

DIN EN 1992-1-1

ICS 91.010.30; 91.080.40

Ersatzvermerk
siehe unten

**Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetontragwerken –
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;
Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004 + AC:2010**

Eurocode 2: Design of concrete structures –
Part 1-1: General rules and rules for buildings;
German version EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

Eurocode 2: Calcul des structures en béton –
Partie 1-1: Règles générales et règles pour les bâtiments;
Version allemande EN 1992-1-1:2004 + AC:2010

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN EN 1992-1-1:2005-10;
mit DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01, DIN EN 1992-3:2011-01 und DIN EN 1992-3/NA:2011-01 Ersatz für
DIN 1045-1:2008-08;
Ersatz für DIN EN 1992-1-1 Berichtigung 1:2010-01

Gesamtumfang 241 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1992-1-1:2004 + AC:2010) wurde vom CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten wurden auf nationaler Ebene vom NABau-Arbeitsausschuss NA 005-07-01 AA „Bemessung und Konstruktion (Sp CEN/TC 250/SC 2)“ begleitet.

Die Norm EN 1992-1-1 wurde von CEN am 16. April 2004 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedsstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen   angezeigt.

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1992-1-1:1992-06, DIN V ENV 1992-1-3:1994-12, DIN V ENV 1992-1-4:1994-12, DIN V ENV 1992-1-5:1994-12, DIN V ENV 1992-1-6:1994-12 und DIN V ENV 1992-3:2000-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vornorm-Charakter wurde aufgehoben;
- b) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute sind eingearbeitet und der Text ist vollständig überarbeitet worden;
- c) Zusatzregeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen sind dem Abschnitt 10 zu entnehmen (vorher DIN V ENV 1992-1-3);
- d) Zusatzregeln für Leichtbeton sind dem Abschnitt 11 zu entnehmen (vorher DIN V ENV 1992-1-4);
- e) die Regeln für Tragwerke mit Spanngliedern ohne Verbund sind in den Text übernommen worden (vorher DIN V ENV 1992-1-5);
- f) Zusatzregeln für Tragwerke aus unbewehrtem Beton sind dem Abschnitt 12 zu entnehmen (vorher DIN V ENV 1992-1-6);
- g) die Regeln für Fundamentbemessungen sind in den Text übernommen worden (vorher DIN V ENV 1992-3);
- h) sprachlich wurde weitgehend die Terminologie von DIN 1045-1:2001-07 übernommen.

Gegenüber DIN EN 1992-1-1:2005-10, DIN EN 1992-1-1 Berichtigung 1:2010-01 und DIN 1045-1:2008-08 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit den europäischen Berichtigungen EN 1992-1-1:2004/AC:2008 und EN 1922-11:2004/AC:2010 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 1045: 1925-09, 1932-04, 1937-05, 1943xxx, 1959-11, 1972-01, 1978-12, 1988-07
 DIN 1045-1: 2001-07, 2008-08
 DIN 1045-1 Berichtigung 1: 2002-07
 DIN 1045-1 Berichtigung 2: 2005-06
 DIN 1046: 1925-09, 1932-04, 1935-12, 1943x
 DIN 1047: 1925-09, 1932-04, 1937-05, 1943x
 DIN 4028: 1938-10
 DIN 4030: 1954-09
 DIN 4163: 1951-02
 DIN 4219-2: 1979-12
 DIN 4225: 1943, 1951xx-02, 1960-07
 DIN 4227-1: 1953x-10, 1979-12, 1988-07
 DIN 4227-1/A1: 1995-12
 DIN 4227-2: 1984-05
 DIN V 4227-4: 1985-12
 DIN 4227-4: 1986-02
 DIN 4229: 1950-07
 DIN 4233: 1951-03, 1953x-12
 DIN 4420: 1952x-01
 DIN V 18932-1: 1991-10
 DIN V ENV 1992-1-1: 1992-06
 DIN V ENV 1992-1-3: 1994-12
 DIN V ENV 1992-1-4: 1994-12
 DIN V ENV 1992-1-5: 1994-12
 DIN V ENV 1992-1-6: 1994-12
 DIN V ENV 1992-3: 2000-12
 DIN EN 1992-1-1: 2005-10
 DIN EN 1992-1-1 Berichtigung 1: 2010-01

— Leerseite —

Deutsche Fassung

**Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und
Spannbetontragwerken —
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und
Regeln für den Hochbau**

Eurocode 2: Design of concrete structures —
Part 1-1: General rules and rules for buildings

Eurocode 2: Calcul des structures en béton —
Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2004 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 10. November 2010 in Kraft und wurde in EN 1992-1-1:2004 eingearbeitet.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	9
Hintergrund des Eurocode-Programms	9
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	10
Nationale Fassungen der Eurocodes	11
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA)	11
Besondere Hinweise zu EN 1992-1-1	11
Nationaler Anhang zu EN 1992-1-1	13
1 ALLGEMEINES	14
1.1 Anwendungsbereich	14
1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 2	14
1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1	15
1.2 Normative Verweisungen	15
1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen	15
1.2.2 Weitere normative Verweisungen	15
1.3 Annahmen	16
1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln	16
1.5 Begriffe	16
1.5.1 Allgemeines	16
1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm	16
1.6 Formelzeichen	16
2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG	20
2.1 Anforderungen	20
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	20
2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit	21
2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung	21
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	21
2.3 Basisvariablen	21
2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	21
2.3.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen	23
2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons	23
2.3.4 Geometrische Angaben	23
2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	24
2.4.1 Allgemeines	24
2.4.2 Bemessungswerte	24
2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen	25
2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit	26
2.5 Versuchsgestützte Bemessung	26
2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen	26
2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel	26
3 BAUSTOFFE	27
3.1 Beton	27
3.1.1 Allgemeines	27
3.1.2 Festigkeiten	27
3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften	28
3.1.4 Kriechen und Schwinden	31
3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen	34
3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit	35
3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	36

3.1.8	Biegezugfestigkeit	37
3.1.9	Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	38
3.2	Betonstahl	38
3.2.1	Allgemeines	38
3.2.2	Eigenschaften	39
3.2.3	Festigkeiten	40
3.2.4	Duktilitätsmerkmale	40
3.2.5	Schweißen	40
3.2.6	Ermüdung	41
3.2.7	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	41
3.3	Spannstahl	42
3.3.1	Allgemeines	42
3.3.2	Eigenschaften	43
3.3.3	Festigkeiten	44
3.3.4	Duktilitätseigenschaften	45
3.3.5	Ermüdung	45
3.3.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	45
3.3.7	Spannstähle in Hüllrohren	47
3.4	Komponenten von Spannsystemen	47
3.4.1	Verankerungen und Spanngliedkopplungen	47
3.4.1.1	Allgemeines	47
3.4.2	Externe Spannglieder ohne Verbund	48
3.4.2.1	Allgemeines	48
4	DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG	48
4.1	Allgemeines	48
4.2	Umgebungsbedingungen	48
4.3	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit	50
4.4	Nachweisverfahren	51
4.4.1	Betondeckung	51
5	ERMITTLUNG DER SCHNITTGRÖSSEN	56
5.1	Allgemeines	56
5.1.1	Grundlagen	56
5.1.2	Besondere Anforderungen an Gründungen	57
5.1.3	Lastfälle und Einwirkungskombinationen	57
5.1.4	Auswirkungen von Bauteilverformungen (Theorie II. Ordnung)	57
5.2	Imperfektionen	57
5.3	Idealisierungen und Vereinfachungen	60
5.3.1	Tragwerksmodelle für statische Berechnungen	60
5.3.2	Geometrische Angaben	61
5.4	Linear-elastische Berechnung	64
5.5	Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung	64
5.6	Verfahren nach der Plastizitätstheorie	65
5.6.1	Allgemeines	65
5.6.2	Balken, Rahmen und Platten	65
5.6.3	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	66
5.6.4	Stabwerkmodelle	67
5.7	Nichtlineare Verfahren	67
5.8	Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	68
5.8.1	Begriffe	68
5.8.2	Allgemeines	68
5.8.3	Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	69
5.8.4	Kriechen	72
5.8.5	Berechnungsverfahren	73
5.8.6	Allgemeines Verfahren	74
5.8.7	Verfahren mit Nennsteifigkeiten	74
5.8.8	Verfahren mit Nennkrümmung	77
5.8.9	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte	79

	Seite
5.9	Seitliches Ausweichen schlanker Träger 81
5.10	Spannbetontragwerke 81
5.10.1	Allgemeines 81
5.10.2	Vorspannkraft während des Spannvorgangs 82
5.10.3	Vorspannkraft nach dem Spannvorgang 83
5.10.4	Sofortige Spannkraftverluste bei sofortigem Verbund 84
5.10.5	Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund 84
5.10.6	Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund 85
5.10.7	Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung 87
5.10.8	Grenzzustand der Tragfähigkeit 87
5.10.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung 87
5.11	Berechnung für ausgewählte Tragwerke 88
6	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT (GZT) 88
6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein 88
6.2	Querkraft 89
6.2.1	Nachweisverfahren 89
6.2.2	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung 90
6.2.3	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung 93
6.2.4	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten 96
6.2.5	Schubkraftübertragung in Fugen 98
6.3	Torsion 100
6.3.1	Allgemeines 100
6.3.2	Nachweisverfahren 101
6.3.3	Wölbkrafttorsion 102
6.4	Durchstanzen 103
6.4.1	Allgemeines 103
6.4.2	Lasteinleitung und Nachweisschnitte 104
6.4.3	Nachweisverfahren 108
6.4.4	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung 111
6.4.5	Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung 112
6.5	Stabwerkmodelle 114
6.5.1	Allgemeines 114
6.5.2	Bemessung der Druckstreben 114
6.5.3	Bemessung der Zugstreben 115
6.5.4	Bemessung der Knoten 115
6.6	Verankerung der Längsbewehrung und Stöße 118
6.7	Teilflächenbelastung 119
6.8	Nachweis gegen Ermüdung 120
6.8.1	Allgemeines 120
6.8.2	Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung 120
6.8.3	Einwirkungskombinationen 121
6.8.4	Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl 121
6.8.5	Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten 123
6.8.6	Vereinfachte Nachweise 124
6.8.7	Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung 124
7	NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT (GZG) 126
7.1	Allgemeines 126
7.2	Begrenzung der Spannungen 126
7.3	Begrenzung der Rissbreiten 127
7.3.1	Allgemeines 127
7.3.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite 128
7.3.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung 131
7.3.4	Berechnung der Rissbreite 133
7.4	Begrenzung der Verformungen 135
7.4.1	Allgemeines 135
7.4.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung 136
7.4.3	Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung 138

8	ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN	139
8.1	Allgemeines	139
8.2	Stababstände von Betonstählen.....	140
8.3	Biegen von Betonstählen	140
8.4	Verankerung der Längsbewehrung	141
8.4.1	Allgemeines	141
8.4.2	Bemessungswert der Verbundfestigkeit.....	142
8.4.3	Grundwert der Verankerungslänge	143
8.4.4	Bemessungswert der Verankerungslänge.....	144
8.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung.....	146
8.6	Verankerung mittels angeschweißter Stäbe.....	146
8.7	Stöße und mechanische Verbindungen.....	147
8.7.1	Allgemeines	147
8.7.2	Stöße.....	147
8.7.3	Übergreifungslänge.....	148
8.7.4	Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße	149
8.7.5	Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl.....	150
8.8	Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern.....	152
8.9	Stabbündel	153
8.9.1	Allgemeines	153
8.9.2	Verankerung von Stabbündeln	153
8.9.3	Gestoßene Stabbündel	154
8.10	Spannglieder.....	154
8.10.1	Anordnung von Spanngliedern und Hüllrohren.....	154
8.10.2	Verankerung bei Spanngliedern im sofortigen Verbund.....	156
8.10.3	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund	159
8.10.4	Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder.....	160
8.10.5	Umlenkstellen	160
9	KONSTRUKTIONSREGELN	161
9.1	Allgemeines	161
9.2	Balken.....	161
9.2.1	Längsbewehrung.....	161
9.2.2	Querkraftbewehrung	165
9.2.3	Torsionsbewehrung	166
9.2.4	Oberflächenbewehrung	166
9.2.5	Indirekte Auflager	166
9.3	Vollplatten	168
9.3.1	Biegebewehrung.....	168
9.3.2	Querkraftbewehrung	169
9.4	Flachdecken	169
9.4.1	Flachdecken im Bereich von Innenstützen.....	169
9.4.2	Flachdecken im Bereich von Randstützen	170
9.4.3	Durchstanzbewehrung.....	170
9.5	Stützen.....	171
9.5.1	Allgemeines	171
9.5.2	Längsbewehrung.....	171
9.5.3	Querbewehrung	172
9.6	Wände.....	172
9.6.1	Allgemeines	172
9.6.2	Vertikale Bewehrung	173
9.6.3	Horizontale Bewehrung	173
9.6.4	Querbewehrung	173
9.7	Wandartige Träger.....	173
9.8	Gründungen	174
9.8.1	Pfahlkopfplatten	174
9.8.2	Einzel- und Streifenfundamente	174
9.8.3	Zerrbalken	176

	Seite
9.8.4 Einzelfundament auf Fels	176
9.8.5 Bohrpfähle	177
9.9 Bereiche mit geometrischen Diskontinuitäten oder konzentrierten Einwirkungen (D-Bereiche)	178
9.10 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	178
9.10.1 Allgemeines	178
9.10.2 Ausbildung von Zugankern	178
9.10.3 Durchlaufwirkung und Verankerung von Zugankern	181
10 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN	181
10.1 Allgemeines	181
10.1.1 Besondere Begriffe dieses Kapitels	181
10.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung, Grundlegende Anforderungen	182
10.3 Baustoffe	182
10.3.1 Beton	182
10.3.2 Spannstahl	183
10.5 Ermittlung der Schnittgrößen	183
10.5.1 Allgemeines	183
10.5.2 Spannkraftverluste	184
10.9 Bemessungs- und Konstruktionsregeln	184
10.9.1 Einspannmomente in Platten	184
10.9.2 Wand-Decken-Verbindungen	184
10.9.3 Deckensysteme	185
10.9.4 Verbindungen und Lager für Fertigteile	187
10.9.5 Lager	191
10.9.6 Köcherfundamente	194
10.9.7 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	195
11 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON	195
11.1 Allgemeines	195
11.1.1 Geltungsbereich	195
11.1.2 Besondere Formelzeichen	195
11.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung	195
11.3 Baustoffe	196
11.3.1 Beton	196
11.3.2 Elastische Verformungseigenschaften	196
11.3.3 Kriechen und Schwinden	198
11.3.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen	198
11.3.5 Bemessungswert für Druck- und Zugfestigkeiten	198
11.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung	198
11.3.7 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung	199
11.4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung	199
11.4.1 Umgebungseinflüsse	199
11.4.2 Betondeckung	199
11.5 Ermittlung der Schnittgrößen	199
11.5.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation	199
11.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	199
11.6.1 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung	199
11.6.2 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung	200
11.6.3 Torsion	200
11.6.4 Durchstanzen	200
11.6.7 Teilflächenbelastung	201
11.6.8 Nachweis gegen Ermüdung	201
11.7 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	202
11.8 Allgemeine Bewehrungsregeln	202
11.8.1 Zulässige Biegerollendurchmesser für gebogene Betonstähle	202
11.8.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit	202
11.9 Konstruktionsregeln	202

