

Herausgegeben von  
Prof. Dr.-Ing. Ralf Avak  
Prof. Dr.-Ing. Alfons Goris

# Stahlbetonbau aktuell

## Praxishandbuch 2003

Mit Beiträgen von  
Prof. Dr.-Ing. R. Avak, Dipl.-Ing. R. Beutel,  
Prof. Dr.-Ing. H. Geistefeld, Prof. Dr.-Ing. A. Goris,  
Prof. Dr.-Ing. A. Graubner, Dr.-Ing. U. Hartz,  
Prof. Dr.-Ing. J. Hegger, Prof. Dr.-Ing. W. Krüger,  
Prof. Dr.-Ing. H. Land, Dipl.-Ing. N. Langner,  
Prof. Dr.-Ing. K. Liersch, Dr.-Ing. O. Mertzsch,  
Prof. Dr.-Ing. M. Schmidt, Dr.-Ing. M. Six,  
Prof. Dr.-Ing. H. Werkle

 **Bauwerk**



**EnEV**

**A**

**Baustoffe**

**B**

**Statik**

**C**

**Bemessung**

**D**

**Konstruktion**

**E**

**Spannbetonbau**

**F**

**Aktuelle  
Beiträge**

**G**

**Normen**

**H**

**Zulassungen**

**I**

**Verzeichnisse**

**K**

# A Die neue Energieeinsparverordnung EnEV 2002 und ihre Auswirkung auf Neubauten und den Gebäudebestand

Univ. Prof. Dr.-Ing. Klaus W. Liersch und Dipl.-Ing. Normen Langner

1	Vorbemerkungen .....	A.3
2	Erweiterung der Systemgrenzen .....	A.3
3	Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude .....	A.4
4	Sommerlicher Wärmeschutz .....	A.6
5	Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen bestehender Gebäude .....	A.6
6	Anforderungen an die Dichtheit und den Mindestluftwechsel .....	A.8
7	Berücksichtigung von Wärmebrücken .....	A.10
8	Weitere Konsequenzen für die Gebäude- hülle .....	A.13
9	Nachweisverfahren .....	A.14
9.1	Jahresheizwärmebedarf nach dem Monatsbilanzverfahren .....	A.14
9.1.1	Jahresheizwärmebedarf $Q_h$ .....	A.14
9.1.2	Ausnutzungsgrad $\eta_M$ .....	A.14
9.1.3	Monatliche Wärmeverluste $Q_{l,M}$ .....	A.16
9.1.4	Wärmegewinne im Monatsmittel $Q_{g,M}$ .....	A.17
9.2	Heizperiodenverfahren (vereinfachtes Verfahren für Wohngebäude) .....	A.19
9.3	Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs .....	A.22
10	Energiepass .....	A.22

# B BAUSTOFFE BETON UND BETONSTAHL

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schmidt

B

<b>1 Allgemeines</b> .....	B.3
1.1 Neue Betonnormen .....	B.3
1.2 Begriffe und Klassifizierung .....	B.4
<b>2 Ausgangsstoffe</b> .....	B.7
2.1 Zement .....	B.7
2.1.1 Herstellung und Eigenschaften .....	B.7
2.1.2 Normalzement .....	B.8
2.1.3 Zemente mit besonderen Eigenschaften .....	B.10
2.1.4 Anwendungsbereiche .....	B.11
2.2 Gesteinskörnungen für Beton .....	B.12
2.2.1 Begriffe, Anforderungen, Eigenschaften .....	B.12
2.2.2 Kornzusammensetzung .....	B.13
2.2.3 Wasseranspruch im Beton .....	B.16
2.3 Zugabewasser .....	B.16
2.4 Betonzusatzstoffe .....	B.16
2.5 Betonzusatzmittel .....	B.18
<b>3 Frischer und junger Beton</b> .....	B.21
3.1 Frischbeton .....	B.21
3.1.1 Zusammensetzung und Verarbeitbarkeit .....	B.21
3.1.2 Konsistenzklassen .....	B.22
3.1.3 Mehlkorngelalt .....	B.22
3.2 Junger Beton .....	B.23
3.2.1 Hydratationswärme .....	B.23
3.2.2 Umgebungseinflüsse und Schutzmaßnahmen .....	B.25
<b>4 Festbeton</b> .....	B.25
4.1 Festigkeit und Verformungsverhalten bei Belastung .....	B.25
4.1.1 Grundlagen und Definitionen .....	B.25
4.1.2 Gefügebeanspruchung .....	B.26
4.1.3 Druckfestigkeitsklassen .....	B.28
4.1.4 Zug- und Biegezugfestigkeit .....	B.28
4.1.5 Kriechen und Relaxation .....	B.29
4.2 Lastunabhängige Verformungen .....	B.30
4.2.1 Schwinden und Quellen .....	B.30
4.2.2 Temperaturänderung .....	B.30
<b>5 Dauerhaftigkeit von Beton</b> .....	B.31
5.1 Grundlagen .....	B.31
5.2 Carbonatisierung und Stahlkorrosion .....	B.32
5.3 Chloridkorrosion .....	B.34

B.1

5.4 Frost- und Frost-Tausalz-Angriff .....	B.34
5.5 Chemischer Angriff .....	B.35
5.5.1 Lösender Angriff .....	B.35
5.5.2 Treibender Angriff .....	B.36
5.5.3 Maßnahmen bei chemisch aggressiver Umgebung .....	B.37
5.6 Verschleißbeanspruchung .....	B.39
5.7 Beton für bestimmte Anwendungen .....	B.40
<b>6 Betonzusammensetzung .....</b>	<b>B.41</b>
6.1 Anforderungen und Zielgrößen .....	B.41
6.2 Mischungsberechnung und Rezepturerstellung .....	B.41
<b>7 Nachbehandlung von Beton .....</b>	<b>B.43</b>
<b>8 Betonstahl .....</b>	<b>B.45</b>
8.1 Allgemeines .....	B.45
8.2 Eigenschaften .....	B.45
8.3 Betonstabstahl und Bewehrungsdraht .....	B.46
8.4 Betonstahl-Verbindungen und Bewehrungsanschlüsse .....	B.49

# C FINITE ELEMENTE

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle (Abschnitte 1 bis 5) und Prof. Dr.-Ing. Ralf Avak (Abschnitt 6)

