749</b>
8.1	Begriffe, Einteilungen, Symbole .....	749
8.2	Statische und kinematische Einwirkungen am Lager .....	752
8.2.1	Haupt- und Nebenschnittgrößen .....	752
8.2.2	Einwirkungen auf die Lager .....	755
8.3	Konstruktion und Lagerungsplan .....	759
8.3.1	Bauliche Durchbildung der Lager .....	759
8.3.2	Auflagerbank .....	761
8.3.3	Lagerungsplan .....	763
8.4	Lagerarten .....	766
8.4.1	Feste Lager .....	766
8.4.1.1	Kipplager .....	766
8.4.1.2	Topflager .....	766
8.4.1.3	Kalottenlager .....	767
8.4.1.4	Horizontalkraftlager .....	768
8.4.1.5	Stahlbetongelenk .....	768
8.4.2	Bewegliche Lager .....	769
8.4.2.1	Rollenlager .....	769
8.4.2.2	Gleitlager .....	770
8.4.3	Elastomerverformungslager .....	773

<b>9</b>	<b>Fahrbahnübergänge und Brückengeländer</b>	<b>779</b>
9.1	Fahrbahnübergänge	779
9.1.1	Problemstellung und Berechnungsansätze	779
9.1.2	Einfacher Überbauabschluss für kleine Dehnwege	780
9.1.3	Fahrbahnübergänge aus Asphalt	781
9.1.4	Fahrbahnübergänge aus Stahl und Elastomer	782
9.1.4.1	Straßenbrücken	782
9.1.4.2	Eisenbahnbrücken	785
9.2	Nachweis an Überbaurändern	787
9.3	Brückengeländer	789
<b>10</b>	<b>Brückenentwässerung</b>	<b>793</b>
10.1	Allgemeine Anforderungen	793
10.2	Anordnung der Brückenabläufe	794
10.2.1	Straßenbrücken	794
10.2.2	Eisenbahnbrücken	795
10.3	Abführung des Oberflächenwassers	796
10.4	Entwässerung der Widerlagerwandrückseite	798
<b>Ausklang</b>		<b>801</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>805</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>		<b>809</b>
<b>Nachweis der verwendeten Bilder</b>		<b>813</b>