11.10	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen	202
11.12	Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton.....	202
12	TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON	202
12.1	Allgemeines	202
12.3	Baustoffe	203
12.3.1	Beton.....	203
12.5	Ermittlung der Schnittgrößen	203
12.6	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)	203
12.6.1	Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein.....	203
12.6.2	Örtliches Versagen.....	204
12.6.3	Querkraft	204
12.6.4	Torsion	205
12.6.5	Auswirkungen von Verformungen von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung	205
12.7	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	208
12.9	Konstruktionsregeln	208
12.9.1	Tragende Bauteile	208
12.9.2	Arbeitsfugen	208
12.9.3	Streifen- und Einzelfundamente	208
Anhang A (informativ)	Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe	210
A.1	Allgemeines	210
A.2	Tragwerke aus Ortbeton	210
A.2.1	Reduktion auf Grundlage von Qualitätskontrollen und verminderten Abweichungen.....	210
A.2.2	Reduktion auf Grundlage der Verwendung von verminderten oder gemessenen geometrischen Daten bei der Bemessung.....	211
A.2.3	Reduktion auf Grundlage der Bestimmung der Betonfestigkeit im fertigen Tragwerk	211
A.3	Fertigteilprodukte	212
A.3.1	Allgemeines	212
A.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte von Baustoffen	212
A.4	Fertigteile	212
Anhang B (informativ)	Kriechen und Schwinden	213
B.1	Grundgleichungen zur Ermittlung der Kriechzahl	213
B.2	Grundgleichungen zur Ermittlung der Trocknungsschwinddehnung.....	215
Anhang C (normativ)	Eigenschaften des Betonstahls.....	216
C.1	Allgemeines	216
C.2	Festigkeiten.....	218
C.3	Biegbarkeit	218
Anhang D (informativ)	Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation	219
D.1	Allgemeines	219
Anhang E (informativ)	Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit	221
E.1	Allgemeines	221
Anhang F (informativ)	Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand.....	222
F.1	Allgemeines	222
Anhang G (informativ)	Boden-Bauwerk- Interaktion	224
G.1	Flachgründungen	224
G.1.1	Allgemeines	224
G.1.2	Genauigkeitsgrade des Nachweisverfahrens.....	225
G.2	Pfahlgründungen.....	225
Anhang H (informativ)	Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung	226
H.1	Kriterien zur Vernachlässigung der Nachweise nach Theorie II. Ordnung.....	226
H.1.1	Allgemeines	226

	Seite
H.1.2 Aussteifungssystem ohne wesentliche Schubverformungen	226
H.1.3 Aussteifungssystem mit wesentlichen globalen Schubverformungen	228
H.2 Berechnungsverfahren für globale Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung	228
Anhang I (informativ) Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben	230
I.1 Flachdecken	230
I.1.1 Allgemeines	230
I.1.2 Modellierung und Berechnung als Rahmen	230
I.1.3 Ungleiche Stützweiten	231
I.2 Wandscheiben	231
Anhang J (informativ) Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele	233
J.1 Oberflächenbewehrung	233
J.2 Rahmenecken	234
J.2.1 Allgemeines	234
J.2.2 Rahmenecken mit schließendem Moment	234
J.2.3 Rahmenecken mit öffnendem Moment	235
J.3 Konsolen	236

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1992-1-1 + AC:2010) „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“ wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Structural Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes des konstruktiven Ingenieurbaus zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2005 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen spätestens bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieser Eurocode ersetzt ENV 1992-1-1, 1992-1-3, 1992-1-4, 1992-1-5, 1992-1-6 und 1992-3.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

Hintergrund des Eurocode-Programms

Im Jahre 1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und diese schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80'er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung¹⁾ zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaften und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken*

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*

EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten*

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsländern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung von Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie des Rates 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanische Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und die dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;
- als Rahmenbedingung für die Erstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs).

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾, auf die in Artikel 12 der Bauprodukten-Richtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen³⁾. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Anforderungen in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die europäische Zulassung selbst zu schaffen.

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentlichen Anforderungen zu konkretisieren, indem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungsstufen vereinheitlicht werden,
- b) Methoden zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungsstufen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. Berechnungs- oder Nachweisverfahren, technische Entwurfsregeln usw.,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von kompletten Tragwerken und Bauteilen für die allgemeine praktische Anwendung. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für außergewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen. Für diese Fälle können zusätzliche Spezialkenntnisse für den Bauplaner erforderlich sein.

Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, möglicherweise mit einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweisen, wenn die Eurocodes mehrere Verfahren zur Wahl anbieten;
- Vorschriften zur Verwendung der informativen Anhänge;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit sie diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETA)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung⁴⁾ müssen konsistent sein. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit der CE-Kennzeichnung von Bauprodukten verbunden sind, die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Besondere Hinweise zu EN 1992-1-1

EN 1992-1-1 beschreibt die Prinzipien und Anforderungen nach Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton zusammen mit spezifischen Angaben für den Hochbau. Grundlage ist das Konzept des Grenzzustandes unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten.

Für die Planung neuer Tragwerke ist die direkte Anwendung von EN 1992-1-1 mit anderen Teilen von EN 1992, sowie den Eurocodes EN 1990, 1991, 1997 und 1998 vorgesehen.

4) Siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie ebenso wie die Abschnitte 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1.

EN 1992-1-1 dient ebenfalls als Referenzdokument für andere CEN/TC, die sich mit Tragwerken auseinandersetzen.

Die Anwendung von EN 1992-1-1 ist vorgesehen für:

- Komitees zur Erstellung von Spezifikationen für Bauprodukte, Normen für Prüfverfahren sowie Normen für die Bauausführung;
- Auftraggeber (z. B. zur Formulierung spezieller Anforderungen);
- Tragwerksplaner und Bauausführende;
- zuständige Behörden.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere Parameter, die die Zuverlässigkeit festlegen, gelten als Empfehlungen, mit denen ein ausreichendes Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden soll. Bei ihrer Festlegung wurde vorausgesetzt, dass ein angemessenes Niveau der Ausführungsqualität und Qualitätsprüfung vorhanden ist. Wird EN 1992-1-1 von anderen CEN/TC als Grundlage benutzt, müssen die gleichen Werte verwendet werden.

Nationaler Anhang zu EN 1992-1-1

Diese Norm enthält alternative Verfahren und Werte sowie Empfehlungen für Klassen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen getroffen werden müssen. Dazu sollte die jeweilige nationale Ausgabe von EN 1992-1-1 einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern enthalten, mit dem die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten, die in dem Ausgabeland gebaut werden sollen, möglich ist.

Nationale Festlegungen sind nach EN 1992-1-1 in den folgenden Abschnitten vorgesehen:

— 2.3.3 (3)	— 5.10.3 (2)	— 9.5.2 (1)
— 2.4.2.1 (1)	— 5.10.8 (2)	— 9.5.2 (2)
— 2.4.2.2 (1)	— 5.10.8 (3)	— 9.5.2 (3)
— 2.4.2.2 (2)	— 5.10.9 (1)P	— 9.5.3 (3)
— 2.4.2.2 (3)	— 6.2.2 (1)	— 9.6.2 (1)
— 2.4.2.3 (1)	— 6.2.2 (6)	— 9.6.3 (1)
— 2.4.2.4 (1)	— 6.2.3 (2)	— 9.7 (1)
— 2.4.2.4 (2)	— 6.2.3 (3)	— 9.8.1 (3)
— 2.4.2.5 (2)	— 6.2.4 (4)	— 9.8.2.1 (1)
— 3.1.2 (2)P	— 6.2.4 (6)	— 9.8.3 (1)
— 3.1.2 (4)	— 6.4.3 (6)	— 9.8.3 (2)
— 3.1.6 (1)P	— 6.4.4 (1)	— 9.8.4 (1)
— 3.1.6 (2)P	— 6.4.5 (3)	— 9.8.5 (3)
— 3.2.2 (3)P	— 6.4.5 (4)	— 9.10.2.2 (2)
— 3.2.7 (2)	— 6.5.2 (2)	— 9.10.2.3 (3)
— 3.3.4 (5)	— 6.5.4 (4)	— 9.10.2.3 (4)
— 3.3.6 (7)	— 6.5.4 (6)	— 9.10.2.4 (2)
— 4.4.1.2 (3)	— 6.8.4 (1)	— 11.3.5 (1)P
— 4.4.1.2 (5)	— 6.8.4 (5)	— 11.3.5 (2)P
— 4.4.1.2 (6)	— 6.8.6 (1)	— 11.3.7 (1)
— 4.4.1.2 (7)	— AC 6.8.6 (3) AC	— 11.6.1 (1)
— 4.4.1.2 (8)	— 6.8.7 (1)	— 11.6.1 (2)
— 4.4.1.2 (13)	— 7.2 (2)	— 11.6.2 (1)
— 4.4.1.3 (1)P	— 7.2 (3)	— 11.6.4.1 (1)
— 4.4.1.3 (3)	— 7.2 (5)	— 12.3.1 (1)
— 4.4.1.3 (4)	— 7.3.1 (5)	— 12.6.3 (2)
— 5.1.3 (1)P	— 7.3.2 (4)	— A.2.1 (1)
— 5.2 (5)	— 7.3.3 (2)	— A.2.1 (2)
— 5.5 (4)	— 7.3.4 (3)	— A.2.2 (1)
— 5.6.1 (3)	— 7.4.2 (2)	— A.2.2 (2)
— 5.6.3 (4)	— 8.2 (2)	— A.2.3 (1)
— 5.8.3.1 (1)	— 8.3 (2)	— C.1 (1)
— 5.8.3.3 (1)	— 8.6 (2)	— C.1 (3)
— 5.8.3.3 (2)	— 8.8 (1)	— E.1 (2)
— 5.8.5 (1)	— 9.2.1.1 (1)	— AC J.1 (2) AC
— 5.8.6 (3)	— 9.2.1.1 (3)	— J.2.2 (2)
— 5.10.1 (6)	— 9.2.1.2 (1)	— J.3 (2)
— 5.10.2.1 (1)P	— 9.2.1.4 (1)	— J.3 (3)
— 5.10.2.1 (2)	— 9.2.2 (4)	
— 5.10.2.2 (4)	— 9.2.2 (5)	
— 5.10.2.2 (5)	— 9.2.2 (6)	
	— 9.2.2 (7)	
	— 9.2.2 (8)	
	— 9.3.1.1(3)	

1 ALLGEMEINES

1.1 Anwendungsbereich

1.1.1 Anwendungsbereich des Eurocode 2

(1)P Der Eurocode 2 gilt für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Der Eurocode 2 entspricht den Grundsätzen und Anforderungen an die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Tragwerken sowie den Grundlagen für ihre Bemessung und den Nachweisen, die in EN 1990 — Grundlagen der Tragwerksplanung – enthalten sind.

(2)P Der Eurocode 2 behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragfähigkeit, die Gebrauchstauglichkeit, die Dauerhaftigkeit und den Feuerwiderstand von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton. Andere Anforderungen, wie z. B. Wärmeschutz oder Schallschutz, werden nicht berücksichtigt.

(3)P Die Anwendung des Eurocode 2 ist in Verbindung mit folgenden Regelwerken beabsichtigt:

EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung
EN 1991: Einwirkungen auf Tragwerke
hENs für Bauprodukte, die für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerke Verwendung finden
ENV 13670: Ausführung von Betontragwerken
EN 1997: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
EN 1998: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben.

(4)P Der Eurocode 2 ist in die folgenden Teile gegliedert:

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall
Teil 2: Betonbrücken
Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton

1.1.2 Anwendungsbereich des Eurocode 2 Teil 1-1

(1)P Teil 1-1 des Eurocode 2 enthält Grundregeln für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Tragwerken aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton unter Verwendung normaler und leichter Gesteinskörnung und zusätzlich auf den Hochbau abgestimmte Regeln.

(2)P Teil 1-1 enthält folgende Kapitel:

Kapitel 1:	Allgemeines
Kapitel 2:	Grundlagen der Tragwerksplanung
Kapitel 3:	Baustoffe
Kapitel 4:	Dauerhaftigkeit und Betondeckung
Kapitel 5:	Ermittlung der Schnittgrößen
Kapitel 6:	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT)
Kapitel 7:	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG)
Kapitel 8:	Allgemeine Bewehrungsregeln
Kapitel 9:	Konstruktionsregeln
Kapitel 10:	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Fertigteilen
Kapitel 11:	Zusätzliche Regeln für Bauteile und Tragwerke aus Leichtbeton
Kapitel 12:	Tragwerke aus unbewehrtem oder gering bewehrtem Beton

(3)P Kapitel 1 und 2 enthalten zusätzliche Regelungen zu EN 1990 "Grundlagen der Tragwerksplanung"

(4)P Teil 1-1 behandelt folgende Themen nicht:

- die Verwendung von ungerippter Bewehrung;
- Feuerwiderstand;
- besondere Aspekte bei speziellen Anwendungen des Hochbaus (z. B. Hochhäuser);
- besondere Aspekte bei speziellen Anwendungen des Ingenieurbaus (z. B. Brücken, Talsperren, Druckbehälter, Bohrinseln oder Behälterbauwerke);
- Ein-Korn-Betone, Gasbetone und Schwerbetone, sowie Betone mit tragenden Stahl-Querschnitten (siehe Eurocode 4 für Stahl-Beton-Verbundbau).

1.2 Normative Verweisungen

(1)P Die folgenden Normen enthalten Regelungen, auf die in dieser Europäischen Norm durch Hinweis Bezug genommen wird. Bei datierten Bezügen gelten spätere Änderungen oder Ergänzungen der zitierten Normen nicht. Jedoch sollte bei Bedarf geprüft werden, ob die jeweils gültige Ausgabe der Normen angewendet werden darf. Bei undatierten Bezügen gilt die jeweils gültige Ausgabe der zitierten Norm.

1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen

EN 1990:	Grundlagen der Tragwerksplanung
EN 1991-1-5:	Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen — Temperatureinwirkungen
EN 1991-1-6:	Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen — Einwirkungen während der Bauausführung

1.2.2 Weitere normative Verweisungen

EN 1997:	Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
EN 197-1:	Zement: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement
EN 206-1:	Beton: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
EN 12390:	Prüfung von Festbeton
EN 10080:	Stahl für die Bewehrung von Beton – Schweißgeeigneter Betonstahl – Allgemeines
EN 10138:	Spannstähle
AC EN ISO 17660	(alle Teile): Schweißen – Schweißen von Betonstahl AC
ENV 13670:	Ausführung von Betontragwerken
EN 13791:	Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen
EN ISO 15630:	Stähle für die Bewehrung und das Vorspannen von Beton – Prüfverfahren

1.3 Annahmen

(1)P Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen der EN 1990 gelten die folgenden Annahmen:

- Tragwerke werden von entsprechend qualifizierten und erfahrenen Personen geplant.
- In Fabriken, Werken und auf der Baustelle wird eine angemessene Überwachung und Qualitätskontrolle durchgeführt.
- Die Bauausführung erfolgt mit Personal, welches angemessene Fertigkeiten und Erfahrungen hat.
- Baustoffe und Bauprodukte werden nach diesem Eurocode oder entsprechend den maßgeblichen Material- oder Produktspezifikationen verwendet.
- Das Tragwerk wird angemessen instand gehalten.
- Das Tragwerk wird entsprechend der geplanten Anforderungen genutzt.
- Die Anforderungen nach ENV 13670 an die Bauausführung und das Personal werden erfüllt.

