

Ingenieurhochbau

**Tragwerke aus bewehrtem Beton  
nach Eurocode 2 (DIN V ENV 1992 Teil 1-1)  
im Vergleich zu DIN 1045 und DIN 4227**

Normen · Erläuterungen · Beispiele

Herausgegeben von: Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jürgen Schneider  
Autoren: Prof. Dr.-Ing. Helmut Geistefeldt  
Prof. Dr.-Ing. Alfons Goris

1. Auflage 1993

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich  
Werner-Verlag GmbH · Düsseldorf

0	Vorwort	7
1	Einleitung	10
1.1	Geltungsbereich	10
1.2	Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	12
1.3	Annahmen	13
1.4	Begriffe	13
1.5	SI-Einheiten	15
1.6	Einheitliche Formelzeichen und Kurzzeichen für alle Eurocodes	15
1.7	Besondere Formelzeichen und Kurzzeichen in Eurocode 2 Teil 1	16
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	21
2.1	Grundlegende Anforderungen	21
2.2	Begriffe und Klasseneinteilung (der Grenzzustände und Einwirkungen)	22
2.2.1	Grenzzustände und Bemessungssituationen	22
2.2.2	Einwirkungen	23
2.2.3	Baustoffeigenschaften	27
2.2.4	Geometrische Größen	28
2.3	Anforderungen an die Tragwerksplanung	28
2.3.1	Allgemeines	28
2.3.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	29
2.3.3	Teilsicherheitsbeiwerte für die Grenzzustände der Tragfähigkeit	32
2.3.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	34
	BEISPIELE: ERMITTLUNG VON BEMESSUNGSWERTEN	35
2.4	Dauerhaftigkeit	39
2.5	Schnittgrößenermittlung	40
2.5.1	Allgemeine Grundlagen	40
	BEISPIEL: EINWIRKUNGEN AUS LOTABWEICHUNGEN	45
2.5.2	Tragwerksidealisierung	46
2.5.3	Berechnungsverfahren	51
2.5.3.1	Grundlagen	51
2.5.3.2	Verfahren der Schnittgrößenermittlung	52
2.5.3.3	Vereinfachungen	53
2.5.3.4	Schnittgrößenermittlung bei Balken und Rahmen	55
2.5.3.5	Schnittgrößenermittlung bei Platten	56
	BEISPIEL: LINEARE BERECHNUNG MIT UMLAGERUNG	59
2.5.3.6	Schnittgrößenermittlung bei Wänden und in ihrer Ebene beanspruchten Scheiben	61
2.5.3.7	Konsolen, wandartige Träger und Verankerungsbereiche für Spannkkräfte bei nachträglichem Verbund	63
2.5.4	Auswirkungen einer Vorspannung	65
2.5.5	Auswirkungen des zeitabhängigen Betonverhaltens	69
3	Baustoffeigenschaften	71
3.1	Beton	71
3.2	Betonstahl	77
3.3	Spannstahl	81
3.4	Spannglieder	84
4	Bemessung von Querschnitten und Bauteilen	86
4.1	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	86
4.1.1	Allgemeines	86
4.1.2	Einwirkungen	87
4.1.3	Bemessung	90

