

Niedersächsisches Ministerialblatt

57. (62.) Jahrgang

Hannover, den 14. 12. 2007

Nummer 51

INHALT

A. Staatskanzlei	F. Kultusministerium
B. Ministerium für Inneres und Sport	G. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr
C. Finanzministerium	H. Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
D. Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit Bek. 11. 9. 2007, Bauaufsicht: Technische Baubestimmungen; DIN 18800-5 und -7, „Stahlbauten“ 1571 21072	I. Justizministerium
E. Ministerium für Wissenschaft und Kultur	K. Umweltministerium

D. Ministerium für Soziales, Frauen, Familie und Gesundheit

Bauaufsicht: Technische Baubestimmungen; DIN 18800-5 und -7, „Stahlbauten“

Bek. d. MS v. 11. 9. 2007 — 503.2-24 012/0-1 —

— **VORIS 21072** —

Bezug: Bek. v. 18. 3. 1985 (Nds. MBl. S. 327), geändert durch Bek. v. 4. 8. 1989 (Nds. MBl. S. 937)
— **VORIS 21072 02 00 30 056** —

1. Aufgrund des § 96 Abs. 1 NBauO i. d. F. vom 10. 2. 2003 (Nds. GVBl. S. 89), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 12. 7. 2007 (Nds. GVBl. S. 324), wird die Norm

DIN 18800: „Stahlbauten“

— Teil 5: „Verbundtragwerke aus Stahl und Beton — Bemessung und Konstruktion“,
Ausgabe 2007-03 (**Anlage 1**), und

— Teil 7: „Ausführung und Herstellerqualifikation“,
Ausgabe 2002-09 (**Anlage 2**),

als Technische Baubestimmung bekannt gemacht.

2. Bei der Anwendung von DIN 18800 Teile 5 und 7 ist Folgendes zu beachten:

2.1 Zu DIN 18800-5

Für die Bemessung und Konstruktion von Stahlverbundbrücken gilt der DIN-Fachbericht 104 (Ausgabe März 2003). Bei Anwendung des DIN-Fachberichts sind die zusätzlichen Regeln laut Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau Nr. 13/2003 des BMVBW (veröffentlicht im Verkehrsblatt 2003, Heft 6) zu beachten. Für die Einwirkungen auf Brücken gilt der DIN-Fachbericht 101 (Ausgabe März 2003) unter Berücksichtigung der zusätzlichen Regeln laut Allgemeinem Rundschreiben Straßenbau Nr. 10/2003 des BMVBW (veröffentlicht im Verkehrsblatt 2003, Heft 6).

2.1.1 Zu Element (103):

DIN V ENV 1994-1-2 ist nur mit der „DIBt-Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2 in Verbindung mit

DIN 18800-5“ anwendbar. Bis zum Erscheinen der Richtlinie können für brandschutztechnische Nachweise nur die Normen DIN 4102-4:1994-03 einschließlich DIN 4102-4/A1:2004-11 i. V. m. DIN 4102-22:2004-11 angewendet werden.

2.1.2 Zu Element (907), (1118), (1119) und (1120):

Abweichend von DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6 ist für die Bestimmung von f_{ctd} bei Verwendung von Normalbeton ausnahmslos $\alpha = 0,85$ anzunehmen.

2.2 Zu DIN 18800-7

2.2.1 Zu Abschnitt 2:

Es gilt DVS-Richtlinie 1704, Ausgabe Mai 2004 — Voraussetzungen und Verfahren für die Erteilung von Bescheinigungen über die Herstellerqualifikation zum Schweißen von Stahlbauten nach DIN 18800-7:2002-09.

2.2.2 Zu Abschnitt 13:

Die Bescheinigungen über den Eignungsnachweis zum Schweißen von Stahlbauteilen erteilen die entsprechenden Stellen, welche in dem „Verzeichnis der Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstellen nach den Landesbauordnungen“ — Teil IV — des Deutschen Instituts für Bautechnik geführt werden.

3. Bezüglich der in dieser technischen Baubestimmung genannten Normen, anderen Unterlagen und technischen Anforderungen, die sich auf Produkte bzw. Prüfverfahren beziehen, gilt, dass auch Produkte bzw. Prüfverfahren angewandt werden dürfen, die Normen oder sonstigen Bestimmungen und/oder technischen Vorschriften anderer Vertragsstaaten des Abkommens vom 2. 5. 1992 über den Europäischen Wirtschaftsraum und der Türkei entsprechen, sofern das geforderte Schutzniveau in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit und Gebrauchstauglichkeit gleichermaßen dauerhaft erreicht wird.

Sofern für ein Produkt ein Übereinstimmungsnachweis oder der Nachweis der Verwendbarkeit, z. B. durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis, vorgesehen ist, kann von einer

Gleichwertigkeit nur ausgegangen werden, wenn für das Produkt der entsprechende Nachweis der Verwendbarkeit und/oder der Übereinstimmungsnachweis vorliegt und das Produkt ein Übereinstimmungszeichen trägt.

4. Prüfungen, Überwachungen und Zertifizierungen, die von Stellen anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum und der Türkei erbracht werden, sind ebenfalls anzuerkennen, sofern die Stellen aufgrund ihrer Qualifikation, Integrität, Unparteilichkeit und technischen Ausstattung Gewähr dafür bieten, die Prüfung, Überwachung bzw. Zertifizierung gleichermaßen sachgerecht und aussagekräftig durchzuführen. Diese Voraussetzungen gelten insbesondere als erfüllt, wenn die Stellen nach Artikel 16 der Richtlinie 89/106/EWG vom 21. 12. 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (ABl. EG Nr. L 40 S. 12), zuletzt geändert durch Entscheidung 2006/190/EG der Kommission vom 1. 3. 2006 (ABl. EU Nr. L 66 S. 47), für diesen Zweck zugelassen worden sind.

5. Die Verpflichtungen aus der Richtlinie 98/34/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. 6. 1998 über ein Informationsverfahren auf dem Gebiet der Normen und technischen Vorschriften (ABl. EG Nr. L 204 S. 37), zuletzt geändert durch Richtlinie 2006/96/EG des Rates vom 20. 11. 2006 (ABl. EU Nr. L 363 S. 81), sind beachtet worden.

6. Die Verwendung des Satzbildes dieser Norm beruht auf dem Vertrag der Länder mit dem Deutschen Institut für Normung e. V. und der Zustimmung des Beuth-Verlags. Eine Verwendung des Satzbildes durch andere ist nicht gestattet.

7. Die Bezugsbekanntmachung wird aufgehoben.

DIN 18800-5**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN V 18800-5:2004-11**Stahlbauten –
Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton –
Bemessung und Konstruktion**Steel structures –
Part 5: Composite structures of steel and concrete –
Design and constructionConstructions métalliques –
Partie 5: Structures mixtes acier-béton –
Calcul et construction

Gesamtumfang 95 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	6
1 Allgemeine Angaben	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe und Formelzeichen	8
3.1 Begriffe	8
3.2 Formelzeichen	9
3.3 SI-Einheiten	12
4 Bautechnische Unterlagen	12
5 Sicherheitskonzept	13
5.1 Allgemeines	13
5.2 Bemessungswert des Tragwiderstandes	13
5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit	15
5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	15
6 Dauerhaftigkeit	15
7 Werkstoffe	16
8 Tragwerksberechnung	16
8.1 Allgemeines	16
8.2 Einflüsse aus Tragwerksverformungen und Imperfektionen	17
8.3 Schnittgrößenermittlung	18
8.3.1 Allgemeines	18
8.3.2 Mittragende Gurtbreite	19
8.3.3 Elastische Tragwerksberechnung	19
8.3.4 Elastische Berechnung mit Momentenumlagerung	24
8.3.5 Berechnung nach der Fließgelenktheorie	25
8.4 Klassifizierung von Querschnitten	26
9 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit	30
9.1 Verbundträger	30
9.1.1 Allgemeines	30
9.1.2 Mittragende Gurtbreite beim Nachweis der Querschnittstragfähigkeit	31
9.2 Querschnittstragfähigkeit von Verbundträgern	33
9.2.1 Allgemeines	33
9.2.2 Vollplastische Querschnittstragfähigkeit	33
9.2.3 Dehnungsbeschränkte Querschnittstragfähigkeit	38
9.2.4 Elastische Querschnittstragfähigkeit	38
9.3 Nachweis gegen Biegedrillknicken bei Verbundträgern	39
9.4 Verbundsicherung bei Verbundträgern	41
9.4.1 Allgemeines	41
9.4.2 Verteilung von Verbundmitteln	44
9.4.3 Ermittlung der Längsschubkräfte	45
9.4.4 Beanspruchbarkeit von Verbundmitteln	48
9.4.5 Konstruktionsregeln für die Ausbildung der Verbundsicherung	51
9.5 Längsschubtragfähigkeit des Betongurtes bei Verbundträgern	53
9.6 Nachweis gegen Ermüdung	56
9.6.1 Allgemeines	56
9.6.2 Ermüdungsfestigkeit	57
9.6.3 Einwirkungen, Schnittgrößen und Spannungen	57
9.6.4 Nachweisverfahren	58
9.7 Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile	60
9.7.1 Allgemeines	60

9.7.2	Allgemeines Bemessungsverfahren	62
9.7.3	Vereinfachtes Nachweisverfahren.....	63
9.7.4	Verbundsicherung und Krafteinleitung.....	69
9.7.5	Bauliche Durchbildung	73
10	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit	74
10.1	Allgemeines	74
10.2	Schnittgrößen und Spannungen.....	74
10.3	Spannungsbegrenzungen	75
10.4	Begrenzung der Rissbreite und Nachweis der Dekompression	76
10.4.1	Allgemeines	76
10.4.2	Mindestbewehrung.....	76
10.4.3	Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung	77
10.4.4	Nachweis mit direkter Berechnung der Rissbreite	78
10.5	Begrenzung von Verformungen.....	79
10.6	Schwingungsverhalten	79
11	Verbunddecken.....	80
11.1	Grundlagen und Definitionen.....	80
11.2	Konstruktionsgrundsätze	81
11.3	Erforderliche Nachweise für das Profilblech im Bauzustand.....	82
11.4	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit für den Endzustand	83
11.4.1	Allgemeines	83
11.4.2	Ermittlung der Schnittgrößen	83
11.4.3	Querschnittstragfähigkeit.....	85
11.4.4	Nachweis der Längsschubtragfähigkeit	88
11.5	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit im Endzustand.....	91
11.5.1	Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen	91
11.5.2	Begrenzung der Rissbreite.....	91
11.5.3	Begrenzung der Verformungen	92
Anhang A (normativ) Kopfbolzendübel, die randnah angeordnet werden und Spaltzugkräfte in Gurtdickenrichtung erzeugen		93
A.1	Tragfähigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit	93
A.2	Konstruktionsregeln	93
A.3	Spaltzugkräfte	94
A.4	Gleichzeitige Beanspruchung durch vertikale Kräfte und Längsschubkräfte.....	95
A.5	Ermüdungsfestigkeit.....	95

Bilder

Bild 1	— Wirksamer Stegquerschnitt	28
Bild 2	— Typische Querschnitte von Verbundträgern.....	30
Bild 3	— Äquivalente Stützweiten zur Ermittlung der mittragenden Gurtbreite	32
Bild 4	— Beispiele für vollplastische Spannungsverteilungen bei vollständiger Verdübelung und Abminderungsfaktor β	34
Bild 5	— Beispiele für plastische Spannungsverteilungen bei teilweiser Verdübelung.....	35
Bild 6	— Zusammenhang zwischen M_{Rd} und N_c bei teilweiser Verdübelung und Verwendung von duktilen Verbundmitteln.....	36
Bild 7	— Typische Querschnittsausbildung bei kammerbetonierten Trägern.....	37
Bild 8	— Vollplastische Spannungsverteilung bei gleichzeitiger Querkraftbeanspruchung	38
Bild 9	— Verformungsvermögen von Verbundmitteln	42

Bild 10 — Näherung für den Zusammenhang zwischen M_{Rd} und N_c für Verbundquerschnitte mit druckbeanspruchten Betongurten	46
Bild 11 — Verteilung der Längsschubkräfte in den Einleitungsbereichen von Längskräften.....	47
Bild 12 — Verteilung der Längsschubkräfte an Betongurtenden.....	47
Bild 13 — Spaltzugkräfte bei horizontal angeordneten Dübeln.....	49
Bild 14 — Träger mit parallel zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen.....	49
Bild 15 — Träger mit senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen	50
Bild 16 — Mindestmaße bei Vouten und lichte Abstände zwischen Unterkante Dübelkopf und der unteren Querbewehrung.....	52
Bild 17 — Maßgebende Schnitte beim Nachweis der Längsschubkrafttragfähigkeit	54
Bild 18 — Maßgebende Schnitte für den Nachweis der Längsschubkrafttragfähigkeit bei Betongurten mit Profilblechen.....	55
Bild 19 — Ermüdungsfestigkeitskurve für Kopfbolzendübel in Vollbetonplatten bei Längsschubbeanspruchung	57
Bild 20 — Beispiele für Querschnitte von Verbundstützen — Bezeichnungen	60
Bild 21 — Zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes γ_R	63
Bild 22 — Vollplastische Interaktionskurve für Druck und einachsige Biegung.....	64
Bild 23 — Nachweis bei Druck und Biegung	69
Bild 24 — Direkt und indirekt angeschlossene Betonquerschnittsflächen.....	70
Bild 25 — Zusätzliche Aktivierung von Reibungskräften an den Flanschinnenseiten bei Kopfbolzendübeln	71
Bild 26 — Teilflächenpressung bei ausbetonierten Hohlprofilen.....	72
Bild 27 — Wirksamer Umfang c eines Bewehrungsstabes.....	74
Bild 28 — Verbundwirkung bei Verbunddecken.....	80
Bild 29 — Profilblech- und Deckenabmessungen.....	81
Bild 30 — Mindestauflagertiefen	82
Bild 31 — Verteilung von konzentriert angreifenden Lasten	84
Bild 32 — Vollplastische Momententragfähigkeit bei vollständiger Verdübelung (plastische Nulllinie im Aufbeton).....	85
Bild 33 — Momententragfähigkeit M_{Rd} bei teilweiser Verdübelung.....	86
Bild 34 — Beitrag einer zusätzlichen Längsbewehrung	87
Bild 35 — Vollplastische Spannungsverteilung bei negativer Momentenbeanspruchung.....	87
Bild 36 — Äquivalente einfeldrige Stützweiten zur Bestimmung der Längsschubtragfähigkeit von durchlaufenden Verbunddecken	89
Bild 37 — Momentendeckung bei teilweiser Verdübelung.....	89
Bild 38 — Momentendeckung bei teilweiser Verdübelung und zusätzlicher Endverankerung.....	90
Bild A.1 — Anordnung und geometrische Randbedingungen für randnahe Kopfbolzendübel in horizontaler Lage.....	94

Tabellen

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit	14
Tabelle 2 — Zuordnung der Querschnittsklassen zu den Nachweisverfahren nach DIN 18800-1.....	19
Tabelle 3 — Grenzwerte für die Umlagerung von negativen Biegemomenten an Innenstützen in %.....	25
Tabelle 4 — Zuordnung der Querschnittsklassen zu den Grenzwerten $\text{grenz}(b/t)$ nach DIN 18800-1.....	27
Tabelle 5 — Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ für die Gurte von Querschnitten mit Kammerbeton	29
Tabelle 6 — Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ nicht ausgesteifter Stege ohne Nachweis des Schubbeulens	36
Tabelle 7 — Grenzprofilhöhen h_{\max} für Querschnitte ohne Kammerbeton	40
Tabelle 8 — Obere Grenzwerte $k_{t,\max}$ für den Abminderungsfaktor k_t.....	50
Tabelle 9 — Höchstwerte für Dübelabstände bei Flanschen nach Element (948).....	53
Tabelle 10 — Grenzwerte $\max(d/t)$, $\max(h/t)$ und $\max(b/t_f)$.....	61
Tabelle 11 — Knickspannungslinien für Verbundstützen und geometrische Ersatzimperfectionen (Stich der Vorkrümmung w_o, v_o bezogen auf die Stützenlänge L)	67
Tabelle 12 — Bemessungswert der Verbundtragfähigkeit τ_{Rd}.....	73
Tabelle A.1 — Ermüdungsfestigkeit für horizontal angeordnete Kopfbolzendübel.....	95

Vorwort

Diese Norm wurde im NABau-Fachbereich 08 Stahlbau — Deutscher Ausschuss für Stahlbau e. V. — auf der Grundlage von DIN EN 1994-1-1 (Eurocode 4 Teil 1-1) erarbeitet und stellt somit die Umsetzung der europäischen Normung für Verbundtragwerke in eine nationale Norm dar.

Diese Norm ersetzt DIN V 18800-5:2004-11.

DIN 18800 *Stahlbauten* besteht aus:

- *Teil 1: Bemessung und Konstruktion*
- *Teil 2: Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*
- *Teil 3: Stabilitätsfälle, Plattenbeulen*
- *Teil 4: Stabilitätsfälle, Schalenbeulen*
- *Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion*
- *Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikationen*

Änderungen

Gegenüber DIN V 18800-5:2004-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- b) Stellungnahmen redaktioneller Art zur Vornorm wurden eingearbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 18806-1: 1984-03

DIN V 18800-5: 2004-11

1 Allgemeine Angaben

(101) Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus, die aus Baustahl und Stahl- oder Spannbeton mit Normal- oder Leichtzuschlägen bestehen.

(102) Anforderungen und mitgeltende technische Regeln

Diese Norm behandelt ausschließlich Anforderungen an die Tragsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit von Verbundtragwerken bei Normaltemperatur. DIN 18800-5 ist in Zusammenhang mit den Teilen 1 bis 3 der DIN 18800 sowie der Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 und den Teilen 1, 2 und 4 der DIN 1045 zu verwenden. Hinsichtlich der Bauausführung gelten DIN 18800-7 und DIN 1045-3. Soweit in dieser Norm nichts anderes festgelegt ist, sind die vorgenannten mitgeltenden technischen Regeln zu beachten.

6

(103) Brandschutztechnische Bemessung

Hinsichtlich der brandschutztechnischen Bemessung von Verbundtragwerken wird auf DIN V ENV 1994-1-2 und die DIBt-Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2 in Verbindung mit DIN 18800-5 verwiesen.

(104) Bauprodukte

Zusätzlich zu den in dieser Norm für Verbundbauteile geregelten Bauprodukten können auch andere Bauprodukte verwendet werden, wenn ihre Verwendung in eingeführten technischen Baubestimmungen, allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen, europäischen technischen Zulassungen oder durch Zustimmung im Einzelfall geregelt ist. Dies gilt insbesondere für Verbundmittel, die von Element (704) abweichen sowie für Profilbleche nach Abschnitt 11.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1045-1:2001-07, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 1045-1, *Berichtigung 2, Berichtigungen zu DIN 1045-1:2005-06*

DIN 1045-2 *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 1045-3, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 3: Bauausführung*

DIN 1045-4, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 4: Ergänzende Regelungen für die Herstellung und Konformität von Fertigteilen*

DIN 1055-7, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 7: Temperatureinwirkungen*

DIN 1055-8, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 8: Einwirkungen während der Bauausführung*

DIN 1055-100:2001-03, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln*

DIN 18800-1:1990-11, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion*

DIN 18800-1/A1:1996-02, *Stahlbauten — Teil 1: Bemessung und Konstruktion, Änderung A1*

DIN 18800-2:1990-11, *Stahlbauten — Teil 2: Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken*

DIN 18800-3:1990-11, *Stahlbauten — Teil 3: Stabilitätsfälle, Plattenbeulen*

DIN 18800-7:2002-09, *Stahlbauten — Ausführung und Herstellerqualifikationen*

DIN 18807-1, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Teil 1: Allgemeine Anforderungen, Ermittlung der Tragfähigkeitswerte durch Berechnung*

DIN 18807-2, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Teil 2: Durchführung und Auswertung von Tragfähigkeitsversuchen*

DIN 18807-3, *Trapezprofile im Hochbau — Stahltrapezprofile — Teil 3: Festigkeitsnachweis und konstruktive Ausbildung*

DIN EN ISO 13918, *Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918:1998); Deutsche Fassung EN ISO 13918:1998*

DIN EN ISO 14555, *Lichtbogenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:1998); Deutsche Fassung EN ISO 14555:1998*

DIN V ENV 1994-1-2:1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, Teil 1-2: Allgemeine Regeln, Tragwerksbemessung für den Brandfall; Deutsche Fassung ENV 1994-1-2:1994*

DIN-Fachbericht 103, *Stahlbrücken*, Ausgabe März 2003

Anpassungsrichtlinie Stahlbau — Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 Teile 1 bis 4 — Stahlbauten (Ausgabe 1990-11); Ausgabe 1998-10 mit Anpassungsrichtlinie Stahlbau — Berichtigung (1999) und Änderung und Ergänzung der Anpassungsrichtlinie Stahlbau (2001-12)

DIBt-Richtlinie für die Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2 in Verbindung mit DIN 18800-5 (2006)

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

(301) Allgemeines

Für die Anwendung dieser Norm gelten die in DIN 1045-1:2001-07, 3.1, DIN 18800-1:1990-11, 3.1 und 3.2 sowie die in DIN 1055-100 angegebenen und die folgend aufgeführten Begriffe.

(302) Besondere Begriffe

Für Verbundtragwerke erforderliche Begriffe sind in den nachfolgenden Elementen (303) bis (313) erläutert.

(303) Verbundbauteil

tragendes Bauteil, dessen Elemente aus Beton und warmgewalztem oder kaltverformtem Baustahl bestehen und bei denen Verbundmittel den Schlupf und die Trennung der Einzelelemente Stahl und Beton begrenzen

(304) Verdübelung

Verbindung mit ausreichender Tragfähigkeit und Steifigkeit zur Übertragung der Längsschubkräfte in der Verbundfuge zwischen Beton und Stahl, die es erlaubt, die Teilquerschnitte aus Stahl- und Beton als ein tragendes Bauteil zu bemessen

(305) Verbundwirkung

Tragverhalten, wenn die Verdübelung nach Erhärten des Betons wirksam wird

(306) Verbundträger

überwiegend auf Biegung beanspruchtes Verbundbauteil

(307) Verbundstütze

überwiegend auf Druck oder Druck und Biegung beanspruchtes Verbundbauteil

(308) Verbunddecke

eine Deckenkonstruktion, bei der ein profiliertes Blech zunächst als Schalung dient und im Endzustand mit dem erhärteten Beton einen Verbundquerschnitt bildet. Die Verbundwirkung wird durch die Profilblechgeometrie und/oder zusätzliche mechanische Verbundmittel erzeugt

(309) Tragwerke in Verbundbauweise

Tragwerke, bei denen alle Bauteile als Verbundbauteile ausgebildet sind oder bei denen Verbundbauteile in Kombination mit Stahlbauteilen verwendet werden

(310) Verbundanschluss

Verbindung zwischen Verbundbauteilen oder zwischen Verbund- und Stahlbeton- oder Stahlbauteilen, bei der die Bewehrung bei der Ermittlung der Tragfähigkeit und Steifigkeit des Anschlusses berücksichtigt wird

(311) Tragwerk mit Eigengewichtsverbund

Tragwerk oder Verbundbauteil, bei dem die Einwirkungen aus dem Betongewicht ganz oder teilweise durch eine Unterstützung des Stahltragwerks oder durch andere unabhängige Bauteile bis zu dem Zeitpunkt aufgenommen werden, bei dem der Beton planmäßige Beanspruchungen übertragen kann

(312) Tragwerk ohne Eigengewichtsverbund

Tragwerk oder Verbundbauteil, bei dem die Einwirkungen aus dem Betongewicht vom Stahltragwerk aufgenommen werden

(313) Vorspannung

Verfahren, mit dem im Betonquerschnitt eines Verbundquerschnitts durch Spannglieder oder planmäßig eingeprägte Deformationen planmäßig Druckbeanspruchungen erzeugt werden

3.2 Formelzeichen**(314) Allgemeines**

Es werden die Formelzeichen nach DIN 18800-1:1990-11, 3.3 und DIN 18800-2:1990-11, 1.3, sowie DIN 1045-1:2001-07, 3.2 verwendet. Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten und Querschnittskenngrößen erhalten einen zusätzlichen Index, wenn sie sich auf die einzelnen Baustoffe beziehen. Es wird der Index *a* für Baustahl, *c* für Beton, *s* für Betonstahl und *p* für Spannstahl und *yp* für Profilbleche verwendet. Diese Indizes werden auch für die Bezeichnung der Teilschnittgrößen der einzelnen Querschnittsteile verwendet.

Hinsichtlich der Bezeichnung der Einwirkungen werden die Bezeichnungen nach DIN 1055-100 verwendet. Der in DIN 18000 Teil 1 bis Teil 3 verwendete Index *S* für Einwirkungen und Beanspruchungen wird in dieser Norm in Übereinstimmung mit DIN 1055-100 und DIN 1045-1 durch den Index *E* ersetzt. Formelzeichen, die im Text häufig verwendet werden, sind in den nachfolgenden Elementen erläutert. Weitere Formelzeichen werden in den entsprechenden Elementen erläutert.

(315) Physikalische Größen, Festigkeiten

f_{yk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Baustahls
f_{ypk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze von Profilblechen
f_{sk}	charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{pk}	charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls
f_{ck}	charakteristischer Wert der einaxialen Druckfestigkeit (Zylinderdruckfestigkeit) des Betons
f_{yd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Baustahls
$f_{yp,d}$	Bemessungswert der Streckgrenze von Profilblechen
f_{sd}	Bemessungswert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{pd}	Bemessungswert der Zugfestigkeit des Spannstahls
f_{cd}	Bemessungswert der einaxialen Druckfestigkeit des Betons ($f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c$)
f_{ctm}	Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons

E_a	Elastizitätsmodul des Baustahls
E_s	Elastizitätsmodul des Betonstahls
E_{cm}	mittlerer Elastizitätsmodul des Betons nach DIN 1045-1:2005-06, 9.1.3(2)
$\phi(t, t_0)$	Kriechzahl
n_L	Reduktionszahl für die Fläche und das Trägheitsmoment des Betonquerschnitts zur Berechnung von ideellen, auf den Elastizitätsmodul des Baustahls bezogen Querschnittskenngrößen
α	Abminderungsbeiwert zur Ermittlung des Bemessungswertes f_{cd}

(316) Teilsicherheitsbeiwerte

γ_a	Teilsicherheitsbeiwert für Baustahl
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert für Beton
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert für Beton- und Spannstahl
γ_V	Teilsicherheitsbeiwert für Verbundmittel
γ_{VS}	Teilsicherheitsbeiwert für die Längsschubtragfähigkeit von Verbunddecken

(317) Querschnittskenngrößen

b	Breite von Querschnittsteilen
t	Erzeugnisdicke, Blechdicke
h	Bauteilhöhe
b_{eff}	mittragende Gurtbreite
b_{ei}	Breite eines Teilgurt
d	Nutzhöhe
A_a, I_a	Querschnittsfläche und Flächenmoment zweiten Grades des Baustahlquerschnitts
A_c, I_c	Querschnittsfläche und Flächenmoment zweiten Grades des ungerissenen Betonquerschnitts
A_s, I_s	Querschnittsfläche und Flächenmoment zweiten Grades des Betonstahlquerschnitts
$E_a I_1$	Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts, bei der das Flächenmoment zweiten Grades des mittragenden Querschnitts I_1 unter der Annahme berechnet wird, dass der Betonquerschnitt nicht gerissen ist
$E_a I_2$	Biegesteifigkeit des Verbundquerschnitts, bei der das Flächenmoment zweiten Grades des mittragenden Querschnitts I_2 mit dem Gesamtstahlquerschnitt (Baustahl und Betonstahl) berechnet wird und zugbeanspruchter Beton als gerissen angenommen wird und nicht berücksichtigt wird
$(EI)_w$	wirksame Biegesteifigkeit zur Berücksichtigung der Rissbildung im Kammerbeton
$(EI)_{eff}$	wirksame Biegesteifigkeit von Verbundstützenquerschnitten zur Berechnung der Einflüsse aus Theorie II. Ordnung
$(EI)_{eff,\lambda}$	wirksame Biegesteifigkeit von Verbundstützenquerschnitten zur Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades
ρ_s	Bewehrungsgrad

(318) Widerstandgrößen

R_d	Bemessungswert der Beanspruchbarkeit (allg. Bezeichnung)
R_k	charakteristischer Wert der Beanspruchbarkeit
R_m	Beanspruchbarkeit bei Ansatz der rechnerischen Mittelwerte der Werkstofffestigkeiten
$M_{pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit eines Verbundquerschnittes

10

$M_{pl,Rk}$	charakteristischer Wert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts
M_{Rd}	Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts
$N_{pl,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts
$N_{pl,Rk}$	charakteristischer Wert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts
P_{Rd}	Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit eines Verbundmittels
V_{Rd}	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Verbundquerschnitts
$V_{c,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Betonquerschnittsteiles
$V_{a,Rd}$	Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit des Baustahlquerschnitts
$V_{pl,a,Rd}$	Bemessungswert der vollplastischen Querkrafttragfähigkeit des Baustahlquerschnitts
$v_{L,Rd}$	Bemessungswert der Längsschubkrafttragfähigkeit des Betongurtes bei Verbundträgern
σ_{Rd}	Bemessungswert der Tragspannung
$\tau_{u,Rd}$	Bemessungswert der Verbundfestigkeit bei Verbunddecken

(319) Beanspruchungen

M_{Ed}	Bemessungswert des einwirkenden Biegemomentes
$M_{a,Ed}$	Bemessungswert des auf den Baustahlquerschnitt einwirkenden Biegemomentes
$M_{v,Ed}$	Bemessungswert des auf den Verbundquerschnitt einwirkenden Biegemomentes
N_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
$V_{a,Ed}$	Bemessungswert der auf den Baustahlquerschnitt einwirkenden Querkraft
$V_{c,Ed}$	Bemessungswert der auf den Betonquerschnitt einwirkenden Querkraft
$v_{L,Ed}$	Bemessungswert der einwirkenden Längsschubkraft in der Verbundfuge bzw. im Betongurt

(320) Teilschnittgrößen

M_a	Biegemoment des Baustahlquerschnitts
N_a	Normalkraft des Baustahlquerschnitts
N_s	Normalkraft des Betonstahlquerschnitts
N_c	Normalkraft des Betonquerschnitts
N_{cf}	Normalkraft des Betonquerschnitts bei vollständiger Verdübelung

(321) Systemgrößen

$N_{Ki,d}$	Normalkraft einer Verbundstütze unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie, ermittelt mit der Biegesteifigkeit $(EI)_{eff}$
$N_{Ki,k}$	Normalkraft einer Verbundstütze unter der kleinsten Verzweigungslast nach der Elastizitätstheorie zur Ermittlung des bezogenen Schlankheitsgrades $\bar{\lambda}_k$, ermittelt mit der Biegesteifigkeit $(EI)_{eff,\lambda}$
M_{Ki}	Biegedrillknickmoment nach der Elastizitätstheorie
$\bar{\lambda}_k$	bezogener Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_k = \sqrt{N_{pl,Rk}/N_{Ki,k}}$
$\bar{\lambda}_M$	bezogener Schlankheitsgrad für Biegedrillknicken $\bar{\lambda}_M = \sqrt{M_{pl,Rk}/M_{Ki}}$
$\eta_{Ki,d}$	Verzweigungslastfaktor des Systems $\eta_{Ki,d} = N_{Ki,d}/N_{Ed}$
η	Verdübelungsgrad

3.3 SI-Einheiten

(322) Allgemeines

SI-Einheiten sind in Übereinstimmung mit ISO 1000 zu verwenden. Für die statischen Berechnungen werden folgende Einheiten empfohlen:

- Kräfte und Lasten in kN, kN/m, kN/m²;
- spezifische Masse (Dichte) in kg/m³;
- spezifisches Gewicht (Wichte) in kN/m³;
- Spannungen und Festigkeiten in N/mm² (= MN/m²);
- Momente (Biegemomente) in kNm.

4 Bautechnische Unterlagen

(401) Allgemeines

Es gelten DIN 18800-1:1990-11, Abschnitt 2 sowie DIN 1045-1:2001-07, Abschnitt 4. Ferner sind für Verbundbauteile die Regelungen nach Element (402) zu beachten.

(402) Besonderheiten bei Verbundtragwerken

Wenn bei Verbundtragwerken die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit durch die Montage bzw. durch den Betoniervorgang beeinflusst werden, ist im Allgemeinen eine Montageanweisung erforderlich, die insbesondere Angaben

- zur Reihenfolge und zum Zeitablauf des Betoniervorgangs,
- zum Zeitpunkt für das Montieren bzw. Entfernen von Hilfsunterstützungen,
- zum Zeitpunkt und Einbau von Kontaktstücken bei Trägern, bei denen die Durchlaufwirkung an Trägerstößen mittels Kontaktstücken erst nach dem Betonieren der Betonplatte hergestellt wird,
- zu erforderlichen Überhöhungen bei Trägern und Decken,
- zu dem Zeitpunkt und der Größe von planmäßig eingprägten Deformationen (z. B. Absenken von Durchlaufträgern an Mittelstützen) sowie zu den erforderlichen Kontrollmaßnahmen,
- zur Lage beim Betonieren sowie zur Betonierrichtung bei Verbundstützen und bei Stützen mit ausbetonierten Hohlprofilen zur Entlüftung und Verdichtung des Betons

enthalten muss.

5 Sicherheitskonzept

5.1 Allgemeines

(501) Allgemeines

Es gilt das in DIN 1055-10 festgelegte Sicherheitskonzept. Alternativ darf die Bemessung nach dem in DIN 18800-1:1990-11, Abschnitt 7 angegebenen Sicherheitskonzept erfolgen. Die erforderlichen Nachweise für die Tragsicherheit sind für Verbundträger und Verbundstützen in Abschnitt 9 und für die Gebrauchstauglichkeit in Abschnitt 10 angegeben. Für Verbunddecken gilt Abschnitt 11. In 5.2 bis 5.4 werden weitere bauartspezifische Festlegungen für Verbundtragwerke getroffen.

Der Nachweis der Tragsicherheit nach den Abschnitten 9 und 11 setzt eine ausreichende Dauerhaftigkeit voraus. Diese Voraussetzung ist gegeben, wenn die Anforderungen an die in Abschnitt 6 angegebenen Regelungen und Nachweise eingehalten werden.

(502) Belastungsgeschichte, Montagezustände

Für Verbundtragwerke sind maßgebende Beanspruchungszustände infolge der Belastungsgeschichte sowie maßgebende Lagerungs-, Transport- und Montagezustände beim Nachweis der Tragsicherheit und beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen.

5.2 Bemessungswert des Tragwiderstandes

(503) Charakteristische Werte der Baustoff- und Werkstoffeigenschaften

Es gelten die Regelungen nach Abschnitt 7.

(504) Bemessungswert und charakteristischer Wert des Tragwiderstandes

Der Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d ist bei Anwendung elastischer und plastischer Berechnungsverfahren mit den Bemessungswerten der Werkstofffestigkeiten (Baustahl f_{yd} , Beton f_{cd} , Betonstahl f_{sd} , Spannstahl f_{pd} , Profilbleche $f_{yp,d}$ und Verbundmittel P_{Rd}) nach Gleichung (1) und der charakteristische Wert des Tragwiderstandes nach Gleichung (2) zu ermitteln.

$$R_d = R \left[f_{yd}, f_{cd}, f_{sd}, f_{pd}, f_{yp,d}, P_{Rd}, \tau_{u,Rd} \right] = R \left[\frac{f_{yk}}{\gamma_a}, \frac{\alpha f_{ck}}{\gamma_c}, \frac{f_{sk}}{\gamma_s}, \frac{f_{pk}}{\gamma_s}, \frac{f_{ypk}}{\gamma_a}, \frac{P_{Rk}}{\gamma_V}, \frac{\tau_{u,Rk}}{\gamma_{VS}} \right] \quad (1)$$

$$R_k = R \left[f_{yk}, \alpha f_{ck}, f_{sk}, f_{pk}, f_{ypk}, P_{Rk}, \tau_{u,Rk} \right] \quad (2)$$

Dabei ist

f_{yk} der charakteristische Wert der Streckgrenze des Baustahls nach DIN 18800-1:1990-11, 4.1,

f_{ck} der charakteristische Wert der Zylinderdruckfestigkeit nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1,

α der Abminderungsbeiwert nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6 und Element (979),

f_{sk} der charakteristische Wert der Streckgrenze des Betonstahls nach DIN 1045-1:2001-07, 9.2,

f_{pk} der charakteristische Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls nach DIN 1045-1:2001-07, 9.3,

f_{ypk} der charakteristische Wert der Streckgrenze von Profilblechen bei Verbunddecken,

P_{Rk} der charakteristische Wert der Tragfähigkeit von Verbundmitteln,

$\tau_{u,Rk}$ der charakteristische Wert der Verbundfestigkeit eines Profilbleches.

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_a , γ_c , γ_s , und γ_V für Baustahl, Beton, Beton- und Spannstahl und für Verbundmittel sind in Element (505) angegeben. Für den charakteristischen Wert der Streckgrenze von Profilblechen sowie für die charakteristischen Werte der Längsschubkrafttragfähigkeit und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte γ_{VS} für Verbunddecken gilt Element (104).

(505) Teilsicherheitsbeiwerte

Für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s gelten die Festlegungen nach DIN 1045-1:2001-07, 5.3.3 und für den Teilsicherheitsbeiwert γ_a die Festlegungen nach DIN 18800-1:1990-11, 7.3.1. Die Teilsicherheitsbeiwerte sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Für Betonfestigkeitsklassen ab C55/67 und LC55/60 ist für γ_c DIN 1045-1:2001-07, 5.3.3(9) zu beachten. Der in Tabelle 1 angegebene Teilsicherheitsbeiwert γ_V für Verbundmittel gilt für Kopfbolzendübel nach Element (704). Für andere Verbundmittel gilt Element (104).

Tabelle 1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Bestimmung des Tragwiderstandes im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Bemessungssituation	Baustahl Profilbleche γ_a	Beton γ_c	Betonstahl, Spannstahl γ_s	Verbundmittel γ_V
1	ständige und vorübergehende Bemessungssituation	1,1 ^a	1,5	1,15	1,25
2	außergewöhnliche Bemessungssituation	1,0	1,3	1,0	1,0
3	Nachweis gegen Ermüdung	siehe Anmerkung zu Element (957)	1,5	1,15	1,25

^a Bei Stahlbauteilen (mit Ausnahme von Profilblechen) ohne Stabilitätsgefahr gilt DIN 18800-1/A1:1996-02.

(506) Tragwiderstand und Teilsicherheitsbeiwert γ_R bei Anwendung nichtlinearer Berechnungsverfahren

Bei Anwendung nichtlinearer Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung von geometrischen und physikalischen Nichtlinearitäten (siehe hierzu auch DIN 1045-1:2001-07, 5.2(2)) darf der Bemessungswert des Tragwiderstandes beim Nachweis von Verbundstützen nach 9.7.2 sowie beim Tragsicherheitsnachweis von Verbundträgern nach Element (811) nach Gleichung (3) ermittelt werden.

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R_m \quad \text{mit} \quad R_m = [f_{y,R}, f_{c,R}, f_{s,R}, f_{p,R}, P_{Rm}] \quad (3)$$

Dabei sind $f_{c,R}$, $f_{s,R}$ und $f_{p,R}$ die rechnerischen Mittelwerte der Baustofffestigkeiten nach DIN 1045:2001-07, 8.5.1. Für Beton darf abweichend von DIN 1045-1:2001-07, 8.5.1(4) für Betonfestigkeitsklassen bis C50/60 mit $f_{c,R} = f_{ck}$ angenommen werden, wenn der Teilsicherheitsbeiwert γ_R nach Gleichung (4) ermittelt wird. Für den rechnerischen Mittelwert der Streckgrenze des Baustahls darf $f_{y,R} = f_{yk}$ und für die Tragfähigkeit von Verbundmitteln $P_{Rm} = P_{Rk}$ zugrunde gelegt werden.

Der Teilsicherheitsbeiwert γ_R ist für Verbundtragwerke für den maßgebenden kritischen Querschnitt nach Gleichung (4) zu ermitteln.

$$\gamma_R = \frac{R_{pl,m}}{R_{pl,d}} \quad (4)$$

Dabei ist

$R_{pl,d}$ der für den maßgebenden kritischen Schnitt vollplastisch ermittelte Bemessungswert der Querschnittstragfähigkeit nach Gleichung (1),

$R_{pl,m}$ die für den maßgebenden kritischen Schnitt ermittelte vollplastische Querschnittstragfähigkeit unter Ansatz der rechnerischen Mittelwerte der Werkstofffestigkeiten nach Gleichung (3).

5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

(507) Allgemeine Anforderungen an Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

Es gelten DIN 1055-100:2001-03, Abschnitt 9.

(508) Teilsicherheitsbeiwert für sekundäre Beanspruchungen aus Schwinden

Für Zwangsbeanspruchungen aus dem Schwinden (sekundäre Beanspruchungen nach Element (822)) gilt $\gamma_F = 1,0$.

(509) Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter Deformationen

Bei Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter und kontrollierter Deformationen (z. B. Absenken von Auflagern bei Durchlaufträgern) ist im Grenzzustand der Tragfähigkeit ein Teilsicherheitsbeiwert γ_P zu berücksichtigen, der ungünstige und günstige Auswirkungen berücksichtigt. Bei günstiger Auswirkung ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_P = 1,0$ und bei ungünstiger Auswirkung der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_P = 1,1$ zu berücksichtigen.

5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(510) Allgemeine Anforderungen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

Es gelten DIN 1055-100:2001-03, Abschnitt 10 sowie DIN 1045:2001-07, 5.4.

6 Dauerhaftigkeit

(601) Erforderliche Nachweise

Der Nachweis ausreichender Dauerhaftigkeit gilt als erbracht, wenn die in den nachfolgenden Elementen angegebenen Anforderungen erfüllt werden und die Anforderungen an die Begrenzung der Spannungen nach 10.3 sowie in Abhängigkeit von den Expositionsklassen nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 19, Zeilen 2 und 3 die in 10.4 angegebenen Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreite und an den Nachweis der Dekompression erfüllt werden.

(602) Stahlbeton- und Spannbetonteile

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, Abschnitt 6.

(603) Baustahlteile

Es gilt DIN 18800-1:1990-11, 7.7. Für die Spaltbereiche im Übergang Stahl/Beton (Verbundfuge) ist DIN 18800-7:2002:09, Element (1009) zu beachten.

(604) Verbundmittel

Eine ausreichende Dauerhaftigkeit ist gegeben, wenn die Bemessung nach 9.4 erfolgt und insbesondere die in 9.4.5 angegebenen Anforderungen an die konstruktive Ausbildung der Verdübelung erfüllt werden.

(605) Verbunddecken

Eine ausreichende Dauerhaftigkeit ist gegeben, wenn die in Abschnitt 11 und gegebenenfalls die in bauaufsichtlichen Zulassungen angegebenen ergänzenden Anforderungen erfüllt werden.

7 Werkstoffe

(701) Baustahl, hochfeste Zugglieder und Verbindungsmittel

Es gelten die Regelungen nach DIN 18800-1:1990-11, Abschnitt 4 sowie die Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800.

(702) Beton

Sofern in dieser Norm keine anderen Festlegungen getroffen werden, gelten für die Materialeigenschaften von Normal- und Leichtbetonen die Regelungen nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1. Betonfestigkeitsklassen kleiner als C20/25 bzw. LC20/22 und höher als C60/75 bzw. LC60/66 liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

(703) Beton- und Spannstahl

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 9.2 und 9.3.

(704) Verbundmittel

Für Kopfbolzendübel gilt DIN EN ISO 13918. Bei Verwendung anderer Verbundmittel gilt Element (104).

(705) Profilbleche für Verbunddecken

Die mechanischen und geometrischen Kennwerte sowie die Verbundeigenschaften sind nicht Gegenstand dieser Norm. Es gilt Element (104).

8 Tragwerksberechnung

8.1 Allgemeines

(801) Grundlegende Annahmen

Das statische Modell und die grundlegenden Annahmen müssen das Verhalten von Querschnitten, Bauteilen, Verbindungen und Lagern ausreichend genau abbilden. Der Abschnitt 8 gilt für Tragwerke, bei denen die überwiegende Anzahl der Einzelbauteile entweder Verbund- oder Stahlbauteile sind. Wenn das Tragverhalten im Wesentlichen dem eines Stahlbeton- oder Spannbetontragwerks entspricht und nur wenige Einzelelemente als Verbundbauteile ausgebildet sind, sind die Schnittgrößen in der Regel nach DIN 1045-1:2001-07, Abschnitt 7 zu ermitteln. Die Schnittgrößenermittlung für Verbunddecken ist in Abschnitt 11 geregelt.

(802) Berechnungsmodelle für Anschlüsse

Im Allgemeinen dürfen die Einflüsse aus dem Last-Verformungsverhalten der Anschlüsse auf die Schnittgrößen und das Verformungsverhalten des Tragwerks vernachlässigt werden. Wenn sie, wie z. B. bei ver-

formbaren Anschlüssen, einen maßgebenden Einfluss haben, müssen sie in der Regel bei der Schnittgrößenermittlung berücksichtigt werden.

Bei Fachwerkkonstruktionen mit Druckgliedern in Verbundbauweise nach 9.7 kann im Allgemeinen keine ausreichende Rotationsfähigkeit unterstellt werden, die die Annahme von Gelenken in den Knoten rechtfertigt.

(803) Boden-Bauwerks-Interaktion

Falls erforderlich, sind Einflüsse aus dem Verformungsverhalten der Gründung zu berücksichtigen.

8.2 Einflüsse aus Tragwerksverformungen und Imperfektionen

(804) Grundsätze

Es gilt DIN 18800-1:1990-11, Element (728). Die Berechnung darf nach Theorie I. Ordnung erfolgen, wenn die Bedingung (5) eingehalten ist.

$$\eta_{K_{i,d}} \geq 10 \quad (5)$$

Dabei ist $\eta_{K_{i,d}}$ der Verzweigungslastfaktor nach DIN 18800-2:1990-11, Element (110). Bei der Bestimmung des Verzweigungslastfaktors und der Verzweigungslast $N_{K_{i,d}}$ müssen die Steifigkeitsansätze für das Tragwerk die Einflüsse aus der Rissbildung und aus dem Kriechen des Betons sowie aus dem Verformungsverhalten der Anschlüsse berücksichtigen. Bei Verbundstützen und Druckgliedern in Verbundbauweise ist für die Ermittlung des Verzweigungslastfaktors die Biegesteifigkeit $(EI)_{\text{eff}}$ nach Element (831) zu berücksichtigen.

(805) Imperfektionen

Der Einfluss von geometrischen und strukturellen Imperfektionen ist nach DIN 18800-2:1990-11, Element (114) zu berücksichtigen. Zur Erfassung beider Imperfektionen dürfen geometrische Ersatzimperfektionen in Übereinstimmung mit der DIN 18800-2:1990-11, Abschnitt 2 angenommen werden.

Bei Verbundstützen sind als maximaler Stich der Vorkrümmung abweichend von DIN 18800-2:1990-11, 2.2 die Werte nach Tabelle 11 zu verwenden. Bei seitlich verschieblichen Rahmentragwerken ist zusätzlich Element (834) zu beachten.

Für den gleichzeitigen Ansatz von Vorkrümmung und Vorverdrehung gilt DIN 18800-2:1990-11, 2.4. Die Stabkennzahl ε ist mit dem Bemessungswert der wirksamen Biegesteifigkeit $(EI)_{\text{eff}}$ nach Element (831) zu berechnen.

(806) Biegedrillknicken

Wenn bei der globalen Tragwerksberechnung der Einfluss des Biegedrillknickens vernachlässigt wird, darf für biegedrillknickgefährdete Verbundträger der Nachweis nach 9.3 geführt werden.

(807) Schnittgrößenermittlung für ebene Rahmentragwerke

Ebene seitlich verschiebliche Stockwerkrahmen dürfen nach Theorie I. Ordnung berechnet werden, wenn die Bedingung (5) für jedes Stockwerk erfüllt ist. Alternativ darf der Nachweis für diese Tragwerke auch nach DIN 18800-2:1990-11, Element (516) erfolgen, wenn der Normkrafteinfluss in den Riegeln vernachlässigt werden darf und die Einflüsse nach 8.3.3 berücksichtigt werden.

(808) Definition der Unverschieblichkeit bei Rahmentragwerken

Es gelten die Regelungen der DIN 18800-2:1990-11, 5.2.2. Für die Berechnung der Aussteifungselemente gilt DIN 18800-2:1990-11, 5.2.3.

(809) Vernachlässigbarkeit von Normalkraftverformungen bei Rahmentragwerken

Es gilt DIN 18800-2:1990-11, 5.2.1. Bei Rahmen mit Verbundstützen dürfen bei der Berechnung der Biegesteifigkeit nach Gleichungen (45) und (46) der DIN 18800-2:1990-11 die nach Zustand I ermittelten ideellen Querschnittsflächen unter Berücksichtigung der Reduktionszahlen nach Element (822) verwendet werden.

8.3 Schnittgrößenermittlung

8.3.1 Allgemeines

(810) Grundsätze

Die Schnittgrößen dürfen nach der Elastizitäts- oder Fließzonentheorie berechnet werden. Eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie in Übereinstimmung mit DIN 18800-1:1990-11, 7.5.4 ist nur zulässig, wenn die in 8.3.5 genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

Für Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit sind die Schnittgrößen in der Regel mit elastischen Berechnungsverfahren nach 8.3.3 zu ermitteln. Dies gilt auch für den Nachweis gegen Ermüdung.

(811) Nichtlineare Berechnungsverfahren

Nichtlineare Tragwerksberechnungen unter Berücksichtigung von geometrischen und physikalischen Nichtlinearitäten dürfen in Übereinstimmung mit DIN 1045-1:2001-07, 8.5 und 9.1.5 für Verbundträger mit Querschnitten der Klassen 1 und 2 sowie für Verbundstützen (siehe 9.7.2) angewendet werden. Dabei sind im Allgemeinen das Verformungsverhalten der Verdübelung, die Rissbildung im Beton sowie die Einflüsse aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen, das Langzeitverhalten des Betons und die Belastungsgeschichte zu berücksichtigen. Hinsichtlich des Sicherheitskonzeptes wird auf Element (506) verwiesen. Angaben zur Berücksichtigung des Verformungsverhaltens von Verbundmitteln enthält Element (924).

(812) Querschnittsklassifizierung und Schnittgrößenermittlung

Die Methode der Schnittgrößenermittlung ist von der Rotationskapazität der Querschnitte abhängig. Das Rotationsvermögen der Querschnitte wird durch die in 8.4 angegebene Querschnittsklassifizierung beurteilt. Die Zuordnung der Querschnittsklassen zu den Nachweisverfahren nach DIN 18800-1:1990-11, 7.4 sowie die bei der Schnittgrößenermittlung und der Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit zu berücksichtigenden Einflüsse sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

(813) Verhalten von Verbindungen

Es gilt DIN 18800-1:1990-11, Element (733) und Element (737).

(814) Verformungsverhalten von Verbundmitteln

Einflüsse aus dem Verformungsverhalten (Schlupf, Abheben) der Verbundfuge dürfen bei der Ermittlung der Schnittgrößen nach 8.3.3, 8.3.4 und 8.3.5 vernachlässigt werden, wenn die Verdübelung nach 9.4 ausgeführt wird.

Tabelle 2 — Zuordnung der Querschnittsklassen zu den Nachweisverfahren nach DIN 18800-1

Spalte	1	2	3	4	5			
Zeile	Nachweisverfahren nach DIN 18800-1	Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden und der Belastungsgeschichte	Schnittgrößen E_d	Beanspruchbarkeit R_d	Querschnittsklasse			
					1	2	3	4
1	E/E	ja ^d	E-Theorie	elastisch mit Spannungsbegrenzung	ja	ja	ja	ja ^a
2	E/P	ja ^d	E-Theorie mit Momentenumlagerung	plastisch mit Dehnungsbegrenzung	ja	ja	ja ^b	—
3	E/P	nein	E-Theorie mit Momentenumlagerung	vollplastisch	ja	ja	—	—
4	P/P	nein	Fließgelenktheorie ^c	vollplastisch	ja	—	—	—

^a Grenzspannungen im Stahlträger sind nach Element (915) zu ermitteln.
^b Dehnungen im Stahlträger und im Beton sind nach Element (913) zu begrenzen.
^c Alternativ elastische Schnittgrößenermittlung mit Momentenumlagerung nach 8.3.4.
^d Darf bei Trägern mit Querschnitten der Klassen 1 und 2 ohne Biegedrillknickgefahr vernachlässigt werden.

8.3.2 Mittragende Gurtbreite

(815) Allgemeines

Der Einfluss aus der Schubweichheit breiter Gurte ist entweder durch eine genauere Berechnung oder durch eine mittragende Gurtbreite zu berücksichtigen. Für Betongurte darf die mittragende Gurtbreite nach Element (816) ermittelt werden.

(816) Mittragende Gurtbreite für die Schnittgrößenermittlung

Es darf eine konstante mittragende Gurtbreite über die gesamte Stützweite angenommen werden. Hierbei ist im Allgemeinen der Wert der mittragenden Breite $b_{\text{eff},1}$ in Feldmitte und für Kragarme der Wert $b_{\text{eff},2}$ am Auflager nach 9.1.2 anzunehmen.