1.4 Unterscheidung zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regelungen der EN 1990.

1.5 Begriffe

1.5.1 Allgemeines

(1)P Es gelten die Begriffe der EN 1990.

1.5.2 Besondere Begriffe und Definitionen in dieser Norm

1.5.2.1 Fertigteile. Bauteile, die nicht in ihrer endgültigen Lage, sondern in einem Werk oder an anderer Stelle hergestellt werden. Im Tragwerk werden die Bauteile miteinander verbunden, um die geforderte Tragfähigkeit zu gewährleisten.

1.5.2.2 Unbewehrte oder gering bewehrte Bauteile. Bauteile ohne Bewehrung oder mit einer Bewehrung, die unterhalb der jeweils erforderlichen Mindestbewehrung nach Kapitel 9 liegt.

1.5.2.3 Interne und externe Spannglieder ohne Verbund. Im Betonquerschnitt im Hüllrohr ohne Verbund liegendes Zugglied aus Spannstahl bzw. außerhalb des Betonquerschnitts liegendes Zugglied aus Spannstahl (welches nach dem Vorspannen von Beton oder mit Korrosionsschutzmasse umhüllt werden kann).

1.5.2.4 Vorspannung. Das Vorspannen ist ein Verfahren, bei dem Kräfte in ein Bauteil durch das Spannen von Zuggliedern eingebracht werden. Der Begriff „Vorspannung“ beschreibt allgemein alle dauerhaften Auswirkungen des Vorspannvorgangs, der unter anderem zu Schnittkräften und zu Verformungen des Bauteils und des Tragwerks führen kann. Andere Arten der Vorspannung werden im Rahmen dieser Norm nicht betrachtet.

1.6 Formelzeichen

In dieser Norm werden die folgenden Formelzeichen verwendet.

ANMERKUNG Die verwendeten Bezeichnungen beruhen auf ISO 3898:1987

Große lateinische Buchstaben

A	außergewöhnliche Einwirkung
A	Querschnittsfläche
A_c	Betonquerschnittsfläche
A_p	Querschnittsfläche des Spannstahls
A_s	Querschnittsfläche des Betonstahls
$A_{s,min}$	Querschnittsfläche der Mindestbewehrung
A_{sw}	Querschnittsfläche der Querkraft- und Torsionsbewehrung
D	Biegerollendurchmesser
D_{Ed}	Schädigungssumme (Ermüdung)
E	Auswirkung der Einwirkung
$E_c, E_{c(28)}$	Elastizitätsmodul für Normalbeton als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie allgemein und nach 28 Tagen.
$E_{c,eff}$	effektiver Elastizitätsmodul des Betons
E_{cd}	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls des Betons
E_{cm}	mittlerer Elastizitätsmodul als Sekante
$E_c(t)$	Elastizitätsmodul für Normalbeton als Tangente im Ursprung der Spannungs-Dehnungs-Linie nach t Tagen
E_p	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls für Spannstahl
E_s	Bemessungswert des Elastizitätsmoduls für Betonstahl
EI	Biegesteifigkeit
EQU	Lagesicherheit
F	Einwirkung
F_d	Bemessungswert einer Einwirkung
F_k	charakteristischer Wert einer Einwirkung
G_k	charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
GZG	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit – SLS (Serviceability limit state)
GZT	Grenzzustand der Tragfähigkeit – ULS (Ultimate limit state)
I	Flächenträgheitsmoment des Betonquerschnitts
L	Länge
M	Biegemoment
M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemoments
N	Normalkraft
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft (Zug oder Druck)
P	Vorspannkraft
P_0	aufgebrachte Höchstkraft am Spananker nach dem Spannen
Q_k	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung
Q_{fat}	charakteristischer Wert der veränderlichen Einwirkung beim Nachweis gegen Ermüdung
R	Widerstand

S	Schnittgrößen
S	Flächenmoment ersten Grades
T	Torsionsmoment
T_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Torsionsmoments
V	Querkraft
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft

Kleine lateinische Buchstaben

a	Abstand; Auflagerbreite
a	geometrische Angabe
Δa	Abweichung für eine geometrische Angabe
b	Breite eines Querschnitts, oder Gurtbreite eines T oder L-Querschnitts
b_w	Stegbreite eines T, I oder L-Querschnitts
d	Durchmesser
d	statische Nutzhöhe
d_g	Durchmesser des Größtkorns einer Gesteinskörnung
e	Lastausmitte (Exzentrizität)
f_c	einaxiale Betondruckfestigkeit
f_{cd}	Bemessungswert der einaxialen Betondruckfestigkeit
f_{ck}	charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
f_{ctk}	charakteristischer Wert der zentrischen Betonzugfestigkeit
f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons
f_p	Zugfestigkeit des Spannstahls
f_{pk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls
$f_{p0,1}$	0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls
$f_{p0,1k}$	charakteristischer Wert der 0,1 %-Dehngrenze des Spannstahls
$f_{0,2k}$	charakteristischer Wert der 0,2 %-Dehngrenze des Betonstahls
f_t	Zugfestigkeit des Betonstahls
f_{tk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Betonstahls
f_y	Streckgrenze des Betonstahls
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{ywd}	Bemessungswert der Streckgrenze von Querkraftbewehrung
h	Höhe, Dicke
h	Gesamthöhe eines Querschnitts
i	Trägheitsradius
k	Beiwert; Faktor
l	(oder L) Länge, Stützweite, Spannweite

m	Masse
r	Radius
$1/r$	Krümmung
t	Wanddicke
t	Zeitpunkt
t_0	Zeitpunkt des Belastungsbeginns des Betons
u	Umfang eines Betonquerschnitts mit der Fläche A_c
u, v, w	Komponenten der Verschiebung eines Punktes
x	Höhe der Druckzone
x, y, z	Koordinaten
z	Hebelarm der inneren Kräfte

Kleine griechische Buchstaben

α	Winkel; Verhältnis
β	Winkel; Verhältnis; Beiwert
γ	Teilsicherheitsbeiwert
γ_A	Teilsicherheitsbeiwerte für außergewöhnliche Einwirkungen A
γ_C	Teilsicherheitsbeiwerte für Beton
γ_F	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen, F
$\gamma_{F,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung
$\gamma_{C,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Beton beim Nachweis gegen Ermüdung
γ_G	Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen, G
γ_M	Teilsicherheitsbeiwerte für eine Baustoffeigenschaft unter Berücksichtigung von Streuungen der Baustoffeigenschaft selbst sowie geometrischer Abweichungen und Unsicherheiten des verwendeten Bemessungsmodells (Modellunsicherheiten)
γ_P	Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung infolge Vorspannung, P , sofern diese auf der Einwirkungsseite berücksichtigt wird
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwerte für veränderliche Einwirkungen, Q
γ_S	Teilsicherheitsbeiwerte für Betonstahl und Spannstahl
$\gamma_{S,fat}$	Teilsicherheitsbeiwerte für Betonstahl und Spannstahl beim Nachweis gegen Ermüdung
γ_I	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen ohne Berücksichtigung von Modellunsicherheiten
γ_g	Teilsicherheitsbeiwerte für ständige Einwirkungen ohne Berücksichtigung von Modellunsicherheiten
γ_m	Teilsicherheitsbeiwerte für eine Baustoffeigenschaft allein unter Berücksichtigung von Schwankungen der Baustoffeigenschaft selbst
δ	Inkrement, Zuwachs/Umlagerungsverhältnis
ζ	Abminderungsbeiwert/Verteilungsbeiwert
ε_c	Dehnung des Betons
ε_{c1}	Dehnung des Betons unter der Maximalspannung f_c
ε_{cu}	rechnerische Bruchdehnung des Betons
ε_u	rechnerische Bruchdehnung des Beton- oder Spannstahls

ε_{uk}	charakteristische Dehnung des Beton- oder Spannstahls unter Höchstlast
θ	Winkel
λ	Schlankheit
μ	Reibungsbeiwert zwischen Spannglied und Hüllrohr
ν	Querdehnzahl
ν	Abminderungsbeiwert der Druckfestigkeit für gerissenen Beton
ξ	Verhältnis der Verbundfestigkeit von Spannstahl zu der von Betonstahl
ρ	Ofentrockene Dichte des Betons in kg/m^3
ρ_{1000}	Verlust aus Relaxation (in %), 1000 Stunden nach Aufbringung der Vorspannung bei einer mittleren Temperatur von 20°C
ρ_l	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Längsbewehrung
ρ_w	geometrisches Bewehrungsverhältnis der Querkraftbewehrung
σ_c	Spannung im Beton
σ_{cp}	Spannung im Beton aus Normalkraft oder Vorspannung
σ_{cu}	Spannung im Beton bei der rechnerischen Bruchdehnung des Betons ε_{cu}
τ	Schubspannung aus Torsion
ϕ	Durchmesser eines Bewehrungsstabs oder eines Hüllrohrs
ϕ_n	Vergleichsdurchmesser eines Stabbündels
$\varphi(t, t_0)$	Kriechzahl, die die Kriechverformung zwischen den Zeitpunkten t und t_0 beschreibt, bezogen auf die elastische Verformung nach 28 Tagen
$\varphi(\infty, t_0)$	Endkriechzahl
ψ	Kombinationsbeiwert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_0	für seltene Werte
ψ_1	für häufige Werte
ψ_2	für quasi-ständige Werte

2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1)P Für die Tragwerksplanung von Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbauten gelten die Grundlagen der EN 1990.

(2)P Darüber hinaus gelten für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerke die Grundlagen dieses Kapitels.

(3) Die grundlegenden Anforderungen der EN 1990, Kapitel 2, gelten für Beton-, Stahlbeton- und Spannbetontragwerke als erfüllt, wenn:

- die Bemessung in Grenzzuständen in Verbindung mit Teilsicherheitsbeiwerten nach EN 1990 erfolgt,
- die Einwirkungen nach EN 1991 verwendet werden,

- die Lastkombinationen nach EN 1990 angesetzt und
- die Tragwiderstände, die Dauerhaftigkeit und die Gebrauchstauglichkeit entsprechend dieser Norm nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Anforderungen an den Feuerwiderstand (siehe EN 1990 Kapitel 5 und EN 1992-1-2) können zu größeren Bauteilabmessungen führen, als sie nach einer Bemessung unter Normaltemperatur erforderlich werden.

2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

- (1) Die Regeln für die Behandlung der Zuverlässigkeit enthält EN 1990, Kapitel 2.
- (2) Ein Tragwerk entspricht der Zuverlässigkeitsklasse RC2, wenn es unter Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte dieses Eurocodes (siehe 2.4) und der Teilsicherheitsbeiwerte der Anhänge der EN 1990 bemessen wird.

ANMERKUNG Anhänge B und C der EN 1990 enthalten weitere Informationen.

2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung

- (1) Die Regeln für geplante Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung enthält EN 1990, Kapitel 2.

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

- (1) Die Regeln zur Bemessung in Grenzzuständen enthält EN 1990, Kapitel 3.

2.3 Basisvariablen

2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

2.3.1.1 Allgemeines

- (1) Die bei der Bemessung zu verwendenden Einwirkungen dürfen aus den entsprechenden Teilen der EN 1991 übernommen werden.

ANMERKUNG 1 Zu den für die Bemessung maßgeblichen Teilen der EN 1991 gehören:

- EN 1991-1-1 Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau
- EN 1991-1-2 Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- EN 1991-1-3 Schneelasten
- EN 1991-1-4 Windlasten
- EN 1991-1-5 Temperatureinwirkungen
- EN 1991-1-6 Einwirkungen während der Bauausführung
- EN 1991-1-7 Außergewöhnliche Einwirkungen
- EN 1991-2 Verkehrslasten auf Brücken
- EN 1991-3 Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen
- EN 1991-4 Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

ANMERKUNG 2 Einwirkungen, die nur für diese Norm gelten, werden in den entsprechenden Abschnitten angegeben.

ANMERKUNG 3 Einwirkungen aus Erd- und Wasserdruck enthält EN 1997.

ANMERKUNG 4 Werden Setzungen berücksichtigt, dürfen angemessene Schätzwerte der zu erwartenden Setzungen benutzt werden.

ANMERKUNG 5 In den bautechnischen Unterlagen eines einzelnen Projekts dürfen zusätzliche, maßgebliche Einwirkungen definiert werden.

2.3.1.2 Temperatureinwirkungen

(1) In der Regel sind Temperatureinwirkungen für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.

(2) Temperatureinwirkungen sollten für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nur dann berücksichtigt werden, wenn sie wesentlich sind, (z. B. bei Ermüdung oder beim Nachweis der Stabilität nach Theorie II. Ordnung). In anderen Fällen muss die Temperatur nicht berücksichtigt werden, wenn Verformungsvermögen und Rotationsfähigkeit der Bauteile im ausreichenden Maße nachgewiesen werden können.

(3) Werden Temperatureinwirkungen berücksichtigt, sind sie in der Regel als veränderliche Einwirkungen mit einem Teilsicherheitsbeiwert γ und dem Kombinationsbeiwert ψ aufzubringen.

ANMERKUNG Der Kombinationsbeiwert ψ ist im entsprechenden Anhang der EN 1990 und EN 1991-1-5 definiert.

2.3.1.3 Setzungs-/Bewegungsunterschiede

(1) Setzungs-/Bewegungsunterschiede des Tragwerks infolge von Bodensetzungen sind in der Regel als ständige Einwirkungen G_{set} in den Einwirkungskombinationen zu behandeln. Im Allgemeinen wird G_{set} aus Werten von Setzungs-/Bewegungsunterschieden $d_{\text{set},i}$ (bezogen auf eine Referenzlage) einzelner Gründungen oder Gründungsteile i bestehen.

ANMERKUNG Es dürfen angemessene Schätzwerte der erwarteten Setzungen verwendet werden.

(2) Auswirkungen von Setzungsunterschieden sind in der Regel immer für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.

(3) Auswirkungen von Setzungsunterschieden sollten für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nur dann berücksichtigt werden, wenn sie wesentlich sind (z. B. bei Ermüdung oder beim Nachweis der Stabilität nach Theorie II. Ordnung). In anderen Fällen müssen Setzungsunterschiede nicht berücksichtigt werden, wenn Verformungsvermögen und Rotationsfähigkeit im ausreichenden Maße nachgewiesen werden können.

(4) Werden die Auswirkungen von Setzungsunterschieden berücksichtigt, ist in der Regel ein Teilsicherheitsbeiwert für Setzungen anzusetzen.

