

Niedersächsisches Ministerialblatt

62. (67.) Jahrgang

Hannover, den 30. 10. 2012

Nummer 37 k

11. ANLAGENBAND

zur

Liste der Technischen Baubestimmungen
— Fassung September 2012 —

DIN EN 1090-2

DIN EN 1993-5

DIN EN 1993-5/NA

DIN EN 1993-6

DIN EN 1993-6/NA

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MS vom 28. 9. 2012 (Nds. MBl. Nr. 37) zu verwenden.

Inhalt:

– DIN EN 1090-2: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken	1
– DIN EN 1993-5: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände	209
– DIN EN 1993-5 NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände	303
– DIN EN 1993-6: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen.	315
– DIN EN 1993-6/NA: Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen.	363

DIN EN 1090-2

ICS 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1090-2:2008-12**Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken –
Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken;
Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011**

Execution of steel structures and aluminium structures –
Part 2: Technical requirements for steel structures;
German version EN 1090-2:2008+A1:2011

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium –
Partie 2: Exigences techniques pour les structures en acier;
Version allemande EN 1090-2:2008+A1:2011

Gesamtumfang 208 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1090-2:2011-10

Nationales Vorwort

Das Dokument EN 1090-2:2008+A1:2011 wurde im europäischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl und aus Aluminium“ unter deutscher Mitwirkung erarbeitet.

Im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. war hierfür der Arbeitsausschuss NA 005-08-14 AA „Stahlbauten; Herstellung (SpA zu CEN/TC 135)“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1090-2:2008-12 und DIN 18800-7:2008-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Änderung EN 1090-2:2008/A1:2011 wurde eingearbeitet;
- b) Rechtschreib-, Druck- und Übersetzungsfehler wurden korrigiert;
- c) Verbesserung der Übersetzung diverser Fachbegriffe.

Frühere Ausgaben

DIN 1000: 1921-03, 1923-10, 1930-07, 1956x-03, 1973-12
DIN 1073: 1928-04, 1931-09, 1941-01, 1974-07
DIN 4100: 1931-05, 1933-07, 1934xxxx-08, 1956-12, 1968-12
DIN 4101: 1937xxx-07, 1974-07
DIN 1079: 1938-01, 1938-11, 1970-09
DIN 4100 Bbl. 1: 1956x-12, 1968-12
DIN 4100 Bbl. 2: 1956x-12, 1968-12
Beiblatt zu DIN 1073: 1974-07
DIN 18800-7: 1983-05, 2002-09, 2008-11
DIN V ENV 1090-1: 1998-07
DIN V 18800-7: 2000-10
DIN V ENV 1090-2: 2003-03
DIN V ENV 1090-3: 2003-03
DIN V ENV 1090-4: 2003-03
DIN V ENV 1090-5: 2003-03
DIN V ENV 1090-6: 2003-03
DIN EN 1090-2: 2008-12

Deutsche Fassung

**Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken -
Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von
Stahltragwerken**

Execution of steel structures and aluminium structures -
Part 2: Technical requirements for steel structures

Exécution des structures en acier et des structures en
aluminium - Partie 2: Exigences techniques pour les
structures en acier

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 11. April 2008 angenommen und schließt Änderung 1 ein, die am 25. Juni 2011 vom CEN angenommen wurde.

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

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

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



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

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

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Inhalt

	Seite
Vorwort	9
Einleitung.....	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
2.1 Allgemeines.....	11
2.2 Konstruktionsmaterialien	11
2.2.1 Stähle	11
2.2.2 Stahlguss	14
2.2.3 Schweißzusätze	14
2.2.4 Mechanische Verbindungsmittel.....	15
2.2.5 Hochfeste Zugglieder	16
2.2.6 Lager	16
2.3 Bearbeitung	17
2.4 Schweißen	17
2.5 Prüfungen	18
2.6 Montage	19
2.7 Korrosionsschutz	19
2.8 Toleranzen	19
2.9 Verschiedenes.....	20
3 Begriffe	20
4 Ausführungsunterlagen und Dokumentation	22
4.1 Ausführungsunterlagen	22
4.1.1 Allgemeines	22
4.1.2 Ausführungsklassen	23
4.1.3 Vorbereitungsgrade.....	23
4.1.4 Geometrische Toleranzen.....	23
4.2 Herstellerdokumentation	23
4.2.1 Qualitätsdokumentation.....	23
4.2.2 Qualitätsmanagementplan.....	24
4.2.3 Arbeitssicherheit.....	24
4.2.4 Ausführungsdokumentation.....	24
5 Konstruktionsmaterialien	24
5.1 Allgemeines.....	24
5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit.....	24
5.3 Baustahlvorprodukte.....	25
5.3.1 Allgemeines.....	25
5.3.2 Grenzabmaße der Dicke.....	27
5.3.3 Oberflächenbeschaffenheit	27
5.3.4 Besondere Eigenschaften.....	27
5.4 Stahlguss	28
5.5 Schweißzusätze	28
5.6 Mechanische Verbindungsmittel.....	29
5.6.1 Allgemeines.....	29
5.6.2 Bezeichnungsweise.....	30
5.6.3 Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen.....	30
5.6.4 Garnituren für planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen	30
5.6.5 Direkte Kraftanzeiger.....	31
5.6.6 Wetterfeste Garnituren	31
5.6.7 Ankerschrauben.....	31
5.6.8 Sicherungselemente.....	31

	Seite
5.6.9 A1 Scheiben A1	31
5.6.10 Niete	31
5.6.11 Verbindungsmittel für dünnwandige Bauteile	32
5.6.12 Besondere Verbindungsmittel	32
5.6.13 Lieferung und Kennzeichnung	32
5.7 Bolzen und Kopfbolzen	33
5.8 Vergussmaterial	33
5.9 Dehnfugen bei Brücken	33
5.10 Hochfeste Zugglieder, Stäbe und Endverbindungen	33
5.11 Lager	34
6 Vorbereitung und Zusammenbau	34
6.1 Allgemeines	34
6.2 Identifizierbarkeit	34
6.3 Handhabung und Lagerung	34
6.4 Schneiden	36
6.4.1 Allgemeines	36
6.4.2 Scherschneiden und Nibbeln	36
6.4.3 Thermisches Schneiden	36
6.4.4 Härte der Schnittflächen	37
6.5 Formgebung	37
6.5.1 Allgemeines	37
6.5.2 Warmumformen	37
6.5.3 Flammrichten	38
6.5.4 Kaltumformen	38
6.6 Lochen	40
6.6.1 Maße von Löchern	40
6.6.2 Toleranzen von Lochdurchmessern bei Schrauben und Bolzen	41
6.6.3 Ausführung von Löchern	41
6.7 Ausschnitte	42
6.8 Oberflächen von Kontaktstößen	43
6.9 Zusammenbau	43
6.10 Überprüfung des Zusammenbaus	44
7 Schweißen	44
7.1 Allgemeines	44
7.2 Schweißplan	44
7.2.1 A1 Erfordernis eines Schweißplanes A1	44
7.2.2 Inhalt eines Schweißplans	44
7.3 Schweißprozesse	45
7.4 Qualifizierung des Schweißverfahrens und des Schweißpersonals	46
7.4.1 Qualifizierung des Schweißverfahrens	46
7.4.2 Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen	48
7.4.3 Schweißaufsicht	48
7.5 Vorbereitung und Ausführung von Schweißarbeiten	50
7.5.1 Schweißnahtvorbereitung	50
7.5.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen	50
7.5.3 Witterungsschutz	51
7.5.4 Zusammenbau für das Schweißen	51
7.5.5 Vorwärmen	52
7.5.6 Montagehilfen	52
7.5.7 Hefnähte	52
7.5.8 Kehlnähte	52
7.5.9 Stumpfnähte	53
7.5.10 Schweißen wetterfester Stähle	54
7.5.11 Rohrabzweigungen	54
7.5.12 Bolzenschweißen	54
7.5.13 Schlitz- und Lochnähte	54
7.5.14 Punktschweißen dünnwandiger Bauteile	55

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Seite

7.5.15	Andere Schweißnahtarten	55
7.5.16	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	55
7.5.17	Ausführung von Schweißarbeiten	55
7.5.18	Schweißen von Brückenfahrbahnen	56
7.6	Abnahmekriterien	56
7.7	Schweißen von nichtrostenden Stählen	57
7.7.1	Änderungen der Anforderungen von EN 1011-1	57
7.7.2	Änderungen der Anforderungen von EN 1011-3	58
7.7.3	Schweißen unterschiedlicher Stähle	59
8	A1 Mechanisches Verbinden A1	59
8.1	Allgemeines	59
8.2	A1 Einsatz von Schraubengarnituren A1	59
8.2.1	Allgemeines	59
8.2.2	Schrauben	60
8.2.3	Muttern	60
8.2.4	Scheiben	61
8.3	Anziehen nicht planmäßig vorgespannter Schrauben	61
8.4	Vorbereitung von Kontaktflächen für gleitfeste Verbindungen	62
8.5	Anziehen planmäßig vorgespannter Schrauben	63
8.5.1	Allgemeines	63
8.5.2	Referenz-Drehmomente	64
8.5.3	Drehmomentverfahren	65
8.5.4	Kombiniertes Vorspannverfahren	65
8.5.5	Verfahren für HRC-Schrauben	66
8.5.6	Verfahren mit direkten Kraftanzeigern	66
8.6	Passschrauben	67
8.7	Nieten	67
8.7.1	Niete	67
8.7.2	Einbau von Nieten	67
8.7.3	Abnahmekriterien	68
8.8	Befestigung dünnwandiger Bauteile	68
8.8.1	Allgemeines	68
8.8.2	Einsatz von selbstschneidenden und selbstbohrenden Blechschrauben	68
8.8.3	Einsatz von Blindnieten	69
8.8.4	Überlappverbindungen	69
8.9	Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren	70
8.10	Verschleiß und Fressen bei nichtrostenden Stählen	70
9	Montage	70
9.1	Allgemeines	70
9.2	Baustellenbedingungen	71
9.3	Montageverfahren	71
9.3.1	Bemessungsgrundlagen für das Montageverfahren	71
9.3.2	Montageverfahren des Herstellers	72
9.4	Vermessung	73
9.4.1	Bezugssystem	73
9.4.2	Positionspunkte	73
9.5	Abstützungen, Verankerungen und Lager	73
9.5.1	Kontrolle von Abstützungen	73
9.5.2	Ausrichten und Eignung von Abstützungen	73
9.5.3	Aufrechterhaltung der Gebrauchsfähigkeit der Abstützungen	74
9.5.4	Temporäre Abstützungen	74
9.5.5	Vergießen und Abdichten	74
9.5.6	Verankerungen	75
9.6	A1 Montage- und Baustellenarbeiten A1	75
9.6.1	Montagepläne	75
9.6.2	Kennzeichnung	76
9.6.3	Handhabung und Lagerung auf der Baustelle	76

	Seite
9.6.4	Probemontage 77
9.6.5	Montageverfahren 77
10	Oberflächenbehandlung 79
10.1	Allgemeines 79
10.2	Vorbereitung von A_1 Stahloberflächen für Farbanstriche und verwandte Produkte A_1 79
10.3	Wetterfeste Stähle 80
10.4	Kontaktkorrosion 80
10.5	Verzinken 80
10.6	Fugenabdichtung 81
10.7	Oberflächen in Kontakt mit Beton 81
10.8	Unzugängliche Oberflächen 81
10.9	Reparaturen nach dem Schneiden oder Schweißen 81
10.10	Reinigung nach der Montage 82
10.10.1	Reinigung dünnwandiger Bauteile 82
10.10.2	Reinigung von nichtrostenden Stahlbauteilen 82
11	Geometrische Toleranzen 82
11.1	Toleranzkategorien 82
11.2	Grundlegende Toleranzen 83
11.2.1	Allgemeines 83
11.2.2	Herstelltoleranzen 83
11.2.3	Montagetoleranzen 83
11.3	Ergänzende Toleranzen 85
11.3.1	Allgemeines 85
11.3.2	Tabellierte Werte 85
11.3.3	Alternative Kriterien 85
12	Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen 85
12.1	Allgemeines 85
12.2	Konstruktionsmaterialien und Bauteile 86
12.2.1	Konstruktionsmaterialien 86
12.2.2	Bauteile 86
12.2.3	Nichtkonforme Produkte 86
12.3	A_1 Abmessungen von hergestellten Bauteilen A_1 86
12.4	Schweißen 87
12.4.1	Kontrolle vor und während des Schweißens 87
12.4.2	Kontrolle nach dem Schweißen 88
12.4.3	Kontrolle und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton 91
12.4.4	Arbeitsprüfungen beim Schweißen 91
12.5	Mechanische Verbindungsmittel 92
12.5.1	Kontrolle nicht planmäßig vorgespannter Verbindungen 92
12.5.2	Kontrolle und Prüfung planmäßig vorgespannter Verbindungen 92
12.5.3	Kontrolle, Prüfung und Reparatur von Nietten 95
12.5.4	Kontrolle der Befestigung kaltgeformter Bauteile und dünnwandiger Profilbleche 96
12.5.5	Besondere Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren 96
12.6	Oberflächenbehandlung und Korrosionsschutz 97
12.7	Montage 97
12.7.1	Kontrolle der Probemontage 97
12.7.2	Kontrolle des errichteten Tragwerks 97
12.7.3	Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten 97
12.7.4	Sonstige Abnahmeprüfungen 99
Anhang A (normativ) Zusatzangaben, Liste festzulegender Auswahlmöglichkeiten und auf die	
	Ausführungsklassen bezogene Anforderungen 100
A.1	Zusammenstellung erforderlicher Zusatzangaben 100
A.2	Liste von Auswahlmöglichkeiten 103
A.3	Auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen 107

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Seite

Anhang B (informativ) Leitfaden zur Bestimmung der Ausführungsklassen	110
B.1 Einleitung	110
B.2 Leitfaktoren für die Auswahl der Ausführungsklasse	110
B.2.1 Schadensfolgeklassen	110
B.2.2 Gefährdungen in Zusammenhang mit der Tragwerksausführung und -nutzung	110
B.3 Bestimmung der Ausführungsklassen	112
Anhang C (informativ) Checkliste für den Inhalt eines Qualitätsmanagementplans	113
C.1 Einleitung	113
C.2 Inhalt	113
C.2.1 Management	113
C.2.2 Spezifikationsbewertung	113
C.2.3 Dokumentation	113
C.2.4 Kontroll- und Prüfverfahren	115
Anhang D (normativ) Geometrische Toleranzen	116
D.1 Grundlegende Toleranzen	116
D.1.1 Grundlegende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile	117
D.1.2 Grundlegende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile	118
D.1.3 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile	119
D.1.4 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Kastenprofile	120
D.1.5 $\boxed{A_1}$ Grundlegende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen von offenen Profilen und Kastenprofilen. $\boxed{A_1}$	121
D.1.6 Grundlegende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten	123
D.1.7 Grundlegende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche	124
D.1.8 Grundlegende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten	125
D.1.9 Grundlegende Herstelltoleranzen — Zylindrische und konische Schalen	126
D.1.10 Grundlegende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile	127
D.1.11 Grundlegende Montagetoleranzen — $\boxed{A_1}$ Stützen einstöckiger Gebäude $\boxed{A_1}$	128
D.1.12 Grundlegende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen	129
D.1.13 Grundlegende Montagetoleranzen — Kontaktstöße	130
D.1.14 Grundlegende Montagetoleranzen — Türme und Maste	131
D.1.15 Grundlegende Montagetoleranzen für Balken und druckbeanspruchte Bauteile	131
D.2 Ergänzende Toleranzen	132
D.2.1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile	133
D.2.2 Ergänzende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile	134
D.2.3 $\boxed{A_1}$ Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter offener Profile $\boxed{A_1}$	136
D.2.4 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile	137
D.2.5 $\boxed{A_1}$ Ergänzende Herstelltoleranzen — Stege von geschweißten offenen Profilen und Kastenprofilen $\boxed{A_1}$	139
D.2.6 $\boxed{A_1}$ Ergänzende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen geschweißter offener Profile und Kastenprofile $\boxed{A_1}$	140
D.2.7 Ergänzende Herstelltoleranzen — Bauteile	142
D.2.8 Ergänzende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten	143
D.2.9 Ergänzende Herstelltoleranzen — Stützenstöße und Fußplatten	145
D.2.10 Ergänzende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile	146
D.2.11 Ergänzende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten	148
D.2.12 Ergänzende Herstelltoleranzen — Türme und Maste	149
D.2.13 Ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche	150
D.2.14 Ergänzende Herstelltoleranzen — Brückenfahrbahnen	151
D.2.15 Ergänzende Montagetoleranzen — Brücken	152
D.2.16 Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 1/3)	153
D.2.17 Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 2/3)	154
D.2.18 Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 3/3)	156
D.2.19 Ergänzende Herstell- und Montagetoleranzen — Kranbahnträger und -schiene	157
D.2.20 Ergänzende Montagetoleranzen — Betonfundamente und Abstützungen	158
D.2.21 Ergänzende Montagetoleranzen — Kranbahnen	160
D.2.22 Ergänzende Montagetoleranzen — Stützenpositionen	161

	Seite
D.2.23 Ergänzende Montagetoleranzen — A1 Stützen einstöckiger Gebäude A1	162
D.2.24 Ergänzende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen	163
D.2.25 Ergänzende Montagetoleranzen — Gebäude	164
D.2.26 Ergänzende Montagetoleranzen — Träger in Gebäuden	166
D.2.27 Ergänzende Montagetoleranzen– Bedachungselemente als Schubfeld	167
D.2.28 Ergänzende Montagetoleranzen — Dünnwandige Profilbleche	167
Anhang E (informativ) Geschweißte Hohlprofilverbindungen	168
E.1 Allgemeines	168
E.2 Regeln für Nahtanfangs- und Endstellen	168
E.3 Schweißnahtvorbereitung	169
E.4 Zusammenbau zum Schweißen	169
E.5 Kehlnahtanschlüsse	176
Anhang F (normativ) Korrosionsschutz	177
F.1 Allgemeines	177
F.1.1 Anwendungsbereich	177
F.1.2 Leistungsspezifikation	177
F.1.3 Vorgeschriebene Anforderungen	177
F.1.4 Arbeitsanweisung	178
F.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen	179
F.2.1 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Beschichten und Metallspritzen	179
F.2.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Verzinken	179
F.3 Schweißnähte und Oberflächen zum Schweißen	179
F.4 Oberflächen bei planmäßig vorgespannten Verbindungen	179
F.5 Vorbereitung von Verbindungsmitteln	180
F.6 Beschichtungsverfahren	180
F.6.1 Beschichtung	180
F.6.2 Metallspritzen	181
F.6.3 Verzinken	181
F.7 Kontrolle und Überprüfung	181
F.7.1 Allgemeines	181
F.7.2 Routineüberprüfungen	181
F.7.3 Kontrollflächen	182
F.7.4 Verzinkte Bauteile	182
Anhang G (normativ) Prüfung zur Bestimmung der Haftreibungszahl	183
G.1 Allgemeines	183
G.2 Maßgebende Kenngrößen	183
G.3 Prüfkörper	183
G.4 Prüfverfahren und Ermittlung der Ergebnisse	185
G.5 Erweitertes Kriechprüfungsverfahren und Auswertung	185
G.6 Prüfergebnisse	186
Anhang H (normativ) A1 Kalibrierprüfung für planmäßig vorgespannte Schrauben unter Baustellenbedingungen A1	188
H.1 Anwendungsbereich	188
H.2 Symbole und Einheiten	188
H.3 Prinzip der Versuchsprozedur	189
H.4 Versuchsausrüstung	189
H.5 Versuchsgarnituren	189
H.6 Versuchsaufbau	189
H.7 Versuchsablauf	190
H.8 Bewertung der Versuchsergebnisse	191
H.9 Prüfbericht	192
Anhang J (normativ) Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern	193
J.1 Allgemeines	193
J.2 Anbringung	193
J.3 Überprüfung	194

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Seite

Anhang K (informativ) Sechskant-Injektions-Schrauben	196
K.1 Allgemeines	196
K.2 Lochmaße	196
K.3 Schrauben	197
K.4 Scheiben	197
K.5 Muttern	198
K.6 Harz	198
K.7 Anziehen	198
K.8 Einbau	198
Anhang L (informativ) Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS	200
Anhang M (normativ) Sequentielles Verfahren zur Kontrolle von Verbindungsmitteln	201
M.1 Allgemeines	201
M.2 Anwendung	202
Literaturhinweise	204

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1090-2:2008+A1:2011) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2012 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument beinhaltet die von CEN am 25. Juni 2011 genehmigte Änderung 1.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **A1** **A1** angezeigt.

Dieses Dokument ersetzt **A1** EN 1090-2:2008 **A1**.

Weitergehend zu den im Text markierten Änderungen aus der A1-Änderung wurden weitere Übersetzungsanpassungen vorgenommen. Wegen der großen Anzahl dieser Übersetzungsanpassungen wird auf eine detaillierte Auflistung verzichtet. Zu den vorgenommenen Änderungen gehören z. B. die Korrektur von Rechtschreib-, Druck- und Übersetzungsfehlern, sowie die Verbesserung der Übersetzung diverser Fachbegriffe.

EN 1090, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken* besteht aus den folgenden Teilen:

Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile

Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken

Teil 3: Technische Regeln für die Ausführung von Aluminiumtragwerken

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

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Einleitung

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Ausführung von Stahltragwerken fest, um ein ausreichendes Niveau an statischer Tragfähigkeit und Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Ausführung von Stahltragwerken, insbesondere diejenigen, die nach allen Teilen von EN 1993, und von Stahlteilen in Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, die nach allen Teilen von EN 1994 bemessen werden, fest.

Diese Europäische Norm setzt voraus, dass die Arbeiten mit notwendiger Fachkunde, technischer Ausrüstung und Mitteln ausgeführt werden, damit sie den Ausführungsunterlagen entsprechen und die Anforderungen dieser Europäischen Norm erfüllen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Stahlbauausführung bei Tragwerken oder hergestellten Bauteilen fest, die hergestellt sind aus:

- warmgewalzten Baustahlerzeugnissen bis zur Sorte S690;
- kaltgeformten Bauteilen und dünnwandigen Profilblechen bis zu Sorten S700 A1 *gestrichener Text* A1;
- warmgeformten und kaltgeformten austenitischen, austenitisch-ferritischen und ferritischen nichtrostenden Stahlerzeugnissen;
- warmgeformten und kaltgeformten Hohlprofilen, einschließlich standardisierter und sondergefertigter Walzerzeugnisse und durch Schweißen hergestellter Hohlprofile.

Diese Europäische Norm kann auch für Baustahlorten bis zu S960 angewendet werden, unter der Voraussetzung, dass die Ausführungsbedingungen in Hinblick auf die Zuverlässigkeitskriterien nachgewiesen sind und alle notwendigen Zusatzanforderungen festgelegt sind.

Diese Europäische Norm legt Anforderungen unabhängig von der Art und Gestalt des Stahltragwerks fest (z. B. Hochbau, Brücken, Flächentragwerke oder Fachwerke), einschließlich Tragwerken unter Ermüdungs- oder Erdbebeneinwirkungen. Die Anforderungen werden in Form von Ausführungsklassen angegeben.