<b>1 Grundlagen</b> .....	C.3
1.1 Computerorientierte Methoden der Baustatik .....	C.3
1.2 Finite-Element-Methode.....	C.3
1.2.1 Allgemeines .....	C.3
1.2.2 Berechnungsverfahren .....	C.4
1.3 Finite-Element-Methode für Flächentragwerke .....	C.7
1.4 Modellbildung.....	C.7
1.4.1 Modelle .....	C.7
1.4.2 Tragwerksmodell .....	C.7
1.4.3 Finite-Element-Modell.....	C.8
<b>2 Stabwerke</b> .....	C.10
2.1 Theoretische Grundlagen .....	C.10
2.1.1 Fachwerke .....	C.10
2.1.2 Biegebalken .....	C.11
2.1.3 Federn .....	C.12
2.2 Modellbildung.....	C.13
2.2.1 Tragwerksmodell .....	C.13
2.2.2 Numerisches Modell .....	C.14
<b>3 Scheiben</b> .....	C.15
3.1 Theoretische Grundlagen .....	C.15
3.2 Finite Elemente für Scheiben.....	C.15
3.2.1 Ermittlung einer Steifigkeitsmatrix.....	C.15
3.2.2 Finite Elemente für Scheiben.....	C.18
3.2.3 Berechnungsbeispiel .....	C.18
3.2.4 Folgerungen für die Praxis.....	C.22
3.3 Modellbildung.....	C.22
3.3.1 Tragverhalten und Bemessung.....	C.22
3.3.2 Regelmäßige Scheibenbereiche.....	C.24
3.3.3 Balkenartige Tragwerksteile .....	C.26
3.3.4 Auflager .....	C.27
3.3.5 Lasten.....	C.29

<b>4</b>	<b>Platten</b> .....	<b>C.30</b>
4.1	Theoretische Grundlagen .....	C.30
4.2	Finite Elemente für Platten .....	C.31
4.3	Modellbildung .....	C.32
4.3.1	Tragverhalten und Bemessung.....	C.32
4.3.2	Regelmäßige Plattenbereiche .....	C.33
4.3.3	Linienförmige Lager .....	C.35
4.3.4	Punktförmige Lager .....	C.38
4.3.5	Unterzüge .....	C.44
4.3.6	Bodenplatten .....	C.47
4.3.7	Lasten.....	C.48
<b>5</b>	<b>Faltwerke und Schalen</b> .....	<b>C.49</b>
5.1	Grundlagen.....	C.49
5.2	Modellbildung .....	C.49
<b>6</b>	<b>Arbeiten mit Finiten Elementen im Stahlbetonbau</b> .....	<b>C.51</b>
6.1	Netzgenerierung .....	C.51
6.2	Lagerungsbedingungen .....	C.53
6.3	Interpretation von Ergebnissen aus FE-Berechnungen .....	C.54
6.4	Dokumentation von FE-Berechnungen.....	C.55

# D BEMESSUNG VON STAHLBETONBAUTEILEN NACH DIN 1045-1

Prof. Dr.-Ing. Alfons Goris

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>D.3</b>
1.1	Zur Normensituation	D.3
1.1.1	Europäische Regelungen	D.3
1.1.2	DIN 1045-1 bis DIN 1045-4	D.3
1.2	Begriffe, Formelzeichen	D.4
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Sicherheitsnachweises</b>	<b>D.5</b>
<b>3</b>	<b>Sicherheitskonzept nach DIN 1045-1</b>	<b>D.5</b>
3.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit	D.5
3.1.1	Bruch oder übermäßige Verformungen	D.5
3.1.2	Versagen ohne Vorankündigung	D.6
3.1.3	Nachweis der Lagesicherheit	D.6
3.1.4	Ermüdung	D.6
3.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	D.7
3.3	Dauerhaftigkeit	D.7
<b>4</b>	<b>Ausgangswerte für die Querschnittsbemessung</b>	<b>D.8</b>
4.1	Beton	D.8
4.2	Betonstahl	D.12
4.3	Spannstahl	D.13
<b>5</b>	<b>Bemessung für Biegung und Längskraft</b>	<b>D.14</b>
5.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit	D.14
5.1.1	Voraussetzungen und Annahmen	D.14
5.1.2	Mittige Längszugkraft und Zugkraft mit kleiner Ausmitte	D.15
5.1.3	Biegung (mit Längskraft); Querschnitt mit rechteckiger Druckzone	D.16
5.1.4	Längsdruckkraft mit kleiner einachsiger Ausmitte; Rechteck	D.34
5.1.5	Symmetrisch bewehrte Rechtecke unter Biegung und Längskraft	D.34
5.1.6	Biegung (mit Längskraft) bei Plattenbalken	D.40
5.1.7	Beliebige Form der Betondruckzone	D.43
5.1.8	Unbewehrte Betonquerschnitte	D.44
5.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	D.45
5.2.1	Grundsätzliches	D.45
5.2.2	Begrenzung der Spannungen	D.52
5.2.3	Begrenzung der Rissbreiten	D.52
5.2.4	Begrenzung der Verformungen	D.55

D.1

D



<b>6</b>	<b>Bemessung für Querkraft</b>	<b>D.57</b>
6.1	Allgemeine Erläuterungen	D.57
6.2	Grundsätzliche Nachweisform	D.58
6.3	Bemessungswert $V_{Ed}$	D.58
6.4	Bauteile ohne Schubbewehrung	D.60
6.5	Bauteile mit Schubbewehrung	D.62
6.6	Anschluss von Druck- und Zuggurten	D.64
6.7	Schubfugen	D.65
<b>7</b>	<b>Bemessung für Torsion</b>	<b>D.66</b>
7.1	Grundsätzliches	D.66
7.2	Nachweis bei reiner Torsion	D.66
7.3	Kombinierte Beanspruchung	D.68
<b>8</b>	<b>Durchstanzen</b>	<b>D.69</b>
8.1	Allgemeines	D.69
8.2	Lasteinleitungsfläche und kritischer Rundschnitt	D.70
8.3	Nachweisverfahren	D.70
8.4	Punktförmig gestützte Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung	D.71
8.5	Platten mit Durchstanzbewehrung	D.72
8.6	Mindestmomente für Platten-Stützen-Verbindungen	D.73
<b>9</b>	<b>Grenzzustand der Tragfähigkeit, der durch Verformungen beeinflusst ist</b>	<b>D.74</b>
9.1	Unverschieblichkeit und Verschieblichkeit von Tragwerken	D.74
9.2	Schlankeit $\lambda$	D.74
9.3	Vereinfachtes Bemessungsverfahren für Einzeldruckglieder	D.75
9.4	Stützen, die nach zwei Richtungen ausweichen können	D.78
9.5	Kippen schlanker Träger	D.78
9.6	Druckglieder aus unbewehrtem Beton	D.78