ANMERKUNG Der Teilsicherheitsbeiwert für Setzungen ist im entsprechenden Anhang der EN 1990 definiert.

2.3.1.4 Vorspannung

(1) Die Vorspannung im Sinne dieses Eurocodes wird durch Zugglieder aus Spannstahl (Drähte, Litzen oder Stäbe) aufgebracht.

(2) Zugglieder dürfen in den Beton eingebettet werden. Sie dürfen im sofortigen Verbund, im nachträglichen Verbund oder ohne Verbund ausgeführt werden.

(3) Zugglieder dürfen auch außerhalb des Bauteils geführt werden. Berührungspunkte bilden hierbei Umlenkelemente und Verankerungen.

(4) Weitere Angaben zur Vorspannung enthält Abschnitt 5.10.

2.3.2 Eigenschaften von Baustoffen, Bauprodukten und Bauteilen

2.3.2.1 Allgemeines

- (1) Die Regeln für Material- und Produkteigenschaften enthält EN 1990, Kapitel 4.
- (2) Bestimmungen für Beton, Betonstahl und Spannstahl sind in Kapitel 3 oder in den maßgeblichen Produktnormen enthalten.

2.3.2.2 Kriechen und Schwinden

- (1) Kriechen und Schwinden sind zeitabhängige Eigenschaften des Betons. Ihre Auswirkungen sind in der Regel generell für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.
- (2) Kriechen und Schwinden sollten für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nur dann berücksichtigt werden, wenn sie wesentlich sind, z. B. bei Stabilitätsnachweisen nach Theorie II. Ordnung. In anderen Fällen müssen Kriechen und Schwinden im GZT nicht berücksichtigt werden, wenn Verformungsvermögen und Rotationsfähigkeit der Bauteile im ausreichenden Maße nachgewiesen werden können.
- (3) Wird das Kriechen berücksichtigt, sind in der Regel die Auswirkungen unter der quasi-ständigen Einwirkungskombination zu ermitteln, unabhängig davon, ob eine ständige, eine vorübergehende oder eine außergewöhnliche Bemessungssituation untersucht wird.

ANMERKUNG Im Allgemeinen dürfen die Kriechauswirkungen unter ständigen Lasten und mit dem Mittelwert der Vorspannung ermittelt werden.

2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons

- (1) P Auswirkungen aus Verformungen, die durch Temperatur, Kriechen und Schwinden hervorgerufen sind, müssen in der Bemessung berücksichtigt werden.
- (2) Diese Auswirkungen sind im Allgemeinen ausreichend berücksichtigt, wenn die Anwendungsregeln dieser Norm eingehalten werden. Auf Folgendes sollte ebenfalls Wert gelegt werden:
- Reduzierung von Verformungen und Rissbildung aus früher Belastung von Bauteilen sowie aus Kriechen und Schwinden durch entsprechende Betonzusammensetzung;
 - Reduzierung zwangerzeugender Verformungsbehinderungen durch Lager oder Fugen;
 - Berücksichtigung auftretenden Zwangs bei der Bemessung.
- (3) Für Hochbauten dürfen Auswirkungen aus Temperatur und Schwinden auf das Gesamttragwerk vernachlässigt werden, wenn Fugen im Abstand von d_{joint} vorgesehen werden, die die entstehenden Verformungen aufnehmen können.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert d_{joint} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 30 m. Für Tragwerke aus Fertigteilen darf der Wert darüber liegen, da ein Teil der Verformungen aus Kriechen und Schwinden bereits vor dem Einbau stattfinden.

2.3.4 Geometrische Angaben

2.3.4.1 Allgemeines

- (1) Die Regeln zu geometrischen Angaben enthält EN 1990, Kapitel 4.

2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle

- (1) P Unsicherheiten in Bezug auf den Querschnitt eines Ortbeton-Bohrpfahles und auf das Betonieren müssen bei der Bemessung berücksichtigt werden.

(2) Fehlen weitere Angaben, sind für die Bemessung in der Regel folgende Werte für den Durchmesser von Ortbeton-Bohrpfählen mit wieder gewonnener Verrohrung anzunehmen:

- für $d_{\text{nom}} < 400 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 20 \text{ mm}$
- für $400 \text{ mm} \leq d_{\text{nom}} \leq 1000 \text{ mm}$ $d = 0,95 d_{\text{nom}}$
- für $d_{\text{nom}} > 1000 \text{ mm}$ $d = d_{\text{nom}} - 50 \text{ mm}$

Dabei ist d_{nom} der Nenndurchmesser des Pfahls.

2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

2.4.1 Allgemeines

(1) Die Regeln für das Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten enthält EN 1990, Kapitel 6.

2.4.2 Bemessungswerte

2.4.2.1 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Schwinden

(1) Werden Einwirkungen aus Schwinden für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt, ist in der Regel ein Teilsicherheitsbeiwert γ_{SH} zu verwenden.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von γ_{SH} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

2.4.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung

(1) Vorspannung wirkt im Allgemeinen günstig. Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist in der Regel ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{\text{P,fav}}$ zu verwenden. Als Bemessungswert der Vorspannung darf der Mittelwert der Vorspannkraft verwendet werden (siehe EN 1990, Kapitel 4).

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von $\gamma_{\text{P,fav}}$ darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen ist 1,0. Dieser Wert darf auch für den Ermüdungsnachweis verwendet werden.

(2) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Theorie II. Ordnung eines extern vorgespannten Bauteils, bei dem ein erhöhter Wert der Vorspannung ungünstig wirken kann, ist in der Regel $\gamma_{\text{P,unfav}}$ zu verwenden.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von $\gamma_{\text{P,unfav}}$ für die Nachweise im Grenzzustand der Stabilität am Gesamttragwerk darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,3.

(3) Für die Nachweise von lokalen Auswirkungen ist in der Regel ebenfalls $\gamma_{\text{P,unfav}}$ zu verwenden.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von $\gamma_{\text{P,unfav}}$ für die Nachweise von lokalen Auswirkungen darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,2. Die lokalen Auswirkungen der Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund werden in 8.10.2 behandelt.

2.4.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung

(1) Der Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung ist $\gamma_{\text{F,fat}}$.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von $\gamma_{\text{F,fat}}$ darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe

(1) Für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit sind für die Baustoffe in der Regel die Teilsicherheitsbeiwerte γ_C und γ_S zu verwenden.

ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte von γ_C und γ_S dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Tabelle 2.1N enthält die empfohlenen Werte für „ständige und vorübergehende“ und für „außergewöhnliche“ Bemessungssituationen. Für die Bemessung im Brandfall gelten die Werte nach EN 1992-1-2.

Die empfohlenen Werte $\gamma_{C,fat}$ und $\gamma_{S,fat}$ beim Nachweis gegen Ermüdung entsprechen denen für die ständige Bemessungssituationen nach Tabelle 2.1N.

Tabelle 2.1N — Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Bemessungssituationen	γ_C für Beton	γ_S für Betonstahl	γ_S für Spannstahl
ständig und vorübergehend	1,5	1,15	1,15
außergewöhnlich	1,2	1,0	1,0

(2) Für die Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in der Regel die Werte der Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe entsprechend der einzelnen Abschnitte dieses Eurocodes zu verwenden.

ANMERKUNG Die landesspezifischen Werte von γ_C und γ_S dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden. Wenn nicht in einzelnen Abschnitten dieses Eurocodes abweichend festgelegt, ist der empfohlene Wert 1,0.

(3) Abgeminderte Werte für γ_C und γ_S dürfen verwendet werden, wenn dies durch Maßnahmen zur Verringerung der Unsicherheit in der Berechnung gerechtfertigt ist.

ANMERKUNG Informationen hierzu enthält der informative Anhang A.

2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungen

(1) Bemessungswerte der Bodeneigenschaften sind in der Regel nach EN 1997 zu ermitteln.

(2) Bei der Berechnung des Bemessungswiderstands von Ortbeton-Bohrpfählen mit wieder gewonnener Verrohrung ist in der Regel der Teilsicherheitsbeiwert für Beton γ_C nach 2.4.2.4 (1) mit dem Beiwert k_f zu multiplizieren.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert von k_f darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,1.

2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen

(1) Die allgemeinen Kombinationsregeln für Einwirkungen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit enthält EN 1990, Kapitel 6.

ANMERKUNG 1 Die detaillierten Formulierungen für Einwirkungskombinationen sind in den normativen Anhängen der EN 1990, z. B. Anhang A1 für den Hochbau, A2 für Brücken, usw. enthalten. Die Anmerkungen enthalten auch die empfohlenen Werte der dazugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte und der repräsentativen Einwirkungen.

ANMERKUNG 2 Einwirkungskombinationen beim Nachweis gegen Ermüdung werden in 6.8.3 behandelt.

(2) Für jede ständige Einwirkung darf durchgängig entweder der untere oder der obere Bemessungswert innerhalb eines Tragwerks verwendet werden, je nachdem, welcher Wert ungünstiger wirkt. (z. B. Eigenlast eines Tragwerks).

ANMERKUNG Unter Umständen gibt es Ausnahmen zu dieser Regel (z. B. Nachweis der Lagesicherheit, siehe EN 1990, Kapitel 6) In solchen Fällen können andere Teilsicherheitsbeiwerte (Satz A) maßgebend werden. Ein Beispiel für den Hochbau enthält Anhang A1 der EN 1990.

2.4.4 Nachweis der Lagesicherheit

(1) Das Format beim Nachweis der Lagesicherheit gilt auch für EQU-Bemessungszustände, z. B. für Abhebesicherungen oder den Nachweis gegen das Abheben von Lagern bei Durchlaufträgern.

ANMERKUNG Informationen hierzu enthält Anhang A der EN 1990.

2.5 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Die Bemessung von Tragwerken darf durch Versuche unterstützt werden.

ANMERKUNG Informationen hierzu enthalten Kapitel 5 und Anhang D der EN 1990.

2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen

(1)P Hat die Boden-Bauwerk-Interaktion einen wesentlichen Einfluss auf das Tragwerk, müssen die Bodeneigenschaften und die Auswirkungen der Interaktion nach EN 1997-1 berücksichtigt werden.

(2) Sind wesentliche Setzungsunterschiede wahrscheinlich, sind in der Regel ihre Auswirkungen zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Anhang G darf zur Modellierung der Boden-Bauwerk-Interaktion herangezogen werden.

ANMERKUNG 2 Im Allgemeinen dürfen für die Tragwerksbemessung vereinfachte Methoden verwendet werden, die die Auswirkungen von Bodendeformationen vernachlässigen.

(3) Gründungsbauteile aus Beton sind in der Regel in Übereinstimmung mit EN 1997-1 zu dimensionieren.

(4) In der Bemessung sind die Auswirkungen von Setzungen, Hebungen, Gefrieren, Tauen, Erosion usw. zu berücksichtigen, wenn sie maßgebend sind.

2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel

(1) Lokal begrenzte und auf das Bauteil bezogene Auswirkungen von Befestigungsmitteln sind in der Regel zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Anforderungen für die Bemessung von Befestigungsmitteln enthält die Technische Spezifikation „Bemessung von Befestigungsmitteln für die Verwendung in Beton“ (in Bearbeitung). Diese Technische Spezifikation wird die Bemessung folgender Befestigungsmittel behandeln:

einbetonierte Befestigungsmittel wie beispielsweise:

- Kopfbolzen,
- Ankerschienen,

und nachträglich eingebaute Befestigungsmittel wie beispielsweise:

- Metallspreizdübel,
- Hinterschnittdübel,
- Betonschrauben,
- Verbunddübel,
- Verbundspreizdübel und
- Verbundhinterschnittdübel.

Befestigungsmittel sollten entweder im Einklang mit einer CEN-Norm stehen, oder durch eine Europäische Technische Zulassung geregelt sein.

Die Technische Spezifikation „Bemessung von Befestigungsmitteln für die Verwendung in Beton“ behandelt die lokale Einleitung von Lasten in ein Bauteil.

Bei Entwurf und Bemessung eines Tragwerks sind in der Regel die Einwirkungen und zusätzlichen Anforderungen nach Anhang A dieser Technischen Richtlinie zu berücksichtigen.

3 BAUSTOFFE

3.1 Beton

3.1.1 Allgemeines

(1)P Die folgenden Abschnitte enthalten Prinzipien und Anwendungsregeln für Normalbeton und hochfesten Beton.

(2)P Die Regeln für Leichtbeton sind im Abschnitt 11 enthalten.

3.1.2 Festigkeiten

(1)P Die Betondruckfestigkeit wird nach Betonfestigkeitsklassen gegliedert, die sich auf die charakteristische (5 %) Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} oder die Würfeldruckfestigkeit $f_{ck,cube}$ nach EN 206-1 beziehen.

(2)P Die Festigkeitsklassen dieser Norm beziehen sich auf die charakteristische Zylinderdruckfestigkeit f_{ck} für ein Alter von 28 Tagen mit einem Maximalwert von C_{max} .

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert C_{max} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist C90/105.

(3) In Tabelle 3.1 sind die charakteristischen Festigkeiten f_{ck} mit den ihnen zugeordneten mechanischen Eigenschaften angegeben, die für die Bemessung notwendig sind.

(4) Für bestimmte Anwendungsfälle (z. B. bei Vorspannung) darf unter Umständen die Druckfestigkeit des Betons für ein Alter von weniger oder mehr als 28 Tagen auf der Grundlage von Prüfkörpern bestimmt werden, die unter anderen als den in EN 12390 angegebenen Bedingungen gelagert wurden.

Falls die Betonfestigkeit für ein Alter von $t > 28$ Tagen bestimmt wird, sind in der Regel die in 3.1.6 (1)P und 3.1.6 (2)P definierten Beiwerte α_{cc} und α_{ct} um den Faktor k_t zu reduzieren.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert k_t darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 0,85.

(5) Muss die Betondruckfestigkeit $f_{ck}(t)$ für ein Alter t für bestimmte Bauzustände (z. B. Ausschalen, Übertragung der Vorspannung), angegeben werden, darf diese wie folgt bestimmt werden:

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad \text{für} \quad 3 < t < 28 \text{ Tage}$$

$$f_{ck}(t) = f_{ck} \quad \text{für} \quad t \geq 28 \text{ Tage}$$

Genauere Werte speziell für $t \leq 3$ Tage sollten auf der Basis von Versuchen bestimmt werden.

(6) Die Betondruckfestigkeit im Alter t hängt vom Zementtyp, der Temperatur und den Lagerungsbedingungen ab. Bei einer mittleren Temperatur von 20°C und bei Lagerung nach EN 12390 darf die Betondruckfestigkeit zu unterschiedlichen Zeitpunkten $f_{cm}(t)$ mit den Gleichungen (3.1) und (3.2) ermittelt werden.

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm} \quad (3.1)$$

mit

$$\beta_{cc}(t) = e^{s[1-\sqrt{28/t}]} \quad (3.2)$$

Dabei ist

$f_{cm}(t)$ die mittlere Betondruckfestigkeit für ein Alter von t Tagen;

f_{cm} die mittlere Druckfestigkeit nach 28 Tagen gemäß Tabelle 3.1;

$\beta_{cc}(t)$ ein vom Alter des Betons t abhängiger Beiwert;

t das Alter des Betons in Tagen;

s ein vom verwendeten Zementtyp abhängiger Beiwert:

= 0,20 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 42,5 R, CEM 52,5 N und CEM 52,5 R (Klasse R),

= 0,25 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (Klasse N),

= 0,38 für Zement der Festigkeitsklassen CEM 32,5 N (Klasse S).