8.3.3 Elastische Tragwerksberechnung

8.3.3.1 Allgemeines

(817) Grundsätze

Bei der Berechnung sind im Allgemeinen die Einflüsse aus der Rissbildung im Beton, aus dem Kriechen und Schwinden des Betons, aus der Belastungsgeschichte sowie aus Vorspannmaßnahmen zu berücksichtigen.

(818) Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter Deformationen

Bei Vorspannung mittels planmäßig, kontrolliert eingepprägter Deformationen (z. B. Absenken von Auflagern bei Durchlaufträgern) sind die Einflüsse aus möglichen Abweichungen von den Nennwerten der eingepprägten Deformationen und Abweichungen der Steifigkeiten bei den Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zu beachten. Die Beanspruchungen aus planmäßig eingepprägten und kontrollierten Deformationen dürfen mit dem mittleren Elastizitätsmodul E_{cm} nach DIN 1045-1:2005-06, 9.1.3 und der mittleren Kriechzahl nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.4 sowie den Nennwerten der Bauteilabmessungen ermittelt werden, wenn die in Element (509) angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte berücksichtigt werden.

(819) Spanngliedvorspannung

Die Schnittgrößen aus Spanngliedvorspannung sind in Übereinstimmung mit DIN 1045-1:2991-07, 8.7 unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons und der Rissbildung im Beton zu bestimmen.

(820) Temperatureinwirkungen

Wenn klimatische Temperatureinwirkungen nach DIN 1055-7 zu berücksichtigen sind, dürfen die daraus resultierenden Beanspruchungen bei der Tragwerksberechnung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ausgenommen Ermüdung) im Allgemeinen vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen und wenn keine Biegedrillknickgefahr besteht. Für Verbundtragwerke dürfen für Betonstahl abweichend von DIN 1045-1 die Rechenwerte des Temperaturexpansionskoeffizienten und des Elastizitätsmoduls für Baustahl verwendet werden.

8.3.3.2 Kriechen und Schwinden**(821) Grundsätze**

Die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden müssen mit ausreichender Genauigkeit berücksichtigt werden. Für die Ermittlung der Kriechzahlen und Schwindmaße gilt DIN 1045-1:2001-07, 9.1.4. Die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden dürfen bei typischen Trägerquerschnitten nach Bild 2 mit dem in Element (822) angegebenen Näherungsverfahren ermittelt werden. Für Doppelverbundquerschnitte, bei denen beide Betongurte ungerissen sind (z. B. bei Vorspannung), sowie für vollständig einbetonierte Querschnitte sind die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden in der Regel mit genaueren Berechnungsverfahren zu ermitteln. Für Verbundstützen gelten die Regelungen nach Element (831).

(822) Näherungsverfahren zur Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden des Betons

Für typische Trägerquerschnitte nach Bild 2 dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen des Betons durch ideale, auf den Elastizitätsmodul des Baustahls bezogene Werte für die Querschnittsfläche und das Flächenmoment zweiten Grades des Betongurtes berücksichtigt werden. Die von der Art der Beanspruchung (Index L) abhängigen Reduktionszahlen n_L dürfen nach Gleichung (6) berechnet werden.

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \varphi_t) \quad (6)$$

Dabei ist

$n_0 = E_a/E_{cm}$ die Reduktionszahl für kurzzeitige Beanspruchungen bzw. für den Zeitpunkt t_0 ,

E_{cm} der mittlere Elastizitätsmodul des Betons nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 9 oder Tabelle 10,

φ_t die Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.4 in Abhängigkeit vom betrachteten Betonalter (t) und vom Alter (t_0) bei Belastungsbeginn,

ψ_L ein von der Beanspruchungsart abhängiger Beiwert, der für ständige Beanspruchungen mit $\psi_p = 1,10$, für primäre und sekundäre Beanspruchungen aus dem Schwinden (ψ_S) sowie für zeitabhängige sekundäre Beanspruchungen aus dem Kriechen (ψ_{PT}) mit $\psi_S = \psi_{PT} = 0,55$ und für Beanspruchungen aus Vorspannung mittels planmäßig eingepprägter Deformationen mit $\psi_D = 1,50$ angenommen werden darf.

ANMERKUNG Aus dem Schwinden des Betons resultieren bei Verbundtragwerken Eigenspannungen im Querschnitt sowie Krümmungen und Längsdehnungen in Bauteilen. Diese Eigenspannungen, die in statisch bestimmten Tragwerken und bei Vernachlässigung der Verträglichkeitsbedingungen auch in statisch unbestimmten Tragwerken auftreten, werden als primäre Beanspruchungen bezeichnet. Die primären Beanspruchungen rufen in statisch unbestimmten Tragwerken aufgrund der Verträglichkeitsbedingungen zusätzliche Zwangsbeanspruchungen hervor. Diese werden als sekundäre Beanspruchungen bezeichnet.

(823) Festlegung des Belastungsalters

Der Einfluss des Betonalters ist bei der Ermittlung der Kriechzahl und des Schwindmaßes mit ausreichender Genauigkeit zu berücksichtigen. Für Verbundtragwerke des Hoch- und Ingenieurbaus, bei denen der Betongurt abschnittsweise hergestellt wird, darf für die ständigen Einwirkungen aus dem Betongewicht ein mittleres Alter für den Belastungsbeginn für die Bestimmung der Kriechzahl angenommen werden.

Diese Annahme darf auch für Beanspruchungen aus Vorspannmaßnahmen mittels planmäßig eingepprägter Deformationen getroffen werden, wenn der Beton in den maßgebenden Feldern zum Zeitpunkt der Vorspannmaßnahme älter als 14 Tage ist.

Beim Schwinden ist das Alter bei Belastungsbeginn in der Regel mit einem Tag anzunehmen. Wenn Fertigteile verwendet werden oder wenn eine Vorspannung des Betons vor Herstellung des Verbundes erfolgt, ist in der Regel für die Ermittlung der Kriechzahl und des Schwindmaßes als Alter bei Belastungsbeginn das Alter anzunehmen, bei dem die Verbundwirkung wirksam wird.

(824) Einfluss der Rissbildung auf die sekundären Beanspruchungen aus Schwinden

In Trägerbereichen, in denen der Betongurt als gerissen angenommen wird, dürfen bei der Ermittlung der sekundären Beanspruchungen aus dem Schwinden die Auswirkungen aus den primären Beanspruchungen infolge Schwinden vernachlässigt werden.

(825) Vernachlässigung der sekundären Beanspruchungen aus Schwinden

Die Einflüsse aus primären und sekundären Beanspruchungen infolge des Schwindens und Kriechens des Betongurtes sind im Allgemeinen zu berücksichtigen. Sie dürfen bei der Schnittgrößenermittlung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung für Verbundtragwerke vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 oder 2 erfüllen und keine Biegedrillknickgefahr besteht.

(826) Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons bei Verbundstützen

Bei Verbundstützen und druckbeanspruchten Verbundbauteilen nach 9.7 dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen nach Element (831) berücksichtigt werden.

8.3.3.3 Einflüsse aus der Rissbildung des Betons

(827) Grundsätze

Die Einflüsse aus der Rissbildung des Betons und aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen sind bei der Berechnung ausreichend genau zu berücksichtigen.

Wenn im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit keine besonderen Anforderungen an die Verformungen gestellt werden, dürfen die Schnittgrößen auch vereinfachend ohne Berücksichtigung der Rissbildung ermittelt werden. Hinsichtlich der Umlagerung der Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt 8.3.4. Bei

Durchlaufträgern und Riegeln in seitlich unverschieblichen Rahmentragwerken darf das in Element (828) angegebene Näherungsverfahren verwendet werden. Andernfalls sind die Schnittgrößen nach dem in Element (829) angegebenen allgemeinen Verfahren zu ermitteln.

Bei Verbundstützen ist der Einfluss der Rissbildung nach Element (831) zu berücksichtigen.

(828) Näherungsverfahren zur Berücksichtigung der Rissbildung bei Trägern

Dieses Verfahren darf für durchlaufende Verbundträger ohne Vorspannmaßnahmen sowie für Riegel in seitlich unverschieblichen Rahmentragwerken mit Querschnitten nach Bild 2 angewendet werden. Wenn das Verhältnis der an eine Innenstütze angrenzenden Stützweiten (l_{\min}/l_{\max}) nicht kleiner als 0,6 ist, darf der Einfluss der Rissbildung durch Ansatz der Biegesteifigkeit $E_a I_2$ über 15 % der Stützweite der an die betrachtete Innenstütze angrenzenden Felder und Ansatz der Steifigkeit $E_a I_1$ in den restlichen Bereichen erfasst werden.

(829) Allgemeines Verfahren zur Berücksichtigung der Rissbildung bei Trägern

Bei Tragwerken, bei denen die Rissbildung einen großen Einfluss auf die Schnittgrößenverteilung hat (z. B. Rissbildung in den Riegeln von seitlich verschieblichen Rahmentragwerken), ist zur Festlegung der Steifigkeitsverteilung eine zweimalige Berechnung der Schnittgrößen erforderlich. Zunächst sind für die charakteristische Kombination der Einwirkungen nach DIN 1055-100:2001-03, 10.4(2) die extremalen Schnittgrößen (Momentengrenzlinie) mit den Biegesteifigkeiten $E_a I_1$ der ungerissenen Querschnitte und unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens des Betons zu ermitteln. Diese Berechnung wird als „Tragwerksberechnung ohne Berücksichtigung der Rissbildung“ bezeichnet.

In Trägerbereichen, in denen infolge der aus der Haupttragwerkswirkung resultierenden extremalen Schnittgrößen die Randzugspannung des Betongurtes für Normalbeton den zweifachen Wert von f_{ctm} nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 9 und für Leichtbeton den zweifachen Wert von f_{lctm} nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 10 überschreitet, ist die Biegesteifigkeit auf den Wert $E_a I_2$ nach Element (317) abzumindern. Die hieraus resultierende Steifigkeitsverteilung darf für die Schnittgrößenermittlung in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit zugrunde gelegt werden.

(830) Kammerbetonierte Trägerquerschnitte

Bei Trägern mit kammerbetonierten Querschnitten darf der Einfluss der Rissbildung durch die wirksame Biegesteifigkeit $(EI)_w = 0,5 (E_a I_1 + E_a I_2)$ berücksichtigt werden. Zur Ermittlung der als gerissen anzunehmenden Teile des Kammerbetonquerschnitts darf die vollplastische Spannungsverteilung des Querschnitts nach 9.2.2 zugrunde gelegt werden.

(831) Einfluss der Rissbildung und wirksame Biegesteifigkeit bei Verbundstützen

Für Verbundstützen und Druckglieder in Verbundbauweise nach 9.7 ist die wirksame Biegesteifigkeit $(EI)_{\text{eff}}$ mit Gleichung (7) zu ermitteln.

$$(EI)_{\text{eff}} = 0,9 (E_a I_a + E_s I_s + 0,5 E_{c,\text{eff}} I_c) \quad (7)$$

Dabei ist

$E_a I_a$ die Biegesteifigkeit des Baustahlquerschnittes,

$E_s I_s$ die Biegesteifigkeit der Bewehrung,

$E_{c,\text{eff}} I_c$ die Biegesteifigkeit des Betonquerschnitts. Das Flächenmoment 2. Ordnung I_c ist dabei für den ungerissenen Betonquerschnitt zu berechnen.

Der Einfluss aus dem Langzeitverhalten des Betons ist durch Abminderung des mittleren Elastizitätsmoduls E_{cm} auf den effektiven Wert $E_{c,\text{eff}}$ nach Gleichung (8) zu berücksichtigen.

$$E_{c,\text{eff}} = E_{\text{cm}} \frac{1}{1 + (N_{\text{G,Ed}} / N_{\text{Ed}}) \varphi_t} \quad (8)$$

Dabei ist

- E_{cm} mittlerer Elastizitätsmodul des Betons nach DIN 1045:2001-07, Tabelle 9 oder 10,
- φ_t die Kriechzahl $\varphi(t, t_0)$ nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.4 in Abhängigkeit vom betrachteten Betonalter (t) und dem Alter (t_0) bei Belastungsbeginn,
- N_{Ed} der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft,
- $N_{\text{G,Ed}}$ der ständig wirkende Anteil der einwirkenden Normalkraft.

Wenn keine genauere Ermittlung der Kriechzahl durchgeführt wird, darf bei betongefüllten Hohlprofilen die Kriechzahl mit 25 % desjenigen Wertes angenommen werden, der sich nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.4 ohne Berücksichtigung der Austrocknungsbehinderung durch das Hohlprofil ergibt.

8.3.3.4 Belastungsgeschichte

(832) Grundsätze

Bei der Tragwerksberechnung müssen die Einflüsse aus der Belastungsgeschichte ausreichend genau berücksichtigt werden. Hierzu zählen Einflüsse aus einer abschnittswisen Herstellung des Tragwerks, aus Systemwechseln und aus Einwirkungen, die teilweise auf das Stahl- oder Verbundtragwerk wirken (Herstellung mit oder ohne Eigengewichtsverbund).

(833) Vernachlässigung des Einflusses der Belastungsgeschichte

Bei Verbundträgern darf bei der Tragwerksberechnung für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung der Einfluss der Belastungsgeschichte vernachlässigt werden, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen und wenn ein Nachweis gegen Biegedrillknicken nicht erforderlich ist. Siehe hierzu Elemente (916) und (918).

(834) Seitlich verschiebliche Rahmentragwerke in Verbundbauweise

Der Einfluss von Systemwechseln im Bauzustand, die zu Steifigkeitsänderungen führen (z. B. wenn die Riegel im Bauzustand noch keine Verbundquerschnitte sind), ist bei der Schnittgrößenermittlung zu berücksichtigen. Wenn bei seitlich verschieblichen Rahmentragwerken die Schnittgrößen nach Theorie II. Ordnung ermittelt werden müssen, darf der Einfluss der Belastungsgeschichte bezüglich der Imperfektionen vernachlässigt werden, wenn im Endzustand die Vorverdrehungen nach DIN 18800-2:1990-11, 2.3 mit dem Faktor α nach Gleichung (9) vergrößert werden.

$$\alpha = \frac{1 - \frac{1}{\eta_{\text{Ki,E}}} \frac{N_{\text{B,Ed}}}{N_{\text{Ed}}}}{1 - \frac{1}{\eta_{\text{Ki,B}}}} \quad (9)$$

Dabei ist

- $N_{\text{B,Ed}}$ die Summe aller im Bauzustand in dem betrachteten Stockwerk übertragenen Bemessungswerte der Vertikallasten,
- N_{Ed} die Summe aller im Endzustand in dem betrachteten Stockwerk übertragenen Bemessungswerte der Vertikallasten,
- $\eta_{\text{Ki,B}}$ der Verzweigungslastfaktor im Bauzustand bezogen auf $N_{\text{B,Ed}}$,
- $\eta_{\text{Ki,E}}$ der Verzweigungslastfaktor im Endzustand bezogen auf N_{Ed} (siehe auch Element (804)).

8.3.4 Elastische Berechnung mit Momentenumlagerung

(835) Allgemeines

Die mit einer elastischen Berechnung nach 8.3.3 ermittelten Schnittgrößen dürfen bei Durchlaufträgern und seitlich unverschieblichen Rahmentragwerken im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Beachtung der Gleichgewichtsbedingungen umgelagert werden. Der Grad der Momentenumlagerung ist dabei von der Querschnittsklassifizierung nach 8.4 abhängig.

(836) Umlagerung der Schnittgrößen bei Tragwerken mit Verbund-, Stahl- und Betonbauteilen

Die aus einer elastischen Tragwerksberechnung nach 8.3.3 resultierenden Schnittgrößen dürfen umgelagert werden

- a) bei Verbundträgern mit vollständiger und teilweiser Verdübelung nach den Elementen (837) bis (839),
- b) bei Stahlbauteilen nach DIN 18800-1:1990-11, Element (754),
- c) bei überwiegend biegebeanspruchten Betonbauteilen nach DIN 1045-1:2001-07, 8.3,
- d) bei kammerbetonierten Verbundträgern ohne Betongurt nach b) oder c), wobei jeweils der kleinere Wert nach b) oder c) für die Schnittgrößenumlagerung maßgebend ist.

(837) Umlagerung der Schnittgrößen bei Verbundträgern — Anwendungsgrenzen

Mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung dürfen die nach 8.3.3 ermittelten Schnittgrößen bei Verbundträgern im Grenzzustand der Tragfähigkeit umgelagert werden, wenn:

- es sich um Durchlaufträger oder Rahmenriegel in seitlich unverschieblichen Tragwerken handelt,
- die Einflüsse aus Theorie II. Ordnung nicht zu berücksichtigen sind,
- die Anschlüsse entweder als biegesteife und volltragfähige oder als gelenkige Anschlüsse ausgebildet werden,
- bei kammerbetonierten Verbundträgern die für die angenommene Schnittgrößenumlagerung erforderliche Rotationskapazität nachgewiesen wird oder an Stützen mit planmäßiger Momentenumlagerung der Beitrag des druckbeanspruchten Kammerbetons und der druckbeanspruchten Bewehrung bei der Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit vernachlässigt wird,
- die Bauhöhe feldweise konstant ist und kein Nachweis gegen Biegedrillknicken erforderlich ist,
- die Träger überwiegend durch Gleichstreckenlasten beansprucht werden.

(838) Grenzwerte für die Momentenumlagerung bei Trägern mit Baustählen S235, S275 und S355

Wenn keine genauere Berechnung mit Nachweis ausreichender Rotationskapazität erfolgt, dürfen bei Trägern mit Baustählen S235, S275 und S355 die nachfolgend angegebenen Momentenumlagerungen berücksichtigt werden:

- Abminderung der extremalen negativen Momente an Innenstützen bis zu den in Tabelle 3 angegebenen Grenzwerten.
- Erhöhung der extremalen negativen Biegemomente an Innenstützen bis zu maximal 10 % bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Annahme ungerissener Querschnitte und bis zu maximal 20 % bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Berücksichtigung der Rissbildung nach Element (828) oder

(829). Eine Erhöhung der Schnittgrößen an Innenstützen ist nur zulässig, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 oder 2 erfüllen.

Die in Tabelle 3 angegebenen Grenzwerte für die Momentenumlagerung beziehen sich bei Querschnitten der Klasse 3 oder 4 auf die auf den Verbundquerschnitt einwirkenden Biegemomente. Für die auf den Stahlquerschnitt einwirkenden Momente ist in der Regel keine Umlagerung der Biegemomente zulässig.

Tabelle 3 — Grenzwerte für die Umlagerung von negativen Biegemomenten an Innenstützen in %

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Querschnittsklasse im negativen Momentenbereich	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4
1	Schnittgrößenermittlung ohne Berücksichtigung der Rissbildung	40	30	20	10
2	Schnittgrößenermittlung mit Berücksichtigung der Rissbildung nach Element (828) oder (829)	25	15	10	0

(839) Grenzwerte für die Momentenumlagerung bei Trägern mit Baustählen S420 und S460

Bei Verbundträgern mit Baustählen S420 und S460 ist eine Abminderung der extremalen negativen Momente an Innenstützen nur zulässig, wenn alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen. Die Momentenumlagerung darf bei einer Berechnung der Schnittgrößen ohne Berücksichtigung der Rissbildung 30 % und bei einer Berechnung der Schnittgrößen unter Berücksichtigung der Rissbildung 15 % nicht überschreiten. Andernfalls ist nachzuweisen, dass die Rotationskapazität größere Momentenumlagerungen zulässt.

8.3.5 Berechnung nach der Fließgelenktheorie

(840) Grundsätze

Die Beanspruchungen dürfen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung in Übereinstimmung mit DIN 18800-1:1990-11, 7.5.4 für Durchlaufträger und Rahmentragwerke in Verbundbauweise nach der Fließgelenktheorie ermittelt werden, wenn:

- alle Bauteile und Verbindungen in Stahl- oder Verbundbauweise ausgeführt werden,
- Einflüsse aus Theorie II. Ordnung nicht zu berücksichtigen sind,
- für Baustahl die Werkstoffanforderungen nach DIN 18800-1 erfüllt sind,
- bei allen Bauteilen, in denen Fließgelenke auftreten und bei denen die Rotationsanforderungen nicht genauer nachgewiesen werden, die wirksamen Querschnitte in Fließgelenken die Bedingungen der Querschnittsklasse 1 nach 8.4 erfüllen,
- in Bezug auf die vertikale Querschnittsachse (z. B. Stegachse bei I-Querschnitten) symmetrische Baustahlquerschnitte vorhanden sind,
- der Stahlquerschnitt und stabilisierende Anschlussbauteile so ausgebildet sind, dass kein Biegedrillknicken auftreten kann,
- an Stellen von Fließgelenken mit Rotationsanforderungen seitliche Abstützungen vorhanden sind,

- Verbindungen bei Erreichen der plastischen Momententragfähigkeit auch unter Berücksichtigung von in Bauteilen und Verbindungen wirkenden Normalkräften eine ausreichende Rotationskapazität aufweisen.

(841) Bedingungen für Durchlaufträger ohne direkten Nachweis der Rotationskapazität

Für Durchlaufträger in Verbundbauweise darf angenommen werden, dass eine ausreichende Rotationskapazität vorhanden ist, wenn:

- a) Baustähle S235, S275 oder S355 verwendet werden,
- b) der Kammerbeton und die im Druckbereich des Kammerbetons angeordnete Bewehrung bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit vernachlässigt werden,
- c) im Bereich von Fließgelenken alle Querschnitte die Bedingungen der Klasse 1 und in allen anderen Bereichen die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 nach 8.4 erfüllen,
- d) für jede Träger-Stützenverbindung nachgewiesen wird, dass eine ausreichende Rotationskapazität vorhanden ist oder dass der Anschluss so ausgebildet wird, dass die Momententragfähigkeit des Anschlusses nicht kleiner als der 1,2fache Wert der vollplastischen Momententragfähigkeit des angeschlossenen Trägerquerschnitts ist,
- e) sich zwei benachbarte Stützweiten bezogen auf die kleinere Stützweite in ihrer Länge um nicht mehr als 50 % unterscheiden,
- f) die Stützweite des Endfeldes nicht größer als 115 % der Stützweite des Nachbarfeldes ist,
- g) in einem Feld, in dem mehr als die Hälfte der Bemessungslast auf einer Länge von 1/5 der Stützweite konzentriert ist, in Fließgelenken mit druckbeanspruchten Betongurten die plastische Druckzonenhöhe z_{pl} nach Element (907) nicht größer als 15 % der Gesamthöhe des Verbundträgers ist (andernfalls ist nachzuweisen, dass sich das betrachtete Fließgelenk im Feldbereich als letztes ausbildet und somit keine Rotationsanforderungen bestehen),
- h) der Druckflansch des Stahlträgers im Bereich von Fließgelenken seitlich gehalten ist. Seitliche Halterungen sind in Längsrichtung in einem Abstand anzuordnen, der die halbe Stahlträgerhöhe nicht überschreiten darf.

(842) Fließgelenktheorie bei seitlich unverschieblichen Rahmentragwerken

Eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie ist nur zulässig, wenn die Riegel die Bedingungen nach Element (841) erfüllen und Verbundstützen mit ausbetonierten Hohlprofilen verwendet werden oder wenn nachgewiesen wird, dass bei anderen Querschnitten in Verbundstützen keine Fließgelenke mit Rotationsanforderungen entstehen. Beim Tragsicherheitsnachweis für die Stützen darf dann eine elastische Einspannung in die Riegel nicht berücksichtigt werden.

8.4 Klassifizierung von Querschnitten

(843) Grundsätze

Die Rotationskapazität der Querschnitte wird durch die nachfolgend beschriebenen Querschnittsklassen 1 bis 4 definiert. Die Einstufung der Querschnitte in die jeweils ungünstigste Klasse hängt von den Abmessungen der druckbeanspruchten Teile des Stahlquerschnitts und bei auf Zug beanspruchten Betongurten von der Duktilität des Betonstahls und vom Bewehrungsgrad ab.

- Klasse 1: Diese Querschnitte können plastische Gelenke mit ausreichendem Rotationsvermögen für eine plastische Berechnung des Systems ausbilden.

- Klasse 2: Querschnitte der Klasse 2 können bei eingeschränktem Rotationsvermögen die vollplastische Querschnittstragfähigkeit entwickeln.
- Klasse 3: Diese Querschnitte können in der ungünstigsten druckbeanspruchten Faser des Stahlquerschnitts bis zur Streckgrenze ausgenutzt werden. Eine Einstufung in Klasse 2 ist möglich, wenn ein wirksamer Stegquerschnitt nach Element (845) zugrunde gelegt wird.
- Klasse 4: Bei diesen Querschnitten wird die Querschnittstragfähigkeit durch örtliches Beulen vor Erreichen der elastischen Momententragfähigkeit begrenzt.

Die maßgebende Querschnittsklasse eines Verbundquerschnitts ergibt sich in der Regel aus der ungünstigsten Klasse der druckbeanspruchten Einzelquerschnittsteile des Baustahlquerschnitts. Bei der Tragwerksberechnung ist für Bauzustände die für den jeweiligen Bauzustand maßgebende Querschnittsklasse des Stahlquerschnitts und im Endzustand (Verbundquerschnitt) die vom Vorzeichen des Biegemomentes abhängige Querschnittsklasse zu beachten.

Tabelle 4 — Zuordnung der Querschnittsklassen zu den Grenzwerten $\text{grenz}(b/t)$ nach DIN 18800-1

Spalte	1	2
Zeile	Querschnitt der	Maßgebende Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ nach DIN 18800-1:1990-11
1	Klasse 1	Tabelle 18
2	Klasse 2	Tabelle 15
3	Klasse 3	Tabellen 12 und 13

(844) Einstufung von Stahlquerschnitten ohne Kammerbeton

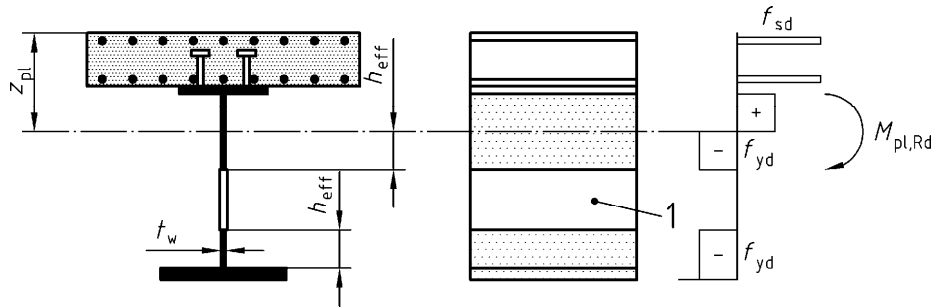
Für die Einstufung in die jeweilige Querschnittsklasse ist nachzuweisen, dass die in Tabelle 4 angegebenen Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ nicht überschritten werden. Flansche, bei denen ein örtliches Beulen durch die Verdübelung mit dem Betongurt verhindert wird, dürfen in die Klasse 1 eingestuft werden, wenn die Bedingungen nach Element (948) eingehalten sind. Querschnittsteile, die nicht die Bedingungen für die Querschnittsklasse 3 erfüllen, sind in die Querschnittsklasse 4 einzustufen.

Für die Klassifizierung der Querschnitte ist mit Ausnahme von Querschnitten der Klassen 3 und 4 von einer vollplastischen Spannungsverteilung auszugehen. Für Querschnitte der Klassen 3 und 4 ist die elastische Spannungsverteilung unter Berücksichtigung der Belastungsgeschichte und der Einflüsse aus Kriechen und Schwinden zu berücksichtigen. Bei der Ermittlung der Spannungsverteilung ist der Steg des Stahlquerschnitts als voll wirksam anzunehmen und die mittragende Gurtbreite nach Element (904) zu berücksichtigen. Die Klassifizierung erfolgt unter Berücksichtigung der Bemessungswerte der Werkstofffestigkeiten, wobei die Zugfestigkeit des Betons nicht in Rechnung gestellt werden darf.

(845) Querschnitte mit Stegen der Klasse 3 und Gurten der Klasse 1 oder 2

Bei Querschnitten mit Stegen der Klasse 3 und Gurten der Klasse 1 oder 2 darf die Momententragfähigkeit bei negativer Momentenbeanspruchung vollplastisch ermittelt werden, wenn bei der Berechnung ein wirksamer Steg nach Bild 1 zugrunde gelegt wird. Als wirksamer Stegquerschnitt darf im Bereich des Untergurtes und der plastischen Nulllinie jeweils die Höhe h_{eff} nach Gleichung (10) und Bild 1 angenommen werden. Zur Lasteinleitung von konzentrierten Einzellasten am Untergurt (Auflager) muss der Steg ausgesteift werden.

$$h_{\text{eff}} = 20 \cdot t_w \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}} \quad \text{mit } f_{yk} \text{ in N/mm}^2 \quad (10)$$



Legende

1 nicht wirksamer Querschnitt

Bild 1 — Wirksamer Stegquerschnitt

(846) Erforderliche Duktilitätsbewehrung bei Querschnitten der Klassen 1 und 2

Ein vorzeitiges Versagen der Bewehrung in zugbeanspruchten Betongurten infolge örtlicher Dehnungskonzentrationen an einzelnen Rissen, hervorgerufen aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen, muss verhindert werden.

Bei Querschnitten der Klassen 1 und 2 und Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit nach 9.2.2 darf bei auf Zug beanspruchten Betongurten nur Betonstahl mit hoher Duktilität nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 11 verwendet werden. Geschweißte Betonstahlmatten dürfen in der Regel bei einer Berechnung nach 8.3.5 nur berücksichtigt werden, wenn eine ausreichende Duktilität zur Verhinderung eines vorzeitigen Versagens nachgewiesen wird. Ferner ist innerhalb der mittragenden Breite eine Mindestbewehrung A_s nach Bedingung (11) anzuordnen.

$$A_s \geq \rho_s A_c \quad (11)$$

Dabei ist

$$\rho_s = \delta \frac{f_{yk}}{240} \frac{f_{ctm}}{f_{sk}} \sqrt{k_c} \quad (12)$$

Dabei ist

A_c Querschnittsfläche des Betongurtes innerhalb der mittragenden Breite,

f_{yk} charakteristischer Wert der Streckgrenze des Baustahls in N/mm^2 ,

f_{sk} charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls in N/mm^2 ,

f_{ctm} Mittelwert der zentrischen Zugfestigkeit des Betons nach DIN 1045-1,

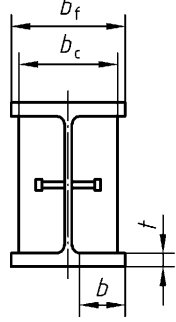
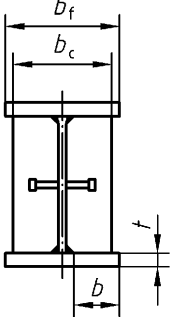
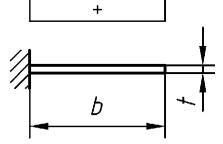
δ Beiwert, der für Querschnitte der Klasse 2 mit $\delta = 1,0$ und für Querschnitte der Klasse 1 bei Rotationsanforderungen in Fließgelenken mit $\delta = 1,1$ anzunehmen ist,

k_c Beiwert nach 10.4.2, Element (1016).

(847) Anrechenbarkeit der Längsbewehrung im Kammerbeton

Bei Querschnitten der Klasse 1 dürfen bei gleichzeitiger Verwendung von Betonstabstahl und Betonstahlmatten bei Querschnitten mit Rotationsanforderungen in Fließgelenken Betonstahlmatten bei der Ermittlung der Momenten Tragfähigkeit nicht angerechnet werden.

Tabelle 5 — Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ für die Gurte von Querschnitten mit Kammerbeton

	Walzprofil	Geschweißtes Profil	Spannungsverteilung (Druckspannungen positiv)
Grenzen für die Breite b_c des Kammerbetons: $0,8 \leq \frac{b_c}{b_f} \leq 1,0$			 $\varepsilon = \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$ mit f_{yk} in N/mm ²
Spalte	1	2	
Zeile	Querschnitt der	Grenzwerte für b/t	
1	Klasse 1	$b/t \leq 9 \varepsilon$	
2	Klasse 2	$b/t \leq 14 \varepsilon$	
3	Klasse 3	$b/t \leq 20 \varepsilon$	

(848) Klassifizierung von kammerbetonierten Verbundquerschnitten

Wenn der günstige Einfluss des Kammerbetons auf das örtliche Beulen von Stegen und Gurten berücksichtigt wird, ist der Kammerbeton zu bewehren und mit dem Steg des Stahlquerschnitts planmäßig zu verdübeln.

Einseitig gestützte Gurte von kammerbetonierten Verbundträgern dürfen nach Tabelle 5 klassifiziert werden. Stege von kammerbetonierten Trägern dürfen in die Klasse 2 eingestuft werden, wenn die Bedingungen nach Tabelle 6 und zusätzlich die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

- Es werden die Anforderungen an das Verhältnis b_c/b_f nach Tabelle 5 eingehalten und der Kammerbeton ist in Längsrichtung mit Betonstabstahl und/oder Matten bewehrt.
- Der Kammerbeton wird entsprechend Bild 7 mit Hilfe von an den Steg angeschweißten Bügeln oder mit Hilfe von durch Stegöffnungen gesteckten Bügeln und/oder durch an den Steg geschweißten Kopfbolzendübeln verankert. Der Durchmesser der Steckbügel darf 6 mm nicht unterschreiten. Es dürfen nur Dübel mit Schaftdurchmessern größer als 10 mm verwendet werden.

In Trägerlängsrichtung darf der Dübelabstand je Stegseite bzw. der Abstand der Steckbügel 400 mm nicht überschreiten. Der Abstand zwischen der Gurtinnenseite und den im Kammerbeton angeordneten Verankerungselementen darf nicht größer als 200 mm sein. Für Träger mit Stahlquerschnitten, bei denen die maximale Querschnittshöhe nicht kleiner als 400 mm ist und bei denen die Dübel bzw. Steckbügel mehrreihig angeordnet werden, ist eine versetzte Anordnung zulässig.

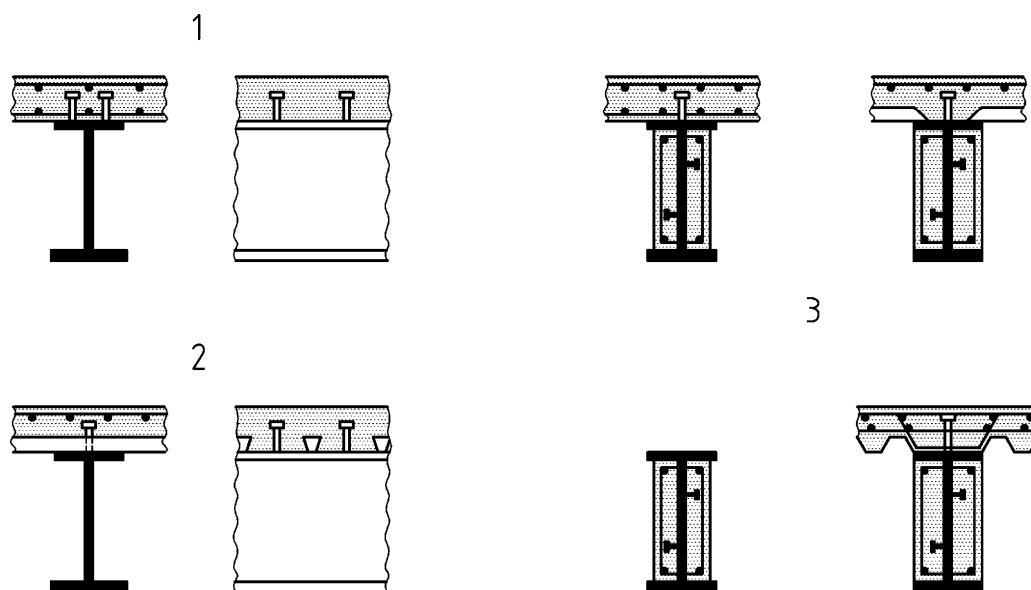
9 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit

9.1 Verbundträger

9.1.1 Allgemeines

(901) Anwendungsbereich

Der Anwendungsbereich dieses Abschnittes umfasst vorwiegend auf Biegung beanspruchte Verbundträger, bei denen Stahlträger und Betongurte durch Verbundmittel schubfest miteinander verbunden werden und der Betongurt den Obergurt bildet. Die Stahlträger können teilweise einbetoniert sein (Querschnitte mit Kammerbeton). Typische Querschnitte sind in Bild 2 dargestellt. Die Betongurte können aus Vollbetonplatten oder aus Profilblechdecken bestehen, die parallel oder senkrecht zur Trägerrichtung verlaufen dürfen.



Legende

- 1 Träger mit Gurten aus Vollbetonplatten und durchgehender Verbundfuge
- 2 Träger mit Profilblechen und unterbrochener Verbundfuge
- 3 Träger mit Kammerbeton

Bild 2 — Typische Querschnitte von Verbundträgern

(902) Erforderliche Nachweise und kritische Schnitte

Für Verbundträger sind folgende Nachweise zu führen:

- Nachweis ausreichender Tragsicherheit für Biegung und Querkraft in kritischen Querschnitten nach 9.2,
- Nachweis gegen den Grenzzustand des Biegedrillknickens nach 9.3,
- Nachweis ausreichender Tragsicherheit gegen Längsschubversagen der Verbundfuge und des Betongurtes im Bereich von kritischen Längen für die Längsschubkrafttragfähigkeit nach 9.4 und 9.5,
- Nachweis gegen Ermüdung nach 9.6.

Kritische Schnitte beim Nachweis ausreichender Tragsicherheit für Biegung und Querkraft sind:

- Stellen extremer Biegemomente,
- Auflagerpunkte,
- Angriffspunkte von konzentrierten vertikalen Einzellasten,
- Stellen mit Querschnittssprüngen, die nicht durch Rissbildung des Betongurtes verursacht werden (ein Querschnittssprung ist in der Regel als kritischer Schnitt zu untersuchen, wenn das Verhältnis von größerer zu kleinerer Momententragfähigkeit größer als 1,2 ist),
- Querschnitte mit Stegöffnungen und Durchbrüchen in Betongurten,
- Einleitungsstellen von konzentrierten Längskräften.

Beim Nachweis der ausreichenden Tragsicherheit für das Längsschubversagen der Verbundfuge und des Betongurtes ergeben sich die maßgebenden kritischen Längen aus dem Abstand benachbarter kritischer Querschnitte. In dieser Hinsicht zählen ferner zu kritischen Schnitten:

- freie Enden von Kragarmen,
- benachbarte Nachweispunkte bei Trägern mit veränderlicher Bauhöhe, die so zu wählen sind, dass an allen betrachteten benachbarten Nachweispunkten, an denen die Momente ein gleiches Vorzeichen aufweisen, das Verhältnis von größerer zu kleinerer plastischer Momententragfähigkeit nicht größer als 1,5 ist,
- Trägerbereiche mit nichtelastischem Verhalten des Stahlquerschnitts, wenn die Verbundmittel nicht die Duktilitätsanforderungen nach Element (924) erfüllen.

(903) Vollständige und teilweise Verdübelung

Die Bemessungsverfahren für vollständige und teilweise Verdübelung dürfen nur bei Trägern angewendet werden, bei denen die Momententragfähigkeit in kritischen Schnitten vollplastisch ermittelt werden darf.

Ein Trägerabschnitt bzw. Kragarm gilt als vollständig verdübelt, wenn eine Vergrößerung der Anzahl der Verbundmittel zu keiner Erhöhung des Bemessungswertes der Momententragfähigkeit führt. Andernfalls ist der Träger teilweise verdübelt. Die Anwendungsgrenzen für eine teilweise Verdübelung von Trägern sind in den Elementen (925) und (926) angegeben.

9.1.2 Mittragende Gurtbreite beim Nachweis der Querschnittstragfähigkeit

(904) Mittragende Gurtbreite bei Momentenbeanspruchung

Der Einfluss aus der Schubweichheit breiter Gurte darf durch eine mittragende Gurtbreite berücksichtigt werden. In den Feldbereichen und an Auflagern darf die mittragende Gurtbreite b_{eff} in Abhängigkeit von der äquivalenten Stützweite L_e nach Gleichung (13) berechnet werden.

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{\text{ei}} \text{ mit } b_{\text{ei}} = L_e/8 \leq b_i \quad (13)$$

Dabei ist

b_0 der Achsabstand zwischen den äußeren Dübelreihen,

b_i geometrische Teilgurtbreite nach Bild 3,

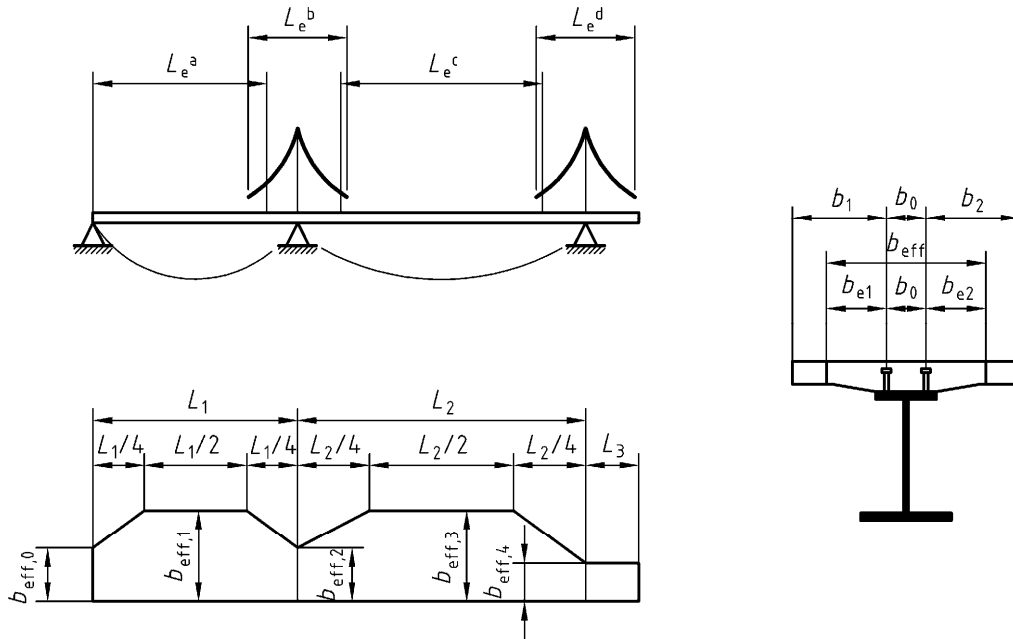
b_{ei} die mittragende Breite der Teilgurte,

L_e die äquivalente Stützweite L_{e_i} , für die im Allgemeinen der Abstand der Momentennullpunkte anzunehmen ist. Für durchlaufende Verbundträger, bei denen die Momentengrenzlinie aus unterschiedlichen Laststellungen resultiert, sowie für Kragarme dürfen L_e und der Verlauf der mittragenden Gurtbreite nach Bild 3 angenommen werden. Wenn die Momentenverteilung durch die Tragfähigkeit und das Verformungsverhalten von Anschlüssen beeinflusst wird, ist dies in der Regel bei der Ermittlung der äquivalenten Stützweite L_e zu berücksichtigen.

Die mittragende Breite an Endauflagern ergibt sich mit $\beta_1 = (0,55 + 0,025 L_e/b_{ei}) \leq 1,0$ zu:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum \beta_1 b_{ei} \quad (14)$$

Dabei ist b_{ei} die mittragende Breite in Feldmitte des Endfeldes und L_e die äquivalente Stützweite des Endfeldes nach Bild 3.



Legende

$$\begin{aligned} L_e^a &= 0,85 L_1 \\ L_e^b &= 0,25 (L_1 + L_2) \\ L_e^c &= 0,7 L_2 \\ L_e^d &= 2 L_3 \end{aligned}$$

Bild 3 — Äquivalente Stützweiten zur Ermittlung der mittragenden Gurtbreite

(905) Mittragende Gurtbreite bei Normalkraftbeanspruchung

Im Einleitungsbereich von konzentrierten Normalkräften darf die mittragende Gurtbreite auf der Grundlage der Elastizitätstheorie bestimmt werden. Bei Einleitung von Normalkräften in Betongurte darf der mittragende Querschnitt nach DIN 1045-1:2001-07, 7.3.1(5) ermittelt werden.

9.2 Querschnittstragfähigkeit von Verbundträgern

9.2.1 Allgemeines

(906) Nachweisformat

In kritischen Schnitten sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0 \quad (15)$$

Dabei ist

M_{Ed} , V_{Ed} der Bemessungswert des Biegemomentes bzw. der Querkraft,

M_{Rd} , V_{Rd} die Querschnittstragfähigkeit für Biegung bzw. Querkraft.

Die Querschnittstragfähigkeit darf nur dann vollplastisch ermittelt werden, wenn der wirksame Querschnitt die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllt und keine Spanngliedvorspannung vorhanden ist. Eine elastische und dehnungsbeschränkte Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit nach 9.2.3 und 9.2.4 ist für die Querschnittsklassen 1, 2 und 3 zulässig. Die Querschnittstragfähigkeiten von Querschnitten der Klasse 4 sind unter Berücksichtigung des Beulens nach Element (915) zu ermitteln. Bei gleichzeitiger Beanspruchung durch Biegemomente und Querkräfte sind die Elemente (912), (913) und (915) zu beachten.

Bei elastischer und dehnungsbeschränkter Ermittlung der Momententragfähigkeit darf Ebenbleiben des Gesamtquerschnitts angenommen werden, wenn die Verdübelung und die Querbewehrung unter Berücksichtigung der Verteilung der Längsschubkräfte nach 9.4 bemessen werden. Wenn bei Trägern mit zugbeanspruchten breiten Gurten kein genauere Nachweis unter Berücksichtigung der Schubweichheit der Gurte geführt wird, gilt für die Verteilung der Bewehrung der Gurtlängsbewehrung DIN 1045-1:2001-07, 13.2.1(2).

9.2.2 Vollplastische Querschnittstragfähigkeit

(907) Vollplastische Momententragfähigkeit bei vollständiger Verdübelung

Die vollplastische Momententragfähigkeit $M_{p1,Rd}$ ist mit den folgenden Annahmen zu ermitteln:

- Vollständiges Zusammenwirken von Baustahl, Beton und Betonstahl, d. h., in der Verbundfuge tritt kein Schlupf auf.
- Die Betonzugfestigkeit wird vernachlässigt.
- Im gesamten Baustahlquerschnitt wirken Zug- und Druckspannungen mit dem Bemessungswert der Streckgrenze f_{yd} .
- Im gesamten Betonstahlquerschnitt wirken innerhalb der mittragenden Gurtbreite Zug- und Druckspannungen mit dem Bemessungswert der Streckgrenze f_{sd} .
- In der Druckzone des mittragenden Betonquerschnittes wirken Druckspannungen mit dem Bemessungswert f_{cd} nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6. Abweichend von DIN 1045-1:2001-07, Bild 25 darf die Anpassung von f_{cd} und x für den Ansatz des Spannungsblocks vernachlässigt werden.
- Auf Druck beanspruchte Profilbleche werden vernachlässigt. Bei innerhalb des wirksamen Querschnitts auf Zug beanspruchten Profilblechen darf angenommen werden, dass diese Bleche mit dem Bemessungswert der Streckgrenze f_{ypd} beansprucht werden können.

Hinsichtlich der Anrechenbarkeit von Betonstahl in der Zugzone gilt Element (846). Bezüglich der Anrechenbarkeit von Kammerbeton in der Druckzone sind die Elemente (837) und (841) zu beachten. Beispiele für vollplastische Spannungsverteilungen sind in Bild 4 angegeben.

Wenn bei Verbundquerschnitten mit Baustählen S420 und S460 der Abstand z_{pl} zwischen der plastischen Nulllinie und der auf Druck beanspruchten Randfaser größer als 15 % der Gesamtquerschnittshöhe h ist, ist der Bemessungswert der Momententragfähigkeit M_{Rd} nach Gleichung (16) durch Abminderung der vollplastischen Momententragfähigkeit mit dem Faktor β nach Bild 4 zu ermitteln.

$$M_{Rd} = \beta M_{pl,Rd} \quad (16)$$

Für Werte $z_{pl}/h > 0,4$ ist die Momententragfähigkeit nach 9.2.3 oder 9.2.4 zu ermitteln.

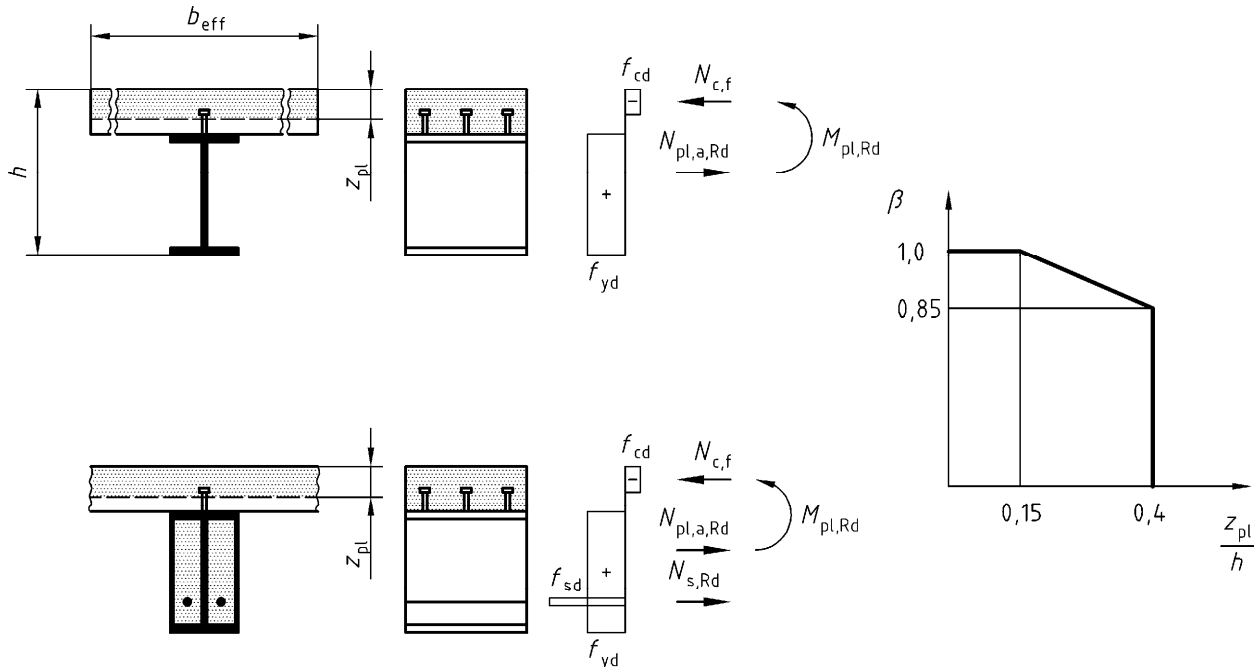


Bild 4 — Beispiele für vollplastische Spannungsverteilungen bei vollständiger Verdübelung und Abminderungsfaktor β

(908) Grenzen für die Ausnutzung der vollplastischen Momententragfähigkeit bei Durchlaufträgern

Bei Durchlaufträgern mit Querschnitten der Klasse 4 an Innenstützen und Querschnitten der Klasse 1 oder 2 in den Feldbereichen ist für den Nachweis des Feldquerschnitts die Bedingung $M_{Ed} \leq 0,9 M_{pl,Rd}$ einzuhalten, wenn das Verhältnis der an eine Innenstütze angrenzenden Stützweiten (l_{min}/l_{max}) kleiner als 0,6 ist.

(909) Vollplastische Momententragfähigkeit bei teilweiser Verdübelung

In Trägerbereichen, in denen der Betongurt in der Druckzone liegt, darf die Momententragfähigkeit M_{Rd} auf der Grundlage der Theorie der teilweisen Verdübelung mit zwei plastischen Nulllinien und der vom Verdübelungsgrad η abhängigen Druckkraft des Betongurtes $N_c = \eta N_{cf}$ nach Bild 5 ermittelt werden, wenn duktile Verbundmittel nach den Elementen (924), (925) und (926) verwendet werden.

Für die Querschnittsklassifizierung nach 8.4 ist die zweite plastische Nulllinie im Stahlträger maßgebend. Eine teilweise Verdübelung des Kammerbetons und der in den Kammern angeordneten Längsbewehrung ist nicht zulässig.

Der Zusammenhang zwischen M_{Rd} und N_c wird durch die in Bild 6 dargestellte Kurve ABC beschrieben. Vereinfachend darf M_{Rd} auch mit der in Bild 6 angegebenen Näherung (Linie A-C) nach Gleichung (17) ermittelt werden:

$$M_{Rd} = M_{pl,a,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{pl,a,Rd}) \frac{N_c}{N_{cf}} \quad (17)$$

Dabei ist

$M_{pl,a,Rd}$ die vollplastische Momententragfähigkeit des Baustahlquerschnitts,

$M_{pl,Rd}$ die vollplastische Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts bei vollständiger Verdübelung nach Element (907).