# E KONSTRUKTION VON STAHLBETONTRAGWERKEN

Prof. Dr.-Ing. Helmut Geistefeldt

1	Einführung.....	E.3
2	Zusammenwirken von Beton und Bewehrungsstahl.....	E.3
2.1	Tragwirkung von Stahlbeton.....	E.3
2.1.1	Verbundwerkstoff Stahlbeton.....	E.3
2.1.2	Eigenschaften des Betons.....	E.4
2.1.3	Betonstahl.....	E.6
2.1.4	Interaktion Beton/Betonstahl.....	E.7
2.2	Betondeckung der Bewehrung.....	E.8
2.3	Führung von Bewehrungsstäben.....	E.9
2.4	Verbund, Verankerung und Stoß von Bewehrungsstäben.....	E.10
2.4.1	Verbund und Verankerung.....	E.10
2.4.2	Erforderliche Verankerungslängen.....	E.11
2.4.3	Übergreifungsstöße.....	E.12
2.4.4	Mechanische Stoßverbindungen.....	E.14
2.5	Anforderungen aus Herstellung und baulicher Durchbildung.....	E.14
2.5.1	Mindestabmessungen.....	E.14
2.5.2	Anforderungen aus Schalung, Betoniervorgang, Arbeitsfugen.....	E.15
3	Bewehrung in Normalbereichen mit stetigem Schnittkraftverlauf.....	E.17
3.1	Tragwirkungen in gerissenen Stahlbetonbiegetragwerken.....	E.17
3.2	Biegebewehrung und Zugkraftdeckung in Biegetragwerken.....	E.18
3.3	Bewehrung für Zugwirkungen aus Querkraft.....	E.20
3.4	Bewehrung für Zugwirkungen aus Torsionsbeanspruchungen.....	E.23
3.5	Tragwirkung bei Längsschub und Bewehrung.....	E.24
3.6	Konstruktive Durchbildung von Druckgliedern und Stützen.....	E.26
3.7	Bewehrung zur Beschränkung von Rissbreiten.....	E.28
3.7.1	Rissbildung – Rissbeschränkung.....	E.28
3.7.2	Rissbeschränkende Mindestbewehrung für Stahlbetontragwerke.....	E.29
3.7.3	Konstruktive Mindestbewehrung für Stahlbetontragwerke.....	E.31
4	Durchbildung der Detailbereiche von Stahlbetontragwerken.....	E.33
4.1	Abgrenzung von Detailbereichen in Stahlbetontragwerken.....	E.33
4.2	Detailbereiche mit geometrischen Unstetigkeiten.....	E.34
4.3	Detailbereiche bei sprungartiger Belastungsänderung.....	E.36
4.4	Detailbereiche für Endauflager und Randknoten von Rahmen.....	E.38
4.5	Detailbereiche für Innenaufleger und Innenknoten von Rahmen.....	E.40
4.6	Biegesteife Einspannung von Kragssystemen und Konsolen.....	E.41
4.7	Aussparungen und Öffnungen.....	E.42
4.8	Tragwirkung und Bewehrungsführung in wandartigen Trägern und Wänden.....	E.44
4.9	Bewehrungsführung am Anschluss von Fundamenten.....	E.45
5	Konstruktionen für eine wirtschaftliche Bauausführung.....	E.46
5.1	Rationelle Bewehrungsbildung.....	E.46
5.1.1	Kriterien.....	E.46
5.1.2	Flächenbewehrungen.....	E.46
5.1.3	Balken- und Stützenbewehrungen.....	E.49
5.2	Wirtschaftliche Konstruktionsformen in Ortbeton ohne und mit Fertigelementen.....	E.49

E

# F SPANNBETONBAU

Univ. Prof. Dr.-Ing. Carl-Alexander Graubner und Dr.-Ing. Michael Six

<b>1 Grundlagen</b>	F.4
1.1 Einführung	F.4
1.2 Begriffe und Bezeichnungen im Spannbetonbau	F.5
1.2.1 Begriffe	F.5
1.2.2 Bezeichnungen	F.6
1.3 Normen und Richtlinien	F.7
1.4 Geschichtliche Entwicklung	F.8
1.5 Grundprinzip der Vorspannung	F.9
1.6 Zweckmäßigkeit der Anwendung von Spannbeton	F.10
1.7 Arten der Vorspannung	F.11
1.7.1 Unterscheidungsmerkmale	F.11
1.7.2 Vorspannung mit sofortigem Verbund (Spannbettvorspannung)	F.12
1.7.3 Vorspannung mit nachträglichem Verbund	F.12
1.7.4 Interne Vorspannung ohne Verbund	F.13
1.7.5 Externe Vorspannung	F.13
1.8 Grad der Vorspannung	F.14
<b>2 Vorspanntechnologie</b>	F.15
2.1 Spannstahl	F.15
2.2 Spanverfahren	F.16
2.2.1 Allgemeines	F.16
2.2.2 Verankerung der Spannglieder	F.19
2.2.3 Kopplung der Spannglieder	F.22
2.3 Hinweise zum Vorspannen und Verpressen der Spannglieder	F.22
2.4 Kriterien für die Wahl eines geeigneten Spanverfahrens	F.24
<b>3 Schnittgrößen infolge Vorspannung</b>	F.25
3.1 Ermittlung der Vorspannkraft	F.25
3.1.1 Allgemeines	F.25
3.1.2 Mittelwert der Vorspannkraft (mean value)	F.25
3.1.3 Charakteristischer Wert der Vorspannkraft (characteristic value)	F.26
3.1.4 Bemessungswert der Vorspannkraft (design value)	F.26
3.2 Wirkung der Vorspannung	F.26
3.2.1 Grundlagen	F.26
3.2.2 Hinweise zum Spanngliedverlauf	F.27
3.2.3 Statisch bestimmte Systeme	F.29
3.2.4 Statisch unbestimmte Systeme	F.30
3.3 Verfahren der Schnittgrößenermittlung	F.30
3.3.1 Allgemeines	F.30
3.3.2 Linear-elastische Berechnung	F.31
3.3.3 Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung	F.31
3.3.4 Verfahren nach der Plastizitätstheorie	F.31
3.3.5 Nichtlineare Verfahren	F.32
3.4 Spannkraftverluste	F.32
3.4.1 Spannkraftverluste infolge Reibung	F.32
3.4.2 Spannkraftverluste infolge Kriechen, Schwinden und Relaxation	F.33
3.4.3 Spannkraftverluste infolge elastischer Bauteilverkürzung	F.35