In Fällen, in denen der Beton nicht der geforderten Druckfestigkeit nach 28 Tagen entspricht, sind die Gleichungen (3.1) und (3.2) nicht geeignet.

Es ist nicht zulässig, mit den Regeln dieses Abschnittes eine nichtkonforme Druckfestigkeitsklasse über die Nacherhärtung des Betons im Nachhinein zu rechtfertigen.

Zur Wärmebehandlung von Bauteilen siehe 10.3.1.1 (3).

(Z)P Die Zugfestigkeit bezieht sich auf die höchste Spannung, die bei zentrischer Zugbeanspruchung erreicht wird. Für die Biegezugfestigkeit siehe auch 3.1.8 (1).

(8) Wenn die Zugfestigkeit mittels der Spaltzugfestigkeit $f_{ct,sp}$ bestimmt wird, darf näherungsweise der Wert der einachsigen Zugfestigkeit f_{ct} mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$f_{ct} = 0,9 f_{ct,sp} \quad (3.3)$$

(9) Die zeitabhängige Entwicklung der Zugfestigkeit hängt besonders stark von der Nachbehandlung und den Trocknungsbedingungen sowie der Bauteilgröße ab. Wenn keine genaueren Werte vorliegen, darf die Zugfestigkeit $f_{ctm}(t)$ wie folgt angenommen werden:

$$f_{ctm}(t) = [\beta_{cc}(t)]^\alpha \cdot f_{ctm} \quad (3.4)$$

mit $\beta_{cc}(t)$ aus Gleichung (3.2) und

$\alpha = 1$ für $t < 28$ Tage

$\alpha = 2/3$ für $t \geq 28$ Tage.

Die Werte für f_{ctm} sind in Tabelle 3.1 enthalten.

ANMERKUNG Wenn die zeitabhängige Entwicklung der Zugfestigkeit von Bedeutung ist, wird empfohlen, dass zusätzliche Prüfungen unter Berücksichtigung der Umgebungsbedingungen und der Bauteilgröße durchgeführt werden.

3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften

(1) Die elastischen Verformungseigenschaften des Betons hängen in hohem Maße von seiner Zusammensetzung (vor allem von der Gesteinskörnung) ab. Die folgenden Angaben stellen deshalb lediglich Richtwerte dar. Sie sind in der Regel dann gesondert zu ermitteln, wenn das Tragwerk empfindlich auf entsprechende Abweichungen reagiert.

(2) Der Elastizitätsmodul eines Betons hängt von den Elastizitätsmoduln seiner Bestandteile ab. Tabelle 3.1 enthält die Richtwerte für den Elastizitätsmodul E_{cm} (Sekantenwert zwischen $\sigma_c = 0$ und $0,4 f_{cm}$) für

Betonsorten mit quarzithaltigen Gesteinskörnungen. Bei Kalkstein- und Sandsteingesteinskörnungen sollten die Werte um 10 % bzw. 30 % reduziert werden. Bei Basaltgesteinskörnungen sollte der Wert um 20 % erhöht werden.

ANMERKUNG Nichtwidersprechende ergänzende Informationen dürfen einem Nationalen Anhang entnommen werden.

(3) Die zeitabhängige Änderung des Elastizitätsmoduls darf mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$E_{cm}(t) = [f_{cm}(t) / f_{cm}]^{0,3} \cdot E_{cm} \quad (3.5)$$

wobei $E_{cm}(t)$ und $f_{cm}(t)$ die Werte im Alter von t Tagen bzw. E_{cm} und f_{cm} die Werte im Alter von 28 Tagen sind. Die Beziehung zwischen $f_{cm}(t)$ und f_{cm} entspricht Gleichung (3.1).

(4) Die *Poissonsche* Zahl (Querdehnzahl) darf für ungerissenen Beton mit 0,2 und für gerissenen Beton zu Null angesetzt werden.

(5) Liegen keine genaueren Informationen vor, darf die lineare Wärmedehnzahl mit $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ angesetzt werden.

Tabelle 3.1 — Festigkeits- und Formänderungskennwerte für Beton

Betonfestigkeitsklasse																analytische Beziehung
f_{ck}	N/mm ²	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$	N/mm ²	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm}	N/mm ²	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$
f_{ctm}	N/mm ²	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln [1 + (f_{cm}/10)] > C50/60$
$f_{ctk,0,05}$	N/mm ²	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0,7 f_{ctm}$ 5% Quantil
$f_{ctk,0,95}$	N/mm ²	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1,3 f_{ctm}$ 95% Quantil
$E_{cm} \cdot 10^{-3}$	N/mm ²	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22 (f_{cm}/10)^{0,3}$
ε_{c1}	‰	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	Siehe Bild 3.2 $\varepsilon_{c1}^{(0/100)} = 0,7 f_{cm}^{0,31} \leq 2,8 \text{ [AC]}$
ε_{cu1}	‰	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	Siehe Bild 3.2 für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{cu1}^{(0/100)} = 2,8 + 27 [(98 - f_{cm})/100]^4$
ε_{c2}	‰	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	Siehe Bild 3.3 für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{c2}^{(0/100)} = 2,0 + 0,085 (f_{ck} - 50)^{0,53}$
ε_{cu2}	‰	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Siehe Bild 3.3 für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{cu2}^{(0/100)} = 2,6 + 35 [(90 - f_{ck})/100]^4$
n		2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $n = 1,4 + 23,4 [(90 - f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	‰	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	Siehe Bild 3.4 für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{c3}^{(0/100)} = 1,75 + 0,55 [(f_{ck} - 50) / 40]$
ε_{cu3}	‰	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	Siehe Bild 3.4 für $f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ $\varepsilon_{cu3}^{(0/100)} = 2,6 + 35 [(90 - f_{ck})/100]^4$

3.1.4 Kriechen und Schwinden

(1)P Kriechen und Schwinden des Betons hängen hauptsächlich von der Umgebungsfeuchte, den Bauteilabmessungen und der Betonzusammensetzung ab. Das Kriechen wird auch vom Grad der Erhärtung des Betons beim erstmaligen Aufbringen der Last sowie von der Dauer und der Größe der Beanspruchung beeinflusst.

(2) Die Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ bezieht sich auf den Tangentenmodul E_c , der mit $1,05E_{cm}$ angenommen werden darf. Wenn keine besondere Genauigkeit erforderlich ist, darf der in Bild 3.1 angegebene Wert als Endkriechzahl angesehen werden, wenn die Betondruckspannung zum Zeitpunkt des Belastungsbeginns $t = t_0$ nicht mehr als $0,45 f_{ck}(t_0)$ beträgt.

ANMERKUNG Weitere Informationen, einschließlich der zeitabhängigen Kriechentwicklung, sind im Anhang B enthalten.

(3) Die Kriechverformung von Beton $\varepsilon_{cc}(\infty, t_0)$ im Alter $t = \infty$ bei konstanter Druckspannung σ_c , aufgebracht im Betonalter t_0 , darf mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot (\sigma_c / E_c) \quad (3.6)$$

(4) Wenn die Betondruckspannung im Alter t_0 den Wert $0,45 f_{ck}(t_0)$ übersteigt, ist in der Regel die Nichtlinearität des Kriechens zu berücksichtigen. Diese hohen Spannungen können durch Vorspannung mit sofortigem Verbund entstehen, z. B. bei Fertigteilen im Bereich der Spannglieder. In diesen Fällen darf die nichtlineare rechnerische Kriechzahl wie folgt ermittelt werden:

$$\boxed{\text{AC}} \varphi_{nl}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) \cdot e^{1,5(k_\sigma - 0,45)} \boxed{\text{AC}} \quad (3.7)$$

Dabei ist

$\varphi_{nl}(\infty, t_0)$ die nichtlineare rechnerische Kriechzahl, die $\varphi(\infty, t_0)$ ersetzt;

$\boxed{\text{AC}} k_\sigma$ das Spannungs-Festigkeitsverhältnis $\sigma_c / f_{ck}(t_0)$, wobei σ_c die Druckspannung ist und $\sigma_c / f_{ck}(t_0)$ der charakteristische Wert der Betondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Belastung. $\boxed{\text{AC}}$

(5) Die in Bild 3.1 angegebenen Werte gelten für mittlere relative Luftfeuchten zwischen 40 % und 100 % und für Umgebungstemperaturen zwischen -40°C und $+40^\circ\text{C}$.

Folgende Formelzeichen werden verwendet:

$\varphi(\infty, t_0)$ Endkriechzahl;

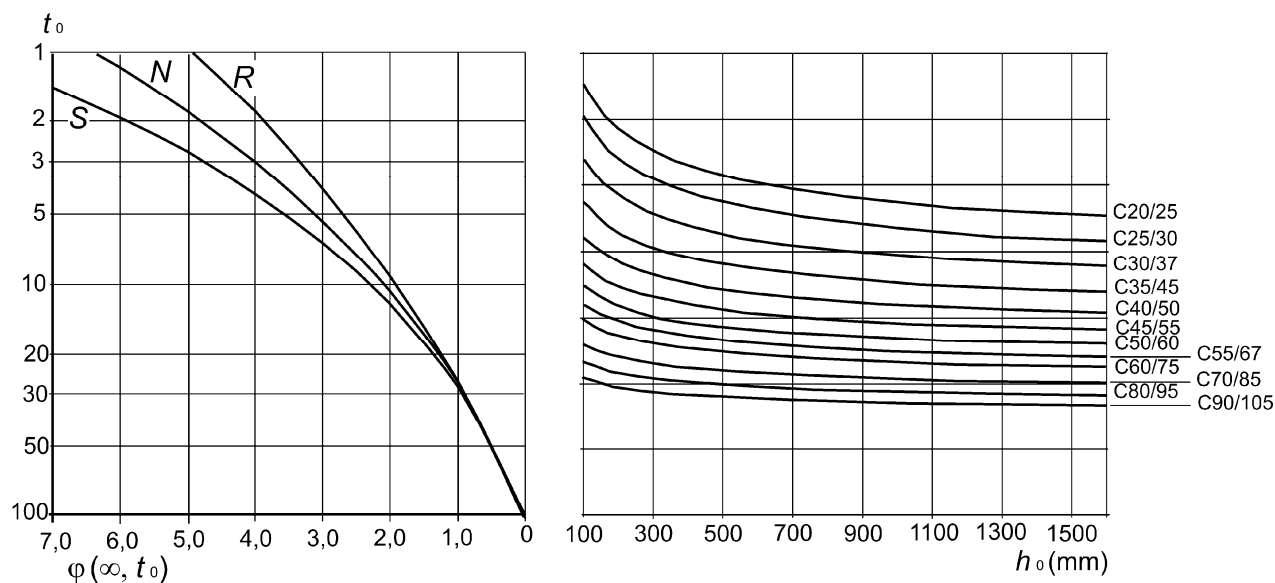
t_0 Alter des Betons bei der ersten Lastbeanspruchung in Tagen;

h_0 wirksame Querschnittsdicke mit $h_0 = 2A_c / u$, wobei A_c die Betonquerschnittsfläche und u die Umfangslänge der dem Trocknen ausgesetzten Querschnittsflächen sind;

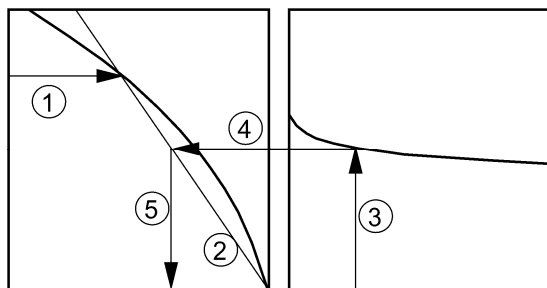
S Zement der Klasse S nach 3.1.2 (6);

N Zement der Klasse N nach 3.1.2 (6);

R Zement der Klasse R nach 3.1.2 (6).

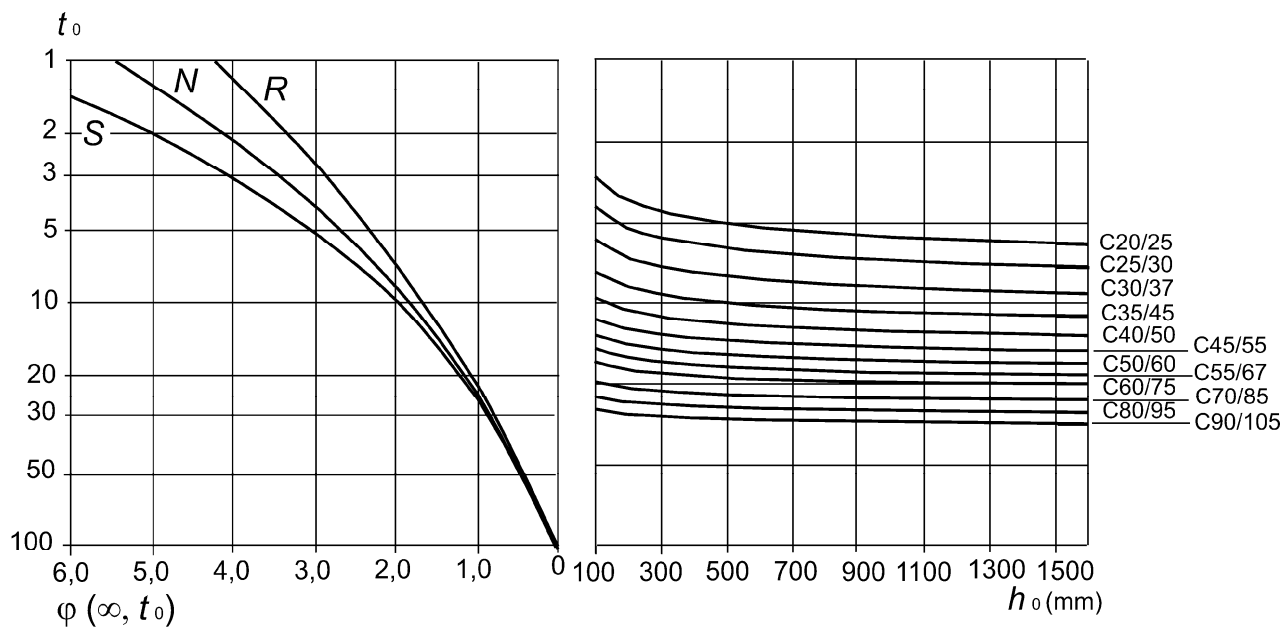


a) trockene Innenräume, relative Luftfeuchte = 50%



ANMERKUNG

- der Schnittpunkt der Linien 4 und 5 kann auch über dem Punkt 1 liegen
- für $t_0 > 100$ darf $t_0 = 100$ angenommen werden (Tangentenlinie ist zu verwenden)



b) Außenluft, relative Luftfeuchte = 80%

Bild 3.1 — Methode zur Bestimmung der Kriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ für Beton bei normalen Umgebungsbedingungen

(6) Die Gesamtschwinddehnung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: der Trocknungsschwinddehnung und der autogenen Schwinddehnung. Die Trocknungsschwinddehnung bildet sich langsam aus, da sie eine Funktion der Wassermigration durch den erhärteten Beton ist. Die autogene Schwinddehnung bildet sich bei der Betonerhärtung aus: Der Hauptanteil bildet sich bereits in den ersten Tagen nach dem Betonieren aus. Das autogene Schwinden ist eine lineare Funktion der Betonfestigkeit. Es sollte insbesondere dort berücksichtigt werden, wo Frischbeton auf bereits erhärteten Beton aufgebracht wird. Somit ergibt sich die Gesamtschwinddehnung ε_{cs} aus

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \quad (3.8)$$

Dabei ist

ε_{cs} die Gesamtschwinddehnung;

ε_{cd} die Trocknungsschwinddehnung des Betons;

ε_{ca} die autogene Schwinddehnung.