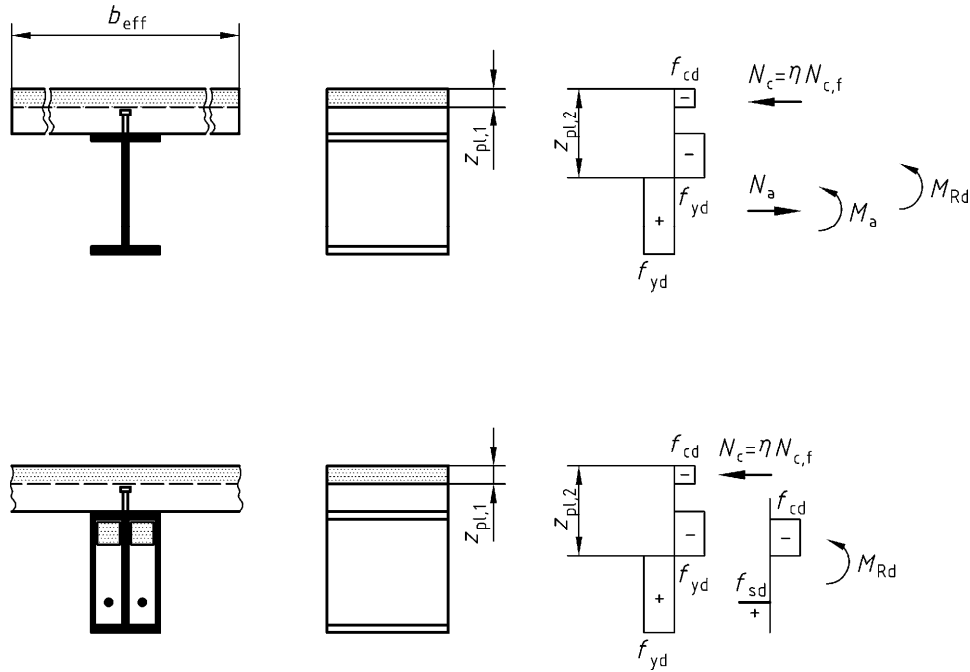
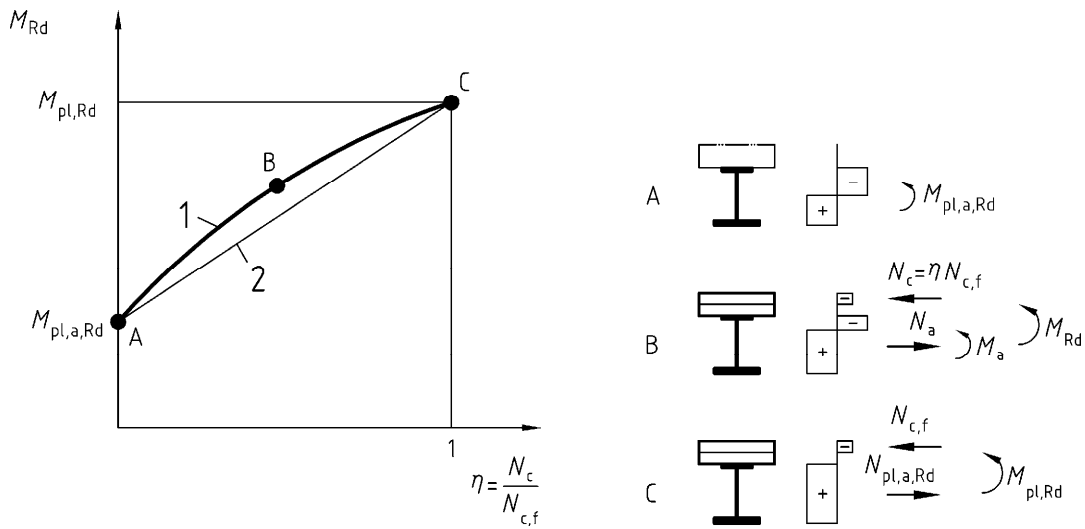


Bild 5 — Beispiele für plastische Spannungsverteilungen bei teilweiser Verdübelung



Legende

- 1 Teilverbundtheorie
- 2 Näherung nach Gleichung (17)

Bild 6 — Zusammenhang zwischen M_{Rd} und N_c bei teilweiser Verdübelung und Verwendung von duktilen Verbundmitteln

(910) Querkrafttragfähigkeit bei Trägern ohne Kammerbeton

Die Mitwirkung des Betongurtes darf bei der Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit nur angerechnet werden, wenn dies gesondert nachgewiesen wird. Für die Querkrafttragfähigkeit V_{Rd} darf die vollplastische Querkrafttragfähigkeit $V_{pl,a,Rd}$ des Baustahlquerschnitts nach DIN 18800-1:1990-11, Elemente (755) und (756) zugrunde gelegt werden, wenn der bezogene Schlankheitsgrad für Schubbeulen nach DIN 18800-3 nicht größer als 0,84 bzw. bei nicht ausgesteiften Stegen der in Tabelle 6, Zeile 1 angegebene Grenzwert $grenz(b/t)$ nicht überschritten wird. Andernfalls ist die Querkrafttragfähigkeit mit der Grenzbeulspannung $\tau_{p,Rd}$ nach DIN 18800-3:1990-11, Element (502) und der querkraftübertragenden Querschnittsfläche A_v nach Gleichung (18) zu bestimmen.

$$V_{Rd} = A_v \tau_{p,Rd} \tag{18}$$

Bei der Ermittlung der plastischen Querkrafttragfähigkeit $V_{pl,a,Rd}$ darf für A_v bei geschweißten Profilen $A_v = h t_w$ und für Walzprofile $A_v = A_a - 2 b_f t_f + (t_w + 2r) t_f$ angenommen werden. Dabei ist h der Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurte, t_w die Stegdicke, b_f bzw. t_f die Breite und die Dicke des Gurtes und r der Ausrundungsradius zwischen Steg und Gurt des Stahlprofils.

Tabelle 6 — Grenzwerte $grenz(b/t)$ nicht ausgesteifter Stege ohne Nachweis des Schubbeulens

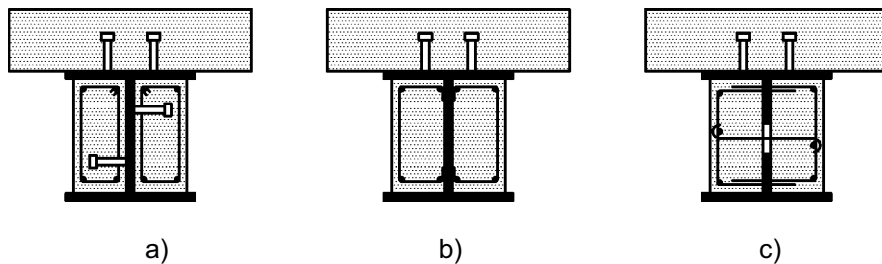
Spalte	1	2	
Zeile	Querschnitt	$grenz(b/t)$	
1	ohne Kammerbeton	$70 \sqrt{240 / f_{yk}}$	mit f_{yk} in N/mm ²
2	mit Kammerbeton	$124 \sqrt{240 / f_{yk}}$	

(911) Querkrafttragfähigkeit bei Trägern mit Kammerbeton

Der Kammerbeton darf bei Querschnitten der Klassen 1 und 2 bei der Querschnittstragfähigkeit angerechnet werden, wenn für den Steg des Stahlprofils der in Tabelle 6, Zeile 2 angegebene Grenzwert $\text{grenz}(b/t)$ nicht überschritten wird, die Bügelbewehrung nach Bild 7 ausgeführt wird und die in Tabelle 5 angegebene Bedingung hinsichtlich der Breite b_c des Kammerbetons eingehalten ist.

Die anteiligen Bemessungswerte der Querkraft des Stahlprofils und des Kammerbetonquerschnittes dürfen die Querkrafttragfähigkeit des Stahlprofils nach Element (910) und die Querkrafttragfähigkeit des Kammerbetons nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3.4 nicht überschreiten. Die Aufteilung der Bemessungsquerkraft V_{Ed} in die Anteile, die vom Stahlprofil ($V_{a,Ed}$) und vom bewehrten Kammerbetonquerschnitt ($V_{c,Ed}$) aufgenommen werden, darf im Verhältnis der Beiträge des Baustahlquerschnitts und des bewehrten Kammerbetonquerschnitts zur Momententragfähigkeit $M_{pl,Rd}$ erfolgen.

Bei Bügeln, die nach Bild 7 durch Öffnungen in den Stegen gesteckt werden, ist die Übergreifungslänge nach DIN 1045-1:2001-07, 12.8.1 und 12.8.2 nachzuweisen.



Legende

- a) geschlossene Bügel und Verankerung mit Kopfbolzendübeln
- b) Bügel kraftschlüssig am Steg angeschweißt
- c) durch Öffnungen im Steg gesteckte Bügel und Stechhaken

Bild 7 — Typische Querschnittsausbildung bei kammerbetonierten Trägern

(912) Interaktion Biegung und Querkraft

Wenn die Querkraft V_{Ed} oder bei kammerbetonierten Trägern die anteilige Querkraft $V_{a,Ed}$ den 0,5fachen Wert von V_{Rd} nach Element (910) oder (911) überschreitet, ist der Einfluss der Querkraft auf die Momententragfähigkeit zu berücksichtigen. Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, darf der Einfluss der Querkraft auf die Momententragfähigkeit durch Ansatz einer reduzierten Streckgrenze $\rho_w f_{yd}$ in den querkraftübertragenden Querschnittsteilen oder durch eine reduzierte Stegdicke berücksichtigt werden (siehe Bild 8). Der Abminderungsfaktor ρ_w ergibt sich nach Gleichung (19).

$$\rho_w = 1 - \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{Rd}} - 1 \right)^2 \quad (19)$$

Dabei ist

V_{Ed} der Bemessungswert der Querkraft bei Querschnitten ohne Kammerbeton bzw. die anteilige Querkraft $V_{a,Ed}$ des Stahlprofils bei Trägern mit Kammerbeton,

V_{Rd} die Querkrafttragfähigkeit nach Element (910).

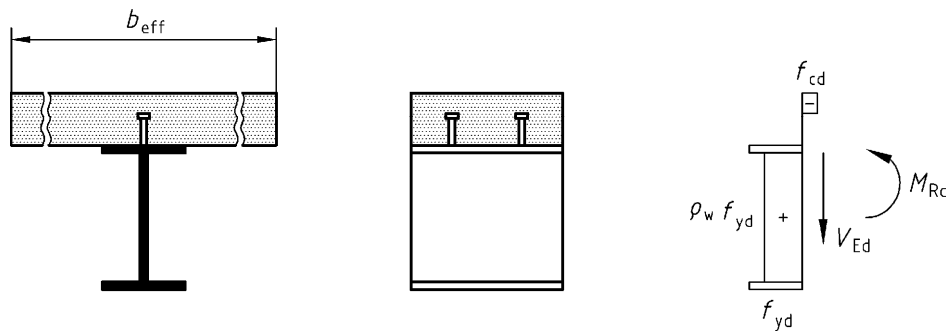


Bild 8 — Vollplastische Spannungsverteilung bei gleichzeitiger Querkraftbeanspruchung

9.2.3 Dehnungsbeschränkte Querschnittstragfähigkeit

(913) Grundsätze

Für Träger mit vollständiger Verdübelung und Querschnitten der Klassen 1 bis 3 sowie Stegen, die die Bedingungen nach Tabelle 6 erfüllen, darf die Querschnittstragfähigkeit dehnungsbeschränkt berechnet werden. Der Berechnung sind die folgenden Annahmen zugrunde zu legen:

- Ebenbleiben des Gesamtquerschnitts,
- starrer Verbund zwischen Beton und im Verbund liegender Bewehrung,
- Vernachlässigung der Zugfestigkeit des Betons,
- Verteilung der Betondruckspannungen auf der Grundlage der Spannungsdehnungslinien nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6,
- Spannungsermittlung im Beton- und Spannstahl mit den rechnerischen Spannungsdehnungslinien nach DIN 1045-1:2001-07, 9.2.4 und 9.3.3,
- Berücksichtigung der Vordehnung bei der Ermittlung der Spannungen in Spanngliedern,
- Spannungsermittlung im Baustahlquerschnitt unter Zugrundelegung einer ideal-elastischen-ideal-plastischen Spannungsdehnungslinie mit der Streckgrenze f_{yd} . Bei Querschnitten der Klasse 3 ist die maximale Dehnung im Druckbereich auf den Wert $\varepsilon_a = f_{yd}/E_a$ und bei Querschnitten, für die ein Biegedrillknicknachweis nach 9.3 erforderlich ist, auf den Wert $\varepsilon_a = \kappa_M \cdot f_{yd}/E_a$ zu beschränken. Der Abminderungsbeiwert κ_M ergibt sich nach Element (921).

Der Einfluss der Querkraft auf die Momententragfähigkeit darf durch eine mit dem Faktor ρ_w nach Element (912) reduzierte Stegdicke berücksichtigt werden.

9.2.4 Elastische Querschnittstragfähigkeit

(914) Grundsätze

Die Spannungen sind in der Regel nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung der mittragenden Gurtbreite des Betongurtes nach Element (904) und der Belastungsgeschichte zu ermitteln. Wenn keine genaueren Berechnungsverfahren verwendet werden, dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen des Betons nach Element (822) ermittelt werden. Bei Querschnitten mit zugbeanspruchten Betongurten dürfen die primären Beanspruchungen infolge des Schwindens vernachlässigt werden.

(915) Grenzspannungen

Bei der Ermittlung der elastischen Querschnittstragfähigkeit sind für den wirksamen Querschnitt die nachfolgenden Grenzspannungen einzuhalten:

- f_{cd} für Betongurte in der Druckzone mit f_{cd} nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6(2) und (4),
- σ_{Rd} nach DIN 18800-1:1990-11, Element (746) für Stahlträger mit Querschnitten der Klassen 1, 2 und 3. Bei Querschnitten der Klasse 3 muss ferner der bezogene Schlankheitsgrad für Schubbeulen nach DIN 18800-3 kleiner als 0,84 sein. Bei gleichzeitiger Wirkung von Normalspannungen σ und Schubspannungen τ gilt für den Baustahlquerschnitt DIN 18800-1:1990-11, Element (747),
- $\sigma_{p,Rd}$ nach DIN 18800-3 für druckbeanspruchte Querschnittsteile von Stahlträgern der Klasse 3 mit einem bezogenen Schlankheitsgrad für Schubbeulen größer als 0,84 sowie für Querschnitte der Klasse 4. Bei gleichzeitiger Wirkung von Normalspannungen σ und Schubspannungen τ gilt für den Baustahlquerschnitt DIN 18800-3:1990-11, Element (504),
- $\kappa_M f_{yd}$ in Gurten, für die ein Biegedrillknicknachweis nach Element (921) erforderlich ist,
- f_{sd} für Betonstahl nach DIN 1045-1:2001-07, 9.2.4 in der Zug- und Druckzone des Querschnittes,
- f_{pd} für Spannstahl nach DIN 1045-1:2001-07, 9.3.3.

9.3 Nachweis gegen Biegedrillknicken bei Verbundträgern**(916) Allgemeines**

In den negativen Momentenbereichen ist ein Biegedrillknicknachweis erforderlich, wenn der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_M$ nach Element (919) oder (921) größer als 0,4 ist.

(917) Nachweis des Druckgurtes als Druckstab

Der Nachweis darf nach DIN 18800-2:1990-11, Element (310) mit $M_{ply,d} = M_{pl,Rd}$ geführt werden.

(918) Vereinfachter Nachweis für Durchlaufträger mit Walzprofilen

Für Durchlaufträger und durchlaufende Rahmenriegel aus Walzprofilen, die über die gesamte Trägerlänge als Verbundquerschnitt ausgebildet sind und an den Auflagerpunkten ausgesteift und seitlich gehalten sind, gilt der Nachweis des Biegedrillknickens als erbracht, wenn die Profilhöhe bei Trägern ohne Kammerbeton die Grenzwerte für die Profilhöhe nach Tabelle 7 nicht überschreitet und die nachfolgenden Bedingungen a) bis d) eingehalten werden. Für Querschnitte mit Kammerbeton nach den Elementen (847) und (848) dürfen die Werte nach Tabelle 7 um 200 mm vergrößert werden.

- a) Die Stützweiten benachbarter Felder unterscheiden sich bezogen auf die kleinere Stützweite um nicht mehr als 20 %. Bei Trägern mit Kragarmen ist die Kragarmlänge kleiner als 15 % der Stützweite des benachbarten Endfeldes.
- b) Der Träger wird überwiegend durch Gleichstreckenlasten beansprucht; der Bemessungswert der ständigen Einwirkungen ist größer als 40 % des Bemessungswertes der Gesamtlast.
- c) Die Verdübelung zwischen dem Obergurt und dem Betongurt wird nach 9.4 ausgeführt und der Abstand der Dübel in Trägerlängsrichtung ist nicht größer als 300 mm.
- d) Der Betongurt erfüllt bei Verwendung von Normalbeton in Querrichtung die Anforderungen an die Biegeschlankheit $l/d \leq 35$ nach DIN 1045-1:2001-07, 11.3.2. Für Leichtbeton ist DIN 1045-1:2001-07, 11.3.2(2) zu beachten.

Tabelle 7 — Grenzprofilhöhen h_{\max} für Querschnitte ohne Kammerbeton

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Profil der Reihe	Grenzprofilhöhe h_{\max} in mm		
		Baustahl S235	Baustahl S355	Baustahl S460
1	IPE	600	400	270
2	HEA	800	650	500
3	HEB	900	700	600

(919) Biegedrillknicknachweis für Träger mit Querschnitten der Klassen 1 und 2

Der Tragsicherheitsnachweis ist mit Bedingung (20) zu führen.

$$\frac{M_{E,d}}{\kappa_M M_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (20)$$

Dabei ist

κ_M der Abminderungsfaktor nach DIN 18800-2:1990-11, Element (311),

$M_{pl,Rd}$ der Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit nach Element (907).

Der bezogene Schlankheitsgrad zur Bestimmung von κ_M ist nach Gleichung (21) zu bestimmen.

$$\bar{\lambda}_M = \sqrt{\frac{M_{pl,Rk}}{M_{Ki}}} \quad (21)$$

Dabei ist

$M_{pl,Rk}$ die vollplastischen Momententragfähigkeit nach Element (907), ermittelt mit den charakteristischen Werten der Werkstoffeigenschaften,

M_{Ki} das ideale Biegedrillknickmoment des Verbundquerschnittes nach Element (920).

(920) Ideales Biegedrillknickmoment M_{Ki}

Bei der Berechnung des idealen Biegedrillknickmomentes M_{Ki} darf davon ausgegangen werden, dass der Stahlträger am Obergurt seitlich unverschieblich und durch die Betonplatte drehelastisch gehalten ist. Die drehelastische Bettung ist in Übereinstimmung mit DIN 18800-2:1990-11, Element (309) zu ermitteln. Bei der Ermittlung der Drehbettung $c_{\vartheta M,k}$ aus der Biegesteifigkeit der abstützenden Betonplatte ist der Einfluss der Rissbildung zu berücksichtigen. Die Drehbettung $c_{\vartheta A,k}$ aus der Verformung der Verbundmittel darf bei Ausbildung der Verbundmittel nach 9.4 vernachlässigt werden. Bei Trägern mit Kammerbeton darf die Drehfedersteifigkeit $c_{\vartheta P,k}$ nach DIN 18800-2:1990-11, Element (309) mit Gleichung (22) ermittelt werden.

$$c_{\vartheta P,k} = \frac{E_a t_w b_c^2}{16 h_s (1 + 4 n_p t_w / b_c)} \quad (22)$$

Dabei ist

n_p die Reduktionszahl für ständige Einwirkungen mit $\psi_L = \psi_P$ nach Element (822),

b_c die Breite des Kammerbetons nach Tabelle 5,

h_s der Abstand zwischen den Schwerachsen der Gurte des Stahlprofils,

t_w die Stegdicke.

(921) Biegedrillknicknachweis für Träger mit Querschnitten der Klassen 3 und 4

Der Nachweis ist mit Bedingung (23) zu führen.

$$\frac{\sigma_{Ed}}{\kappa_M f_{yd}} \leq 1,0 \quad (23)$$

Dabei ist

σ_{Ed} die Spannung in der Schwerachse des gedrückten Gurtes unter Berücksichtigung der Belastungsgeschichte und des Kriechens und Schwindens,

κ_M der Abminderungsfaktor nach DIN 18800-2:1990-11, Element (311), ermittelt mit dem bezogenen Schlankheitsgrad nach Gleichung (24).

$$\bar{\lambda}_M = \sqrt{\frac{f_{yk}}{\sigma_{Ki}}} \quad (24)$$

In Gleichung (24) ist σ_{Ki} die Spannung in der Schwerachse des Druckgurtes infolge des idealen Biegedrillknickmomentes. Die Spannung $\sigma_{Ki} = \eta_{Ki} \sigma_{Ed}$ ist dabei mit dem am Verbundsystem berechneten Verzweigungslastfaktor η_{Ki} zu ermitteln, der sich für die Summe der Schnittgrößen des Stahlquerschnittes vor Herstellung des Verbundes und der Teilschnittgrößen des Baustahlquerschnittes aus Einwirkungen nach Herstellung des Verbundes ergibt.

In Übereinstimmung mit Element (920) darf bei der Ermittlung von η_{Ki} berücksichtigt werden, dass der Stahlträger am Obergurt durch die Betonplatte seitlich und drehelastisch gehalten ist.

(922) Besonderheiten bei kammerbetonierten Trägern ohne Betongurt

Bei Trägern mit Kammerbeton und einer Bügelbewehrung nach Element (911), Bild 7, darf zusätzlich zur Torsionssteifigkeit $G_a I_{at}$ des Stahlprofils die Torsions- und Biegesteifigkeit des in der Druckzone liegenden effektiven Kammerbetonquerschnitts angerechnet werden. Die Druckzone darf dabei unter Ansatz der vollplastischen Spannungsverteilung nach 9.2.2 ermittelt werden. Für die Ermittlung des effektiven St. Venant'schen Torsionsträgheitsmomentes $I_{ct,eff}$ darf die gesamte Kammerbetonbreite b_c nach Tabelle 5 abzüglich der Stegdicke des Stahlprofils angesetzt werden. Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, sind die effektive Torsionssteifigkeit $G_c I_{ct,eff}$ mit dem Schubmodul $G_c = 0,3 E_a / n_p$ und das ideale Flächenmoment zweiten Grades um die schwache Achse mit der Reduktionszahl n_p für ständige Einwirkungen nach Element (822) zu ermitteln.

9.4 Verbundsicherung bei Verbundträgern

9.4.1 Allgemeines

(923) Grundsätze

Die Verbundmittel müssen in Trägerlängsrichtung so angeordnet werden, dass die Längsschubkräfte $V_{L,Ed}$ zwischen Betonplatte und Stahlträger im Grenzzustand der Tragfähigkeit übertragen werden können. Der natürliche Haftverbund darf nicht berücksichtigt werden. Zwischen kritischen Schnitten nach Element (902) ist die Bedingung (25) nachzuweisen.

$$\frac{V_{L,Ed}}{V_{L,Rd}} \leq 1,0 \quad (25)$$

Dabei ist

$V_{L,Ed}$ der Bemessungswert der einwirkenden Längsschubkraft nach 9.4.3,

$V_{L,Rd}$ die Längsschubkrafttragfähigkeit, die sich aus der im betrachteten Trägerabschnitt vorhandenen Anzahl n der Verbundmittel und der Längsschubtragfähigkeit P_{Rd} des Verbundmittels ergibt.

(924) Duktilitätsanforderungen und Verformungsverhalten von Verbundmitteln

Verbundmittel müssen ein ausreichendes Verformungsvermögen aufweisen, um eine bei der Bemessung angenommene plastische Umlagerung von Längsschubkräften zu ermöglichen. Verbundmittel gelten als duktil, wenn das Verformungsverhalten die Annahme eines ideal-elastisch-ideal-plastischen Verhaltens in der Verbundfuge bei der Berechnung des Tragwerks rechtfertigt und wenn das charakteristische Verformungsvermögen δ_{uk} nach Bild 9 mindestens 6 mm beträgt.

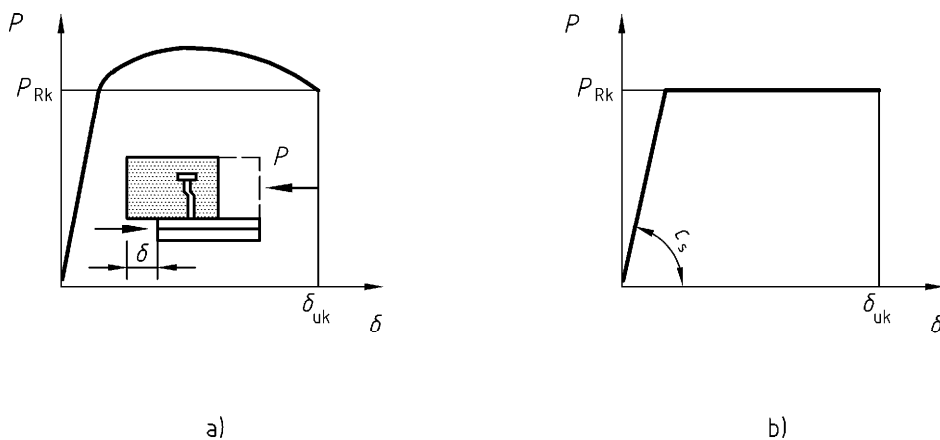


Bild 9 — Verformungsvermögen von Verbundmitteln

Bei Anwendung des Berechnungsverfahrens nach Element (811) darf die in Bild 9 b) dargestellte ideal-elastisch-ideal-plastische Verformungsbeziehung verwendet werden. Für Kopfbolzendübel in Vollbetonplatten mit Schaftdurchmessern von 19 mm, 22 mm und 25 mm darf für $c_s = 3\,000$ kN/cm und für Kopfbolzendübel in Kombination mit gedrungenen Profilblechen (siehe Element 1101), Profilblechhöhen $h_p \leq 60$ mm und Schaftdurchmessern der Dübel von 19 mm oder 22 mm $c_s = 2\,000$ kN/cm angenommen werden.

(925) Duktilitätsanforderungen bei Kopfbolzendübeln in Vollbetonplatten

Kopfbolzendübel, bei denen die Höhe nach dem Aufschweißen nicht kleiner als der 4fache Schaftdurchmesser ist und bei denen der Nennwert des Schaftdurchmessers nicht kleiner als 16 mm und nicht größer als 25 mm ist, gelten als duktil, wenn die Bedingungen (27) bis (30) für den Verdübelungsgrad η nach Gleichung (26) eingehalten werden.

$$\eta = \frac{n}{n_f} \quad (26)$$

Dabei ist n_f die für eine vollständige Verdübelung erforderliche Anzahl von Verbundmitteln und n die vorhandene Dübelanzahl in diesen Trägerbereichen.

Für Träger mit doppelsymmetrischen Baustahlquerschnitten gilt:

$$L_e \leq 25: \eta \geq 1 - \left(\frac{360}{f_{yk}} \right) (0,75 - 0,03 L_e) \geq 0,4 \quad (27)$$

$$L_e > 25: \eta \geq 1 \quad (28)$$

Für Träger mit einfachsymmetrischen Baustahlquerschnitten, bei denen die Querschnittsfläche des Untergurtes den 3fachen Wert der Querschnittsfläche des Obergurtes nicht überschreitet, gilt:

$$L_e \leq 20: \eta \geq 1 - \left(\frac{360}{f_{yk}} \right) (0,30 - 0,015 L_e) \geq 0,4 \quad (29)$$

$$L_e > 20: \eta \geq 1 \quad (30)$$

In den Gleichungen (27) bis (30) ist

L_e die Länge des positiven Momentenbereiches (Abstand der Momentennullpunkte) in m. Für typische Durchlaufträger darf L_e nach Bild 3 angenommen werden,

f_{yk} der charakteristische Wert der Streckgrenze des Baustahls in N/mm².

Für Stahlquerschnitte, bei denen die Querschnittsfläche des Untergurtes größer als die Querschnittsfläche des Obergurtes, jedoch kleiner als der 3fache Wert ist, darf der Mindestverdübelungsgrad η durch lineare Interpolation mit Hilfe der Beziehungen (27) bis (30) ermittelt werden.

ANMERKUNG Die Bedingungen nach den Gleichungen (27) bis (30) stellen sicher, dass bei Trägern mit Gleichstreckenbelastung der maximale Schlupf auf den Wert δ_{uk} nach Element (924) beschränkt wird. Bei Trägern mit überwiegender Beanspruchung durch Einzellasten sind niedrigere Verdübelungsgrade zulässig, wenn durch eine genauere Berechnung nachgewiesen wird, dass der charakteristische Wert des Verformungsvermögens nicht überschritten wird.

(926) Duktilitätsanforderungen für Kopfbolzendübel in Verbindung mit Profilblechen

Kopfbolzendübel dürfen über den Anwendungsbereich nach Element (925) hinaus als duktil eingestuft werden, wenn:

- der Betongurt des Trägers aus einer Profilblechverbunddecke mit senkrecht zum Träger verlaufenden Profilblechen besteht und die Profilbleche über dem Träger durchlaufen,
- der Baustahlquerschnitt aus einem gewalzten oder geschweißten doppelsymmetrischen Querschnitt besteht,
- die Höhe der Dübel nach dem Aufschweißen nicht kleiner als 76 mm ist und der Nennwert des Schaftdurchmessers 19 mm beträgt,
- innerhalb einer Rippe nur ein Kopfbolzendübel vorhanden ist, der entweder zentrisch in jeder Rippe oder über die gesamte Trägerlänge alternierend je Rippe links und rechts angeordnet wird,
- die Profilblechgeometrie die Bedingungen $b_o/h_p \geq 2$ und $h_p \leq 60$ mm erfüllt (Bezeichnungen siehe Bild 29) und
- die Gurtnormalkraft N_c nach Gleichung (17) ermittelt wird (Näherungsverfahren nach Bild 6).

Wenn diese Bedingungen eingehalten sind, gilt für den Verdübelungsgrad η :

$$L_e \leq 25: \eta \geq 1 - \left(\frac{360}{f_{yk}} \right) (1,0 - 0,04 L_e) \geq 0,4 \quad (31)$$

$$L_e > 25: \eta \geq 1 \quad (32)$$

L_e und f_{yk} sind in Element (925) erläutert.

(927) Verwendung von Verbundmitteln mit unterschiedlichem Verformungsverhalten

Wenn bei einem Verbundträger innerhalb einer Stützweite Verbundmittel mit signifikant unterschiedlichem Verformungsverhalten verwendet werden, muss dies bei der Bemessung berücksichtigt werden.

(928) Sicherung gegen abhebende Kräfte

Verbundmittel müssen eine ausreichende Tragfähigkeit gegen Abheben der Betonplatte aufweisen. Andernfalls ist das Abheben der Betonplatte durch andere Maßnahmen zu verhindern. Eine ausreichende Sicherheit gegen Abheben der Betonplatte darf angenommen werden, wenn die Verbundmittel oder zusätzliche Verankerungselemente für eine senkrecht zum Stahlträgergurt wirkende Zugkraft bemessen werden, die sich aus dem 0,1fachen Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit des Verbundmittels ergibt. Bei Kopfbolzendübeln nach 9.4.4 darf davon ausgegangen werden, dass sie ein Abheben des Betongurtes verhindern, wenn sie nicht durch planmäßige Zugkräfte beansprucht werden.

9.4.2 Verteilung von Verbundmitteln

(929) Grundsätze

Die Verbundmittel sind in Trägerlängsrichtung nach dem Verlauf der Bemessungslängsschubkraft $V_{L,Ed}$ anzuordnen. Die erforderliche Anzahl der Verbundmittel darf in den Bereichen zwischen dem maximalen Feldmoment und dem Endauflager bzw. dem extremalen Stützmoment nach dem elastisch ermittelten Längsschubkraftverlauf verteilt werden. Auf zusätzliche Nachweise zwischen kritischen Schnitten darf dann verzichtet werden.

Bei duktilen Verbundmitteln ist ein Einschneiden in die Deckungslinie der Längsschubkraft zulässig, wenn die ermittelte Längsschubkraft die Längsschubtragfähigkeit örtlich um nicht mehr als 15 % überschreitet und die Gesamtanzahl der Verbundmittel zwischen kritischen Schnitten ausreichend ist.

(930) Äquidistante Anordnung von Verbundmitteln

Duktile Verbundmittel dürfen zwischen kritischen Schnitten nach Element (902) äquidistant verteilt werden, wenn

- im betrachteten Trägerbereich die Querschnitte an kritischen Schnitten die Bedingungen der Klasse 1 oder 2 erfüllen,
- der Verdübelungsgrad η die Bedingungen nach Element (925) oder (926) erfüllt und
- die vollplastische Momententragfähigkeit des Verbundquerschnitts den 2,5fachen Wert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Baustahlquerschnitts nicht überschreitet.

Andernfalls ist unter Berücksichtigung der bereichsweise teilweisen Verdübelung eine ausreichende Momentendeckung für den jeweiligen Trägerabschnitt nachzuweisen.

9.4.3 Ermittlung der Längsschubkräfte

(931) Träger mit Querschnitten der Klasse 1 oder 2 und duktilen Verbundmitteln

Bei Trägern mit duktilen Verbundmitteln sind die Längsschubkräfte zwischen kritischen Schnitten aus der Differenz der Normalkräfte des Betongurtes bzw. der Betonstahlbewehrung infolge der vollplastischen Momententragfähigkeit nach Element (907) bei vollständiger Verdübelung und nach Element (909) bei teilweiser Verdübelung zu ermitteln.

(932) Träger mit Verbundmitteln ohne ausreichende Duktilität oder mit Querschnitten der Klassen 3 und 4

Bei Trägern mit Querschnitten der Klasse 3 oder 4 und bei Trägern mit Querschnitten der Klasse 1 oder 2, bei denen nicht-duktilen Verbundmittel verwendet werden, sind die Längsschubkräfte aus der Differenz der Normalkräfte des Betongurtes zwischen kritischen Schnitten unter der Voraussetzung des Ebenbleibens des Gesamtquerschnittes zu ermitteln.

Für Verbundquerschnitte der Klasse 1 oder 2, bei denen der Betongurt in der Druckzone liegt, darf der Zusammenhang zwischen der Momententragfähigkeit M_{Rd} und der Normalkraft des Betongurtes N_c mit den nachfolgenden Gleichungen (33) und (34) berechnet werden. Siehe hierzu auch Bild 10.

$$M_{Rd} = M_{a,Ed} + (M_{el,Rd} - M_{a,Ed}) \frac{N_c}{N_{c,el}} \quad \text{für } N_c \leq N_{c,el} \quad (33)$$

$$M_{Rd} = M_{el,Rd} + (M_{pl,Rd} - M_{el,Rd}) \frac{N_c - N_{c,el}}{N_{c,f} - N_{c,el}} \quad \text{für } N_{c,el} \leq N_c \leq N_{c,f} \quad (34)$$

Dabei ist

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{v,Ed} \quad (35)$$

mit

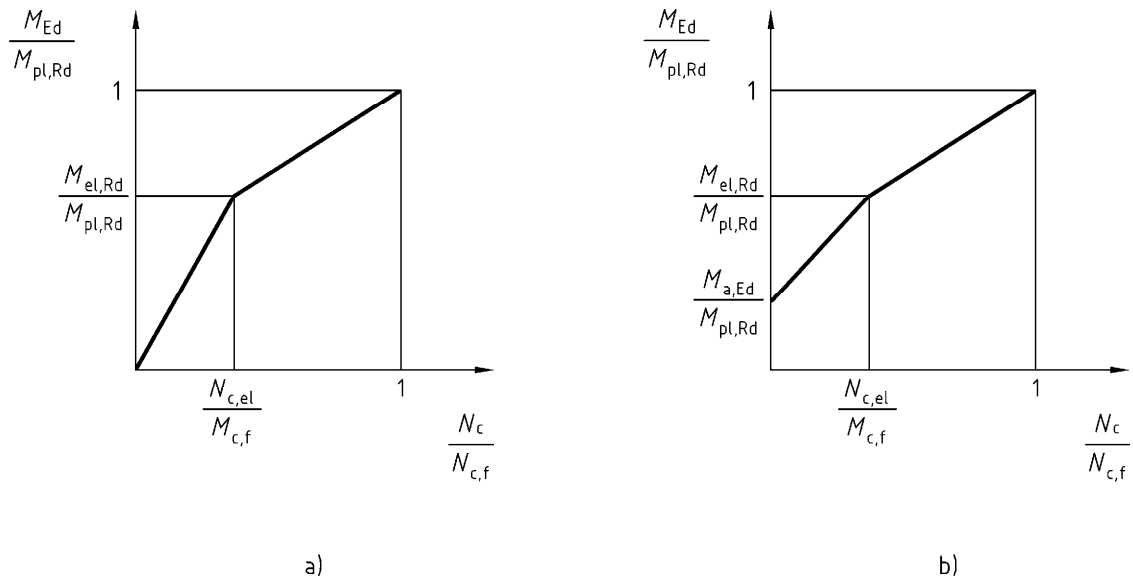
$M_{a,Ed}$ auf den Baustahlquerschnitt einwirkendes Bemessungsmoment,

$M_{v,Ed}$ auf den Verbundquerschnitt einwirkendes Bemessungsmoment,

k kleinster Faktor, der sich aus den für die jeweiligen Randfasern des Querschnitts maßgebenden Grenzspannungen nach Element (915) ergibt, wobei bei Trägern ohne Eigengewichtsverbund der Einfluss aus der Belastungsgeschichte zu berücksichtigen ist,

$N_{c,el}$ Normalkraft des Betongurtes bei Erreichen des Bemessungswertes der elastischen Momententragfähigkeit $M_{el,Rd}$.

Bei Querschnitten, bei denen die Momententragfähigkeit nach Gleichung (16) zu bestimmen ist, ist in Gleichung (34) und in Bild 10 anstelle von $M_{pl,Rd}$ die reduzierte Momententragfähigkeit $\beta M_{pl,Rd}$ zu berücksichtigen.



Legende

- a) Träger ohne Eigengewichtsverbund
b) Träger mit Eigengewichtsverbund

Bild 10 — Näherung für den Zusammenhang zwischen M_{Rd} und N_c für Verbundquerschnitte mit druckbeanspruchten Betongurten

(933) Längsschubkräfte aus der Einleitung von Längskräften

Die in den Einleitungsbereichen von Längskräften F_{Ed} auftretenden Längsschubkräfte $V_{L,Ed}$ sind zu berücksichtigen. Die Verteilung der gesamten Längsschubkraft $V_{L,Ed}$ über die Länge L_v der Verbundfuge darf bei Einleitung der Längskraft F_{Ed} innerhalb der Trägerlänge bei duktilen Verbundmitteln nach Bild 11 a) angenommen werden. Der Maximalwert der Längsschubkraft je Längeneinheit ergibt sich zu:

$$v_{L,Ed,max} = V_{L,Ed} / (e_d + b_{eff} / 2) \quad (36)$$

Dabei ist

- b_{eff} die bei der Schnittgrößenermittlung angesetzte mittragende Gurtbreite nach Element (904),
- e_d entweder $2e_h$ oder $2e_v$,
- e_h der seitliche Abstand vom Angriffspunkt der Kraft F_{Ed} zur maßgebenden Stegachse des Stahlquerschnittes, wenn die Kraft in den Betongurt eingeleitet wird,
- e_v der vertikale Abstand vom Angriffspunkt der Kraft F_{Ed} zur Verbundfuge, wenn die Kraft in den Stahlträger eingeleitet wird.

Wenn die Kraft F_{Ed} an einem freien Ende des Betongurtes oder des Stahlträgers eingeleitet wird, ergibt sich die maximale Längsschubkraft $v_{L,Ed,max}$ je Längeneinheit mit Bild 11 b) nach Gleichung (37).

$$v_{L,Ed,max} = 2 V_{L,Ed} / (e_d + b_{eff} / 2) \quad (37)$$

Wenn die Einleitung der Kraft F_{Ed} über eine größere Länge erfolgt, wie z. B. über ein Knotenblech eines Verbundfachwerkes, darf diese Lasteinleitungslänge zusätzlich bei e_d berücksichtigt werden.

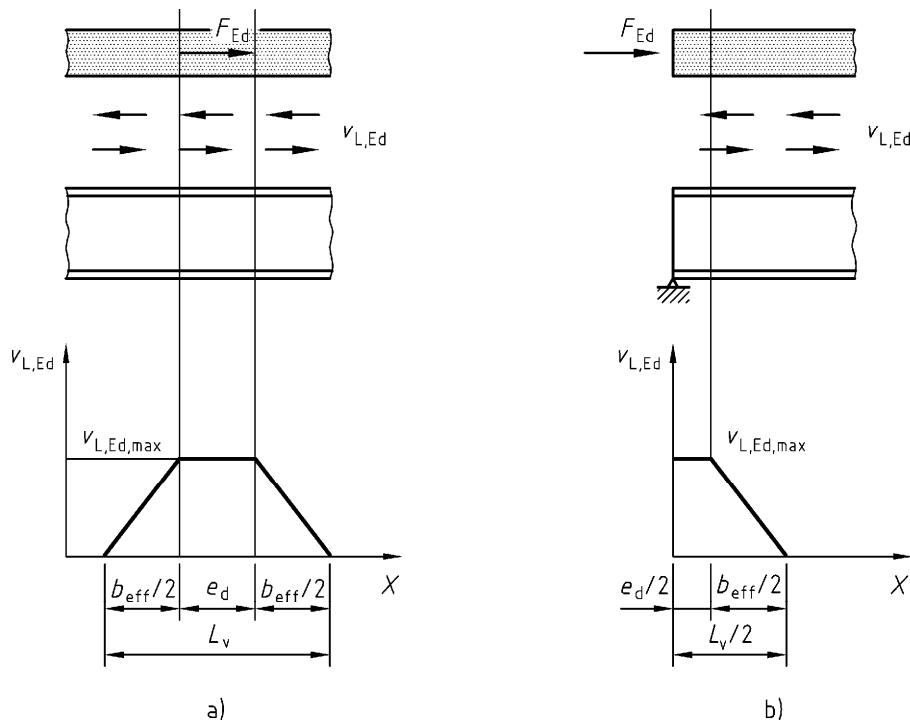


Bild 11 — Verteilung der Längsschubkräfte in den Einleitungsbereichen von Längskräften

(934) Konzentrierte Längsschubkräfte an Betongurtenden

Die konzentrierten Längsschubkräfte aus den primären Beanspruchungen infolge des Schwindens nach Bild 12 a) sowie konzentrierte Längsschubkräfte aus Momentenbeanspruchung an den Enden von Betongurten nach Bild 12 b) dürfen bei duktilen Verbundmitteln dreieckförmig auf eine Einleitungslänge b_{eff} nach 8.3.2 verteilt werden.

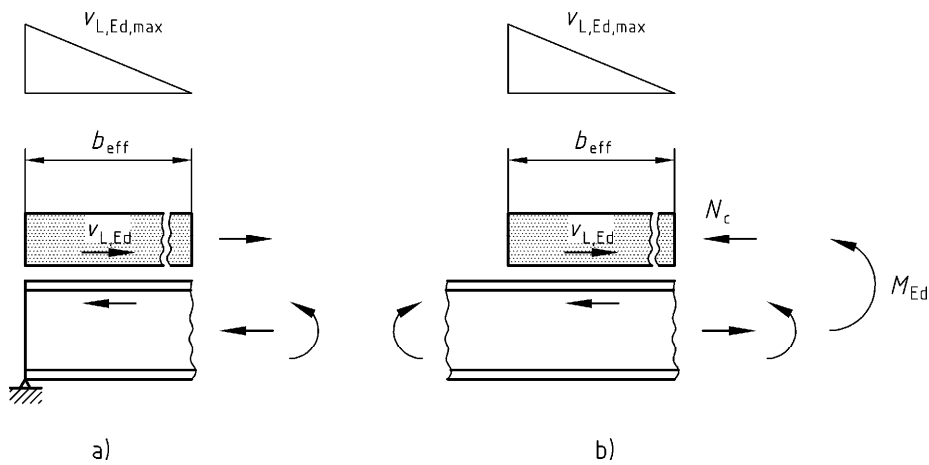


Bild 12 — Verteilung der Längsschubkräfte an Betongurtenden

9.4.4 Beanspruchbarkeit von Verbundmitteln

(935) Kopfbolzendübel in Vollbetonplatten

Der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit eines Kopfbolzendübels nach DIN EN ISO 13918, bei dem ein automatisches Schweißverfahren nach DIN EN ISO 14555 verwendet wird, ergibt sich aus dem jeweils kleineren Wert nach den Gleichungen (38) und (39).

$$P_{Rd} = \frac{0,8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_v} \quad (38)$$

$$P_{Rd} = \frac{0,25 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_v} \quad (39)$$

Dabei ist

$$\alpha = 0,2 \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ für } 3 \leq h_{sc} / d \leq 4 \quad (40)$$

$$\alpha = 1 \text{ für } h_{sc} / d > 4 \quad (41)$$

d der Nenndurchmesser des Dübelschaftes mit $16 \text{ mm} \leq d \leq 25 \text{ mm}$,

f_u die spezifizierete Zugfestigkeit des Bolzenmaterials, die jedoch höchstens mit 450 N/mm^2 in Rechnung gestellt werden darf,

f_{ck} der im maßgebenden Alter vorhandene charakteristische Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach DIN 1045:2001-07, Tabellen 9 und 10. Bei Leichtbetonen sind nur Rohdichteklassen D 1,8 und D 2,0 nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 8 zulässig,

h_{sc} der Nennwert der Gesamthöhe des Dübels.

Die Tragfähigkeiten nach den Gleichungen (38) und (39) setzen Schweißwulstabmessungen voraus, die den Richtwerten (Mittelwerten) in DIN EN ISO 13918 entsprechen. Der Durchmesser des Schweißwulstes sollte nicht kleiner als $1,2 d$ und die kleinste Schweißwulsthöhe nicht kleiner als $0,15 d$ sein.

(936) Einfluss von Zugkräften auf die Längsschubtragfähigkeit

Werden Kopfbolzendübel neben Längsschubkräften zusätzlich planmäßig durch Zugkräfte beansprucht, so ist in der Regel der aus dem Bemessungswert der Zugkraft F_{ten} resultierende Einfluss nachzuweisen. Für $F_{ten} \leq 0,1 P_{Rd}$ darf der Einfluss der Zugkraft vernachlässigt werden. Dabei ist P_{Rd} der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit nach Element (935).

(937) Horizontal und randnah angeordnete Kopfbolzendübel

Werden Kopfbolzendübel so angeordnet, dass Spaltzugkräfte in Dickenrichtung des Betongurtes entstehen (z. B. bei horizontaler Anordnung der Dübel nach Bild 13), so ist bei randnaher Anordnung der Einfluss der Spaltzugkräfte auf die Dübeltragfähigkeit zu berücksichtigen. Die Längsschubtragfähigkeit darf nur dann nach Element (935) ermittelt werden, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten sind:

- Die Dübel übertragen ausschließlich Kräfte in Längsrichtung.
- Es wird eine Bügelbewehrung nach Bild 13 angeordnet und es sind die Bedingungen $e_v \geq 6 d$ und $v \geq 14 d$ eingehalten.
- Die Bügelbewehrung wird für eine Spaltzugkraft $F_{zv} = 0,3 P_{Rd}$ bemessen und der Bügelabstand ist kleiner als $18 d$. Dabei ist P_{Rd} die Dübeltragfähigkeit nach Element (935).

Andernfalls ist die Dübeltragfähigkeit nach Anhang A zu ermitteln.

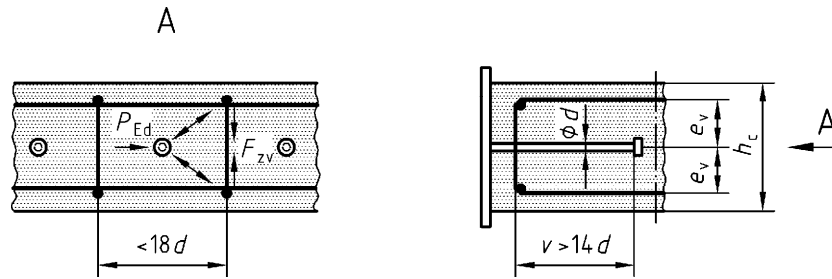


Bild 13 — Spaltzugkräfte bei horizontal angeordneten Dübeln

(938) Kopfbolzendübel mit Profilblechen parallel zur Trägerachse

Der Einfluss der Rippengeometrie auf die Dübeltragfähigkeit ist zu berücksichtigen. Bei parallel zur Trägerachse angeordneten Profilblechen nach Bild 14 darf der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit durch Abminderung des Wertes P_{Rd} für Vollbetonplatten nach Element (935) mit dem Faktor k_ℓ nach Gleichung (42) ermittelt werden.

$$k_\ell = 0,6 \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq 1,0 \quad (42)$$

Dabei ist h_{sc} die Gesamtlänge des Dübels, die jedoch nur mit maximal $h_p + 75$ mm in Rechnung gestellt werden darf. Wird das Profilblech über dem Träger nicht gestoßen, so ist die Breite b_o der Voute gleich der in Bild 29 angegebenen Rippenbreite. Sind die Bleche über dem Träger gestoßen, so wird b_o wie in Bild 14 a) und b) angegeben definiert. Als Voutenhöhe ist die Gesamthöhe h_p des Profilbleches unter Berücksichtigung von in Blechlängsrichtung nicht unterbrochenen lokalen Profilierungen anzusetzen. Bei offener Profilblechgeometrie mit $h_p \geq 60$ mm und bei über dem Träger gestoßenen Profilblechen ohne kraftschlüssige Verbindung der Bleche mit dem Träger sind die in Element (946) angegebenen Bedingungen hinsichtlich der Voutenabmessungen und der Bewehrung einzuhalten. Für die innerhalb der Rippe anzuordnende Bewehrung mit der Querschnittsfläche A_{bh} nach Bild 14 c) gilt je Dübel $A_{bh} \geq 0,30 k_\ell P_{Rd} / f_{sd}$ mit P_{Rd} nach Element 935.

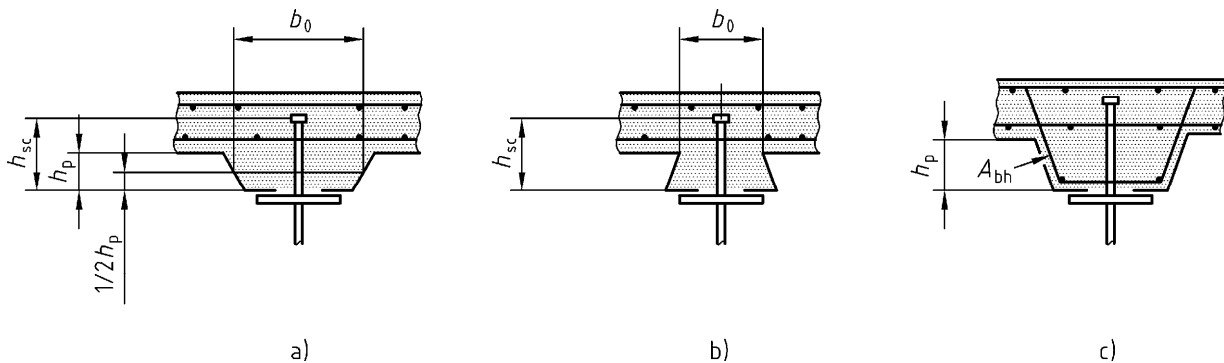


Bild 14 — Träger mit parallel zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen

(939) Profilbleche mit Rippen senkrecht zur Trägerachse

Der Einfluss der Rippengeometrie auf die Dübeltragfähigkeit ist zu berücksichtigen. Bei senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen darf der Bemessungswert der Dübeltragfähigkeit durch Abminderung des Wertes P_{Rd} nach Element (935) mit dem Faktor k_t nach Gleichung (43) ermittelt werden.

$$k_t = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \frac{b_o}{h_p} \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \leq k_{t,max} \quad (43)$$

Dabei ist n_r die Anzahl der Kopfbolzendübel je Rippe, die rechnerisch maximal mit $n_r = 2$ berücksichtigt werden darf. Für die Profilblechhöhe h_p ist die Gesamthöhe unter Berücksichtigung von in Blechlängsrichtung nicht unterbrochenen lokalen Profilierungen zu berücksichtigen. Die weiteren Symbole sind in Bild 15 angegeben. Der Abminderungsfaktor k_t darf maximal mit den in Tabelle 8 angegebenen oberen Grenzwerten $k_{t,max}$ berücksichtigt werden.

Tabelle 8 — Obere Grenzwerte $k_{t,max}$ für den Abminderungsfaktor k_t

Spalte	1	2	3	4
Zeile	Anzahl der Dübel je Rippe	Blechdicke t des Profilbleches mm	Durch die Profilbleche geschweißte Dübel mit Schaftdurchmessern d kleiner als 20 mm	Vorgelochte Profilbleche und Dübel mit 19 mm und 22 mm Durchmesser
1	$n_r = 1$	$\leq 1,0$	0,85	0,75
2		$> 1,0$	1,00	0,75
3	$n_r = 2$	$\leq 1,0$	0,70	0,60
4		$> 1,0$	0,80	0,60

Die Werte für k_t nach Gleichung (43) dürfen verwendet werden, wenn:

- die Dübel in Rippen angeordnet werden, bei denen die Profilblechhöhe h_p 85 mm nicht überschreitet und bei denen die Rippenbreite b_o nicht kleiner als die Rippenhöhe h_p ist, und
- der Schaftdurchmesser der Dübel bei Anwendung der Durchschweißtechnik nicht größer als 20 mm bzw. bei vorgelochten Profilblechen nicht größer als 22 mm ist. Hinsichtlich des Durchschweißens von Dübeln ist Element (1130) zu beachten.