Diese Europäische Norm gilt für Tragwerke, die nach dem entsprechenden Teil von EN 1993 bemessen wurden.

Diese Europäische Norm gilt für Bauteile und dünnwandigen Profilbleche nach EN 1993-1-3.

Diese Europäische Norm gilt für Stahlbauteile in Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, bei denen das Tragwerk nach dem entsprechenden Teil von EN 1994 bemessen wurde.

Diese Europäische Norm kann für Tragwerke verwendet werden, die mit anderen Bemessungsregeln bemessen wurden, unter der Voraussetzung, dass die Ausführungsbedingungen diesen Regeln entsprechen und alle notwendigen Zusatzanforderungen festgelegt sind.

Diese Europäische Norm enthält keine Anforderungen an die Wasserdichtheit oder den Luftdurchlässigkeitswiderstand bei dünnwandigen Profilblechen.

2 Normative Verweisungen

2.1 Allgemeines

Die folgenden zitierten Publikationen sind für die Anwendung dieser Norm erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die Ausgabe, auf die Bezug genommen wird. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich aller Änderungen).

2.2 Konstruktionsmaterialien

2.2.1 Stähle

EN 10017, *Walzdraht aus Stahl zum Ziehen und/oder Kaltwalzen — Maße und Grenzabmaße*

EN 10021, *Allgemeine technische Lieferbedingungen für Stahlerzeugnisse*

EN 10024, *I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10025-1:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10025-2, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- EN 10025-3, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*
- EN 10025-4, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*
- EN 10025-5, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*
- EN 10025-6, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flach-erzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*
- EN 10029, *Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an — A_1 Grenzabmaße und Formtoleranzen A_1*
- EN 10034, *I- und H-Profile aus Baustahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10048, *Warmgewalzter Bandstahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10051, A_1 *Kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech abgelängt aus Warmbreitband aus unlegierten und legierten Stählen A_1 — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10055, *Warmgewalzter gleichschenkliger T-Stahl mit gerundeten Kanten und Übergängen — Maße, Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10056-1, *Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl — Teil 1: Maße*
- EN 10056-2, *Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl — Teil 2: Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10058, *Warmgewalzte Flachstäbe aus Stahl für allgemeine Verwendung — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*
- EN 10059, *Warmgewalzte Vierkantstäbe aus Stahl für allgemeine Verwendung — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*
- EN 10060, *Warmgewalzte Rundstäbe aus Stahl — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*
- EN 10061, *Warmgewalzte Sechskantstäbe aus Stahl — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*
- EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*
- EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*
- EN 10088-2:2005, *Nichtrostende Stähle — Teil 2: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung und für das Bauwesen*
- EN 10088-3:2005, *Nichtrostende Stähle — Teil 3: Technische Lieferbedingungen für Halbzeug, Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für allgemeine Verwendung und für das Bauwesen*
- EN 10131, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse ohne Überzug aus weichen Stählen sowie aus Stählen mit höherer Streckgrenze zum Kaltumformen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10139, *Kaltband ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10140, *Kaltband — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10143, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- EN 10149-1, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*

EN 10149-2, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 2: Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte Stähle*

EN 10149-3, *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Teil 3: Lieferbedingungen für normalgeglühte oder normalisierend gewalzte Stähle*

EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*

EN 10163-2, *Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) — Teil 2: Blech und Breitflachstahl*

EN 10163-3, *Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile) — Teil 3: Profile*

EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

A1 EN 10169, *Kontinuierlich organisch beschichtete (bandbeschichtete) Flacherzeugnisse aus Stahl — Technische Lieferbedingungen **A1***

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 10210-1, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10210-2, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

EN 10219-1, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10219-2, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen — Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

EN 10268, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus Stahl mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*

A1 gestrichener Text **A1**

EN 10296-2:2005, *Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

EN 10297-2:2005, *Nahtlose kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Rohre aus nichtrostenden Stählen*

A1 EN 10346, *Kontinuierlich schmelztauchveredelte Flacherzeugnisse aus Stahl — Technische Lieferbedingungen **A1***

EN ISO 1127, *Nichtrostende Stahlrohre — Maße, Grenzabmaße und längenbezogene Masse (ISO 1127:1992)*

A1 EN ISO 9445-1, *Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen — Teil 1: Kaltband und Kaltband in Stäben (ISO 9445-1:2009)*

EN ISO 9445-2, *Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen — Teil 2: Kaltbreitband und Blech (ISO 9445-2:2009) **A1***

ISO 4997, *Cold-reduced carbon steel sheet of structural quality*

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

2.2.2 Stahlguss

EN 1559-1, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 1: Allgemeines*

EN 1559-2, *Gießereiwesen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Zusätzliche Anforderungen an Stahlgussstücke*

EN 10340:2007, *Stahlguss für das Bauwesen*

2.2.3 Schweißzusätze

EN 756, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen — Einteilung*

EN 757, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung*

EN 760, *Schweißzusätze — Pulver zum Unterpulverschweißen — Einteilung*

EN 1600, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung*

EN 13479, *Schweißzusätze — Allgemeine Produktnorm für Zusätze und Pulver zum Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 14295, *Schweißzusätze — Draht- und Fülldrahtelektroden und Drahtpulver-Kombinationen für das Unterpulverschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung*

EN ISO 636, *Schweißzusätze — Stäbe, Drähte und Schweißgut zum Wolfram-Inertgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 636:2004)*

EN ISO 2560, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 2560:2009)*

EN ISO 13918, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918:2008)*

EN ISO 14175, *Schweißzusätze — Gase und Mischgase für das Lichtbogenschweißen und verwandte Prozesse (ISO 14175:2008)*

EN ISO 14341, *Schweißzusätze — Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 14341:2002)*

EN ISO 14343, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Bandelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogen-schweißen von korrosionsbeständigen und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 14343:2009)*

EN ISO 16834, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Drähte, Stäbe und Schweißgut zum Schutzgasschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung (ISO 16834:2006)*

EN ISO 17632, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 17632:2004)*

EN ISO 17633, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden und Füllstäbe zum Metall-Lichtbogenschweißen mit oder ohne Gasschutz von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 17633:2010)*

EN ISO 18276, *Schweißzusätze — Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von hochfesten Stählen — Einteilung (ISO 18276:2005)*

2.2.4 Mechanische Verbindungsmittel

EN 14399-1, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 14399-2, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 2: Prüfung der Eignung zum Vorspannen*

EN 14399-3, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 3: System HR — Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern*

EN 14399-4:2005, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 4: System HV — Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern*

EN 14399-5, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 5: Flache Scheiben*

EN 14399-6, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 6: Flache Scheiben mit Fase*

EN 14399-7, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 7: System HR — Garnituren aus Senkschrauben und Muttern*

EN 14399-8, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 8: System HV — Garnituren aus Sechskant-Passschrauben und Muttern*

EN 14399-9 ^{A1}, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 9: System HR oder HV –Garnituren aus Schrauben und Muttern mit direkten Kraftanzeigern*

EN 14399-10 ^{A1}, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 10: System HRC — Garnituren aus Schrauben und Muttern mit kalibrierter Vorspannung*

EN 15048-1, *Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 20898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen — Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkraften; Regelgewinde (ISO 898-2:1992)*

EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: ^{A1} Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2009) ^{A1}*

EN ISO 1479, *Sechskant-Blechschraben (ISO 1479:1983)*

EN ISO 1481, *Flachkopf-Blechschraben mit Schlitz (ISO 1481:1983)*

EN ISO 3506-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben ^{A1} (ISO 3506-1:2009) ^{A1}*

EN ISO 3506-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 2: Muttern ^{A1} (ISO 3506-2:2009) ^{A1}*

EN ISO 4042, *Verbindungselemente — Galvanische Überzüge (ISO 4042:1999) ^{A1}*

EN ISO 6789, *Schraubwerkzeuge — Handbetätigte Drehmoment-Werkzeuge — Anforderungen und Prüfverfahren für die Typprüfung, Annahmeprüfung und das Rekalibrierverfahren (ISO 6789:2003)*

EN ISO 7049, *Linsenkopf-Blechschraben mit Kreuzschlitz (ISO 7049:1983)*

EN ISO 7089, *Flache Scheiben — Normale Reihe — Produktklasse A (ISO 7089:2000)*

EN ISO 7090, *Flache Scheiben mit Fase — Normale Reihe — Produktklasse A (ISO 7090:2000)*

EN ISO 7091, *Flache Scheiben — Normale Reihe — Produktklasse C (ISO 7091:2000)*

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

EN ISO 7092, *Flache Scheiben — Kleine Reihe — Produktklasse A (ISO 7092:2000)*

EN ISO 7093-1, *Flache Scheiben — Große Reihe — Teil 1: Produktklasse A (ISO 7093-1:2000)*

EN ISO 7093-2, *Flache Scheiben — Große Reihe — Teil 2: Produktklasse C (ISO 7093-2:2000)*

EN ISO 7094, *Flache Scheiben — Extra große Reihe — Produktklasse C (ISO 7094:2000) (enthält Berichtigung AC:2002) ^(A1)*

EN ISO 10684, *Verbindungselemente — Feuerverzinkung (ISO 10684:2004)*

EN ISO 15480, *Sechskant-Bohrschrauben mit Bund mit Blechschraubengewinde (ISO 15480:1999)*

EN ISO 15976, *Geschlossene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf — St/St (ISO 15976:2002)*

EN ISO 15979, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf — St/St (ISO 15979:2002)*

EN ISO 15980, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Senkkopf — St/St (ISO 15980:2002)*

EN ISO 15983, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Flachkopf — A2/A2 (ISO 15983:2002)*

EN ISO 15984, *Offene Blindniete mit Sollbruchdorn und Senkkopf — A2/A2 (ISO 15984:2002)*

ISO 10509, *Hexagon flange head tapping screws*

2.2.5 Hochfeste Zugglieder

prEN 10138-3, *Spannstähle — Teil 3: Litze*

EN 10244-2, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Überzüge aus Nichteisenmetall auf Stahldraht — Teil 2: Überzüge aus Zink oder Zinklegierung*

EN 10264-3, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Stahldraht für Seile — Teil 3: Runder und profilierter Draht aus unlegiertem Stahl für hohe Beanspruchungen*

EN 10264-4, *Stahldraht und Drahterzeugnisse — Stahldraht für Seile — Teil 4: Draht aus nichtrostendem Stahl*

EN 12385-1, *Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

EN 12385-10, *Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 10: Spiralseile für den allgemeinen Baubereich*

EN 13411-4, *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit — Teil 4: Vergießen mit Metall und Kunstharz*

2.2.6 Lager

EN 1337-2, *Lager im Bauwesen — Teil 2: Gleitteile*

EN 1337-3, *Lager im Bauwesen — Teil 3: Elastomerlager*

EN 1337-4, *Lager im Bauwesen — Teil 4: Rollenlager*

EN 1337-5, *Lager im Bauwesen — Teil 5: Topflager*

EN 1337-6, *Lager im Bauwesen — Teil 6: Kipplager*

EN 1337-7, *Lager im Bauwesen — Teil 7: Kalotten- und Zylinderlager mit PTFE*

EN 1337-8, *Lager im Bauwesen — Teil 8: Führungslager und Festpunktlager*

2.3 Bearbeitung

EN ISO 9013, *Thermisches Schneiden — Einteilung thermischer Schnitte — Geometrische Produktspezifikation und Qualität (ISO 9013:2002)*

EN ISO 286-2, ^[A1] *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen (ISO 286-2:2010)* ^[A1]

CEN/TR 10347, *Hinweise für das Umformen von Baustählen bei der Verarbeitung*

2.4 Schweißen

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 1011-1:1998, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 1: Allgemeine Anleitungen für das Lichtbogenschweißen*

EN 1011-2:2001, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 2: Lichtbogenschweißen von ferritischen Stählen*

EN 1011-3, *Schweißen — Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe — Teil 3: Lichtbogenschweißen von nichtrostenden Stählen*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN ISO 3834 (alle Teile), *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 3834:2005)*

EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern* ^[A1] (ISO 4063:2009, Korrigierte Fassung 2010-03-01) ^[A1]

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2003 + Cor.1:2006)*

EN ISO 9692-1, *Schweißen und verwandte Prozesse — Empfehlungen zur Schweißnahtvorbereitung — Teil 1: Lichtbogenhandschweißen, Schutzgasschweißen, Gasschweißen, WIG-Schweißen und Strahlschweißen von Stählen (ISO 9692-1:2003)*

EN ISO 9692-2, *Schweißen und verwandte Prozesse — Schweißnahtvorbereitung — Teil 2: Unterpulverschweißen von Stahl (ISO 9692-2:1998)*

EN ISO 13916, *Schweißen — Anleitung zur Messung der Vorwärm-, Zwischenlagen- und Haltetemperatur (ISO 13916:1996)*

EN ISO 14373, *Widerstandsschweißen — Verfahren zum Punktschweißen von niedriglegierten Stählen mit oder ohne metallischem Überzug (ISO 14373:2006)*

EN ISO 14554 (alle Teile), *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Widerstandsschweißen metallischer Werkstoffe (ISO 14544-1:2000)*

EN ISO 14555, *Schweißen — Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:2006)*

EN ISO 14731, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731:2006)*

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1:2004)*

EN ISO 15609-4, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 4: Laserstrahlschweißen* ^[A1] (ISO 15609-4:2009) ^[A1]

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

EN ISO 15609-5, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 5: Widerstandsschweißen (ISO 15609-5:2004)*

EN ISO 15610, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610:2003)*

EN ISO 15611, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung (ISO 15611:2003)*

EN ISO 15612, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens (ISO 15612:2004)*

EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613:2004)*

EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1:2004)*

EN ISO 15614-11, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 11: Elektronen- und Laserstrahlschweißen (ISO 15614-11:2002)*

EN ISO 15614-13, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 13: Pressstumpf- und Abtrennstumpfschweißen (ISO 15614-13:2005)*

EN ISO 15620, *Schweißen — Reibschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 15620:2000)*

EN ISO 16432, *Widerstandsschweißen — Verfahren zum Buckelschweißen von niedriglegierten Stählen mit oder ohne metallischem Überzug (ISO 16432:2006)*

EN ISO 16433, *Widerstandsschweißen — Verfahren zum Rollennahtschweißen von niedriglegierten Stählen mit oder ohne metallischem Überzug (ISO 16433:2006)*

2.5 Prüfungen

EN 473, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen*

EN 571-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen*

EN 970, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung*

EN 1290, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen*

EN 1435, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen*

EN 1713, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten*

EN 1714, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen*

EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*

EN 12062:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe*

EN ISO 6507 (alle Teile), *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers (ISO 6507:2005)*

EN ISO 9018, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Zugversuch am Doppel-T-Stoß und Überlappstoß (ISO 9018:2003)*

EN ISO 10447, *Schweißen — Abroll- und Meißelprüfung von Widerstandspunkt-, -buckel- und rollennahtschweißungen (ISO 10447:2006)*

2.6 Montage

EN 1337-11, *Lager im Bauwesen — Teil 11: Transport, Zwischenlagerung und Einbau*

ISO 4463-1, *Measurement methods for building; setting-out and measurement — Part 1: Planning and organization, measuring procedures, acceptance criteria*

ISO 7976-1, *Tolerances for building; methods of measurement of buildings and building products — Part 1: Methods and instruments*

ISO 7976-2, *Tolerances for building; methods of measurement of buildings and building products — Part 2: Position of measuring points*

ISO 17123 (alle Teile), *Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments*

2.7 Korrosionsschutz

EN 14616, *Thermisches Spritzen — Empfehlungen für das thermische Spritzen*

EN 15311, *Thermisches Spritzen — Bauteile mit thermisch gespritzten Schichten — Technische Lieferbedingungen*

EN ISO 1461:1999, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen (ISO 1461:1999)*

EN ISO 2063, *Thermisches Spritzen — Metallische und andere anorganische Schichten — Zink, Aluminium und ihre Legierungen (ISO 2063:2005)*

EN ISO 2808, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Schichtdicke (ISO 2808:2007)*

EN ISO 8501 (alle Teile), *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Visuelle Beurteilung der Oberflächenreinheit*

EN ISO 8503-1, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen. Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 1: Anforderungen und Begriffe für ISO-Rauheitsvergleichsmuster zur Beurteilung gestrahlter Oberflächen (ISO 8503-1:1988)*

EN ISO 8503-2, *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen. Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen — Teil 2: Verfahren zur Prüfung der Rauheit von gestrahltem Stahl. Vergleichsmusterverfahren (ISO 8503-2:1988)*

EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme (ISO 12944:1998)*

[A1] EN ISO 14713-1, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit (ISO 14713-1:2009)*

EN ISO 14713-2, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 2: Feuerverzinken (ISO 14713-2:2009) **[A1]***

ISO 19840, *Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces*

2.8 Toleranzen

EN ISO 13920, *Schweißen — Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße, Form und Lage (ISO 13920:1996)*

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

2.9 Verschiedenes

EN 508-1, *Dachdeckungsprodukte aus Metallblech — Festlegungen für selbsttragende Bedachungselemente aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 1: Stahl*

EN 508-3, *Dachdeckungsprodukte aus Metallblech — Festlegungen für selbsttragende Bedachungselemente aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 3: Nichtrostender Stahl*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für Schalenkonstruktionen*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

ISO 2859-5, *Sampling procedures for inspection by attributes — Part 5: System of sequential sampling plans indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Bauwerk

Alles was gebaut ist oder aus baulicher Tätigkeit resultiert. Der Begriff bezieht sich sowohl auf Gebäude als auch auf Ingenieurbauwerke. Er bezieht sich auf die gesamte Konstruktion, d. h. sowohl auf tragende als auch nichttragende Teile.

3.2

Stahlkonstruktion

Teile des Bauwerks, die das Stahltragwerk betreffen

3.3

Stahlbau

Stahltragwerk oder hergestellte Stahlbauteile in einem Bauwerk

3.4

Hersteller

Person oder Organisation, die die Stahlkonstruktion ausführt (der Lieferant in EN ISO 9000)

3.5

Tragwerk

siehe EN 1990

3.6

Herstellung

Jegliche Tätigkeit, die zur Produktion und Lieferung eines Bauteils erforderlich ist. Je nach vorliegenden Gegebenheiten gehören dazu z. B. Materialbeschaffung, Vorbereitung und Zusammenbau, Schweißen, mechanisches Verbinden, Transportieren, Oberflächenschutz und die zugehörige Kontrolle und Dokumentation.

3.7

Ausführung

jegliche Tätigkeit zur Fertigstellung von Bauwerken, d. h. Materialbeschaffung, Fertigung, Schweißen, mechanisches Verbinden, Transportieren, Montage, Oberflächenschutz und die zugehörige Kontrolle und Dokumentation

3.7.1**Ausführungsunterlagen**

Satz von Dokumenten, die technische Angaben und Anforderungen für ein bestimmtes Stahltragwerk enthalten, einschließlich solcher, die zur Ergänzung und Erfüllung der Regeln dieser Europäischen Norm festgelegt sind

ANMERKUNG 1 Ausführungsunterlagen schließen Anforderungen ein, wo diese Europäische Norm festzulegende Punkte ausweist.

ANMERKUNG 2 Ausführungsunterlagen können als die vollständige Zusammenstellung der Anforderungen für die Herstellung und den Einbau von Stahlbauteilen angesehen werden, mit den Herstellungsanforderungen, die in einem Satz von Bauteilspezifikationen nach **EN 1090-1** enthalten sind.

3.7.2**Ausführungsklasse**

in Klassen zusammengefasste Anforderungen, die für die Ausführung der Stahlkonstruktion als Ganzes, eines einzelnen Bauteils oder eines Details eines Bauteils festgelegt sind

3.8**Beanspruchungskategorie**

Kategorie, die ein Bauteil in Hinblick auf dessen Einsatzbedingungen charakterisiert

3.9**Herstellungskategorie**

Kategorie, die ein Bauteil in Hinblick auf die verwendeten Ausführungsverfahren charakterisiert

3.10**Konstruktionsmaterial**

Werkstoff und Produkt, das zur Herstellung eines Bauteils eingesetzt wird und das als Teil von diesem verbleibt, z. B. Baustahlerzeugnis, nichtrostendes Stahlerzeugnis, mechanisches Verbindungsmittel, Schweißzusatz

3.11**Bauteil**

Teil des Stahltragwerks, das seinerseits ein Zusammenbau aus mehreren kleineren Bauteilen sein kann

3.11.1**kaltgeformtes Bauteil**

siehe EN 10079 und EN 10131

3.12**Bearbeitung**

jegliche Tätigkeit, die an Konstruktionsmaterialien aus Stahl durchgeführt wird, um die Teile für den Zusammenbau und für das Einfügen in Bauteilen fertigzustellen. Je nach vorliegenden Gegebenheiten gehören dazu z. B. Identifizierbarkeit, Handhabung und Lagerung, Schneiden, Formgebung und Lochen.

3.13**Montagekonzeption**

Erläuterung zur Tragwerksmontage, die Grundlage für die Bemessung sind (auch bekannt als der Montageablaufplan)

3.13.1**Montageanweisung**

Dokumentation, die die notwendigen Arbeitsvorgänge beschreibt, um ein Tragwerk zu errichten

3.14**Nichtkonformität**

siehe EN ISO 9000

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

3.15

zusätzliche ZfP (zerstörungsfreie Prüfung)

ZfP-Verfahren, das zusätzlich zur Sichtprüfung erfolgt, z. B. Magnetpulver-, Eindring-, Wirbelstrom-, Ultraschall oder Durchstrahlungsprüfung

3.16

Toleranz

siehe ISO 1803

3.16.1

grundlegende Toleranz

grundlegende Grenzwerte für geometrische Toleranzen, deren Einhaltung notwendig ist, um den Annahmen der Tragwerksbemessung in Hinblick auf die statische Tragfähigkeit und die Standsicherheit zu genügen

3.16.2

ergänzende Toleranz

geometrische Toleranz, die erforderlich sein kann, um eine Funktion außer der statischen Tragfähigkeit und Standsicherheit zu erfüllen, z. B. das Aussehen oder die Passgenauigkeit

3.16.3

besondere Toleranz

geometrische Toleranz, die nicht Bestandteil der in dieser Europäischen Norm enthaltenen tabellierten Typen und Werte ist, und die es erfordert, in besonderen Fällen festgelegt zu werden

3.16.4

Herstelltoleranz

zulässige Abweichung der Größe einer Bauteilabmessung, die aus der Bauteilfertigung resultiert

4 Ausführungsunterlagen und Dokumentation

4.1 Ausführungsunterlagen

4.1.1 Allgemeines

Für alle Teile der Stahlkonstruktion müssen die notwendigen Informationen und technischen Anforderungen vor Beginn der Ausführungsarbeiten vereinbart und abschließend geregelt sein. Es muss auch geregelt werden, wie bei Änderungen bereits vereinbarter Ausführungsunterlagen verfahren wird. Nachstehende Punkte müssen, je nach vorliegenden Gegebenheiten, in den Ausführungsunterlagen berücksichtigt werden:

- a) Zusatzangaben, nach Auflistung in A.1;
- b) Auswahlmöglichkeiten, nach Auflistung in A.2;
- c) Ausführungsklassen, siehe 4.1.2;
- d) Vorbereitungsgrade, siehe 4.1.3;
- e) Toleranzklassen, siehe 4.1.4;
- f) Technische Anforderungen, die die Sicherheit bei der Ausführung der Stahlkonstruktion betreffen, siehe 4.2.3 und 9.2.