<b>4 Entwurfskriterien und Vordimensionierung</b> .....	F.36
4.1 Voraussetzungen für den Entwurf und Ausführung von Spannbetonbauteilen .....	F.36
4.2 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Spannbetonbauteilen .....	F.36
4.2.1 Allgemeines .....	F.36
4.2.2 Mindestbetonfestigkeitsklasse .....	F.36
4.2.3 Mindestbetondeckung und Mindestabstände der Spannglieder .....	F.37
4.2.4 Mindestanforderungsklassen .....	F.38
4.3 Vordimensionierung von Spannbetonbauteilen .....	F.38
4.3.1 Grundlagen .....	F.38
4.3.2 Vordimensionierung der Biegedruckzone .....	F.39
4.3.3 Vordimensionierung des erforderlichen Spannstahlquerschnitts .....	F.40
4.3.4 Überprüfung der vorgedrückten Zugzone .....	F.41
4.3.4 Nomogramme für die Vordimensionierung der Spannbewehrung .....	F.42
<b>5 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit</b> .....	F.47
5.1 Ermittlung der Spannungen und Dehnungen .....	F.47
5.1.1 Allgemeines .....	F.47
5.1.2 Vorspannung mit Verbund .....	F.47
5.1.3 Vorspannung ohne Verbund .....	F.53
5.1.4 Berechnung des Spannwegs beim Vorspannen gegen den erhärteten Beton .....	F.54
5.2 Begrenzung der Spannungen .....	F.54
5.2.1 Vorbemerkungen .....	F.54
5.2.2 Betondruckspannungen .....	F.54
5.2.3 Betonstahlspannungen .....	F.54
5.2.4 Spannstahlspannungen .....	F.55
5.3 Begrenzung der Rissbreiten .....	F.55
5.3.1 Allgemeines .....	F.55
5.3.2 Erstrissbildung .....	F.56
5.3.3 Abgeschlossene Rissbildung .....	F.58
5.4 Begrenzung der Verformungen .....	F.59
<b>6 Grenzzustand der Tragfähigkeit</b> .....	F.60
6.1 Allgemeines .....	F.60
6.2 Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens .....	F.60
6.3 Biegung mit Längskraft .....	F.60
6.3.1 Grundlagen .....	F.60
6.3.2 Vorspannung mit Verbund .....	F.61
6.3.3 Vorspannung ohne Verbund .....	F.62
6.4 Querkraft und Torsion .....	F.63
6.5 Ermüdung .....	F.63
<b>7 Bauliche Durchbildung</b> .....	F.66
7.1 Allgemeines .....	F.66
7.2 Mindestoberflächenbewehrung bei Bauteilen mit Vorspannung .....	F.66
7.3 Verankerungsbereich der Spannglieder .....	F.66
7.3.1 Einleitung über Ankerkörper .....	F.66
7.3.2 Einleitung über Verbund .....	F.68
7.4 Spanngliedkopplungen .....	F.69

<b>8 Bemessungsbeispiel</b> .....	F.70
8.1 Bauwerksbeschreibung .....	F.70
8.2 Einwirkungen .....	F.71
8.2.1 Ständige Einwirkungen.....	F.71
8.2.2 Veränderliche Einwirkungen.....	F.71
8.3 Schnittgrößen.....	F.72
8.4 Vorspannung.....	F.72
8.4.1 Allgemeines .....	F.72
8.4.2 Schnittgrößen aus Vorspannung .....	F.73
8.4.3 Vordimensionierung.....	F.73
8.4.4 Querschnittswerte.....	F.73
8.4.5 Spannkraftverluste aus Kriechen, Schwinden und Relaxation .....	F.74
8.5 Mindestbewehrung.....	F.74
8.5.1 Robustheitsbewehrung.....	F.74
8.5.2 Mindestbewehrung zur Vermeidung breiter Einzelrisse.....	F.75
8.5.3 Oberflächenbewehrung .....	F.75
8.6 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	F.76
8.6.1 Bemessung für Biegung mit Längskraft .....	F.76
8.6.2 Bemessung für Querkraft und Torsion .....	F.77
8.6.3 Ermüdung .....	F.77
8.7 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	F.79
8.7.1 Begrenzung der Spannungen .....	F.79
8.7.2 Begrenzung der Rissbreiten.....	F.80
8.8 Zusammenfassung .....	F.81

# G AKTUELLE BEITRÄGE

Prof. Dr.-Ing. Hartmut Land (Abschnitt G.1), Prof. Dr.-Ing. W. Krüger, Dr.-Ing. Olaf Mertzsch (Abschnitt G.2), Prof. Dr.-Ing. Josef Hegger, Dipl.-Ing. Rüdiger Beutel (Abschnitt G.3)

## 1 Bemessung und Konstruktion von Teilfertigdecken nach DIN 1045-1

1.1	Was ist eine Teilfertigdecke? .....	G.3
1.1.1	Aufbau und Wirkungsweise .....	G.3
1.1.2	Norm und Zulassung .....	G.3
1.1.3	Anwendungsbereiche .....	G.3
1.2	Ermittlung der Schnittgrößen .....	G.3
1.2.1	Allgemeines .....	G.3
1.2.2	Einachsig gespannte Platten .....	G.4
1.2.3	Zweiachsig gespannte Platten .....	G.4
1.2.4	Flachdecken .....	G.5
1.3	Nachweise der Tragfähigkeit .....	G.5
1.3.1	Bemessung für Biegung .....	G.5
1.3.2	Bemessung für Querkraft .....	G.6
1.4	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit .....	G.10
1.4.1	Begrenzung der Spannungen .....	G.10
1.4.2	Begrenzung der Rissbreiten .....	G.10
1.4.3	Begrenzung der Verformungen .....	G.10
1.5	Bewehrungsregeln .....	G.10
1.5.1	Betondeckung der Bewehrung .....	G.10
1.5.2	Mindestbewehrungen .....	G.11
1.5.3	Einachsig gespannte Platten .....	G.11
1.5.4	Zweiachsig gespannte Platten .....	G.12
1.5.5	Flachdecken .....	G.13
1.6	Konstruktion .....	G.14
1.6.1	Minstdicken .....	G.14
1.6.2	Auflagerausbildungen im Endzustand .....	G.14
1.6.3	Anordnung der Fertigplatten bei Flachdecken .....	G.15
1.7	Montagezustand der Fertigplatten .....	G.17

## 2 Verformungsnachweise — Erweiterte Tafeln zur Begrenzung der Biegeschlankheit .....

2.1	Einleitung .....	G.19
2.2	Vereinfachte Verformungsberechnung .....	G.19
2.2.1	Allgemeine Grundlagen .....	G.19
2.2.2	Querschnittkrümmung im Zustand I .....	G.20
2.2.3	Querschnittkrümmung im Zustand II .....	G.20
2.2.4	Zugversteifung .....	G.21
2.2.5	Mittlere Bauteilkrümmung .....	G.22

2.3	Betondehnungen .....	G.23
2.3.1	Allgemeines .....	G.23
2.3.2	Berechnungen für den ungerissenen Querschnitt (Zustand I) .....	G.24
2.3.3	Berechnungen für den gerissenen Querschnitt (Zustand II) .....	G.26
2.4	Zur Rissbildung von Betonquerschnitten .....	G.28
2.4.1	Grundsätzliches .....	G.28
2.4.2	Zeitliche Entwicklung der Zugfestigkeit .....	G.28
2.4.3	Dauerstandzugfestigkeit .....	G.28
2.4.4	Zum Ansatz der wirksamen Betonzugfestigkeit bei der Verformungsvorhersage .....	G.29
2.5	Wesentliche Einflüsse auf die Verformungsvorhersage .....	G.30
2.5.1	Grundlegende Berechnungsannahmen .....	G.30
2.5.2	Einfluss ausgewählter Materialgesetze .....	G.30
2.5.3	Einfluss der Umweltbedingungen und des Belastungszeitpunktes .....	G.32
2.5.4	Zusammenfassende Wertung .....	G.32
2.6	Erweiterter Nachweis der Biegeschlankheit .....	G.33
2.6.1	Grundlegendes .....	G.33
2.6.2	Erweiterter Nachweis .....	G.33
2.7	Näherungsansatz zur Abschätzung der Verformung .....	G.35
2.7.1	Annahmen .....	G.35
2.7.2	Ansatz zur Abschätzung der Langzeitverformung .....	G.35
2.8	Abschätzung der Verformung im Spannbetonbau .....	G.36
2.8.1	Verformungsberechnung .....	G.36
2.8.2	Näherungsansatz zur Bestimmung des Alterungsbeiwertes .....	G.37
2.9	Zusammenfassung .....	G.38

