

Inhalt

1	SICHERHEITSKONZEPT – ANFORDERUNGEN AN BETONBAUWERKE	1
	(Jürgen Grünberg)	
1.1	Grundlagen des Sicherheitskonzepts	2
1.1.1	<i>Maßnahmen zur Vermeidung menschlicher Fehlhandlungen</i>	3
1.1.2	<i>Grundlegende Anforderungen an Tragwerke</i>	3
1.1.3	<i>Maßnahmen zur Begrenzung des Schadensausmaßes</i>	6
1.1.4	<i>Sicherstellung einer ausreichenden Zuverlässigkeit nach DIN 1045-1</i>	7
1.1.5	<i>Überblick über das Nachweisverfahren</i>	7
1.1.6	<i>Repräsentative Werte</i>	9
1.1.7	<i>Bemessungswerte</i>	10
1.1.8	<i>Nachweis der Grenzzustände</i>	13
1.2	Einwirkungskombinationen	14
1.2.1	<i>Unabhängige Einwirkungen für Hochbauten</i>	14
1.2.2	<i>Grenzzustände der Tragfähigkeit</i>	15
1.2.3	<i>Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit</i>	17
1.2.4	<i>Grenzzustand der Ermüdung</i>	18
1.2.5	<i>Kombinationsbeiwerte ψ</i>	18
1.2.6	<i>Teilsicherheitsbeiwerte γ_F</i>	19
1.2.7	<i>Teilsicherheitsbeiwerte γ_M</i>	22
1.2.8	<i>Vereinfachte Kombinationsregeln für Hochbauten</i>	23
1.3	Grundlagen für die Bemessung mit Teilsicherheitsbeiwerten	24
1.3.1	<i>Bestimmung der Zuverlässigkeit von Tragwerken</i>	24
1.3.2	<i>Berechnung der Versagenswahrscheinlichkeit</i>	25
1.3.3	<i>Das R-E-Modell</i>	30
1.3.4	<i>Vereinfachte Bestimmung der Bemessungswerte</i>	31
1.4	Anwendungsbeispiele	34
1.4.1	<i>Biegebeanspruchter Durchlaufträger</i>	34
1.4.2	<i>Stahlbetonstütze mit Längskraft und Biegemoment</i>	36
2	BETONTECHNOLOGISCHE GRUNDLAGEN UND BAUAUSFÜHRUNG	
	(DIN 1045 – TEILE 2 UND 3)	
	(Ludger Lohaus / Holger Höveling)	39
2.1	Einführung	39
2.2	Anwendungsbereiche	40
2.2.1	<i>DIN EN 206-1 und DIN 1045-2</i>	40
2.2.2	<i>DIN 1045-3</i>	41
2.3	Formelzeichen	41
2.4	Klasseneinteilung	41
2.4.1	<i>Expositionsklassen</i>	41
2.4.2	<i>Anwendung der Expositionsklassen</i>	44
2.4.3	<i>Klassen für Frischbeton</i>	45
2.4.4	<i>Klassen für Festbeton</i>	46