Der Endwert der Trocknungsschwinddehnung beträgt $\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \cdot \varepsilon_{cd,0}$.

Der Grundwert $\varepsilon_{cd,0}$ darf Tabelle 3.2 entnommen werden (erwartete Mittelwerte mit einem Variationskoeffizienten von ca. 30 %).

ANMERKUNG Die Gleichung für $\varepsilon_{cd,0}$ ist im Anhang B angegeben.

Tabelle 3.2 — Grundwerte für die unbehinderte Trocknungsschwinddehnung $\varepsilon_{cd,0}$ (in ‰) für Beton mit Zement CEM Klasse N

$f_{ck}/f_{ck,cube}$ (N/mm ²)	Relative Luftfeuchte (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20/25	0,62	0,58	0,49	0,30	0,17	0,00
40/50	0,48	0,46	0,38	0,24	0,13	0,00
60/75	0,38	0,36	0,30	0,19	0,10	0,00
80/95	0,30	0,28	0,24	0,15	0,08	0,00
90/105	0,27	0,25	0,21	0,13	0,07	0,00

Die zeitabhängige Entwicklung der Trocknungsschwinddehnung folgt aus:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd,0} \quad (3.9)$$

Dabei ist

k_h ein von der wirksamen Querschnittsdicke h_0 abhängiger Koeffizient gemäß Tabelle 3.3.

Tabelle 3.3 — k_h -Werte in Gleichung (3.9)

h_0 [mm]	k_h
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \sqrt{h_0^3}} \quad (3.10)$$

Dabei ist

- t das Alter des Betons in Tagen zum betrachteten Zeitpunkt;
- t_s das Alter des Betons in Tagen zu Beginn des Trocknungsschwindens (oder des Quellens). Normalerweise das Alter am Ende der Nachbehandlung;
- h_0 die wirksame Querschnittsdicke (mm) $h_0 = 2A_c / u$

Dabei ist

- A_c die Betonquerschnittsfläche;
- u die Umfangslänge der dem Trocknen ausgesetzten Querschnittsflächen.

Die autogene Schwinddehnung folgt aus:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) \varepsilon_{ca}(\infty) \quad (3.11)$$

Dabei ist

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} \quad (3.12)$$

und

$$\beta_{as}(t) = 1 - e^{-0,2 \cdot \sqrt{t}} \quad (3.13)$$

mit t in Tagen.

3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen

(1) Der in Bild 3.2 dargestellte Zusammenhang zwischen σ_c und ε_c für eine kurzzeitig wirkende, einaxiale Druckbeanspruchung wird durch Gleichung (3.14) beschrieben:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k - 2)\eta} \quad (3.14)$$

Dabei ist

$$\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$$

ε_{c1} die Stauchung beim Höchstwert der Betondruckspannung gemäß Tabelle 3.1

$$k = 1,05 E_{cm} \cdot |\varepsilon_{c1}| / f_{cm} \quad (f_{cm} \text{ nach Tabelle 3.1}).$$

Die Gleichung (3.14) gilt für $0 < |\varepsilon_c| < |\varepsilon_{cu1}|$, wobei ε_{cu1} die rechnerische Bruchdehnung ist.

(2) Andere idealisierte Spannungs-Dehnungs-Linien dürfen verwendet werden, wenn sie das Verhalten des untersuchten Betons angemessen wiedergeben.

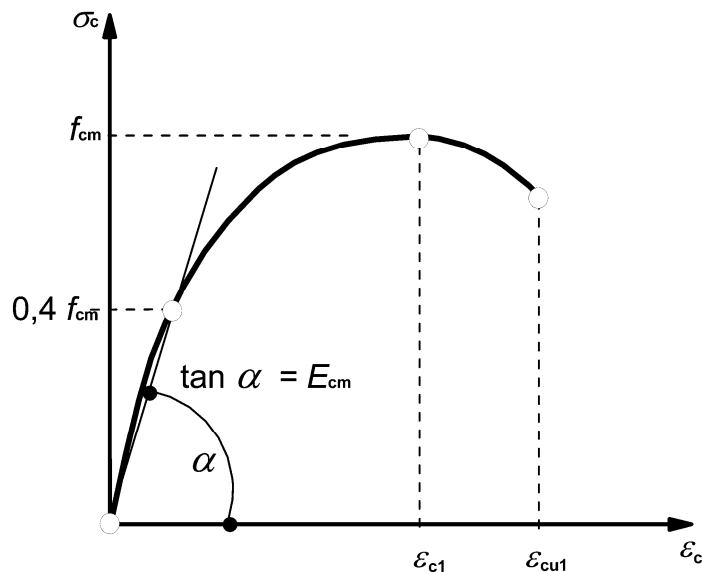


Bild 3.2 — Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung mit nichtlinearen Verfahren und für Verformungsberechnungen

3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit

(1)P Der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit wird definiert als

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C \quad (3.15)$$

Dabei ist

γ_C der Teilsicherheitsbeiwert für Beton, siehe 2.4.2.4;

α_{cc} der Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit und von ungünstigen Auswirkungen durch die Art der Beanspruchung.

ANMERKUNG Der jeweilige landesspezifische Wert α_{cc} sollte zwischen 0,8 und 1,0 liegen. Dieser darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

(2)P Der Bemessungswert der Betonzugfestigkeit f_{ctd} wird definiert als

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk;0,05} / \gamma_C \quad (3.16)$$

Dabei ist

γ_C der Teilsicherheitsbeiwert für Beton, siehe 2.4.2.4;

α_{ct} der Beiwert zur Berücksichtigung von Langzeitauswirkungen auf die Betonzugfestigkeit und von ungünstigen Auswirkungen durch die Art der Beanspruchung.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert α_{ct} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,0.

3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

(1) Für die Querschnittsbemessung darf die in Bild 3.3 dargestellte Spannungs-Dehnungs-Linie verwendet werden (Stauchungen positiv):

$$\sigma_c = f_{cd} \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c2}} \right)^n \right] \quad \text{für } 0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2} \quad (3.17)$$

$$\sigma_c = f_{cd} \quad \text{für } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2} \quad (3.18)$$

Dabei ist

- n der Exponent gemäß Tabelle 3.1;
- ε_{c2} die Dehnung beim Erreichen der Maximalfestigkeit gemäß Tabelle 3.1;
- ε_{cu2} die Bruchdehnung gemäß Tabelle 3.1.

(2) Andere vereinfachte Spannungs-Dehnungs-Linien dürfen auch verwendet werden, wenn sie gleichwertig oder konservativer als die in Absatz (1) definierte sind. Ein Beispiel hierfür ist die in Bild 3.4 dargestellte bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie mit ε_{c3} und ε_{cu3} nach Tabelle 3.1 (Druckspannung und Stauchung sind positiv dargestellt).

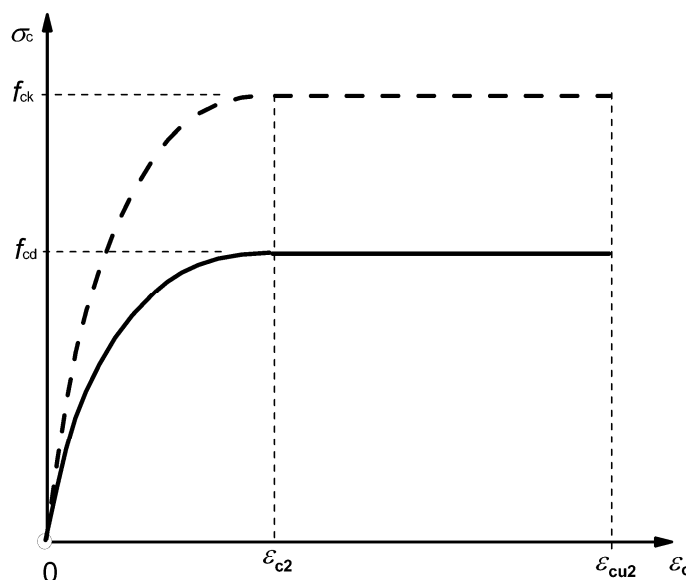


Bild 3.3 — Parabel-Rechteck-Diagramm für Beton unter Druck

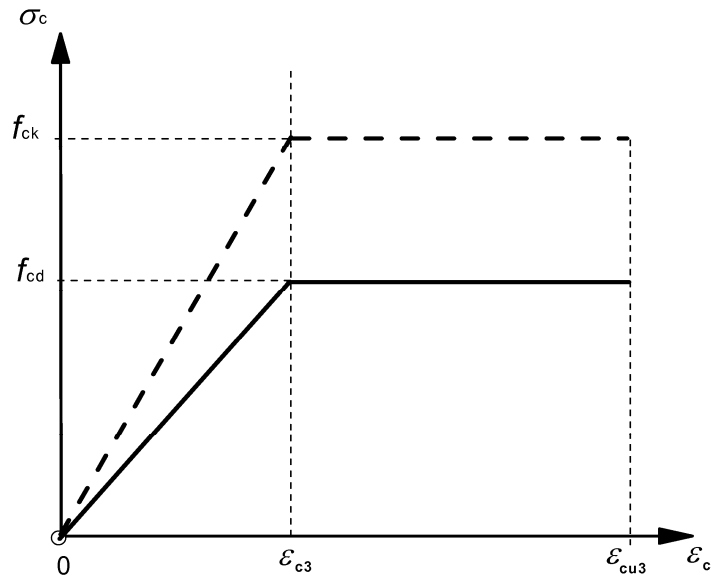


Bild 3.4 — Bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie

(3) Ein Spannungsblock wie in Bild 3.5 darf angesetzt werden. Der Beiwert λ zur Bestimmung der effektiven Druckzonenhöhe und der Beiwert η zur Bestimmung der effektiven Festigkeit folgen aus:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{für } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \quad (3.19)$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \quad \text{für } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ N/mm}^2 \quad (3.20)$$

und

$$\eta = 1,0 \quad \text{für } f_{ck} \leq 50 \text{ N/mm}^2 \quad (3.21)$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \quad \text{für } 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ N/mm}^2 \quad (3.22)$$

ANMERKUNG Sofern die Breite der Druckzone zum gedrückten Querschnittsrand hin abnimmt, sollte der Wert $\eta \cdot f_{cd}$ um 10 % abgemindert werden.

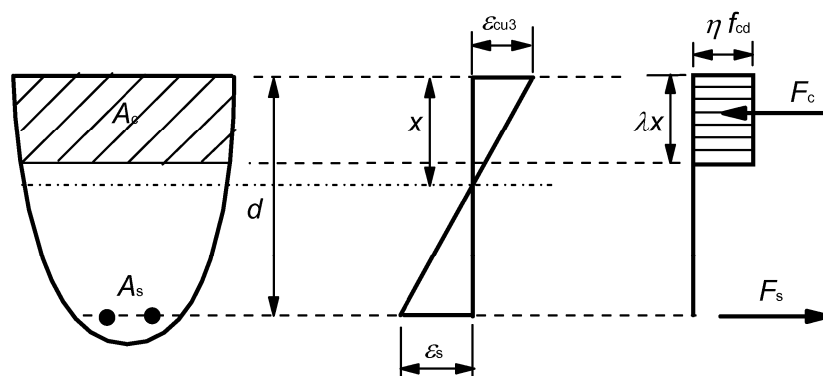


Bild 3.5 — Spannungsblock

3.1.8 Biegezugfestigkeit

(1) Die mittlere Biegezugfestigkeit bewehrter Betonbauteile hängt vom Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit und der Querschnittshöhe ab.

Die folgende Beziehung darf verwendet werden:

$$f_{ctm,fl} = (1,6 - h/1\,000) \cdot f_{ctm} \geq f_{ctm} \quad (3.23)$$

Dabei ist

h die Gesamthöhe des Bauteils in mm;

f_{ctm} der Mittelwert der zentrischen Betonzugfestigkeit gemäß Tabelle 3.1.

Die Beziehung nach Gleichung (3.23) gilt auch für charakteristische Zugfestigkeiten.

3.1.9 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung

(1) Eine mehraxiale Druckbeanspruchung des Betons führt zu einer Modifizierung der effektiven Spannungs-Dehnungs-Linie: Es werden höhere Festigkeiten und höhere kritische Dehnungen erreicht. Andere grundlegende Baustoffeigenschaften dürfen für die Bemessung als unbeeinflusst betrachtet werden.

(2) Fehlen genauere Angaben, darf die in Bild 3.6 dargestellte Spannungs-Dehnungs-Linie (Stauchungen positiv) mit folgenden erhöhten charakteristischen Festigkeiten und Dehnungen verwendet werden:

$$f_{ck,c} = f_{ck} \cdot (1,000 + 5,0 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{für } \sigma_2 \leq 0,05 f_{ck} \quad (3.24)$$

$$f_{ck,c} = f_{ck} \cdot (1,125 + 2,50 \sigma_2 / f_{ck}) \quad \text{für } \sigma_2 > 0,05 f_{ck} \quad (3.25)$$

$$\varepsilon_{c2,c} = \varepsilon_{c2} \cdot (f_{ck,c} / f_{ck})^2 \quad (3.26)$$

$$\varepsilon_{cu2,c} = \varepsilon_{cu2} + 0,2 \cdot \sigma_2 / f_{ck} \quad (3.27)$$

wobei σ_2 ($= \sigma_3$) die effektive Querdruckspannung im GZT infolge einer Querdehnungsbehinderung ist und ε_{c2} und ε_{cu2} aus Tabelle 3.1 zu entnehmen sind. Die Querdehnungsbehinderung kann durch entsprechende geschlossene Bügel oder durch Querbewehrung erzeugt werden, die die Streckgrenze infolge der Querdehnung des Betons $\boxed{AC}$ erreichen können $\boxed{AC}$.