### 3 Nachweise gegen Durchstanzen nach DIN 1045-1 .....

3.1	Einleitung .....	G.39
3.2	Versuchsergebnisse .....	G.40
3.2.1	Vergleich von Durchstanzversuchen an Deckenausschnitten und Deckensystemen .....	G.40
3.2.2	Durchstanzen ohne Durchstanzbewehrung .....	G.41
3.2.3	Durchstanzen im Bereich von Rand- und Eckstützen .....	G.43
3.2.4	Durchstanzen unter Brandeinwirkung .....	G.44
3.2.5	Durchstanzen mit Durchstanzbewehrung im Bereich von Innenstützen .....	G.45
3.3	Bemessungskonzept von DIN 1045-1 .....	G.46
3.3.1	Zur einwirkenden Deckenquerkraft im Durchstanzbereich .....	G.46
3.3.2	Durchstanzwiderstand ohne Durchstanzbewehrung .....	G.48
3.3.3	Übergang vom Durchstanzwiderstand zum Querkraftwiderstand liniengelagerter Platten .....	G.49
3.3.4	Auslagerung von Biegestäben im Bereich der Lasteinleitungszone (Stütze) .....	G.50
3.3.5	Einfluss der Lasteinleitungsfläche .....	G.50
3.3.6	Durchstanzen mit Durchstanzbewehrung .....	G.51
3.3.7	Durchstanzwiderstand der Durchstanzbewehrung .....	G.52
3.4	Zur Konstruktiven Durchbildung .....	G.55
3.4.1	Schrägstäbe .....	G.55
3.4.2	Bügel und Schubzulagen .....	G.55
3.5	Durchstanzen bei Fundamenten .....	G.57
3.6	Durchstanzen bei Flachdecken mit Randüberständen .....	G.58
3.7	Schlussfolgerungen .....	G.58

## Normen

### **DIN 1045-1 (07.2001)**

#### **Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton**

Teil 1: Bemessung und Konstruktion<sup>7)</sup>

Teil 2: Beton – Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1<sup>7)</sup>

Teil 3: Bauausführung<sup>7)</sup>

Teil 4: Ergänzende Regeln für die Herstellung und Konformität von Fertigteilen

### **DIN EN 206 (07.2001)**

#### **Beton**

Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

H

<sup>7)</sup> Die vom NABau im DIN herausgegebenen „Berichtigungen zu DIN 1045 (Juni/Juli 2002)“ wurden in den Normen-text bereits eingearbeitet und „grau“ unterlegt.



# Tragwerk aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton

## Teil 1: Bemessung und Konstruktion

DIN 1045-1 (07.2001)

Vorwort .....	9	3.1.26 Dekompression .....	12
Einleitung .....	9	3.2 Formelzeichen .....	12
1 Anwendungsbereich .....	9	3.2.1 Große lateinische Buchstaben ....	12
2 Normative Verweisungen .....	10	3.2.2 Kleine lateinische Buchstaben ....	13
3 Begriffe und Formelzeichen .....	11	3.2.3 Griechische Buchstaben .....	13
3.1 Begriffe .....	11	3.2.4 Indizes .....	13
3.1.1 üblicher Hochbau .....	11	3.2.5 Große lateinische Buchstaben mit Indizes .....	14
3.1.2 vorwiegend ruhende Einwirkung ...	11	3.2.6 Kleine lateinische Buchstaben mit Indizes .....	15
3.1.3 nicht vorwiegend ruhende Ein- wirkung .....	11	3.2.7 Griechische Buchstaben mit Indizes .....	16
3.1.4 Normalbeton .....	11	3.3 SI-Einheiten .....	17
3.1.5 Leichtbeton .....	11	4 Bautechnische Unterlagen .....	18
3.1.6 Schwerbeton .....	11	4.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen .....	18
3.1.7 Spannglied im sofortigen Verbund .	11	4.2 Zeichnungen .....	18
3.1.8 Spannglied im nachträglichen Verbund .....	11	4.2.1 Allgemeine Anforderungen .....	18
3.1.9 internes Spannglied ohne Verbund .....	11	4.2.2 Verlegezeichnungen für die Fertig- teile .....	18
3.1.10 externes Spannglied ohne Verbund .....	11	4.2.3 Zeichnungen für die Schalungs- und Traggerüste .....	18
3.1.11 Monolitze .....	11	4.3 Statische Berechnungen .....	19
3.1.12 Umlenksattel .....	11	4.4 Baubeschreibung .....	19
3.1.13 Fertigteil .....	12	5 Sicherheitskonzept .....	19
3.1.14 Segmenttragwerk .....	12	5.1 Allgemeines .....	19
3.1.15 Mehrschichttafel .....	12	5.2 Bemessungswert des Tragwider- stands .....	19
3.1.16 Verbundbauteil .....	12	5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit ..	20
3.1.17 unbewehrtes Bauteil .....	12	5.3.1 Allgemeines .....	20
3.1.18 vorwiegend auf Biegung bean- spruchtes Bauteil .....	12	5.3.2 Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens .....	20
3.1.19 Druckglied .....	12	5.3.3 Teilsicherheitsbeiwerte für die Ein- wirkungen und den Tragwider- stand im Grenzzustand der Trag- fähigkeit .....	20
3.1.20 Balken .....	12	5.3.4 Kombination von Einwirkungen, Bemessungssituationen .....	21
3.1.21 Platte .....	12		
3.1.22 Stütze .....	12		
3.1.23 Scheibe .....	12		
3.1.24 wandartiger Träger .....	12		
3.1.25 Betondeckung .....	12		