2.5	Ausgangsstoffe	49
2.5.1	<i>Zement</i>	49
2.5.2	<i>Gesteinskörnung</i>	50
2.5.3	<i>Zugabewasser</i>	51
2.5.4	<i>Betonzusatzmittel</i>	51
2.5.5	<i>Betonzusatzstoffe</i>	51
2.6	Betonzusammensetzung	52
2.6.1	<i>Allgemeines</i>	52
2.6.2	<i>Zement</i>	52
2.6.3	<i>Gesteinskörnungen</i>	52
2.6.4	<i>Zusatzstoffe</i>	53
2.6.5	<i>Mehlkorngehalt</i>	53
2.6.6	<i>Zusatzmittel</i>	54
2.6.7	<i>Anforderungen an den Beton in Abhängigkeit der Expositionsklassen</i>	55
2.7	Anforderungen an den Beton	56
2.7.1	<i>Frischbeton</i>	56
2.7.2	<i>Festbeton</i>	57
2.8	Festlegung des Betons	57
2.8.1	<i>Allgemeines</i>	57
2.8.2	<i>Festlegung für Beton nach Eigenschaften</i>	58
2.8.3	<i>Festlegung für Beton nach Zusammensetzung</i>	58
2.8.4	<i>Festlegung für Standardbeton</i>	58
2.9	Betonherstellung	59
2.9.1	<i>Übersicht der Qualitätskontrolle beim Bauen mit Beton</i>	59
2.9.2	<i>Produktionskontrolle</i>	60
2.9.3	<i>Konformitätskontrolle</i>	61
2.9.4	<i>Betonfamilie</i>	61
2.10	Bauausführung	62
2.10.1	<i>Allgemeines</i>	62
2.10.2	<i>Dokumentation, Bauleitung</i>	62
2.10.3	<i>Tätigkeiten zur Herstellung der Bauteile</i>	62
2.10.4	<i>Überwachung des Betons auf der Baustelle</i>	65
2.11	Anforderungen an hochfesten Beton	67
3	MATERIALKENNWERTE UND SCHNITTGRÖSSENERMITTLUNG	
	(Malte Kosmahl)	69
3.1	Materialkennwerte	69
3.1.1	<i>Beton</i>	69
3.1.2	<i>Betonstahl</i>	75
3.2	Schnittgrößenermittlung	78
3.2.1	<i>Grundlagen der Schnittgrößenermittlung</i>	78
3.2.2	<i>Tragwerkseinteilung</i>	79
3.2.3	<i>Mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung und effektive Stützweite</i>	79
3.2.4	<i>Rippendecken</i>	80
3.2.5	<i>Imperfektionen</i>	81
3.2.6	<i>Vereinfachungen und Mindestmomente</i>	83

3.3	Verfahren zur Schnittgrößenermittlung	84
3.3.1	Übersicht	84
3.3.2	Linear elastische Berechnung mit Umlagerung	84
3.3.3	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	87
3.3.4	Nichtlineare Verfahren	90
3.4	Beispiel zum Nachweis der Rotationsfähigkeit	92
4	GRENZZUSTÄNDE DER TRAGFÄHIGKEIT FÜR BIEGUNG MIT LÄNGSKRAFT	
	(Jürgen Lierse)	101
4.1	Einführung	101
4.2	Bemessungsgrundlagen	101
4.3	Bemessungshilfsmittel	104
4.3.1	Allgemeines	104
4.3.2	Allgemeines Bemessungsdiagramm	107
4.3.3	Dimensionsgebundenes k_d-Verfahren	108
4.3.4	Dimensionslose Bemessungstabellen	109
4.3.5	Interaktionsdiagramme	110
4.3.6	Schiefe Biegung mit Längsdruckkraft	110
4.4	Anwendungsbeispiele	111
4.4.1	Zugkraft mit geringer Ausmittigkeit	111
4.4.2	Mittige Druckkraft	112
4.4.3	Beispiele für Biegung mit Längskraft	113
4.4.4	Durchlaufende Platte	117
4.4.5	Rechteckquerschnitt mit Vorspannung	119
4.5	Zusammenfassung	122
4.6	Bemessungsdiagramme	123
5	QUERKRAFT	
	(Rainer Wiesner)	133
5.1	Einleitung	133
5.2	Bemessungswert der aufnehmbaren Querkraft V_{Rd}	135
5.3	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft V_{Ed}	136
5.3.1	Maßgebender Schnitt im Auflagerbereich	136
5.3.2	Konzentrierte Lasten in Auflagernähe	137
5.3.3	Bauteile mit veränderlicher Querschnittshöhe	138
5.3.4	Beispiel zur Ermittlung der Bemessungsquerkraft V_{Ed}	139
5.4	Bauliche Durchbildung der Querkraftbewehrung	141
5.4.1	Mindestquerkraftbewehrung bei Balken	141
5.4.2	Größter Abstand der Querkraftbewehrung	143
5.4.3	Einschneiden der Querkraftdeckungslinie	143
5.5	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	144
5.5.1	Beispiel einer Deckenplatte ohne Querkraftbewehrung	145
5.6	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	147
5.6.1	Beispiel eines Balkens mit Querkraftbewehrung	151
5.7	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten	154
5.7.1	Beispiel zum Anschluss der Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurt	158