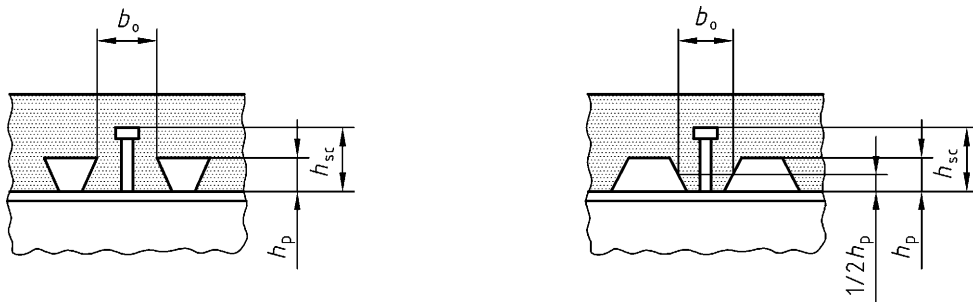


Bild 15 — Träger mit senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen

(940) Zweiachsige Beanspruchung von Kopfbolzendübeln

Werden die Dübel sowohl aus dem Trägerverbund als auch aus dem Deckenverbund beansprucht, so ist bei gleichzeitiger Wirkung dieser Schubkräfte die folgende Bedingung einzuhalten:

$$\frac{F_L^2}{P_{L,Rd}^2} + \frac{F_t^2}{P_{t,Rd}^2} \leq 1 \quad (44)$$

Dabei ist

F_L die Längsschubkraft aus dem Träger,

F_t die rechtwinklig dazu wirkende Schubkraft aus der Verbundwirkung mit der Decke nach Element (1129).

$P_{L,Rd}$ und $P_{t,Rd}$ sind die zugehörigen Dübeltragfähigkeiten nach den Elementen (939) und (1129).

9.4.5 Konstruktionsregeln für die Ausbildung der Verbundsicherung

(941) Kopfbolzendübel

Dübel mit einer Gesamthöhe kleiner als der 3fache Schaftdurchmesser d sind nicht zulässig. Der Kopfdurchmesser des Dübels darf nicht kleiner als der 1,5fache und die Höhe des Dübelkopfes nicht kleiner als der 0,4fache Schaftdurchmesser d sein. Kopfbolzendübel dürfen mit einer Fertigungsbeschichtung versehen werden, deren Schichtdicke 20 μm bis 40 μm nicht überschreiten darf.

Bei der Ausführung ist die Betonierreihenfolge so zu wählen, dass noch nicht vollständig abgebundener Beton infolge einer unplanmäßigen Verbundwirkung, die aus den Tragwerksverformungen infolge der nachfolgenden Betonierlasten resultiert, nicht geschädigt wird. In der Regel sollten Kopfbolzendübel erst planmäßig beansprucht werden, wenn der charakteristische Wert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons mindestens 20 N/mm^2 beträgt.

(942) Sicherung gegen Abheben der Betonplatte

Die für die Verhinderung des Abhebens wirksame Verankerungsfläche eines Verbundmittels (z. B. die Unterseite des Kopfes eines Kopfbolzendübels) soll mindestens 30 mm (lichter Abstand) über der unteren Bewehrung des Betongurtes liegen (siehe Bild 16 b)). Für Träger mit Vouten gilt Element (946).

(943) Dübelabstände

Der Achsabstand der Dübel e_L in Krafrichtung darf nicht kleiner als $5d$ sein. Senkrecht zur Krafrichtung (siehe Bild 16) darf der Achsabstand bei Vollbetonplatten den Wert $e_q = 2,5d$ und in allen anderen Fällen (bei Profilblechen) $e_q = 4d$ nicht unterschreiten.

Der Abstand der Dübel darf in Längsrichtung nicht größer als die 6fache Betongurtdicke und nicht größer als 800 mm sein. Der Randabstand e_D zwischen den Außenkanten des Dübels und des Flansches darf nicht kleiner als 20 mm sein (siehe Bild 16 a)).

Wenn bei horizontal angeordneten Dübeln Spaltzugkräfte in Dickenrichtung des Gurtes entstehen, sind die Anforderungen nach Element (937) zu beachten.

(944) Betondeckung und Verdichtung des Betons

Die Verdübelung ist konstruktiv so auszubilden, dass eine einwandfreie Verdichtung des Betons im Dübelfußbereich sichergestellt ist. Daher sind im Allgemeinen Kopfbolzendübel zu vermeiden, die von unten an den Obergurt geschweißt werden (z. B. bei kammerbetonierten Trägern und bei einbetonierten Stahlbergurten in Fachwerken). Bei Verwendung von Fertigteilen darf der lichte Abstand zwischen dem Dübelschaft und dem Fertigteil nicht kleiner als 25 mm sein. Die Betondeckung über den Dübeln darf bei Korrosionsgefahr die Werte für Betonstahl nach DIN 1045-1:2001-07, 6.3 nicht unterschreiten.

(945) Abmessungen des Stahlträgerflansches

Die Dicke des Bleches bzw. Stahlgurtes ist so zu wählen, dass eine einwandfreie Schweißung und eine Einleitung der Dübelkraft in den Stahlgurt ohne örtliche Überbeanspruchungen oder übermäßige Verformungen sichergestellt sind. Werden die Dübel nicht direkt über dem Steg angeordnet, so darf der Durchmesser des Dübels bei Tragwerken unter vorwiegend ruhender Beanspruchung den 2,5fachen Wert der Flansch- bzw. Blechdicke nicht überschreiten.

Wenn bei zugbeanspruchten Blechen und Gurten mit aufgeschweißten Dübeln ein Ermüdungsnachweis erforderlich ist, darf der Schaftdurchmesser des Dübels nicht größer als der 1,5fache Wert der Blech- bzw. Flanschdicke sein.

(946) Ausbildung von Vouten

Bei Ausbildung von Vouten zwischen dem Stahlträger und der Unterseite des Betongurtes ist in der Regel zu beachten, dass die Außenseiten der Voute außerhalb einer Linie liegen, die unter 45° von der Außenkante des Dübels zur oberen Kante der Voute verläuft (siehe Bild 16). Die seitliche Betondeckung e_v des Dübels am unteren Rand darf in der Regel nicht kleiner als 50 mm sein. Der lichte Abstand zwischen der unteren Querbewehrung und der für die Abhebesicherung wirksamen Fläche des Verbundmittels darf nicht kleiner als 40 mm sein.

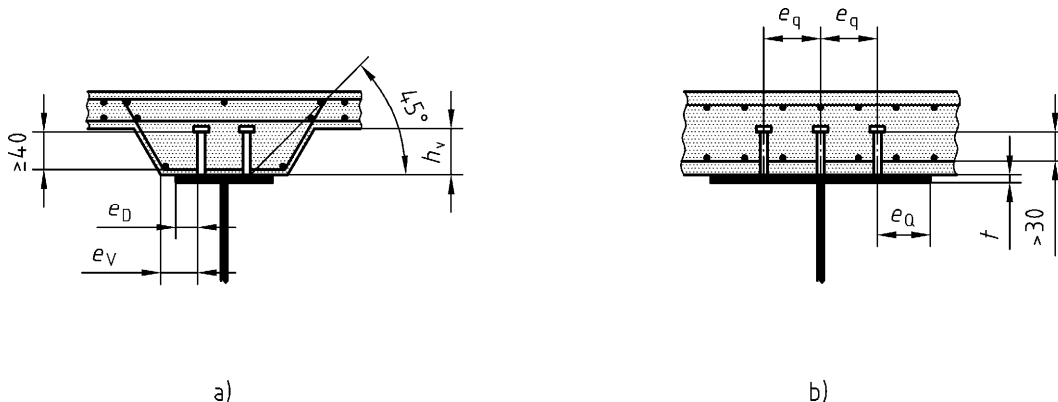


Bild 16 — Mindestmaße bei Vouten und lichte Abstände zwischen Unterkante Dübelkopf und der unteren Querbewehrung

(947) Kopfbolzendübel bei Profilblechen

Die Einbindetiefe des Dübels in den Beton oberhalb des Profilbleches darf im aufgeschweißten Zustand nicht kleiner als der 2fache Schaftdurchmesser des Dübels sein und die minimale Breite von ausbetonierten Rippenzellen darf nicht kleiner als 50 mm sein. Bezüglich der Sicherung gegen Abheben des Gurtes gilt Element (942).

Wenn die Geometrie des Profilbleches bei senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen eine zentrische Anordnung der Dübel in den Rippen nicht zulässt, sind die Dübel in der Regel über die gesamte Trägerlänge alternierend exzentrisch in den Rippen anzuordnen.

Bei Trägern mit parallel zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen mit offener Profilblechgeometrie (siehe Bild 29) sowie bei Trägern mit parallel zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen, die über dem Träger gestoßen sind (siehe Bild 14), sind die Bedingungen für Vouten nach Element (946) einzuhalten.

(948) Höchstwerte der Dübelabstände bei Flanschen mit örtlicher Beulgefahr

Wenn bei der Bemessung angenommen wird, dass ein örtliches Stabilitätsversagen des Stahl- oder Betonteils durch die Verdübelung verhindert wird, muss zur Realisierung dieser Annahme ein ausreichend enger Dübelabstand gewählt werden.

Wird ein Druckflansch, der üblicherweise in eine höhere Klasse einzustufen wäre, wegen des günstigen Einflusses der Verdübelung mit dem Betongurt auf das lokale Beulen in die Klasse 1 oder 2 eingestuft, so sind der Achsabstand e_l der Verbundmittel in Richtung der Druckbeanspruchung und der Abstand e_r zwischen der Außenkante des Druckflansches und der Achse der äußeren Dübelreihe nach Tabelle 9 zu begrenzen.

Tabelle 9 — Höchstwerte für Dübelabstände bei Flanschen nach Element (948)

Spalte	1	2
Zeile	Achsabstand	Achsabstand e mit f_{yk} in N/mm ²
1	e_L in Längsrichtung bei nicht unterbrochener Verbundfuge (z. B. bei Vollbetonplatten)	$e_L \leq 22 t \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$
2	e_L in Längsrichtung bei unterbrochener Verbundfuge (z. B. bei Gurten mit Profilblechen)	$e_L \leq 15 t \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$
3	e_Q zum freien Rand in Querrichtung nach Bild 16 b)	$e_Q \leq 9 t \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$

9.5 Längsschubtragfähigkeit des Betongurtes bei Verbundträgern

(949) Grundsätze

Der Betongurt und die Querbewehrung sind im Grenzzustand der Tragfähigkeit so zu bemessen, dass ein Versagen infolge Längsschub im Plattenanschnitt oder örtlicher Schubkrafteinleitung (Dübelumrissfläche) vermieden wird. Die in dem jeweils betrachteten Schnitt maßgebende einwirkende Längsschubkraft je Längeneinheit ist aus der erforderlichen Dübelanzahl unter Berücksichtigung der Verteilung der Dübel nach 9.4 zu ermitteln.

In kritischen Schnitten für die Längsschubtragfähigkeit des Betongurtes sind in Übereinstimmung mit DIN 1045-1:2001-07, 10.3.5 die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$\frac{v_{L,Ed}}{v_{Rd,max}} \leq 1,0 \quad \frac{v_{L,Ed}}{v_{Rd,sy}} \leq 1,0 \quad (45)$$

Dabei ist

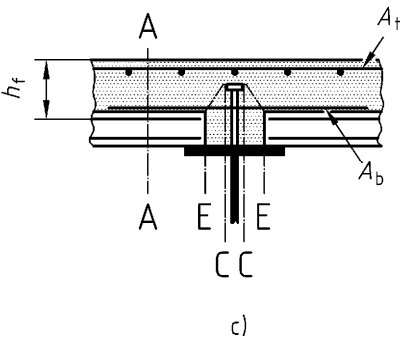
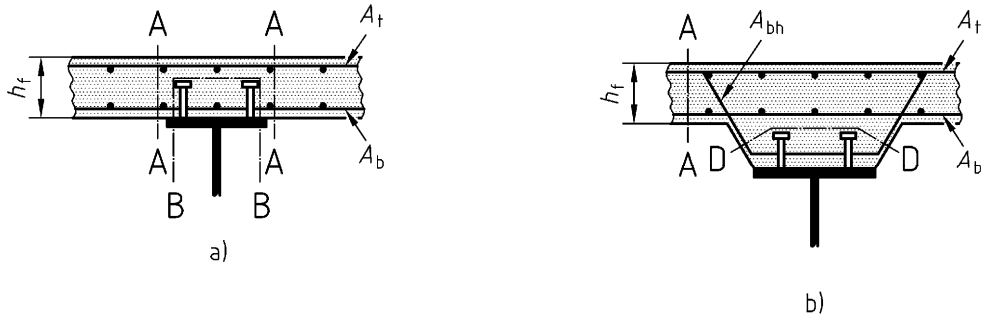
- $v_{L,Ed}$ der Bemessungswert der einwirkenden Längsschubkraft je Längeneinheit in den zu untersuchenden Schnitten für das Längsschubversagen,
- $v_{Rd,max}$ der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit je Längeneinheit nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3.4(6) bei rechtwinklig zur Trägerachse angeordneter Schubbewehrung, wobei für b_w in Gleichung (76) von DIN 1045-1:2001-07 die jeweils maßgebende Länge l_f des kritischen Schnittes nach Element (950) oder (951) und für z die jeweils untersuchte kritische Länge in Trägerlängsrichtung nach Element (902) zu berücksichtigen ist,
- $v_{Rd,sy}$ der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit je Längeneinheit nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3.4(4). In Gleichung (75) der DIN 1045-1:2001-07 ist dabei anstelle von z die jeweils untersuchte kritische Länge in Trägerlängsrichtung nach Element (902) einzusetzen. Der Verlauf der Längsschubkraft in Gurtquerrichtung darf bei der Bemessung der Querbewehrung berücksichtigt werden.

Bei kombinierter Beanspruchung durch Längsschubkräfte und Querbiegemomente im Gurtanschnitt (Schnitte a-a nach den Bildern 17 und 18) gilt DIN 1045-1:2001-07, 10.3.5(4).

(950) Kritische Schnitte und anrechenbare Querbewehrung bei Vollbetonplatten

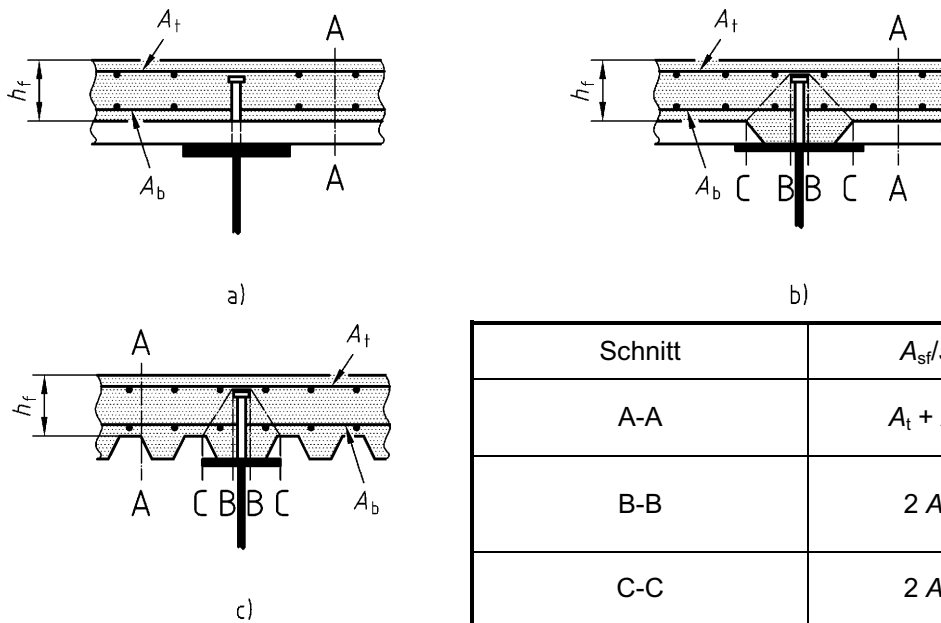
Bei Vollbetonplatten sind die kritischen Schnitte nach Bild 17 nachzuweisen. Für den Nachweis im Plattenanschnitt (Schnitt a-a) gilt DIN 1045-1:2001-07, 10.3.5(3). Bei den Nachweisen der Dübelumrissfläche (Schnitte b-b bis c-c) nach Gleichung (76) der DIN 1045-1:2001-07 ist anstelle von b_w die jeweilige Länge l_f

nach Bild 17 anzunehmen. Für den Plattenanschnitt (Schnitt a-a) ist $l_f = h_f$. Die Länge l_f des Schnittes b-b nach Bild 17 ergibt sich bei einreihigen oder bei versetzt angeordneten Dübeln aus dem zweifachen Wert der Dübelhöhe zuzüglich des Kopfdurchmessers des Dübels. Bei zweireihiger Dübelanordnung resultiert die Länge l_f des Schnittes b-b aus $(2h_{sc} + e_q)$ zuzüglich des Kopfdurchmessers eines Dübels. Dabei ist h_{sc} die Höhe des Dübels und e_q der Achsabstand der Dübel in Querrichtung. Beim Nachweis der Dübelumrissfläche nach Gleichung (75) der DIN 1045-1:2001-07 ergibt sich die anrechenbare Querbewehrung je Längeneinheit A_{st}/s_f nach Bild 17, wobei A_b , A_t und A_{bh} die jeweiligen Querschnittsflächen der Querbewehrung je Längeneinheit sind. Wenn im Schnitt a-a und im Schnitt e-e nach Bild 17 c) die Dicke des Teilfertigteils angerechnet werden soll, ist Element (953) zu beachten.



Schnitt	A_{st}/s_f
A-A	$A_b + A_t$
B-B	$2 A_b$
C-C	$2 A_b$
D-D	$2 A_{bh}$
E-E	$2 A_b$

Bild 17 — Maßgebende Schnitte beim Nachweis der Längsschubkrafttragfähigkeit



Schnitt	A_{st}/s_f
A-A	$A_t + A_b$
B-B	$2 A_b$
C-C	$2 A_b$

Bild 18 — Maßgebende Schnitte für den Nachweis der Längsschubkrafttragfähigkeit bei Betongurten mit Profilblechen

(951) Maßgebende Schnitte und anrechenbare Querbewehrung bei Querschnitten mit Profilblechen

Bei Gurten mit Profilblechen darf beim Nachweis im Plattenanschnitt (Schnitt a-a nach Bild 18) für h_f nur die Aufbetondicke oberhalb des Profilbleches berücksichtigt werden.

Bei Verwendung von senkrecht zur Trägerachse verlaufenden durchgehenden Profilblechen nach Bild 18 a) ist ein Nachweis der Dübelumrissfläche nicht erforderlich, wenn die Tragfähigkeit der Dübel unter Berücksichtigung des in Element (939) angegebenen Abminderungsfaktors k_t ermittelt wird.

Beim Nachweis des Schnittes c-c nach Bild 18 b) darf bei der Ermittlung von l_f der Beton innerhalb der Rippenhöhe nicht berücksichtigt werden. Die in den maßgebenden Schnitten anrechenbare Querbewehrung ist in Bild 18 angegeben. Bei parallel zur Trägerrichtung verlaufenden Profilblechen mit Profilblechhöhen $h_p > 60$ mm ist zusätzlich Element (938) zu beachten.

(952) Anrechnung von Profilblechen auf die Schubbewehrung

Senkrecht zur Trägerachse angeordnete und durchlaufende Profilbleche mit mechanischem Verbund oder Reibungsverbund dürfen beim Nachweis der Längsschubkrafttragfähigkeit im Schnitt a-a angerechnet werden. Anstelle der in DIN 1045-1:2001-07, 10.3.4(4) angegebenen Gleichung (75) ist dann der Nachweis mit Beziehung (46) zu führen.

$$(A_{sf} f_{sd}/s_f) + A_{pe} f_{yp,d} > v_{L,Ed} / \cot \theta \quad (46)$$

Dabei ist

A_{pe} die wirksame Querschnittsfläche des Profilbleches je Längeneinheit senkrecht zur Trägerrichtung, wobei bei vorgelochten Blechen die Nettoquerschnittsfläche maßgebend ist (A_{pe} ist in Element (1118) erläutert),

$f_{yp,d}$ der Bemessungswert der Streckgrenze des Profilbleches,

A_{sf} die anrechenbare Querbewehrung nach Bild 18,

θ Winkel zwischen den Betondruckstreben und der Trägerachse nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3.4.

Wenn bei senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechen die Bleche über dem Träger gestoßen werden und die Dübel direkt durch die Bleche auf den Träger geschweißt werden, ist in der Beziehung (46) für den Traganteil des Bleches anstelle von $A_{pe} f_{yp,d}$ der folgende Traganteil zu berücksichtigen:

$$P_{pb,Rd}/s \text{ jedoch } \leq A_{pe} f_{yp,d} \quad (47)$$

Dabei ist

$P_{pb,Rd}$ der Bemessungswert der Tragfähigkeit für die Endverdübelung mit durchgeschweißten Kopfbolzendübeln nach Element (1129),

s der Achsabstand der für die Endverdübelung des Profilbleches wirksamen Dübel in Trägerlängsrichtung.

(953) Verwendung von Teilfertigteilen

Wenn bei Verwendung von Teilfertigteilen (siehe Bild 17 c)) im Schnitt a-a die Dicke des Fertigteils bei h_f angerechnet wird, ist DIN 1045-1:2001-07, 10.3.6 zu beachten. Dies gilt auch für die horizontale Fuge zwischen Fertigteil und Aufbeton.

(954) Mindestbewehrung

Die Mindestbewehrung ist in der Regel in Übereinstimmung mit den Regelungen nach DIN 1045-1:2001-07, 13.2.3 zu ermitteln. Bei Gurten mit Profilblechen sind die Regelungen zur Ermittlung der erforderlichen Mindestbewehrung auf die Betonfläche oberhalb des Profilbleches zu beziehen.

(955) Einleitung der Längsschubkräfte im Bereich von freien Betonrändern

Bei Randträgern ist eine Querbewehrung erforderlich, die zwischen der dem freien Betonrand zugewandten Dübelreihe und dem freien Betonrand voll zu verankern ist.

Um eine örtliche Rissbildung in Trägerlängsrichtung zu verhindern, sind in der Regel bei Verbundträgern, bei denen der Abstand zwischen dem freien Betonrand und der Achse der benachbarten Dübelreihe kleiner als 300 mm ist, die nachfolgenden Konstruktionsregeln zu beachten:

- a) Anordnung einer Schlaufenbewehrung, die um die Dübel greift,
- b) bei Verwendung von Kopfbolzendübeln Einhalten eines Mindestabstandes von $6d$ zwischen dem freien Betonrand und der Achse der benachbarten Dübelreihe, wobei d der Nennwert des Dübelschaftdurchmessers ist. Der Durchmesser der Schlaufenbewehrung sollte mindestens $0,5d$ betragen und
- c) die Schlaufenbewehrung sollte unter Beachtung der Betondeckung so tief wie möglich angeordnet werden.

(956) Abstufung und Verankerung der Längs- und Querbewehrung

Die Längs- und Querbewehrung ist nach DIN 1045-1:2001-07, 12.6 zu verankern.

Im Bereich von Kragarmen und in den negativen Momentenbereichen von Durchlaufträgern ist die Abstufung der Längsbewehrung entsprechend der Dübelverteilung und unter Berücksichtigung des Versatzmaßes vorzunehmen.

9.6 Nachweis gegen Ermüdung**9.6.1 Allgemeines****(957) Anwendungsbereich und Teilsicherheitsbeiwerte**

Für den Nachweis gegen Ermüdung gelten DIN 18800-1:1990-11, Element (741) und DIN 1045-1:2001-07, 10.8. 9.6 enthält ergänzende Regelungen für die Ermittlung der Spannungsschwingbreiten und regelt den Nachweis der Ermüdung für Kopfbolzendübel.

Für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} für die Ermüdungsfestigkeit von Beton sowie Beton- und Spannstahl gilt DIN 1045-1:2001-07, 5.3.3.

Für Kopfbolzendübel ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Mf,v} = 1,25$ zu berücksichtigen.

Für Baustahl gelten die Regelungen in den jeweiligen Anwendungsnormen.

ANMERKUNG In DIN 18800-1 sind keine Bemessungsregeln für den Nachweis gegen Ermüdung angegeben. Für die Ermüdungsfestigkeit von Baustahl und geschweißten Konstruktionsdetails dürfen die Regelungen nach DIN-Fachbericht 103 zugrunde gelegt werden. Dies gilt auch für den Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} .

9.6.2 Ermüdungsfestigkeit

(958) Beton, Beton- und Spannstahl sowie Baustahl

Für Beton sowie Beton- und Spannstahl gilt DIN 1045-1:2001-07, 10.8. Für Baustahl gelten die Regelungen in den jeweiligen Anwendungsnormen.

(959) Kopfbolzendübel

Die Ermüdungsfestigkeitskurve für Kopfbolzendübel nach Element (935) ist in Bild 19 dargestellt und wird bei Verwendung von Normalbeton durch die Gleichung (48) beschrieben.

$$(\Delta\tau_R)^m N_R = (\Delta\tau_c)^m N_c \quad (48)$$

Dabei ist

$\Delta\tau_R$ die Ermüdungsfestigkeit bezogen auf die Querschnittsfläche des Dübelschaftes,

$\Delta\tau_c = 90 \text{ N/mm}^2$ der Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit bei der Bezugslastspielzahl N_c ,

$m = 8$ der Neigungsexponent der Ermüdungsfestigkeitskurve nach Bild 19,

N_R die zu $\Delta\tau_R$ zugehörige Anzahl der Spannungsspiele,

N_c die Bezugslastspielzahl mit $N_c = 2 \times 10^6$.

Bei Verwendung von Leichtbeton ist anstelle von $\Delta\tau_c$ die Ermüdungsfestigkeit $\eta_E \Delta\tau_c$ zu verwenden. Der Beiwert η_E ergibt sich nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 10, Zeile 7.

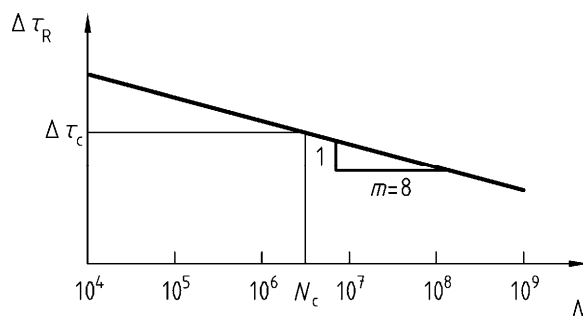


Bild 19 — Ermüdungsfestigkeitskurve für Kopfbolzendübel in Vollbetonplatten bei Längsschubbeanspruchung

9.6.3 Einwirkungen, Schnittgrößen und Spannungen

(960) Einwirkungen, Einwirkungskombination und Schnittgrößen

Die ermüdungswirksamen Einwirkungen sind den jeweiligen Anwendungsnormen zu entnehmen. Falls erforderlich, sind bei der Berechnung zur Erfassung von dynamischen Beanspruchungen Schwing- oder Stoßbeiwerte zu berücksichtigen. Die Schnittgrößen sind mit Hilfe einer elastischen Tragwerksberechnung für die Kombination der Einwirkungen nach DIN 1045-1:2001-07, 10.8.3(3) zu ermitteln. Die maximalen und minimalen Biegemomente und/oder Schnittgrößen zur Ermittlung der schädigungsäquivalenten Spannungsschwingbreiten werden nachfolgend mit $M_{Ed,max,f}$ und $M_{Ed,min,f}$ bezeichnet. Bei üblichen Hochbauten darf der häufige Verkehrslastanteil nach DIN 1055-100:2001-03, 10.4 für den Nachweis gegen Ermüdung zugrunde gelegt werden.

(961) Spannungen im Baustahl

Wenn infolge der Einwirkungskombination nach Element (960) im Betongurt Zugspannungen entstehen, dürfen die Spannungen im Baustahlquerschnitt mit Hilfe des Flächenmomentes zweiten Grades I_2 nach Element (314) berechnet werden. Andernfalls sind die Spannungen unter Annahme eines ungerissenen Querschnitts zu ermitteln. Die Spannungen im Baustahlquerschnitt sind auf den Grenzwert nach Element (1012) zu beschränken.

(962) Betonstahl

Bei der Spannungsermittlung muss in Bereichen, in denen unter der Einwirkungskombination nach Element (960) Zugspannungen im Beton entstehen, der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen im Allgemeinen berücksichtigt werden.

Die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite nach DIN 1045-1:2001-07, 10.8.3(5) ergibt sich zu:

$$\Delta\sigma_{s, \text{equ}} = \lambda_s \left| \sigma_{s, \text{max}, f} - \sigma_{s, \text{min}, f} \right| \quad (49)$$

Dabei ist

$\sigma_{s, \text{max}, f}$ maximale Spannung infolge $M_{\text{Ed}, \text{max}, f}$, die nach Element (1020) mit den Gleichungen (76) bis (78) zu ermitteln ist. Anstelle des in Gleichung (77) angegebenen Beiwertes $\beta = 0,4$ darf beim Nachweis gegen Ermüdung der Beiwert $\beta = 0,2$ berücksichtigt werden,

$\sigma_{s, \text{min}, f}$ minimale Spannung infolge des Biegemomentes $M_{\text{Ed}, \text{min}, f}$ nach Gleichung (50),

$$\sigma_{s, \text{min}, f} = \sigma_{s, \text{max}, f} \frac{M_{\text{Ed}, \text{min}, f}}{M_{\text{Ed}, \text{max}, f}} \quad (50)$$

λ_s der Schadensäquivalenzfaktor, der den entsprechenden Anwendungsnormen zu entnehmen ist.

Wenn infolge $M_{\text{Ed}, \text{min}, f}$ und $M_{\text{Ed}, \text{max}, f}$ oder nur infolge $M_{\text{Ed}, \text{min}, f}$ im Betongurt Druckspannungen entstehen, dürfen die Spannungen für diese Biegemomente unter Annahme eines ungerissenen Querschnitts ermittelt werden. Für übliche Hochbauten darf näherungsweise $\Delta\sigma_{s, \text{equ}} = \Delta\sigma_{s, \text{max}}$ angenommen werden, wobei $\Delta\sigma_{s, \text{max}}$ die maximale Spannungsschwingbreite unter der ermüdungswirksamen Einwirkungskombination ist.

(963) Verdübelung

Für die Verbundfuge muss die Längsschubkraft je Längeneinheit auf der Grundlage der Elastizitätstheorie ermittelt werden. In Bereichen mit wahrscheinlicher Rissbildung in Betonquerschnittsteilen sind im Allgemeinen der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen sowie der Einfluss von Überfestigkeiten bei der Betonzugfestigkeit zu berücksichtigen.

Auf der sicheren Seite liegend darf die Längsschubkraft in der Verbundfuge unter der Annahme eines ungerissenen Querschnitts bestimmt werden.

9.6.4 Nachweisverfahren**9.6.4.1 Beton, Beton- und Spannstahl sowie Baustahl****(964) Beton, Beton- und Spannstahl**

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 10.8.3. Die Spannungen im Betonstahl sind nach Element (962) zu ermitteln. Bei Spanngliedvorspannung ist das unterschiedliche Verbundverhalten von Beton- und Spannstahl nach DIN 1045-1:2001-07, 10.8.2 zu berücksichtigen.

(965) Baustahl

Der Nachweis ist nach den jeweils maßgebenden Anwendungsnormen zu führen.

ANMERKUNG Siehe Anmerkung zu Element (957).

9.6.4.2 Kopfbolzendübel**(966) Anwendungsbereich**

Die nachfolgenden Regelungen gelten für Verbundträger mit Gurten aus Vollbetonplatten, bei denen Kopfbolzendübel als Verbundmittel verwendet werden.

(967) Maximale Dübelbeanspruchungen

Die Längsschubkraft je Verbundmittel darf unter der charakteristischen Lastkombination den 0,6fachen Wert der Dübeltragfähigkeit P_{Rd} nach Element (935) nicht überschreiten.

(968) Betongurt in der Druckzone

Der Ermüdungsnachweis ist für Trägerbereiche, in denen der Betongurt unter der Einwirkungskombination nach Element (960) in der Druckzone liegt, mit der nachfolgenden Bedingung zu führen:

$$\frac{\gamma_{F,f} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,v}} \leq 1,0 \quad \text{mit} \quad \Delta\tau = \frac{\Delta P_{E,2}}{\pi d^2 / 4} \quad (51)$$

Dabei ist

$\Delta\tau_{E,2}$ die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite bezogen auf die Bezugslastspielzahl $N_c = 2 \times 10^6$. Die Spannungsschwingbreite $\Delta\tau_{E,2}$ ergibt sich dabei aus der schädigungsäquivalenten Schwingbreite der Schubkraft des Dübels $\Delta P_{E,2}$ und der Querschnittsfläche des Dübelschaftes nach Gleichung (51). Die ermüdungswirksamen Verkehrslasten zur Ermittlung von $\Delta\tau_{E,2}$ sind den Anwendungsnormen zu entnehmen. Für Hochbauten darf $\Delta\tau_{E,2}$ vereinfacht mit der häufigen Lastkombination ermittelt werden,

$\Delta\tau_c$ der auf $N_c = 2 \times 10^6$ Spannungsspiele bezogene Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit nach Element (959).

(969) Betongurt in der Zugzone

Wenn unter der maßgebenden Kombination im Gurt des Stahlträgers Zugspannungen auftreten, ist beim Nachweis die gleichzeitige Wirkung von Schubspannungsschwingbreiten $\Delta\tau_E$ im Dübel und von Normalspannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_E$ im Gurt des Trägers mit den nachfolgenden Bedingungen nachzuweisen:

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} + \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,v}} \leq 1,3 \quad (52)$$

$$\frac{\gamma_{Ff} \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{Mf}} \leq 1,0 \quad \frac{\gamma_{Ff} \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_c / \gamma_{Mf,v}} \leq 1,0 \quad (53)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{E,2}$ die schädigungsäquivalente Spannungsschwingbreite bezogen auf 2 Mio. Spannungsspiele. Die ermüdungswirksamen Verkehrslasten zur Bestimmung von $\Delta\sigma_E$ sind den Anwendungsnormen zu entnehmen. Für Hochbauten darf $\Delta\sigma_E$ vereinfacht mit der häufigen Lastkombination ermittelt werden,

$\Delta\sigma_c = 80 \text{ N/mm}^2$ die Ermüdungsfestigkeit des zugbeanspruchten Stahlgurtes für die Bezugslastspielzahl $N = 2 \times 10^6$.

Die Schubspannungsschwingbreite $\Delta\tau_{E,2}$ und die Ermüdungsfestigkeit $\Delta\tau_c$ sind in Element (968) erläutert.

Die Bedingung (52) ist in der Regel sowohl für die maximale Normalspannungsschwingbreite $\Delta\sigma_{E,2}$ und den zugehörigen Wert $\Delta\tau_{E,2}$ als auch für die maximale Schubspannungsschwingbreite und den zugehörigen Wert $\Delta\sigma_{E,2}$ nachzuweisen. Wenn der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen nicht mit genaueren Berechnungsverfahren berücksichtigt wird, ist der Nachweis mit den jeweils zugehörigen Spannungsschwingbreiten im Allgemeinen sowohl mit den Querschnittskenngößen des ungerissenen als auch mit den Querschnittskenngößen des gerissenen Querschnitts zu führen.

9.7 Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile

9.7.1 Allgemeines

(970) Anwendungsbereich

9.7 regelt die Bemessung und konstruktive Ausbildung von Verbundstützen und druckbeanspruchten Verbundbauteilen, die aus vollständig einbetonierten Stahlprofilen (Bild 20 a)), aus teilweise einbetonierten Stahlprofilen (Bild 20 b) und 20 c)) oder aus runden bzw. rechteckigen ausbetonierten Hohlprofilen bestehen (Bild 20 d) bis Bild 20 f)) und bei denen Baustahlgüten S235 bis S460 und Normalbetone der Festigkeitsklassen C20/25 bis C50/60 verwendet werden. Der Querschnittsparameter δ muss die Bedingung (54) erfüllen:

$$0,2 \leq \delta \leq 0,9 \tag{54}$$

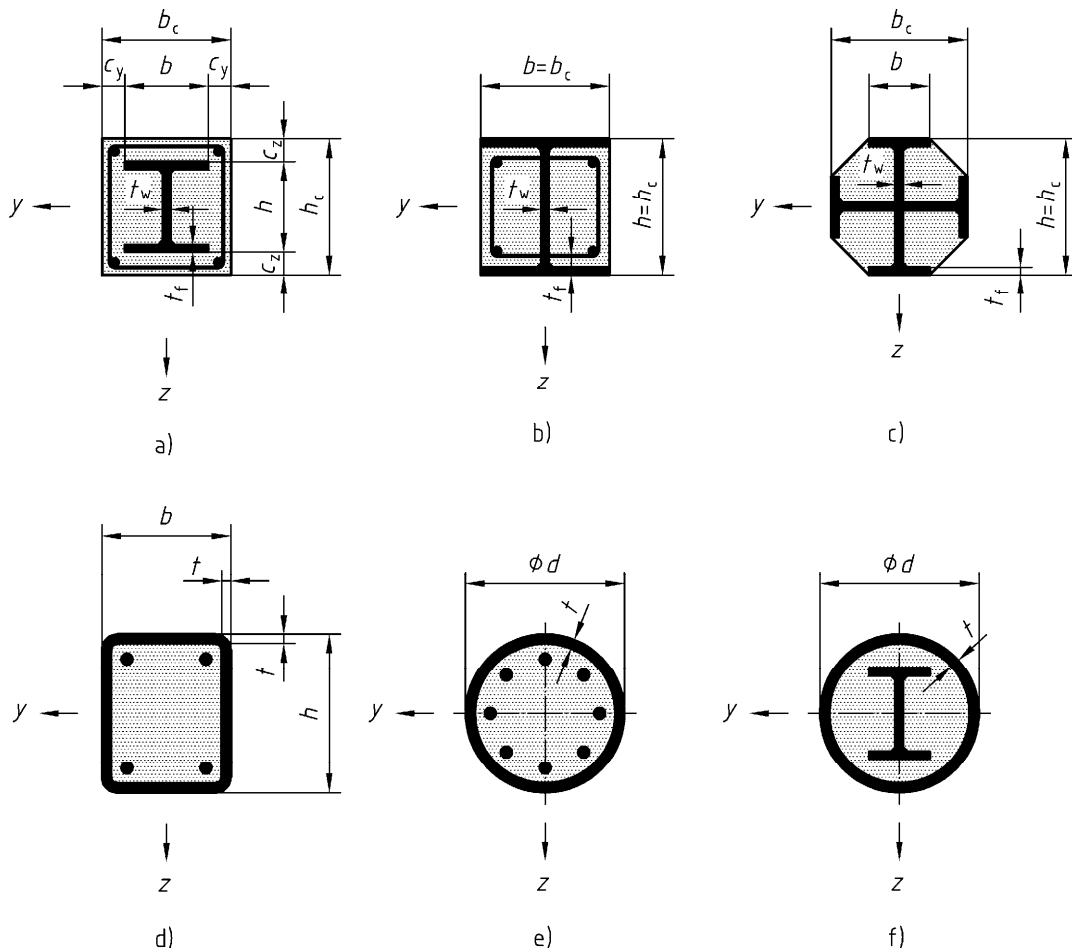


Bild 20 — Beispiele für Querschnitte von Verbundstützen — Bezeichnungen

Der Querschnittsparameter δ ergibt sich nach Gleichung (55). Dabei ist $N_{pl,Rd}$ die vollplastische Normalkrafttragfähigkeit bei Druckbeanspruchung nach Element (979).

$$\delta = \frac{A_a \cdot f_{yd}}{N_{pl,Rd}} \quad (55)$$

(971) Bemessungsverfahren und erforderliche Nachweise

Für den Nachweis der Tragsicherheit werden zwei Nachweisverfahren angegeben:

- ein allgemeines Verfahren nach 9.7.2, das auch für Druckglieder mit unsymmetrischen Querschnitten oder über die Stützenlänge veränderlichen Querschnitten gültig ist,
- ein vereinfachtes Verfahren nach 9.7.3 für Druckglieder mit doppelsymmetrischen und über die Bauteillänge konstanten Querschnitten.

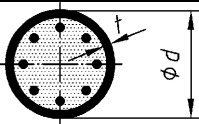
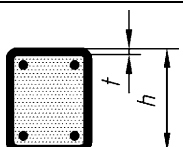
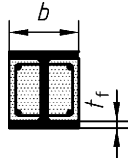
Für Verbundstützen und druckbeanspruchte Verbundbauteile sind folgende Nachweise zu führen:

- Tragfähigkeit des Bauteils nach 9.7.2 oder 9.7.3,
- Nachweis gegen örtliches Beulen von Stahlteilen nach Element (973),
- Nachweis der Lasteinleitung nach 9.7.4.2,
- Nachweis der Längsschubtragfähigkeit nach 9.7.4.3.

(972) Gleichzeitige Beanspruchung durch Normalkräfte und Biegemomente

Wenn bei druckbeanspruchten Verbundbauteilen Biegemomente und Normalkräfte aus unabhängigen Einwirkungen resultieren, sind die Teilsicherheitsbeiwerte für diejenigen Schnittgrößen, die zu einer Erhöhung der Beanspruchbarkeit führen, um 20 % abzumindern.

Tabelle 10 — Grenzwerte $\max(d/t)$, $\max(h/t)$ und $\max(b/t_f)$

Spalte	1	2
Zeile	Querschnitt	$\max(d/t)$, $\max(h/t)$ und $\max(b/t_f)$ mit f_{yk} in N/mm ²
1	ausbetonierte kreisförmige Hohlprofile 	$\max(d/t) = 90 \frac{240}{f_{yk}}$
2	ausbetonierte rechteckige Hohlprofile 	$\max(h/t) = 52 \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$
3	teilweise einbetonierte I-Querschnitte 	$\max(b/t_f) = 44 \sqrt{\frac{240}{f_{yk}}}$

(973) Örtliches Beulen von Stahlquerschnittsteilen

Wenn die Tragfähigkeit durch örtliches Beulen in Stahlquerschnittsteilen beeinflusst wird, muss dies bei der Bemessung berücksichtigt werden.

Der Nachweis gegen örtliches Beulen darf bei vollständig einbetonierten Stahlprofilen mit Betondeckungen nach Element (997) entfallen. Für andere Querschnitte darf der Nachweis entfallen, wenn die in Tabelle 10 angegebenen Grenzwerte nicht überschritten werden.

9.7.2 Allgemeines Bemessungsverfahren**(974) Bemessungsgrundlagen**

Beim Nachweis der Gesamtstabilität sind die Auswirkungen nach Theorie II. Ordnung unter Berücksichtigung von geometrischen und strukturellen Imperfektionen, örtlichen Instabilitäten, des Einflusses der Rissbildung und des Plastizierens sowie der Auswirkungen aus dem Kriechen und Schwinden des Betons zu berücksichtigen.

Es ist nachzuweisen, dass im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter der ungünstigsten Kombination der Einwirkungen stabiles Gleichgewicht herrscht und an keiner Stelle die Tragfähigkeit des Querschnitts für Biegung, Normalkraft und Querkraft überschritten wird. Die Einflüsse nach Theorie II. Ordnung sind für alle möglichen Versagensrichtungen zu untersuchen.

Die Schnittgrößen sind nach der Fließzonentheorie zu ermitteln. Bei der Berechnung darf Ebenbleiben des Querschnitts und vollständiger Verbund zwischen Beton- und Stahlprofil angenommen werden. Die Zugfestigkeit des Betons darf bei der Berechnung nicht berücksichtigt werden. Die Einflüsse aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen dürfen berücksichtigt werden.

(975) Spannungsdehnungslinien, Kriechen und Schwinden

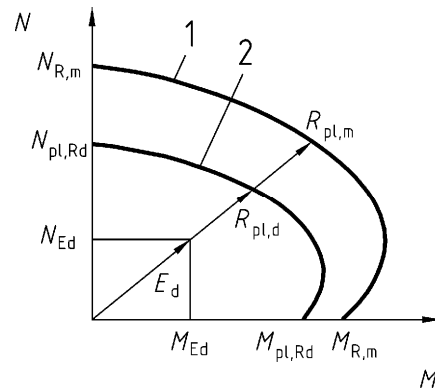
Für Beton und Betonstahl gilt DIN 1045-1:2001-07, 8.5.1. Für das Langzeitverhalten des Betons gilt DIN 1045-1:2001-07 und DIN 1045-1:2005-06 9.1.5. Für Baustahl darf ein ideal-elastisch-ideal-plastisches Werkstoffverhalten zugrunde gelegt werden.

(976) Sicherheitskonzept

Beim Nachweis nach dem allgemeinen Bemessungsverfahren gilt das Sicherheitskonzept nach Element (506). Eine ausreichende Tragsicherheit gilt als nachgewiesen, wenn der auf die Bemessungswerte der Einwirkungen bezogene Laststeigerungsfaktor η_u größer als der Teilsicherheitsbeiwert γ_R für den Systemwiderstand ist. Der Teilsicherheitsbeiwert γ_R ist dabei für den maßgebenden Bemessungspunkt nach Bild 21 nach Element (506) zu bestimmen.

(977) Imperfektionen

Bei der Berechnung dürfen anstelle von geometrischen und strukturellen Imperfektionen für die Vorkrümmung auch geometrische Ersatzimperfektionen nach Tabelle 11 verwendet werden.



Legende

- 1 vollplastisch ermittelte Interaktionskurve unter Ansatz der rechnerischen Mittelwerte der Werkstofffestigkeiten
- 2 Interaktionskurve nach 9.7.3.2

Bild 21 — Zur Ermittlung des Teilsicherheitsbeiwertes γ_R

9.7.3 Vereinfachtes Nachweisverfahren

9.7.3.1 Allgemeines

(978) Anwendungsbereich

Das vereinfachte Nachweisverfahren gilt für Stützen mit doppelsymmetrischen und über die Bauteillänge konstanten Verbundquerschnitten mit gewalzten, kalt- und warmprofilierten oder geschweißten Stahlprofilen.

Für Baustahlquerschnitte, die aus zwei oder mehreren nicht miteinander verbundenen Querschnittsteilen bestehen, darf das Näherungsverfahren nur für Ausweichen senkrecht zur Stoffachse des Baustahlquerschnitts angewendet werden. Bei ausbetonierten Hohlprofilen dürfen zusätzliche Einstellprofile (Bild 20 f)) aus geschweißten oder gewalzten I-Profilen und Kreuzprofilen verwendet werden. Vorhandene Längsbewehrung darf rechnerisch maximal mit 6 % der Betonfläche berücksichtigt werden. Das Verhältnis h_c/b_c bzw. h/b nach Bild 20 muss die Bedingung $0,2 \leq h/b \leq 5,0$ erfüllen.

Der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}$ nach Gleichung (67) muss die nachfolgende Bedingung erfüllen:

$$\bar{\lambda}_K \leq 2,0 \quad (56)$$

Bei vollständig einbetonierten Stahlprofilen nach Bild 20 a) dürfen rechnerisch maximal die Betondeckungen

$$\max c_z = 0,3h \quad \max c_y = 0,4 b \quad (57)$$

berücksichtigt werden.

9.7.3.2 Querschnittstragfähigkeit

(979) Vollplastische Normalkrafttragfähigkeit

Der Bemessungswert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit $N_{pl,Rd}$ des Verbundquerschnitts ergibt sich aus der Addition der Bemessungswerte der Tragfähigkeiten der einzelnen Querschnittsteile.

$$N_{pl,Rd} = N_{pl,a,Rd} + N_{c,Rd} + N_{s,Rd} = A_a f_{yd} + A_c f_{cd} + A_s f_{sd} \quad (58)$$

Dabei ist

A_a , A_c und A_s die Querschnittsflächen von Profilstahl, Beton und Bewehrung,

f_{yd} , f_{cd} und f_{sd} die Bemessungswerte der Festigkeiten nach 5.2. Bei der Ermittlung der Festigkeit f_{cd} nach DIN 1045-1:2001-07, 9.1.6(2) darf für teilweise und vollständig einbetonierten Stahlprofile $\alpha = 0,85$ und für betongefüllte Hohlprofile $\alpha = 1,00$ angenommen werden.

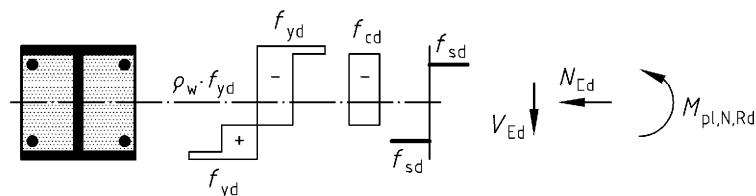
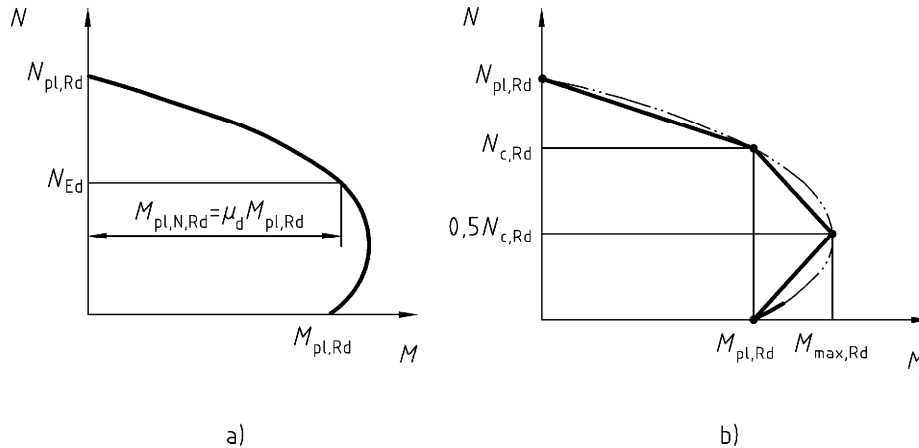


Bild 22 — Vollplastische Interaktionskurve für Druck und einachsige Biegung

(980) Querschnittstragfähigkeit bei Druck und Biegung

Bei Druck und Biegung dürfen die Querschnittstragfähigkeit und die Interaktionskurve des Verbundquerschnittes mit den in Bild 22 dargestellten vollplastischen Spannungsblöcken ermittelt werden. Für den Ansatz von α gilt Element (979). Die Interaktionskurve darf auf der sicheren Seite liegend durch einen Polygonzug (z. B. nach Bild 22 b)) angenähert werden.

(981) Berücksichtigung von Querkraften bei der Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit

Der Einfluss von Querkraften auf die Tragfähigkeit bei Druck und Biegung ist bei der Ermittlung der Interaktionskurve zu berücksichtigen, wenn die einwirkende anteilige Querkraft des Baustahlquerschnittes $V_{a,Ed}$ den 0,5fachen Wert der in Element (910) angegebenen vollplastischen Querkrafttragfähigkeit des Baustahlquerschnittes $V_{pl,a,Rd}$ überschreitet. Für $V_{a,Ed} > 0,5V_{pl,a,Rd}$ darf der Einfluss der Querkraft auf die Querschnittstragfähigkeit für Druck und Biegung durch Ansatz eines reduzierten Bemessungswertes der Streckgrenze $\rho_w f_{yd}$ in den querkraftübertragenden Querschnittsteilen berücksichtigt werden. Siehe hierzu Element (912).

Die anteilige Bemessungsquerkraft des Stahlprofils $V_{a,Ed}$ darf die in Element (910) angegebene Querkrafttragfähigkeit des Stahlprofils nicht überschreiten. Die Querkrafttragfähigkeit des bewehrten Betonquerschnittes $V_{c,Rd}$ ist nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3 nachzuweisen. Wenn kein genauere Nachweis erfolgt, darf die Aufteilung der Bemessungsquerkraft V_{Ed} in den auf das Stahlprofil ($V_{a,Ed}$) und auf den Stahlbetonquerschnitt ($V_{c,Ed}$) entfallenden Anteil nach den Gleichungen (59) und (60) ermittelt werden. Vereinfachend darf angenommen werden, dass V_{Ed} nur vom Baustahlquerschnitt übertragen wird.

$$V_{a,Ed} = V_{Ed} \frac{M_{pl,a,Rd}}{M_{pl,Rd}} \quad (59)$$

$$V_{c,Ed} = V_{Ed} - V_{a,Ed} \quad (60)$$

Dabei ist

$M_{pl,a,Rd}$ die vollplastische Momententragfähigkeit des Baustahlquerschnittes und

$M_{pl,Rd}$ die vollplastische Momententragfähigkeit des Verbundquerschnittes.

(982) Berücksichtigung der Umschnürungswirkung bei betongefüllten Rohren

Bei betongefüllten kreisförmigen Hohlprofilen darf die aus der Umschnürungswirkung des Rohres resultierende Erhöhung der Betondruckfestigkeit berücksichtigt werden, wenn

- der bezogene Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ nach Element (984) nicht größer als 0,5 und
- die auf den Außendurchmesser d bezogene Exzentrizität $e = M_{Ed}/N_{Ed}$ kleiner als 0,1 ist.