4.1.2 Ausführungsklassen

Es gibt die vier Ausführungsklassen 1 bis 4, bezeichnet als EXC1 bis EXC4, wobei die Anforderungen von EXC1 bis EXC4 ansteigen.

Ausführungsklassen können für das gesamte Tragwerk, für einen Teil des Tragwerks oder für spezielle Details gelten. Ein Tragwerk kann mehrere Ausführungsklassen enthalten. Ein Detail oder eine Gruppe von Details wird normalerweise einer Ausführungsklasse zugewiesen. Allerdings muss die Auswahl einer Ausführungsklasse nicht notwendigerweise für alle Anforderungen gleich sein.

Wird keine Ausführungsklasse festgelegt, gilt EXC2.

Eine Auflistung der Anforderungen, die von den Ausführungsklassen abhängen, ist in A.3 enthalten.

Hinweise zur Wahl der Ausführungsklassen sind in Anhang B enthalten.

ANMERKUNG Die Wahl der Ausführungsklassen hängt ab von Herstellungskategorien und Beanspruchungskategorien, in Verbindung mit den in Anhang B von EN 1990:2002 definierten Schadensfolgeklassen.

4.1.3 Vorbereitungsgrade

Es gibt die drei Vorbereitungsgrade nach ISO 8501-3, bezeichnet als P1 bis P3, wobei die Anforderungen von P1 bis P3 ansteigen.

ANMERKUNG Vorbereitungsgrade hängen ab von der Schutzdauer des Korrosionsschutzes und der Korrosivitätskategorie, wie in Abschnitt 10 definiert.

Vorbereitungsgrade können für das gesamte Tragwerk, für einen Teil des Tragwerks oder für spezielle Details gelten. Ein Tragwerk kann mehrere Vorbereitungsgrade enthalten. Ein Detail oder eine Gruppe von Details wird üblicherweise einem Vorbereitungsgrad zugewiesen.

4.1.4 Geometrische Toleranzen

Zwei Arten von geometrischen Toleranzen sind in 11.1 definiert:

- a) grundlegende Toleranzen;
- b) ergänzende Toleranzen, mit zwei Klassen, wobei die Anforderungen in Klasse 2 höher sind als in Klasse 1.

4.2 Herstellerdokumentation

4.2.1 Qualitätsdokumentation

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 müssen die folgenden Punkte dokumentiert werden:

- a) **A1** Organigramm und die für jeden Aspekt der Ausführung jeweils zuständigen Personen; **A1**
- b) die zur Anwendung kommenden Arbeitsprozesse, Verfahren und Arbeitsanweisungen;
- c) ein an die Stahlkonstruktion angepasster Prüfplan;
- d) die Vorgehensweise bei Abänderungen;
- e) die Vorgehensweise beim Auftreten von Nichtkonformitäten, bei Reklamationen und Streitigkeiten hinsichtlich der Qualität;
- f) **A1** festgelegte Produktionsprüfstops **A1** oder Anforderungen an die Beaufsichtigung von Kontrollen und Prüfungen, sowie das Festlegen der dazu notwendigen Zugänglichkeitsbedingungen.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

4.2.2 Qualitätsmanagementplan

Es muss festgelegt sein, ob ein Qualitätsmanagementplan für die Ausführung der Stahlkonstruktion erforderlich ist.

ANMERKUNG EN ISO 9000 enthält die Definition eines Qualitätsmanagementplans.

Dieser muss enthalten:

- a) ein allgemeines Managementdokument, das folgende Punkte benennen muss:
 - 1) Bewertung der vorgegebenen Anforderungen anhand der Produktionsmöglichkeiten;
 - 2) **A1** die Zuordnung von Aufgaben und Befugnissen in den verschiedenen Stufen der Projektausführung; **A1**
 - 3) Grundsätze und organisatorische Regelungen für Kontrollen, einschließlich Zuordnung der Verantwortlichkeiten für jede einzelne Kontrollaufgabe;
- b) Qualitätsdokumentation im Vorfeld der Ausführung **A1** *gestrichener Text* **A1**. Die Dokumente müssen vor dem jeweils betroffenen Herstellungsschritt abgefasst worden sein;
- c) Ausführungsbelege, in denen die ausgeführten Kontrollen und Überprüfungen aufgezeichnet sind, oder in denen Qualifikationen, Zertifikate oder Prüfbescheinigungen für verwendete Produktionsmittel nachgewiesen sind. **A1** Die Ausführungsbelege, die mit festgelegten Produktionsprüfstopp zusammenhängen, müssen im Vorfeld der Freigabe ausgefertigt werden **A1**.

Anhang C enthält eine Checkliste für die empfohlene Gestaltung eines Qualitätsmanagementplans für die Ausführung von Stahltragwerken, unter Bezug auf die in ISO 10005 enthaltenen allgemeinen Leitlinien.

4.2.3 Arbeitssicherheit

Verfahrensbeschreibungen, die genaue Arbeitsanweisungen enthalten, müssen die technischen Anforderungen in Hinblick auf die Arbeitssicherheit bei der Montage nach 9.2 und 9.3 berücksichtigen.

4.2.4 Ausführungsdokumentation

Während der Ausführung der Arbeiten müssen ausreichend Aufzeichnungen als Beleg für das fertige Tragwerk gemacht werden, damit nachgewiesen werden kann, dass die Stahlkonstruktion den Ausführungsunterlagen entsprechend ausgeführt wurde.

5 Konstruktionsmaterialien

5.1 Allgemeines

Im Allgemeinen müssen die Konstruktionsmaterialien, die bei der Ausführung von Stahltragwerken verwendet werden, aus den einschlägigen, in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten Europäischen Normen ausgewählt werden. Sollen Konstruktionsmaterialien verwendet werden, die nicht durch die aufgeführten Normen abgedeckt sind, müssen deren Eigenschaften festgelegt werden.

Begriffe und Anforderungen in EN 10021 gelten zusammen mit denen der relevanten Europäischen Produktnorm.

5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit

Die Eigenschaften von gelieferten Konstruktionsmaterialien müssen so dokumentiert sein, dass sie mit den Sollwerten verglichen werden können. Die Übereinstimmung mit der entsprechenden Produktnorm muss nach 12.2 geprüft werden.

Für metallische Erzeugnisse müssen die Prüfbescheinigungen nach EN 10204 den in Tabelle 1 angegebenen entsprechen.

Tabelle 1 — Prüfbescheinigungen für metallische Erzeugnisse

Konstruktionsmaterialien	Prüfbescheinigungen
Baustähle (Tabellen 2 und 3)	nach Tabelle B.1 von EN 10025-1:2004 ^{a,b}
Nichtrostende Stähle (Tabelle 4)	3.1
Stahlguss	nach Tabelle B.1 von EN 10340:2007
Schweißzusätze (Tabelle 5)	2.2
Garnituren für Schraubenverbindungen für den Metallbau	2.1 ^c
Niete, warm genietet	2.1 ^c
Selbstschneidende und selbstbohrende Blechschrauben und Blindniete	2.1
Bolzen zum Lichtbogenbolzenschweißen	2.1 ^c
Dehnfugen bei Brücken	3.1
Hochfeste Zugglieder	3.1
Lager im Bauwesen	3.1
^a Für Baustahlsorte S355 JR oder JO sind Prüfbescheinigungen 3.1 für EXC2, EXC3 und EXC4 erforderlich. ^b EN 10025-1 fordert, dass die in der CEV-Formel enthaltenen Elemente in der Prüfbescheinigung anzugeben sind. Die Angabe weiterer, nach EN 10025-2 geforderter, zugefügter Elemente sollten Al, Nb, und Ti enthalten. ^c Falls ein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 gefordert wird, darf dieses durch eine Herstellungsloskennzeichnung ersetzt werden.	

Bei EXC3 und EXC4 muss die Rückverfolgbarkeit für Konstruktionsmaterialien in allen Stadien von der Lieferung bis zum Einbau in der Stahlkonstruktion gegeben sein.

Die Rückverfolgbarkeit kann bei üblichen Herstellverfahren auf fertigungslosbezogenen Aufzeichnungen beruhen, falls nicht Rückverfolgbarkeit für jedes einzelne Produkt verlangt wird.

Enthalten Bauteile bei EXC2, EXC3 und EXC4 gleichzeitig Vorprodukte verschiedener Stahlsorten und/oder Gütegruppen, muss jedes Element so gekennzeichnet sein, dass die jeweilige Sorte erkennbar ist.

Die Kennzeichnung muss der von Bauteilen nach 6.2 entsprechen.

Falls eine Kennzeichnung gefordert wird, gelten ungekennzeichnete Konstruktionsmaterialien als nicht-konforme Produkte.

5.3 Baustahlvorprodukte

5.3.1 Allgemeines

Baustahlvorprodukte müssen den Anforderungen der maßgebenden Europäischen Produktnormen nach den Tabellen 2, 3 und 4 genügen, sofern nichts anderes festgelegt wird. Sorten, Gütegruppen und gegebenenfalls Gewichte von Überzügen und Behandlungszustände müssen zusammen mit allen erforderlichen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, die durch die Produktnorm zugelassen sind, einschließlich derjenigen, die sich erforderlichenfalls auf die Eignung für das Feuerverzinken beziehen.

Stahlerzeugnisse, die zur Herstellung von kaltgeformten Bauteilen eingesetzt werden, müssen Eigenschaften aufweisen, die der geforderten Eignung für den Kaltumformprozess Rechnung tragen. Unlegierte Stähle mit Eignung zum Kaltumformen sind in Tabelle 3 angegeben.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle 2 — Produktnormen für Baustähle

Produkte	Technische Lieferbedingungen	Abmessungen	Toleranzen
I- und H-Profile	EN 10025-1 und der jeweils maßgebende Teil von EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6	Nicht vorhanden	EN 10034
I-Profile mit geneigten inneren Flanschenflächen		Nicht vorhanden	EN 10024
U-Profile		Nicht vorhanden	EN 10279
Gleich- und ungleichschenklige Winkelprofile		EN 10056-1	EN 10056-2
T-Profile		EN 10055	EN 10055
Bleche, Flach- und Breitflacherzeugnisse		Nicht anwendbar	EN 10029 EN 10051
Stäbe und Walzdraht		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Warmgeformte Hohlprofile	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Kaltgeformte Hohlprofile	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2

ANMERKUNG EN 10020 enthält Begriffe und Klassifizierungen von Stahlsorten. Stahlbezeichnungen durch Kurzname und Nummernsystem sind in EN 10027-1 bzw. -2 gegeben.

Tabelle 3 — Produktnormen für Profilblech und Band mit Eignung zum Kaltumformen

Produkte	Technische Lieferbedingungen	Toleranzen
Unlegierte Baustähle	EN 10025-2	EN 10051
Schweißgeeignete Feinkornbaustähle	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Stähle mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen	EN 10149 A1, EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140 A1
Weiche Stähle zum Kaltumformen	ISO 4997	EN 10131
Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band	EN 10346 A1	EN 10143
Kontinuierlich organisch beschichtete Flacherzeugnisse	EN 10169 A1	EN 10169 A1
Schmalband	EN 10139	EN 10048, EN 10140

Tabelle 4 — Produktnormen für nichtrostende Stähle

Produkte	Technische Lieferbedingungen	Toleranzen
Profilblech, Blech und Band	EN 10088-2	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN ISO 9445
Rohre (geschweißt)	EN 10296-2	EN ISO 1127
Rohre (nahtlos)	EN 10297-2	
Stäbe, Walzdraht und Profile	EN 10088-3	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061

ANMERKUNG Stahlbezeichnungen durch Kurzname und Nummernsystem sind in EN 10088-1 gegeben.

5.3.2 Grenzabmaße der Dicke

Grenzabmaße der Dicke von Flacherzeugnissen aus Baustahl müssen nach EN 10029 wie folgt sein, sofern nichts anderes festgelegt wird:

EXC4: Klasse B

Bei anderen Baustahlerzeugnissen und nichtrostenden Stahlerzeugnissen muss Klasse A für die Grenzabmaße der Dicke verwendet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

5.3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Für unlegierte Stähle sind die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit wie folgt:

- a) Klasse A2 für Bleche und Breitflachstahl in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10163-2;
- b) Klasse C1 für Profile in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10163-3. Die Ausführungsunterlagen müssen festlegen, ob Unvollkommenheiten wie z. B. Risse und Oberflächen-Ungängen ausgebessert werden müssen.

Werden erhöhte Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Flacherzeugnissen bei EXC3 und EXC4 gestellt, müssen diese festgelegt werden.

Bei nichtrostenden Stählen müssen die Anforderungen an den Behandlungszustand der Oberflächen wie folgt sein:

- a) Profilblech, Blech und Band: in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10088-2;
- b) Stäbe, Walzdraht und Profile: in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10088-3.

Zusätzliche Anforderungen in Bezug auf die folgenden Punkte müssen festgelegt werden: Besondere Einschränkungen für Oberflächen-Ungängen und für das Ausbessern von Oberflächenfehlern durch Schleifen nach EN 10163 bzw. nach EN 10088 bei nichtrostendem Stahl.

Für andere Erzeugnisse müssen die Anforderungen an den Behandlungszustand der Oberflächen unter Bezugnahme auf einschlägige europäische oder internationale Regelungen festgelegt werden.

A₁ Falls die maßgebende Spezifikation keine angemessene Definition für die Beschaffenheit von Oberflächen enthält, die für dekorative oder spezielle Deckbeschichtungen vorgesehen sind, muss der Behandlungszustand festgelegt werden. **A₁**

Die Oberflächenbeschaffenheit von Konstruktionsmaterialien muss so sein, dass die maßgebenden Anforderungen an den Oberflächenvorbereitungsgrad nach 10.2 erfüllt werden können.

5.3.4 Besondere Eigenschaften

Bei EXC3 und EXC4 muss die Qualitätsklasse S1 für innere Inhomogenitäten nach EN 10160 bei geschweißten Kreuzstößen, bei denen primäre Zugspannungen in Dickenrichtung übertragen werden, auf einem Streifen mit einer Breite, die dem vierfachen der Blechdicke entspricht, für jede Seite der vorgesehenen Aussteifung **A₁** verwendet **A₁** werden.

Es muss festgelegt werden, ob Bereiche in der Umgebung von Aussteifungsschottblechen oder Aussteifungen hinsichtlich des Vorhandenseins von inneren Inhomogenitäten überprüft werden sollten. In diesem Fall muss die Qualitätsklasse S1 nach EN 10160 für einen Flansch- oder Stegblechstreifen mit einer Breite, die dem 25-fachen der Blechdicke entspricht, für jede Seite eines angeschweißten Aussteifungsschottblechs oder einer angeschweißten Aussteifung, gelten.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Zusätzlich müssen Anforderungen bezüglich der folgenden Elemente, sofern maßgebend, festgelegt werden:

- Prüfung von Konstruktionsmaterialien auf innere Inhomogenitäten oder Risse in Bereichen, wo geschweißt wird, außer bei nichtrostenden Stählen;
- verbesserte Verformungseigenschaften senkrecht zur Oberfläche der Konstruktionsmaterialien nach EN 10164, außer bei nichtrostenden Stählen;
- besondere Lieferbedingungen für nichtrostende Stähle, z. B. das Lochfraßbeständigkeits-Äquivalent (Stickstoff) (PRE(N)) oder die beschleunigte Korrosionsprüfung. Das PRE(N) ist gegeben durch $(Cr + 3,3 Mo + 16 N)$, wobei die Elemente in Gewichtsprozent angegeben sind, sofern nichts anderes festgelegt wird;
- Verarbeitungsbedingungen, falls die Konstruktionsmaterialien vor der Lieferung verarbeitet werden sollen.

ANMERKUNG Wärmebehandlung, Vorkrümmung und Abkröpfung sind Beispiele für solche Verarbeitungen.

5.4 Stahlguss

Stahlguss muss den Anforderungen von EN 10340 genügen. Sorten, Gütegruppen und gegebenenfalls Behandlungszustände müssen A_1 zusammen mit allen erforderlichen Auswahlmöglichkeiten, die durch die Produktnorm zugelassen sind, sowie mit den in EN 1559-1 und EN 1559-2 geforderten Informationen und Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden A_1 .

5.5 Schweißzusätze

Alle Schweißzusätze müssen den Anforderungen von EN 13479 und der entsprechenden Europäischen Norm nach Tabelle 5 genügen.

Tabelle 5 — Produktnormen für Schweißzusätze

Schweißzusätze	Produktnormen
Schutzgase zum Lichtbogenschweißen und Schneiden	EN ISO 14175
Drahtelektroden und Schweißgut zum Metall-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen	EN ISO 14341
Drahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen	EN 756
Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von hochfesten Stählen	EN 757
Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen	EN ISO 17632
Pulver zum Unterpulverschweißen	EN 760
Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen	EN 1600
Stäbe, Drähte und Schweißgut zum Wolfram-Schutzgasschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen	EN ISO 636
Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen	EN ISO 2560
Drahtelektroden, Bandelektroden, Drähte und Stäbe zum Schmelzschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen	EN ISO 14343
Drahtelektroden, Drähte, Stäbe und Schweißgut zum Schutzgasschweißen von hochfesten Stählen	EN ISO 16834

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Schweißzusätze	Produktnormen
Draht- und Fülldrahtelektroden und Drahtpulver-Kombinationen für das Unterpulverschweißen von hochfesten Stählen	EN 14295
Fülldrahtelektroden und Füllstäbe zum Metall-Lichtbogenschweißen mit oder ohne Gasschutz von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen	EN ISO 17633
Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von hochfesten Stählen	EN ISO 18276

Die Schweißzusätze müssen für den Schweißprozess, den zu schweißenden Werkstoff und das Schweißverfahren geeignet sein.

Für Stahlsorten im Festigkeitsbereich oberhalb S355 wird der Einsatz von Schweißzusätzen und Pulvern mit mittelhohem Basizitätsgrad empfohlen für die Schweißprozesse: 111, 114, 121, 122, 136, 137 (siehe 7.3 zur Definition der Schweißprozesse).

Beim Schweißen von Stahl nach EN 10025-5 müssen Schweißzusätze verwendet werden, die sicherstellen, dass die fertiggestellten Schweißnähte mindestens gleichwertige Wetterbeständigkeit aufweisen wie der Grundwerkstoff. Sofern nichts anderes festgelegt wird, muss eine der in Tabelle 6 gegebenen Auswahlmöglichkeiten verwendet werden.

Tabelle 6 — Schweißzusätze für Stähle nach EN 10025-5

Prozess	Option 1	Option 2	Option 3
111	Abgestimmte Legierung	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
135	Abgestimmte Legierung	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
121,122	Abgestimmte Legierung	2 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
Abgestimmte Legierung: 0,5 % Cu und andere Legierungselemente			
ANMERKUNG Siehe auch Abschnitt 7.5.10.			

Bei nichtrostenden Stählen müssen Schweißzusätze verwendet werden, die ein Schweißgut von mindestens gleichwertiger Korrosionsbeständigkeit wie der Grundwerkstoff ergeben.

5.6 Mechanische Verbindungsmittel

5.6.1 Allgemeines

Die Korrosionsbeständigkeit der Anschlüsse, Verbindungsmittel und Dichtscheiben muss vergleichbar mit der für das anzuschließende Bauteil festgelegten Korrosionsbeständigkeit sein.

A1 Die Feuerverzinkung von Verbindungsmitteln muss in Übereinstimmung mit EN ISO 10684 sein. **A1**

A1 Galvanische Überzüge von Verbindungselementen müssen EN ISO 4042 entsprechen. **A1**

A1 Die Schutzbeschichtungen oder -überzüge von mechanischen Verbindungsmitteln müssen den Anforderungen der maßgebenden Produktnorm oder, falls keine Produktnorm vorliegt, den Empfehlungen des Herstellers entsprechen. **A1**

A1 ANMERKUNG Augenmerk ist auf die Gefährdung durch Wasserstoffversprödung während des Galvanisierens oder des Feuerverzinkens von 10.9 Schrauben zu richten. **A1**

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

5.6.2 Bezeichnungsweise

Im Text werden die folgenden Bezeichnungen verwendet:

- a) „Scheibe“ steht für: „flache Scheibe oder flache Scheibe mit Fase“;
- b) „Garnitur“ steht für: „eine Schraube mit einer Mutter und Scheibe(n) nach Bedarf“.

5.6.3 Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen aus unlegierten Stählen, legierten Stählen und austenitischen, nichtrostenden Stählen müssen EN 15048-1 entsprechen.

Garnituren nach EN 14399-1 dürfen auch für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen eingesetzt werden.

Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und gegebenenfalls Oberflächenbehandlungszustände müssen zusammen mit allen erforderlichen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, die durch die Produktnorm zugelassen sind.

Die mechanischen Eigenschaften müssen festgelegt werden für:

- a) Garnituren aus unlegiertem Stahl und legiertem Stahl mit größeren als in EN ISO 898-1 und EN 20898-2 festgelegten Durchmessern;
- b) Garnituren aus austenitischem nichtrostendem Stahl mit größeren als in EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2 festgelegten Durchmessern;
- c) austenitisch-ferritische A_1 Garnituren A_1 .

Verbindungsmittel nach EN ISO 898-1 und EN 20898-2 dürfen nicht zur Verbindung nichtrostender Stähle nach EN 10088 verwendet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. Werden Isolierelemente eingesetzt, müssen umfassende Details für deren Einsatz festgelegt werden.

5.6.4 Garnituren für planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen umfassen das System HR, das System HV, HRC-Schrauben. Sie müssen den Anforderungen von EN 14399-1 und der zutreffenden Europäischen Norm nach Tabelle 7 entsprechen.

Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und gegebenenfalls Oberflächenbehandlungszustände müssen zusammen mit allen erforderlichen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, die durch die Produktnorm zugelassen sind.

Tabelle 7 — Produktnormen für Garnituren für hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen

Schrauben und Muttern	Scheiben
EN 14399-3	
EN 14399-4	
EN 14399-7	EN 14399-5
EN 14399-8	EN 14399-6
A_1 EN 14399-10 A_1	

Schrauben aus nichtrostendem Stahl dürfen nicht in planmäßig vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. Wenn sie eingesetzt werden, dann müssen sie als besondere Verbindungsmittel behandelt werden.

5.6.5 Direkte Kraftanzeiger

Direkte Kraftanzeiger und zugehörige gehärtete mutterseitige und schraubenkopfseitige Scheiben müssen in Übereinstimmung mit **A1** EN 14399-9 **A1** sein.

Direkte Kraftanzeiger dürfen nicht bei wetterfesten Stählen oder nichtrostenden Stählen eingesetzt werden.