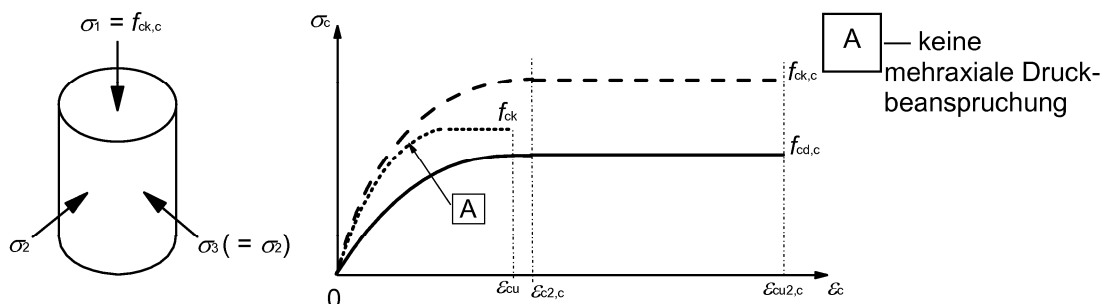


Bild 3.6 — Spannungs-Dehnungs-Linie für Beton unter mehraxialen Druckbeanspruchungen

3.2 Betonstahl

3.2.1 Allgemeines

(1)P Die folgenden Abschnitte enthalten Prinzipien und Anwendungsregeln für Betonstabstahl, Betonstabstahl vom Ring, Betonstahlmatten und Gitterträger. Sie gelten nicht für speziell beschichtete Stäbe.

(2)P Die Anforderungen an die Materialeigenschaften gelten für die im erhärteten Beton liegende Bewehrung. Wenn durch die Art der Bauausführung die Eigenschaften der Bewehrung beeinträchtigt werden können, müssen diese nachgeprüft werden.

(3)P Bei der Verwendung anderer Betonstähle, die nicht EN 10080 erfüllen, muss nachgewiesen werden, dass die Eigenschaften den Abschnitten 3.2.2 bis 3.2.6 und Anhang C genügen.

(4)P Die erforderlichen Eigenschaften der Betonstähle müssen gemäß der Prüfverfahren in EN 10080 nachgewiesen werden.

ANMERKUNG EN 10080 verweist auf eine Streckgrenze R_e , die sich auf die charakteristischen, minimalen und maximalen Werte bezieht, die auf Grundlage der ständigen Produktionsqualität ermittelt werden. Dagegen stellt f_{yk} die charakteristische Streckgrenze der Bewehrung eines bestimmten Tragwerks dar. Es besteht keine direkte Beziehung zwischen f_{yk} und der charakteristischen Streckgrenze R_e . Die in EN 10080 behandelten Bewertungs- und Nachweisverfahren der Streckgrenze bieten dennoch ausreichende Prüfungsmöglichkeiten, um f_{yk} zu ermitteln.

(5) Die Anwendungsregeln für Gitterträger (Definition in EN 10080) gelten nur für solche mit gerippten Stäben. Gitterträger mit anderen Bewehrungsarten können in einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung geregelt sein.

3.2.2 Eigenschaften

(1)P Das Verhalten von Betonstählen wird durch die nachfolgenden Eigenschaften festgelegt:

- Streckgrenze (f_{yk} oder $f_{0,2k}$),
- maximale tatsächliche Streckgrenze ($f_{y,max}$),
- Zugfestigkeit (f_t),
- Duktilität (ε_{uk} und $(f_t/f_y)_k$),
- Biegebarkeit ,
- Verbundeigenschaften (f_R ; siehe auch Anhang C),
- Querschnittsgrößen und Toleranzen,
- Ermüdungsfestigkeit,
- Schweißseignung,
- Scher- und Schweißfestigkeit für geschweißte Matten und Gitterträger.

(2)P Dieser Eurocode gilt für gerippten und schweißbaren Betonstahl, einschließlich Matten. Die zulässigen Schweißverfahren sind in Tabelle 3.4 aufgeführt.

ANMERKUNG 1 Die erforderlichen Eigenschaften des in diesem Eurocode zu verwendenden Betonstahls sind im Anhang C enthalten.

ANMERKUNG 2 Die Eigenschaften und Regeln, die bei der Verwendung von profilierten Stäben in Fertigteilen zur Anwendung kommen, dürfen den maßgebenden Produktnormen entnommen werden.

(3)P Die Anwendungsregeln für die Bemessung und die bauliche Durchbildung in diesem Eurocode gelten für Betonstähle mit Streckgrenzen f_{yk} von 400 bis 600 N/mm².

ANMERKUNG Der landesspezifische obere Grenzwert von f_{yk} in diesem Bereich darf dem Nationalen Anhang entnommen werden.

(4)P Die Oberflächen gerippter Betonstähle müssen so beschaffen sein, dass ein ausreichender Verbund mit dem Beton sichergestellt ist.

(5) Ausreichender Verbund darf bei Einhaltung der geforderten, bezogenen Rippenfläche f_R angenommen werden.

ANMERKUNG Die Mindestwerte für die bezogene Rippenfläche f_R sind im Anhang C enthalten.

(6)P Die Bewehrung muss über ausreichende Biegebarkeit verfügen, um die Verwendung der in Tabelle 8.1 angegebenen kleinsten Biegerollendurchmesser und das Zurückbiegen zu ermöglichen.

ANMERKUNG Weitere Informationen zu Anforderungen bezüglich Hin- und Zurückbiegen sind im Anhang C enthalten.

3.2.3 Festigkeiten

(1)P Die Streckgrenze f_{yk} (bzw. die 0,2 %-Dehngrenze $f_{0,2k}$) und die Zugfestigkeit f_{tk} werden jeweils als charakteristische Werte definiert; sie ergeben sich aus der Last bei Erreichen der Streckgrenze bzw. der Höchstlast, geteilt durch den Nennquerschnitt.

3.2.4 Duktilitätsmerkmale

(1)P Die Bewehrung muss angemessene Duktilität aufweisen. Diese wird durch das Verhältnis der Zugfestigkeit zur Streckgrenze, $(f_t/f_y)_k$ und der Dehnung bei Höchstlast, ε_{uk} definiert.

(2) Bild 3.7 zeigt die Spannungs-Dehnungs-Linie für typischen warmgewalzten und kaltverformten Stahl.

ANMERKUNG [AC] Die Werte für $k = (f_t/f_y)_k$ und [AC] ε_{uk} für die Klassen A, B und C sind im Anhang C enthalten.

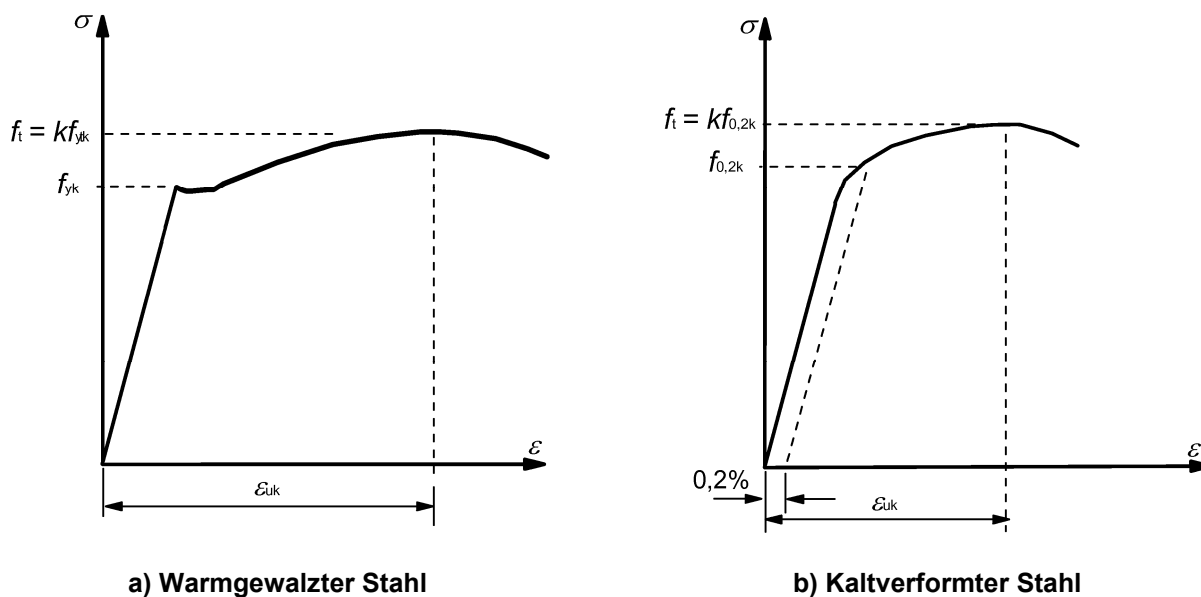


**Bild 3.7 — Spannungs-Dehnungs-Diagramm für typischen Betonstahl
(Zugspannungen und Dehnungen positiv)**

3.2.5 Schweißen

(1)P Schweißverfahren für Bewehrungsstäbe müssen mit Tabelle 3.4 übereinstimmen. Die Schweißseignung muss EN 10080 entsprechen.

(2)P Alle Schweißarbeiten an Bewehrungsstäben müssen [AC] gemäß EN ISO 17660 [AC] durchgeführt werden.

(3)P Die Festigkeit der Schweißverbindungen innerhalb der Verankerungslänge von Betonstahlmatten muss zur Aufnahme der Bemessungskräfte ausreichen.

(4) Es darf von einer ausreichenden Festigkeit der Schweißverbindung der Betonstahlmatten ausgegangen werden, wenn jede Schweißverbindung einer Scherkraft widerstehen kann, die mindestens 25 % der geforderten charakteristischen Streckgrenze multipliziert mit dem Nennquerschnitt entspricht. Bei zwei unterschiedlichen Stabdurchmessern ist dabei in der Regel der Nennquerschnitt des dickeren Stabes zu verwenden.

Tabelle 3.4 — Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsbeispiele

Belastungsart	Schweißverfahren	Zugstäbe ¹	Druckstäbe ¹
Vorwiegend ruhend (siehe auch 6.8.1 (2))	Abbrennstumpfschweißen	Stumpfstoß	
	Lichtbogenhandschweißen und Metall-Lichtbogenschweißen	Stumpfstoß mit $\phi \geq 20$ mm, Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ³ , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
	Metall-Aktivgasschweißen AC gestrichener Text AC	Laschenstoß, Überlappstoß, Kreuzungsstoß ³ , Verbindung mit anderen Stahlteilen	
		—	Stumpfstoß mit $\phi \geq 20$ mm
	Reibschweißen	Stumpfstoß, Verbindung mit anderen Stahlteilen	
	Widerstandspunktschweißen	Überlappstoß ⁴ Kreuzungsstoß ^{2, 4}	
Nicht vorwiegend ruhend (siehe auch 6.8.1 (2))	Abbrennstumpfschweißen	Stumpfstoß	
	Lichtbogenhandschweißen	—	Stumpfstoß mit $\phi \geq 14$ mm
	Metall-Aktivgas schweißen AC gestrichener Text AC	—	Stumpfstoß mit $\phi \geq 14$ mm
	Widerstandspunktschweißen	Überlappstoß ⁴ Kreuzungsstoß ^{2, 4}	
ANMERKUNGEN			
1. Es dürfen nur Stäbe mit näherungsweise gleichem Nenndurchmesser zusammengeschweißt werden.			
2. Zulässiges Verhältnis der Stabnenndurchmesser sich kreuzender Stäbe $\geq 0,57$			
3. Für tragende Verbindungen $\phi \leq 16$ mm			
4. Für tragende Verbindungen $\phi \leq 28$ mm			

3.2.6 Ermüdung

(1)P Wo eine Ermüdungsfestigkeit gefordert wird, ist diese gemäß EN 10080 nachzuweisen.

ANMERKUNG Weitere Informationen hierzu finden sich im Anhang C.

3.2.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

(1) Die Bemessung darf auf Grundlage der Nennquerschnittsfläche der Bewehrung und mit den Bemessungswerten, die aus den charakteristischen Werten nach 3.2.2 abgeleitet werden, durchgeführt werden.

(2) Bei der üblichen Bemessung darf eine der folgenden Annahmen getroffen werden (siehe Bild 3.8):

- ein ansteigender oberer Ast mit einer Dehnungsgrenze ϵ_{ud} und einer Maximalspannung von $\frac{AC}{k} \cdot f_{yk} / \gamma_s$ bei ϵ_{uk} , wobei $k = (f_t / f_y)_k$ ist.
- ein horizontaler oberer Ast, bei dem die Dehnungsgrenze nicht geprüft werden muss.

ANMERKUNG 1 Der landesspezifische Wert ϵ_{ud} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist $0,9\epsilon_{uk}$.

ANMERKUNG 2 Der Wert für $(f_t / f_y)_k$ ist im Anhang C enthalten.

- (3) Für die Dichte darf ein Mittelwert von 7850 kg/m³ angesetzt werden.
- (4) Der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls E_s darf mit 200.000 N/mm² angesetzt werden.

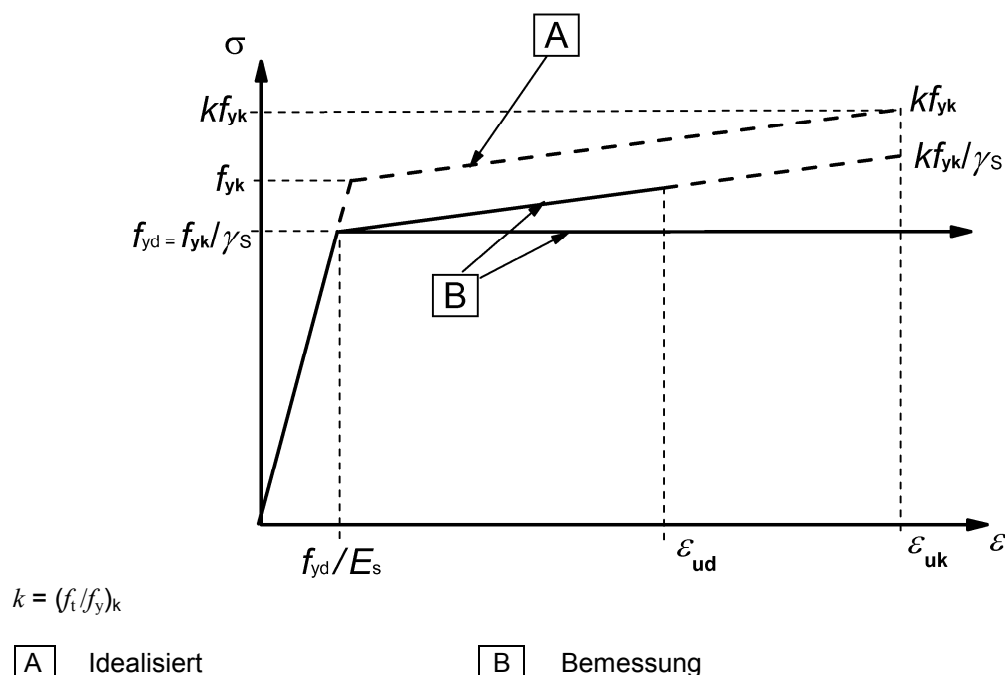


Bild 3.8 — Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Bemessung (für Zug und Druck)

3.3 Spannstahl

3.3.1 Allgemeines

(1)P Dieser Abschnitt gilt für Drähte, Stäbe und Litzen, die als Spannstahl in Betontragwerken verwendet werden.