5.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....	21	8.6.5	Modellstützenverfahren .....	38
5.4.1	Allgemeines .....	21	8.6.6	Druckglieder mit zweiachsiger Lastausmitte .....	40
5.4.2	Anforderungsklassen .....	22	8.6.7	Druckglieder aus unbewehrtem Beton .....	41
<b>6</b>	<b>Sicherstellung der Dauerhaftigkeit .....</b>	<b>22</b>	8.6.8	Seitliches Ausweichen schlanker Träger .....	41
6.1	Allgemeines .....	22	8.7	Vorgespannte Tragwerke .....	42
6.2	Expositionsklassen, Mindestbetonfestigkeit .....	22	8.7.1	Allgemeines .....	42
6.3	Betondeckung .....	24	8.7.2	Vorspannkraft .....	43
<b>7</b>	<b>Grundlagen zur Ermittlung der Schnittgrößen .....</b>	<b>26</b>	8.7.3	Spannkraftverluste .....	44
7.1	Anforderungen .....	26	8.7.4	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit .....	45
7.2	Imperfektionen .....	26	8.7.5	Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	45
7.3	Idealisierungen und Vereinfachungen .....	28	8.7.6	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im sofortigen Verbund .....	46
7.3.1	Mitwirkende Plattenbreite, Lastausbreitung und effektive Stützweite .....	28	8.7.7	Verankerungsbereiche bei Spanngliedern mit nachträglichem oder ohne Verbund .....	48
7.3.2	Sonstige Vereinfachungen .....	30	<b>9</b>	<b>Baustoffe .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Verfahren zur Ermittlung der Schnittgrößen .....</b>	<b>31</b>	9.1	Beton .....	48
8.1	Allgemeines .....	31	9.1.1	Allgemeines .....	48
8.2	Linear-elastische Berechnung .....	31	9.1.2	Festigkeiten .....	48
8.3	Linear-elastische Berechnung mit Umlagerung .....	32	9.1.3	Elastische Verformungseigenschaften .....	49
8.4	Verfahren nach der Plastizitätstheorie .....	32	9.1.4	Kriechen und Schwinden .....	49
8.4.1	Allgemeines .....	32	9.1.5	Spannungs-Dehnungs-Linie für nicht-lineare Verfahren der Schnittgrößenermittlung und für Verformungsberechnungen .....	53
8.4.2	Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen .....	33	9.1.6	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	53
8.5	Nichtlineare Verfahren .....	34	9.1.7	Zusammenstellung der Betonkennwerte .....	54
8.5.1	Allgemeines .....	34	9.2	Betonstahl .....	57
8.5.2	Berechnungsansatz für stabförmige Bauteile und einachsig gespannte Platten bei Biegung mit oder ohne Längskraft .....	35	9.2.1	Allgemeines .....	57
8.6	Stabförmige Bauteile und Wände unter Längsdruck (Theorie II. Ordnung) .....	36	9.2.2	Eigenschaften .....	57
8.6.1	Allgemeines .....	36	9.2.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung .....	59
8.6.2	Einteilung der Tragwerke und Bauteile .....	36	9.2.4	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	59
8.6.3	Nachweisverfahren .....	37	9.3	Spannstahl .....	60
8.6.4	Imperfektionen .....	38	9.3.1	Allgemeines .....	60
			9.3.2	Eigenschaften .....	60
			9.3.3	Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	61

10	<b>Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit</b> .....	61	10.8.4	Vereinfachte Nachweise .....	85
10.1	Allgemeines .....	61	11	<b>Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit</b> .....	86
10.2	Biegung mit oder ohne Längskraft und Längskraft allein .....	61	11.1	Begrenzung der Spannungen .....	86
10.3	Querkraft .....	62	11.1.1	Allgemeines .....	86
10.3.1	Nachweisverfahren .....	62	11.1.2	Begrenzung der Betondruckspannungen .....	87
10.3.2	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft .....	62	11.1.3	Begrenzung der Betonstahlspannungen .....	87
10.3.3	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung .....	63	11.1.4	Begrenzung der Spannstahlspannungen .....	87
10.3.4	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung .....	64	11.2	Begrenzung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression .....	87
10.3.5	Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten .....	66	11.2.1	Allgemeines .....	87
10.3.6	Schubkraftübertragung in Fugen ..	67	11.2.2	Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite .....	89
10.3.7	Unbewehrte Bauteile .....	69	11.2.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung .....	90
10.4	Torsion .....	70	11.2.4	Berechnung der Rissbreite .....	92
10.4.1	Allgemeines .....	70	11.3	Begrenzung der Verformungen .....	93
10.4.2	Nachweisverfahren .....	70	11.3.1	Allgemeines .....	93
10.4.3	Wölbkrafttorsion .....	72	11.3.2	Nachweis der Begrenzung der Verformungen von Stahlbetonbauteilen ohne direkte Berechnung .....	95
10.4.4	Unbewehrte Bauteile .....	72	12	<b>Allgemeine Bewehrungsregeln</b> ...	95
10.5	Durchstanzen .....	72	12.1	Allgemeines .....	95
10.5.1	Allgemeines .....	72	12.2	Stababstände von Betonstählen ..	95
10.5.2	Lasteinteilung und Nachweis-schnitte .....	73	12.3	Biegen von Betonstählen .....	95
10.5.3	Nachweisverfahren .....	76	12.3.1	Biegerollendurchmesser .....	95
10.5.4	Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung .....	77	12.3.2	Hin- und Zurückbiegen .....	96
10.5.5	Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung .....	77	12.4	Verbundbedingungen .....	96
10.5.6	Mindestmomente .....	79	12.5	Bemessungswert der Verbundspannung .....	97
10.6	Stabwerkmodelle .....	80	12.6	Verankerung der Längsbewehrung .....	98
10.6.1	Allgemeines .....	80	12.6.1	Allgemeines zu den Verankerungsarten .....	98
10.6.2	Bemessung der Zug- und Druckstreben .....	80	12.6.2	Verankerungslänge .....	98
10.6.3	Bemessung der Knoten .....	81	12.6.3	Erforderliche Querbewehrung ...	100
10.7	Teilflächenbelastung .....	81	12.7	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung .....	100
10.8	Nachweis gegen Ermüdung .....	83	12.8	Stöße .....	100
10.8.1	Allgemeines .....	83	12.8.1	Allgemeines .....	100
10.8.2	Innere Kräfte und Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit beim Nachweis gegen Ermüdung ..	83			
10.8.3	Nachweisverfahren .....	83			