5.6.6 Wetterfeste Garnituren

Wetterfeste Garnituren müssen aus einem wetterfestem Werkstoff sein, für den die chemische Zusammensetzung festgelegt sein muss.

ANMERKUNG „Type 3 Grade A“-Verbindungsmittel nach ASTM Standard A325 wären geeignet **A1** [51] **A1**.

Die mechanischen Eigenschaften, das Verhalten und die Lieferbedingungen von wetterfesten Garnituren müssen je nach den vorliegenden Gegebenheiten den Anforderungen von EN 14399-1 bzw. EN 15048-1 entsprechen.

5.6.7 Ankerschrauben

Die mechanischen Eigenschaften von Ankerschrauben müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 898-1 sein. Ersatzweise dürfen Ankerschrauben aus warmgewalztem Stahl nach EN 10025-2 bis EN 10025-4 gefertigt werden. Sofern festgelegt, dürfen Betonstähle eingesetzt werden. In diesem Fall müssen diese EN 10080 entsprechen, und die Stahlsorte muss festgelegt werden.

5.6.8 Sicherungselemente

Sofern gefordert, müssen bei Stoßbelastung oder erheblicher Schwingungsbeanspruchung Sicherungselemente, wie z. B. selbstsichernde Muttern oder andere Arten von Schrauben, die das Losdrehen der Garnitur wirksam verhindern festgelegt werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, können Produkte nach EN ISO 2320, EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719, EN ISO 10511, EN ISO 10512 und EN ISO 10513 eingesetzt werden.

5.6.9 **A1** Scheiben **A1**

5.6.9.1 **A1** Flache Scheiben

Für unlegierte Stähle dürfen Scheiben nach EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7091, EN ISO 7092, EN ISO 7093 oder EN ISO 7094 verwendet werden. Für nichtrostende Stähle dürfen Scheiben nach EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7092 oder EN ISO 7093-1 verwendet werden. Die Scheibenhärte muss den Anforderungen von EN 15048-1 genügen.

5.6.9.2 Keilscheiben

Keilscheiben müssen in Übereinstimmung mit der betreffenden Produktnorm sein. **A1**

5.6.10 Niete

Niete müssen in Übereinstimmung mit der betreffenden Produktnorm sein.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

5.6.11 Verbindungsmittel für dünnwandige Bauteile

Selbstbohrende Blechschrauben müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 15480 und selbstschneidende Blechschrauben in Übereinstimmung mit EN ISO 1481, EN ISO 7049, EN ISO 1479 bzw. ISO 10509 sein.

Blindniete müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 15976, EN ISO 15979, EN ISO 15980, EN ISO 15983 bzw. EN ISO 15984 sein.

Setzbolzen und luftgetriebene Bolzen sind als besondere Verbindungsmittel einzustufen.

Mechanische Verbindungsmittel, die im Schubfeld eingesetzt werden, müssen einem für diese Anwendung definierten Typ entsprechen.

5.6.12 Besondere Verbindungsmittel

Besondere Verbindungsmittel sind Verbindungsmittel, die nicht in Europäischen oder Internationalen Normen enthalten sind. Sie müssen festgelegt werden, ebenso alle notwendigen Prüfungen.

ANMERKUNG Der Einsatz besonderer Verbindungsmittel ist in 8.9 dargelegt.

Sechskant-Injektions-Schrauben sind als besondere Verbindungsmittel zu einzustufen.

5.6.13 Lieferung und Kennzeichnung

Verbindungsmittel nach 5.6.3 bis 5.6.5 müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen der maßgebenden Produktnorm geliefert werden und gekennzeichnet sein:

Verbindungsmittel nach 5.6.7 bis 5.6.12 müssen in Übereinstimmung mit den folgenden Vorgaben geliefert werden und gekennzeichnet sein:

- a) Sie müssen in einer geeigneten haltbaren Verpackung geliefert werden und so etikettiert sein, dass der Inhalt leicht erkennbar ist.
- b) Die Etikettierung oder **[A1]** die begleitende Dokumentation muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Produktnorm sein und sollte **[A1]** die folgenden Angaben in einer lesbaren und dauerhaften Weise enthalten:
 - Herstellerkennzeichen und, falls zutreffend, Los-Nummern;
 - Art des Verbindungsmittels und Werkstoffs und gegebenenfalls dessen Zusammenbau;
 - Oberflächenausführung
 - Maße in mm, wie z. B. für Nenndurchmesser und Länge, und Scheibendurchmesser, Dicke und wirksamer Druckbereich des elastomeren Teils;
 - Größe der Bohrspitze, falls zutreffend;
 - bei Blechschrauben: Details zu Drehmomentgrenzwerten;
 - bei Setzbolzen und luftgetriebenen Bolzen: Details zu Zündladung und Antriebskräften, falls zutreffend.
- c) **[A1]** Die Kennzeichnung der Verbindungsmittel muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Produktnorm erfolgen **[A1]**.

5.7 Bolzen und Kopfbolzen

Bolzen zum Lichtbogenbolzenschweißen einschließlich Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton müssen den Anforderungen von EN ISO 13918 genügen

Andere Arten von Kopfbolzen müssen als besondere Verbindungsmittel eingestuft werden und 5.6.12 entsprechen.

5.8 Vergussmaterial

Das zu verwendende Vergussmaterial muss festgelegt werden. Es muss zementbasiert, aus besonderem Einpressmörtel oder Feinbeton sein.

Zementbasierter Verguss für den Einsatz zwischen Stahlfußplatten oder Auflagerplatten und Betonfundamenten muss wie folgt sein:

- a) bei Nenndicken unter 25 mm: Unvermischter Portlandzement;
- b) bei Nenndicken zwischen 25 und 50 mm: Portlandzement-Fließmörtel, der nicht magerer als 1:1 Zement zu feiner Gesteinskörnung ist;
- c) bei Nenndicken von 50 mm und darüber: Portlandzement-Trockenmörtel, der nicht magerer als 1:2 Zement zu feiner Gesteinskörnung ist.

Besonderer Einpressmörtel schließt zementbasierten Verguss ein, der mit Beimischungen, selbstverdichtendem Einpressmörtel und harzbasiertem Einpressmörtel verwendet wird. Einpressmörtel mit geringer Schwindneigung ist vorzuziehen.

Bei besonderem Einpressmörtel müssen detaillierte Anweisungen für den Einsatz mitgeliefert sein, die vom Hersteller des Einpressmörtels bescheinigt sind.

Feinbeton darf zwischen Stahlfußplatten oder Auflagerplatten und Betonfundamenten nur bei einer Verpressfugennendicke von mindestens 50 mm verwendet werden.

5.9 Dehnfugen bei Brücken

Anforderungen an Ausführungsart und Eigenschaften von Dehnfugen müssen festgelegt werden.

5.10 Hochfeste Zugglieder, Stäbe und Endverbindungen

Stahldrähte für hochfeste Zugglieder müssen kaltgezogen oder kaltgewalzt sein und den Anforderungen von EN 10264-3 bzw. EN 10264-4 genügen. Die Mindestzugfestigkeiten und gegebenenfalls die Überzugsklasse nach EN 10244-2 müssen festgelegt werden.

Litzen für hochfeste Zugglieder müssen den Anforderungen von prEN 10138-3 genügen. Die Bezeichnungen und Klasse der Litze müssen festgelegt werden.

Drahtseile aus Stahldraht müssen den Anforderungen von EN 12385-1 und EN 12385-10 genügen. Die Mindestbruchkraft und der Seildurchmesser und gegebenenfalls Anforderungen in Bezug auf den Korrosionsschutz müssen festgelegt werden.

Das Vergussmaterial für die Endverbindungen muss den Anforderungen von EN 13411-4 genügen. Die Auswahl muss unter Berücksichtigung von Betriebstemperatur und Einwirkungen erfolgen, so dass fortschreiten des Kriechen der Litze unter Belastung durch die Endverbindung verhindert wird.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

5.11 Lager

Lager müssen den Anforderungen von EN 1337-2, EN 1337-3, EN 1337-4, EN 1337-5, EN 1337-6, EN 1337-7 bzw. EN 1337-8 genügen, je nach vorliegenden Gegebenheiten.

6 Vorbereitung und Zusammenbau

6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt regelt die Anforderungen an Schneiden, Formgebung, Lochen und den Zusammenbau von Konstruktionsmaterialien aus Stahl zur Einbeziehung in Bauteile.

ANMERKUNG Schweißen und mechanische Verbindungsmittel werden in den Abschnitten 7 und 8 behandelt.

Stahltragwerke müssen unter Berücksichtigung der Anforderungen in Abschnitt 10 und innerhalb der in Abschnitt 11 festgelegten Toleranzen gefertigt werden.

Die im Fertigungsprozess eingesetzten Werkzeuge müssen instand gehalten werden, um sicherzustellen, dass deren Nutzung, Verschleiß und Ausfall keine wesentlichen Unstimmigkeiten im Fertigungsprozess verursachen.

6.2 Identifizierbarkeit

Zu allen Zeitpunkten der Fertigung muss jeder Bestandteil oder jede Verpackung gleichartiger Bestandteile von Stahlbauteilen durch ein geeignetes System identifizierbar sein. Bei EXC3 und EXC4 müssen die Prüfbescheinigungen den fertiggestellten Bauteilen zuordenbar sein.

Eine Identifizierung kann durch geeignete Loskennzeichnung oder durch die Formgebung und Größe des Bauteils oder durch den Einsatz von dauerhaften Kennzeichen erfolgen, ohne dass bei der Aufbringung eine Beschädigung entsteht. Meißelkerben sind nicht zulässig.

Die folgenden Anforderungen gelten für Hartprägungen, gestanzte oder gebohrte Markierungen, die zur Kennzeichnung einzelner Bauteile oder der Verpackung gleichartiger Bauteile verwendet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird:

- a) zulässig nur bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs bis S355;
- b) nicht zulässig bei nichtrostenden Stählen;
- c) nicht zulässig auf Werkstoffen mit Überzug bei kaltgeformten Bauteilen;
- d) zulässig nur in festgelegten Bereichen, wo die Kennzeichnungsmethode keinen Einfluss auf das Ermüdungsverhalten hat.

Ist der Einsatz von Hartprägungen, gestanzten oder gebohrten Markierungen nicht zulässig, muss festgelegt werden, ob in diesen Bereichen Weichprägungen verwendet werden dürfen.

Weichprägungen dürfen bei nichtrostenden Stählen verwendet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Alle Bereiche, wo Markierungen nicht zulässig sind oder nach dem Zusammenbau nicht sichtbar sein dürfen, müssen festgelegt werden.

6.3 Handhabung und Lagerung

Konstruktionsmaterialien müssen nach den Empfehlungen des Produktherstellers gehandhabt und gelagert werden.

Konstruktionsmaterialien dürfen über das vom Hersteller angegebene Haltbarkeitsdatum hinaus nicht mehr verwendet werden. Produkte, die auf eine Weise, die zu einer wesentlichen Verschlechterung der Eigenschaften geführt haben könnte, behandelt oder gelagert oder zu lange gelagert wurden, müssen vor ihrer Verwendung darauf geprüft werden, ob sie der betreffenden Produktnorm noch entsprechen.

Tragende Stahlbauteile müssen so sicher verpackt, gehandhabt und transportiert werden, dass sie nicht bleibend verformt werden und eine Beschädigung der Oberflächen weitestgehend vermieden wird. Die in Tabelle 8 angegebenen Schutzmaßnahmen für die Handhabung und Lagerung müssen angewendet werden, falls zutreffend.

Tabelle 8 — Zusammenstellung von Schutzmaßnahmen für die Handhabung und Lagerung

Anheben	
1	Schutz von Bauteilen gegen Beschädigungen an den Hebestellen
2	Vermeiden des Anhebens langer Bauteile an einem Punkt, gegebenenfalls, durch Einsatz von Spreizträgern
3	Bündeln von Leichtbauteilen, die besonders zu Beschädigung der Kanten, Verwindung und Verdrehung neigen, wenn sie als Einzelteile gehandhabt werden. Sorgfalt ist aufzuwenden zum Vermeiden örtlicher Schädigungen unversteifter Kanten an Hebestellen infolge gegenseitiger Bauteilberührungen oder in anderen Bereichen, wo ein wesentlicher Anteil des Gesamtgewichts des Bündels auf eine einzelne unversteifte Kante einwirken kann
Lagerung	
4	Stapeln vorgefertigter Bauteile, die vor dem Transport oder der Montage gelagert werden, aus Reinhaltungsgründen mit Abstand vom Boden
5	Auflagerung derart, dass bleibende Verformungen vermieden werden
6	Lagerung dünnwandiger Profilbleche und anderer mit vorbehandelten, dekorativen Oberflächen gelieferter Materialien nach den Anforderungen der maßgebenden Normen
Korrosionsschutz	
7	Vermeiden der Ansammlung von Wasser
8	Vorkehrungen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit in Profilbündel mit metallischen Überzügen ANMERKUNG Falls eine offene Lagerung auf der Baustelle für längere Zeit unvermeidlich ist, sollten die Profilbündel geöffnet und die Profile getrennt werden, um das Auftreten von Rotrost oder Weißrost zu vermeiden.
9	Ausreichende Korrosionsschutzbehandlung kaltgeformter Stahlbauteile mit weniger als 4 mm Dicke, bevor diese die Fertigung verlassen, um mindestens der Einwirkung während des Transports, der Lagerung und der Montage zu widerstehen
Nichtrostende Stähle	
10	Handhabung und Lagerung von nichtrostendem Stahl derart, dass keine Verunreinigung durch Spann- oder Schwenkvorrichtungen usw. erfolgt. Sorgfältige Lagerung nichtrostender Stähle, so dass die Oberflächen vor Beschädigungen und Verunreinigungen geschützt sind
11	Einsatz einer Schutzschicht oder einer anderen Beschichtung, die so lange wie nötig verbleibt
12	Vermeiden der Lagerung in einem salzhaltigen feuchten Klima
13	Schutz von Lagergestellen durch Holz-, Gummi- oder Kunststoffleisten oder Schutzhüllen, um Kontakt mit unlegiertem Stahl, kupfer- und bleihaltigen Materialien usw. zu vermeiden
14	Unzulässiger Einsatz von Markierungen, die Chlorid oder Sulfid enthalten ANMERKUNG Alternativ dazu wird ein Schutzfilm verwendet, auf den die Markierungen aufgebracht werden.
15	Schutz von nichtrostendem Stahl vor dem unmittelbaren Kontakt mit Hebegeschirr oder Transportmitteln aus unlegiertem Stahl, wie z. B. Ketten, Haken, Bänder und Rollen, oder mit den Gabeln von Gabelstaplern durch den Einsatz von Trennmaterialien oder leichtem Sperrholz oder Saugnäpfen. Einsatz von zur Montage geeignetem Werkzeug, um sicherzustellen, dass eine Verunreinigung der Oberfläche nicht auftritt
16	Vermeiden von Kontakt mit Chemikalien, einschließlich Farbstoffen, Klebstoffen, Klebeband, übermäßiger Mengen von Öl und Fett ANMERKUNG Falls es erforderlich ist, diese zu verwenden, ist deren Eignung mit dem Produkthersteller zu klären.
17	Nutzung getrennter Fertigungsbereiche für unlegierten Stahl und nichtrostenden Stahl, um eine Verunreinigung mit unlegiertem Stahl zu verhindern. Einsatz von getrennten Werkzeugen, insbesondere Schleifscheiben und Drahtbürsten, die ausschließlich zur Verarbeitung von nichtrostendem Stahl vorgesehen sind. Drahtbürsten und Stahlwolle aus nichtrostendem Stahl, vorzugsweise aus einem austenitischen Stahl
Transport	
18	Besondere zum Schutz vorgefertigter Stahlbauteile beim Transport erforderliche Maßnahmen

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

6.4 Schneiden

6.4.1 Allgemeines

Schneiden muss so erfolgen, dass die in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen für die geometrischen Toleranzen, die maximale Härte und die Scharfkantigkeit der Schnittflächenkanten erfüllt sind.

ANMERKUNG Bekannte und anerkannte Schneidverfahren sind Sägen, Scherschneiden, Schneiden mittels Trennscheibe, Wasserstrahlverfahren und Brennschneiden. Manuelles Brennschneiden sollte nur verwendet werden, wenn maschinelles Brennschneiden nicht zweckmäßig ist. ^[A1] Einige Schneidverfahren können für ermüdungsbeanspruchte Bauteile ungeeignet sein ^[A1].

Stimmt der Prozess nicht mit den Anforderungen überein, darf er so lange nicht eingesetzt werden, bis er korrigiert und erneut überprüft wurde. Er darf für einen eingeschränkten Bereich von Konstruktionsmaterialien eingesetzt werden, bei denen einwandfreie Ergebnisse erzielt werden.

Sind beschichtete Werkstoffe zu schneiden, muss ein Schneidverfahren gewählt werden, bei dem die Beschichtung möglichst wenig beschädigt wird.

Grate, die Verletzungen verursachen können oder die ordnungsgemäße Ausrichtung oder Bettung von Profilen oder dünnwandigen Profilblechen behindern, müssen entfernt werden.

6.4.2 Scherschneiden und Nibbeln

Die Schnittflächen müssen geprüft und gegebenenfalls geschliffen werden, um wesentliche Fehler zu entfernen. Wird Schleifen oder maschinelles Bearbeiten nach dem Scherschneiden oder Nibbeln verwendet, muss die Mindestdiefe des Schleifens oder maschinellen Bearbeitens 0,5 mm betragen.

6.4.3 Thermisches Schneiden

Die Eignung thermischer Schneidprozesse muss regelmäßig wie unten angegeben überprüft werden.

Vier Prüfkörper müssen aus den mit dem Prozess zu schneidenden Konstruktionsmaterialien hergestellt werden:

- 1) ein gerader Schnitt des dicksten Konstruktionsmaterials;
- 2) ein gerader Schnitt des dünnsten Konstruktionsmaterials;
- 3) eine scharfkantige Ecke aus einer repräsentativen Dicke;
- 4) ein kurvenförmiger Bogen aus einer repräsentativen Dicke.

An einem geraden Prüfkörper müssen Messungen über jeweils mindestens 200 mm Länge erfolgen und anhand der geforderten Qualität der Schnittfläche überprüft werden. Die scharfkantige Ecke und der bogenförmige Prüfkörper müssen kontrolliert werden, um festzustellen, dass sie Schnittkanten gleichwertiger Qualität wie die geraden Schnitte ergeben.

Die Qualität der Schnittfläche muss in Übereinstimmung mit EN ISO 9013 wie folgt sein:

- a) Bei EXC1 sind Schnittkanten akzeptabel, die keine wesentlichen Unregelmäßigkeiten aufweisen, vorausgesetzt, dass jegliche Schlackenreste entfernt wurden. Für die Rechtwinkligkeits- oder Neigungstoleranz, u , kann der Bereich 5 verwendet werden;
- b) Tabelle 9 legt die Anforderungen für die anderen Ausführungsklassen fest.

Tabelle 9 — Qualität der Schnittflächen

	Rechtwinkligkeits- oder Neigungstoleranz, u	Gemittelte Rauhtiefe, Rz5
EXC2	Bereich 4	Bereich 4
EXC3	Bereich 4	Bereich 4
EXC4	Bereich 3	Bereich 3

6.4.4 Härte der Schnittflächen

Bei Baustählen muss, sofern festgelegt, die Härte der Schnittflächen Tabelle 10 entsprechen. In diesem Fall müssen Schneidprozesse, bei denen lokale Aufhärtungen zu erwarten sind (thermisches Schneiden, Scherschneiden, Stanzen), auf ihre Eignung hin überprüft werden. Um die geforderte Härte der Schnittflächen zu erzielen, muss gegebenenfalls ein Vorwärmen des Werkstoffs erfolgen.

Tabelle 10 — Zulässige höchste Härtewerte (HV 10)

Produktnormen	Stahlsorten	Härtewerte
EN 10025-2 bis -5	S235 bis S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 und EN 10149-3	S260 bis S700	450
EN 10025-6	S460 bis S690	
ANMERKUNG Diese Werte entsprechen EN ISO 15614-1 für Stahlsorten nach ISO/TR 20172.		

Sofern nichts anderes festgelegt wird, muss die Eignungsüberprüfung der Prozesse folgendermaßen durchgeführt werden:

- a) Aus den Verfahrensprüfungen der Konstruktionsmaterialien einschließlich des Bereichs der bearbeiteten Konstruktionsmaterialien, der hinsichtlich lokaler Aufhärtungen am anfälligsten ist, müssen vier Proben hergestellt werden;
- b) An jeder Probe müssen vier Härteprüfungen an voraussichtlich betroffenen Stellen durchgeführt werden. Diese Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 6507 erfolgen.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Überprüfung der Härte nach dem Schweißen sind Bestandteil der Verfahrensprüfung (siehe 7.4.1).

6.5 Formgebung

6.5.1 Allgemeines

Stahl darf, um die geforderte Form zu erzielen, entweder durch Warmumformen oder durch Kaltumformen gebogen, gepresst oder geschmiedet werden, unter der Voraussetzung, dass die für den verarbeiteten Werkstoff festgelegten Eigenschaften erreicht werden.

Anforderungen und Empfehlungen zum Warmumformen, Kaltumformen und Flammrichten von Stählen müssen den in den betreffenden Produktnormen und in CEN/TR 10347 enthaltenen entsprechen.

Formgebung durch kontrollierte Wärmebehandlung kann bei Einhaltung der in 6.5.2 und 6.5.3 festgelegten Bedingungen eingesetzt werden.

Umgeformte Bauteile, die Rissbildung, Terrassenbruch oder beschädigte Oberflächenbeschichtungen aufweisen, gelten als nichtkonforme Produkte.

6.5.2 Warmumformen

Formgebung durch Warmumformen muss den Anforderungen, die in der maßgebenden Produktnorm in Bezug auf das Warmumformen angegeben sind, und den Empfehlungen des Stahlherstellers genügen.

A1 Für Stähle nach EN 10025-4 sowie im Lieferzustand +M nach EN 10025-2 ist Warmumformen nicht zulässig. **A1**

Für Stähle im vergüteten Zustand ist Warmumformen nicht zulässig, ausgenommen dass die Anforderungen von EN 10025-6 erfüllt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Formgebung durch Warmumformen ($T > 580 \text{ °C}$) von kaltgeformten dünnwandigen Bauteilen und Profilblechen ist nicht zulässig, wenn die Nennstreckgrenze durch Kaltumformung erreicht wurde.

Bei Stahlsorten im Festigkeitsbereich bis S355 muss der Warmumformprozess A_1 im rot-glühenden Zustand (600 °C bis 650 °C) A_1 stattfinden und die Temperatur, Haltezeit und Abkühlgeschwindigkeit für die betreffende Stahlsorte geeignet sein. Biegen und Umformen im Bereich der Blausprödigkeit (250 °C bis 380 °C) ist nicht zulässig.

Bei Stahlsorten S450+N (oder +AR) nach EN 10025-2 und S420 und S460 nach EN 10025-3 muss der Warmumformprozess im Temperaturbereich von 960 °C bis 750 °C mit nachfolgender Abkühlung bei Raumtemperatur stattfinden. Die Abkühlgeschwindigkeit sollte so sein, dass Aufhärtungen und übermäßige Kornvergrößerungen vermieden werden. Falls dies nicht durchführbar ist, muss ein nachträgliches Normalglühen durchgeführt werden.