Die vollplastische Normalkrafttragfähigkeit darf dann mit Gleichung (61) ermittelt werden, wobei t die Wanddicke des Rohres ist.

$$N_{pl,Rd} = N_{a,Rd} + N_{c,Rd} + N_{s,Rd} = \eta_a A_a f_{yd} + A_c f_{cd} \left(1 + \eta_c \frac{t}{d} \frac{f_y}{f_{ck}} \right) + A_s f_{sd} \quad (61)$$

Für Druckglieder mit $e = 0$ ergeben sich die Werte $\eta_a = \eta_{a0}$ und $\eta_c = \eta_{c0}$ in Abhängigkeit vom bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ nach Element (984) zu:

$$\eta_{a0} = 0,25 (3 + 2 \bar{\lambda}_K) \quad (\text{jedoch} \leq 1,0) \quad (62)$$

$$\eta_{c0} = 4,9 - 18,5 \bar{\lambda}_K + 17 \bar{\lambda}_K^2 \quad (\text{jedoch} \geq 0) \quad (63)$$

Bei Druckgliedern mit kombinierter Beanspruchung durch Biegemomente und Normalkräfte mit $0 < e/d \leq 0,1$ ergeben sich die Werte η_a und η_c nach den Gleichungen (64) und (65), wobei η_{a0} und η_{c0} nach den Gleichungen (62) und (63) zu bestimmen sind.

$$\eta_a = \eta_{a0} + (1 - \eta_{a0}) (10 e/d) \quad (64)$$

$$\eta_c = \eta_{c0} (1 - 10 e/d) \quad (65)$$

Für $e/d > 0,1$ gilt $\eta_a = 1,0$ und $\eta_c = 0$.

9.7.3.3 Tragfähigkeitsnachweis bei planmäßig zentrischem Druck

(983) Allgemeines

Der Nachweis darf nach Element (984) oder nach 9.7.3.4 geführt werden.

(984) Nachweis auf der Grundlage der europäischen Knickspannungslinien

Der Tragsicherheitsnachweis ist für die maßgebende Ausweichrichtung mit Bedingung (66) zu führen.

$$\frac{N_{Ed}}{\kappa N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (66)$$

Der Abminderungsfaktor κ ($= \kappa_y$ bzw. κ_z) ist in Abhängigkeit von dem bezogenen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_K$ nach Gleichung (67) und dem Bewehrungsgrad $\rho_s = A_s/A_c$ für den jeweiligen Querschnitt mit der nach Tabelle 11 zugeordneten Knickspannungslinie nach DIN 18800-2:1990-11, Element (304), Gleichungen (4a) bis (4c) zu ermitteln. Der bezogene Schlankheitsgrad ergibt sich für die jeweils betrachtete Versagensachse zu:

$$\bar{\lambda}_K = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{Ki,k}}} \quad (67)$$

Dabei ist

$N_{pl,Rk}$ der charakteristische Wert der vollplastischen Normalkrafttragfähigkeit, der sich nach Gleichung (58) ergibt, wenn anstelle der Bemessungswerte der Festigkeiten die charakteristischen Werte verwendet werden,

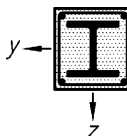
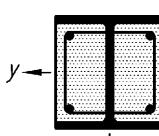
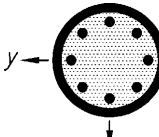
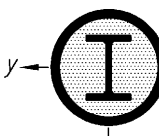
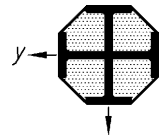
$N_{Ki,k}$ die Normalkraft unter der kleinsten Verzweigungslast für die jeweils betrachtete Versagens-ebene, die mit der wirksamen Biegesteifigkeit $(EI)_{eff,\lambda}$ nach Gleichung (68) zu bestimmen ist.

Die wirksame Biegesteifigkeit $(EI)_{eff,\lambda}$ des Querschnitts zur Berechnung des bezogenen Schlankheitsgrades ergibt sich zu:

$$(EI)_{eff,\lambda} = E_a I_a + E_s I_s + 0,6 E_{c,eff} I_c \quad (68)$$

In Gleichung (68) sind I_a , I_c und I_s die für die jeweils betrachtete Versagensebene maßgebenden Flächenmomente zweiten Grades für den Baustahl-, Betonstahl- und den als ungerissen angenommenen Betonquerschnitt. Der wirksame Elastizitätsmodul des Betons $E_{c,eff}$ ist nach Element (831), Gleichung (8) zu berechnen.

Tabelle 11 — Knickspannungslinien für Verbundstützen und geometrische Ersatzimperfectionen (Stich der Vorkrümmung w_0, v_0 bezogen auf die Stützenlänge L)

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Querschnitt	Anwendungsgrenzen	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knickspannungslinie	Maximaler Stich der Vorkrümmung
1	vollständig einbetonierte gewalzte oder geschweißte I-Querschnitte		y-y	b	$L/200$
2			z-z	c	$L/150$
3	teilweise einbetonierte gewalzte oder geschweißte I-Querschnitte		y-y	b	$L/200$
4			z-z	c	$L/150$
5	kreisförmige und rechteckige Hohlprofile	$\rho_s \leq 3 \%$	y-y und z-z	a	$L/300$
6		$3 \% < \rho_s \leq 6 \%$	y-y und z-z	b	$L/200$
7	geschweißte Kastenquerschnitte		y-y und z-z	b	$L/200$
8	ausbetonierte Rohre mit zusätzlichen gewalzten oder geschweißten I-Profilen als Einstellprofil		y-y	b	$L/200$
9			z-z	b	$L/200$
10	teilweise einbetonierte Profile aus gewalzten oder geschweißten gekreuzten I-Profilen		y-y und z-z	b	$L/200$
					

9.7.3.4 Tragfähigkeitsnachweis bei Druck und Biegung

(985) Nachweisformat bei Druck und einachsiger Biegung

Der Tragfähigkeitsnachweis ist unter Verwendung der Interaktionskurve nach Element (980) für die maßgebende Ausweichrichtung mit der nachfolgenden Bedingung zu führen:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,N,Rd}} = \frac{M_{Ed}}{\mu_d M_{pl,Rd}} \leq \alpha_M \quad (69)$$

Dabei ist

- M_{Ed} das betragsmäßig größte Moment, das sich entweder aus den Randmomenten oder aus dem innerhalb der Stützenlänge auftretenden Maximalmoment ergibt. Die Momente sind dabei unter Berücksichtigung von Imperfektionen nach Element (805) und, falls erforderlich, unter Berücksichtigung der Theorie II. Ordnung mit der wirksamen Biegesteifigkeit nach Element (831) zu ermitteln,
- $M_{pl,N,Rd}$ die nach Bild 22 ermittelte vollplastische Momententragfähigkeit des Querschnitts bei gleichzeitiger Wirkung der Normalkraft N_{Ed} mit $M_{pl,N,Rd} = \mu_d M_{pl,Rd}$,
- $M_{pl,Rd}$ die vollplastische Momententragfähigkeit des Querschnitts,
- α_M ein Beiwert, der für die Baustähle S235, S275 und S355 mit $\alpha_M = 0,9$ und für die Baustähle S420 und S460 mit $\alpha_M = 0,8$ anzunehmen ist.

Der Beiwert $\mu_d = \mu_{dy}$ oder μ_{dz} nach den Bildern 22 und 23 bezieht sich auf die zur betrachteten Biegeachse zugehörige vollplastische Momententragfähigkeit $M_{pl,Rd}$. Dabei sind Werte $\mu_d > 1,0$ nur zulässig, wenn das Biegemoment M_{Ed} und die Normalkraft N_{Ed} nicht unabhängig voneinander wirken können (z. B., wenn das Biegemoment aus einer Exzentrizität der Normalkraft resultiert). Andernfalls ist ein zusätzlicher Nachweis unter Beachtung von Element (972) erforderlich.

(986) Tragfähigkeitsnachweis bei Druck und zweiachsiger Biegung

Für Verbundstützen und Druckglieder in Verbundbauweise mit Druck und zweiachsiger Biegung dürfen die Beiwerte μ_{dy} und μ_{dz} nach Element (985) und Bild 23 für jede Biegeachse getrennt ermittelt werden. Der Einfluss von Imperfektionen ist bei der stärker versagensgefährdeten Achse zu berücksichtigen. Wenn die stärker versagensgefährdete Achse nicht eindeutig bestimmbar ist, ist der Nachweis für beide Achsen mit den jeweils zugehörigen Imperfektionen getrennt zu führen. Der Tragfähigkeitsnachweis ist für die maximalen Biegemomente innerhalb der Stützenlänge und für die Randmomente mit den nachfolgenden Bedingungen (70) und (71) zu führen.

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} M_{pl,y,Rd}} \leq \alpha_{M,y} \quad \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} M_{pl,z,Rd}} \leq \alpha_{M,z} \quad (70)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{\mu_{dy} M_{pl,y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{\mu_{dz} M_{pl,z,Rd}} \leq 1,0 \quad (71)$$

Dabei ist

- $M_{pl,y,Rd}$ und $M_{pl,z,Rd}$ die vollplastischen Momententragfähigkeiten für die jeweilige Biegeachse,
- $M_{y,Ed}$ und $M_{z,Ed}$ die nach Theorie II. Ordnung unter Ansatz von Imperfektionen ermittelten Bemessungswerte der einwirkenden Biegemomente.

Die Beiwerte μ_{dy} , μ_{dz} und $\alpha_M = \alpha_{M,y}$ sowie $\alpha_M = \alpha_{M,z}$ sind in Element (985) erläutert.

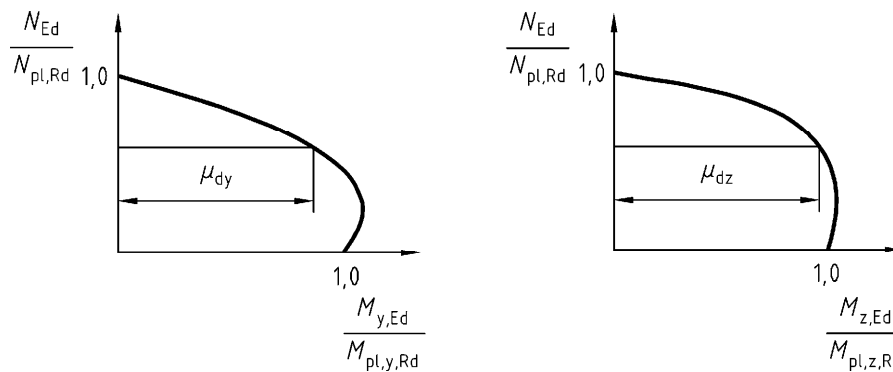


Bild 23 — Nachweis bei Druck und Biegung

9.7.4 Verbundsicherung und Kraffteinleitung

9.7.4.1 Allgemeines

(987) Grundsätze

Die Schubtragfähigkeit der Verbundfuge zwischen Profilstahl und Beton ist durch Einhalten von Verbundspannungen, Aktivierung von Reibungskräften an den Berührungsflächen zwischen Stahl und Beton oder durch mechanische Verbundmittel sicherzustellen, ohne dass ein nennenswerter Schlupf auftritt. Kraffteinleitungsbereiche sind Stützenendbereiche und Bereiche innerhalb der Stützenlänge mit Einleitung von Normalkräften und/oder Biegemomenten aus angrenzenden Bauteilen. Bei planmäßig zentrisch beanspruchten Stützen ist außer dem Nachweis für die Kraffteinleitungsbereiche kein Nachweis der Verbundsicherung erforderlich. Für Stützen mit Querkraften aus Querlasten oder aus Randmomenten ist die Verbundsicherung für die Kraffteinleitungsbereiche und für den Querkraftschub in maßgebenden kritischen Schnitten nachzuweisen.

9.7.4.2 Nachweis der Kraffteinleitung

(988) Grundsätze

In den Kraffteinleitungsbereichen und an Stellen mit Querschnittsänderungen sind in der Regel Verbundmittel anzuordnen, wenn in der Verbundfuge zwischen Stahlprofil und Beton der Bemessungswert der Verbundspannung τ_{Rd} nach Element (996) überschritten wird. Die Längsschubkräfte ergeben sich dabei aus der Differenz der Teilschnittgrößen des Stahl- oder Stahlbetonquerschnitts im Bereich der Kraffteinleitungslänge.

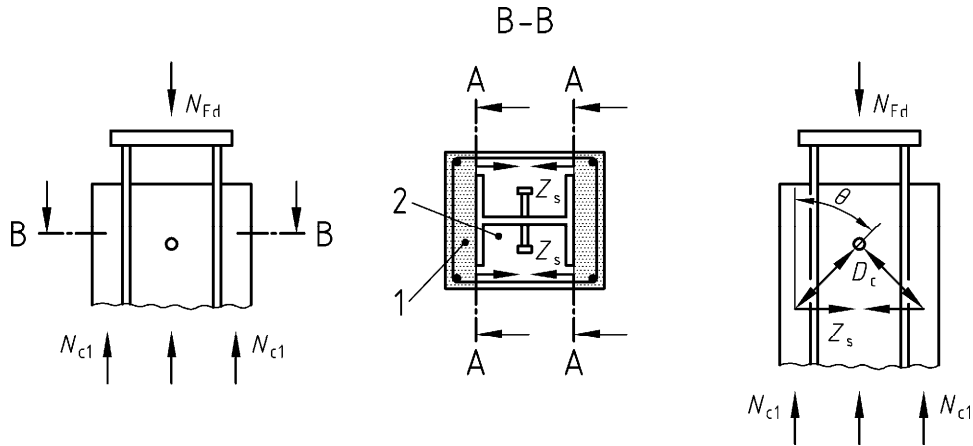
Wenn die Lasteinleitung nur über den Betonquerschnitt erfolgt, sind die Teilschnittgrößen in der Regel mit Hilfe einer elastischen Berechnung unter Berücksichtigung des Kriechens und Schwindens zu ermitteln. In allen anderen Fällen sind die Längsschubkräfte im Allgemeinen mit den vollplastisch ermittelten Teilschnittgrößen zu berechnen. Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, darf die Lasteinleitungslänge nicht größer als $2d$ oder $L/3$ angenommen werden. Dabei ist d die kleinste Außenabmessung des Querschnitts und L die Stützenlänge.

(989) Lasteinleitung mit Endkopfplatten

Bei einer Lasteinleitung über Endkopfplatten ist im Kraffteinleitungsbereich keine Verbundsicherung mit Verbundmitteln erforderlich, sofern nachgewiesen werden kann, dass die Fuge zwischen Betonquerschnitt und Kopfplatte unter Berücksichtigung von Kriechen und Schwinden ständig überdrückt ist. Andernfalls sind die Lasteinleitungsbereiche nach Element (990) nachzuweisen. Bei betongefüllten kreisförmigen Hohlprofilen darf der Einfluss aus der Umschnürungswirkung des Rohres berücksichtigt werden, wenn die Bedingungen nach Element (982) eingehalten sind. In diesem Fall dürfen beim Nachweis der Lasteinleitung die Beiwerte η_a und η_c für $\bar{\lambda}_K = 0$ berücksichtigt werden.

(990) Lasteinleitung nur über das Stahlprofil oder nur über den Betonquerschnitt

Werden die Lasten nur über den Stahlquerschnitt oder nur über den Betonquerschnitt eingeleitet, so ist in den Kräfteinleitungsbereichen eine Verdübelung erforderlich. Bei Verwendung von Kopfbolzendübeln in den Kammern von I-Profilen darf die Tragfähigkeit nach Element (991) berechnet werden. Für die erforderliche Bügelbewehrung in den Kräfteinleitungsbereichen gilt DIN 1045-1:2001-07, 13.5.3. Bei teilweise einbetonierten Querschnitten ist die Bügelbewehrung mit dem Steg des Stahlprofils kraftschlüssig zu verbinden oder mit Hilfe von Steckhaken oder Dübeln zu verankern (siehe Bild 7).

**Legende**

- 1 indirekt angeschlossene Querschnittsfläche
- 2 direkt angeschlossene Querschnittsfläche

Bild 24 — Direkt und indirekt angeschlossene Betonquerschnittsflächen

Wenn bei vollständig einbetonierten Stahlprofilen die Lasteinleitung nur über das Stahlprofil oder nur über den Betonquerschnitt erfolgt, ist die erforderliche Bügelbewehrung zum Anschluss der Teilschnittgrößen derjenigen Beton- und Betonstahlquerschnittsteile, die indirekt durch Verbundmittel angeschlossen sind, mit dem in Bild 24 dargestellten Fachwerkmodell für die Kraft Z_s im Schnitt A-A zu ermitteln. Bei dem Querschnitt nach Bild 24 ist z. B. die angegebene anteilige Kraft N_{c1} als nicht direkt angeschlossen anzunehmen. Bei der Bemessung und Anordnung der Bügel ist im Allgemeinen für die Druckstreben des Fachwerks D_c eine Neigung von $\theta = 45^\circ$ anzunehmen.

(991) Tragfähigkeit von Kopfbolzendübeln in den Kammern von Walzprofilen

Wenn bei teilweise oder vollständig einbetonierten und vergleichbaren I-Querschnitten Kopfbolzendübel an den Stegen angeordnet werden, dürfen die an den Innenseiten der Flansche entstehenden Reibungskräfte berücksichtigt werden, die aus der Behinderung der Spaltzugkräfte im Beton resultieren. Die Reibungskräfte dürfen zusätzlich zu den Abscherkräften der Dübel berücksichtigt werden.

Die zusätzliche Tragfähigkeit darf nach Bild 25 mit $\mu P_{Rd}/2$ für jeden Flansch und jede horizontale Dübelreihe in Rechnung gestellt werden. Hierbei ist μ der von der Oberflächenbeschaffenheit abhängige Reibungsbeiwert, der bei walzrauen Stahlprofilen ohne Beschichtung mit 0,5 angenommen werden darf. P_{Rd} ist die Dübeltragfähigkeit eines Dübels nach Element (935). Ohne Nachweis durch Versuche dürfen bei Berücksichtigung der Reibungskräfte die in Bild 25 angegebenen lichten Abstände zwischen den Flanschen nicht überschritten werden.

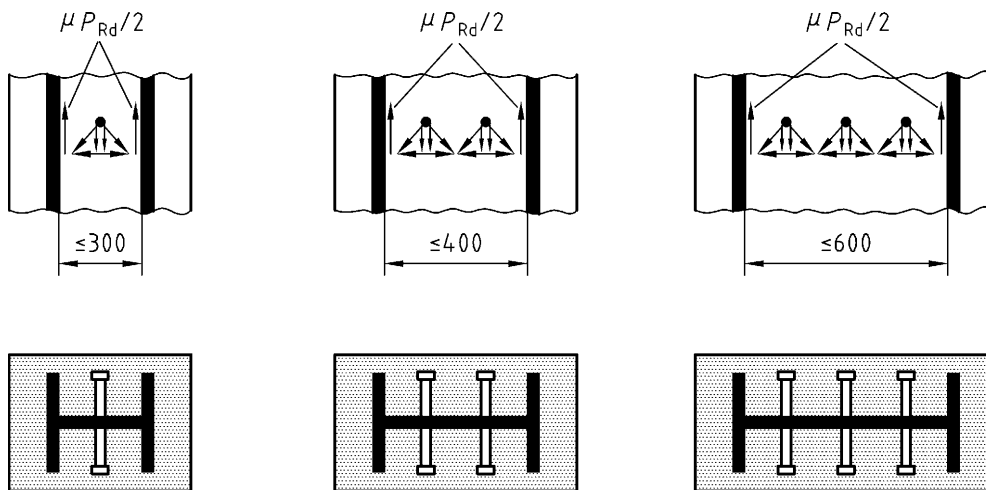


Bild 25 — Zusätzliche Aktivierung von Reibungskräften an den Flanschinnenseiten bei Kopfbolzendübeln

(992) Lastverteilung über Kopfplatten

Wenn die Lasteinleitungsfläche kleiner als die Stützenfläche ist, dürfen die Lasten über die Kopfplattendicke t_c im Verhältnis von 1:2,5 verteilt werden. Die Betonspannung im Bereich der wirksamen Lasteinleitungsfläche ist dann bei betongefüllten Hohlprofilen nach Element (993) und bei allen anderen Querschnitten nach DIN 1045-1:2001-07, 10.7 zu begrenzen.

(993) Besonderheiten bei ausbetonierten Hohlprofilen

Wenn bei betongefüllten kreisförmigen oder quadratischen Hohlprofilen der Beton nur über eine Teilfläche beansprucht wird, wie z. B. bei durchgesteckten Knotenblechen oder bei Lasteinleitung über Steifen nach Bild 26, darf die aus der Teilschnittgröße des Betonquerschnitts resultierende örtliche Betonpressung unter dem Knotenblech bzw. unter der Steife die Grenzspannung $\sigma_{c,Rd}$ nach Gleichung (72) nicht überschreiten. Zusätzlich ist nachzuweisen, dass die über Teilflächenpressung eingeleitete Kraft kleiner als die Querschnittstragfähigkeit $N_{c,Rd}$ des Betonquerschnitts nach Element (982) ist.

$$\sigma_{c,Rd} = f_{cd} \left(1 + \eta_{cL} \frac{t}{a} \frac{f_{yk}}{f_{ck}} \right) \sqrt{\frac{A_c}{A_1}} \leq f_{yd} \quad (72)$$

Dabei ist

- t die Wanddicke des Hohlprofils,
- a der Durchmesser bei kreisförmigen Hohlprofilen oder die Seitenlänge bei quadratischen Hohlprofilen,
- A_c die Betonquerschnittsfläche des Stützenquerschnittes,
- A_1 die Belastungsfläche unter dem Knotenblech bzw. unter den Steifen nach Bild 26,
- η_{cL} Beiwert zur Erfassung der Umschnürungswirkung mit $\eta_{cL} = 4,9$ für Rohre und $\eta_{cL} = 3,5$ für quadratische Hohlprofile.

Das Flächenverhältnis A_c/A_1 darf rechnerisch maximal mit 20 berücksichtigt werden. Für den Nachweis der Schweißnähte zwischen Rohr und Knotenblech bei Einleitung der Lasten nach Bild 26 b) gilt DIN 18800 1:1990-11, 8.4.

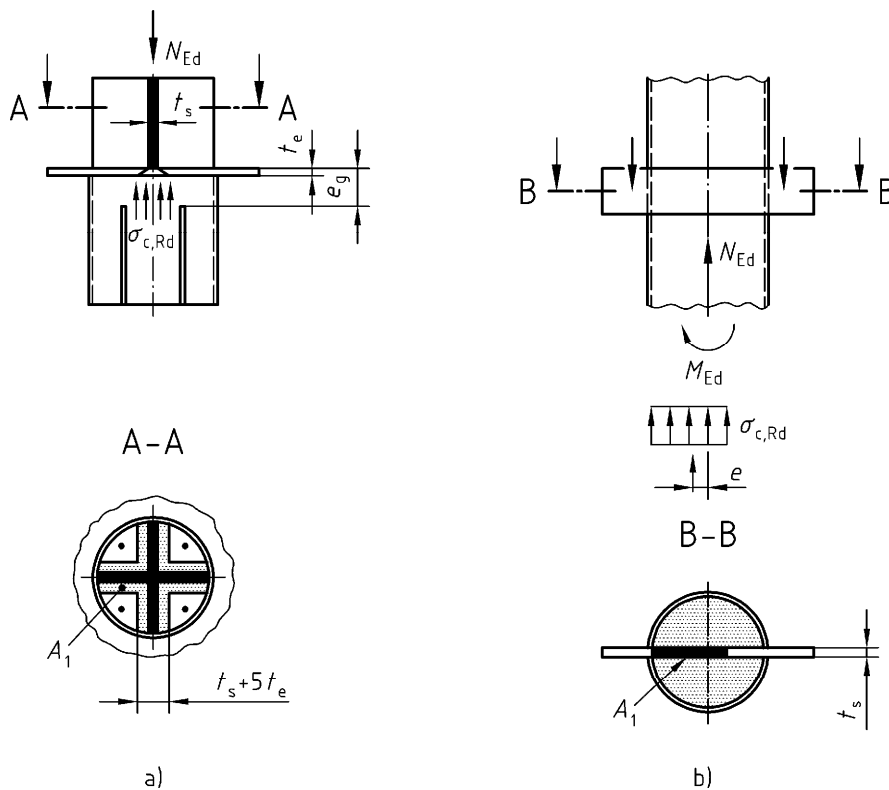


Bild 26 — Teilflächenpressung bei ausbetonierten Hohlprofilen

(994) Anrechenbarkeit der Längsbewehrung bei Hohlprofilen

Bei ausbetonierten kreisförmigen Hohlprofilen darf bei Druckgliedern mit vorwiegend ruhender Beanspruchung die Längsbewehrung beim Nachweis der Stütze auch dann angerechnet werden, wenn sie nicht unmittelbar mit Hilfe von Schweißnähten oder über Kontakt an die Endkopfplatten angeschlossen ist. In diesem Fall darf der lichte Abstand e_g zwischen dem Ende der Bewehrung und der Kopfplatte (siehe Bild 26 a)) 30 mm nicht überschreiten und 10 mm nicht unterschreiten. Die Bewehrungsstäbe müssen rechtwinklig gesägt sein.

9.7.4.3 Verbund sicherung außerhalb der Kräfteinleitungsbereiche

(995) Grundsätze

Außerhalb der Kräfteinleitungsbereiche ist im Allgemeinen ein Nachweis der Verbund sicherung erforderlich, wenn die Stützen durch Querlasten und/oder Randmomente beansprucht werden. Wenn die aus dem Bemessungswert der Längsschubkraft resultierenden Verbundspannungen den Wert der Verbundtragfähigkeit τ_{Rd} nach Element (996) überschreiten, ist die Anordnung von Verbundmitteln erforderlich. Erforderliche Verbundmittel sind dem Schubkraftverlauf anzupassen.

Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, dürfen die Verbundspannungen zwischen Stahlprofil und Beton näherungsweise elastisch unter Berücksichtigung des Langzeitverhaltens und der Rissbildung des Betons berechnet werden.

Bei teilweise einbetonierten I-Querschnitten mit Querkraftbeanspruchung infolge planmäßiger Biegung um die schwache Achse des Stahlprofils (Biegung aus Querlasten und Endmomenten) ist stets eine Verdübelung erforderlich. Wenn die Querkraft nicht allein vom Stahlprofil aufgenommen werden kann, ist die für die anteilige Querkraft des Betonquerschnitts $V_{c,Ed}$ (siehe hierzu Element (981)) erforderliche Bügelbewehrung im Allgemeinen kraftschlüssig an den Steg des Stahlprofils anzuschweißen (Bild 7 b)) oder durch Bohrungen im Steg des Stahlprofils (Bild 7c)) zu stecken.

(996) Bemessungswerte der Verbundfestigkeit

Wenn die mit dem Beton in Kontakt stehenden Oberflächen des Stahlprofils keine Beschichtung aufweisen und frei von Schmierstoffen, loser Walzhaut und losem Rost sind, dürfen für die Verbundtragfähigkeit τ_{Rd} die in Tabelle 12 angegebenen Verbundspannungen verwendet werden.

Die in Tabelle 12 angegebene Verbundtragfähigkeit für vollständig einbetonierte Stahlprofile gilt für Querschnitte mit einer Betondeckung von 40 mm. Bei größerer Betondeckung und entsprechender Bewehrung dürfen für die Verbundtragfähigkeit größere Werte berücksichtigt werden. Wenn nicht mit Hilfe von Versuchen größere Tragfähigkeiten nachgewiesen werden, darf bei größeren Betondeckungen die erhöhte Verbundtragfähigkeit $\beta_c \tau_{Rd}$ mit β_c nach Gleichung (73) angesetzt werden.

$$\beta_c = 1 + 0,02 c_z \left(1 - \frac{c_{z,\min}}{c_z} \right) \leq 2,5 \quad (73)$$

Dabei ist

c_z der Nennwert der Betondeckung in mm nach Bild 20 a),

$c_{z,\min}$ die minimale zulässige Betondeckung ($c_{z,\min} = 40$ mm).

Tabelle 12 — Bemessungswert der Verbundtragfähigkeit τ_{Rd}

Zeile	Querschnitt	τ_{Rd} in N/mm ²
1	vollständig einbetonierte Stahlprofile	0,30
2	ausbetonierte kreisförmige Hohlprofile	0,55
3	ausbetonierte rechteckige Hohlprofile	0,40
4	Flansche von teilweise einbetonierten Profilen	0,20
5	Stege von teilweise einbetonierten Profilen	0,00

9.7.5 Bauliche Durchbildung**(997) Betondeckung von Stahlprofilen und Bewehrung**

Für vollständig einbetonierte Stahlprofile ist eine Mindestbetondeckung erforderlich, um die Übertragung der Schubkräfte zwischen Beton und Stahl sicherzustellen, das Stahlprofil gegen Korrosion zu schützen und um ein Abplatzen des Betons zu verhindern. Die Betondeckung der Flansche von vollständig einbetonierten Profilen darf 40 mm oder 1/6 der Flanschbreite b nicht unterschreiten. Bei Brandschutzanforderungen gilt zusätzlich DIN V ENV 1994-1-2. Für die Betondeckung der Bewehrung gilt DIN 1045-1:2001-07, 6.3.

(998) Längs- und Bügelbewehrung

Die Längs- und Bügelbewehrung ist nach DIN 1045-1:2001-07, 13.5 auszuführen. Wird die Längsbewehrung bei vollständig einbetonierten Stahlprofilen beim Tragfähigkeitsnachweis angerechnet, so ist eine Mindestbewehrung von 0,3 % der Betonfläche erforderlich. Wenn bei betongefüllten Hohlprofilen keine Brandschutzbemessung erforderlich ist, ist eine Ausführung ohne Längsbewehrung zulässig.

Der lichte Abstand zwischen der Längsbewehrung und dem Stahlprofil darf auch kleiner als die Mindestabstände nach DIN 1045-1 gewählt werden (im Grenzfall auch null). In diesem Fall sind für die Bestimmung der Verbundtragfähigkeit der Bewehrung die wirksamen Umfänge c nach Bild 27 anzunehmen.

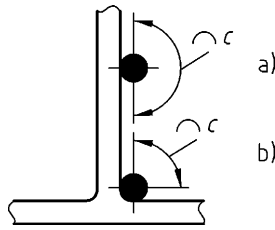


Bild 27 — Wirksamer Umfang c eines Bewehrungsstabes

Wird bei vollständig oder teilweise einbetonierten Stahlprofilen auf eine Anrechnung der Längsbewehrung beim Tragfähigkeitsnachweis verzichtet und liegen Umweltbedingungen vor, die eine Einstufung in die Expositionsklasse X0 nach DIN 1045-1 erlauben, sind in der Regel eine konstruktive Längsbewehrung mit einem Mindeststabdurchmesser von 8 mm und einem maximalen Stababstand von 250 mm sowie eine Bügelbewehrung mit einem Mindeststabdurchmesser von 6 mm und einem maximalen Abstand von 200 mm erforderlich. Alternativ dürfen Betonstahlmatten mit einem Mindeststabdurchmesser von 4 mm verwendet werden.

10 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit

10.1 Allgemeines

(1001) Erforderliche Nachweise, Allgemeines

Die erforderlichen Nachweise für Verbundträger sind in 5.4 und die Nachweise für Verbunddecken in 11.5 geregelt. Für Verbundstützen, die nach 9.7 bemessen werden, ist im Allgemeinen kein Nachweis der Gebrauchstauglichkeit erforderlich. Ein Nachweis kann erforderlich werden, wenn Stützen (z. B. während des Transports oder der Montage) überwiegend auf Biegung beansprucht werden.

10.2 Schnittgrößen und Spannungen

(1002) Grundsätze

Bei der Berechnung der Schnittgrößen, Spannungen und Verformungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit müssen die folgenden Einflüsse berücksichtigt werden:

- Schubverformungen bei breiten Gurten (mittragende Gurtbreite),
- Kriechen und Schwinden des Betons,
- Rissbildung im Betongurt und Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen,
- Montageablauf und Belastungsgeschichte,
- Nachgiebigkeit der Verbundfuge bei signifikantem Schlupf der Verbundmittel,
- nichtlineares Verhalten von Bau- und Betonstahl,
- Verwölbung und Profilverformung des Querschnitts.

(1003) Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

Für die Schnittgrößenermittlung gilt 8.3.3.

(1004) Einfluss der Rissbildung bei der Spannungsermittlung

Die Zugfestigkeit des Betons darf bei der Ermittlung der Spannungen nicht berücksichtigt werden. Der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen ist bei der Ermittlung der Spannungen im Beton- und Spannstahl zu berücksichtigen. Wenn kein genaueres Berechnungsverfahren verwendet wird, dürfen zur Berücksichtigung dieses Einflusses die Spannungen nach 10.4.3 ermittelt werden.

Bei der Ermittlung der Spannungen für den Baustahlquerschnitt darf der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.

(1005) Mittragende Gurtbreite zur Ermittlung der Spannungen

Bei der Ermittlung der Spannungen darf der Einfluss von Schubverformungen bei breiten Gurten nach 8.3.2 berücksichtigt werden.

(1006) Kriechen und Schwinden

Wenn keine genaueren Berechnungsverfahren verwendet werden, dürfen die Einflüsse aus dem Kriechen und Schwinden nach 8.3.3.2 ermittelt werden.

Bei Querschnitten mit Rissbildung im Betongurt dürfen die primären Beanspruchungen aus dem Schwinden vernachlässigt werden.

(1007) Nachgiebigkeit der Verbundmittel

Der Einfluss aus der Nachgiebigkeit der Verdübelung darf vernachlässigt werden, wenn entweder eine vollständige Verdübelung vorhanden ist oder bei teilweiser Verdübelung die Bedingungen nach Element (1027) eingehalten sind.

(1008) Berücksichtigung von plastischen Verformungen

Die Einflüsse aus plastischen Verformungen sind nur bei Trägern, die mit den für die Querschnittsklasse 1 zulässigen Momentenumlagerungen nach den Elementen (838) und (839) und bei Trägern, die nach 8.3.5 bemessen werden, erforderlich. Wenn keine genauere Berechnung nach der Fließzonentheorie durchgeführt wird, dürfen die Verformungen näherungsweise auf der Grundlage der Fließgelenktheorie ermittelt werden.

10.3 Spannungsbegrenzungen

(1009) Allgemeines

Für das nutzungsgerechte und dauerhafte Verhalten sind übermäßige Schädigung des Betongefüges durch hohe Betondruckspannungen, nichtelastische Verformungen der Werkstoffe, die zu unkontrollierter Rissbildung im Beton führen können, sowie übermäßiger Schlupf in der Verbundfuge im Allgemeinen durch Einhaltung der in den Elementen (1010) bis (1013) angegebenen Spannungsgrenzen zu vermeiden.

Spannungsbegrenzungen sind nur erforderlich, wenn eine oder mehrere der nachfolgenden Randbedingungen vorliegen:

- es sich um Träger mit Vorspannmaßnahmen mittels Spanngliedern und/oder planmäßig eingepprägter Deformationen handelt,
- ein Nachweis gegen Ermüdung nach 9.6 erforderlich ist,
- im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Querschnitte der Klassen 1 und 2 eine Momentenumlagerung vom Feld zur Stütze vorgenommen wird (siehe Elemente 838),

- bei kammerbetonierten Trägern der Querschnittsklasse 1 oder 2 beim Tragsicherheitsnachweis der Kammerbeton vernachlässigt wird und die Schnittgrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach 8.3.4 umgelagert werden oder nach 8.3.5 ermittelt werden.

(1010) Begrenzung von Betondruckspannungen

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.1.2.

(1011) Begrenzung der Spannungen im Spannstahl und im Betonstahl

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.1.3 und 11.1.4.

(1012) Begrenzung der Spannungen im Baustahlquerschnitt

Für die seltene Lastkombination dürfen die Spannungen den 1,0fachen charakteristischen Wert der Streckgrenze nicht überschreiten.

(1013) Begrenzung der Längsschubkräfte für Verbundmittel

Siehe hierzu Element (967) und Element (1027).

10.4 Begrenzung der Rissbreite und Nachweis der Dekompression

10.4.1 Allgemeines

(1014) Grundsätze

Für die Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreite sowie für die maßgebenden Einwirkungskombinationen gelten die Regelungen nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.1. Die Begrenzung der Rissbreite umfasst die Nachweise nach 10.4.2 sowie 10.4.3 oder 10.4.4.

10.4.2 Mindestbewehrung

(1015) Grundsätze

Wenn ein Nachweis erforderlich ist, ist in allen Trägerbereichen mit wahrscheinlicher Rissbildung eine Mindestbewehrung nach Element (1016) anzuordnen. Eine Rissbildung ist in den Bereichen wahrscheinlich, in denen unter der seltenen Kombination der Einwirkungen nach DIN 1055-100:2001-03, 10.4 die Betonrandspannung eine Zugspannung ist. Bei der Spannungsberechnung sind die Einflüsse aus dem Kriechen und den primären und sekundären Auswirkungen aus dem Schwinden zu berücksichtigen.

Bei Trägern mit Spanngliedvorspannung und/oder planmäßig eingepprägten Deformationen ist eine Mindestbewehrung in den Trägerbereichen erforderlich, in denen Betondruckspannungen am Querschnittsrand auftreten, die dem Betrag nach kleiner als 1 N/mm^2 sind.

(1016) Mindestbewehrung bei Querschnitten ohne Spannglieder

Wenn keine genauere Ermittlung der Mindestbewehrung erfolgt, ist die erforderliche Mindestbewehrung nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2, Gleichung (127) zu ermitteln. Für die Spannung σ_s sind die Grenzdurchmesser nach Tabelle 20 von DIN 1045-1:2001-07 zu verwenden. Abweichend von DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2(5) ist der Beiwert k für die Gurte von Verbundquerschnitten mit 0,7 zu berücksichtigen. Der Beiwert k_c nach DIN 1045-1:2001-07, Gleichung (128) ist für die Gurte von Verbundträgern nach Gleichung (74) zu ermitteln.

$$k_c = \frac{1}{1 + \frac{h_c}{2 z_{io}}} + 0,3 \leq 1,0 \quad (74)$$

Dabei ist

h_c die Dicke des Betongurtes ohne Berücksichtigung von Vouten und Rippen,

z_{i0} der Abstand zwischen den am ungerissenen Querschnitt ermittelten Schwerachsen des Betongurtes und des Verbundquerschnitts, ermittelt mit der Reduktionszahl n_0 nach Element (822).

Der Grenzdurchmesser der Bewehrungsstäbe nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 20 darf abweichend von DIN 1045-1:2001-07, Gleichung (131) nach Gleichung (75) modifiziert werden.

$$d_s = d_s^* \frac{f_{ct,eff}}{f_{ct,0}} \quad (75)$$

Dabei ist

d_s^* der Grenzdurchmesser nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 20,

$f_{ct,0}$ die Zugfestigkeit des Betons, auf die die Werte nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 20 bezogen sind ($f_{ct,0} = 3,0 \text{ N/mm}^2$),

$f_{ct,eff}$ die wirksame Betonzugfestigkeit nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2 (5).

Die erforderliche Mindestbewehrung ist entsprechend der resultierenden Zugkraft des Betongurtes im ungerissenen Zustand auf die obere und untere Bewehrungslage zu verteilen. Bei Trägern mit Gurten aus Profilblech-Verbunddecken darf auf eine untere Bewehrungslage verzichtet werden. Bei Betongurten mit veränderlicher Dicke in Querrichtung ist bei der Ermittlung der Mindestbewehrung die lokale Betongurtdicke zugrunde zu legen.

(1017) Mindestbewehrung bei Trägern mit Spanngliedvorspannung

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2. Wenn kein genauere Nachweis erfolgt, ist der in DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2, Gleichung (127) angegebene Beiwert k_c bei Verbundträgern mit Spanngliedvorspannung mit $k_c = 0,9$ anzusetzen. Für den Beiwert k gilt Element (1016).

(1018) Mindestbewehrungsquerschnitt für Kammerbeton

Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, darf die Mindestbewehrung für den Kammerbeton von I-Querschnitten nach DIN 1045-1:2001-07, Gleichung (127) mit $k = 0,7$ und $k_c = 0,6$ bestimmt werden.

10.4.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung

(1019) Grundsätze

In Trägerbereichen, in denen der für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erforderliche Bewehrungsquerschnitt den Mindestbewehrungsquerschnitt nach 7.4.2 überschreitet, ist die Betonstahlspannung entweder in Abhängigkeit vom Stabdurchmesser nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 20 oder in Abhängigkeit vom Stababstand nach DIN 1045-1:2001-07, Tabelle 21 zu beschränken.

(1020) Ermittlung der Spannungen bei Querschnitten ohne Spannglieder

Die Betonstahlspannungen sind unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen zu ermitteln. Wenn kein genauere Nachweis erfolgt, darf die Betonstahlspannung mit Gleichung (76) ermittelt werden.

$$\sigma_s = \sigma_{s,2} + \Delta\sigma_s \quad (76)$$

mit

$$\Delta\sigma_s = \beta \frac{f_{ct,eff}}{\alpha_{st} \rho_s} \quad (77)$$

$$\alpha_{st} = \frac{A I}{A_a I_a} \quad (78)$$

Dabei ist

- $\sigma_{s,2}$ die Betonstahlspannung infolge der auf den Verbundquerschnitt einwirkenden Schnittgrößen unter Vernachlässigung von zugbeanspruchten Betonquerschnittsteilen,
- $f_{ct,eff}$ die wirksame Betonzugfestigkeit nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.2(5),
- ρ_s der Bewehrungsgrad des Betongurtes ($\rho_s = A_s/A_{ct}$),
- A_{ct} die Fläche der Betonzugzone des Betongurtes, die vereinfachend mit der mittragenden Gurtfläche des Betongurtes angenommen werden darf,
- A_s die gesamte Querschnittsfläche der in der Betonzugzone A_{ct} angeordneten Längsbewehrung,
- A, I die Fläche und das Flächenmoment zweiten Grades des Verbundquerschnittes bei Vernachlässigung von zugbeanspruchten Betonquerschnittsteilen und — falls vorhanden — ohne Berücksichtigung von Profilblechen,
- A_a, I_a die Fläche und das Flächenmoment zweiten Grades des Baustahlquerschnitts,
- β ein Beiwert, der für den Nachweis der Begrenzung der Rissbreite mit 0,4 angenommen werden darf.

(1021) Träger mit Kammerbeton

Der Nachweis der Rissbreitenbeschränkung für den Kammerbeton ist nach Element (1020) zu führen. Der Einfluss der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen darf bei der Spannungsermittlung vernachlässigt werden.

(1022) Querschnitte mit Spanngliedvorspannung

Die Betonstahlspannung ist für im Verbund liegende Spannglieder nach DIN 1045:2001-07, 11.2.3(5), Gleichung (132) zu ermitteln. Die Betonstahlspannung $\sigma_{s,2}$ in Gleichung (132) der DIN 1045-1:2001-07 ist dabei nach Element (1020) zu berechnen, wobei in Gleichung (77) der geometrische Bewehrungsgrad ρ_{tot} nach DIN 1045-1:2001-07, Gleichung (134) zu berücksichtigen ist.

10.4.4 Nachweis mit direkter Berechnung der Rissbreite

(1023) Allgemeines

Die Begrenzung der Rissbreite darf auch durch eine direkte Berechnung nachgewiesen werden. Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.2.4.

Bei der Ermittlung der Dehnungsdifferenz von Beton und Betonstahl nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.4(2) ist bei der Ermittlung der Betonstahlspannung σ_s im Riss der Einfluss aus der Mitwirkung des Betons zwischen den Rissen zu berücksichtigen. Wenn keine genauere Berechnung erfolgt, darf σ_s nach Element (1020) ermittelt werden.

10.5 Begrenzung von Verformungen

(1024) Grundsätze

Für die Begrenzung von Verformungen gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.3.1(1) bis (6).

Wenn keine besonderen Anforderungen gestellt werden, gilt für die Begrenzung des Durchhangs DIN 1045:2001-07, 11.3.1(8). Zur Vermeidung von Schäden an angrenzenden Bauteilen (z. B. Trennwänden, Fassaden usw.) ist die Änderung der Verformung nach Einbau dieser Bauteile für die häufige Einwirkungskombination nach DIN 1045-1:2001-07, 11.3.1(10) zu begrenzen.

(1025) Trägerüberhöhungen

Verbundträger sind in der Regel für die ständigen Einwirkungen einschließlich der Verformungen aus dem Kriechen und Schwinden des Betons zu überhöhen. Eventuell zu berücksichtigende Überhöhungen für veränderliche Einwirkungen sind im Einzelfall festzulegen.

(1026) Besonderheiten bei Trägern mit Kammerbeton

Wenn bei Trägern mit Kammerbeton kein genauere Nachweis geführt wird, dürfen die Verformungen mit den Annahmen für die Biegesteifigkeit nach Element (830) ermittelt werden.

(1027) Nachgiebigkeit der Verbundfuge

Die Einflüsse aus der Nachgiebigkeit der Verdübelung dürfen vernachlässigt werden, wenn

- a) die Verdübelung nach 9.4 erfolgt und
- b) entweder nicht weniger als die Hälfte der Anzahl der Verbundmittel angeordnet wird, die für eine vollständige Verdübelung erforderlich ist oder die im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nach der Elastizitätstheorie ermittelte Längsschubkraft je Dübel bei Kopfbolzendübeln den Wert P_{Rd} nach Element (935) nicht überschreitet, sowie
- c) bei Verwendung von senkrecht zur Trägerachse verlaufenden Profilblechdecken die Rippenhöhe nicht größer als 80 mm ist.

10.6 Schwingungsverhalten

(1028) Grundsätze

Bei schlanken Deckenkonstruktionen und bei schlanken Verbundträgern kann ein Nachweis erforderlich werden, bei dem die Beschleunigung und der Schwingungsbereich unter Berücksichtigung der jeweiligen Nutzung so begrenzt werden, dass ein Unbehagen für die Nutzer oder Beschädigungen der Ausbauten verhindert werden.

(1029) Steifigkeitsannahmen

Die Steifigkeitsannahmen müssen das tatsächliche Verhalten mit ausreichender Genauigkeit erfassen. Der Einfluss aus der Rissbildung in Betongurten und im Kammerbeton darf nach 8.3.3.3 berücksichtigt werden. Bei der Berechnung darf für den Beton der dynamische Elastizitätsmodul zugrunde gelegt werden.

11 Verbunddecken

11.1 Grundlagen und Definitionen

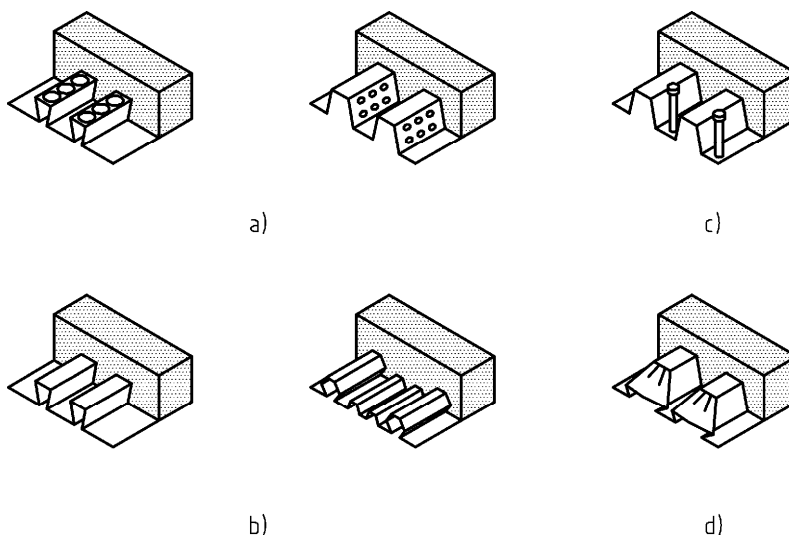
(1101) Anwendungsbereich

Die Regelungen des Abschnittes 11 gelten für einachsig gespannte Verbunddecken mit parallel zur Spannrichtung verlaufenden Rippen in vorwiegend ruhend beanspruchten Tragwerken des Hoch- und Ingenieurbaus. Der Anwendungsbereich ist auf Profilbleche mit gedrungener Rippengeometrie mit $b_r/b_s \leq 0,6$ beschränkt (siehe Bild 29).

(1102) Tragverhalten und Bemessungssituationen

Im Bauzustand dient das Profilblech als Schalung und die Tragsicherheit muss für die Einwirkungen aus dem Frischbeton und Montagelasten unter Berücksichtigung von gegebenenfalls vorhandenen Hilfsunterstützungen nachgewiesen werden. Die für den Endzustand erforderlichen Nachweise der Tragsicherheit beziehen sich auf den Zustand nach Herstellung der Verbundwirkung und nach Entfernen von eventuellen Hilfsunterstützungen. Wenn der Nachweis der Tragsicherheit nach 11.4 geführt wird, dürfen die Einflüsse aus der Belastungsgeschichte im Endzustand vernachlässigt werden.

Verbunddecken dürfen zur seitlichen Stabilisierung von Stahlträgern sowie als aussteifende Scheiben für Horizontallasten verwendet werden. Wenn Profilbleche im Bauzustand neben ihrer Tragwirkung als Schalung zusätzlich als Aussteifungselement für Horizontallasten dienen, gelten die Regelungen nach DIN 18807-1 bis DIN 18807-3.



Legende

- a) mechanischer Verbund
- b) Reibungsverbund
- c) Endverankerung mit durchgeschweißten Dübeln
- d) Endverankerung mit Blechverformungsankern

Bild 28 — Verbundwirkung bei Verbunddecken

(1103) Verbundwirkung

Das Profilblech und gegebenenfalls die Endverankerung müssen so ausgebildet sein, dass eine ausreichende Verbundwirkung zur Übertragung der Längsschubkräfte zwischen Blech und Beton ermöglicht wird. Die Haftung zwischen Profilblech und Beton darf nicht in Rechnung gestellt werden. Die planmäßige Verbund-

wirkung zwischen Profilblech und Beton ist durch eine oder mehrere der nachfolgend genannten und in Bild 28 dargestellten Maßnahmen sicherzustellen:

- mechanischer Verbund infolge von planmäßig in das Blech eingepprägten Deformationen (Sicken und Noppen),
- Reibungsverbund bei Blechen mit hinterschnittener Profilblechgeometrie,
- Endverankerung mittels aufgeschweißter Kopfbolzendübel oder anderer örtlicher Verankerungen, jedoch nur in Kombination mit a) oder b),
- Endverankerung mit Blechverformungsankern am Blechende, jedoch nur in Kombination mit b).

(1104) Vollständige und teilweise Verdübelung

Eine Verbunddecke gilt in Übereinstimmung mit Element (903) als vollständig verdübelt, wenn die für die vollplastische Momenten Tragfähigkeit erforderlichen Längsschubkräfte zwischen Profilblech und Beton übertragen werden können. Andernfalls liegt eine teilweise Verdübelung vor.

11.2 Konstruktionsgrundsätze

(1105) Mindestabmessungen

Die Gesamtdicke h darf im Endzustand 80 mm nicht unterschreiten und die Aufbetondicke h_c oberhalb der Rippen (ohne Noppen) darf im Endzustand und im Bauzustand (z. B. beim zweilagigen Betonieren) nicht geringer als 40 mm sein.

Wenn die Verbunddecke gleichzeitig Gurt eines Verbundträgers ist oder zur Aussteifung herangezogen wird, darf die Gesamtdicke h nicht geringer als 90 mm und h_c nicht geringer als 50 mm sein.

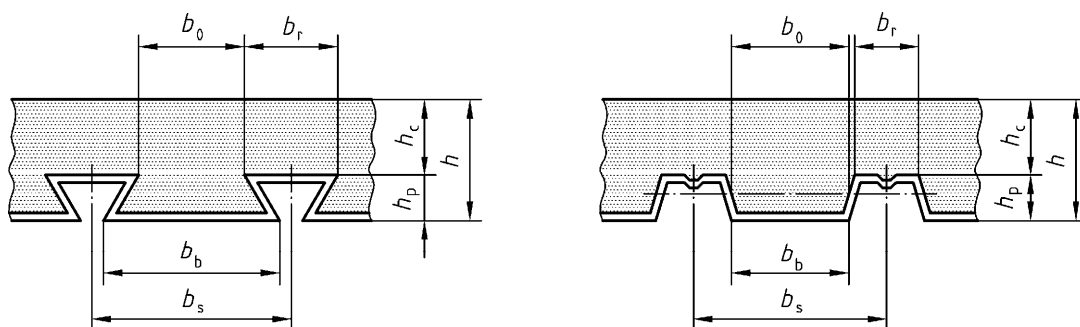


Bild 29 — Profilblech- und Deckenabmessungen

(1106) Mindestauflagertiefen

Durch eine ausreichende Auflagertiefe ist sicherzustellen, dass ein Versagen des Bleches und der Unterkonstruktion verhindert wird. Die Auflagertiefen sind im Allgemeinen so zu wählen, dass Verbindungsmittel zur Befestigung der Bleche auf der Unterkonstruktion ohne Beschädigung der Unterkonstruktion angeordnet werden können und dass beim Verlegen der Bleche infolge unplanmäßiger Verschiebungen kein Versagen des Auflagerpunktes, hervorgerufen durch eine zu geringe Auflagertiefe, eintreten kann.

Die in Bild 30 angegebenen Auflagertiefen l_{bc} und l_{bs} dürfen (auch bei Hilfsunterstützungen im Bauzustand) die nachfolgend angegebenen Mindestwerte nicht unterschreiten:

- bei Auflagerung auf Stahl oder Beton: $l_{bc} = 75$ mm und $l_{bs} = 50$ mm;
- bei Auflagerung auf anderen Werkstoffen: $l_{bc} = 100$ mm und $l_{bs} = 70$ mm.