6	TORSION	
	(Michael Hansen)	163
6.1	Allgemeines	163
6.1.1	<i>Gleichgewichts- und Verträglichkeitstorsion</i>	163
6.1.2	<i>Wölbkrafttorsion</i>	163
6.1.3	<i>Anordnung der Torsionsbewehrung</i>	163
6.2	Tragverhalten und Bemessungsmodell	164
6.2.1	<i>Querschnittsabmessungen für den Torsionswiderstand</i>	165
6.2.2	<i>Bauliche Durchbildung</i>	166
6.3	Reine Torsionsbeanspruchung	167
6.3.1	<i>Bemessungsverfahren</i>	167
6.3.2	<i>Torsionstragfähigkeit</i>	167
6.4	Kombinierte Beanspruchungen	170
6.5	Beispiel eines Balkens mit Torsionsbeanspruchung	172
6.5.1	<i>Einwirkungen</i>	172
6.5.2	<i>Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit</i>	172
6.5.3	<i>Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit</i>	173
6.5.4	<i>Bauliche Durchbildung</i>	176
7	DURCHSTANZEN	
	(Michael Hansen)	177
7.1	Allgemeines	177
7.2	Bruchvorgang beim Durchstanzen	177
7.3	Grundsätze und Regeln der Bemessung	178
7.4	Schnittgrößen in punktförmig gestützten Platten	179
7.4.1	<i>Ermittlung der Biegeschnittgrößen</i>	179
7.4.2	<i>Ermittlung der maßgebenden Querkraft</i>	180
7.5	Lasteinleitung und Nachweisschnitte	180
7.5.1	<i>Standardfälle</i>	181
7.5.2	<i>Ausgedehnte Auflagerflächen</i>	181
7.5.3	<i>Einfluss von Öffnungen</i>	182
7.5.4	<i>Einfluss von freien Rändern</i>	182
7.5.5	<i>Platten mit veränderlicher Dicke</i>	182
7.5.6	<i>Nachweisschnitte der Bewehrung</i>	184
7.6	Bemessungsverfahren für den Durchstanznachweis	185
7.6.1	<i>Allgemeines</i>	185
7.6.2	<i>Bemessungswert der aufzunehmenden Querkraft</i>	185
7.6.3	<i>Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung</i>	186
7.6.4	<i>Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung</i>	187
7.6.5	<i>Mindestbemessungsmomente</i>	189
7.7	Bauliche Durchbildung	190
7.7.1	<i>Mindestplattendicke</i>	190
7.7.2	<i>Mindestdurchstanzbewehrung</i>	190
7.7.3	<i>Anordnung und Durchmesser der Durchstanzbewehrung</i>	191
7.7.4	<i>Mindestbiegebewehrung</i>	191
7.7.5	<i>Untere Bewehrung in den Stützbereichen</i>	191