Warmumformen ist bei der Sorte S450 nach EN 10025-2 nicht zulässig, wenn kein Lieferzustand angegeben ist.

ANMERKUNG Ist kein Lieferzustand angegeben, könnten Stahlerzeugnisse der Sorte S450 im thermomechanischen Lieferzustand sein.

6.5.3 Flammrichten

Wenn Verzug durch Flammrichten zu korrigieren ist, muss dies durch örtliche Wärmeeinbringung so ausgeführt werden, dass sichergestellt ist, dass die maximale Stahltemperatur und das Abkühlverfahren überwacht sind.

Bei EXC3 und EXC4 muss ein geeignetes Verfahren entwickelt werden. Das Verfahren muss mindestens beinhalten:

- a) Zulässigkeit von maximaler Stahltemperatur und Abkühlverfahren;
- b) Methode der Wärmeeinbringung;
- c) Eingesetzte Temperaturmessmethode;
- d) Ergebnisse von mechanischen Prüfungen aus der Prozesszulassung;
- e) Benennung der für die Anwendung des Prozesses befugten Arbeitskräfte.

6.5.4 Kaltumformen

Formgebung durch Kaltumformen mittels Rollprofilieren, Pressen oder Abkanten muss den in der betreffenden Produktnorm gegebenen Anforderungen an die Kaltumformbarkeit genügen. Hämmern darf nicht verwendet werden.

ANMERKUNG Kaltumformen führt zu einer Verringerung der Duktilität. Augenmerk ist zu richten auf die Gefährdung durch Wasserstoffversprödung infolge nachfolgender Prozesse wie z. B. einer Säurebehandlung während des Beschichtungsvorgangs oder des Feuerverzinkens.

- a) Erfolgt bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 nach dem Kaltumformen ein Spannungsarmglühen, müssen die folgenden zwei Bedingungen eingehalten werden:
 - 1) Temperaturbereich: 530 °C bis 580 °C ;
 - 2) Haltezeit: 2 min je mm Materialdicke, insgesamt jedoch mindestens 30 min.

Spannungsarmglühen bei mehr als 580 °C oder länger als eine Stunde kann den mechanischen Eigenschaften schaden. Ist beabsichtigt, Stähle S420 bis S700 bei höheren Temperaturen oder längerer Dauer spannungsarm zu glühen, müssen die geforderten Mindestwerte der mechanischen Eigenschaften vorab mit dem Hersteller abgestimmt werden.

- b) Bei nichtrostenden Stählen müssen, sofern nichts anderes festgelegt wird, die Mindestinnenbiegeradien sein:

- 1) $2 t$ für die austenitischen Stahlsorten 1.4301, 1.4401, 1.4404, 1.4541 und 1.4571;
- 2) $2,5 t$ für die austenitisch-ferritische Stahlsorte 1.4462

wobei t die Materialdicke ist.

- c) Bei anderen Sorten nichtrostender Stähle müssen die Mindestinnenbiegeradien festgelegt werden.

Geringere Mindestinnenbiegeradien können zugelassen werden, wenn in Hinblick auf die Stahlzusammensetzung, den Zustand und die Dicke und die Biegerichtung im Verhältnis zur Walzrichtung besondere Überlegungen angestellt werden.

Um dem Zurückfedern entgegenzuwirken, ist es erforderlich, nichtrostenden Stahl in einem etwas größeren Maße zu überbiegen als es bei unlegiertem Stahl der Fall ist.

ANMERKUNG Aufgrund der Verfestigung ist der Kraftbedarf, der zum Biegen von nichtrostendem Stahl benötigt wird, höher als beim Biegen geometrisch ähnlicher Bauteile aus unlegiertem Stahl (der Unterschied beträgt etwa 50 % bei austenitischem Stahl und ist bei austenitisch-ferritischem Stahl 1.4462 sogar noch größer).

- d) Kaltgeformte Profile und dünnwandige Profilbleche dürfen je nach Eignung des verwendeten Werkstoffs durch Kröpfen, Biegen oder Falzen umgeformt werden.

Bei kaltgeformten Bauteilen und Profilblechen für tragende Bauteile müssen die zwei folgenden Bedingungen für die Formgebung durch Kaltumformen eingehalten werden:

- 1) Die Oberflächenbeschichtungen und die Profilgenauigkeit dürfen nicht beeinträchtigt werden;
- 2) Es muss festgelegt werden, ob Konstruktionsmaterialien das Aufbringen von Schutzvliesen vor dem Umformen erfordern.

ANMERKUNG 1 Einige Überzüge und Deckbeschichtungen neigen besonders zu abrasiven Beschädigungen, sowohl während der Umformung als auch später während der Montage. Für weitere Informationen siehe EN 508-1 und EN 508-3.

Kaltumformbiegen von Hohlprofilbauteilen darf durchgeführt werden, wenn die Härte und die Geometrie der gebogenen Konstruktionsmaterialien überprüft werden.

ANMERKUNG 2 Kaltumformbiegen kann Änderungen der Querschnitteigenschaften (z. B. Verkrümmung, Ovalität und Wanddickenschwächung) sowie Aufhärtungen hervorrufen.

- e) Bei Kreishohlprofilen müssen die drei folgenden Bedingungen für das Kaltumformbiegen eingehalten werden, sofern nichts anderes festgelegt wird:

- 1) Das Verhältnis des Profilaußendurchmessers zur Wanddicke darf nicht größer als 15 sein;
- 2) Der Biegeradius (an der Profilachse) darf nicht kleiner sein als der größere Wert aus $1,5 d$ und $d + 100$ mm, wobei d der Profilaußendurchmesser ist;
- 3) **A1** Längsschweißnähte **A1** von Querschnittsverbindungen müssen nahe der neutralen Achse angeordnet werden, um Biegespannungen in der Schweißnaht gering zu halten.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

6.6 Lochen

6.6.1 Maße von Löchern

Dieser Abschnitt gilt für die Lochherstellung für Anschlüsse mit mechanischen Verbindungsmitteln und Bolzen.

Die Definition des Nennlochdurchmessers im Zusammenhang mit dem Nenndurchmesser der zu verwendenden Schraube bestimmt, ob das Loch „normal“ oder „übergroß“ ist. Die Begriffe „kurz“ und „lang“ bei Langlöchern werden unter Bezugnahme auf zwei Arten von Löchern verwendet, die bei der Bemessung vorgespannter Schrauben unterschieden werden. Diese Begriffe können auch zur Bezeichnung des Lochspiels nicht vorgespannter Schrauben verwendet werden. Besondere Maße für verschiebliche Anschlüsse sollten festgelegt werden.

Das Nennlochspiel bei Schrauben und Bolzen, die nicht in Passverbindungen eingesetzt werden, muss nach Tabelle 11 festgelegt sein. Das Nennlochspiel ist definiert als:

- die Differenz zwischen dem Nenndurchmesser und dem Schraubennendurchmesser bei runden Löchern;
- die Differenz zwischen der Lochlänge oder Lochbreite und dem Schraubennendurchmesser bei Langlöchern.

Tabelle 11 — Nennlochspiel bei Schrauben und Bolzen (mm)

Nenndurchmesser d der Schraube oder des Bolzens (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 und größer
Normale runde Löcher ^a	1 ^{b,c}		2				3	
Übergroße runde Löcher	3		4			6		8
Kurze Langlöcher (in der Länge) ^d	4		6			8		10
Lange Langlöcher (in der Länge) ^d	1,5 d							
^a Bei Anwendungsfällen, wie z. B. bei Türmen und Masten, muss das Nennlochspiel für normale runde Löcher um 0,5 mm abgemindert werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. ^b Bei beschichteten Verbindungsmitteln kann das Nennlochspiel von 1 mm um die Überzugdicke des Verbindungsmittels erhöht werden. ^c Unter Bedingungen nach EN 1993-1-8 dürfen Schrauben mit Nenndurchmessern von 12 und 14 mm oder Senkschrauben auch mit 2 mm Lochspiel eingesetzt werden. ^d Bei Schrauben in Langlöchern muss das Nennlochspiel in Querrichtung gleich dem für normale runde Löcher festgelegten Lochspiel beim entsprechenden Durchmesser sein.								

Bei Passschrauben muss der Nennlochdurchmesser gleich dem Schaftdurchmesser der Schraube sein.

ANMERKUNG 1 Bei Passschrauben nach EN 14399-8 ist der Nenndurchmesser des Schraubenschaftes 1 mm größer als der Nenndurchmesser im Bereich des Gewindes.

Bei Nieten muss der Nennlochdurchmesser festgelegt werden.

Bei Senkkopfschrauben oder Senknieten, müssen die Nennmaße der Senkung und deren Toleranzen so sein, dass die Köpfe nach Einbau der Schraube oder des Niets nicht über die Außenfläche der Bauteile hervorstehen. Die Maße der Senkung müssen entsprechend festgelegt werden. Geht eine Senkung durch mehr als eine Lage eines Blechpakets, muss das Blechpaket während der Herstellung der Senkung fest zusammengehalten werden.

Sollen Senkkopfschrauben einer planmäßigen Zugbeanspruchung ausgesetzt oder in vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden, muss die Nenntiefe der Senkung mindestens 2 mm kleiner sein als die Nenndicke der äußeren Lage.

ANMERKUNG 2 Die 2 mm berücksichtigen eine ungünstige Addition der Toleranzen.

Bei Blindnieten, die zur Befestigung dünnwandiger Profilbleche eingesetzt werden, muss der Lochdurchmesser (d_h) dem Folgenden entsprechen, in Übereinstimmung mit den in 5.6.11 angegebenen Normen für Blindniete:

$$d_{\text{nom}} + 0,1 \text{ mm} \leq d_h \leq d_{\text{nom}} + 0,2 \text{ mm} \quad \text{mit} \quad d_{\text{nom}} = \text{Nenndurchmesser des Niets}$$

6.6.2 Toleranzen von Lochdurchmessern bei Schrauben und Bolzen

Lochdurchmesser müssen dem Folgenden entsprechen, sofern nichts anderes festgelegt wird:

- a) Löcher für Passschrauben und Passbolzen: Klasse H11 nach ISO 286-2;
- b) Übrige Löcher: $\pm 0,5 \text{ mm}$, wobei der Lochdurchmesser als der Mittelwert von Eintritts- und Austrittsdurchmesser angenommen wird (siehe Bild 1).

6.6.3 Ausführung von Löchern

Löcher für Verbindungsmittel oder Bolzen dürfen auf jegliche Weise hergestellt werden (Bohren, Stanzen, Laser-, Plasma- oder anderes thermisches Schneiden), vorausgesetzt, dass ein fertiges Loch entsteht, wobei:

- a) die Anforderungen in Bezug auf lokale Härte und Qualität der Schnittflächen nach 6.4 erfüllt sind;
- b) alle Löcher für Verbindungsmittel oder Bolzen so zueinander passen, dass Verbindungsmittel in die zusammengesetzten Bauteile in einem rechten Winkel zur in Kontakt befindlichen Bauteilaußenseite ungehindert eingesetzt werden können.

Stanzen ist zulässig, sofern die Bauteilnenndicke nicht größer ist als der Nenndurchmesser des Lochs bzw. bei einem nicht runden Loch nicht größer ist als dessen kleinste Abmessung.

Bei EXC1 und EXC2 dürfen Löcher durch Stanzen ohne Aufreiben hergestellt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

A1 Bei EXC3 und EXC4 ist Stanzen ohne Aufreiben nicht zulässig, wenn die Blechdicke 3 mm übersteigt. Bei Blechdicken größer als 3 mm sind die Löcher mit einem Untermaß des Durchmessers von mindestens 2 mm zu stanzen. Für Blechdicken geringer als oder gleich 3 mm dürfen die Löcher passend gestanzt werden.

Die Eignung der Lochungsprozesse muss regelmäßig folgendermaßen überprüft werden: **A1**.

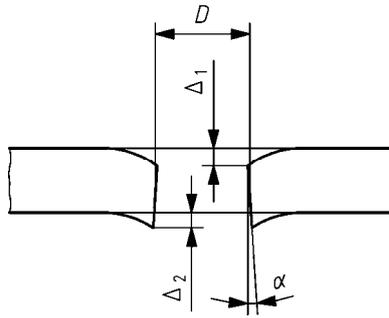
- Aus den Verfahrensprüfungen der Konstruktionsmaterialien einschließlich des Bereichs der bearbeiteten Lochdurchmesser, Produktdicken und Stahlsorten, müssen acht Proben hergestellt werden;
- Die Lochabmessungen müssen an beiden Enden jedes Lochs mit Hilfe einer Grenzlehre überprüft werden. Löcher müssen mit der in 6.6.2 festgelegten Toleranzklasse übereinstimmen.

Stimmt der Prozess nicht mit den Anforderungen überein, darf er so lange nicht eingesetzt werden, bis er korrigiert und erneut überprüft wurde. Er darf für einen eingeschränkten Bereich von Konstruktionsmaterialien und Lochabmessungen eingesetzt werden, bei denen einwandfreie Ergebnisse erzielt werden.

Löcher müssen auch dem Folgenden entsprechen:

- 1) der Neigungswinkel (α) darf nicht den in Bild 1 gezeigten überschreiten;
- 2) die Grate (Δ) dürfen nicht die in Bild 1 gezeigten überschreiten;
- 3) bei Stoßverbindungen müssen die Löcher der gepaarten Oberflächen bei allen Bauteilen in der selben Richtung gestanzt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



$$D = \frac{(d_{\max} + d_{\min})}{2}$$

$$\max(\Delta_1 \text{ oder } \Delta_2) \leq \boxed{A_1} D/10 \boxed{A_1}$$

$$\alpha \leq 4^\circ \text{ (d. h. 7 \%);}$$

Bild 1 — Zulässiger Verzug bei gestanzten Löchern und Plasmaschnitten

Löcher für Passschrauben und Passbolzen dürfen entweder passend gebohrt oder vor Ort aufgerieben werden. Löcher, die vor Ort aufgerieben werden, müssen zunächst mit mindestens 3 mm Untermaß durch Bohren oder Stanzen ausgeführt werden. Wo das Verbindungsmittel durch mehrere Lagen hindurchgeht, müssen diese während des Bohrens oder Aufreibens fest zusammengehalten werden. Das Aufreiben muss mit einer feststehenden Spindeleinrichtung durchgeführt werden. Säurehaltiges Schmiermittel darf nicht verwendet werden.

Die Senkung von normalen runden Löchern für Senkkopfschrauben oder Senkniete muss nach dem Lochen erfolgen.

Lange Langlöcher müssen entweder in einem Arbeitsgang gestanzt oder durch Bohren oder Stanzen zweier Löcher mit anschließendem manuellem Brennschneiden hergestellt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Langlöcher bei kaltgeformten Bauteilen und Profilblechen dürfen durch Stanzen in einem Arbeitsgang, durch wiederholtes, fortlaufendes Stanzen, oder durch Verbinden zweier gestanzter oder gebohrter Löcher durch Einsatz einer Stichsäge hergestellt werden.

Grate an Löchern müssen vor dem Zusammenbau entfernt werden. Werden Löcher in einem Arbeitsgang durch zusammengeklemmte Teile gebohrt, die nach dem Bohren nicht getrennt werden, ist das Entgraten nur an den außenliegenden Lochrändern erforderlich.

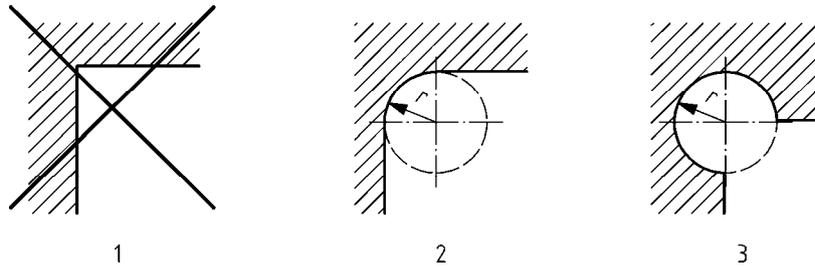
6.7 Ausschnitte

Überschneiden von einspringenden Ecken ist nicht zulässig. Einspringende Ecken sind Ecken, bei denen der offene Winkel zwischen den Stirnseiten kleiner als 180° ist.

Einspringende Ecken und Ausklinkungen sind auszurunden mit einem Mindestradius von:

- 5 mm bei EXC2 und EXC3.
- 10 mm bei EXC4.

Beispiele sind in Bild 2 gegeben.



Legende

- 1 nicht zulässig
- 2 Form A (empfohlen für vollmechanisches oder automatisches Schneiden)
- 3 Form B (zulässig)

Bild 2 — Beispiel von Ausschnitten

Bei gestanzten Ausschnitten in Blechen mit mehr als 16 mm Dicke muss das verformte Material durch Schleifen entfernt werden. Bei EXC4 sind gestanzte Ausschnitte nicht zulässig.

Bei dünnwandigen Bauteilen und Profilblechen müssen Stellen, in denen scharfe einspringende Ecken nicht zulässig sind, festgelegt werden und zulässige Mindestradien angegeben werden.

6.8 Oberflächen von Kontaktstößen

Werden Oberflächen von Kontaktstößen festgelegt, müssen die Schnittlänge, Rechtwinkligkeit der Endquerschnitte und Ebenheit der Oberfläche den in Abschnitt 11 festgelegten Toleranzen entsprechen.

6.9 Zusammenbau

Der Zusammenbau von Bauteilen muss so durchgeführt werden, dass die festgelegten Toleranzen eingehalten sind.

Vorkehrungen müssen getroffen werden, um galvanische Korrosion infolge von Kontakt zwischen unterschiedlichen metallischen Werkstoffen zu verhindern.

Verunreinigung von nichtrostendem Stahl durch Kontakt mit Baustahl sollte vermieden werden.

Ein Aufdornen von Löchern zum Zwecke des Ausrichtens muss derart durchgeführt werden, dass die Vergrößerung die in D.2.8, Nr. 6 angegebenen Werte, wie folgt, nicht überschreitet:

- EXC1 und EXC2: Klasse 1;
- EXC3 und EXC4: Klasse 2.

Werden diese Werte überschritten, müssen die Löcher durch Aufreiben korrigiert werden.

Löcher, bei denen eine Vergrößerung nicht zulässig ist, müssen gekennzeichnet werden und dürfen nicht zum Ausrichten genutzt werden (z. B. bei Passschrauben).

ANMERKUNG In solchen Fällen können gesonderte Ausrichtelöcher vorgesehen werden.

Alle Verbindungen für aus fertigungstechnischen Gründen vorgesehene temporäre Bauteile müssen die Anforderungen dieser Europäischen Norm und alle besonderen Anforderungen erfüllen, einschließlich der ermüdungsrelevanten, die festzulegen sind.

Anforderungen an Überhöhungen oder Voreinstellungen von Bauteilen müssen nach Abschluss des Zusammenbaus überprüft werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

6.10 Überprüfung des Zusammenbaus

Die Passung zwischen miteinander verbundenen Bauteilen an Schnittstellen von Mehrfachverbindungen ist mit Hilfe von Schablonen durch genaue dreidimensionale Messungen oder durch probeweisen Zusammenbau zu überprüfen. Spezifikationen, ob und in welchem Umfang ein probeweiser Zusammenbau verwendet werden soll, müssen festgelegt werden.

Probeweiser Zusammenbau bedeutet Zusammenfügen einer ausreichenden Anzahl von Bauteilen eines Gesamttragwerks, um deren Passung zu überprüfen. Die Zusammenfügbarkeit von Bauteilen sollte überprüft werden, falls eine Prüfung mittels Schablonen oder Messung nicht möglich ist.

7 Schweißen

7.1 Allgemeines

Schweißen muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen des maßgebenden Teils von EN ISO 3834 oder, wenn zutreffend, nach EN ISO 14554 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Eine Richtlinie zur Einführung von EN ISO 3834 über Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe ist in CEN ISO/TR 3834-6 gegeben **A1** [31] **A1**.

Je nach Ausführungsklasse gelten die folgenden Teile von EN ISO 3834:

- EXC1: Teil 4 „Elementare Qualitätsanforderungen“;
- EXC2: Teil 3 „Standard-Qualitätsanforderungen“;
- EXC3 und EXC4: Teil 2 „Umfassende Qualitätsanforderungen“.

Lichtbogenschweißen ferritischer Stähle und nichtrostender Stähle sollte den Anforderungen und Empfehlungen von EN 1011-1, EN 1011-2, EN 1011-3 folgen, erweitert um die Angaben in 7.7.

7.2 Schweißplan

7.2.1 **A1** Erfordernis eines Schweißplanes **A1**

Ein Schweißplan muss vorliegen als Bestandteil der geforderten Planung der Produktrealisierung des maßgebenden Teils von EN ISO 3834.

7.2.2 Inhalt eines Schweißplans

A1 Der Schweißplan muss **A1** je nach vorliegenden Gegebenheiten beinhalten:

- a) die Schweißanweisungen einschließlich der Anforderungen an Schweißzusätze und jegliche Vorwärm- und Zwischenlagentemperaturen und Anforderungen an die Wärmenachbehandlung;
- b) Maßnahmen zur Vermeidung von Verzug während und nach dem Schweißen;
- c) die Schweißfolge mit allen Einschränkungen oder zulässigen Stellen für Nahtanfang und Nahtende (Start- und Stopp-Positionen), eingeschlossen Zwischenstopp- und Start-Positionen, wenn die Nahtgeometrie so ist, dass das Schweißen nicht ununterbrochen ausgeführt werden kann;

ANMERKUNG Hinweise für Verbindungen von Hohlprofilen sind in Anhang E gegeben.

- d) Anforderungen bezüglich Zwischenprüfungen;
- e) Drehen der Bauteile während des Schweißvorganges, in Verbindung mit der Schweißfolge;
- f) Details der anzubringenden Einspannungen;
- g) erforderliche Maßnahmen zum Vermeiden von Terrassenbrüchen;

- h) Spezialausrüstung für Schweißzusätze (geringer Wasserstoffgehalt, Aufbereitung usw.);
- i) Nahtquerschnitt und Oberflächenbehandlungszustand bei nichtrostenden Stählen;
- j) Anforderungen an Abnahmekriterien von Schweißverbindungen nach 7.6;
- k) Verweis auf 12.4 hinsichtlich Kontroll- und Prüfplan;
- l) Anforderungen an die Schweißnahtidentifizierung;
- m) Anforderungen an den Oberflächenschutz nach Abschnitt 10.

Falls beim Schweißen oder Zusammenbau vorher ausgeführte Schweißnähte überlappt oder unzugänglich werden, sind besondere Überlegungen nötig, welche Schweißnähte zuerst ausgeführt werden müssen und ob die Notwendigkeit besteht, eine Schweißnaht zu prüfen, bevor eine zweite Schweißnaht ausgeführt wird oder bevor abdeckende Bauteile eingebaut werden.