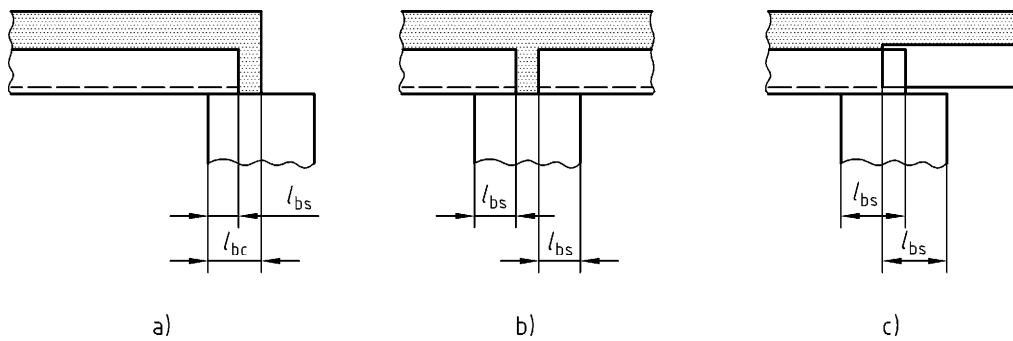


Bild 30 — Mindestauflagertiefen

(1107) Konstruktive Betonstahlbewehrung

Im Aufbeton ist in beiden Richtungen eine konstruktive Mindestbewehrung von mindestens $0,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ anzuordnen. Diese Bewehrung darf auf die statisch erforderliche Bewehrung angerechnet werden.

Die Stababstände dürfen in beiden Richtungen den Höchstwert $2h$ und 350 mm nicht überschreiten. Der kleinere Wert ist maßgebend. Bei konzentrierten Einzel- und Linienlasten ist Element (1116) zu beachten.

(1108) Zuschlagstoffe

Der Größtkorndurchmesser der Zuschlagstoffe darf $0,4h_c$, $b_o/3$ und $31,5 \text{ mm}$ nicht überschreiten. Dabei ist b_o bei offenen Profilblechgeometrien die mittlere Rippenbreite und bei hinterschnittener Profilblechgeometrie die kleinste Breite nach Bild 29.

11.3 Erforderliche Nachweise für das Profilblech im Bauzustand**(1109) Allgemeines**

Der Nachweis ausreichender Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit ist nach DIN 18807-1 bis DIN 18807-3 in Kombination mit der Anpassungsrichtlinie zu DIN 18800 zu führen. Bei Anordnung von Hilfsunterstützungen im Bauzustand sind die Regelungen nach Element (1106) zu beachten. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf die Durchbiegung des Profilbleches δ_s infolge des Frischbetongewichtes und des Eigengewichtes des Bleches den Wert $\delta_{s,\max} = L/180$ nicht überschreiten, wobei L die maßgebende Stützweite unter Berücksichtigung von Hilfsunterstützungen ist.

(1110) Einwirkungen

Im Bauzustand sind die folgenden Einwirkungen zu berücksichtigen:

- Eigengewicht des Frischbetons und des Profilbleches,
- Montage- und Ersatzlasten aus Arbeitsbetrieb beim Betonieren nach DIN 1055-8,
- Einwirkungen aus gelagerten Materialien, sofern vorhanden,
- Mehrgewicht des Betons infolge der Durchbiegung des Bleches.

Wenn die Mittendurchbiegung δ des Bleches unter seinem Eigengewicht und dem Gewicht des Frischbetons im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit kleiner als $1/10$ der Deckendicke ist, darf das aus der Durchbiegung resultierende Mehrgewicht des Betons bei der Bemessung des Profilbleches vernachlässigt werden. Andernfalls ist das Mehrgewicht des Betons zu berücksichtigen, wobei näherungsweise über die gesamte Spannweite eine um den Wert $0,7\delta$ vergrößerte Nenndicke des Betons zugrunde gelegt werden darf.

11.4 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit für den Endzustand

11.4.1 Allgemeines

(1111) Erforderliche Nachweise

Für Verbunddecken sind die folgenden Nachweise zu führen:

- Nachweis der Tragsicherheit für Biegung und Querkraft nach 11.4.3,
- Nachweis der Tragsicherheit gegen Längsschubversagen nach 11.4.4,
- Nachweis der Tragsicherheit gegen Durchstanzen bei konzentrierten Einzellasten nach Element (1122).

11.4.2 Ermittlung der Schnittgrößen

(1112) Allgemeines

Die Schnittgrößen dürfen nach den folgenden Verfahren ermittelt werden:

- a) Linear-elastische Berechnung mit oder ohne Momentenumlagerung nach DIN 1045-1:2001-07, 8.2 und 8.3,
- b) Berechnung nach der Fließzonen- bzw. Plastizitätstheorie nach DIN 1045-1:2001-07, 8.4,
- c) Berechnung nach der Fließgelenktheorie ohne direkte Kontrolle der Rotationskapazität nach Element (1113),
- d) nach dem in Element (1114) angegebenen Näherungsverfahren.

(1113) Berechnung nach der Fließgelenktheorie

Eine Berechnung nach der Fließgelenktheorie ohne direkte Kontrolle der Rotationskapazität ist nur zulässig, wenn Betonstahl mit hoher Duktilität nach DIN 1045-1:2001-07, 9.2.2 und Profilbleche mit hinterschnittener Profilblechgeometrie und mechanischem Verbund verwendet werden und die Stützweite 6 m nicht überschreitet.

(1114) Näherungsweise Berechnung von Durchlaufdecken als Kette von Einfeldträgern

Durchlaufend ausgeführte Decken dürfen als eine Kette von Einfeldträgern bemessen werden, wenn an den Innenstützen die Bedingungen nach Element (1135) eingehalten werden.

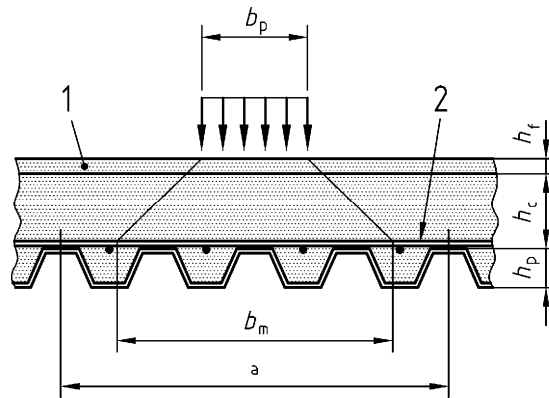
(1115) Lasteintragsbreite und mittragende Breite bei konzentrierten Einzel- und Linienlasten

Einzellasten und Linienlasten dürfen auf eine Lasteintragsbreite b_m nach Bild 31 und Gleichung (79) verteilt werden. Die Lasteintragsbreite b_m ist dabei auf die Ebene unmittelbar oberhalb des Profilbleches zu beziehen und ergibt sich zu:

$$b_m = b_p + 2(h_c + h_f) \quad (79)$$

Dabei ist

- b_p die Aufstandsweite der konzentrierten Last rechtwinklig zur Spannrichtung des Bleches,
- h_c die Aufbetondicke oberhalb der Rippen ohne Berücksichtigung von Sicken und Noppen,
- h_f die Dicke einer gegebenenfalls vorhandenen lastverteilenden Deckschicht.



Legende

- 1 Fußbodenaufbau
2 Querbewehrung

Bild 31 — Verteilung von konzentriert angreifenden Lasten

Wenn keine genauere Berechnung unter Berücksichtigung der Anisotropie der Decke erfolgt, dürfen für die Schnittgrößenermittlung und die Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit für Decken mit $h_p/h \leq 0,6$ die mittragenden Breiten nach den Gleichungen (80) bis (82) berechnet werden:

a) für Biegung und Längsschub:

- bei Einfeldplatten und in den Endfeldern von Durchlaufplatten mit $b_m \leq 0,8L$:

$$b_{em} = b_m + 2 L_p \left(1 - \frac{L_p}{L} \right) \leq b \quad (80)$$

- bei Innenfeldern durchlaufender Platten:

$$b_{em} = b_m + 1,33 L_p \left(1 - \frac{L_p}{L} \right) \leq b \quad (81)$$

b) für Querkräfte und $b_m \leq 0,4L$:

$$b_{cv} = b_m + L_p \left(1 - \frac{L_p}{L} \right) \leq b \quad (82)$$

Dabei ist L_p der Abstand des Schwerpunktes der Last zum benachbarten Auflager, L die Spannweite und b die Plattenbreite.

(1116) Querbiegemomente bei konzentrierten Einzel- und Linienlasten

Bei konzentrierten Einzel- und Linienlasten sind die Schnittgrößen im Allgemeinen unter Berücksichtigung der Anisotropie der Decke zu ermitteln und für die Querbewehrung ist ein Nachweis nach DIN 1045-1:2001-07, 10.2 erforderlich. Wenn bei konzentrierten Einzel- und Linienlasten die charakteristischen Werte der Einwirkungen bei Einzellasten 7,5 kN und bei Flächenlasten 5,0 kN/m² nicht überschreiten, darf auf eine genauere Ermittlung der Querbiegemomente und den Nachweis der Querbewehrung verzichtet werden, wenn eine konstruktive Mindestbewehrung von 0,2 % der Betonquerschnittsfläche oberhalb der Rippen angeordnet wird. Diese Bewehrung ist über die Breite b_{em} zuzüglich der Verankerungslänge nach DIN 1045-1:2001-07, 12.6 anzuordnen. Andere vorhandene Bewehrung darf auf die Mindestbewehrung angerechnet werden.

11.4.3 Querschnittstragfähigkeit

(1117) Nachweisformat

Für kritische Querschnitte sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

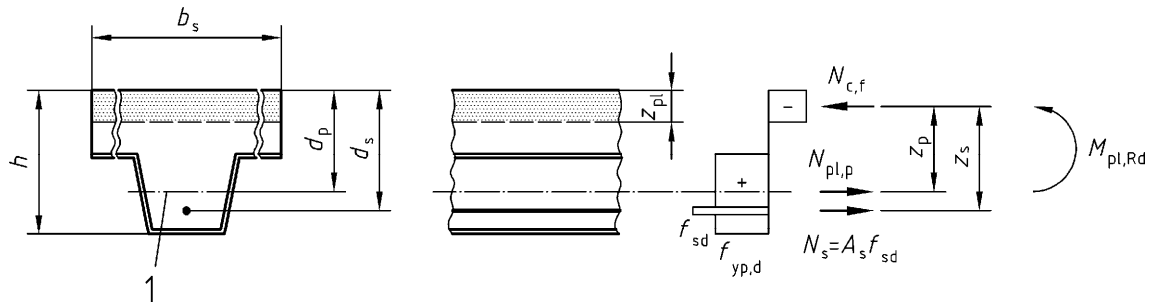
$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0 \quad (83)$$

Dabei ist

- M_{Ed} der Bemessungswert des einwirkenden Biegemomentes,
- V_{Ed} der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft,
- M_{Rd} die Momententragfähigkeit nach den Elementen (1118) bzw. (1119),
- V_{Rd} die Querkrafttragfähigkeit nach Element (1121).

(1118) Vollplastische Momententragfähigkeit bei vollständiger Verdübelung und positiver Momentenbeanspruchung

Bei vollständiger Verdübelung darf die Momententragfähigkeit bei positiver Momentenbeanspruchung (Profilblech in der Zugzone) in Übereinstimmung mit Element (907) vollplastisch ermittelt werden, wobei jedoch für das Profilblech bei der Berechnung der vollplastischen Normalkraft des Profilbleches $N_p = A_{pe} f_{yp,d}$ der Bemessungswert der Streckgrenze $f_{yp,d}$ zugrunde zu legen ist. Bei der Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche des Profilbleches A_{pe} sind die Flächenanteile von Sicken, Noppen und vergleichbaren Profilierungen zu vernachlässigen, sofern dies nicht gesondert geregelt ist. Wenn die plastische Nulllinie innerhalb des Profilbleches liegt, muss bei der Ermittlung der vollplastischen Momententragfähigkeit das örtliche Beulen gedrückter Stahlquerschnittsteile berücksichtigt werden. Die Auswirkungen örtlichen Beulens in gedrückten Teilen des Bleches dürfen durch wirksame Breiten in Übereinstimmung mit Element (1120) berücksichtigt werden. Wenn eine untere Bewehrung angeordnet wird, darf diese nur angerechnet werden, wenn die plastische Nulllinie nicht im Profilblech liegt und die Bedingung $N_s/N_p \leq 0,7$ eingehalten wird (Bild 32).



Legende

1 elastische Schwerachse des Profilbleches

Bild 32 — Vollplastische Momententragfähigkeit bei vollständiger Verdübelung (plastische Nulllinie im Aufbeton)

(1119) Momententragfähigkeit bei teilweiser Verdübelung und positiver Momentenbeanspruchung

Bei Decken mit duktilem Verbundverhalten ergibt sich die Momententragfähigkeit M_{Rd} in Übereinstimmung mit Element (909) in Abhängigkeit vom Verdübelungsgrad η aus Gleichung (84):

$$M_{Rd} = N_c z_p + M_{pl,r} \quad (84)$$

Dabei ist

$$N_c = \eta N_{cf} \text{ und } \eta = \frac{\tau_{u,Rd} b_s L_x}{A_{pe} f_{y,pd}} \leq 1,0 \quad (85)$$

η der Verdübelungsgrad,

N_{cf} die Betondruckkraft bei vollständiger Verdübelung nach Element (1017),

z_p der innere Hebelarm (Abstand zwischen N_c und der Zugkraft N_p im Profilblech),

$M_{pl,r}$ Bemessungswert der vollplastischen Momententragfähigkeit des Profilbleches bei gleichzeitiger Wirkung der Normalkraft N_p ,

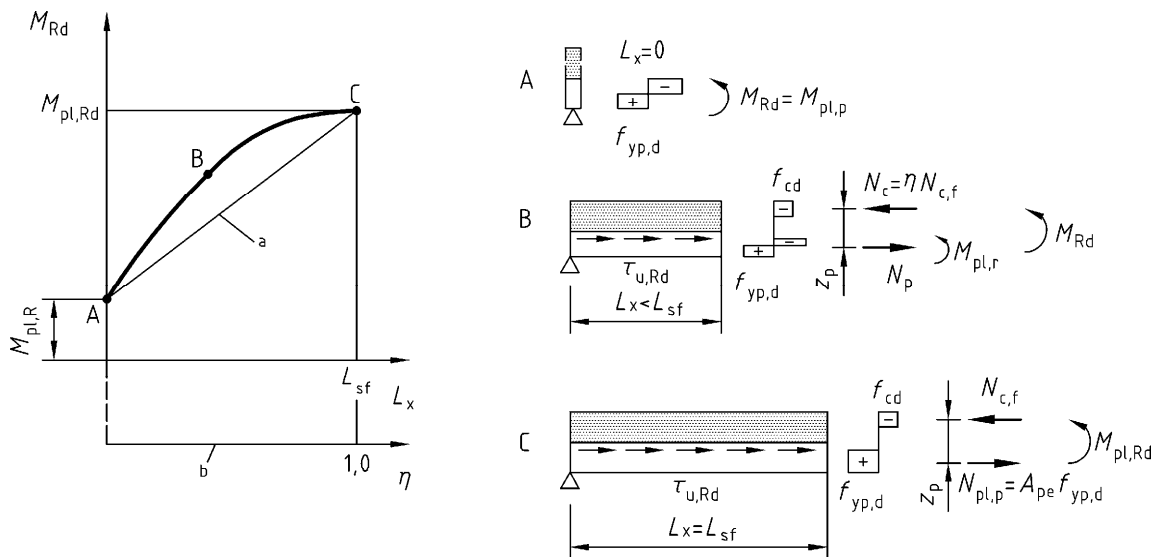
b_s die Querschnittsbreite nach Bild 34,

A_{pe} die wirksame Querschnittsfläche des Profilbleches,

$\tau_{u,Rd}$ der auf die Grundfläche des Bleches bezogene und aus Versuchen zu ermittelnde Bemessungswert der Verbundfestigkeit (siehe Elemente (104) und (705)),

L_x der Abstand zwischen dem jeweils betrachteten Querschnitt und dem benachbarten Auflager (siehe Bild 33). Die Länge $L_x = L_{sf}$ nach Bild 33 ergibt sich mit Gleichung (85) für den Verdübelungsgrad $\eta = 1,0$.

Vereinfachend kann M_{Rd} durch lineare Interpolation zwischen den Punkten A und C nach Bild 33 ermittelt werden.



Legende

- a Näherung
- b Verdübelungsgrad

Bild 33 — Momententragfähigkeit M_{Rd} bei teilweiser Verdübelung

Wenn eine zusätzliche untere Bewehrung angeordnet wird, darf M_{Rd} nach Gleichung (86) berechnet werden, wenn die Bedingung $N_s/N_p \leq 0,7$ erfüllt ist (siehe Bild 32).

$$M_{Rd} = N_p z_p + M_{pl,r} + N_s z_s \quad (86)$$

Dabei ist

$N_s = A_s f_{sd}$ die Normalkraft der Bewehrung, wobei A_s die auf die Breite b_s bezogene Querschnittsfläche der voll verankerten unteren Bewehrung ist,

N_p die Normalkraft im Profilblech.

Die zugehörigen inneren Hebelarme z_p und z_s sind in Bild 34 angegeben.

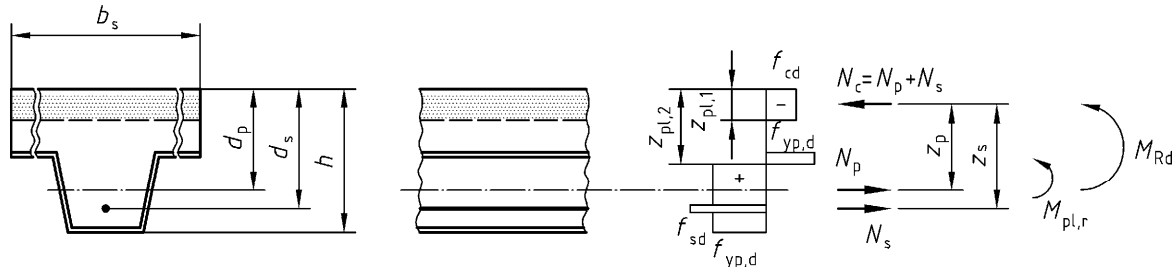


Bild 34 — Beitrag einer zusätzlichen Längsbewehrung

(1120) Momententragfähigkeit bei negativer Momentenbeanspruchung

Wenn das Profilblech bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit nicht berücksichtigt wird, darf die Momententragfähigkeit nach Bild 35 vollplastisch berechnet werden. Eine Berücksichtigung des Profilbleches bei vollplastischer Ermittlung der Momententragfähigkeit ist nur zulässig, wenn das Blech durchlaufend ist und das örtliche Beulen berücksichtigt wird. Die Auswirkungen örtlichen Beulens in gedrückten Teilen des Bleches dürfen durch wirksame Breiten berücksichtigt werden, die die doppelten Werte für beidseitig gelagerte Plattenstreifen nach DIN 18800-1:1990-11, Tabelle 18 nicht überschreiten dürfen. Bei der Ermittlung der wirksamen Querschnittsfläche des Profilbleches darf die Breite der Sicken und Noppen im Blech nur berücksichtigt werden, wenn dies für das Profilblech ausdrücklich so geregelt ist.

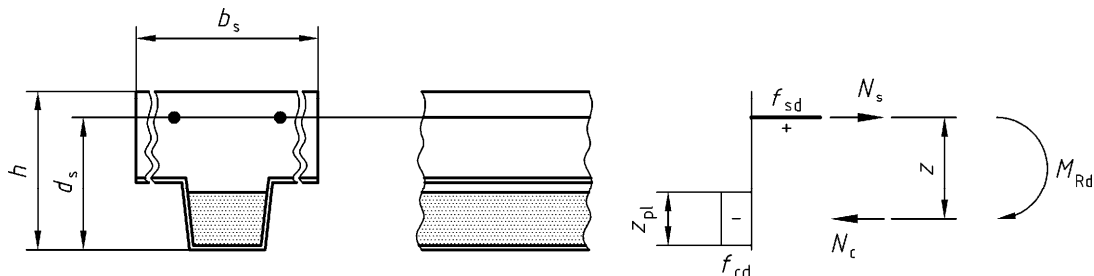


Bild 35 — Vollplastische Spannungsverteilung bei negativer Momentenbeanspruchung

(1121) Querkrafttragfähigkeit

Die auf den Achsabstand zweier Rippen (Breite b_s nach Bild 29) bezogene Querkrafttragfähigkeit ist nach DIN 1045-1:2001-07, 10.3 zu ermitteln. Für die kleinste Querschnittsbreite b_w innerhalb der Nutzhöhe ist b_o nach Bild 29 anzusetzen.

(1122) Durchstanzen

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 10.5. Wenn kein genauere Nachweis geführt wird, darf der Betonquerschnitt in den Rippen bei der Ermittlung der Tragfähigkeit und bei der Ermittlung des kritischen Rundschnittes nicht berücksichtigt werden.

11.4.4 Nachweis der Längsschubtragfähigkeit

11.4.4.1 Allgemeines

(1123) Nachweisverfahren und Anwendungsbereich

Für den Nachweis der Längsschubtragfähigkeit von Decken mit nicht-duktilen Verbundverhalten gilt 11.4.4.2. Bei Verbunddecken mit duktilen Verbundverhalten ist der Nachweis nach 11.4.4.3 zu führen.

11.4.4.2 Nachweis nach dem m+k-Verfahren

(1124) Nachweisformat

Es ist Bedingung (87) nachzuweisen.

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,L}} \leq 1,0 \quad (87)$$

Dabei ist

V_{Ed} der Bemessungswert der einwirkenden Querkraft,

$V_{Rd,L}$ die Querkrafttragfähigkeit bei Längsschubversagen nach Element (1125).

(1125) Querkrafttragfähigkeit bei Längsschubversagen

Der Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit bei Längsschubversagen ist nach Gleichung (88) zu ermitteln.

$$V_{Rd,L} = b d_p \left(\frac{m A_p}{b L_s} + k \right) \frac{1}{\gamma_{vs}} \quad (88)$$

Dabei ist

b die Breite des Querschnitts in mm,

d_p die statische Nutzhöhe in mm nach Bild 32,

A_p der Nennwert der Querschnittsfläche des Profilbleches in mm²,

L_s die Schublänge nach Element (1126) in mm,

m, k durch Versuche ermittelte Werte in N/mm² (siehe Element (104)). Sollen eine zusätzliche Längsbewehrung und/oder Endverankerungen in Rechnung gestellt werden, so müssen diese in den Faktoren m und k berücksichtigt sein,

γ_{vs} der gesondert geregelte Teilsicherheitsbeiwert für das verwendete Blech (siehe Element (104)).

(1126) Maßgebende Schublänge L_s

Für den Nachweis nach Element (1125) ergibt sich bei Einfeldträgern die maßgebende Schublänge L_s aus dem maximalen Moment, dividiert durch den größeren Wert der Querkräfte an den benachbarten Auflagern. Wenn die Decken als durchlaufende Verbunddecken bemessen werden, darf der Nachweis der Längsschubtragfähigkeit an äquivalenten Einfeldträgern mit der Stützweite L_{eff} nach Bild 36 erfolgen.

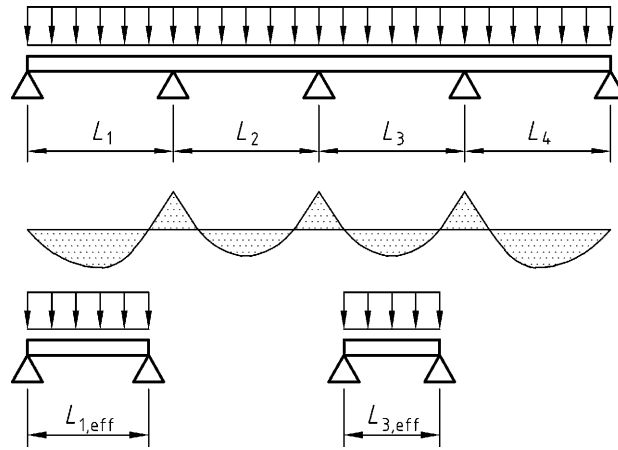


Bild 36 — Äquivalente einfeldrige Stützweiten zur Bestimmung der Längsschubtragfähigkeit von durchlaufenden Verbunddecken

11.4.4.3 Nachweis nach der Teilverbundtheorie

(1127) Nachweisverfahren

Es ist nachzuweisen, dass die Bedingung (89) an jeder Stelle x eingehalten ist (siehe Bild 37).

$$\frac{M_{Ed}(x)}{M_{Rd}(x)} \leq 1,0 \tag{89}$$

Dabei ist

M_{Ed} das einwirkende Bemessungsmoment,

M_{Rd} die vom Verdübelungsgrad an der Stelle x abhängige Momententragfähigkeit nach Element (1119).

Bei durchlaufenden Decken ist für den Nachweis die äquivalente Stützweite L_{eff} nach Element (1126) zugrunde zu legen.

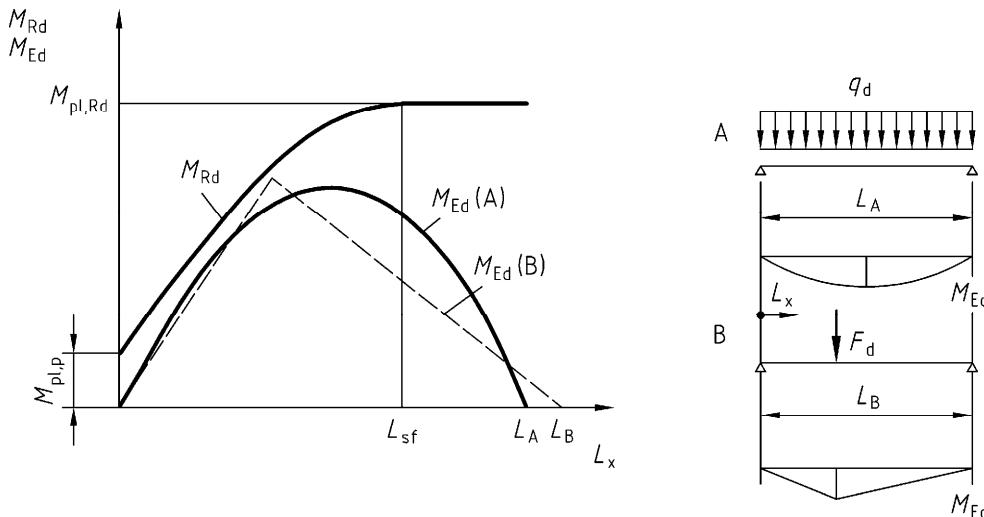


Bild 37 — Momentendeckung bei teilweiser Verdübelung

(1128) Nachweis bei zusätzlichen Endverankerungen

Bei dem Nachweis nach Element (1127) darf bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit die aus der Endverankerung resultierende Vergrößerung der Momententragfähigkeit berücksichtigt werden.

Bei der Ermittlung der Momententragfähigkeit M_{Rd} nach Element (1119) vergrößert sich die Betondruckkraft N_c dabei um die Grenzscherkraft V_{ed} der Endverankerung. Dies kann durch die in Bild 38 dargestellte Verschiebung des Momentendiagramms in der L_x -Richtung um den Betrag $V_{ed}/(b \tau_{u,Rd})$ berücksichtigt werden.

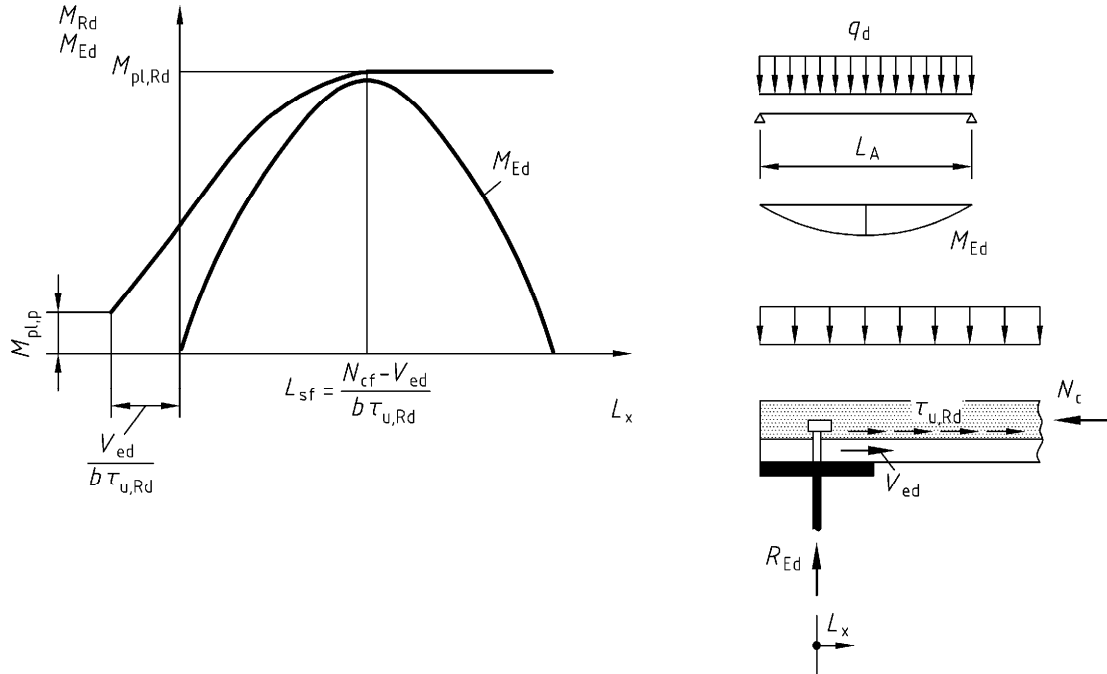


Bild 38 — Momentendeckung bei teilweiser Verdübelung und zusätzlicher Endverankerung

(1129) Endverankerung mit Kopfbolzendübeln

Der Bemessungswert der Schubtragfähigkeit $P_{pb,Rd}$ eines durch das Profilblech geschweißten Kopfbolzendübeln ergibt sich aus dem jeweils kleineren Wert nach Element (935) und der Tragfähigkeit nach Gleichung (90).

$$P_{pb,Rd} = k_{\varphi} d_{do} t f_{yp,d} \quad (90)$$

mit

$$k_{\varphi} = 1 + a/d_{do} \leq 6,0 \quad (91)$$

Dabei ist

d_{do} der Durchmesser des Schweißwulstes, für den der 1,1fache Wert des Schaftdurchmessers des Dübeln angesetzt werden darf,

a der Abstand zwischen der Dübelachse und dem Blechende, der nicht kleiner als $1,5 d_{do}$ sein darf,

t die Dicke des Profilbleches.

Wenn das Zusammenwirken mit dem Flächenverbund und eventuell vorhandenen Endverankerungen nicht geregelt ist, sind die Kopfbolzendübel im Grenzzustand der Tragfähigkeit für die größte Zugkraft im Profilblech zu bemessen.

(1130) Durchschweißen von Dübeln bei Profilblechen

Das Durchschweißen von Kopfbolzendübeln ist unter folgenden Bedingungen zulässig:

- a) Schaftdurchmesser $d_1 \leq 19$ mm,
- b) kein Korrosionsschutz des Stahlträgers im Bereich der Schweißung vorhanden,
- c) Dicke des verzinkten Stahlbleches kleiner als 1,25 mm und Dicke der Zinkschicht auf jeder Seite des Stahlbleches kleiner als 30 μm ,
- d) bei nicht verzinkten Blechen minimaler Korrosionsgrad und Blechdicke kleiner als 1,5 mm,
- e) keine Feuchtigkeit während des Schweißens,
- f) festes Aufliegen der Profiltafeln auf der Schweißfläche,
- g) Durchschweißen nur durch eine Lage Profilblech,
- h) Verwendung von geeigneten Keramikringen.

(1131) Endverankerung mit Blechverformungsankern

Die Endverankerung darf mit Blechverformungsankern ausgeführt werden, wenn diese für das Profilblech gesondert geregelt sind (siehe Element (104)).

(1132) Endverankerung durch Reibungskräfte infolge von Auflagerkräften

Die aus der Auflagerkraft R_{Ed} nach Bild 38 resultierende Reibungskraft $V_{ed} = \mu R_{Ed}$ darf als Endverankerungskraft angerechnet werden, wenn dieser Einfluss nicht schon in $\tau_{i,Rd}$ enthalten ist. Bezüglich der Reibzahl μ sind die Elemente (104) und (705) zu beachten.

11.5 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit im Endzustand

11.5.1 Ermittlung der Schnittgrößen und Verformungen

(1133) Grundlagen

Schnittgrößen und Verformungen infolge von Einwirkungen auf die Verbunddecke sind mit elastischen Berechnungsverfahren in Übereinstimmung mit 8.3.3 zu ermitteln. Zur Berücksichtigung des Einflusses aus der Rissbildung im Beton darf die Biegesteifigkeit in Übereinstimmung mit Element (830) berechnet werden. Der Einfluss des Kriechens darf bei der Ermittlung der Biegesteifigkeit nach Element (822) berücksichtigt werden. Einflüsse aus dem Schwinden des Betons dürfen vernachlässigt werden. Bei einfeldrigen Verbunddecken und in den Endfeldern von Durchlaufdecken kann der Schlupf zwischen Profilblech und Beton zu einer Vergrößerung der Verformungen führen. Dieser Einfluss darf vernachlässigt werden, wenn in den Regelungen für das Profilblech (siehe Element (104)) keine abweichenden Angaben enthalten sind.

11.5.2 Begrenzung der Rissbreite

(1134) Durchlaufdecken

Im Bereich negativer Momente durchlaufender Decken gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.2.

(1135) Mindestbewehrung bei durchlaufenden Decken, die als eine Kette von Einfeldträgern bemessen werden

Wenn durchlaufende Decken nach Element (1114) als eine Kette von Einfeldträgern bemessen werden und nach DIN 1045-1:2001-07, 11.2.1 keine Anforderungen an die Begrenzung der Rissbreite bestehen, muss bei Decken, die während des Betonierens nicht durch Hilfsstützen unterstützt werden, die Querschnittsfläche der oberen Bewehrung über den Innenstützen mindestens 0,2 % und bei Decken, die während des Betonierens durch Hilfsstützen unterstützt werden (Eigengewichtsverbund), mindestens 0,4 % der Querschnittsfläche des Betons oberhalb des Profilbleches betragen.

11.5.3 Begrenzung der Verformungen

(1136) Grundsätze

Es gilt DIN 1045-1:2001-07, 11.3.

(1137) Nachweis ohne Berechnung der Verformung

Durchbiegungsberechnungen dürfen entfallen, wenn der Schlupf zwischen Profilblech und Beton in Übereinstimmung mit Element (1133) vernachlässigbar ist und die Biegeschlankheit unter Ansatz der Nutzhöhe d_p die Grenzwerte nach DIN 1045-1:2001-07, 11.3.2 nicht überschreitet. Die Durchbiegung des Profilbleches im Bauzustand unter seinem Eigengewicht braucht bei diesem Nachweis nicht berücksichtigt zu werden.

Anhang A (normativ)

Kopfbolzendübel, die randnah angeordnet werden und Spaltzugkräfte in Gurtickenrichtung erzeugen

A.1 Tragfähigkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der Bemessungswert der Längsschubtragfähigkeit von Kopfbolzendübeln nach Bild A.1, die randnah angeordnet werden und in Gurtickenrichtung Spaltzugkräfte erzeugen, ist nach Gleichung (A.1) zu ermitteln, wenn sich hieraus kleinere Tragfähigkeiten als nach Element (935) ergeben.

$$P_{\text{Rd,L}} = \frac{1,4 k_v (f_{\text{ck}} d a_r')^{0,4} (a/s)^{0,3}}{\gamma_v} \text{ in kN} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

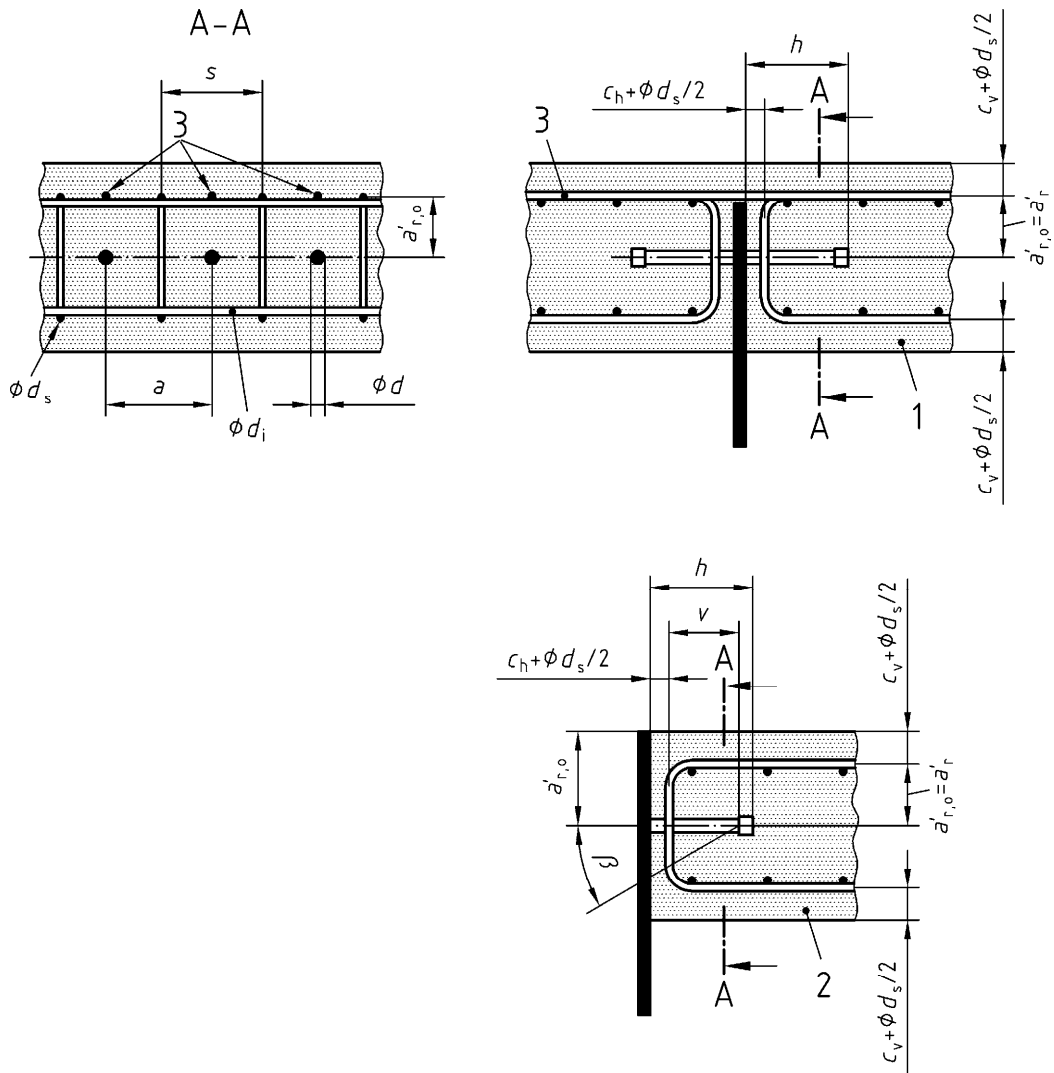
- a_r' der wirksame Randabstand mit $a_r' = a_r - c_v - d_s/2 \geq 50 \text{ mm}$,
- $k_v = 1,00$ ein Beiwert für Dübel in Randlage,
 $= 1,14$ ein Beiwert für Dübel in Mittellage,
- γ_v der Teilsicherheitsbeiwert nach Element (505),
- f_{ck} der charakteristische Wert der Zylinderdruckfestigkeit im jeweils betrachteten Alter in N/mm^2 ,
- d der Schaftdurchmesser des Dübels mit $19 \leq d \leq 25 \text{ mm}$,
- h die Gesamthöhe des Dübels mit $h/d \geq 4$,
- a der Achsabstand der Dübel in Längsrichtung mit $110 \leq a \leq 440 \text{ mm}$,
- s der Abstand der Bügel mit $a/2 \leq s \leq a$ und $s/a_r' \leq 3$,
- d_s der Stabdurchmesser der Bügelbewehrung mit $d_s \geq 8 \text{ mm}$,
- d_ℓ der Stabdurchmesser der Längsbewehrung mit $d_\ell \geq 10 \text{ mm}$,
- c_v die Betondeckung nach Bild A.1 in mm.

A.2 Konstruktionsregeln

Zur Vermeidung eines Versagens infolge Herausziehens der Dübel sind in der Regel die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Dübel im Druckbereich des Betongurtes: $\beta \leq 30^\circ$ oder $v \geq \max\{110 \text{ mm}; 1,7 a_r'; 1,7 s/2\}$
- Dübel im Zugbereich des Betongurtes: $\beta \leq 23^\circ$ oder $v \geq \max\{160 \text{ mm}; 2,4 a_r'; 2,4 s/2\}$

Dabei ist v in Bild A.1 angegeben.



Legende

- 1 Mittellage
- 2 Randlage
- 3 Querbewehrung

Bild A.1 — Anordnung und geometrische Randbedingungen für randnahe Kopfbolzendübel in horizontaler Lage

A.3 Spaltzugkräfte

Die Bügel sind für die in Gurtickenrichtung wirkende Spaltzugkraft nach Gleichung (A.2) zu bemessen.

$$T_d = 0,3 P_{Rd,L} \tag{A.2}$$

A.4 Gleichzeitige Beanspruchung durch vertikale Kräfte und Längsschubkräfte

Bei gleichzeitiger Beanspruchung durch vertikale Dübelkräfte aus der Auflagerung des Gurtes und in Längsrichtung des Gurtes wirkende horizontale Dübelkräfte ist bei der Ermittlung der Tragfähigkeit die Interaktionsbedingung (A.3) nachzuweisen.

$$\left(\frac{F_{d,L}}{P_{Rd,L}}\right)^{1,2} + \left(\frac{F_{d,V}}{P_{Rd,V}}\right)^{1,2} \leq 1,0 \quad (\text{A.3})$$

Dabei ist

$$P_{Rd,V} = \frac{0,012 (f_{ck} d_\ell)^{0,5} (d a/s)^{0,4} (d_s)^{0,3} (a'_{r,o})^{0,7} k_v}{\gamma_V} \text{ in kN} \quad (\text{A.4})$$

und $a'_{r,o}$ der wirksame obere Randabstand mit $a'_{r,o} = a_{r,o} - c_v - d_s/2 \geq 50$ mm. Zusätzlich zu den in Element (A.1) genannten Randbedingungen sind die folgenden Bedingungen einzuhalten:

$$h \geq 100 \text{ mm}; 110 \leq a \leq 250 \text{ mm}; d_s \leq 12 \text{ mm}; d_\ell \leq 16 \text{ mm}.$$

A.5 Ermüdungsfestigkeit

Für Normalbeton ergibt sich die Ermüdungsfestigkeit von Kopfbolzendübeln, die Spaltzugkräfte in Gurtickenrichtung erzeugen, nach Gleichung (A.5). Wenn sich nach Element (959) ein kleinerer Wert ergibt, ist dieser für den Nachweis maßgebend.

$$(\Delta P_R)^m N = (\Delta P_c)^m N_c \quad (\text{A.5})$$

Dabei ist

ΔP_R die Ermüdungsfestigkeit (ertragbare Schubkraftdoppelamplitude je Dübel),

ΔP_c der Bezugswert der Ermüdungsfestigkeit nach Tabelle A.1 bei der Bezugslastspielzahl N_c ,

a'_r der wirksame Randabstand,

m der Neigungsexponent der Ermüdungsfestigkeitskurve mit $m = 8$,

N_c die Bezugslastspielzahl mit $N_c = 2 \times 10^6$

N die Anzahl der Lastspiele.

Tabelle A.1 — Ermüdungsfestigkeit für horizontal angeordnete Kopfbolzendübel

Spalte Zeile	1	2	3	4	5
1	a'_r	mm	50	≥ 100	ANMERKUNG: Für $50 < a'_r < 100$ mm ergibt sich ΔP_c durch lineare Interpolation.
2	ΔP_c	kN	24,9	35,6	

DEUTSCHE NORM

September 2002

	<p style="text-align: center;">Stahlbauten Teil 7: Ausführung und Herstellerqualifikation</p>	<p style="text-align: center;">DIN 18800-7</p>
<p>ICS 91.010.30; 91.080.10</p> <p>Steel structures — Part 7: Execution and constructor's qualification</p> <p>Structures en acier — Partie 7: Exécution et qualification des constructeurs</p>		<p>Ersatz für DIN V 18800-7:2000-10</p> <p style="text-align: right;">Fortsetzung Seite 2 bis 43</p> <p style="text-align: center;">Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.</p>

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	13
4 Dokumentation.....	14
4.1 Ausführungsunterlagen.....	14
4.2 Nachweisunterlagen.....	14
5 Werkstoffe.....	15
5.1 Walzstähle, Schmiedestähle und Gusswerkstoffe.....	15
5.1.1 Sorten.....	15
5.1.2 Maße.....	15
5.1.3 Gütegruppen.....	15
5.1.4 Zusätzliche Anforderungen.....	15
5.1.5 Bescheinigungen.....	16
5.2 Schweißzusätze.....	16
5.3 Mechanische Verbindungsmittel.....	16
5.3.1 Schrauben, Muttern und Scheiben.....	16
5.3.2 Sonstige mechanische Verbindungen.....	17
5.3.3 Kennzeichnung und Bescheinigungen.....	18
6 Fertigung.....	18
6.1 Identifizierbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen.....	18
6.2 Schneiden.....	18
6.3 Formgebung, Wärmebehandlung und Flammrichten.....	19
6.4 Lochen.....	19
6.5 Ausschnitte.....	19
7 Schweißen.....	19
7.1 Voraussetzungen zum Schweißen.....	19
7.1.1 Schweißanweisung (WPS).....	19
7.1.2 Schweißverfahrensprüfungen oder vorgezogene Arbeitsprüfung.....	20
7.2 Schweißplan.....	20
7.3 Vorbereitung der Schweißarbeiten.....	20
7.3.1 Allgemeines.....	20
7.3.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen.....	20
7.3.3 Witterungsschutz.....	20
7.4 Ausführung von Schweißarbeiten.....	21
7.4.1 Allgemeines.....	21
7.4.2 Vorwärmen.....	21
7.4.3 Zusammenbauhilfen.....	21
7.4.4 Bolzenschweißen.....	21
7.4.5 Schweißen von Betonstahl.....	21
7.4.6 Zusätzliche Anforderungen.....	21
8 Schrauben- und Nietverbindungen.....	21
8.1 Allgemeines.....	21
8.2 Maße der Löcher.....	22
8.3 Einsatz von Schraubenverbindungen.....	22
8.4 Vorbereitung der Kontaktflächen für Schraubenverbindungen.....	23
8.5 Anziehen von nicht planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen.....	24
8.6 Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen.....	25
8.6.1 Allgemeines.....	25
8.6.2 Drehmoment-Vorspannverfahren.....	27

8.6.3	Drehimpuls-Vorspannverfahren	27
8.6.4	Drehwinkel-Vorspannverfahren	28
8.6.5	Kombiniertes Vorspannverfahren	28
8.7	Einbau von Nieten.....	29
9	Montage	29
9.1	Montageanweisung.....	29
9.2	Auflager.....	29
9.3	Montagearbeiten	30
9.3.1	Allgemeines	30
9.3.2	Kennzeichnung	30
9.3.3	Transport und Lagerung auf der Baustelle	30
9.3.4	Ausrichten	30
10	Korrosionsschutzmaßnahmen	30
10.1	Allgemeines	30
10.2	Oberflächenvorbereitung	31
10.3	Fertigungsbeschichtungen.....	31
10.4	Beschichtung und Überzüge.....	31
10.5	Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln.....	32
11	Geometrische Toleranzen.....	32
11.1	Allgemeines	32
11.2	Fertigungstoleranzen	32
11.3	Montagetoleranzen	33
12	Prüfungen	33
12.1	Allgemeines	33
12.2	Fertigung und Montage.....	33
12.2.1	Schweißen	33
12.2.2	Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen	35
12.2.3	Nietverbindungen.....	36
12.2.4	Korrosionsschutzmaßnahmen	36
13	Herstellerqualifikation.....	37
13.1	Allgemeines	37
13.2	Werkseigene Produktionskontrolle	37
13.3	Maßnahmen der werkseigenen Produktionskontrolle	37
13.4	Anforderungen an Schweißbetriebe	38
13.4.1	Allgemeines	38
13.4.2	Schweißer und Bediener.....	38
13.4.3	Schweißaufsicht.....	38
13.4.4	Betriebseinrichtungen	39
13.4.5	Bescheinigungen	39
13.5	Klassifizierung von geschweißten Bauteilen.....	39
Bild 1 — Zulässige Abweichungen für Ankerbolzen mit Reguliermöglichkeit		33
Tabelle 1 — Schrauben, Muttern und Scheiben für Ausführungsformen nach DIN 18800-1		17
Tabelle 2 — Herstellung von Löchern		19
Tabelle 3 — Methoden der Anerkennung von vorläufigen Schweißanweisungen für das Lichtbogenschweißen		20
Tabelle 4 — Eignungshinweise für Beschichtungen/Beschichtungssysteme auf Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV/SLVP)		24
Tabelle 5 — Vorspannkkräfte und Anziehmomente für Drehmoment- und Drehimpuls-Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8		26

Tabelle 6 — Vorspannkräfte und Anziehungsmomente für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9.....	27
Tabelle 7 — Erforderliche Weiterdrehwinkel ϑ bzw. -umdrehungsmaße V für das kombinierte Vorspannverfahren an Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9.....	29
Tabelle 8 — Überprüfen der Vorspannung bei Regelvorspannkräften.....	36
Tabelle 9 — Klasse A.....	40
Tabelle 10 — Klasse B.....	40
Tabelle 11 — Klasse C	41
Tabelle 12 — Klasse D	42
Tabelle 13 — Klasse E.....	42
Tabelle 14 — Herstellerqualifikation für das Schweißen	43

Vorwort

Diese Norm enthält Festlegungen und Empfehlungen für die Ausführung von Stahlbauten.

Als Vorlage diente die DIN V ENV 1090-1 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl — Teil 1: Allgemeine Regeln und Regeln für die Hochbauten; Deutsche Fassung ENV 1090-1:1996“, die Norm stellt damit auch eine deutsche Stellungnahme zur Europäischen Vornorm ENV 1090-1 dar.

Andererseits war die Zielstellung die Anpassung der Norm DIN 18800-7 an das Konzept der im Jahre 1990 herausgegebenen Bezugsnormen DIN 18800-1 bis DIN 18800-4 und die Norm E DIN 18800-5.

Änderungen

Gegenüber der Vornorm DIN V 18800-7:2000-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- b) die thermomechanisch gewalzten schweißgeeigneten Stahlsorten S355 und S460 sind aufgenommen worden;
- c) Regelungen für das Laserstrahlschweißen sind aufgenommen worden;
- d) die Anhänge sind entfallen, der Inhalt wurde — so weit erforderlich — in den Normentext übernommen.

Frühere Ausgaben

DIN V 18800-7: 2000-10

DIN 18800-7: 1983-05

DIN 1000: 1921-03, 1923-10, 1930-07, 1956x-03, 1973-12

DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12

DIN 4100 Bbl. 1: 1956x-12, 1968-12

DIN 4100 Bbl. 2: 1956x-12, 1968-12

1 Anwendungsbereich

(101) Diese Norm gilt für die Ausführung von tragenden Bauteilen aus Stahl unter vorwiegend ruhender und nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung. Die Bemessung erfolgt nach DIN 18800-1 bis -5 bzw. DIN V ENV 1993-1-1 und DIN V ENV 1994-1-1 sowie den jeweiligen Fachnormen und der „Anpassungsrichtlinie Stahlbau“, den Nationalen Anwendungsdokumenten zu DIN V ENV 1993-1-1 „DASt-Richtlinie 103“ und DIN V ENV 1994-1-1 „DASt-Richtlinie 104“.