7.8	Beispiel zur Durchstanzbemessung	192
7.8.1	<i>Einwirkungen</i>	192
7.8.2	<i>Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit</i>	193
7.8.3	<i>Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung</i>	193
7.8.4	<i>Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen</i>	194
7.8.5	<i>Bauliche Durchbildung</i>	196
8	STABFÖRMIGE BAUTEILE MIT LÄNGSDRUCK	
	(Jürgen Roth)	197
8.1	Allgemeines	197
8.2	Einteilung der Tragwerke	197
8.3	Imperfektionen	198
8.4	Nachweise für Einzeldruckglieder	199
8.4.1	<i>Ersatzlängen</i>	199
8.4.2	<i>Stabschlankheit</i>	200
8.4.3	<i>Lastausmitten</i>	201
8.4.4	<i>Modellstützenverfahren</i>	203
8.4.5	<i>Genauere Stabilitätsnachweise</i>	209
8.5	Rechteckige Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	214
8.6	Druckglieder aus unbewehrtem Beton	215
8.7	Seitliches Ausweichen schlanker Träger	216
8.8	Anlagen	216
9	DAUERHAFTIGKEIT UND GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT	
	(Joachim Göhlmann)	221
9.1	Allgemeines	221
9.2	Dauerhaftigkeit	221
9.2.1	<i>Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit</i>	221
9.2.2	<i>Betondeckung</i>	224
9.3	Spannungsbegrenzungen	225
9.3.1	<i>Begrenzung der Betondruckspannungen</i>	225
9.3.2	<i>Begrenzung der Betonstahlspannungen</i>	226
9.3.3	<i>Begrenzung der Spannstahlspannungen</i>	226
9.4	Rissbreitenbegrenzung	226
9.4.1	<i>Grundlagen der Bemessung</i>	226
9.4.2	<i>Mindestbewehrung</i>	228
9.4.3	<i>Berechnung der Rissbreite</i>	231
9.4.4	<i>Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung (Vereinfachter Nachweis)</i>	238
9.5	Beispiel zur Rissbreitenbegrenzung an einer Winkelstützmauer	240
9.6	Begrenzung der Verformungen	243
9.6.1	<i>Allgemeines</i>	243
9.6.2	<i>Nachweis ohne direkte Berechnung</i>	243
9.6.3	<i>Rechnerischer Nachweis</i>	244

10	VORGESPANNTE TRAGWERKE	
	(Jürgen Grünberg)	245
10.1	Vorspannung von Stahlbetonbauteilen	245
10.1.1	<i>Vorspannung als Einwirkung</i>	245
10.1.2	<i>Vorspannung als Widerstand</i>	245
10.1.3	<i>Auswirkungen einer Vorspannung</i>	245
10.1.4	<i>Spannkraftverluste</i>	247
10.1.5	<i>Schnittgrößen infolge statisch bestimmter Wirkung bei Vorspannung ohne Verbund</i>	248
10.1.6	<i>Vorspannung statisch unbestimmter Stahlbetontragwerke</i>	249
10.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	250
10.2.1	<i>Charakteristische Werte der Vorspannung</i>	250
10.2.2	<i>Zeitabhängige Verformungen des Betons</i>	252
10.2.3	<i>Grenzzustand der Rissbildung / Dekompression</i>	255
10.3	Grenzzustand der Tragfähigkeit	259
10.3.1	<i>Auswirkungen einer Vorspannung im Verbund bei Beanspruchung durch Biegung und Längskraft</i>	259
10.3.2	<i>Auswirkungen einer Vorspannung bei Beanspruchung durch Querkraft</i>	261
10.3.3	<i>Verankerungsbereiche bei Spanngliedern mit nachträglichem Verbund oder ohne Verbund</i>	262
10.3.4	<i>Verankerungsbereiche bei Spanngliedern mit sofortigem Verbund</i>	262
10.4	Anwendungsbeispiel	264
11	ERMÜDUNG	
	(Michael Hansen)	275
11.1	Einleitung	275
11.2	Allgemeines	276
11.2.1	<i>Festigungsbereiche</i>	276
11.2.2	<i>Versagensart</i>	277
11.3	Grundlagen	277
11.3.1	<i>Belastung</i>	277
11.3.2	<i>Lebensdauerschaubilder</i>	278
11.3.3	<i>Material</i>	280
11.3.4	<i>Schadensakkumulation</i>	288
11.4	Nachweise gegen Ermüdung	290
11.4.1	<i>Modelle</i>	290
11.4.2	<i>Bemessungsphilosophie und Sicherheitsbeiwerte</i>	292
11.4.3	<i>Anwendungsgrenzen</i>	293
11.4.4	<i>Maßgebende Beanspruchung</i>	293
11.4.5	<i>Innere Kräfte und Spannungen für den Ermüdungsnachweis</i>	294
11.4.6	<i>Ermüdungsnachweise für den Stahl</i>	294
11.4.7	<i>Ermüdungsnachweise für den Beton</i>	295
11.5	Beispiel zur Bemessung einer Kranbahn	297
11.5.1	<i>Vorgaben</i>	297
11.5.2	<i>Schnittgrößen</i>	298
11.5.3	<i>Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit</i>	299
11.5.4	<i>Nachweis gegen Ermüdung</i>	300