7.3 Schweißprozesse

Schweißen kann mit einem der folgenden Schweißprozesse nach EN ISO 4063 durchgeführt werden:

- 111: Lichtbogenhandschweißen;
- 114: Metall-Lichtbogenschweißen mit selbstschützender Fülldrahtelektrode;
- 121: Unterpulverschweißen mit Drahtelektrode;
- 122: Unterpulverschweißen mit Bandelektrode;
- 123: Unterpulverschweißen mit mehreren Drahtelektroden;
- 124: Unterpulverschweißen mit Metallpulverzusatz;
- 125: Unterpulverschweißen mit Fülldrahtelektrode;
- 131: Metall-Inertgasschweißen; MIG-Schweißen;
- 135: Metall-Aktivgasschweißen; MAG-Schweißen;
- 136: Metall-Aktivgasschweißen mit Fülldrahtelektrode;
- 137: Metall-Inertgasschweißen mit Fülldrahtelektrode;
- 141: Wolfram-Inertgasschweißen; WIG-Schweißen;
- 21: Widerstandspunktschweißen;
- 22: Rollennahtschweißen;
- 23: Buckelschweißen;
- 24: Abbrennstumpfschweißen;
- 42: Reibschweißen;
- 52: Laserstrahlschweißen;
- 783: Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas;

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

784: Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung.

Widerstandsschweißen (Prozesse 21, 22 und 23) darf nur beim Schweißen dünnwandiger Stahlbauteile eingesetzt werden. Zusätzliche Informationen sind angegeben:

- in EN ISO 14373 für Prozess 21 (Widerstandspunktschweißen);
- in EN ISO 16433 für Prozess 22 (Rollennahtschweißen);
- in EN ISO 16432 für Prozess 23 (Buckelschweißen).

Punkt Durchmesser und Buckeldurchmesser der Schweißung müssen während der Fertigung mit Hilfe von Schäl-, Meißel- oder Keilprüfung nach EN ISO 10447 überwacht werden.

Andere Schweißprozesse dürfen nur eingesetzt werden, wenn sie ausdrücklich festgelegt sind.

7.4 Qualifizierung des Schweißverfahrens und des Schweißpersonals

7.4.1 Qualifizierung des Schweißverfahrens

7.4.1.1 Allgemeines

Schweißen muss mit qualifizierten Verfahren durchgeführt werden, für die je nach Anwendungsfall eine Schweißanweisung (WPS) entsprechend des maßgeblichen Teils von EN ISO 15609, EN ISO 14555 bzw. EN ISO 15620 vorliegen muss. Sofern festgelegt, müssen besondere Schweißlagebedingungen für Heftnähte in der WPS enthalten sein. Bei Anschlüssen in Hohlprofilfachwerken muss die WPS die Nahtanfangs- und Endbereiche und das anzuwendende Verfahren festlegen, mit dem die Positionen eingehalten werden können, an denen die Schweißung um den Anschluss herum von einer Kehlnaht zu einer Stumpfnahht übergeht.

7.4.1.2 Qualifizierung des Schweißverfahrens für die Prozesse 111, 114, 12, 13 und 14

- a) Die Qualifizierung des Schweißverfahrens ist abhängig von der Ausführungsklasse, dem Grundwerkstoff und dem Mechanisierungsgrad nach Tabelle 12.
- b) Erfolgt die Qualifizierung des Schweißverfahrens nach EN ISO 15613 oder EN ISO 15614-1, dann gelten die folgenden Bedingungen:
 - 1) Sind Kerbschlagbiegeprüfungen festgelegt, A_1 müssen diese bei der niedrigsten Temperatur durchgeführt werden, die für die Kerbschlagbiegeprüfung der zu verbindenden Werkstoffsorten gefordert wird A_1 .
 - 2) Bei Stählen nach EN 10025-6 ist eine Probe für die Mikroschliffuntersuchung notwendig. Fotografien des Nahtaufbaus, der Schmelzlinie und der WEZ sind aufzuzeichnen. Mikrorisse sind nicht zulässig.
 - 3) Erfolgt Schweißen auf Fertigungsbeschichtungen, dann müssen Prüfungen mit der maximal angenommenen Beschichtungsdicke (Nennstärke + Toleranz) durchgeführt werden.
- c) Ist eine Qualifizierung des Schweißverfahrens bei querbeanspruchten Kehlnähten an Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S275 anzuwenden, muss die Prüfung durch eine Kreuzzugprobe nach EN ISO 9018 ergänzt werden. Nur Prüfstücke mit $a \leq 0,5 t$ dürfen ausgewertet werden. Es müssen drei Kreuzzugproben geprüft werden. Tritt der Bruch im Grundwerkstoff auf, muss mindestens die Nennzugfestigkeit des Grundwerkstoffs erreicht werden. Tritt der Bruch im Schweißgut auf, muss die Bruchfestigkeit des vorhandenen Nahtquerschnitts bestimmt werden. Bei Prozessen mit tiefem Einbrand muss der vorhandene Wurzeleinbrand berücksichtigt werden. Die ermittelte mittlere Bruchfestigkeit muss $\geq 0,8 R_m$ sein (mit R_m = Nennzugfestigkeit des verwendeten Grundwerkstoffs).

Tabelle 12 — Methoden zur Qualifizierung des Schweißverfahrens für die Prozesse 111, 114, 12, 13 und 14

Methoden zur Qualifizierung		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Schweißverfahrensprüfung	EN ISO 15614-1	X	X	X
Vorgezogene Arbeitsprüfung	EN ISO 15613	X	X	X
Standardschweißverfahren	EN ISO 15612	X ^a	–	–
Vorliegende schweißtechnische Erfahrung	EN ISO 15611	X ^b	–	–
Einsatz von geprüften Schweißzusätzen	EN ISO 15610			
X zulässig – nicht zulässig				
^a Nur bei Stahlsorten ≤ S 355 und nur bei manuellem oder teilmechanischem Schweißen.				
^b Nur bei Stahlsorten ≤ S 275 und nur bei manuellem oder teilmechanischem Schweißen.				

7.4.1.3 Qualifizierung des Schweißverfahrens für andere Schweißprozesse

Die Qualifizierung des Schweißverfahrens für andere Schweißprozesse als die in 7.4.1.2 angegebenen muss nach Tabelle 13 erfolgen.

Tabelle 13 — Qualifizierung des Schweißverfahrens für die Prozesse 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783 und 784

Schweißprozesse (nach EN ISO 4063)		Schweißanweisung (WPS)	Qualifizierung des Schweißverfahrens
Ordnungsnummer	Liste der Prozesse		
21	Widerstandspunktschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
22	Rollennahtschweißen		
23	Buckelschweißen		
24	Abbrennstumpfschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Reibschweißen	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Laserstrahlschweißen	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	EN ISO 14555	EN ISO 14555 ^a
784	Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung		
^a Bei EXC2 darf die Qualifizierung des Schweißverfahrens aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung erfolgen. Bei EXC3 und EXC4 muss die Qualifizierung des Schweißverfahrens durch Schweißverfahrensprüfung oder vorgezogene Arbeitsprüfung erfolgen.			

7.4.1.4 Gültigkeit der Qualifizierung des Schweißverfahrens

Die Gültigkeit eines Schweißverfahrens ist abhängig von den Anforderungen der für die Qualifizierung zugrunde liegenden Norm. Falls festgelegt, müssen Arbeitsprüfungen in Übereinstimmung mit der maßgeblichen Qualifizierungsnorm, z. B. EN ISO 14555, durchgeführt werden.

Die folgenden zusätzlichen Prüfungen sind für ein nach EN ISO 15614-1 qualifiziertes Schweißverfahren erforderlich, das mittels eines Schweißprozesses ausgeführt wird, der längere Zeit nicht eingesetzt wurde:

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- a) Bei ein bis drei Jahren muss für Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 eine geeignete Arbeitsprüfung durchgeführt werden. Die Untersuchung und Prüfung muss Sichtprüfung, Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung (nicht erforderlich bei Kehlnähten), Oberflächenrissprüfung mittels Magnetpulverprüfung oder Eindringprüfung, Makroschliff-Untersuchung und Härteprüfung einschließen;
- b) Bei mehr als drei Jahren
 - 1) muss für Stahlsorten des Festigkeitsbereichs bis zu S355 eine Makroschliffprobe aus einer Arbeitsprüfung entnommen und die Tauglichkeit geprüft werden bzw.
 - 2) müssen für Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 neue Schweißverfahrensprüfungen durchgeführt werden.

Für das Widerstandsschweißen können die Schweißparameter anhand von Prüfungen nach EN ISO 10447 bestimmt werden.

7.4.2 Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen

Schweißer müssen nach EN 287-1 und Bediener von Schweißeinrichtungen nach EN 1418 qualifiziert werden.

A1) Schweißer von Hohlprofilanschlüssen mit Abzweigwinkeln kleiner als 60° wie in EN 1993-1-8 definiert müssen **A1)** durch eine spezielle Prüfung qualifiziert werden.

Aufzeichnungen von allen Qualifizierungsprüfungen von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen müssen verfügbar sein.

7.4.3 Schweißaufsicht

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss die Schweißaufsicht während der Ausführung der Schweißarbeiten durch ausreichend qualifiziertes Schweißaufsichtspersonal sichergestellt sein. Sie muss über Erfahrungen in den zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten, wie in EN ISO 14731 festgelegt, verfügen.

In Bezug auf die zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten muss das Schweißaufsichtspersonal technische Kenntnisse nach den Tabellen 14 und 15 besitzen.

ANMERKUNG 1 Die Gruppeneinteilung für Stähle ist in ISO/TR 15608 definiert. Den Zusammenhang zwischen Stahlsorten und Bezugsnormen enthält ISO/TR 20172.

ANMERKUNG 2 B, S und C bedeuten entsprechend EN ISO 14731 Basiskenntnisse (B), spezielle technische Kenntnisse (S) und umfassende technische Kenntnisse (C).

Tabelle 14 — Technische Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals Baustähle

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Materialdicke (mm)		
			$t \leq 25^a$	$25 < t \leq 50^b$	$t > 50$
EXC2	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^c
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^d	C
EXC3	S235 bis S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 bis S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Alle	Alle	C	C	C

^a Stützenfußplatten und Stirnbleche ≤ 50 mm.
^b Stützenfußplatten und Stirnbleche ≤ 75 mm.
^c Bei Stählen des Festigkeitsbereichs bis zu S275 sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.
^d Bei Stählen N, NL, M und ML sind spezielle technische Kenntnisse (S) ausreichend.

Tabelle 15 — Technische Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals Nichtrostende Stähle

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Materialdicke (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitische (8)	EN 10088-2:2005, Tabelle 3 EN 10088-3:2005, Tabelle 4 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 2	B	S	C
	Austenitische ferritische (10)	EN 10088-2:2005, Tabelle 4 EN 10088-3:2005, Tabelle 5 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 3	S	C	C
EXC3	Austenitische (8)	EN 10088-2:2005, Tabelle 3 EN 10088-3:2005, Tabelle 4 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 2	S	C	C
	Austenitische ferritische (10)	EN 10088-2:2005, Tabelle 4 EN 10088-3:2005, Tabelle 5 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 3	C	C	C
EXC4	Alle	Alle	C	C	C

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)**7.5 Vorbereitung und Ausführung von Schweißarbeiten****7.5.1 Schweißnahtvorbereitung****7.5.1.1 Allgemeines**

Die Schweißnahtvorbereitung muss für den Schweißprozess geeignet sein. Erfolgt die Qualifizierung des Schweißverfahrens nach EN ISO 15614-1, EN ISO 15612 oder EN ISO 15613, dann muss die Schweißnahtvorbereitung mit der Vorbereitung bei der Schweißverfahrensprüfung übereinstimmen. Toleranzen für die Schweißnahtvorbereitung und die Passgenauigkeit müssen in der WPS angegeben sein.

ANMERKUNG 1 EN ISO 9692-1 und EN ISO 9692-2 enthalten einige empfohlene Schweißnahtvorbereitungsdetails. Für Schweißnahtvorbereitungsdetails bei Brückenfahrbahnen siehe EN 1993-2:2006, Anhang C.

Die Schweißnahtvorbereitung darf keine sichtbaren Risse aufweisen. Bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S460 müssen Schnittflächen durch Schleifen entzundert und die Rissfreiheit durch Sichtprüfung, Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung nachgewiesen werden. Sichtbare Risse müssen durch Schleifen entfernt werden, und die Nahtgeometrie muss gegebenenfalls ausgebessert werden.

Werden große Kerben oder andere Fehler in der Nahtgeometrie durch Schweißen ausgebessert, muss ein qualifiziertes Schweißverfahren verwendet werden, und der Bereich muss nachfolgend blecheben bearbeitet und in den benachbarten Oberflächenbereich hinein gleichmäßig verzogen werden.

Alle zu schweißenden Oberflächen müssen trocken und von Materialien gereinigt sein, die die Qualität der Schweißnähte beeinträchtigen oder den Schweißprozess behindern könnten (Rost, organisches Material oder Feuerverzinkung).

Fertigungsbeschichtungen (Shop Primer) dürfen auf den Nahtflanken belassen werden, wenn sie den Schweißprozess nicht beeinträchtigen. Bei EXC3 und EXC4 dürfen Fertigungsbeschichtungen nicht auf den Nahtflanken belassen werden, es sei denn, Schweißverfahrensprüfungen nach EN ISO 15614-1 bzw. EN ISO 15613 sind unter Benutzung solcher Fertigungsbeschichtungen erfolgreich durchgeführt worden.

ANMERKUNG 2 EN ISO 17652-2 beschreibt Prüfungen zum Nachweis des Einflusses von Fertigungsbeschichtungen auf die Schweißseignung.

7.5.1.2 Hohlprofile

Als Abzweigungsbauteile eingesetzte Kreishohlprofile, die durch Kehlnähte angeschlossen werden, dürfen gerade geschnitten werden, um sie für aufgesattelte Anschlüsse zu verwenden, sofern die Passgenauigkeit der Anschlussgeometrie den Anforderungen aus der WPS genügt.

Bei einseitig geschweißten Hohlprofilanschlüssen müssen geeignete Schweißnahtvorbereitungen nach EN ISO 9692-1 und EN ISO 9692-2 erfolgen. Anhang E veranschaulicht die Anwendung von EN ISO 9692-1 und EN ISO 9692-2 für Abzweigungsanschlüsse von Hohlprofilen.

Bei Verbindungen in Hohlprofilfachwerken muss jede aufgrund mangelnder Passung notwendige Anpassung mittels Auftragsschweißung durch ein geeignetes Schweißverfahren abgedeckt sein.

7.5.2 Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen

Schweißzusätze müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers gelagert, gehandhabt und verwendet werden.

Bei Elektroden und Pulvern, die getrocknet und gelagert werden müssen, sind geeignete Temperaturbereiche und Trocknungszeiten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers, oder, falls nicht verfügbar, nach den Anforderungen in Tabelle 16 einzuhalten.

**Tabelle 16 — Temperatur und Zeiten zur Trocknung
und Lagerung von Schweißzusätzen**

	Temperaturbereich (T)	Zeit (t)
Trocknen ^a	$300\text{ °C} < T \leq 400\text{ °C}$	$2\text{ h} < t \leq 4\text{ h}$
Lagerung ^a	$\geq 150\text{ °C}$	vor dem Schweißen
Lagerung ^b	$\geq 100\text{ °C}$	während des Schweißens
^a Ortsfester Trockenofen	^b Ortsbeweglicher Trockenofen	

Schweißzusätze, die nach dem Schweißvorgang ungenutzt verbleiben, müssen in Übereinstimmung mit den obengenannten Anforderungen getrocknet werden. Bei Elektroden darf Trocknen nicht öfter als zwei Mal durchgeführt werden. Verbleibende Schweißzusätze müssen ausgesondert werden.

Schweißzusätze, die Anzeichen von Beschädigungen oder Abnutzung aufweisen, müssen ausgesondert werden.

ANMERKUNG Beispiele von Beschädigungen oder Abnutzung sind u. a. gerissene oder abgeplatzte Überzüge auf umhüllten Stabelektroden, rostige oder verschmutzte Elektrodendrähte und Elektrodendrähte mit abgeplatzten oder beschädigten Kupferüberzügen.

7.5.3 Witterungsschutz

Sowohl der Schweißer als auch der Arbeitsbereich müssen gegen den Einfluss aus Wind, Regen und Schneefall angemessen geschützt sein.

ANMERKUNG Schweißprozesse mit Schutzgas reagieren besonders empfindlich auf Windeinwirkungen.

Nahtflanken müssen trocken und frei von Tauwasser gehalten werden.

Liegt die Werkstofftemperatur unter 5 °C , kann ein angemessenes Vorwärmen erforderlich sein.

Bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 muss bei einer Werkstofftemperatur unter 5 °C ein angemessenes Vorwärmen vorgesehen werden.

7.5.4 Zusammenbau für das Schweißen

Die zu schweißenden Bauteile müssen ausgerichtet und durch Heftnähte oder äußere Hilfsmittel in Position gehalten sein und in der Anfangsphase des Schweißens gehalten bleiben. Der Zusammenbau muss so durchgeführt werden, dass die Passung der Anschlüsse und die Endabmessungen der Bauteile innerhalb der festgelegten Toleranzen liegen. Angemessene Zuschläge für Verzug und Schrumpfung sind zu berücksichtigen.

Die zu schweißenden Bauteile müssen so zusammengebaut und in Position gehalten sein, dass die zu schweißenden Anschlüsse für den Schweißer leicht zugänglich und leicht einsehbar sind.

Der Zusammenbau von geschweißten Hohlprofilbauteilen sollte in Übereinstimmung mit den Anleitungen nach Anhang E erfolgen, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Es dürfen weder zusätzlich Schweißnähte angeordnet werden, noch darf die Lage von festgelegten Schweißnähten geändert werden, ohne dass die Übereinstimmung mit der Spezifikation sichergestellt ist. Verfahren zur örtlichen Verstärkung eines Schweißstoßes in einem Hohlprofilfachwerk sollten die Prüfung der Funktionsfähigkeit des Schweißstoßes auf einfache Weise gestatten. Die Alternative einer Querschnittsvergrößerung des Bauteils sollte ebenfalls überlegt werden.

ANMERKUNG Typische Details umfassen unter anderem Stützen, Querschotte, Kopfplatten, Decklaschen, Fahnenbleche und Schlitzbleche.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

7.5.5 Vorwärmen

Vorwärmen muss in Übereinstimmung mit EN ISO 13916 und EN 1011-2 durchgeführt werden.

Vorwärmen muss auf der Grundlage einer verfügbaren WPS erfolgen und die Vorwärmtemperatur während des Schweißvorgangs, einschließlich des Heftens und des Anschweißens von Montagehilfen, aufrechterhalten werden.

7.5.6 Montagehilfen

Erfordert der Zusammenbau oder das Montageverfahren den Einsatz temporär anzuschweißender Bauteile, müssen diese so angeordnet werden, dass sie leicht entfernt werden können, ohne das endgültige Stahltragwerk zu beschädigen. Alle Schweißnähte für Montagehilfen müssen in Übereinstimmung mit der WPS ausgeführt werden. Alle Bereiche, wo das Anschweißen von Montagehilfen nicht zulässig ist, müssen festgelegt werden.

Bei EXC3 und EXC4 muss die Verwendung von geschweißten Montagehilfen festgelegt werden.

Werden geschweißte Montagehilfen durch Schneiden oder Abmeißeln entfernt, muss die Oberfläche des Grundwerkstoffs anschließend sorgfältig blechen bearbeitet werden. Bei EXC3 und EXC4 sind Schneiden und spanende Bearbeitung nicht zulässig, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Eine angemessene Kontrolle muss durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Oberfläche der Konstruktionsmaterialien an der Stelle der Schweißung nicht gerissen ist.

7.5.7 Heftnähte

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 müssen Heftnähte mit einem qualifizierten Schweißverfahren ausgeführt werden. Die Länge der Heftung muss mindestens das Vierfache der Dicke des dickeren zu verbindenden Teils betragen, sie braucht jedoch nicht größer als 50 mm zu sein, es sei denn, es kann durch eine Prüfung belegt werden, dass eine kürzere Länge ausreicht.

Alle Heftnähte, die nicht in eine endgültige Naht einbezogen werden, müssen entfernt werden. Heftnähte, die in eine endgültige Naht einbezogen werden, müssen eine geeignete Form aufweisen und von qualifizierten Schweißern ausgeführt werden. Heftnähte müssen der geforderten Anordnung entsprechen und vor dem endgültigen Schweißen gründlich gereinigt sein. Gerissene Heftnähte müssen entfernt werden.

7.5.8 Kehlnähte

7.5.8.1 Allgemeines

Eine gelegte Kehlnaht darf die festgelegten Maße für die Kehlnahtdicke und/oder Schenkellänge nicht unterschreiten, unter Berücksichtigung von dem Folgenden:

- a) die volle Nahtdicke, die sich bei Anwendung der WPS bei Schweißprozessen mit tiefem Einbrand oder Teildurchschweißung als ausführbar erwiesen hat;
- b) dass, falls eine Spaltweite h den zulässigen Grenzwert überschreitet, dies durch eine Vergrößerung der Nahtdicke $a = a_{nom} + 0,7h$ ausgeglichen werden darf, wobei a_{nom} die festgelegte Sollnahtdicke ist. Für die Unregelmäßigkeit „Schlechte Passung bei Kehlnähten“ (617) gelten die Bewertungsgruppen unter der Voraussetzung, dass die Nahtdicke entsprechend Ordnungsnummer (5213) eingehalten ist;
- c) dass für Brückenfahrbahnen besondere Fertigungsanforderungen gelten, z. B. für die Nahtdicke von Kehlnähten, siehe 7.5.18 und D.2.16.

7.5.8.2 Kehlnähte bei dünnwandigen Bauteilen

Kehlnähte, die an den Enden oder Seiten von dünnwandigen Bauteilen abschließen, müssen über eine Länge von nicht weniger als dem Zweifachen der Schenkellänge der Schweißnaht kontinuierlich um die Ecken herum geschweißt werden, es sei denn, dies ist wegen des Zugangs oder der Konfiguration nicht praktikabel. Endumschweißungen müssen vollständig ausgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Die Mindestlänge einer Lage einer Kehlnaht ohne Endumschweißungen muss mindestens das vierfache der Schenkellänge der Schweißnaht betragen.

Unterbrochene Kehlnähte dürfen nicht verwendet werden, wo Kapillarwirkung zur Bildung von Rostblasen führen könnte. Endlagen von Kehlnähten müssen sich bis zum Ende des angeschlossenen Teils erstrecken.

Bei Überlappstößen darf die Mindestüberlappung nicht kleiner sein als das Vierfache der Dicke des dünneren zu verbindenden Teils. Einseitige Kehlnähte dürfen nicht verwendet werden, wenn die Teile nicht so eingespannt werden, dass ein Öffnen des Anschlusses ausgeschlossen ist.

Wenn das Ende eines Bauteils nur durch Längskehlnähte angeschlossen ist, darf die Länge jeder Schweißnaht nicht kleiner sein als der Abstand zwischen diesen.