12.8.2	Übergreifungslänge	102	13.7	Wände	119
12.8.3	Querbewehrung	103	13.7.1	Stahlbetonwände	119
12.8.4	Stöße von Betonstahlmatten in zwei Ebenen	104	13.7.2	Wand-Decken-Verbindungen bei Fertigteilen	120
12.9	Stabbündel	105	13.7.3	Sandwichtafeln	121
12.10	Spannglieder	106	13.7.4	Unbewehrte Wände	121
12.10.1	Allgemeines	106	13.8	Verbindung und Auflagerung von Fertigteilen	122
12.10.2	Spannglieder im sofortigen Verbund	107	13.8.1	Allgemeines	122
12.10.3	Spannglieder im nachträglichen Verbund	107	13.8.2	Druckfugen	122
12.10.4	Spannglieder ohne Verbund	107	13.8.3	Biegesteife und zugfeste Verbindungen	123
12.10.5	Spanngliedkopplungen	108	13.8.4	Lagerungsbereiche	123
<b>13</b>	<b>Konstruktionsregeln</b>	<b>108</b>	13.9	Krafteinleitungsbereiche	123
13.1	Überwiegend biegebeanspruchte Bauteile	108	13.9.1	Druckkräfte	123
13.1.1	Mindestbewehrung und Höchstbewehrung	108	13.9.2	Zugkräfte	123
13.1.2	Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen	108	13.10	Umlenkkräfte	123
13.2	Balken und Plattenbalken	110	13.11	Indirekte Auflager	123
13.2.1	Allgemeines	110	13.12	Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen	124
13.2.2	Zugkraftdeckung	110	13.12.1	Allgemeines	124
13.2.3	Querkraftbewehrung	111	13.12.2	Ringanker	124
13.2.4	Torsionsbewehrung	112	13.12.3	Innenliegende Zuganker	124
13.2.5	Oberflächenbewehrung bei großen Stabdurchmessern	113	13.12.4	Horizontale Stützen- und Wandzuganker	125
13.3	Vollplatten aus Ortbeton	113		<b>Bilder</b>	
13.3.1	Mindestdicke	113		Bild 1 – Berücksichtigung der geometrischen Ersatzimperfectionen	27
13.3.2	Zugkraftdeckung	113		Bild 2 – Definition der mitwirkenden Breite $b_{eff}$	28
13.3.3	Durchstanz- und Querkraftbewehrung	114		Bild 3 – Angenäherte wirksame Stützweiten $l_0$ zur Berechnung der mitwirkenden Plattenbreite	28
13.4	Vorgefertigte Deckensysteme	116		Bild 4 – Wirksame Stegbreite ( $b_w + b_v$ ) bei Platten mit veränderlicher Dicke	29
13.4.1	Allgemeines	116		Bild 5 – Ausbreitungswinkel konzentriert eingeleiteter Längskräfte	29
13.4.2	Querverteilung der Lasten	116		Bild 6 – Ausbreitung von Vorspannkraften am Beispiel eines Plattenbalkens	29
13.4.3	Nachträglich mit Ortbeton ergänzte Deckenplatten	117		Bild 7 – Beispiele für die Bestimmung der effektiven Stützweite eines Bauteils (Balken, Platte)	30
13.4.4	Scheibenwirkung	118		Bild 8 – Definition der direkten und indirekten Lagerung	30
13.5	Stützen	119			
13.5.1	Allgemeines	119			
13.5.2	Mindest- und Höchstwert des Längsbewehrungsquerschnitts	119			
13.5.3	Querbewehrung	119			
13.6	Wandartige Träger	119			

Bild 9 – Grundwerte der zulässigen plastischen Rotation für Festigkeitsklassen des Betons C12/16 bis C50/60 und C100/115 .....	34	Bild 30 – Mögliche Dehnungsverteilungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (bei im Verbund liegenden Betonstahl und Spannstahl) .....	62
Bild 10 – Vereinfachte Momenten-Krümmungs-Beziehung .....	35	Bild 31 – Querkraftanteile bei veränderlicher Querschnittshöhe .....	63
Bild 11 – Arten von Einzeldruckgliedern .....	37	Bild 32 – Definition von $A_{sl}$ für die Ermittlung von $g_1$ in Gleichung (70) .....	64
Bild 12 – Modellstütze .....	39	Bild 33 – Fachwerkmodell und Benennungen für querkraftbewehrte Bauteile .....	65
Bild 13 – Bemessungsmodell zur Berechnung der wirksamen Lastausmitte .....	39	Bild 34 – Anschluss zwischen Gurten und Steg .....	67
Bild 14 – Grenzen für getrennte Nachweise in Richtung der beiden Hauptachsen .....	40	Bild 35 – Fugenausbildung .....	69
Bild 15 – Reduzierte Querschnittsdicke $h_{red}$ für den getrennten Nachweis in y-Richtung bei $e_{0z} > 0,2 h$ .....	41	Bild 36 – Benennungen und Modellbildung bei Torsion .....	71
Bild 16 – Vereinfachte Momenten-Krümmungs-Beziehung für Spannbeton-querschnitte .....	42	Bild 37 – Bemessungsmodell für den Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen .....	72
Bild 17 – Verlauf der Spannstahlspannungen im Verankerungsbereich von Spanngliedern im sofortigen Verbund .....	47	Bild 38 – Maßgebende Abschnitte für den kritischen Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen .....	73
Bild 18 – Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ für Normalbeton und trockene Umgebungsbedingungen (trockene Innenräume, relative Luftfeuchte = 50 %) .....	50	Bild 39 – Kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe eines freien Randes befinden .....	73
Bild 19 – Endkriechzahl $\varphi(\infty, t_0)$ für Normalbeton und feuchte Umgebungsbedingungen (Außenluft, relative Luftfeuchte = 80 %) .....	51	Bild 40 – Kritischer Rundschnitt in der Nähe von Öffnungen .....	74
Bild 20 – Schrumpfdehnung $\epsilon_{cas\infty}$ zum Zeitpunkt $t = \infty$ für Normalbeton .....	52	Bild 41 – Kritischer Rundschnitt nahe freien Rändern .....	74
Bild 21 – Trocknungsschwinddehnung $\epsilon_{cds\infty}$ zum Zeitpunkt $t = \infty$ für Normalbeton .....	52	Bild 42 – Platte mit einer Stützenkopfverstärkung mit $l_H \leq 1,5 h_H$ .....	75
Bild 22 – Spannungs-Dehnungs-Linie für die Schnittgrößenermittlung mit nicht-linearen Verfahren und für Verformungsberechnungen .....	53	Bild 43 – Platte mit Stützenkopfverstärkung mit $l_H > 1,5 h_H$ .....	75
Bild 23 – Parabel-Rechteck-Diagramm .....	53	Bild 44 – Näherungswerte für den Beiwert $\beta$ ..	76
Bild 24 – Bilineare Spannungs-Dehnungs-Linie .....	54	Bild 45 – Nachweisschnitte der Durchstanzbewehrung .....	78
Bild 25 – Spannungsblock .....	54	Bild 46 – Bereiche für den Ansatz der Mindestbiegemomente $m_{Ed, x}$ und $m_{Ed, y}$ .....	80
Bild 26 – Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Schnittgrößenermittlung ..	59	Bild 47 – Querkraftanteile in einem Druckfeld mit Einschnürung zu konzentrierten Knoten an beiden Enden .....	80
Bild 27 – Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Betonstahls für die Bemessung .....	59	Bild 48 – Knotenbereich für den Nachweis von Druckknoten .....	81
Bild 28 – Spannungs-Dehnungs-Linie des Spannstahls für die Schnittgrößenermittlung ..	60	Bild 49 – Knotenbereich für den Nachweis von Druck-Zug-Knoten .....	82
Bild 29 – Rechnerische Spannungs-Dehnungs-Linie des Spannstahls für die Querschnittsbemessung .....	61	Bild 50 – Knoten mit Umlenkung von Bewehrung .....	82
		Bild 51 – Ermittlung der Flächen für Teilflächenbelastung .....	82
		Bild 52 – Form der Wöhlerlinien für Beton- und Spannstahl .....	85