Diese Norm enthält Regelungen zur Herstellerqualifikation und zur Klassifizierung von geschweißten Stahlbauteilen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 101, *Niete — Technische Lieferbedingungen.*

DIN 267-10, *Mechanische Verbindungselemente; Technische Lieferbedingungen; Feuerverzinkte Teile.*

DIN 434, *Scheiben, viereckig, keilförmig für U-Träger.*

DIN 435, *Scheiben, viereckig, keilförmig für I-Träger.*

DIN 929, *Sechskant-Schweißmutter.*

DIN 976-1, *Gewindebolzen — Teil 1: Metrisches Gewinde.*

DIN 977, *Sechskant-Schweißmutter mit Flansch.*

DIN 1055-3, *Lastannahmen für Bauten — Verkehrslasten.*

DIN 4099, *Schweißen von Betonstahl — Ausführung und Prüfung.*

DIN 4112, *Fliegende Bauten — Richtlinien für Bemessung und Ausführung.*

DIN 4131, *Antennentragwerke aus Stahl.*

DIN 4132, *Kranbahnen — Stahltragwerke — Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung.*

DIN 4133, *Schornsteine aus Stahl.*

DIN 4141-1, *Lager im Bauwesen; Allgemeine Regeln.*

DIN 4141-2, *Lager im Bauwesen; Lagerung für Ingenieurbauwerke im Zuge von Verkehrswegen (Brücken).*

DIN 4141-3, *Lager im Bauwesen; Lagerung für Hochbauten.*

DIN 4141-12, *Lager im Bauwesen — Gleitlager/Achtung: Diese Norm gilt nur im Zusammenhang mit DIN 4141-1, DIN 4141-2 und DIN 4141-4.*

- DIN V 4141-13, *Lager im Bauwesen — Festhaltekonstruktionen und Horizontalkraftlager — Bauliche Durchbildung und Bemessung/Achtung: Gilt nur im Zusammenhang mit DIN 4141 Teile 1 bis 4 und Teile 12 und 14.*
- DIN 4141-14, *Lager im Bauwesen; Bewehrte Elastomerlager; Bauliche Durchbildung und Bemessung.*
- DIN 4141-15, *Lager im Bauwesen; Unbewehrte Elastomerlager; Bauliche Durchbildung und Bemessung.*
- DIN 4141-140, *Lager im Bauwesen; Bewehrte Elastomerlager; Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung.*
- DIN 4141-150, *Lager im Bauwesen; Unbewehrte Elastomerlager; Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen und Überwachung.*
- DIN 4420-1, *Arbeits- und Schutzgerüste; Allgemeine Regelungen; Sicherheitstechnische Anforderungen, Prüfungen.*
- DIN 4420-2, *Arbeits- und Schutzgerüste; Leitergerüste; Sicherheitstechnische Anforderungen.*
- DIN 4420-3, *Arbeits- und Schutzgerüste; Gerüstbauarten ausgenommen Leiter- und Systemgerüste; Sicherheitstechnische Anforderungen und Regelausführungen.*
- DIN 4420-4, *Arbeits- und Schutzgerüste aus vorgefertigten Bauteilen (Systemgerüste); Werkstoffe, Gerüstbauteile, Abmessungen, Lastannahmen und sicherheitstechnische Anforderungen; Deutsche Fassung HD 1000:1988.*
- DIN 4421, *Traggerüste — Berechnung, Konstruktion und Ausführung.*
- DIN 6914, *Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten — HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen.*
- DIN 6915, *Sechskantmutter mit großen Schlüsselweiten für Verbindungen mit HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen.*
- DIN 6916, *Scheiben, rund, für HV-Schrauben in Stahlkonstruktionen.*
- DIN 6917, *Scheiben, vierkant, keilförmig, für HV-Schrauben an I-Profilen in Stahlkonstruktionen.*
- DIN 6918, *Scheiben, vierkant, keilförmig für HV-Schrauben an U-Profilen in Stahlkonstruktionen.*
- DIN 7968, *Sechskant-Passschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen.*
- DIN 7969, *Senkschrauben mit Schlitz mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen.*
- DIN 7989-1, *Scheiben für Stahlkonstruktionen — Teil 1: Produktklasse C.*
- DIN 7989-2, *Scheiben für Stahlkonstruktionen — Teil 2: Produktklasse A.*
- DIN 7990, *Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen.*
- DIN 7999, *Sechskant-Passschrauben, hochfest, mit großen Schlüsselweiten für Stahlkonstruktionen.*
- DIN 17111, *Kohlenstoffarme unlegierte Stähle für Schrauben, Muttern und Niete; Technische Lieferbedingungen.*
- DIN 18202, *Toleranzen im Hochbau — Bauwerke.*
- DIN 18800-1:1990-11, *Stahlbauten — Bemessung und Konstruktion.*
- DIN 18800-2, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Knicken von Stäben und Stabwerken.*
- DIN 18800-3, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Plattenbeulen.*

DIN 18800-4, *Stahlbauten — Stabilitätsfälle — Schalenbeulen.*

E DIN 18800-5, *Stahlbauten — Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton — Bemessung und Konstruktion.*

DIN 18808, *Stahlbauten — Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung.*

DIN 18809, *Stählerne Straßen- und Wegbrücken — Bemessung, Konstruktion, Herstellung.*

DIN 55928-8, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Teil 8: Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen.*

DIN 55928-9, *Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge — Beschichtungsmittel — Zusammensetzung von Bindemitteln und Pigmenten.*

DIN EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 287-1:1992 + A1:1997.*

DIN EN 288-2, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 2: Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 288-2:1992 und A1:1997.*

DIN EN 288-3, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen (enthält Änderung A1:1997); Deutsche Fassung EN 288-3:1992 + A1:1997.*

DIN EN 288-5, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 5: Anerkennung durch Einsatz anerkannter Schweißzusätze für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 288-5:1994.*

DIN EN 288-6, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 6: Anerkennung auf Grund vorliegender Erfahrung; Deutsche Fassung EN 288-6:1994.*

DIN EN 288-7, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 7: Anerkennung von Normschweißverfahren für das Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 288-7:1998.*

DIN EN 288-8, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Teil 8: Anerkennung durch eine Schweißprüfung vor Fertigungsbeginn; Deutsche Fassung EN 288-8:1995.*

DIN EN 473, *Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen; Deutsche Fassung EN 473:1992.*

DIN EN 719, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung; Deutsche Fassung EN 719:1994.*

DIN EN 729-2, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Umfassende Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-2:1994.*

DIN EN 729-3, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Standard-Qualitätsanforderungen; Deutsche Fassung EN 729-3:1994.*

DIN EN 729-4, *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe — Teil 4: Elementar-Qualitätsanforderungen, Deutsche Fassung EN 729-4:1994.*

DIN EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung; Deutsche Fassung EN 970:1997.*

DIN EN 1011-1, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Anleitungen für Lichtbogenschweißen; Deutsche Fassung EN 1011-1:1998.*

- DIN EN 1011-2, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen; Deutsche Fassung EN 1011-2:2001.*
- DIN EN 1289, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen; Deutsche Fassung EN 1289:1998.*
- DIN EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen; Deutsche Fassung EN 1290:1998.*
- DIN EN 1291, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen; Deutsche Fassung EN 1291:1998.*
- DIN EN 1337-11, *Lager im Bauwesen — Teil 11: Transport, Zwischenlagerung und Einbau; Deutsche Fassung EN 1337-11:1997.*
- DIN EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen; Deutsche Fassung EN 1418:1997.*
- DIN EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen; Deutsche Fassung EN 1435:1997.*
- DIN EN 1712, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen; Deutsche Fassung EN 1712:1997.*
- DIN EN 1713, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten; Deutsche Fassung EN 1713:1997.*
- DIN EN 1714, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen; Deutsche Fassung EN 1714:1997.*
- DIN EN 10025:1994-03, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen — Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993); Deutsche Fassung EN 10025:1990.*
- DIN EN 10113-2:1993-04, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen — Teil 2: Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte Stähle; Deutsche Fassung EN 10113-2:1993.*
- DIN EN 10113-3:1993-04, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus schweißgeeigneten Feinkornbaustählen — Teil 3: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle; Deutsche Fassung EN 10113-3:1993.*
- DIN EN 10155:1993-08, *Wetterfeste Baustähle — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10155:1993.*
- DIN EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren); Deutsche Fassung EN 10160:1999.*
- DIN EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN 10164:1993.*
- DIN EN 10204:1995-08, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen (enthält Änderung A1:1995); Deutsche Fassung EN 10204:1991 + A1:1995.*
- DIN EN 20898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkräften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992); Deutsche Fassung EN 20898-2:1993.*
- DIN EN 22063, *Metallische und andere anorganische Schichten — Thermisches Spritzen — Zink, Aluminium und ihre Legierungen (ISO 2063:1991); Deutsche Fassung EN 22063:1993.*
- DIN EN 25817, *Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl — Richtlinie für die Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:1992); Deutsche Fassung EN 25817:1992.*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl — Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999); Deutsche Fassung EN ISO 898-1:1999.*

DIN EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen (ISO 1461:1999); Deutsche Fassung EN ISO 1461:1999.*

DIN EN ISO 4014, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B (ISO 4014:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4014:2000.*

DIN EN ISO 4017, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf — Produktklassen A und B (ISO 4017:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4017:2000.*

DIN EN ISO 4032, *Sechskantmuttern — Typ 1 — Produktklassen A und B (ISO 4032:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4032:2000.*

DIN EN ISO 4034, *Sechskantmuttern — Produktklasse C (ISO 4034:1999); Deutsche Fassung EN ISO 4034:2000.*

DIN EN ISO 7089, *Flache Scheiben — Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7098:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7089:2000.*

DIN EN ISO 7090, *Flache Scheiben mit Fase — Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7090:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7090:2000.*

DIN EN ISO 7091, *Flache Scheiben — Normale Reihe, Produktklasse C (ISO 7091:2000); Deutsche Fassung EN ISO 7091:2000.*

DIN EN ISO 9013:1995-05, *Schweißen und verwandte Verfahren — Güteeinteilung und Maßtoleranzen für autogene Brennschnittflächen (ISO 9013:1992); Deutsche Fassung EN ISO 9013:1995.*

DIN EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-1:1998.*

DIN EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-2:1998.*

DIN EN ISO 12944-3, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 3: Grundregeln zur Gestaltung (ISO 12944-3:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-3:1998.*

DIN EN ISO 12944-4, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-4:1998.*

DIN EN ISO 12944-5, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 5: Beschichtungssysteme (ISO 12944-5:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-5:1998.*

DIN EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen (ISO 12944-6:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-6:1998.*

DIN EN ISO 12944-7, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-7:1998.*

DIN EN ISO 12944-8, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 8: Erarbeiten von Spezifikationen für Erstschutz und Instandsetzung (ISO 12944-8:1998); Deutsche Fassung EN ISO 12944-8:1998.*

DIN EN ISO 13916, *Schweißen — Anleitung der Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Halte-temperatur (ISO 13916:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13916:1996.*

DIN EN ISO 13918, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918:1998); Deutsche Fassung EN ISO 13918:1998.*

DIN EN ISO 13919-1, *Schweißen — Elektronen- und Laserstrahl-Schweißverbindungen, Leitfaden für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten — Teil 1: Stahl (ISO 13919-1:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13919-1:1996.*

DIN EN ISO 13920, *Schweißen — Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße — Form und Lage (ISO 13920:1996); Deutsche Fassung EN ISO 13920:1996.*

DIN EN ISO 14555, *Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:1998); Deutsche Fassung EN ISO 14555:1998.*

DIN EN ISO 14713, *Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Zink- und Aluminiumüberzüge — Leitfäden (ISO/DIS 14713:1999); Deutsche Fassung EN ISO 14713:1999.*

E DIN EN ISO 15609-4, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen (ISO/DIS 15609-4:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 15609-4:2000.*

E DIN EN ISO 15614-11, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen (ISO/DIS 15614-11:2000); Deutsche Fassung prEN ISO 15614-11:2000.*

DIN V ENV 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1993-1-1:1992.*

DIN V ENV 1994-1-1, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1994-1-1:1992.*

Anpassungsrichtlinie Stahlbau¹⁾ (Mitteilungen Deutsches Institut für Bautechnik).

DAST-Richtlinie 006²⁾, *Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen im Stahlbau.*

DAST-Richtlinie 007²⁾, *Lieferung, Verarbeitung und Anwendung wetterfester Baustähle.*

DAST-Richtlinie 009²⁾, *Empfehlungen zur Wahl der Stahlgütegruppen für geschweißte Stahlbauten.*

DAST-Richtlinie 014²⁾, *Empfehlungen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen in geschweißten Konstruktionen aus Baustahl.*

DAST-Richtlinie 016²⁾, *Bemessung und konstruktive Gestaltung von Tragwerken aus dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen.*

DAST-Richtlinie 103²⁾, *Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1993-1-1.*

DAST-Richtlinie 104²⁾, *Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-1.*

1) Zu beziehen bei Verlag Ernst & Sohn, Mühlenstr. 33–34, 13187 Berlin.

2) Zu beziehen bei der Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, und beim Stahlbau Verlag GmbH, Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf.

Richtlinie DVS 1702³⁾, *Verfahrensprüfungen im Stahlbau für Schweißverbindungen an hochfesten schweißgeeigneten Feinkornbaustählen.*

Richtlinie DVS 1704³⁾, *Richtlinie zum Schweißen von Metallbauten (z. Z. in Vorbereitung).*

Richtlinie DVS 0501³⁾, *Richtlinie zum Prüfen der Porenneigung beim Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen (FB) auf Stahl.*

Richtlinie DVS – EWF 1171³⁾, *Richtlinie DVS-EWF-Lehrgang — Schweißfachmann.*

Richtlinie DVS – EWF 1172³⁾, *Richtlinie DVS-EWF-Lehrgang — Schweißtechniker.*

Richtlinie DVS – EWF 1173³⁾, *Richtlinie DVS-EWF-Lehrgang — Schweißfachingenieur.*

Richtlinie DVS – EWF 1178³⁾, *Richtlinie DVS-EWF-Lehrgang — Schweißgüteprüfpersonal Stufen I bis IV.*

DSV/GAV-Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben⁴⁾.

SEP 1390:1996-07⁵⁾, *Stahl — Eisen — Prüfblatt 1390 Aufschweißbiegeversuch.*

SEW 088⁵⁾, *Stahl-Eisen-Werkstoffblatt 088 Schweißgeeignete Feinkornbaustähle; Richtlinie für die Vorbereitung, besonders für das Schmelzschweißen (enthält Beiblatt 1 und Beiblatt 2).*

Technische Lieferbedingungen (BN) 918 002⁶⁾.

Technische Lieferbedingungen (BN) 918 300⁶⁾.

DS 804⁶⁾, *Vorschrift für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI).*

3) Verlag für Schweißen und verwandte Verfahren – DVS-Verlag GmbH, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf

4) Deutscher Schraubenverband, Goldene Pforte 1, 58093 Hagen

5) Verlag Stahleisen GmbH, Postfach 10 51 64, 40042 Düsseldorf

6) Deutsche Bahn, AHS Logistikcenter, Kriegstraße 1, 76131 Karlsruhe.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe

3.1

Ausführung

(301) die Ausführung von Stahlbauten umfasst Einkauf, Fertigung, Transport, Montage, Schutzmaßnahmen, Überprüfungen und die Dokumentation

3.2

Betriebsprüfung (Audit)

(302) Überprüfung eines Betriebes durch eine anerkannte Stelle, um festzustellen, ob die Herstellerqualifikation nach dieser Norm erfüllt ist

3.3

Entwurfsverfasser

(303) Person oder Institution, die verantwortlich das Tragwerk konstruiert und bemisst

3.4

Fertigungs- und Montagefreigabe

(304) die Freigabe der für die Fertigung oder Montage erforderlichen bautechnischen Unterlagen durch eine jeweils befugte Person

3.5

Hersteller

(305) Unternehmer, der Stahlbauten ausführt

3.6

Prüfinstanz

(306) Person oder Institution, die im Auftrag des Auftraggebers oder auf Grund gesetzlicher Vorschriften die bautechnischen Unterlagen und/oder die Ausführung (verantwortlich) prüft und deren Verwendbarkeit bestätigt

3.7

Schweißbetrieb

(307) Betrieb, der mit speziellem Fachpersonal und fertigungsbezogenen Einrichtungen Schweißarbeiten ausführt

3.8

Verfahrensprüfungen

(308) Prüfung, die bestätigt, dass die anzuwendenden Prozessdaten (Parameter) zur Erfüllung der nach dieser Norm oder mitgeltenden Normen und Regelwerken gestellten Anforderungen geeignet sind

4 Dokumentation

4.1 Ausführungsunterlagen

(401) Alle zur Ausführung der Tragwerke aus Stahl und zu den angrenzenden Bauteilen notwendigen Informationen und technischen Anforderungen, die aus dem Entwurf, der Berechnung und der Bemessung nach den einschlägigen Regelwerken sowie den Regelungen dieser Norm resultieren, müssen in den Ausführungsunterlagen eindeutig angegeben sein.

Dies sind die nach DIN 18800-1:1990-11, Abschnitt 2, Element (208) für die Fertigung und Montage zu erstellenden Zeichnungen.

(402) Ergänzend zu den dort gestellten Anforderungen sind auch die folgenden, für die Ausführung notwendigen Angaben in die Zeichnungen oder zugehörigen Stücklisten aufzunehmen:

- e) Produktnormen der Stahlerzeugnisse und Verbindungsmittel,
- f) Gütegruppen der Stahlsorten und, falls erforderlich, Angaben der Optionen (zusätzliche Anforderungen) der relevanten Werkstoffnormen,
- g) für Bauteile, die aus Stahlerzeugnissen mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche hergestellt werden, zusätzlich die Bezeichnung der Güteklasse nach DIN EN 10164,
- h) Vermaßung und Nahtart (sinnbildlich) der Schweißnähte, falls zur Eindeutigkeit erforderlich mit Schweißdetails,
- i) Bewertungsgruppen für die einzuhaltenden Schweißnahtgüten nach DIN EN 25817,
- j) Art und Umfang der zerstörungsfreien Werkstoff- und Schweißnahtprüfungen,
- k) Art der Bescheinigungen nach DIN EN 10204:1995-08, die für die zur Ausführung vorgesehenen Stahlerzeugnisse und Verbindungsmittel vorliegen müssen,
- l) Toleranzen,
- m) Vorbehandlungsmaßnahmen der Werkstoffe,
- n) bei Gusserzeugnissen die Gütestufen.

(403) Fehlende Angaben sind in Abstimmung mit dem verantwortlichen Entwurfsverfasser festzulegen und in die Ausführungsunterlagen einzutragen.

In den Zeichnungen sind auch Verbindungen an tragenden Bauteilen zu berücksichtigen, die nur Montagezwecken dienen, auch wenn sie nach erfolgtem Zusammenbau wieder entfernt werden.

Werden beim Hersteller Änderungen gegenüber den Ausführungsunterlagen nötig, so sind diese nach den Vorgaben des Entwurfsverfassers und gegebenenfalls der Prüfinstanz zu berichtigen.

4.2 Nachweisunterlagen

(404) Zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Ausführung der Stahlbauteile müssen folgende Nachweisunterlagen vorliegen oder angefertigt werden:

- a) Bescheinigungen nach DIN EN 10204:1995-08,
- b) Aufzeichnungen über die jeweilige Verwendung der verschiedenen Ausgangsprodukte,

- c) Angaben von genehmigten Abweichungen und deren Darstellung in Bestandszeichnungen bzw. ausreichende Hinweise zur Aufstellung dieser Bestandszeichnungen,
- d) Berichte über Prüfungen.

5 Werkstoffe

5.1 Walzstähle, Schmiedestähle und Gusswerkstoffe

5.1.1 Sorten

(501) Die einsetzbaren Werkstoffe sind den in (101) genannten Regelwerken zu entnehmen.

5.1.2 Maße

(502) Für Maße, Grenzabmaße und Formtoleranzen gelten die jeweils maßgebenden Normen.

5.1.3 Gütegruppen

(503) Die Stahlsorten sind bezüglich der Gütegruppen entsprechend dem vorgesehenen Verwendungszweck und ihrer Schweißreignung auszuwählen. Es gilt DAST-Richtlinie 009 in Verbindung mit der "Anpassungsrichtlinie Stahlbau".

5.1.4 Zusätzliche Anforderungen

(504) Bei Beanspruchung in Dickenrichtung sind gegebenenfalls Stahlprodukte mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche nach DIN EN 10164 einzusetzen.

Die DAST-Richtlinie 014 ist zu beachten.

(505) Bleche und Breitflachstähle in Haupttragteilen der Klasse E (siehe Tabelle 13), die in Dickenrichtung auf Zug beansprucht werden, müssen ab einer Nennstärke von 10 mm ultraschallgeprüft sein. Die Prüfung ist nach DIN EN 10160 durchzuführen; es wird die Güte der Klasse S1 für die Fläche und der Klasse E1 für die Randzone gefordert.

ANMERKUNG Für den Eisenbahnbrückenbau siehe BN 918 002.

(506) Für Produkte mit Erzeugnisbreiten ≥ 200 mm aus unlegierten Baustählen nach DIN EN 10025:1994-03, aus wetterfesten Baustählen nach DIN EN 10155:1993-08 und aus Feinkornbaustählen der Gütekennzeichnungen N oder M nach DIN EN 10113-2:1993-04 und DIN EN 10113-3:1993-04 bis zu einer Nennstreckgrenze von 355 N/mm^2 mit Erzeugnisdicken über 30 mm, an denen geschweißt wird und bei denen die Schweißnähte in auf Zug oder Biegezug beanspruchten Bereichen liegen, muss ein Aufschweißbiegeversuch nach SEP 1390:1996-07 durchgeführt werden, soweit die Eignung der Stähle nicht durch andere anerkannte Verfahren nachgewiesen wird.

(507) Für Erzeugnisse aus den Stahlsorten S355 nach DIN EN 10025:1994-03 für geschweißte Konstruktionen ist bei der Bestellung die Angabe von den folgenden 14 Elementen der Schmelzenanalyse zu fordern und diese in der Prüfbescheinigung anzugeben: C, Si, Mn, P, S, Al, N, Cr, Cu, Mo, Ni, Nb, Ti, V.

Dabei ist bei Erzeugnisdicken ≤ 30 mm in der Schmelzenanalyse der Höchstwert von 0,18 % C einzuhalten, wenn Ti, Nb oder V $> 0,03$ % enthalten sind.

(508) Bei Erzeugnissen für geschweißte Konstruktionen aus der Stahlsorte S355 ist bei der Bestellung ein Höchstwert des Kohlenstoffäquivalents nach Tabelle 4 DIN EN 10025:1994-03 – bei den Stählen der Stahlsorten S355N und S355NL nach Tabelle 2 DIN EN 10113-2:1993-04 sowie bei den Stählen der Stahlsorten S355M und S355ML nach Tabelle 2 DIN EN 10113-3:1993-04 – zu vereinbaren und in der Prüfbescheinigung anzugeben.

(509) Die Lieferzustände der Stahlprodukte müssen in der Prüfbescheinigung angegeben werden. Bei Erzeugnissen für geschweißte Konstruktionen aus Stahlsorten nach DIN EN 10025:1994-03 ist der Lieferzustand M nur zulässig, wenn er vereinbart ist.

(510) Ist Warm- oder Kaltumformen bzw. Abkanten vorgesehen, so sind hierfür geeignete Stahlsorten zu wählen.

(511) Für Gussstücke aus Stahlguss und Gusseisen mit Kugelgraphit müssen Nachweise über die äußere und innere Beschaffenheit durch zerstörungsfreie Prüfungen vorliegen. Es müssen die vom Entwurfsverfasser vorgegebenen und von der Prüfinstanz genehmigten Gütestufen eingehalten werden.

5.1.5 Bescheinigungen

(512) Für alle Walzstahl-, Schmiede- und Gusserzeugnisse müssen Prüfbescheinigungen nach DIN EN 10204:1995-08 vorliegen.

(513) Für Erzeugnisse aus S235 ist ein Werkszeugnis mit Angabe der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse und von Kennwerten der mechanischen Eigenschaften aus der laufenden werkseigenen Produktionskontrolle ausreichend.

Für alle anderen Erzeugnisse müssen die Werkstoffeigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B mit Angabe der chemischen Zusammensetzung nach der Schmelzenanalyse, des CEV-Wertes und von Kennwerten der mechanischen Eigenschaften belegt sein (siehe (507) bis (508)).

(514) Für Erzeugnisse mit besonderen Eigenschaften (siehe (504), (505), (506) und (511)) müssen über die Ergebnisse der Prüfungen nach DIN EN 10160, DIN EN 10164 und SEP 1390:1996-07 Abnahmeprüfzeugnisse vorliegen.

5.2 Schweißzusätze

(515) Die Schweißzusätze müssen auf die Grundwerkstoffe und die Schweißprozesse abgestimmt sein. Die Kennblätter der Schweißzusätze müssen beim Verarbeiter vorliegen.

5.3 Mechanische Verbindungsmittel

5.3.1 Schrauben, Muttern und Scheiben

(516) Es kommen genormte Verbindungsmittel nach Tabelle 1 zur Anwendung. Dort sind die Produktnormen in Verbindung mit den Festigkeitsklassen in Übereinstimmung mit DIN 18800-1 bzw. DIN V ENV 1993-1-1 aufgeführt. Für Schraubenverbindungen von Bauteilen aus S460 sind nur Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 zu verwenden.

(517) Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M6 sind für tragende Konstruktionen nicht zulässig. Schrauben, Muttern und Scheiben kleiner M12 dürfen nur für nicht zugbeanspruchte SL- oder SLP-Verbindungen verwendet werden.

(518) Nach Tabelle 1 zueinander passende Schrauben, Muttern und Scheiben dürfen nur mit einheitlichem Korrosionsschutz zusammen verbaut werden. Feuerverzinkte Schrauben und Muttern (Zeilen 1 bis 7, Tabelle 1) sind unabhängig von ihrer Ausführungsform von ein und demselben Schraubenhersteller zu beziehen, um die Passfähigkeit von Schrauben- und Muttergewinde sicherzustellen.

Die Feuerverzinkung von hochfesten Garnituren (Zeilen 5 bis 7, Tabelle 1) darf nur vom Schraubenhersteller selbst oder von einem Fremdbetrieb unter Verantwortung des Schraubenherstellers durchgeführt werden. (Siehe „DSV/GAV-Richtlinie für die Herstellung feuerverzinkter Schrauben“.)

(519) Für planmäßig vorgespannte Verbindungen (Ausführungsformen SLV, SLVP, GV, GVP nach DIN 18800-1) dürfen nur die nach Zeilen 5 bis 7 der Tabelle 1 vorgesehenen, zueinander passenden Garnituren von ein und demselben Schraubenhersteller eingesetzt werden. Der Schraubenhersteller muss

im Anlieferungszustand durch geeignete Schmierung der Mutter ein einheitliches Anziehverhalten nach Tabelle 5 und Tabelle 6 sicherstellen.

ANMERKUNG Eine Garnitur ist eine jeweils beliebig kombinierbare Zusammenstellung von einer Schraube und einer Mutter sowie der für den Verwendungszweck vorgeschriebenen Anzahl von Scheiben ein und desselben Schraubenherstellers.

Tabelle 1 — Schrauben, Muttern und Scheiben für Ausführungsformen nach DIN 18800-1

Zeile Nr.	Ausführungsform der Verbindung gemäß DIN 18800-1 ^a	Schrauben		Muttern		Scheiben	
		Produktnorm	FK ^b	Produktnorm	FK ^c	Produktnorm	HK ^d
1	SL	DIN 7990 DIN 7969	4.6 4.6	DIN EN ISO 4034 DIN EN ISO 4032	> M16:4 ^e oder 5 ^e ≤ M16:5 ^e	DIN 7989-1 DIN 7989-2	100
2	SL	DIN 7990	5.6		5 ^e	DIN 434 DIN 435	
3	SLP ^h	DIN 7968	5.6		5 ^e		
4	SL	DIN EN ISO 4014 DIN EN ISO 4017	8.8	DIN EN ISO 4032	8	DIN EN ISO 7089 DIN EN ISO 7090	200 300
5	SLV ^f					DIN EN ISO 7091 DIN 434 DIN 435	100 100 100
6	SL, SLV ^f , GV ^{f,h}	DIN 6914	10.9	DIN 6915	10	DIN EN ISO 7089 mit Innenfase ^g	300
7	SLP ^h , SLVP ^{f,h} , GVP ^{f,h}	DIN 7999				DIN 6916 DIN 6917 DIN 6918	300

^a grundsätzlich ist vorwiegend ruhende Zugbeanspruchung zulässig

^b FK = Festigkeitsklasse nach DIN EN ISO 898-1

^c FK = Festigkeitsklasse nach DIN EN 20898-2

^d HK = Härteklasse gemäß Produktnorm

^e auch Muttern der Festigkeitsklasse 8 zulässig

^f auch nicht vorwiegend ruhende Zugbeanspruchung zulässig

^g zusätzlich gekennzeichnet mit dem Herstellerkennzeichen an der der Fase gegenüberliegenden Seite (spezielle Norm in Vorbereitung)

^h auch nicht vorwiegend ruhende Scherbeanspruchung zulässig

5.3.2 Sonstige mechanische Verbindungen

(520) Gewindebolzen müssen DIN 976-1 entsprechen. Bei Feuerverzinkung gilt Element (518) für Bolzen und Mutter sinngemäß.

(521) Ankerschrauben und andere Gewindeteile sind entsprechend den in Tabelle 1 genannten Festigkeitsklassen auszuführen oder aus warmgewalztem Stabstahl herzustellen. Bei Feuerverzinkung gilt Element (518) sinngemäß.

(522) Kopfbolzen müssen DIN EN ISO 13918 entsprechen.

(523) Für tragende Verbindungen sind nur genormte Niete mit Nenndurchmesser ≥ 6 mm zulässig.

(524) Andere geschraubte Verbindungen als mit den in den Zeilen 5 bis 7 der Tabelle 1 angegebenen Schraubengarnituren (z. B. mit Senkschrauben, mit Gewindelöchern (Sacklochverbindungen) oder mit Gewindebolzen) dürfen nur dann planmäßig vorgespannt werden, wenn ihre Eignung dafür mittels Verfahrensprüfung nachgewiesen wurde.

5.3.3 Kennzeichnung und Bescheinigungen

(525) Scheiben für planmäßig vorgespannte Verbindungen sowie alle Schrauben und Muttern müssen ein Herstellerkennzeichen und die Kennzeichnung der Festigkeitsklasse aufweisen.

(526) Sofern bei einer Verbindung nur ein einziges Verbindungsmittel verwendet wird und dessen Versagen das Versagen der gesamten Tragkonstruktion zur Folge haben kann, sind die Festigkeitseigenschaften durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204:1995-08 zu belegen. Bei Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 sind die Festigkeitseigenschaften stets durch ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204:1995-08 zu belegen.

(527) Falls Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 ein Chargenkennzeichen tragen und der Hersteller damit jederzeit auf Grund der werkseigenen Produktionskontrolle auf ermittelte Kennwerte zurückgreifen kann, darf auf das Abnahmeprüfzeugnis 3.1.B nach DIN EN 10204:1995-08 verzichtet werden.

6 Fertigung

6.1 Identifizierbarkeit von Werkstoffen und Bauteilen

(601) Während sämtlicher Fertigungsabschnitte müssen alle Teile der Stahlkonstruktion eindeutig identifizierbar sein.

6.2 Schneiden

(602) Trennschnitte sind durch geeignete Schneidverfahren auszuführen.

Die durch autogenes Brennschneiden entstandenen Schnittflächen müssen mindestens der Güte II nach DIN EN ISO 9013:1995-05 entsprechen.

Für andere Schneidverfahren sind hinsichtlich der Kerbfreiheit mindestens vergleichbare Werte einzuhalten. Verfahrensbedingte Abweichungen von anderen Güteigenschaften sind zulässig, soweit sie das Kerbverhalten der gebrannten Bauteile nicht ungünstig beeinflussen.

Bei gescherten Schnitten und gestanzten Ausklinkungen sind die Schnittflächen kerb- und rissfrei auszuführen, gegebenenfalls sind diese Flächen nachzuarbeiten.

(603) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Die durch autogenes Brennschneiden entstandenen Schnittflächen müssen mindestens der Güte I nach DIN EN ISO 9013:1995-05 entsprechen. Für andere Schneidverfahren sind hinsichtlich der Kerbfreiheit mindestens vergleichbare Werte einzuhalten.

Bei gescherten Schnitten und gestanzten Ausklinkungen in zugbeanspruchten Bauteilen sind die neben dem Schnitt befindlichen beschädigten und verfestigten Zonen in den Schnittflächen abzuarbeiten, es sei denn, dass durch das Schweißen diese Zonen aufgeschmolzen werden.

Die Kanten der bearbeiteten Flächen sind zu entgraten.

6.3 Formgebung, Wärmebehandlung und Flammrichten

(604) Die Werkstoffeigenschaften dürfen durch Umformen, Wärmebehandlung und Flammrichten nicht unzulässig verändert werden. Die Empfehlungen der maßgebenden Werkstoffvorschriften, Werkstoffnormen und Richtlinien, z. B. SEW 088, sind zu beachten. Umformen im Blauwärmebereich (250 °C bis 380 °C) und Abschrecken sind nicht gestattet. Warmumformen von Stählen im Lieferzustand M ist nicht zulässig.

6.4 Lochen

(605) Die zulässigen Methoden zur Lochherstellung sowie zusätzliche Maßnahmen sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Tabelle 2 — Herstellung von Löchern

Blech-/Profildicke t in mm	Beanspruchung des Bauteils		
	Vorwiegend ruhende Druck- bzw. Biegedruck- beanspruchung	Vorwiegend ruhende Zug- bzw. Biege- zugbeanspruchung	Nicht vorwiegend ruhende Zug-, Druck- oder Biege- beanspruchung
≤ 16	Stanzen (Lochdurchmesser $d \geq t$), Bohren oder maschinelles Brennen (Güte II ^a)		Wie unten für > 16 mm
> 16	Wie oben für ≤ 16 mm	Stanzen und Aufreiben um mindestens 2 mm, Bohren oder maschinelles Brennen (Güte I ^a)	

^a nach DIN EN ISO 9013:1995-05

(606) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Außen liegende Lochränder sind zu brechen.

Schrauben- und Nietlöcher müssen gratfrei sein.

6.5 Ausschnitte

(607) Einspringende Ecken und Ausklinkungen sind mit mindestens 5 mm Radius auszurunden.

(608) Zusätzliche Anforderungen für nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile:

Einspringende Ecken und Ausklinkungen sind mit mindestens 8 mm Radius auszurunden.

7 Schweißen

7.1 Voraussetzungen zum Schweißen

7.1.1 Schweißanweisung (WPS)

(701) Schweißarbeiten müssen nach Schweißanweisungen durchgeführt werden.

Die Methoden der Anerkennung von vorläufigen Schweißanweisungen richtet sich nach den einzusetzenden Werkstoffen und dem vorgesehenen Mechanisierungsgrad (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 — Methoden der Anerkennung von vorläufigen Schweißanweisungen für das Lichtbogenschweißen

Werkstoff	Mechanisierungsgrad	Methode der Anerkennung
Walzstähle, Schmiedestähle und Stahlgusswerkstoffe bis $R_e \leq 355 \text{ N/mm}^2$	Manuell und teilmechanisch	DIN EN 288-3, DIN EN 288-5, DIN EN 288-6, DIN EN 288-7, DIN EN 288-8
	Vollmechanisch und automatisch	DIN EN 288-3, DIN EN 288-8,
Walzstähle, Schmiedestähle und Stahlgusswerkstoffe mit $R_e > 355 \text{ N/mm}^2$	Alle	unter Beachtung der zusätzlichen Festlegungen der Richtlinie DVS 1702

(702) Schweißanweisungen für den Schweißprozess Laserstrahlschweißen werden nach E DIN EN ISO 15609-4 erstellt. Vorläufige Schweißanweisungen für diesen Prozess werden durch Verfahrensprüfungen nach Tabelle 1 E DIN EN ISO 15614-11 anerkannt.

7.1.2 Schweißverfahrensprüfungen oder vorgezogene Arbeitsprüfung

(703) Sofern Schweißverfahrensprüfungen oder Schweißprüfungen vor Fertigungsbeginn (vorgezogene Arbeitsprüfung) erforderlich werden, müssen die entsprechenden Dokumentationen WPAR (Welding Procedure Approval Record) bzw. WPQR (Welding Procedure Qualification Record) vor Fertigungsbeginn vorliegen.

7.2 Schweißplan

(704) Bei Konstruktionen unter nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung ist ein Schweißplan zu erstellen.

7.3 Vorbereitung der Schweißarbeiten

7.3.1 Allgemeines

(705) Oberflächen, an denen geschweißt werden soll, müssen trocken und frei von Rost, Korrosionsschutz (Ausnahme DAST-Richtlinie 006) und Verunreinigungen sein. Die Schweißnahtvorbereitung ist nach den Ausführungsunterlagen auszuführen.

Zusätzlich zu den nachfolgenden Festlegungen sollten die Empfehlungen der DIN EN 1011-1 und DIN EN 1011-2 herangezogen werden.

7.3.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen

(706) Schweißzusätze sind so zu lagern, dass ihre vom Hersteller gewährleisteten Eigenschaften erhalten bleiben.

In der Fertigungsstätte müssen das Übereinstimmungszertifikat und das Kennblatt der einzusetzenden Schweißzusätze vorliegen. Schweißzusätze, die Beschädigungen oder sichtbare Qualitätsminderungen aufweisen, dürfen nicht verwendet werden.

7.3.3 Witterungsschutz

(707) Schweißer und Werkstück müssen angemessen gegen direkte Witterungseinflüsse wie Kälte, Wind, Regen und Schnee geschützt werden.

Bei niedrigen Werkstofftemperaturen, im Allgemeinen unter 0 °C, sind geeignete Maßnahmen zu treffen.

7.4 Ausführung von Schweißarbeiten

7.4.1 Allgemeines

(708) Zusätzlich zu 7.3.1 gelten die Regeln in 7.4.2 bis 7.4.6.

7.4.2 Vorwärmen

(709) Bei zu geringem Wärmeeinbringen und zu schneller Wärmeableitung sowie bei niedrigen Werkstücktemperaturen ist in Abhängigkeit vom Werkstoff im Bereich der Schweißzonen ausreichend vorzuwärmen.

ANMERKUNG Vorwärmen kann auch bei dickeren Bauteilen oder bei einer Anhäufung von Schweißnähten sowie bei T-förmigen Anschlüssen zum Vermeiden von Eigenspannungen oder Terrassenbrüchen erforderlich werden (siehe auch DAST 014).

Die erforderlichen Mindestvorwärmtemperaturen können nach SEW 088 ermittelt werden.

Die Messung der Vorwärmtemperatur richtet sich nach DIN EN ISO 13916.

(710) Zur Vermeidung von Wasserstoffrisen sind die Empfehlungen nach DIN EN 1011-2, Anhang C3, Methode B, zu beachten.

7.4.3 Zusammenbauhilfen

(711) Zusammenbauhilfen mittels Heftnähten oder Schraubverbindungen müssen so beseitigt werden, dass die gestellten Qualitätsanforderungen an das Hauptbauteil erfüllt werden.

Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung müssen angemessene Prüfungen sicherstellen, dass der Grundwerkstoff im Oberflächenbereich rissfrei ist.

7.4.4 Bolzenschweißen

(712) Das Schweißen und Prüfen von Bolzen erfolgen nach DIN EN ISO 14555.

In den Klassen C und D sind 10 % Fehlerfläche und in der Klasse E ist 5 % Fehlerfläche zulässig (siehe Tabellen 11 bis 13).

7.4.5 Schweißen von Betonstahl

(713) Die Ausführung und das Prüfen von Schweißarbeiten an Betonstahl erfolgen nach DIN 4099.

7.4.6 Zusätzliche Anforderungen

(714) Zusätzliche Anforderungen wie Schleifen und Nacharbeiten der fertig gestellten Nähte sind in den Ausführungsunterlagen festzulegen.

Wenn Schrumpfkkräfte senkrecht zur Bauteildicke wirken, sollten die Empfehlungen zur Vermeidung von Terrassenbrüchen beachtet werden (siehe DAST-Richtlinie 014 und DIN EN 1011-2, Anhang F).

8 Schrauben- und Nietverbindungen

8.1 Allgemeines

(801) Bei der Ausführung von Schrauben- und Nietverbindungen sind die Regelungen nach DIN 18800-1:1990-11, Elemente (506) bis (513) zu beachten.

(802) Der Dickenunterschied aus Herstellungstoleranzen darf in scherbebeanspruchten Laschenverbindungen bei vorwiegend ruhender Beanspruchung nicht mehr als 2 mm und bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung nicht mehr als 1 mm betragen. Zur Anpassung müssen Futterbleche aus Stahl mit einer Mindestdicke von 1 mm eingesetzt werden. Beim Einsatz von mehr als drei Futterblechen müssen diese vorgebunden werden.

(803) Unterlegbleche aus Stahl unter den Scheiben oder (bei nur mutterseitiger Scheibe) unmittelbar unter dem Schraubenkopf dürfen nicht dünner als 4 mm sein und müssen mindestens dieselbe Nennfestigkeit besitzen wie das Bauteil. Solche Unterlegbleche dürfen nicht ohne statischen Nachweis zur Überbrückung eines Langloches oder eines planmäßig übergroßen Loches eingesetzt werden (siehe auch Element (807)).

(804) Werden SLP-Verbindungen nicht vorwiegend ruhend scherbebeansprucht, müssen die Muttern gegenüber der Schraube durch zusätzliche konstruktive Maßnahmen gegen Lösen gesichert werden.

ANMERKUNG Planmäßig vorgespannte Verbindungen benötigen auch bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen.

8.2 Maße der Löcher

(805) Das Nennlochspiel für Schrauben in runden Löchern darf für Schrauben kleiner M27 maximal 2 mm und für Schrauben M27 und größer maximal 3 mm betragen, sofern in Bemessungsnormen nicht geringere Werte angegeben sind.

Der Nennlochdurchmesser für einen Niet darf um maximal 2 mm größer sein als der Durchmesser des Rohnietes, sofern in Bemessungsnormen oder Produktnormen nicht geringere Werte angegeben sind.

(806) Löcher für Passschrauben sind entweder kleiner als der Schaftdurchmesser zu bohren und nach Fixierung der zu fügenden Bauteile gemeinsam aufzureiben oder nach Fixierung der Bauteile gemeinsam zu bohren. In beiden Fällen darf das endgültige Loch nicht mehr als 0,3 mm größer sein als der Schaftdurchmesser.

(807) Langlöcher und planmäßig übergroße Löcher sowie dafür (zusätzlich zu den Scheiben) gegebenenfalls erforderliche Unterlegbleche (siehe Element (803)) dürfen nur nach Angaben des Entwurfsverfassers ausgeführt werden. Sie erfordern in der Regel einen speziellen statischen Nachweis.

(808) Senkungen für Senkschrauben und Senkniete sind so auszuführen, dass die Schrauben- bzw. Nietköpfe nicht über die Außenfläche der Bauteile hervorstehen.

8.3 Einsatz von Schraubenverbindungen

(809) Nach dem Anziehen muss das Schraubengewinde bei planmäßig vorgespannten Verbindungen und bei SL- und SLP-Verbindungen mit zusätzlicher Zugbeanspruchung mindestens einen Gewindegang über die Mutter hinausragen. Bei nicht planmäßig vorgespannten Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung reicht es aus, wenn die Schraube mit der Außenfläche der Mutter abschließt.

(810) Muttern müssen auf den zugehörigen Schrauben von Hand drehbar sein. Ist in Einzelfällen beim ersten Aufschrauben ein Montagewerkzeug nötig, muss die Mutter beim zweiten Aufschrauben von Hand drehbar sein.

(811) In Schraubenverbindungen der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 (Tabelle 1, Zeilen 1 bis 3) sind Scheiben unter der Mutter erforderlich.

(812) In Schraubenverbindungen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 (Tabelle 1, Zeilen 4 bis 7) sind Scheiben kopf- und mutterseitig so anzuordnen, dass die Fase nach außen weist. Auf die kopfseitige Unterlegscheibe darf bei nicht planmäßig vorgespannten Schrauben dieser Festigkeitsklassen verzichtet werden, wenn das maximale Nennlochspiel gemäß Element (805) vorhanden ist.

(813) Zum Ausgleich der Klemmlänge einer Schraubenverbindung sind auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, bis zu drei Scheiben mit einer Gesamtdicke von maximal 12 mm zulässig. Bei HVP-Verbindungen ist DIN 7999 zu beachten.

(814) Beim Verschrauben von U- oder I-Profilen sind die entsprechenden Keilscheiben gemäß Tabelle 1 zu verwenden.

In anderen Fällen darf die Neigung der Auflageflächen am Bauteil gegen die Auflageflächen des Schraubenkopfes und/oder der Mutter den gemäß DIN 18800-1, Element (507), planmäßig zulässigen Wert von 2 % bei vorwiegend ruhender Beanspruchung infolge Herstellungsgenauigkeiten bis zum Zweifachen überschreiten (Istneigung $\leq 4\%$), sofern mutterseitig angezogen wird. Bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung darf die Summe aus planmäßiger und herstellbedingter Neigung nicht mehr als 2 % betragen.

Werden die vorgenannten Grenzneigungen bei der Ausführung überschritten, so sind zum Ausgleich geeignete Keilscheiben ausreichender Härte einzubauen.

(815) Schraubengarnituren für planmäßig vorgespannte Verbindungen müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Sie dürfen beim Einbau keine nennenswerten Oberflächenveränderungen (z. B. Verschmutzungen oder massive, voluminöse Korrosionsprodukte) aufweisen.

(816) Säurehaltige Schmiermittel dürfen nicht verwendet werden.

(817) Bei Verbindungen darf das Gewinde in die Scherebene hineinragen, wenn dies bei der Auslegung der Verbindung berücksichtigt wurde.

(818) An Schrauben darf nur mit speziellem Nachweis geschweißt werden.

Nur an dafür geeigneten Muttern darf geschweißt werden (z. B. DIN 929, DIN 977).

(819) Der Einsatz von Schrauben mit feuerverzinkter Oberfläche in Bauteilen mit Innengewinde ist hinsichtlich Gewindepassfähigkeit und Anziehverhalten mit dem Lieferer oder Hersteller der Schrauben abzustimmen.

(820) Bei Sacklochverschraubungen in Bauteilen aus Gusswerkstoffen ist für den Bereich des eingeschnittenen Gewindes durch zerstörungsfreie Prüfung nachzuweisen, dass die für die Übertragung der jeweiligen Beanspruchung erforderliche Werkstoffhomogenität vorhanden ist.

(821) Muttern müssen so eingebaut werden, dass nach dem Einbau das Herstellerkennzeichen sichtbar ist.

8.4 Vorbereitung der Kontaktflächen für Schraubenverbindungen

(822) Kontaktflächen von Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SL, SLP, SLV, SLVP) sind mindestens mit einer Grundbeschichtung nach DIN EN ISO 12944-5 zu beschichten. Hierauf darf verzichtet werden, wenn die Berührungsflächen unbeschädigte Fertigungsbeschichtungen aufweisen.

ANMERKUNG Zu den Kontaktflächen im Sinne der nachfolgenden Elemente gehören auch die Oberflächen der Futterbleche nach Element (802).

(823) Für Kontaktflächen von planmäßig vorgespannten Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV, SLVP) sind die gemäß den Technischen Lieferbedingungen in Tabelle 4 zulässigen Höchstwerte für die Schichtdicke einzuhalten.

Sofern andere geeignete Beschichtungsstoffe als nach Tabelle 4 verwendet werden oder mehr als zwei beschichtete Flächen zusammengespannt werden, ist durch eine Verfahrensprüfung sicherzustellen, dass der Vorspannkraftverlust in den vorgegebenen Grenzen bleibt, oder der Vorspannkraftverlust ist durch Nachziehen auszugleichen.

Unabhängig von der Anzahl der im Klemmpaket zusammengespannten beschichteten Flächen sind in SLV- und SLVP-Verbindungen nicht geeignet:

- a) PVC/PVC-Kombinations-Beschichtungen,
- b) AK-Beschichtungen mit Schichtdicke $> 120\ \mu\text{m}$,

c) AY-Hydro-Beschichtungen mit Schichtdicke > 120 µm.

Tabelle 4 — Eignungshinweise für Beschichtungen/Beschichtungssysteme auf Kontaktflächen planmäßig vorgespannter Scher-Lochleibungs-Verbindungen (SLV/SLVP)

Eignungsvermerk	Beschichtungen/Beschichtungssysteme	
Vorspannkraftverlust bei zwei zusammengespannten beschichteten Kontaktflächen ≤ 10 %: In SLV/SLVP für Beanspruchung auf Zug und Abscheren/Lochleibung geeignet	ASI	BN 918300 Blatt 85
	EP-Zinkstaub	BN 918300 Blatt 87
Vorspannkraftverlust bei zwei zusammengespannten beschichteten Kontaktflächen ≤ 30 %: In SLV/SLVP für Beanspruchung auf Abscheren/Lochleibung geeignet	EP-/PUR-System	BN 918300 Blatt 87
	1K-PUR-GB-Stoff-Norm 689.04	BN 918300 Blatt 89
	1K-PUR-System	BN 918300 Blatt 89
	EP-high-solid-Beschichtung	Einzelprüfung
	1K- und 2K-ESI	BN 918300 Blatt 86
	AK-Zinkphosphat Sollsichtdicke ≤ 120 µm	BN 918300 Blatt 72
	AY-Hydro-Zinkphosphat	Einzelprüfung
EPE-Zinkstaub	BN 918300 Blatt 77	

(824) Auf Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen sind Grate, die ein Aufeinandersitzen der zu verbindenden Teile verhindern würden, zu entfernen. Beim Zusammenbau müssen die Kontaktflächen frei sein von allen Verunreinigungen (z. B. Öl, Schmutz).

(825) Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen sind zur Erzielung einer Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ mit im Stahlbau üblichen Strahlmitteln und Korngrößen zu strahlen (Sa 2 1/2).

Sofern gestrahlte Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen nicht sofort nach der Oberflächenvorbereitung zusammengebaut oder beschichtet werden, müssen sie vor dem Zusammenbau oder der Beschichtung durch Abbürsten mit einer Stahlbürste von Flugrost oder anderem lose aufliegenden Material befreit werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Oberfläche weder beschädigt noch geglättet wird.

(826) Gestrahlte Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen dürfen mit einem Zink-Silikat-System beschichtet werden, wenn der Hersteller des Beschichtungsstoffes die erforderliche Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ nach BN 918 300, Blatt 85 durch ein Abnahmeprüfzeugnis belegen kann. Es ist darauf zu achten, dass die vom Lieferer anzugebenden Trocknungszeiten eingehalten werden.

Andere Beschichtungen dürfen in GV- und GVP-Verbindungen nur eingesetzt werden, wenn in einer Verfahrensprüfung das Erreichen der erforderlichen Reibungszahl $\mu \geq 0,5$ nachgewiesen wurde.

8.5 Anziehen von nicht planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen

(827) Als nicht planmäßig vorgespannt gelten Verbindungen, wenn sie entsprechend der gängigen Montagepraxis nur „handfest“ angezogen werden.

Das handfeste Anziehen darf auch durch geeignete Einstellung eines Schraubers erfolgen. Hierbei kann mit einem vom Schraubenhersteller empfohlenen Anziehmoment oder – unabhängig von der Festigkeitsklasse – mit dem entsprechenden Voranziehmoment nach Spalte 6 der Tabelle 6 angezogen werden.

(828) Die verbundenen Teile sind so weit zusammenzuziehen, dass im Klemmbereich eine weitgehend flächige Anlage erreicht wird. Dabei dürfen die Schrauben aber nicht überbelastet werden. Insbesondere dürfen bei hochfesten Schrauben nicht die Regelvorspannkraften nach Spalte 2 der Tabellen 5 und 6 überschritten werden. Bei zu großen Spalten in Laschenstößen sind ggf. Futterbleche einzusetzen, um eine Anpassung gemäß Element (802) zu erreichen.

In Anschlüssen mit mehr als 3 Schrauben sollte das Anziehen von der Mitte nach außen fortschreitend ausgeführt werden.

8.6 Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen

8.6.1 Allgemeines

(829) Vor Beginn der Verschraubungsarbeiten ist eine Ausführungsanweisung zu erstellen. Deren Einhaltung ist zu dokumentieren.

(830) Wenn in den Ausführungsunterlagen keine abweichenden Angaben gemacht werden, ist auf die Regel-Vorspannkraft F_V nach Spalte 2 der Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorzuspannen. Die Regelvorspannkraft ergibt sich aus dem Produkt von Nennspannungsquerschnitt der Schraube $\times 0,7 \times$ Streckgrenze auch für Maße außerhalb des Abmessungsbereichs der Tabellen 5 und 6. Kleinere planmäßige Vorspannkraften größer 50 % dieser Regel-Vorspannkraft sind zulässig, sofern dies bei der Bemessung berücksichtigt wurde und in den Ausführungsunterlagen ausdrücklich vermerkt ist. Größere planmäßige Vorspannkraften als die Regel-Vorspannkraften dürfen bei der Bemessung nicht vorausgesetzt werden.

(831) Vor dem Beginn des Vorspannens müssen alle Schraubenverbindungen eines Anschlusses entsprechend 8.5 vorangezogen sein. Sie dürfen vor dem weiteren Vorspannen nicht für längere Zeit der Freibewitterung ausgesetzt werden. Das weitere Vorspannen muss von der Mitte jedes Anschlusses nach außen fortschreitend ausgeführt werden.

(832) Wird durch Drehen vorgespannt, so hat das Vorspannen der Verbindungen durch Anwendung eines der in 8.6.2 bis 8.6.5 beschriebenen Verfahren zu erfolgen. Sollen andere Verfahren oder Maße als in Tabellen 5 und 6 zur Anwendung kommen, müssen die Einstellwerte mit Verfahrensprüfungen ermittelt werden.

(833) Wird durch Drehen vorgespannt und sollen dabei die Vorgaben der Tabellen 5 und 6 verwendet werden, dann muss das Vorspannen einer Verbindung durch Drehen der Mutter erfolgen. Nur in diesem Fall gelten für planmäßig vorgespannte Garnituren die Vorgaben der Tabellen 5 und 6.

Bei Vorspannen durch Drehen des Schraubenkopfes ist das Erreichen der planmäßigen Vorspannkraft anderweitig sicherzustellen (beispielsweise durch eine Verfahrensprüfung mit geeigneter Schmierung der kopfseitigen Scheibe).

(834) Wird eine auf die planmäßige Vorspannkraft vorgespannte Garnitur später gelöst, dann muss sie ausgebaut und durch eine neue ersetzt werden.

Wenn für gelöste Garnituren, die nach einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren vorgespannt wurden, nachgewiesen wird, dass die Schraube beim ersten Vorspannen nicht bleibend geschädigt wurde, ist ein erneutes Vorspannen dieser Schraube mit einer neu geschmierten Mutter desselben Schraubenherstellers zulässig.