7.5.9 Stumpfnähte

7.5.9.1 Allgemeines

Die Stellen von Stumpfnähten, die als Bedarfsstöße zum Anpassen der verfügbaren Längen von Konstruktionsmaterialien an die Länge des Bauteils eingesetzt werden, A_1 sind in den Ausführungsunterlagen festzulegen A_1 .

Die Enden von Stumpfnähten müssen so ausgeführt werden, dass einwandfreie Nähte mit der vollen vorgegebenen Nahtdicke sichergestellt sind.

Bei EXC3 und EXC4, und bei EXC2 falls festgelegt, müssen Anlauf- und Auslaufbleche verwendet werden, um die volle vorgegebene Nahtdicke am Rand sicherzustellen. Die Schweißseignung solcher Anlauf- und Auslaufbleche darf nicht geringer als die des Grundwerkstoffs sein.

Nach Fertigstellung der Schweißnähte müssen alle Anlauf- und Auslaufbleche oder Fertigungshilfen entfernt werden und deren Entfernen muss nach 7.5.6 erfolgen.

Wenn eine blechebene Oberfläche gefordert wird, muss die Nahtüberhöhung entfernt werden, um die Qualitätsanforderungen einzuhalten.

7.5.9.2 Einseitige Schweißnähte

Durchgeschweißte Nähte, die einseitig geschweißt werden, können mit oder ohne metallische oder nicht-metallische Schweißbadsicherung hergestellt werden.

Falls nichts anderes festgelegt wird, dürfen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Stahl eingesetzt werden. Die Anforderungen für deren Einsatz müssen in der WPS enthalten sein.

Wird eine Schweißbadsicherung aus Stahl eingesetzt, darf das Kohlenstoffäquivalent (CEV) 0,43 % nicht überschreiten, oder der Werkstoff muss identisch mit dem schweißgeeigneteren der zu verbindenden Grundwerkstoffe sein.

Schweißbadsicherungen müssen am Grundwerkstoff fest anliegen und sollten im Allgemeinen ununterbrochen über die gesamte Länge des Anschlusses durchlaufen. Bei EXC3 und EXC4 müssen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Metall zwecks vollständiger Durchschweißung der Stumpfnähte ununterbrochen ausgeführt werden. Heftnähte müssen in den Stumpfnähten einbezogen sein.

DIN EN 1090-2:2011-10

EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

In Hohlprofilanschlüssen ist blechebenes Schleifen von einseitigen Stumpfnähten, die ohne Schweißbadsicherung ausgeführt werden, nicht zulässig, sofern nichts anderes festgelegt wird. Werden Schweißbadsicherungen eingesetzt, dürfen solche Schweißnähte blecheben mit dem allgemeinen Oberflächenprofil des Grundwerkstoffs nachbearbeitet werden.

7.5.9.3 Ausfugen

Ausfugen muss bis zu einer genügenden Tiefe erfolgen, um ein ausreichendes Aufschmelzen des vorherigen Schweißguts sicherzustellen.

Beim Ausfugen muss eine gleichbleibende U-förmige Fugenform entstehen, deren Nahtflanken leicht zugänglich zum Schweißen sind.

7.5.10 Schweißen wetterfester Stähle

Schweißen von Stählen mit erhöhtem Widerstand gegen atmosphärische Korrosion muss unter Verwendung geeigneter Schweißzusätze durchgeführt werden (siehe Tabelle 6). Alternativ dürfen C-Mn-Schweißzusätze eingesetzt werden bei Mittellagen von mehrlagigen Kehl- oder Stumpfnähten, vorausgesetzt, dass die Kapp-lagen mit geeigneten Schweißzusätzen geschweißt werden.

7.5.11 Rohrabzweigungen

Rohrabzweigungen in Hohlprofilfachwerken, die eine Kombination von Nahtarten aufweisen (Kehlnaht und einseitige Stumpfnah), dürfen ohne Badsicherung geschweißt werden.

Ist der Abzweigwinkel der Rohrabzweigung im vorderen Bereich des Hohlprofils kleiner als 60°, muss die Spitze gefast sein, um den Einsatz einer Stumpfnah zu ermöglichen.

ANMERKUNG Empfehlungen für die Ausführung von Rohrabzweigungen sind in Anhang E gegeben.

7.5.12 Bolzenschweißen

Bolzenschweißen muss in Übereinstimmung mit EN ISO 14555 durchgeführt werden.

A1 Verfahrensprüfungen, die in Übereinstimmung mit EN ISO 14555 durchgeführt werden, müssen der Anwendung entsprechen.

ANMERKUNG Zum Beispiel kann die Verfahrensprüfung das Bolzenschweißen durch verzinkte Bleche erfordern. **A1**

7.5.13 Schlitz- und Lochnähte

Es ist sicherzustellen, dass die Abmessungen der Löcher für Schlitz- und Lochnähte ausreichenden Zugang für das Schweißen sicherstellen. Maße müssen festgelegt werden.

ANMERKUNG Ausreichende Maße sind:

- a) Breite: mindestens 8 mm mehr als die Dicke des anzuschließenden Teils;
- b) Länge des Langlochs: Der kleinere Wert von 70 mm und dem fünffachen der Blechdicke.

Lochnähte dürfen nur an Schlitznähten gemacht werden, bei denen die Kehl- oder Stumpfnähte im Schlitz mit zufriedenstellendem Ergebnis überprüft worden sind. Ohne vorheriges Schlitzschweißen ausgeführte Lochnähte sind nicht zulässig, sofern nichts anderes festgelegt wird.

7.5.14 Punktschweißen dünnwandiger Bauteile

7.5.14.1 Lichtbogen-Punktschweißen

Schweißscheiben sollten eine Dicke zwischen 1,2 mm und 2,0 mm mit einem vorgestanzten Loch von 10 mm Mindestdurchmesser haben.

Bei nichtrostenden Stählen sind Schweißscheiben nur dann erlaubt, sofern festgelegt und entsprechend der Einsatzbedingungen.

ANMERKUNG 1 Schweißscheiben können im Anschluss Spalten bilden; die Annehmbarkeit solcher Spalten hängt von den Einsatzbedingungen ab.

Die kleinste sichtbare Breite d_w einer kreisförmigen oder einer länglichen Lichtbogen-Punktschweißung muss festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Hinweise zum Verhältnis zwischen Schweißlinsenabmessung und der sichtbaren Breite einer kreisförmigen oder einer länglichen Lichtbogen-Punktschweißung enthält EN 1993-1-3.

7.5.14.2 Widerstandspunktschweißung

Der Durchmesser einer Widerstandspunktschweißung sollte so nah wie möglich mit dem empfohlenen Durchmesser der Elektrodenspitze d_r (in mm) übereinstimmen, der mit

$$d_r = 5 t^{1/2} \quad \text{angegeben wird.}$$

wobei

t die Dicke des von der Elektrodenspitze berührten Profilbleches (in mm) ist.

7.5.15 Andere Schweißnahtarten

Anforderungen für andere Schweißnahtarten, z. B. Dichtnähte, müssen festgelegt und den gleichen Anforderungen für das Schweißen unterworfen werden, wie in dieser Europäischen Norm festgelegt.

7.5.16 Wärmebehandlung nach dem Schweißen

Ist eine Wärmebehandlung geschweißter Bauteile notwendig, muss nachgewiesen werden, dass die eingesetzten Verfahren geeignet sind.

ANMERKUNG Hinweise zu Qualitätsanforderungen bei der Wärmebehandlung enthält ISO/TR 17663.

7.5.17 Ausführung von Schweißarbeiten

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Zündstellen zu vermeiden. Falls Zündstellen auftreten, muss die Stahloberfläche leicht geschliffen und überprüft werden. Die Sichtprüfung sollte durch eine Eindringprüfung oder eine Magnetpulverprüfung ergänzt werden.

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Schweißspritzer zu vermeiden. Bei EXC3 und EXC4 müssen diese entfernt werden.

Sichtbare Unregelmäßigkeiten wie z. B. Risse, Hohlräume und andere nicht zulässige Unregelmäßigkeiten müssen vor dem Schweißen weiterer Lagen von jeder Lage entfernt werden.

Alle Schlackenreste müssen vor dem Schweißen weiterer Lagen von der Oberfläche jeder Lage und von der Oberfläche der Decklage entfernt werden. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Verbindung zwischen Schweißnaht und Grundwerkstoff zu richten.

Alle Anforderungen an das Schleifen und Nachbearbeiten der fertigen Schweißnahtoberflächen müssen festgelegt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

7.5.18 Schweißen von Brückenfahrbahnen

Arbeitsprüfungen müssen nach 12.4.4 c) durchgeführt werden. Arbeitsprüfungen sind für Längsrippen-Deckblechnähte außerhalb der Schrammborde der Fahrbahn, wo eine Belastung durch Fahrzeugverkehr nicht vorkommt, nicht erforderlich.

Für Längsrippen-Deckblechnähte und für lokale Schweißungen, z. B. an Fensterstößen, sind die Start- und Stoppstellen auszuräumen.

Für Verbindungen zwischen durchlaufenden Längsrippen (z. B. Trapezrippen) und Querträgern mit Freischnitt oder mit voller Umschweißung sollten zuerst die Rippen auf dem Deckblech verschweißt und dann die Querträgerstege aufgesetzt und verschweißt werden.

7.6 Abnahmekriterien

Geschweißte Bauteile müssen den in den Abschnitten 10 und 11 festgelegten Anforderungen genügen.

Die Abnahmekriterien für Schweißnahtunregelmäßigkeiten müssen unter Bezugnahme auf EN ISO 5817 wie folgt sein, mit Ausnahme von „Schroffer Nahtübergang“ (505) und „Mikro-Bindefehler“ (401), die nicht zu berücksichtigen sind. Alle zusätzlichen Anforderungen, die für Schweißnahtgeometrie und Nahtquerschnitt festgelegt sind, müssen berücksichtigt werden.

- EXC1 Bewertungsgruppe D;
- EXC2 im Allgemeinen Bewertungsgruppe C mit Ausnahme von Bewertungsgruppe D für „Einbrandkerbe“ (5011, 5012), „Schweißgutüberlauf“ (506), „Zündstelle“ (601) und „Offener Endkraterlunker“ (2025);
- EXC3 Bewertungsgruppe B;
- EXC4 Bewertungsgruppe B+, die sich aus Bewertungsgruppe B und den in Tabelle 17 angegebenen Zusatzanforderungen zusammensetzt.

Tabelle 17 — Zusatzanforderungen bei Bewertungsgruppe B+

Benennung der Unregelmäßigkeit		Grenzwerte für Unregelmäßigkeiten ^a
Einbrandkerbe (5011, 5012)		Nicht zulässig
Poren (2011 bis 2014)	Stumpfnähte	$d \leq 0,1 s$, aber max. 2 mm
	Kehlnähte	$d \leq 0,1 a$, aber max. 2 mm
Fester Einschluss (300)	Stumpfnähte	$h \leq 0,1 s$, aber max. 1 mm $l \leq s$, aber max. 10 mm
	Kehlnähte	$h \leq 0,1 a$, aber max. 1 mm $l \leq a$, aber max. 10 mm
Kantenversatz (507)		$h < 0,05 t$, aber max. 2 mm
Wurzelrückfall (515)		Nicht zulässig
Ergänzende Anforderungen für Brückenfahrbahnen^{a b}		
Pore, Porosität (gleichmäßig verteilt) und Porenzeile (2011, 2012 und 2014)		Nur einzelne kleine Poren zulässig
Porennest (2013)		Maximales Porenvolumen: 2 %
Gaskanal, Schlauchpore (2015 und 2016)		Keine Schlauchporen zulässig
Schlechte Passung bei Kehlnähten (617)		Vollständige Prüfung aller Quernähte; kleiner Wurzelversatz nur lokal zulässig $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$, aber max. 1 mm
Durchlaufende Einbrandkerbe (5011)		a) Stumpfnähte: nur lokal bis $h \leq 0,5 \text{ mm}$ zulässig b) Kehlnähte: bei Lage quer zur Spannungsrichtung nicht zulässig; Einbrandkerben sind durch Schleifen zu entfernen
Mehrfachunregelmäßigkeiten im Querschnitt (n°4.1)		Nicht zulässig
Fester Einschluss (300)		Nicht zulässig
^a Die Symbole sind in EN ISO 5817 definiert. ^b Diese Anforderungen gelten ergänzend zu B+.		

Im Fall von Nichtkonformitäten mit den oben genannten Bewertungskriterien sollte jeder Fall einzeln beurteilt werden. Bei solchen Beurteilungen sollten die Bauteilfunktion und die Eigenschaften der Unregelmäßigkeiten (Art, Größe und Anzahl) berücksichtigt werden, um zu entscheiden, ob die Schweißnaht annehmbar ist oder ausgebessert werden muss.

ANMERKUNG EN 1993-1-1, EN 1993-1-9 und EN 1993-2 können herangezogen werden, um die Abnahmefähigkeit von Unregelmäßigkeiten zu bewerten.

7.7 Schweißen von nichtrostenden Stählen

7.7.1 Änderungen der Anforderungen von EN 1011-1

— Abschnitt 13, Absatz 1 — Zusatz:

Kontaktthermometer müssen zur Messung der Temperatur eingesetzt werden, es sei denn andere Verfahren sind festgelegt. Temperaturmessstifte dürfen nicht verwendet werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

— Abschnitt 19 — Zusatz:

Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens und zugehörige WPS, in denen der thermische Wirkungsgrad bei der Berechnung der Wärmeeinbringung nicht berücksichtigt wird, dürfen verwendet werden, vorausgesetzt, dass die Wärmeeinbringung entsprechend des zutreffenden thermischen Wirkungsgrades angepasst wird.

7.7.2 Änderungen der Anforderungen von EN 1011-3

— Abschnitt 7.1, Absatz 4 — Änderung:

Der erforderliche Oberflächenbehandlungszustand der Schweißzonen muss festgelegt werden. Es muss festgelegt werden, ob die Anlauffarben, die sich während des Schweißens bilden, zu entfernen sind. Die Korrosionsbeständigkeit, die Umgebung, das Aussehen und die Folgen der Nachbearbeitung und Säuberung der Schweißzonen sollten berücksichtigt werden. Alle beim Schweißen entstandenen Schlackenreste müssen entfernt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

ANMERKUNG Die Verfärbung der Schweißzone nach dem Schweißen wird von der Sauerstoffmenge im „Formiergas“ während des Schweißens beeinflusst. Farbige fotografische Bezugsmaßstäbe sind verfügbar, die die Festlegung der annehmbaren Verfärbung vereinfachen  [52] .

— Abschnitt 7.1, Absatz 5 — Änderung:

Wenn bei der Fugenvorbereitung Oxidationen, Aufhärtungen und allgemeine Verunreinigungen durch thermische Schneidprozesse entstehen, kann es erforderlich sein, diese bis zu einer genügenden Tiefe, bezogen auf die Schnittfläche, mechanisch abzarbeiten. Während des Scherschneidens kann Rissbildung auftreten. Diese Risse müssen vor dem Schweißen beseitigt werden.

— Abschnitt 7.3, Absatz 3 — Zusatz am Absatzanfang:

Eine Schweißbadsicherung aus Kupfer darf nicht verwendet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

— Abschnitt 10 — Zusatz:

Es ist darauf zu achten, dass die Entsorgung aller Reinigungsmaterialien nach dem Schweißen in geeigneter Weise erfolgt.

— Anhang A.1.2, Absatz 1 — Änderung des letzten Satzes:

Das ungefähre Mikrogefüge, das sich im Schweißgut ausbildet, kann aus dem Stabilisierungsverhältnis von ferritischen und austenitischen Elementen unter Verwendung des Schaeffler-, DeLong-, W.R.C.- oder Espy-Diagramms festgestellt werden. Das gegebenenfalls anzuwendende Diagramm muss festgelegt werden.

— Anhang A.2.2, Absatz 4 — Änderung:

Das Schaeffler-, DeLong-, W.R.C.- oder Espy-Diagramm kann angewendet werden, um festzustellen, ob der Schweißzusatz den richtigen Ferritgehalt ergibt, wobei Anreicherungseffekte in der Schmelze berücksichtigt werden. Das gegebenenfalls anzuwendende Diagramm muss festgelegt werden.

— Anhang A.4.1 — Zusatz:

Schweißverbindungen dürfen nach dem Schweißen nicht einer Wärmebehandlung unterzogen werden, außer wenn die Spezifikation dies zulässt.

— Anhang C.4. — Zusatz:

Schweißverbindungen dürfen nach dem Schweißen nicht einer Wärmebehandlung unterzogen werden, außer wenn die Spezifikation dies zulässt.

7.7.3 Schweißen unterschiedlicher Stähle

Die Anforderungen für das Schweißen zwischen unterschiedlichen Arten von nichtrostendem Stahl oder zwischen nichtrostendem Stahl und anderen Stahlsorten, wie z. B. unlegiertem Stahl, müssen festgelegt werden.

Die Schweißaufsicht muss geeignete Schweißverfahren, Schweißprozesse und Schweißzusätze in Betracht ziehen. Möglichkeiten der Verunreinigung von nichtrostendem Stahl und von Kontaktkorrosion sollten sorgfältig berücksichtigt werden.

8 Mechanisches Verbinden

8.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt Anforderungen für in der Werkstatt und auf der Baustelle ausgeführte Befestigungen, einschließlich der Befestigung dünnwandiger Profilbleche.

Sind separate Bauteile Bestandteil der gleichen Lage, darf der Dickenunterschied zwischen ihnen nicht größer als D sein, wobei D im Allgemeinen 2 mm beträgt und 1 mm bei planmäßig vorgespannten Anwendungen, siehe Bild 3. Werden Futterbleche aus Stahl zum Ausgleichen angeordnet, dürfen diese nicht dünner als 2 mm sein.

In korrosiver Umgebung können zur Vermeidung von Spaltkorrosion geringere Spaltmaße erforderlich sein.

Die Blechdicke muss so gewählt werden, dass die Anzahl der Futterbleche auf maximal drei begrenzt ist.



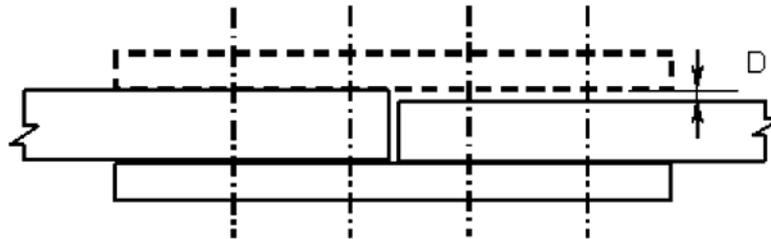




Bild 3 — Dickenunterschied von Bauteilen in der gleichen Lage

Futterbleche müssen Korrosionseigenschaften und mechanische Festigkeit aufweisen, die den anliegenden Anschlussbauteilen vergleichbar sind. Besondere Beachtung muss dem Risiko und den Folgen von Kontaktkorrosion beim Einsatz unterschiedlicher miteinander in Kontakt stehender Metalle geschenkt werden.

8.2 Einsatz von Schraubengarnituren

8.2.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt bezieht sich auf Garnituren nach 5.6, bestehend aus passenden Schrauben, Muttern und Scheiben (soweit erforderlich).

Es muss festgelegt werden, ob zur Mutternsicherung zusätzlich zum Anziehen andere Maßnahmen oder Hilfsmittel zu verwenden sind.

Bei dünnwandigen Bauteilen, die einer erheblichen Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Lagergestellen, müssen Schraubenverbindungen mit geringen Klemmlängen ein Sicherungselement besitzen.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

☞ Sofern nicht anders festgelegt, dürfen planmäßig vorgespannte Garnituren nicht mit zusätzlichen Sicherungselementen verwendet werden. ☞

An Schrauben und Muttern darf nicht geschweißt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

ANMERKUNG Dies gilt nicht für spezielle Schweißmutter z. B. nach EN ISO 21670 oder beim Bolzenschweißen.

8.2.2 Schrauben

Der Nenndurchmesser des Verbindungsmittels muss bei Stahlbauverschraubungen mindestens M12 sein, sofern, in Verbindung mit den zugehörigen Anforderungen nichts anderes festgelegt wird. Bei dünnwandigen Bauteilen und Profiblechen müssen die Mindestdurchmesser für jeden Verbindungsmitteltyp festgelegt werden.

Die Schraubenlänge muss so gewählt werden, dass nach dem Anziehen die folgenden Anforderungen an den Gewindeüberstand des Schraubengewindes über die Mutter und an die Gewindelänge erfüllt sind.

☞ Für planmäßig vorgespannte und nicht planmäßig vorgespannte Garnituren muss die Länge des Gewindeüberstandes mindestens ☞ einen Gewindegang betragen, gemessen von der Mutteraußenseite zum Schraubenende.

Ist beabsichtigt, die Schertragfähigkeit der Verbindung im gewindefreien Teils des Schraubenschaftes auszunutzen, dann müssen die Schraubenabmessungen festgelegt werden, um die Toleranzen der Länge des gewindefreien Teils zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die Länge des gewindefreien Teils des Schraubenschaftes des vollen Querschnitts ist kürzer als das Nennmaß der Länge des gewindefreien Teils (z. B. um bis zu 12 mm bei einer Schraube M20).

Bei nicht planmäßig vorgespannten Schrauben muss mindestens ein vollständiger Gewindegang (zusätzlich zum Gewindeauslauf) zwischen der Auflagefläche der Mutter und dem gewindefreien Teil des Schraubenschaftes sein.

Bei planmäßig vorgespannten Schrauben nach ☞ EN 14399-3, EN 14399-7 und EN 14399-10 ☞ müssen mindestens vier vollständige Gewindegänge (zusätzlich zum Gewindeauslauf) zwischen der Auflagefläche der Mutter und dem gewindefreien Teil des Schraubenschaftes sein.

Bei planmäßig vorgespannten Schrauben nach EN 14399-4 und EN 14399-8 müssen die Klemmlängen mit den in Tabelle A.1 von EN 14399-4:2005 festgelegten übereinstimmen.

8.2.3 Muttern

Muttern müssen auf den zugehörigen Schrauben frei drehbar sein. Dies kann beim Einbau von Hand leicht überprüft werden. Jede Garnitur, bei der die Mutter nicht frei drehbar ist, muss ausgesondert werden. Erfolgt der Zusammenbau mit maschineller Hilfe, kann eine der beiden folgenden Überprüfungen angewendet werden:

- a) Bei jedem neuen Muttern- oder Schrauben-Los kann deren Zusammenpassen vor dem Einbau durch Zusammenbau von Hand überprüft werden;
- b) Bei verschraubten Garnituren können vor dem Anziehen Muttern stichprobenartig von Hand nach einem anfänglichem Losdrehen auf freies Drehen überprüft werden.

Muttern müssen so eingebaut werden, dass deren Kennzeichnung bei der Kontrolle nach dem Zusammenbau sichtbar ist.