4.1.3.1	Allgemeines	90
4.1.3.2	Bemessungskriterien	91
4.1.3.3	Betondeckung	91
4.1.4	Baustoffe	95
4.1.5	Bauausführung	95
	BEISPIEL: BETONDECKUNG	96
4.2	Bemessungswerte	97
4.2.1	Beton	97
4.2.1.1	Allgemeines	97
4.2.1.2	Physikalische Eigenschaften	98
4.2.1.3	Mechanische Eigenschaften	98
4.2.1.4	Zeitabhängiges Verhalten	101
4.2.2	Stahlbeton	102
4.2.2.1	Betonstahl, allgemein	102
4.2.2.2	Physikalische Eigenschaften des Betonstahls	102
4.2.2.3	Mechanische Eigenschaften des Betonstahls	102
4.2.2.4	Technologische Eigenschaften des Betonstahls	104
4.2.3	Spannbeton	105
4.2.3.1	Spannstahl, allgemein	105
4.2.3.2	Physikalische Eigenschaften des Spannstahls	106
4.2.3.3	Mechanische Eigenschaften des Spannstahls	106
4.2.3.4	Technologische Eigenschaften des Spannstahls	110
4.2.3.5	Planung von Bauteilen aus vorgespanntem Beton	111
4.3	Grenzzustände der Tragfähigkeit	119
4.3.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit für Biegung mit Längskraft	119
4.3.1.1	Allgemeines	119
4.3.1.2	Bemessungswerte der aufnehmbaren Schnittgrößen von Balken unter Biegung mit Längskraft	119
4.3.1.3	Versagen ohne Vorankündigung und scheinbare Überfestigkeiten	120
	BEISPIELE: TRAGFÄHIGKEITSNACHWEISE FÜR BIEGUNG MIT LÄNGSKRAFT	124
4.3.2	Querkraft	128
4.3.2.1	Allgemeines	128
4.3.2.2	Bemessungsverfahren für Querkraft	129
4.3.2.3	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Schubbewehrung ( $V_{Sd} \leq V_{Rd1}$ )	134
4.3.2.4	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Schubbewehrung ( $V_{Sd} > V_{Rd1}$ )	138
4.3.2.4.1	Allgemeines	138
4.3.2.4.2	Bauteile mit konstanter Dicke	138
4.3.2.4.3	Standardverfahren	139
4.3.2.4.4	Verfahren mit veränderlicher Druckstrebenneigung	140
4.3.2.4.5	Bauteile mit veränderlicher Höhe	145
4.3.2.4.6	Bauteile mit geneigten Spanngliedern	145
4.3.2.5	Schub zwischen Balkensteg und Gurt	146
	BEISPIELE: BEMESSUNG FÜR QUERKRAFT	147
4.3.3	Torsion	154
4.3.3.1	Reine Torsion	154
4.3.3.2	Kombinierte Beanspruchung aus Einwirkungen	158
4.3.3.3	Wölbkrafttorsion	159
	BEISPIEL: TORSIONSBEMESSUNG	160
4.3.4	Durchstanzen	163

4.3.4.1	Allgemeines	163
4.3.4.2	Anwendungsbereich und Begriffe	167
4.3.4.3	Verfahren für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	169
4.3.4.4	Platten mit veränderlicher Dicke	170
4.3.4.5	Querkrafttragfähigkeit	172
	BEISPIELE: GRENZZUSTAND DER TRAGFÄHIGKEIT AUF DURCHSTANZEN	179
4.3.5	Grenzzustände der Tragfähigkeit infolge Tragwerksverformungen (Knicksicherheitsnachweis)	186
4.3.5.1	Anwendungsbereich und Begriffe	187
4.3.5.2	Nachweisverfahren	188
4.3.5.3	Einteilung der Tragwerke und Tragwerksteile	189
4.3.5.4	Imperfektionen	193
4.3.5.5	Besondere Angaben für die unterschiedlichen Tragwerksarten	194
4.3.5.6	Vereinfachte Bemessungsverfahren für Einzeldruckglieder	198
4.3.5.7	Kippen schlanker Träger	205
	BEISPIELE: NACHWEIS DER KNICKSICHERHEIT	206
4.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	210
4.4.0	Allgemeines	210
4.4.1	Begrenzung der Spannungen unter Gebrauchsbedingungen	211
4.4.1.1	Grundlagen	211
4.4.1.2	Nachweis der Spannungen	212
4.4.2	Grenzzustände der Ribfbildung	214
4.4.2.1	Allgemeines	214
4.4.2.2	Mindestbewehrung	215
4.4.2.3	Beschränkung der Ribfbildung ohne direkte Berechnung	218
4.4.2.4	Berechnung der Ribfbreite	221
	BEISPIEL: BESCHRÄNKUNG DER RIBFBREITE	226
4.4.3	Grenzzustände der Verformungen	228
4.4.3.1	Grundlagen	228
4.4.3.2	Fälle, in denen auf einen rechnerischen Nachweis verzichtet werden kann	228
4.4.3.3	Rechnerischer Nachweis der Durchbiegungen	231
	BEISPIEL: GRENZZUSTÄNDE DER VERFORMUNGEN	232
5	Bauliche Durchbildung	234
5.1	Allgemeines	235
5.2	Betonstahl	236
5.2.1	Allgemeine Bewehrungsregeln	236
5.2.2	Verbund	238
5.2.3	Verankerungen	240
5.2.4	Stöße	244
5.2.5	Verankerungen von Bügeln und Schubbewehrung	250
5.2.6	Zusätzliche Regeln für Rippenstäbe mit Nenndurchmesser größer als 32 mm	251
5.2.7	Stabbündel aus Rippenstäben	253
	BEISPIEL: VERANKERUNG UND STOß	254
5.3	Spannglieder	255
5.4	Bauteile	257
5.4.1	Stützen und Druckglieder	257
5.4.1.1	Mindestabmessungen	257