Tabelle 5 — Vorspannkraft und Anziehungsmomente für Drehmoment- und Drehimpuls-Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8

1	2	3	4	5
Maße	Regel-Vorspannkraft F_V kN	Drehmomentverfahren		Drehimpulsverfahren
		Aufzubringendes Anziehungsmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V Nm		Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}^b$ zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V KN
		Oberflächenzustand		
		feuerverzinkt und geschmiert ^a	wie hergestellt und leicht geölt ^c	wie in Spalte 3 oder 4 ^b
1	M12	35	70	40
2	M16	70	170	80
3	M20	110	300	120
4	M22	130	450	145
5	M24	150	600	165
6	M27	200	900	220
7	M30	245	1200	270
8	M36	355	2100	390

^a Muttern mit Molybdänsulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt

^b unabhängig von der Schmierung des Gewindes und der Auflagefläche von Mutter und Schraube

^c Verfahrensprüfung erforderlich

Tabelle 6 — Vorspannkraften und Anziehungsmomenten für Drehmoment-, Drehimpuls-, Drehwinkel- und kombiniertes Vorspannverfahren für Garnituren der Festigkeitsklasse 10.9

1	2	3	4	5	6	7	8	
Maße	Regel-Vorspannkraft F_V	Drehmomentverfahren		Drehimpulsverfahren	Drehwinkelverfahren	Kombiniertes Verfahren		
		Aufzubringendes Anziehungsmoment M_A zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V		Einzustellende Vorspannkraft $F_{V,DI}$ ^b zum Erreichen der Regel-Vorspannkraft F_V	Voranziehungsmoment $M_{VA,DW}$ ^b	Voranziehungsmoment $M_{VA,KV}$		
	kN	Nm	Nm	KN	Nm	Nm		
		Oberflächenzustand						
		Feuerverzinkt und geschmiert ^a	wie hergestellt und leicht geölt	Wie in Spalte 3 oder 4 ^b	wie in Spalte 3 oder 4 ^b	Wie in Spalte		
						3 ^a	4	
1	M12	50	100	120	60	10	75	90
2	M16	100	250	350	110	50	190	260
3	M20	160	450	600	175	50	340	450
4	M22	190	650	900	210	100	490	680
5	M24	220	800	1100	240	100	600	825
6	M27	290	1250	1650	320	200	940	1240
7	M30	350	1650	2200	390	200	1240	1650
8	M36	510	2800	3800	560	200	2100	2850

^a Muttern mit Molybdändisulfid oder gleichwertigem Schmierstoff behandelt

^b unabhängig von der Schmierung des Gewindes und der Auflagefläche von Mutter und Schraube

8.6.2 Drehmoment-Vorspannverfahren

(835) Die Verbindungen müssen mit Hilfe eines Drehmoment-Anziehgerätes mit einer Unsicherheit von weniger als 5 % vorgespannt werden. Jedes Gerät ist hinsichtlich seiner Messgenauigkeit regelmäßig nach Angaben des Geräteherstellers zu überprüfen. Soll auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorgespannt werden, so müssen in Abhängigkeit vom Oberflächenzustand die in den Spalten 3 und 4 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 angegebenen Anziehungsmomente aufgebracht werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regel-Vorspannkraft (siehe Element (829)) sind die Anziehungsmomente proportional zu reduzieren.

ANMERKUNG Dieses Verfahren ermöglicht ein stufenweises Vorspannen in Anschlüssen mit vielen Schrauben sowie ein Nachziehen als Kontrolle oder zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten nach wenigen Tagen.

8.6.3 Drehimpuls-Vorspannverfahren

(836) Die Verbindungen müssen mit Hilfe eines vorher auf geeignete Weise eingestellten Impuls- oder Schlagschraubers mit einer Unsicherheit von weniger als 5 % angezogen werden. Jedes hierfür benutzte Einstellgerät ist hinsichtlich seiner Messgenauigkeit regelmäßig nach Angaben des Geräteherstellers zu überprüfen. Soll auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 vorgespannt werden, so muss der Schrauber auf den um ca. 10 % höheren Vorspannkraftwert nach Spalte 5 von Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 eingestellt werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regel-Vorspannkraft sind die Einstell-Vorspannkraftwerte proportional zu reduzieren.

8.6.4 Drehwinkel-Vorspannverfahren

(837) Die Anwendung des Drehwinkel-Vorspannverfahrens setzt voraus, dass im Bereich der Verschraubung bereits vor dem Vorspannen eine weitgehend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile vorliegt.

(838) Vor dem endgültigen Anziehen jeder Schraubengarnitur ist das Voranziehmoment $M_{VA,DW}$ nach Spalte 6 der Tabelle 6 mit einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren aufzubringen und die Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft und relativ zum Bauteil eindeutig und dauerhaft (bis zum Zeitpunkt der Kontrolle der Verbindung nach 12.2.2) zu kennzeichnen, so dass der anschließend aufgebrauchte Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zur Schraube leicht ermittelt werden kann. Ein Mitdrehen der Schraube relativ zum Bauteil ist zu verhindern.

(839) Das Vorspannen der Verbindung erfolgt durch Weiterdrehen der Mutter um einen erforderlichen Weiterdrehwinkel. Dieser muss sicherstellen, dass mindestens die in Spalte 2 von Tabelle 6 angegebene Regel-Vorspannkraft erreicht wird. Kleinere planmäßige Vorspannkraften als die Regel-Vorspannkraft sind bei Anwendung des Drehwinkelverfahrens nicht zulässig.

(840) Der erforderliche Weiterdrehwinkel muss durch eine Verfahrensprüfung an der jeweiligen Originalverschraubung ermittelt werden (z. B. mittels Messung der Schraubenverlängerung).

ANMERKUNG Als Startwerte für die Verfahrensprüfung können die doppelten Weiterdrehwinkel der Tabelle 7 dienen.

(841) Wenn eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile mit Hilfe der Voranziehmomente nach Spalte 6 der Tabelle 6 nicht zu erreichen ist, aber trotzdem mittels Weiterdrehwinkel vorgespannt werden soll, muss das kombinierte Vorspannverfahren angewandt werden.

8.6.5 Kombiniertes Vorspannverfahren

(842) Vor dem endgültigen Anziehen jeder Schraubengarnitur ist das erhöhte Voranziehmoment $M_{VA,KV}$ nach Spalten 7 und 8 der Tabelle 6 mit einem der in 8.6.2 oder 8.6.3 beschriebenen Verfahren aufzubringen und die Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft und relativ zum Bauteil eindeutig und dauerhaft (bis zum Zeitpunkt der Kontrolle der Verbindung nach 12.2.2) zu kennzeichnen, so dass der anschließend aufzubringende Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zur Schraube leicht ermittelt werden kann. Ein Mitdrehen der Schraube relativ zum Bauteil ist zu verhindern.

(843) Ist mit Hilfe des erhöhten Voranziehmomentes eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile erreichbar, darf das endgültige Vorspannen der Verbindung auf die Regel-Vorspannkraft nach Spalte 2 der Tabelle 6 durch Weiterdrehen der Mutter um den Weiterdrehwinkel ϑ bzw. das Umdrehungsmaß V nach Tabelle 7 erfolgen. Kleinere planmäßige Vorspannkraften als die Regel-Vorspannkraft sind bei Anwendung des Kombinierten Vorspannverfahrens nicht zulässig.

(844) Ist mit Hilfe des erhöhten Voranziehmomentes eine ausreichend flächige Anlage der zu verbindenden Bauteile nicht erreichbar und das Erreichen der planmäßigen Vorspannkraft somit zweifelhaft, so ist der erforderliche Weiterdrehwinkel durch eine Verfahrensprüfung an der jeweiligen Originalverschraubung zu ermitteln (z. B. mittels Messung der Schraubenverlängerung).

Tabelle 7 — Erforderliche Weiterdrehwinkel ϑ bzw. -umdrehungsmaße V für das kombinierte Vorspannverfahren an Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9

	1	2	3
	Gesamte Nenndicke l_k der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Unterlegscheiben)	Weiterdrehwinkel ϑ	Weiterumdrehungsmaß V
1	$l_k < 2 d$	45	1/8
2	$2 d \leq l_k < 6 d$	60	1/6
3	$6 d \leq l_k < 10 d$	90	1/4
4	$10 d < l_k$	keine Empfehlung	keine Empfehlung

8.7 Einbau von Nieten

(845) Die zu verbindenden Teile müssen so zusammengezogen werden, dass sie eine weitgehend flächige Anlage erreichen, und dann während des Nietens zusammengehalten werden.

ANMERKUNG Bei Anschlüssen mit mehreren Nieten kann das Zusammenhalten mit Hilfe von Montageschrauben in mindestens jedem vierten Loch erfolgen.

(846) Die Niete müssen gleichmäßig über die gesamte Länge erhitzt werden. Sie müssen vor dem Einsetzen in das Nietloch weitestgehend zunderfrei sein und im rotwarmen Zustand verarbeitet werden. Dabei sind sie auf der gesamten Länge so zu stauchen, dass sie das Loch vollständig ausfüllen. Besondere Sorgfalt ist beim Erwärmen und Einschlagen langer Niete erforderlich.

ANMERKUNG Die Befreiung von Zunder erfolgt, indem der heiße Niet auf eine harte Oberfläche aufgeschlagen wird, bevor er in das Loch eingesetzt wird.

(847) Das Nieten sollte mit Maschinen des Dauerdrucktyps ausgeführt werden. Dabei muss der Arbeitsdruck nach dem vollständigen Stauchen noch für kurze Zeit aufrechterhalten werden.

9 Montage

9.1 Montageanweisung

(901) Anforderungen an die Montage sind in einer Montageanweisung in Übereinstimmung mit den Ausführungsunterlagen und im Einklang mit den gesetzlichen Regelungen zum Arbeitsschutz und zur Arbeitssicherheit zu dokumentieren.

9.2 Auflager

(902) Werden Lager nach DIN 4141 verwendet, so ist DIN EN 1337-11 zu beachten.

(903) Mit der Montage darf erst begonnen werden, wenn die Lage und Höhe der Auflager in einer Übergabevermessung dokumentiert sind oder eine Abnahme nach geprüften Ausführungsunterlagen vorliegt.

9.3 Montagearbeiten

9.3.1 Allgemeines

(904) Für das Ausrichten und Vermessen der Stahlkonstruktion sind die freigegebenen Montageunterlagen maßgebend (siehe 3.4). Die Messarbeiten auf der Baustelle müssen sich auf ein System beziehen, das für das Messen und Ausrichten der Stahlkonstruktion festgelegt wurde. Die Bezugstemperatur ist anzugeben.

9.3.2 Kennzeichnung

(905) Bauteile müssen mit eindeutiger Kennzeichnung auf die Baustelle geliefert werden.

Auch die Einbaulage eines Bauteils muss gekennzeichnet sein, wenn diese nicht eindeutig aus seiner Form hervorgeht.

9.3.3 Transport und Lagerung auf der Baustelle

(906) Stahlbauteile, Verbindungsmittel und Kleinteile sind auf der Baustelle so zu transportieren und zu lagern, dass ihre vom Hersteller gewährleisteten Eigenschaften erhalten bleiben.

9.3.4 Ausrichten

(907) Unterlegbleche und andere Hilfsteile, die als Futter unter Fußplatten benutzt werden, müssen eben, von ausreichender Größe, Festigkeit und Härte sein.

Für das Ausrichten der Konstruktion und zur Überbrückung von Luftspalten in Montagestößen dürfen Unterleg- und Futterbleche verwendet werden.

Unterleg- und Futterbleche müssen gesichert werden, wenn die Gefahr besteht, dass sie sich lösen könnten.

Werden Unterlegbleche nach dem Vergießen belassen, müssen sie aus Werkstoffen hergestellt werden, welche mindestens die gleichen Festigkeitseigenschaften besitzen wie das Tragwerk. Sie müssen so angeordnet sein, dass sie der Verguss mit einer Mindestüberdeckung von 25 mm vollständig umschließt, es sei denn, in den Ausführungsunterlagen werden anderen Angaben gemacht.

(908) Vergussarbeiten sind nach den gültigen Mörtel- und Betonvorschriften auszuführen.

10 Korrosionsschutzmaßnahmen

10.1 Allgemeines

(1001) Es sind die in DIN 18800-1 und den Fachnormen festgelegte Anforderungen zu berücksichtigen. Für Korrosionsschutzmaßnahmen gelten:

- a) wetterfeste Stähle: DAST-Richtlinie 007;
- b) Beschichtungen: DIN EN ISO 12944-1 bis DIN EN ISO 12944-8 und DIN 55928-8 und DIN 55928-9. Bei dünnwandigen Bauteilen (siehe DAST-Richtlinie 016) ist ein Korrosionsschutz nach DIN 55928-8 vorzusehen;
- c) Feuerverzinken von Bauteilen und Konstruktionen: DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713;
- d) Feuerverzinken von Verbindungsmitteln: DIN 267-10;
- e) Thermisches Spritzen: DIN EN 22063.

Die Korrosionsschutzmaßnahmen müssen in Abhängigkeit von der Schutzdauer und der Korrosionsbelastung in den Ausführungsunterlagen eindeutig festgelegt werden. Hinweise zur Spezifikation von Beschichtungssystemen und Beschichtungen sind in DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-8 enthalten.

Für die korrosionsschutzgerechte Gestaltung gilt DIN EN ISO 12944-3 bzw. DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713.

10.2 Oberflächenvorbereitung

(1002) Oberflächen müssen entsprechend DIN EN ISO 12944-4 unter Berücksichtigung der/des gewählten Beschichtung/Beschichtungssystems nach DIN EN ISO 12944-5 unter Beachtung der Hinweis in den technischen Merkblättern der Beschichtungsstoffhersteller vorbereitet werden. Für das Feuerverzinken gelten DIN EN ISO 1461 und DIN EN ISO 14713. Für das thermische Spritzen gilt DIN EN 22063.

(1003) Wenn bei der Stahlbaufertigung öl-, fett- oder silikonhaltige Hilfsstoffe verwendet werden, müssen die Rückstände dieser Hilfsmittel entfernt werden.

ANMERKUNG Die bei Brennschnitten unvermeidbaren Veränderungen der Stahloberfläche (Aufhärtung, chemische Zusammensetzung, Kanten) können bei Beschichtungen und Spritzmetallisierung zu Haftungsstörungen, beim Feuerverzinken zu inhomogenen Zinküberzügen führen.

10.3 Fertigungsbeschichtungen

(1004) Prüfberichte zur Porenneigung nach Richtlinie DVS 0501 und über Gasspürversuche beim Überschweißen (MAK-Werte) mit der Aussage, dass die Zulassungsbedingungen gemäß Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DAST-Richtlinie 006) erfüllt sind, müssen beim Hersteller vorliegen.

ANMERKUNG Hinweise zu Fertigungsbeschichtungen werden in DIN EN ISO 12944-5, Tabellen B.1 und B.2, gegeben.

10.4 Beschichtung und Überzüge

(1005) Für das Beschichten gelten DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-7 in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Herstellerangaben für den Beschichtungsstoff in den technischen Merkblättern.

(1006) Unterschiedliche Beschichtungssysteme müssen aufeinander abgestimmt sein. Dies ist auch für Fertigungsbeschichtungen zu beachten.

(1007) Für das thermische Spritzen gelten DIN EN 22063 und DIN EN ISO 14713. Für den Direktauftrag von Beschichtungen auf metallgespritzte Oberflächen sind nur dafür geeignete Beschichtungsstoffe zu verwenden, siehe auch DIN EN ISO 12944-5, Tabelle A.10, und technische Merkblätter der Beschichtungsstoffhersteller.

(1008) Für die Beschichtung auf feuerverzinkten Oberflächen muss die Haftung des aufzubringenden Beschichtungsstoffes sichergestellt werden.

ANMERKUNG Dies kann durch die Verwendung von Beschichtungsstoffen mit nachgewiesener Haftung auf gereinigten Zinkoberflächen oder durch leichtes Nachstrahlen (sweepen) erfolgen.

(1009) Die Spaltbereiche im Übergang Stahl/Beton sind hinreichend zu schützen.

ANMERKUNG Während die überwiegende Fläche der Stahlkonstruktion durch den Verbund mit Beton ausreichend gegen Korrosion geschützt ist und keines Korrosionsschutzes bedarf, ist der Spaltbereich auf Grund des in Spalten ablaufenden besonderen Korrosionsmechanismus – bei Feuchtigkeit in den Spalten führt die unterschiedliche Sauerstoffkonzentration durch Bildung von Belüftungselementen zu erhöhter Korrosion – immer einer erhöhten Korrosionsbelastung ausgesetzt. Der Spaltbereich kann z. B. mit einer/einem der einwirkenden Korrosionsbelastung gerecht werdenden quellfesten und verseifungsbeständigen Beschichtung/Beschichtungssystem – z. B. auf Basis Epoxidharz – 5 cm in die Berührungsfläche hineingehend geschützt werden.

(1010) Bereiche und Oberflächen, die nach dem Zusammenbau nicht erreichbar sind, müssen vor dem Zusammenbau mit einem Korrosionsschutzsystem versehen werden. Wenn jedoch Berührungsflächen von

Stahlteilen untereinander sowie mit anderen Baustoffen ungeschützt bleiben sollen, so müssen die Spalten gegen das Eindringen von Feuchtigkeit abgesichert sein.

(1011) Dicht geschlossene Hohlbauteile, z. B. Rohre, dürfen ohne Innenschutz bleiben.

ANMERKUNG 1 An der tiefsten Stelle sollten Kontrollbohrungen mit Dichtungsschraube vorgesehen werden (Gefahr der Schwitzwasserbildung).

ANMERKUNG 2 Dicht geschlossene Hohlkästen, zugänglich oder erreichbar durch abgedichtete Türen bzw. Deckel (Mannloch, Handloch), benötigen im Allgemeinen keinen Innenkorrosionsschutz oder nur einen vereinfachten Korrosionsschutz.

10.5 Korrosionsschutz von Verbindungsmitteln

(1012) Die Schutzwirkung des Korrosionsschutzes von Verbindungsmitteln muss der Schutzwirkung des Korrosionsschutzes der verbundenen Bauteile entsprechen.

(1013) Bei feuerverzinkten Konstruktionen müssen feuerverzinkte Verbindungsmittel nach DIN 267-10 verwendet werden.

ANMERKUNG Vorteilhaft ist die Verwendung feuerverzinkter Verbindungsmittel auch für beschichtete Stahlkonstruktionen.

(1014) Warm gesetzte Niete sind ohne vorherigen Korrosionsschutz zu verbauen.

11 Geometrische Toleranzen

11.1 Allgemeines

(1101) Toleranzen für montierte Stahlkonstruktionen sind so zu wählen, dass die Funktion und/oder die Gebrauchstauglichkeit nicht beeinträchtigt wird. Sofern aus besonderen Gründen Toleranzen zusätzlich eingeschränkt werden sollen, ist dies in den Ausführungsunterlagen ausdrücklich zu vermerken.

Die einzuhaltenden Toleranzen müssen die Anforderungen der DIN 18800-1 bis DIN 18800-4, E DIN 18800-5, DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1994-1-1 sowie der Fachnormen erfüllen. Die entsprechenden Werte sind den Ausführungsunterlagen zu entnehmen. Für die Fälle, in denen keine Toleranzangaben vorliegen, gilt für das fertige Tragwerk DIN 18202.

(1102) Ist eine Abnahmeprüfung vorgesehen, so ist diese am fertigen Tragwerk vorzunehmen. Über die Abnahmeprüfung ist ein Abnahmeprotokoll anzufertigen.

11.2 Fertigungstoleranzen

(1103) Wenn in den Ausführungsunterlagen für geschweißte Bauteile die Toleranzklasse nicht genannt ist, so gilt nach DIN EN ISO 13920 mindestens

- a) Toleranzklasse C für Längen- und Winkelmaße,
- b) Toleranzklasse G für Geradheit, Ebenheit und Parallelität.

(1104) Die unplanmäßige Außermittigkeit der Hauptachsen der Endquerschnitte an Stützenstößen ist auf maximal 1 % des größeren Wertes der beiden Profilmaße zu begrenzen. Bei Profilmaßen < 500 mm darf der Maximalwert der Außermittigkeit 5 mm betragen.

(1105) Der Spalt zwischen den Oberflächen von Kontaktstößen in Stützen darf 1 mm nirgendwo überschreiten und muss über wenigstens 2/3 der nominellen Kontaktfläche unter 0,5 mm betragen.

11.3 Montagetoleranzen

(1106) Die Lage der definierten Systemachsen und das Basisniveau am Fuß einer Stahlstütze sind in den Konstruktionsunterlagen anzugeben.

(1107) Die Lage des Mittelpunktes einer Gruppe von Ankerschrauben darf um nicht mehr als ± 6 mm von der geforderten Lage abweichen.

(1108) Die zulässigen Abweichungen für die Lage der Ankerschrauben und andere Auflager sind in Bild 1 angegeben. Die zulässigen Abweichungen von der geforderten Lage im Ankerloch betragen:

$\Delta x, \Delta y = \pm 10$ mm und

$\Delta z = + 25$ mm (nach außen) und $- 5$ mm (nach innen).

Der über die Verankerungsfläche hinausragende Teil der Ankerschraube darf von der planmäßigen Richtung höchstens um 3° abweichen.

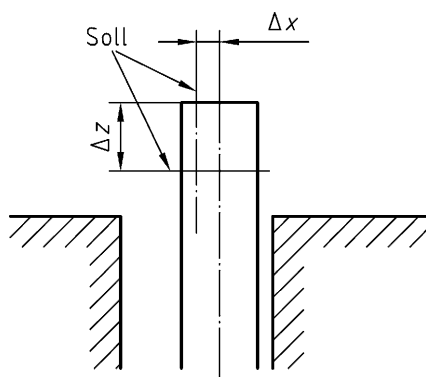


Bild 1 — Zulässige Abweichungen für Ankerbolzen mit Reguliermöglichkeit

12 Prüfungen

12.1 Allgemeines

(1201) Durch geeignete Prüfung ist sicherzustellen, dass die Stahlkonstruktionen den gestellten Anforderungen dieser Norm entsprechen. Es sind die in 12.2 sowie die in den Ausführungsunterlagen aufgeführten Prüfungen durchzuführen und zu dokumentieren.

12.2 Fertigung und Montage

12.2.1 Schweißen

(1202) Die Schweißnähte sind bezüglich Umfang und Prüfverfahren entsprechend den Angaben in den Ausführungsunterlagen zu prüfen. Gegebenenfalls ist ein Prüfplan zu erstellen. Bei Schweißnähten, die planmäßig nicht zur zerstörungsfreien Prüfung vorgesehen sind, reicht das Überprüfen der äußeren Merkmale.

(1203) Jede Schweißnaht ist nach Beendigung des Schweißvorganges einer Sichtprüfung zu unterziehen. Die Sichtprüfung und die auf Grund dieser Sichtprüfung veranlassten Maßnahmen müssen abgeschlossen sein, bevor eine Schweißnaht durch nachfolgende Arbeiten unzugänglich wird oder einer zusätzlichen zerstörungsfreien Prüfung unterzogen wird.

(1204) Sofern in den Zeichnungen keine anderen Vorgaben für die zulässigen Unregelmäßigkeiten enthalten sind, sind bei Bauteilen mit vorwiegend ruhender Beanspruchung bei Verwendung von Lichtbogenschweißprozessen die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppe C nach DIN EN 25817 einzuhalten.

Ausgenommen hiervon ist für Stumpfnähte das Merkmal 9 "ungenügende Durchschweißung", für das die Bewertungsgruppe B gilt, wenn in der Zeichnung nicht planmäßig eine ungenügende Durchschweißung zulässig ist.

Bei Verwendung des Laserschweißprozesses sind generell die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 13919-1 einzuhalten, wenn in den Zeichnungen keine anderen Vorgaben für die zulässigen Unregelmäßigkeiten enthalten sind.

(1205) Bei Bauteilen mit nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung sind bei Verwendung von Lichtbogenschweißprozessen die zulässigen Grenzwerte der Bewertungsgruppe B nach DIN EN 25817 einzuhalten.

Ausgenommen hiervon ist das Merkmal Nr. 21 "Wurzelrückfall und Wurzelkerbe", das unzulässig ist.

Scharfe Übergänge bei vorhandenem zulässigen Kantenversatz, Merkmal 18, sind abzarbeiten.

Schweißspritzer und Zündstellen sind in jedem Fall zu entfernen.

Bei zulässigen Schlauchporen darf keine Verbindung zu den Nahtoberflächen (Wurzel- und Decklage) bestehen.

(1206) Neben der Überprüfung der äußeren Merkmale von Unregelmäßigkeiten nach DIN EN 25817 müssen folgende Prüfschritte erfolgen:

- a) Prüfung des Vorhandenseins und der richtigen Lage aller Schweißnähte;
- b) Prüfung von Oberflächenbeschaffenheit und Form der Schweißung;
- c) Prüfung der Schweißnahtmaße (Schweißnahtdicke/Schweißnahtlänge).

(1207) Der Nachweis der Nahtgüte nach DIN 18800-1:1990-11, Tabelle 21 gilt als erbracht, wenn bei einem Prüfumfang von 10 % der Nähte bei der Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung ein Befund nach Element (1204) oder (1205) vorliegt. Dabei ist die Arbeit aller beteiligten Schweißer gleichmäßig zu erfassen.

(1208) Wenn bei einer Stichprobenprüfung Schweißnahtunregelmäßigkeiten festgestellt werden, die die zulässigen Grenzwerte für die Unregelmäßigkeiten nicht erfüllen, muss der Umfang der Prüfungen erhöht werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen wird für jede Prüflänge, bei der die gestellten Anforderungen nicht erreicht werden, die doppelte Prüflänge zusätzlich geprüft. Bei Serienfertigung sind statistische Verfahren zulässig.

(1209) Bei negativem äußeren Befund ist ein Nacharbeiten und – unter Berücksichtigung der vorhandenen Schweißnahtspannung – gegebenenfalls eine zusätzliche zerstörungsfreie Prüfung erforderlich.

ANMERKUNG 1 Zusätzlich zur Sichtprüfung nach DIN EN 970 dürfen folgende Oberflächenriss-Prüfverfahren eingesetzt werden:

- a) Eindringprüfung nach DIN EN 1289;
- b) Magnetpulverprüfung nach DIN EN 1290 und DIN EN 1291.

ANMERKUNG 2 Sofern auf Grund von Zweifeln an der äußeren Ausführung oder der in der Bemessung angesetzten Grenzsweißnahtspannungen der Nachweis der Nahtgüte erbracht werden muss (siehe Element (1207)), dürfen folgende Prüfverfahren eingesetzt werden:

- a) Durchstrahlungsprüfung nach DIN EN 1435;
- b) Ultraschallprüfung nach DIN EN 1712 und DIN EN 1713, DIN EN 1714.

(1210) Bei der Durchstrahlungsprüfung muss die Prüfklasse B nach DIN EN 1435 erreicht werden. Sofern auf Grund der vorhandenen Blechdicke oder mangelnder Zugänglichkeit mit Gamma-Strahlen gearbeitet

werden muss und das Erreichen der Anforderungen der Prüfklasse B nicht erwartet werden kann, sind alternative Prüfverfahren anzuwenden, z. B. Ultraschallprüfung.

(1211) Bei der Ultraschallprüfung ist die Prüfklasse B nach DIN EN 1714 erforderlich.

(1212) Bei der Magnetpulverprüfung von Bauteilen muss die Zulässigkeitsgrenze 1 nach DIN EN 1291 erreicht werden.

(1213) Bei der Eindringprüfung von Bauteilen muss die Zulässigkeitsgrenze 1 nach DIN EN 1289 erreicht werden.

(1214) Bei Zwischenprüfungen festgestellte Fehler, wie Risse oder andere unzulässige Unregelmäßigkeiten, dürfen nicht überschweißt werden und sind immer zu entfernen, bevor die nächste Lage eingebracht wird.

(1215) Systematische Schweißnahtunregelmäßigkeiten (Wiederholung von Unregelmäßigkeiten in regelmäßigen Abständen) sind gesondert zu bewerten. Es müssen Maßnahmen zur Verhinderung dieser systematischen Schweißnahtunregelmäßigkeiten getroffen werden.

(1216) Die nachgebesserten Bauteile müssen die gestellten Anforderungen erfüllen.

(1217) Für Bolzenschweißverbindungen gelten für die inneren und äußeren Unregelmäßigkeiten die Anforderungen der DIN EN ISO 14555.

(1218) Abschließende Prüfungen, die qualitätsrelevante Bedeutung haben, müssen vom Prüfpersonal durchgeführt werden, das die jeweils zutreffenden Anforderungen nach DIN EN 473 erfüllt.

ANMERKUNG Die Überwachung der Prüfung kann wahlweise von der Schweißaufsicht oder von einer separaten (internen oder externen) Prüfaufsicht wahrgenommen werden.

Anforderungen an das Prüfpersonal sind enthalten in:

- a) Richtlinie DVS-EWF 1178, Stufe III (Schweißgüteprüffachmann),
- b) Richtlinie DVS-EWF 1178, Stufe II (Schweißgüteprüftechniker),
- c) Richtlinie DVS-EWF 1178, Stufe I (Schweißgüteprüfungingenieur).

(1219) Die Prüfungen sind mit Angabe der verwendeten Prüfverfahren und der untersuchten Schweißnähte zu dokumentieren.

12.2.2 Planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

(1220) Die Kontaktflächen von GV- und GVP-Verbindungen müssen unmittelbar vor dem Zusammenbau auf Einhaltung der Kriterien nach 8.4 überprüft werden.

(1221) Bei nicht vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen müssen mindestens 10 %, bei vorwiegend ruhend beanspruchten Verbindungen mindestens 5 % der Garnituren des ausgeführten Anschlusses überprüft werden (bei Anschlüssen mit weniger als 20 Schrauben mindestens zwei Verbindungen bzw. eine Verbindung).

(1222) Die Garnitur ist nach Markierung (Lage der Mutter relativ zum Schraubenschaft) von der Seite, von der aus angezogen wurde, zu überprüfen. Das Prüfgerät muss dem Anziehgerät entsprechen. Schrauben, die mit einem von Hand betriebenen oder maschinellen Drehschrauber angezogen wurde, sind mit einem Drehschrauber gegebenenfalls mit kontrolliertem Anlaufmoment zu prüfen. Schrauben, die mit einem Impuls- oder Schlagschrauber angezogen wurden, sind mit einem Impuls- oder Schlagschrauber zu prüfen. Wenn nötig, ist das Element, das nicht gedreht wird, geeignet zu halten, um ein Mitdrehen zu verhindern.

Tabelle 8 — Überprüfen der Vorspannung bei Regelvorspannkraften

Weiterdrehwinkel	Bewertung	Maßnahme
< 30 °	Vorspannung war ausreichend	Keine
30 ° bis 60 °	Vorspannung war bedingt ausreichend	Garnitur belassen und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen
> 60 °	Vorspannung war nicht ausreichend	Garnitur auswechseln ^a und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen

^a Lediglich bei vorwiegend ruhend beanspruchten SLV- oder SLVP-Verbindungen ohne zusätzliche Zugbeanspruchung dürfen diese überprüften Verbindungsmittel in der Konstruktion belassen werden.

(1223) Ist ein Drehschrauber als Prüfgerät zu verwenden, ist dieser auf das Anziehmoment nach 8.6.2 mit einem Zuschlag von 10 % einzustellen.

Ist ein Impuls- oder Schlagschrauber als Prüfgerät zu verwenden, ist dieser auf die Vorspannkraft $F_{V,Di}$ nach Spalte 5 der Tabelle 5 bzw. Tabelle 6 einzustellen.

Je nachdem, welche Weiterdrehwinkel bei der Prüfung bis zum Ausklinken des von Hand bedienten Drehschraubers oder bis zum automatischen Ausschalten des motorischen Drehschraubers oder bis zum Ausschalten des Impuls- bzw. Schlagschraubers auftreten, ist nach Tabelle 8 zu verfahren.

(1224) Falls eine zweifelsfreie Überprüfung der ausgeführten Verbindungen nicht möglich ist (z. B. bei Anwendung anderer Vorspannverfahren als den in 8.6.2 bis 8.6.5 beschriebenen), muss die Arbeitsweise während der Ausführung an mindestens 10 % der Verbindungen überwacht werden. Werden dabei Abweichungen von den in der jeweiligen Verfahrensprüfung festgelegten Vorgaben festgestellt, ist nach Korrektur die Ausführung des gesamten Anschlusses zu überwachen.

12.2.3 Nietverbindungen

(1225) Gesetzte Niete sind visuell auf Risse, Ausbrüche, festen Sitz sowie exzentrischen und schlecht geformten Kopf zu überprüfen. Sie dürfen nur solche Risse aufweisen, die nach DIN 101 zulässig sind.

ANMERKUNG Der feste Sitz wird geprüft, indem mit einem Niet-Testhammer gegen den Kopf geschlagen wird; dabei darf sich der Niet nicht bewegen.

(1226) Alle losen, mit exzentrischem Kopf versehenen, schlecht geformten oder anderweitig fehlerhaften Niete müssen ausgeschnitten und ersetzt werden.

12.2.4 Korrosionsschutzmaßnahmen

(1227) Die Bewertung der vorbereiteten Oberflächen erfolgt

- für Beschichtungen nach DIN EN ISO 12944-4;
- für Feuerverzinkungen (Anforderungen an die Stahloberfläche) bei Anlieferung an den Verzinker nach DIN EN ISO 1461;
- für Spritzmetallisieren ebenfalls nach DIN EN ISO 12944-4 in Verbindung mit DIN EN 22063.

Die Ausführung und Qualität der Beschichtung bzw. des Beschichtungssystems sind DIN EN ISO 12944-7 zu prüfen und nach DIN EN ISO 12944-8 zu dokumentieren.

Die Prüfung der Schichtdicke für Beschichtungen und Beschichtungssysteme erfolgt nach DIN EN ISO 12944-5, 5.4, und nach DIN EN ISO 12944-7, Abschnitt 6. Die Prüfung der Schichtdicke der Zinküberzüge erfolgt nach DIN EN ISO 1461.

Für die Prüfung der Schichtdicke der Spritzmetallisierung gelten DIN EN ISO 12944-5 und DIN EN ISO 12944-7 entsprechend.

13 Herstellerqualifikation

13.1 Allgemeines

(1301) Der Hersteller von Stahlbauten muss über geeignetes Fachpersonal, Einrichtungen und Geräte verfügen.

13.2 Werkseigene Produktionskontrolle

(1302) Wer Stahlbauten fertigt, mit Korrosionsschutz versieht oder montiert, muss über eine werkseigene Produktionskontrolle verfügen, die sicherstellt, dass die Ausführung der Stahlbauteile den Anforderungen dieser Norm entspricht.

13.3 Maßnahmen der werkseigenen Produktionskontrolle

(1303) Bei der Fertigung und Montage von Stahlbauten sind im Rahmen der werkseigenen Produktionskontrolle z. B. folgende Maßnahmen erforderlich:

- a) Prüfung der Konstruktion auf Machbarkeit und Übereinstimmung mit den Ausführungsvorgaben;
- b) bei Untervergabe, Prüfung, ob der vorgesehene Hersteller über die erforderliche Qualifikation verfügt;
- c) Prüfung, ob notwendige Verfahrensprüfungen, Verfahrensbeschreibungen, Arbeitsanweisungen vorhanden sind;
- d) Prüfung der erforderlichen Personalqualifikation (Ausführende und Aufsicht);
- e) Prüfung, ob vorhandene Fertigungseinrichtungen die Anforderungen erfüllen und die vorgesehenen Bauteile mit ihnen gefertigt oder montiert werden können;
- f) bei vorgeschriebenen Kalibrierungen von Einrichtungen sicherstellen, dass die geforderten Zeitintervalle eingehalten werden;
- g) bei dem Nachweis der Rückverfolgbarkeit oder vorgeschriebener Kennzeichnung sicherstellen, dass die Vorgaben eingehalten werden;
- h) sicherstellen, dass die erforderlichen Berichte erstellt werden und entsprechend den Vorgaben aufbewahrt werden;
- i) Prüfung, ob die planmäßigen Instandhaltungen der Einrichtungen durchgeführt werden;
- j) Prüfung, ob die eingesetzten Bauprodukte die erforderlichen Nachweise besitzen;
- k) Prüfung, ob die Lagerung der Bauprodukte den Anforderungen entspricht und eine Zuordnung zu den Werkstoffnachweisen sichergestellt ist;
- l) Prüfung, ob die geforderten Ausführungsgüten erreicht worden sind. Soweit erforderlich, Dokumentation der Prüfergebnisse;
- m) bei Nichterreichen der geforderten Qualität erforderliche Maßnahmen zur Nachbesserung treffen. Bei systematischen Fehlern Abstellen der Fehlerursache. Bei Behandlungen, die nach Abschluss der

planmäßigen Fertigung erfolgen, Sicherstellung, dass die zu erbringenden Qualitäten nicht negativ beeinträchtigt werden;

- n) sicherstellen, dass die Ausführungsanweisungen für das Anziehen von planmäßig vorgespannten Schraubenverbindungen erstellt sind und ihre Einhaltung realisiert und dokumentiert wird;
- o) sicherstellen, dass die erforderlichen Maßnahmen bei der Ausführung der Korrosionsbeschichtungen nach DIN EN ISO 12944-1 bis DIN EN ISO 12944-8 eingehalten und dokumentiert werden.

13.4 Anforderungen an Schweißbetriebe

13.4.1 Allgemeines

(1304) Im Rahmen des Nachweises der Wirksamkeit der Betriebsanforderungen durch eine anerkannte Stelle (Betriebsprüfung) hat der Fertigungs- bzw. Montagebetrieb den Nachweis zu erbringen, dass er die jeweils zutreffenden Anforderungen nach DIN EN 729-2 bis DIN EN 792-4 erfüllt und über das notwendige schweißtechnische Personal verfügt.

13.4.2 Schweißer und Bediener

(1305) Die einzusetzenden Schweißer oder Bediener müssen im Besitz gültiger Prüfungsbescheinigungen nach DIN EN 287-1 bzw. DIN EN 1418 sein. Die Prüfung muss die Tätigkeiten der Schweißer und Bediener in der Fertigung und eine fachkundliche Prüfung abdecken.

Schweißer, die in der Fertigung Kehlnähte ausführen, müssen bei der Prüfung auch ein Kehlnahtprüfstück nach DIN EN 287-1 geschweißt haben und über eine entsprechende Prüfungsbescheinigung verfügen.

13.4.3 Schweißaufsicht

(1306) Schweißaufsichtspersonal muss dem Betrieb ständig angehören, ausreichend qualifiziert sein, Stahlbauerfahrung besitzen und Kenntnisse über die zu überwachenden Schweißarbeiten haben. Die erforderliche Stufe der technischen Kenntnisse der Schweißaufsichtsperson richtet sich nach den zu verarbeitenden Werkstoffen, Werkstoffdicken und der Einstufung der Bauteile (siehe Tabelle 14).

(1307) Sind in einem Betrieb mehrere Schweißaufsichtspersonen vorhanden, müssen die Aufgaben und Verantwortungen der jeweiligen Schweißaufsichtsperson nach DIN EN 719 in einem Organigramm festgelegt werden.

(1308) Zur uneingeschränkten Vertretung einer Schweißaufsichtsperson dürfen nur Schweißaufsichtspersonen benannt werden, die ebenfalls die für die zu fertigenden Bauteile erforderlichen Qualifikationen besitzen (siehe Tabelle 14).

(1309) Um sicherzustellen, dass die Schweißarbeiten angemessen beaufsichtigt werden, muss eine Schweißaufsichtsperson während der Schweißarbeiten anwesend sein. Bei der laufenden Beaufsichtigung der Schweißarbeiten darf sich das benannte Schweißaufsichtspersonal durch betriebszugehörige, schweißtechnisch besonders ausgebildete und als geeignet befundene Personen unterstützen lassen. Das Schweißaufsichtspersonal ist für die richtige Auswahl dieser Personen verantwortlich.

(1310) Die Schweißaufsichtsperson hat bei der Betriebsprüfung nachzuweisen, dass sie in der Lage ist, ihren Aufgaben gerecht zu werden und Unregelmäßigkeiten zu erkennen und zu bewerten. Schweißaufsichtspersonen, die die Schweißer/Bediener ihres Betriebes prüfen wollen, müssen nachweisen, dass sie hierzu in der Lage sind. Die Berechtigung zur Durchführung von Schweißer- oder Bedienerprüfungen ist in einer Anlage zur Bescheinigung zu vermerken.

Eine Schweißaufsichtsperson, die im Rahmen der Herstellerqualifikation überprüft worden ist und dabei nachgewiesen hat, dass sie Schweißerprüfungen nach DIN EN 287-1 und Bedienerprüfungen nach DIN EN 1418 durchführen kann, ist berechtigt, die Prüfungen von Schweißern und Bedienern ihres Betriebs durchzuführen. Die Bestätigung des ordnungsgemäßen Einsatzes der Schweißer/Bediener in den Klassen B bis E muss durch eine Schweißaufsichtsperson vorgenommen werden.

13.4.4 Betriebseinrichtungen

(1311) Der Schweißbetrieb muss für die vorgesehene Fertigung über Einrichtungen für die Nahtvorbereitung, das Schweißen, das Prüfen und den Transport verfügen. Diese Einrichtungen müssen geeignet sein, die in den Schweißanweisungen (siehe Tabelle 3) enthaltenen schweißtechnischen Fertigungsbedingungen umzusetzen. Die wesentlichen Einrichtungen sind in Form einer Beschreibung nach DIN EN 729-2 und DIN EN 729-3 zu erfassen.

13.4.5 Bescheinigungen

(1312) Eine nach Bauordnungsrecht anerkannte Stelle stellt – sofern die Anforderungen dieser Norm erfüllt sind – eine Bescheinigung für das Schweißen gemäß Richtlinie DVS 1704 aus. In dieser Bescheinigung werden die Eignung des Betriebes zum Schweißen von Stahlbauteilen der jeweiligen Klasse nach 13.5 bestätigt und die Werkstoffe und Prozesse aufgeführt, für die die Eignungsbescheinigung gilt.

Bescheinigungen für die Klasse E zum Schweißen dynamisch beanspruchter Bauteile werden für bestimmte Anwendungsbereiche ausgestellt, die durch die betreffenden technischen Regeln definiert sind.

Die Zulassung des Betriebes für das Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen nach 10.3 werden in den Bescheinigungen gesondert aufgeführt.

Die Gültigkeit dieser Bescheinigung ist begrenzt auf eine Geltungsdauer von max. 3 Jahren. Sofern die Anforderungen nach Tabelle 14 nicht voll erfüllt werden, aber keine schwerwiegenden Mängel festgestellt worden sind, kann die anerkannte Stelle auch eine kürzere Geltungsdauer aussprechen, um dem Betrieb Gelegenheit zu geben, die Beanstandungen kurzfristig abzustellen. Zur Verlängerung der Geltungsdauer der Bescheinigung ist eine erneute Betriebsprüfung (Wiederholungsprüfung) erforderlich.

Wenn die Bedingungen, die bei der Überprüfung des Betriebes vorlagen, nicht mehr oder nicht mehr voll erfüllt werden (z. B. Ausscheiden des Aufsichtspersonals oder gravierende Änderung der betrieblichen Einrichtungen), ist dies der anerkannten Stelle mitzuteilen. Die anerkannte Stelle prüft, ob die Voraussetzungen zur Erteilung der Bescheinigung noch vorliegen. Wird dem Betrieb die Bescheinigung entzogen, ist er nicht mehr berechtigt, Bauteile für den Verwendungsbereich herzustellen, für den diese Bescheinigungen gefordert werden.

13.5 Klassifizierung von geschweißten Bauteilen

(1313) Geschweißte Stahlbauten werden entsprechend ihren unterschiedlichen schweißtechnischen Anforderungen und Einsatzbereiche in die Klassen A bis E eingeteilt. Für die jeweilige Klasse sind die Geltungsbereiche und Anforderungen in den nachfolgenden Tabellen 9 bis 13 und Tabelle 14 zusammengestellt.

Tabelle 9 — Klasse A

Geltungsbereich	Anforderungen
<p>Werkstoffe: Unlegierte Baustähle im Festigkeitsbereich bis S275</p> <p>Erzeugnisdicken ≤ 16 mm, bei anzuschweißenden Kopf- und Fußplatten ≤ 30 mm</p> <p>Schweißprozesse: Manuelle und teilmechanische Verfahren, ausgenommen Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen</p> <p>Bauteile (vorwiegend ruhend beansprucht) mit einfachen oder untergeordneten Schweißnähten wie</p> <ul style="list-style-type: none"> — Stützen mit Kopf- und Fußplatten aus Walzprofilen ohne Stöße und Einspannung — Treppen in Wohngebäuden bis 5 m Länge (in Lauflinie gemessen) — Geländer mit Horizontallast in Holmhöhe $\leq 0,5$ kN/m (siehe DIN 1055-3) 	<p>Es sind geprüfte Schweißer mit gültiger Schweißerprüfung nach DIN EN 287-1 einzusetzen.</p> <p>Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers voll abdecken</p> <p>Elementare Qualitätsanforderungen nach DIN EN 729-4</p>

Tabelle 10 — Klasse B

Geltungsbereich	Anforderungen
<p>Werkstoffe: Unlegierte Baustähle im Festigkeitsbereich bis S275</p> <p>Erzeugnisdicken ≤ 22 mm, bei anzuschweißenden Stirn-, Kopf- und Fußplatten ≤ 30 mm</p> <p>Schweißprozesse: Manuelle und teilmechanische Verfahren, ausgenommen Überschweißen von Fertigungsbeschichtungen</p> <p>Alle Bauteile der Klasse A und vorwiegend ruhend beanspruchte</p> <ul style="list-style-type: none"> — Vollwand- und Fachwerkträger bis 20 m Stützweite und Stützen in Gelenk- oder Rahmenbauweise für eingeschossige Gebäude — Maste und Stützkonstruktionen bis 20 m Höhe — Stahlschornsteine des Abmessungsbereiches II nach DIN 4133 — Behälter und Silos aus Blechen ≤ 8 mm Dicke — Treppen, Laufstege, Bühnen mit Verkehrslasten ≤ 5 kN/m² (siehe DIN 1055) — Geländer mit Horizontallast in Holmhöhe $> 0,5$ kN/m (siehe DIN 1055-3) — Gerüste nach DIN 4420 und DIN 4421 — andere Bauteile vergleichbarer Art- und Größenordnung 	<p>Es sind geprüfte Schweißer mit gültiger Schweißerprüfung nach DIN EN 287-1 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich.</p> <p>Der Betrieb muss als Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit technischen Basiskenntnissen, nach Richtlinie DVS-EWF 1171 oder gleichwertiger Ausbildung, haben.</p> <p>Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN 729-3</p>

Tabelle 11 — Klasse C

Geltungsbereich	Anforderungen
<p>Werkstoffe wie in Klasse B sowie nichtrostende¹⁾ und wetterfeste Stähle und Stahlgussorten im Festigkeitsbereich bis S275, bei reiner Druckbeanspruchung bis S355</p> <p>Erzeugnisdicken im tragenden Querschnitt ≤ 30 mm, bei anzuschweißenden Stirn-, Kopf- und Fußplatten ≤ 40 mm</p> <p>Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555)</p> <p>Alle Bauteile der Klasse B mit folgender Erweiterung der</p> <ul style="list-style-type: none"> — Stützweiten und Höhen auf 30 m — Auffangwannen und — Fertigungsschweißungen von Stahlgussteilen aller nach dieser Norm einsetzbaren Sorten. 	<p>Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich.</p> <p>Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit speziellen technischen Kenntnissen nach Richtlinie DVS-EWF 1172 oder gleichwertiger Ausbildung haben.</p> <p>Bei Serienproduktion²⁾ und Fertigungsschweißen von Stahlgussteilen mit nachgewiesener Erfahrung in der Schweißaufsicht kann diese von einer Schweißaufsichtsperson mit technischen Basiskenntnissen nach Richtlinie DVS-EWF 1171 oder gleichwertiger Ausbildung, vorgenommen werden.</p> <p>Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN 729-3</p>
<p>¹⁾ Nur für Stahlschornsteine, für alle anderen Bauteile nur in Verbindung mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung.</p> <p>²⁾ Serienproduktion liegt vor, wenn eine wiederholende Fertigung von vergleichbaren Bauteilen mit eindeutiger Festlegung von Tragwerksform, Stahlsorte, Schweißprozess und Arten der Schweißverbindungen vom Hersteller durchgeführt wird.</p>	

Tabelle 12 — Klasse D

Geltungsbereich	Anforderungen
<p>Vorwiegend ruhende Beanspruchung</p> <p>Alle einsetzbaren Werkstoffe nach dieser Norm</p> <p>Erzeugnisdicken nach den maßgebenden Anwendungsregelwerken</p> <p>Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555)</p> <p>Alle vorwiegend ruhend beanspruchten Bauteile für Konstruktionen, die nach den Stahlbaugrundnormen und den jeweiligen Stahlbaufachnormen bemessen sind</p>	<p>Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich.</p> <p>Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit umfassenden technischen Kenntnissen nach Richtlinie DVS-EWF 1173 oder gleichwertiger Ausbildung haben.</p> <p>Bei Serienproduktion¹⁾ mit nachgewiesener Erfahrung kann die Schweißaufsicht von einer Schweißaufsichtsperson mit speziellen technischen Kenntnissen nach Richtlinie DVS-EWF 1172 oder gleichwertiger Ausbildung vorgenommen werden.</p> <p>Standard-Qualitätsanforderungen nach DIN EN 729-3</p>
<p>¹⁾ Serienproduktion liegt vor, wenn eine wiederholende Fertigung von vergleichbaren Bauteilen mit eindeutiger Festlegung von Tragwerksform, Stahlsorte, Schweißprozess und Arten der Schweißverbindungen vom Hersteller durchgeführt wird.</p>	

Tabelle 13 — Klasse E

Geltungsbereich	Anforderungen
<p>Alle einsetzbaren Werkstoffe nach dieser Norm</p> <p>Erzeugnisdicken nach den maßgebenden Anwendungsregelwerken</p> <p>Schweißprozesse: manuelle, teilmechanische, vollmechanische und automatische Verfahren (Bolzenschweißen nach DIN EN ISO 14555)</p> <p>Alle Bauteile der Klasse D und nicht vorwiegend ruhend beanspruchte Bauteile für Konstruktionen gemäß den folgenden technischen Regeln:</p> <ul style="list-style-type: none"> — DS 804 Eisenbahnbrücken — DIN 18809 Straßenbrücken — DIN 4131 Antennentragwerke mit Erfordernis eines Betriebsfestigkeitsnachweises — DIN 4132 Kranbahnen, Stahltragwerke — DIN 4133 Stahlschornsteine des Abmessungsbereiches I — DIN 4112 Fliegende Bauten mit Erfordernis eines Betriebsfestigkeitsnachweises — andere vergleichbare dynamisch beanspruchte Konstruktionen 	<p>Es sind geprüfte Schweißer/Bediener mit gültiger Schweißer-/Bedienerprüfung nach DIN EN 287-1/DIN EN 1418 einzusetzen. Der Geltungsbereich der Prüfung muss den Einsatzbereich des Schweißers/Bedieners voll abdecken. Für Rohrknoten (Rundrohr an Rundrohr) ist die Zusatzprüfung nach DIN 18808 erforderlich.</p> <p>Der Betrieb muss für die Schweißaufsicht zumindest eine, dem Betrieb ständig angehörende Schweißaufsichtsperson mit umfassenden technischen Kenntnissen nach Richtlinie DVS-EWF 1173 oder gleichwertiger Ausbildung haben.</p> <p>Umfassende Qualitätsanforderungen nach DIN EN 729-2</p>

Tabelle 14 — Herstellerqualifikation für das Schweißen

1	Klasse	A	B	C	D	E
2	Eignungsnachweis	Kein Eignungsnachweis erforderlich	Kleiner Eignungsnachweis	Kleiner Eignungsnachweis mit Erweiterung	Großer Eignungsnachweis	Großer Eignungsnachweis mit Erweiterung auf dynamischen Bereich
3	Art der Einwirkung	Tragwerke vorwiegend ruhend beansprucht				Tragwerke nicht vorwiegend ruhend beansprucht
4	Geltungsbereich nach Tabelle:	9	10	11	12	13
5	Werkseigene Produktionskontrolle	Ist durchzuführen in Verantwortung des Herstellers				
6	Betriebsanforderungen	kein Nachweis erforderlich	Nachweis gegenüber anerkannter Stelle erforderlich			
7	Stufe der Anforderung nach DIN EN 729-2 bis DIN EN 792-4	Elementar DIN EN 729-4	Standard DIN EN 729-3			Umfassend DIN EN 729-2
8 ^a	Stufe der technischen Kenntnisse der Schweißaufsichtspersonen nach DIN EN 719	Keine besonderen Anforderungen ^a	Technische Basiskennnisse DVS-EWF 1171 ^b	Spezielle technische Kenntnisse DVS-EWF 1172 ^{c,d}	Umfassende technische Kenntnisse DVS-EWF 1173 ^{e,f}	Umfassende technische Kenntnisse DVS-EWF 1173 ^f
<p>^a Geprüfte Schweißer nach DIN EN 287-1 erforderlich.</p> <p>^b Richtlinie DVS-EWF 1171: European Welding Specialist (Schweißfachmann) oder gleichwertige Ausbildung.</p> <p>^c Technische Basiskennnisse sind ausreichend für Serienproduktion mit nachgewiesener Erfahrung.</p> <p>^d Richtlinie DVS-EWF 1172: European Welding Technologist (Schweißtechniker) oder gleichwertige Ausbildung.</p> <p>^e Spezielle technische Kenntnisse sind ausreichend bei Serienproduktion mit nachgewiesener Erfahrung.</p> <p>^f Richtlinie DVS-EWF 1173: European Welding Engineer (Schweißfachingenieur) oder gleichwertige Ausbildung.</p>						