Bild 53 – Wirkungsbereich $A_{c, \text{eff}}$ der Bewehrung .....	92	Bild 75 – Fugenverzahnung .....	118
Bild 54 – Verbundbedingungen .....	97	Bild 76 – Auflagerung von Deckenplatten auf Fertigteilwänden .....	121
Bild 55 – Zusatzbewehrung im Verankerungsbereich ohne Querdruck bei Stabdurchmessern $d_s > 32$ mm .....	100	Bild 77 – Zusätzliche Querbewehrung des Wandfußes .....	121
Bild 56 – Verankerung und Schließen von Bügeln .....	101	Bild 78 – Querzugspannungen in Druckfugen .....	122
Bild 57 – Längsversatz und Querabstand der Bewehrungsstäbe im Stoßbereich .....	102	Bild 79 – Anschluss von Nebenträgern ....	124
Bild 58 – Definition der Abstände $s$ und $s_0$ zur Ermittlung des Beiwertes $\alpha_1$ .....	103	Bild 80 – Zuganker für außergewöhnliche Ereignisse, dargestellt im Deckengrundriss .....	125
Bild 59 – Querbewehrung für Übergreifungsstöße .....	104	<b>Tabellen</b>	
Bild 60 – Beispiel für Übergreifungsstöße von geschweißten Betonstahlmatten .....	104	Tabelle 1 – Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf Tragwerke im Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	21
Bild 61 – Anordnung, Mindestabstände und Mindestbetondeckung bei Stabbündeln ...	105	Tabelle 2 – Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstands im Grenzzustand der Tragfähigkeit .....	21
Bild 62 – Verankerung von Stabbündeln bei auseinandergezogenen rechnerischen Endpunkten E .....	105	Tabelle 3 – Expositionsklassen .....	23
Bild 63 – Verankerung von Stabbündeln bei dicht beieinander liegenden rechnerischen Endpunkten E .....	106	Tabelle 4 – Mindestbetondeckung $c_{\text{min}}$ zum Schutz gegen Korrosion und Vorhaltemaß $\Delta c$ in Abhängigkeit von der Expositions-klasse .....	25
Bild 64 – Zulage eines Stabes bei einem Bündel aus drei Stäben für einen zugbeanspruchten Übergreifungsstoß .....	106	Tabelle 5 – Größter Querrippenabstand $s_T$ bei Decken aus Rippen und Zwischenbauteile ohne Aufbeton .....	31
Bild 65 – Lichter Mindestabstand für Spannglieder im sofortigen Verbund .....	107	Tabelle 6 – Mindestbetondruckfestigkeit $f_{\text{cmj}}$ beim Vorspannen mit Spanngliedern im nachträglichen Verbund oder ohne Verbund zum Zeitpunkt $t = t_j$ .....	44
Bild 66 – Zugkraftdeckungslinie und Verankerungslängen bei biegebeanspruchten Bauteilen .....	110	Tabelle 7 – Verbundspannung $f_{\text{bp}}$ in der Übertragungslänge von Litzen und Drähten im sofortigen Verbund in Abhängigkeit von der Betondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Spannkraftübertragung .....	47
Bild 67 – Beispiele für Kombinationen von Bügeln und Querkraftzulagen .....	111	Tabelle 8 – Rohdichteklasse, Rechenwert $\rho$ der Trockenrohddichte und charakteristischer Wert der Wichte von Leichtbeton .....	48
Bild 68 – Zulässiges Einschneiden der Querkraftdeckungslinie bei Tragwerken des üblichen Hochbaus .....	112	Tabelle 9 – Festigkeits- und Formänderungskennwerte von Normalbeton .....	55
Bild 69 – Oberflächenbewehrung .....	113	Tabelle 10 – Festigkeits- und Formänderungskennwerte von Leichtbeton .....	56
Bild 70 – Rechtwinklige Eckbewehrung auf der Oberseite und Unterseite .....	114	Tabelle 11 – Eigenschaften der Betonstähle ..	57
Bild 71 – Randbewehrung an freien Rändern von Platten .....	114	Tabelle 12 – Zulässige Schweißverfahren und Anwendungsfälle .....	58
Bild 72 – Anordnung der Durchstanzbewehrung .....	115	Tabelle 13 – Beiwerte $\beta_{\text{ct}}, \mu$ .....	68
Bild 73 – Deckenverbindungen zur Querkraftübertragung .....	116		
Bild 74 – Möglicher Tragstoß bei zweiachsig gespannten Fertigteildecken mit Ortbetonergänzung (Beispiel) .....	117		

Tabelle 14 – Momentenbeiwerte $\eta$ und Verteilungsbreiten der Momente .....	79	Tabelle 24 – Mindestwerte der Biegemomentendurchmesser $d_{br}$ für nach dem Schweißen gebogene Bewehrung .....	96
Tabelle 15 – Verhältnis $\zeta$ der Verbundfestigkeit von Spannstahl zur Verbundfestigkeit von Betonrippenstahl .....	83	Tabelle 25 – Bemessungswerte der Verbundspannung $f_{bd}$ für Betonstahl bei guten Verbundbedingungen und $d_s \leq 32$ mm .....	98
Tabelle 16 – Parameter der Wöhlerlinien für Betonstahl .....	84	Tabelle 26 – Zulässige Verankerungsarten von Betonstahl .....	99
Tabelle 17 – Parameter der Wöhlerlinien für Spannstahl .....	84	Tabelle 27 – Beiwerte $\alpha_1$ für die Übergreifungslänge .....	103
Tabelle 18 – Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreite und die Dekompression ..	88	Tabelle 28 – Mindestübergreifungslängen der Querstäbe .....	105
Tabelle 19 – Mindestanforderungsklassen in Abhängigkeit von der Expositionsklasse ...	88	Tabelle 29 – Grundwerte $\rho$ für die Ermittlung der Mindestbewehrung .....	109
Tabelle 20 – Grenzdurchmesser $d_s^*$ bei Betonstählen .....	91	Tabelle 30 – Mindestoberflächenbewehrung für die verschiedenen Bereiche eines vorgespannten Bauteils .....	109
Tabelle 21 – Höchstwerte der Stababstände von Betonstählen .....	91	Tabelle 31 – Größte Längs- und Querabstände $s_{max}$ von Bügelschenkeln und Querkraftzulagen .....	112
Tabelle 22 – Beiwerte $\alpha$ zur Bestimmung der Ersatzstützweite .....	94	Tabelle 32 – Mindestwanddicken für tragende Wände .....	120
Tabelle 23 – Mindestwerte der Biegerolldurchmesser $d_{br}$ .....	96		