12	KONSTRUIEREN UND BEMESSEN MIT STABWERKMODELLEN	
	(Andreas Tengen)	305
12.1	Einleitung	305
12.2	Einteilung gesamter Tragwerke in B- und D-Bereiche	305
12.3	Modellbildung	306
12.3.1	<i>Abtragen der Lasten im Tragwerk</i>	306
12.3.2	<i>Modellieren von D-Bereichen</i>	308
12.3.3	<i>Optimierung von Stabwerkmodellen</i>	311
12.4	Bemessung von Stäben im Stabwerk	312
12.4.1	<i>Bemessung von Zugstäben</i>	312
12.4.2	<i>Bemessung der Druckstäbe</i>	312
12.5	Konstruktion und Bemessung von Knoten	313
12.5.1	<i>Allgemeines</i>	313
12.5.2	<i>Knoten in Stabwerken</i>	313
12.6	Typische Knoten	314
12.6.1	<i>Einseitiger Knoten (K1) im Druckbereich</i>	314
12.6.2	<i>Knoten (K2) für den Nachweis von Druckknoten</i>	314
12.6.3	<i>Knoten K3</i>	315
12.6.4	<i>Knoten mit Umlenkung von Bewehrung</i>	315
12.6.5	<i>Knotenbereich für den Nachweis von Druck-Zug-Knoten</i>	316
12.6.6	<i>Knoten in Zuggurten von Stabwerken</i>	317
12.6.7	<i>Teilflächenbelastung</i>	318
12.7	Beispiel – Bemessung einer Scheibe mit Öffnung	319
12.7.1	<i>Modellbildung</i>	320
12.7.2	<i>Bemessung der Stäbe</i>	321
12.7.3	<i>Bemessung der Knoten</i>	322
13	BAULICHE DURCHBILDUNG DER BAUTEILE	
	(Martin Klaus)	327
13.1	Grundlagen	327
13.2	Allgemeine Bewehrungsregeln	328
13.2.1	<i>Stababstände</i>	329
13.2.2	<i>Biegen von Betonstählen</i>	329
13.2.3	<i>Verbundbereiche</i>	329
13.2.4	<i>Bemessungswert der Verbundspannung</i>	330
13.2.5	<i>Verankerungslängen und -arten</i>	331
13.2.6	<i>Querbewehrung im Bereich der Verankerung der Längsbewehrung</i>	332
13.2.7	<i>Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrungen</i>	333
13.2.8	<i>Stöße von Betonstahlstäben</i>	333
13.2.9	<i>Stöße von Betonstahlmatten in zwei Ebenen</i>	335
13.2.10	<i>Stabbündel</i>	337
13.3	Konstruktionsregeln für Bauteile	337
13.3.1	<i>Mindest- und Höchstbewehrung bei überwiegend biegebeanspruchten Bauteilen</i>	337
13.3.2	<i>Balken und Plattenbalken</i>	339
13.3.3	<i>Querkraftbewehrung bei Balken und Torsionsbewehrung</i>	341
13.3.4	<i>Oberflächenbewehrung bei dicken Stäben</i>	341

13.3.5	<i>Platten aus Ortbeton</i>	342
13.3.6	<i>Stützen</i>	343
13.3.7	<i>Wände</i>	345
13.3.8	<i>Indirekte Auflager</i>	347
13.4	Bewehrungsführung eines Stahlbetoneinfeldträgers	348
	LITERATURVERZEICHNIS	353
	SACHVERZEICHNIS	363