(2)P Der Spannstahl muss über eine ausreichend hohe Widerstandsfähigkeit gegen Spannungsrissskorrosion verfügen.

(3) Es darf von einer ausreichend hohen Widerstandsfähigkeit gegen Spannungsrissskorrosion ausgegangen werden, wenn der Spannstahl entweder den in EN 10138 festgelegten Kriterien oder denen einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung entspricht.

(4) Die Anforderungen an die Eigenschaften des Spannstahls gelten für den im erhärteten Beton eingebauten Zustand. Die Anforderungen dieses Eurocodes dürfen als erfüllt angesehen werden, wenn Produktion, Prüfung und Konformitätsbescheinigung des Spannstahls gemäß EN 10138 oder einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung erfolgen.

(5)P Für Spannstähle nach diesem Eurocode werden die Zugfestigkeit, die 0,1 %-Dehngrenze und die Dehnung bei Erreichen der Höchstlast als charakteristische Werte angegeben; die einzelnen Werte werden mit f_{pk} , $f_{p0,1k}$ und ϵ_{uk} bezeichnet.

ANMERKUNG EN 10138 bezieht sich auf charakteristische, minimale und maximale Werte, die auf Grundlage der ständigen Produktionsqualität ermittelt werden. Dagegen stellen $f_{p0,1k}$ und f_{pk} nur die charakteristische Dehngrenze und Zugfestigkeit des Spannstahls dar, die für ein Tragwerk erforderlich sind. Zwischen den beiden Wertereihen besteht keine direkte Beziehung. Allerdings bieten die charakteristischen Werte für die 0,1%-Prüfkraft $F_{p0,1k}$ geteilt durch die Querschnittsfläche S_n nach EN 10138 zusammen mit den Bewertungs- und Nachweisverfahren ausreichend Prüfmöglichkeiten, um den Wert von $f_{p0,1k}$ zu ermitteln.

(6) Bei Verwendung anderer Stähle, die nicht EN 10138 erfüllen, können die Eigenschaften in einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung geregelt werden.

(7)P Jedes Produkt muss hinsichtlich des Klassifizierungssystems nach 3.3.2 (2)P eindeutig identifizierbar sein.

(8)P Das Relaxationsverhalten des Spannstahls muss gemäß 3.3.2 (4)P oder in einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung klassifiziert sein.

(9)P Jeder Lieferung muss eine Bescheinigung beigelegt sein, die alle für die eindeutige Bestimmung der Merkmale nach (i) - (iv) in 3.3.2 (2)P notwendigen und erforderlichenfalls weitere Angaben enthält.

(10)P Drähte und Stäbe dürfen keine Schweißstellen aufweisen. Bei Litzen dürfen Einzeldrähte vor dem Kaltziehen geschweißt werden. Die Schweißstellen müssen entlang der Litze versetzt sein.

(11)P Bei Spannstahl vom Ring muss nach dem Abwickeln einer Draht- bzw. Litzenlänge der größte Stich der Krümmung der EN 10138 oder einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung entsprechen.

3.3.2 Eigenschaften

(1)P Die Eigenschaften von Spannstahl sind in EN 10138, Teile 2 bis 4 oder in Europäischen Technischen Zulassungen enthalten.

(2)P Die Spannstähle (Drähte, Litzen und Stäbe) sind einzuteilen nach:

- i) Festigkeit, unter Angabe der Werte für die 0,1%-Dehngrenze ($f_{p0,1k}$) und das Verhältnis Zugfestigkeit zu Streckgrenze ($f_{pk} / f_{p0,1k}$) sowie die Dehnung bei Höchstlast (ϵ_{uk}),
- ii) Klasse zur Beschreibung des Relaxationsverhaltens,
- iii) Maße,
- iv) Oberflächeneigenschaften.

(3)P Der Unterschied zwischen der tatsächlichen Masse des Spannstahls und seiner Nennmasse darf nicht größer sein als die in EN 10138 oder die in der entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung angegebenen Grenzwerte.

(4)P In diesem Eurocode werden drei Relaxationsklassen definiert:

- Klasse 1: Drähte oder Litzen – normale Relaxation
- Klasse 2: Drähte oder Litzen – niedrige Relaxation
- Klasse 3: warmgewalzte und vergütete Stäbe

ANMERKUNG Klasse 1 wird von EN 10138 nicht behandelt.

(5) Die für die Bemessung notwendige Ermittlung der relaxationsbedingten Spannstahlverluste erfolgt in der Regel auf der Grundlage des Wertes ρ_{1000} , des Relaxationsverlustes (in %) 1000 Stunden nach dem Anspannen für eine Durchschnittstemperatur von 20 °C (Definition der isothermischen Relaxationsprüfung in EN 10138).

ANMERKUNG Der Wert für ρ_{1000} wird als Prozentanteil der Vorspannung angegeben und wird für eine Vorspannung von $0,7 f_p$ ermittelt, wobei f_p die tatsächliche Zugfestigkeit ermittelt aus einer Serie von Spannstahlproben ist. Für die Bemessung wird die charakteristische Zugfestigkeit (f_{pk}) verwendet. Diese wurde auch in den folgenden Gleichungen berücksichtigt.

(6) Die Werte für ρ_{1000} dürfen entweder dem Prüfzeugnis entnommen oder mit folgenden Werten abgeschätzt werden:

- 8 % für Klasse 1,
- 2,5 % für Klasse 2 und
- 4 % für Klasse 3.

(7) Der Relaxationsverlust darf einem Prüfzeugnis des Herstellers entnommen werden oder als Prozentanteil der Vorspannungsänderung zur Ausgangsvorspannung definiert werden. Er ist in der Regel mittels einer der folgenden Gleichungen zu bestimmen. Die Gleichungen (3.28) und (3.29) gelten für Drähte oder Litzen mit normaler bzw. mit niedriger Relaxation. Die Gleichung (3.30) gilt für warmgewalzte und vergütete Stäbe.

$$\text{Klasse 1} \quad \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 5,39 \rho_{1000} e^{6,7\mu} \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} \quad (3.28)$$

$$\text{Klasse 2} \quad \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0,66 \rho_{1000} e^{9,1\mu} \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} \quad (3.29)$$

$$\text{Klasse 3} \quad \frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1,98 \rho_{1000} e^{8\mu} \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} 10^{-5} \quad (3.30)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{pr}$ die Spannungsänderung im Spannstahl infolge Relaxation;

σ_{pi} bei Vorspannung mit sofortigem Verbund ist σ_{pi} die Spannung im Spannstahl unmittelbar nach dem Vorspannen oder der Krafteinleitung $\sigma_{pi} = \sigma_{pm0}$ (siehe auch 5.10.3 (2));

bei Vorspannung mit nachträglichem Verbund ist σ_{pi} die maximale auf das Spannglied aufgebrachte Zugspannung abzüglich der unmittelbaren Verluste, die während des Spannvorgangs auftreten, siehe auch 5.10.4(1) (i);

t die Zeit nach dem Vorspannen (in Stunden);

$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$, wobei f_{pk} der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls ist;

ρ_{1000} der Wert des Relaxationsverlustes (in %) 1000 Stunden nach dem Vorspannen bei einer Durchschnittstemperatur von 20 °C.

ANMERKUNG Für die Ermittlung der Spannkraftverluste für verschiedene Zeitintervalle (Zustände) und wenn größere Genauigkeit erforderlich ist, siehe Anhang D.

(8) Die Endwerte der Spannkraftverluste dürfen für die Zeit $t = 500.000$ Stunden (d. h. circa 57 Jahre) berechnet werden.

(9) Spannkraftverluste sind stark von der Temperatur des Stahls abhängig. Bei Wärmebehandlung (z. B. Dampf), [AC] siehe 10.3.2.1. [AC] Falls die Temperatur ansonsten 50 °C übersteigt, sind die Spannkraftverluste in der Regel nachzuweisen.

3.3.3 Festigkeiten

(1)P Die 0,1 %-Dehngrenze ($f_{p0,1k}$) und die Zugfestigkeit (f_{pk}) sind als die charakteristischen Werte der Last an der 0,1 %-Dehngrenze und der Höchstlast unter axialem Zug, jeweils geteilt durch den Nennquerschnitt, definiert (siehe Bild 3.9).

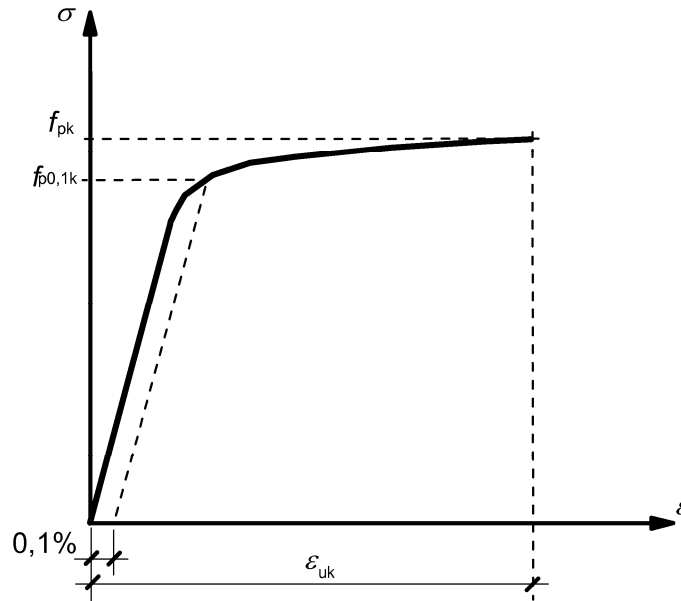


**Bild 3.9 — Spannungs-Dehnungs-Diagramm für typischen Spannstahl
(Zugspannungen und Dehnungen positiv)**

3.3.4 Duktilitätseigenschaften

- (1) P Die Spannstähle müssen eine angemessene Duktilität nach EN 10138 aufweisen.
- (2) Eine ausreichende Dehnfähigkeit darf angenommen werden, wenn die Spannstähle die festgelegten Dehnungen bei Höchstlast gemäß EN 10138 erreichen.
- (3) Eine ausreichende Biegefähigkeit darf angenommen werden, wenn die Spannstähle die in EN ISO 15630-3 festgelegte Biegebarkeit erreichen.
- (4) Der Hersteller muss für die Spannstähle Spannungs-Dehnungs-Linien auf Grundlage der Herstellungsdaten erstellen und dem Lieferschein als Anhang beifügen (siehe 3.3.1 (9)P).
- (5) Die Duktilität für Zugbeanspruchungen darf für die Spannstähle als ausreichend angenommen werden, wenn $f_{pk} / f_{p0,1k} \geq k$ beträgt.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert k darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist 1,1.

3.3.5 Ermüdung

- (1)P Die Spannstähle müssen eine ausreichende Ermüdungsfestigkeit aufweisen.
- (2)P Die Schwingbreiten der Spannstähle müssen der EN 10138 oder einer entsprechenden Europäischen Technischen Zulassung entsprechen.

3.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung

- (1)P Die Ermittlung der Schnittgrößen ist auf der Grundlage der Nennquerschnittsfläche des Spannstahls und der charakteristischen Werte $f_{p0,1k}$, f_{pk} und ϵ_{uk} durchzuführen.

(2) Der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls E_p darf für Drähte und Stäbe mit 205 000 N/mm² angesetzt werden. Je nach Herstellungsverfahren kann der tatsächliche Wert zwischen 195 000 und 210 000 N/mm² liegen. Der Lieferung sollte eine Bescheinigung beiliegen, die den zugehörigen Wert angibt.

(3) Der Bemessungswert des Elastizitätsmoduls, E_p darf für Litzen mit 195 000 N/mm² angesetzt werden. Je nach Herstellungsverfahren kann der tatsächliche Wert zwischen 185 000 und 205 000 N/mm² liegen. Der Lieferung sollte eine Bescheinigung beiliegen, die den zutreffenden Wert angibt.

(4) Für die Bemessung darf für die Dichte der Spannstähle üblicherweise ein Mittelwert von 7 850 kg/m³ angesetzt werden.

(5) Die oben angegebenen Werte dürfen für den Spannstahl im fertigen Bauteil in einem Temperaturbereich zwischen -40 °C und +100 °C angenommen werden.

(6) Der Bemessungswert der Stahlspannung f_{pd} ist mit $f_{p0,1k} / \gamma_s$ anzusetzen (siehe auch Bild 3.10).

(7) Bei der Querschnittsbemessung darf eine der folgenden Annahmen getroffen werden (siehe Bild 3.10):

- ein ansteigender Ast mit einer Dehnungsgrenze ϵ_{ud} . Die Bemessung darf auch auf der Grundlage der tatsächlichen Spannungs-Dehnungs-Linie durchgeführt werden, sofern diese bekannt ist. Dabei wird die Spannung oberhalb des elastischen Grenzwertes analog Bild 3.10 abgemindert, oder
- ein horizontaler oberer Ast ohne Dehnungsgrenze.

ANMERKUNG Der landesspezifische Wert ϵ_{ud} darf einem Nationalen Anhang entnommen werden. Der empfohlene Wert ist $0,9\epsilon_{uk}$. Wenn keine genaueren Werte bekannt sind, sind die empfohlenen Werte $\epsilon_{ud} = 0,02$ und $f_{p0,1k} / f_{pk} = 0,9$.

☐ A Idealisiert

☐ B Bemessung

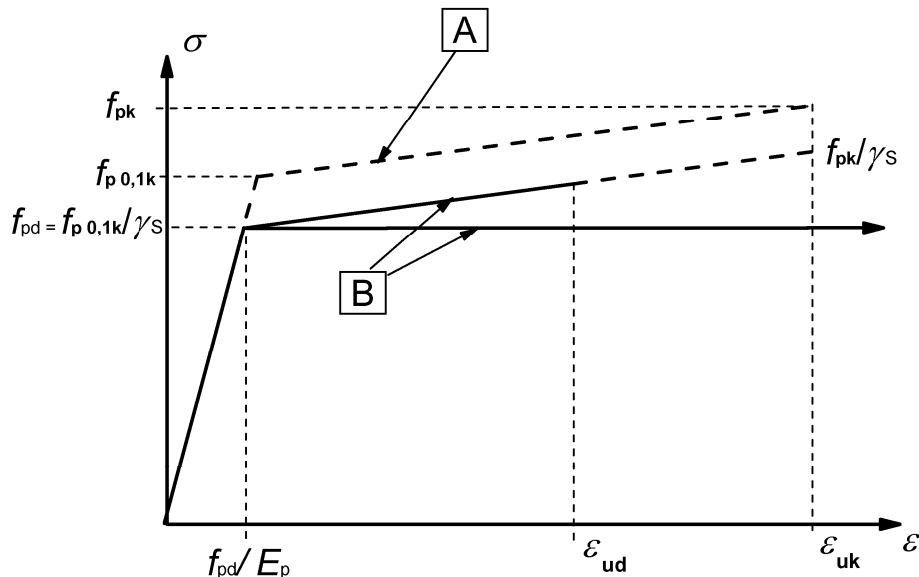


Bild 3.10 — Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Spannstahls für die Querschnittsbemessung (Zugspannungen und Dehnungen positiv)