5.4.1.2	Längs- und Querbewehrung	257
5.4.2	Balken	255
5.4.2.1	Längsbewehrung	255
5.4.2.2	Schubbewehrung	264
5.4.2.3	Torsionsbewehrung	266
5.4.2.4	Hautbewehrung	267
5.4.3	Auf der Baustelle betonierte Vollplatten	268
5.4.3.1	Mindestdicke	268
5.4.3.2	Biegebewehrung	268
5.4.3.3	Schubbewehrung	269
5.4.4	Konsolen	271
5.4.5	Wandartige Träger	272
5.4.6	Verankerungsbereiche für Vorspannkkräfte bei nachträglichem Verbund	273
5.4.7	Stahlbetonwände	273
5.4.8	Sonderfälle	274
5.4.8.1	Teilflächenbelastung	274
5.4.8.2	Umlenkkkräfte	276
5.4.8.3	Indirekte Auflager	276
	BEISPIEL: TRAGFÄHIGKEIT BEI TEILFLÄCHENBELASTUNG	278
5.5	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Einwirkungen	279
5.5.1	Ringanker	279
5.5.2	Bemessung von Ringankern	279
5.5.3	Durchlaufwirkung und Verankerungen	280
6	Bauausführung	281
6.1	Zweck	281
6.2	Maßabweichungen	281
6.3	Ausführungsregeln	283
6.3.1	Beton	283
6.3.2	Schalung und Lehrgerüst	283
6.3.3	Betonstahl	284
6.3.4	Spannstahl	286
7	Güteüberwachung	291
7.1	Geltungsbereich und Ziel	291
7.2	Einteilung der Überwachungsmaßnahmen	291
7.3	Nachweissysteme	291
7.4	Überwachung von Planung und Ausführung	292
7.5	Überwachung der Tragwerksplanung	292
7.6	Überwachung von Herstellung und Ausführung	292
7.7	Überwachung und Unterhaltung des fertiggestellten Bauwerks	295
Anhang 1	Zusätzliche Hinweise zur Ermittlung der Auswirkungen zeitabhängiger Betonverformungen	296
	BEISPIEL: RECHNERISCHE ERFASSUNG DER WIRKUNGEN AUS KRIECHEN UND SCHWINDEN	302
Anhang 2	Nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung	304
	BEISPIELE: BEMESSUNG VON FLÄCHENTRAGWERKEN FÜR ORTHOGONALE BEWEHRUNG	313
Anhang 3	Zusätzliche Hinweise zu den durch Tragwerksverformungen hervorgerufenen Grenzzuständen der Tragfähigkeit	315
Anhang 4	Rechnerische Ermittlung der Tragwerksverformungen	323
	BEISPIEL: RECHNERISCHER NACHWEIS DER DURCHBIEGUNG	327
	VERZEICHNISSE	329