8.2.4 Scheiben

Scheiben sind im Allgemeinen beim Einsatz von nicht planmäßig vorgespannten Schrauben in normalen runden Löchern nicht erforderlich. Falls gefordert, muss festgelegt werden, ob Scheiben unter der Mutter oder unter dem Schraubenkopf, je nachdem auf welcher Seite gedreht wird, oder unter beiden anzuordnen sind. In einschnittigen Verbindungen mit nur einer Schraubenreihe sind Scheiben sowohl unter dem Schraubenkopf als auch unter der Mutter erforderlich.

ANMERKUNG Der Einsatz von Scheiben kann die örtliche Beschädigung von metallischen Überzügen verringern, insbesondere bei dicken Überzügen.

Kopfseitig angeordnete Scheiben bei vorgespannten Schrauben müssen nach EN 14399-6 gefast und mit der Fase zum Schraubenkopf gewandt angeordnet sein. Scheiben nach EN 14399-5 dürfen nur mutterseitig eingesetzt werden.

Flache Scheiben (oder nötigenfalls gehärtete Keilscheiben) müssen bei planmäßig vorgespannten Schrauben wie folgt eingesetzt werden:

- a) bei 8.8-Schrauben muss eine Scheibe unter dem Schraubenkopf oder unter der Mutter angeordnet werden, je nachdem auf welcher Seite gedreht wird;
- b) bei 10.9-Schrauben muss sowohl kopfseitig als auch mutterseitig eine Scheibe angeordnet werden.

Bei Anschlüssen mit Langlöchern und übergroßen Löchern müssen Unterlegbleche eingesetzt werden. Ein zusätzliches Unterlegblech oder $\boxed{A_1}$ bis zu drei zusätzliche Scheiben mit einer maximalen Gesamtdicke von 12 mm $\boxed{A_1}$ dürfen angeordnet werden, um die Klemmlänge von Garnituren anzupassen. $\boxed{A_1}$ Bei planmäßig vorgespannten Garnituren, die mit dem Drehmomentverfahren angezogen werden, (einschließlich HRC-Garnituren) darf nur ein zusätzliches Unterlegblech auf der Seite, auf der gedreht wird, verwendet werden. Alternativ darf ein zusätzliches Unterlegblech oder dürfen zusätzliche Scheiben, auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, angeordnet werden. Ansonsten darf/dürfen in planmäßig vorgespannten und in nicht planmäßig vorgespannten Garnituren ein zusätzliches Unterlegblech oder zusätzliche Scheiben entweder auf der Seite, auf der gedreht wird, oder auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, angeordnet werden.

ANMERKUNG Bei Schrauben kann die Verwendung von zusätzlichen Scheiben oder zusätzlichen Unterlegblechen zu einer Verschiebung der Scherebene führen und sollte daher auf Übereinstimmung mit der Bemessung geprüft werden. $\boxed{A_1}$

$\boxed{A_1}$ Abmessungen $\boxed{A_1}$ und Stahlsorten von Unterlegblechen müssen festgelegt werden. Unterlegbleche dürfen nicht dünner als 4 mm sein.

Keilscheiben müssen eingesetzt werden, wenn die Oberfläche der Konstruktionsmaterialien einen Winkel zur Ebene senkrecht zur Schraubenachse bildet von mehr als:

- a) 1/20 (3°) bei Schrauben mit $d \leq 20$ mm;
- b) 1/30 (2°) bei Schrauben mit $d > 20$ mm.

$\boxed{A_1}$ Abmessungen $\boxed{A_1}$ und Stahlsorten von Keilscheiben müssen festgelegt werden.

8.3 Anziehen nicht planmäßig vorgespannter Schrauben

Die verbundenen Bauteile sind so zusammenzuziehen, dass sie eine weitgehend flächige Anlage erreichen. Zwischenlagen dürfen eingesetzt werden, um eine Anpassung vorzunehmen. Wenn im mittigen Bereich der Verbindung ein Anliegen der Kontaktflächen erreicht wird und kein planmäßiger Kontaktstoß festgelegt ist, dürfen bei Konstruktionsmaterialien mit $t \geq 4$ mm bei Blechen und Profilblechen und $t \geq 8$ mm bei Profilquerschnitten bis zu 4 mm große Spalte zwischen den Kanten verbleiben.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Jede Garnitur muss mindestens „handfest“ angezogen werden, wobei insbesondere bei kurzen Schrauben und M12 darauf zu achten ist, dass diese dabei nicht überlastet werden. Der Anziehvorgang muss für Schrauben einer Schraubengruppe schrittweise ausgehend vom Bereich der höchsten Steifigkeit der Verbindung hin zum Bereich der geringsten Steifigkeit durchgeführt werden. Um einen einheitlichen handfesten Zustand zu erzielen, kann mehr als ein Anziehdurchgang notwendig sein.

ANMERKUNG 1 Der Bereich der höchsten Steifigkeit einer Decklaschenverbindung eines I-Profilquerschnitts ist üblicherweise in der Mitte der Schraubengruppe der Verbindung. Die Bereiche der höchsten Steifigkeit einer Stirnblechverbindung von I-Profilquerschnitten sind üblicherweise in der Nähe der Flansche.

ANMERKUNG 2 Unter dem Begriff „handfest“ kann im Allgemeinen der Zustand verstanden werden, der von einer Person mit einem Schraubenschlüssel normaler Größe ohne Verlängerung erreicht werden kann. Er kann auch als der Arbeitspunkt angesetzt werden, an dem ein Schlagschrauber zu hämmern beginnt.

A1 gestrichener Text **A1**

8.4 Vorbereitung von Kontaktflächen für gleitfeste Verbindungen

Dieser Abschnitt gilt nicht für nichtrostende Stähle, für die sämtliche die Kontaktflächen betreffenden Anforderungen festgelegt werden müssen.

Dieser Abschnitt behandelt nicht den Korrosionsschutz, hierfür sind die Anforderungen in Abschnitt 10 und Anhang F festgelegt.

Der Bereich von Kontaktflächen in planmäßig vorgespannten Verbindungen muss festgelegt werden.

Die Kontaktflächen müssen so vorbereitet sein, dass die geforderte Haftreibungszahl erzielt wird. Diese Haftreibungszahl muss im Allgemeinen anhand des in Anhang G festgelegten Verfahrens ermittelt werden.

Vor dem Zusammenbau sind die folgenden Vorsichtsmaßnahmen zu treffen:

- beim Zusammenbau müssen die Kontaktflächen frei von jeglichen Verunreinigungen sein, wie z. B. Öl, Schmutz oder Farbreste. Grate, die einen festen Sitz der zu verbindenden Teile verhindern würden, müssen entfernt werden;
- unbeschichtete Oberflächen müssen vollständig von Flugrost und anderem losen Material gereinigt sein. Es ist darauf zu achten, dass die aufgeraute Oberfläche nicht beschädigt oder geglättet wird. Unbehandelte Bereiche um die fertig angezogene Verbindung herum müssen solange unbehandelt verbleiben, bis alle Kontrollmaßnahmen für die Verbindung abgeschlossen sind.

Arten von Oberflächenbehandlungen, für die ohne Versuch angenommen werden darf, dass damit mindestens die Haftreibungszahlen der festgelegten Gleitflächenklassen der Reibflächen erzielt werden, sind in Tabelle 18 angegeben.

Tabelle 18 — Für Reibflächen anzunehmende Einstufungen

Oberflächenbehandlung	Gleitflächenklasse	Haftreibungszahl μ
Oberflächen mit Kugeln oder Sand gestrahlt, loser Rost entfernt, nicht körnig.	A	0,50
Oberflächen mit Kugeln oder Sand gestrahlt: a) spritzaluminisiert oder mit einem zinkbasiertem Produkt spritzverzinkt; b) mit Alkali-Zink-Silikat-Anstrich mit einer Dicke von 50 μm bis 80 μm	B	0,40
Oberflächen mittels Drahtbürsten oder Flammstrahlen gereinigt, loser Rost entfernt	C	0,30
Oberflächen im Walzzustand	D	0,20

Diese Anforderungen gelten auch für Futterbleche, die zum Ausgleich von Dickenunterschieden vorgesehen sind, wie in 8.1 festgelegt.

8.5 Anziehen planmäßig vorgespannter Schrauben

8.5.1 Allgemeines

Sofern nichts anderes festgelegt wird, ist für den Nennwert der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ anzusetzen:

$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$, wobei f_{ub} die Nennfestigkeit des Schraubenwerkstoffs und A_s die Spannungsquerschnittsfläche der Schraube ist,

wie in EN 1993-1-8 und Tabelle 19 festgelegt. Dieses Vorspannkraftniveau muss für alle gleitfest vorgespannten Verbindungen und für alle anderen planmäßig vorgespannten Verbindungen angesetzt werden, falls nicht ein geringeres Vorspannkraftniveau festgelegt wird. Im letztgenannten Fall müssen die Garnituren, die Anziehverfahren, die Anziehparameter und die Kontrollanforderungen ebenfalls festgelegt werden.

ANMERKUNG Vorspannung kann zur Gleitfestigkeit, für Verbindungen in erdbebengefährdeten Regionen, zur Ermüdungsfestigkeit, für Ausführungszwecke oder als Qualitätssicherungsmaßnahme (z. B. für die Dauerhaftigkeit) genutzt werden.

Tabelle 19 — Werte von $F_{p,C}$ in kN

Festigkeitsklasse	Schraubendurchmesser in mm							
	12	16	20	22	24	27	30	36
8.8	47	88	137	170	198	257	314	458
10.9	59	110	172	212	247	321	393	572

Sofern keine Einschränkungen hinsichtlich der Anwendung vorliegen, kann jedes der in Tabelle 20 angegebenen Anziehverfahren eingesetzt werden. Die k -Klasse der Garnituren (Kalibrierung im Anlieferungszustand) muss Tabelle 20 entsprechen.

Tabelle 20 — k -Klassen für Anziehverfahren

Anziehverfahren	k -Klassen
Drehmomentverfahren	K2
Kombiniertes Vorspannverfahren	K2 oder K1
HRC Anziehverfahren	K0 nur mit HRD-Muttern oder K2
Verfahren mit direkten Kraftanzeigern (DTI)	K2, K1 oder K0

Als Alternative kann die Kalibrierung nach Anhang H genutzt werden, mit Ausnahme des Drehmomentverfahrens, außer dies ist nach den Ausführungsunterlagen zulässig.

Die Kalibrierung im Anlieferungszustand gilt für das Anziehen durch Drehen der Mutter. Wenn kopfseitiges Anziehen erfolgt, muss die Kalibrierung nach Anhang H oder durch ergänzende Prüfungen durch den Verbindungsmittelhersteller nach EN 14399-2 durchgeführt werden.

Grate, lose Partikel und übermäßig dicke Farbanstriche, die einen festen Sitz der zu verbindenden Teile verhindern würden, müssen vor dem Zusammenbau entfernt werden.

Vor Beginn des Vorspannens müssen die zu verbindenden Bauteile einander angepasst werden. Die Schrauben einer Schraubengruppe müssen nach 8.3 angezogen werden, jedoch ist der verbleibende Spalt auf 2 mm zu begrenzen, ggf. mit Hilfe dafür notwendiger Korrekturmaßnahmen an Stahlbauteilen.

Das Anziehen muss durch Drehen der Mutter erfolgen, es sei denn der mutterseitige Zugang zur Garnitur ist nicht möglich. Abhängig vom verwendeten Anziehverfahren können besondere Vorkehrungen notwendig werden, wenn Schrauben kopfseitig angezogen werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

A1 Sowohl beim ersten als auch beim letzten Anziehschritt muss das Anziehen **A1** schrittweise erfolgen, ausgehend von dem Teil des Anschlusses mit der größten Steifigkeit hin zum nachgiebigsten Teil. Mehr als ein Anziehdurchgang kann notwendig sein, um gleichmäßige Vorspannkräfte zu erzielen.

Verwendete Anziehgeräte müssen bei allen Anziehschritten des Drehmomentverfahrens eine Genauigkeit von $\pm 4\%$ nach EN ISO 6789 besitzen. **A1** Jedes Anziehgerät ist nach EN ISO 6789 zu warten; im Falle von pneumatischen Anziehgeräten ist das Gerät jedes Mal, wenn Schlauchlängen geändert werden, zu überprüfen. **A1** und im Falle von pneumatischen Anziehgeräten jedes Mal, wenn Schlauchlängen geändert werden. Bei Anziehgeräten, die im ersten Anziehschritt des kombinierten Vorspannverfahrens eingesetzt werden, gelten diese Anforderungen geändert auf $\pm 10\%$ Genauigkeit und jährliche Wiederholungen.

Eine Überprüfung muss nach jeglichem Vorfall erfolgen, der während des Einsatzes auftritt (erheblicher Stoß, Hinfallen, Überlastung ...) und das Anziehgerät beeinträchtigt.

Andere Anziehverfahren (z. B. axiales Vorspannen mittels hydraulischer Anziehgeräte oder Vorspannen mit Ultraschallkontrolle) müssen nach den Empfehlungen des Ausrüstungsherstellers kalibriert werden.

Hochfeste Schrauben zum planmäßigen Vorspannen müssen ohne Änderung der Schmierung im Anlieferungszustand eingesetzt werden, es sei denn, das DTI-Verfahren oder das Verfahren nach Anhang H wird genutzt.

Wird eine Garnitur, die bis zur Mindestvorspannkraft angezogen worden ist, später gelöst, muss diese entfernt werden, und die komplette Garnitur muss ausgesondert werden.

Garnituren, die zum ersten Zusammenbau eingesetzt werden, brauchen im Allgemeinen nicht bis zur Mindestvorspannkraft angezogen oder wieder gelöst zu werden, und können daher beim endgültigen Verschraubungsvorgang an gleicher Stelle verwendet werden.

ANMERKUNG Eine Verzögerung des Anziehvorgangs auf Grund von unkontrollierbaren Expositionsbedingungen kann das Verhalten der Schmierung ändern; dieses sollte daher geprüft werden.

Der mögliche Vorspannkraftverlust hat mehrere Ursachen, z. B. Relaxieren, Kriechen der Beschichtungen (siehe Anhang F.4 und **A1** Tabelle 18 **A1**), und wird bei den nachfolgend festgelegten Anziehverfahren berücksichtigt. Bei dicken Oberflächenbeschichtungen ist festzulegen, ob Maßnahmen zum Ausgleich eines möglichen nachträglichen Verlustes der Vorspannkraft erforderlich sind.

ANMERKUNG Bei Anwendung des Drehmomentverfahrens kann dies durch erneutes Anziehen nach einem Intervall von einigen Tagen erfolgen.

8.5.2 Referenz-Drehmomente

Die Referenz-Drehmomente $M_{r,i}$, die zum Erreichen des erforderlichen Nennwertes der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ eingesetzt werden, werden für jede Schraube-Mutter-Kombination auf eine der folgenden Weisen bestimmt:

a) Werte, basierend auf einer durch den Schraubenhersteller in Übereinstimmung mit den maßgebenden Teilen von EN 14399 deklarierten k -Klasse:

$$1) \quad M_{r,2} = k_m d F_{p,C} \quad \text{mit } k_m \text{ für } k\text{-Klasse K2.}$$

$$2) \quad M_{r,1} = k_m d F_{p,C} \quad \text{mit } k_m \text{ für } k\text{-Klasse K1.}$$

b) Werte, ermittelt nach Anhang H:

- 1) $M_{r,\text{test}} = M_m$, wobei M_m nach der für das einzusetzende Anziehverfahren maßgebenden Vorgehensweise bestimmt wird.

8.5.3 Drehmomentverfahren

Die Schrauben müssen mit einem Anziehgerät angezogen werden, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Handbetriebene oder automatische Drehschrauber können verwendet werden. Schlagschrauber dürfen nur für den ersten Anziehschritt für jede Schraube eingesetzt werden.

Das Anziehmoment muss kontinuierlich und gleichmäßig aufgebracht werden.

Der Anziehvorgang mit dem Drehmomentverfahren besteht mindestens aus den beiden folgenden Schritten:

- a) 1. Anziehschritt: Der Drehschrauber wird auf ein Anziehmoment von etwa $0,75 M_{r,i}$ eingestellt, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,\text{test}}$ entspricht. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird;
- b) 2. Anziehschritt: Der Drehschrauber wird auf ein Anziehmoment von $1,10 M_{r,i}$ eingestellt, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,\text{test}}$ entspricht.

ANMERKUNG Anstelle der genauen Berechnungsformel $(1 + 1,65 V_k)$ mit $V_k = 0,06$ für k -Klasse K2 kann gleichwertig auch der Faktor $1,10$ zusammen mit $M_{r,2}$ angewandt werden.

8.5.4 Kombiniertes Vorspannverfahren

Das Anziehen mittels kombiniertem Vorspannverfahren besteht aus zwei Schritten:

- a) ein erster Anziehschritt mit einem Anziehgerät, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Der Drehschrauber wird auf ein Anziehmoment von etwa $0,75 M_{r,i}$ eingestellt, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,1}$ oder $M_{r,\text{test}}$ entspricht. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird;

Sofern nichts anderes festgelegt wird, darf $M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$ vereinfachend angesetzt werden.

- b) ein zweiter Anziehschritt, in dem ein festgelegter Weiterdrehwinkel auf den gedrehten Teil der Garnitur aufgebracht wird. Die Lage der Mutter relativ zum Schraubengewinde muss nach dem ersten Anziehschritt mittels Markierkreide oder Markierfarbe gekennzeichnet werden, so dass der Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zum Schraubengewinde in diesem zweiten Anziehschritt leicht bestimmt werden kann.

Der zweite Anziehschritt muss in Übereinstimmung mit den in Tabelle 21 angegebenen Werten durchgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Tabelle 21 — Kombiniertes Vorspannverfahren: Weiterdrehwinkel (8.8 und 10.9 Schrauben)

Gesamtstärkigkeit „t“ der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) $d = \text{Schraubendurchmesser}$	Während des zweiten Anziehschrittes aufzubringender Weiterdrehwinkel	
	Grad	Drehung
$t < 2 d$	60	1/6
$2 d \leq t < 6 d$	90	1/4
$6 d \leq t \leq 10 d$	120	1/3

ANMERKUNG Ist die Oberfläche unter dem Schraubenkopf oder der Mutter (unter Berücksichtigung von gegebenenfalls eingesetzten Keilscheiben) nicht senkrecht zur Schraubenachse, sollte der erforderliche Weiterdrehwinkel durch Versuche bestimmt werden

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

8.5.5 Verfahren für HRC-Schrauben

Die HRC-Schrauben müssen mit Hilfe eines speziellen Abscherschraubers angezogen werden, der mit zwei koaxialen Einsätzen ausgestattet ist, die durch ihre Drehmomente gegenläufig zueinander wirken. Der äußere Einsatz zur Aufnahme der Mutter dreht sich im Uhrzeigersinn. Der innere Einsatz zur Aufnahme des Abscherendes der Schraube dreht sich entgegen dem Uhrzeigersinn.

ANMERKUNG 1 Der Abscherschrauber funktioniert wie folgt:

- Während des Anziehvorgangs einer Garnitur befindet sich derjenige Einsatz in Drehbewegung, der den geringsten Widerstand gegen diese Bewegung bietet;
- von Anfang an und $\overline{A_1}$ bis zum abschließenden Anziehschritt $\overline{A_1}$ dreht sich der äußere Einsatz auf der Mutter im Uhrzeigersinn, während der innere Einsatz das Abscherende hält, ohne sich zu drehen, wodurch die Garnitur mit zunehmendem Anziehdrehmoment auf die Mutter schrittweise angezogen wird;
- $\overline{A_1}$ Beim abschließenden Anziehschritt $\overline{A_1}$, d. h. wenn das Torsionsfestigkeitsplateau der Sollbruchstelle erreicht ist, dreht sich der innere Einsatz entgegen dem Uhrzeigersinn, während der äußere Einsatz auf der Mutter ohne Drehbewegung reagiert;
- der Einbau der Garnitur ist abgeschlossen, wenn das Abscherende an der Sollbruchstelle abschert.

Die festgelegten Anforderungen an die Vorspannung werden durch die HRC-Schraube anhand von geometrischen und mechanischen Torsionseigenschaften zusammen mit dem Schmierungszustand selbstregelnd überwacht. Das Anziehgerät erfordert keine Kalibrierung.

Um sicherzustellen, dass in Verbindungen die Vorspannungen von vollständig eingebauten Schrauben die Anforderung an die festgelegte Mindestvorspannung erfüllen, umfasst der Einbauprozess für die Schrauben im Allgemeinen zwei Anziehschritte, beide mit Einsatz des Abscherschraubers.

Der erste Anziehschritt ist spätestens dann abgeschlossen, wenn der äußere Einsatz des Abscherschraubers zu drehen aufhört. Falls festgelegt, wird dieser erste Anziehschritt so oft wie nötig wiederholt. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird.

ANMERKUNG 2 Eine Anleitung des Anziehgeräteherstellers kann zusätzliche Informationen geben, wie das erfolgte Voranziehen festzustellen ist, z. B. durch einen wechselnden Klang des Abscherschraubers, oder ob andere Voranziehmethoden geeignet sind.

Der zweite Anziehschritt ist dann abgeschlossen, wenn das Wegbrechen des Abscherendes der Schraube an der Sollbruchstelle auftritt.

Sind die Einbaubedingungen so, dass die Anwendung des Abscherschraubers an der HRC-Garnitur nicht möglich ist, z. B. bei Platzmangel, $\overline{A_1}$ muss die Vorgehensweise beim Anziehen in Übereinstimmung mit dem Drehmomentverfahren sein $\overline{A_1}$, siehe 8.5.3, mit Hilfe der Angaben für die k -Klasse K2 oder mittels eines direkten Kraftanzeigers, siehe 8.5.6, durchgeführt werden.

8.5.6 Verfahren mit direkten Kraftanzeigern

Dieser Abschnitt gilt für deformierbare Scheiben, wie z. B. direkte Kraftanzeiger in Übereinstimmung mit $\overline{A_1}$ EN 14399-9 $\overline{A_1}$, die mindestens das Erreichen der erforderlichen Mindestvorspannkraft durch Überwachung der Schraubenzugkraft anzeigen. Er gilt nicht für torsionsgesteuerte Kraftanzeiger und nicht für die direkte Messung der Schraubenvorspannung beim Einsatz hydraulischer Geräte.

Der direkte Kraftanzeiger mit den zugehörigen Scheiben muss, wie in Anhang J festgelegt, verschraubt werden.

Der erste Anziehschritt zum Erreichen eines einheitlichen „handfesten“ Zustands einer Garnitur muss bis zur beginnenden Verformung der DTI-Überstände gehen. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor der zweite Anziehschritt begonnen wird.

Der zweite Anziehschritt muss nach $\overline{A_1}$ EN 14399-9 $\overline{A_1}$ und Anhang J durchgeführt werden. Die an der anzeigenden Scheibe gemessenen Spalte dürfen bei der Beurteilung einer Garnitur gemittelt werden.

8.6 Passschrauben

Passschrauben können in vorgespannten oder nicht vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden. Es gelten die zutreffenden Anforderungen der Abschnitte 8.1 bis 8.5, und die folgenden Zusatzanforderungen.

Bei Passschrauben sollte die Länge des Gewindeanteils des Schraubenschaftes (einschließlich des Gewindeauslaufs) im auf Lochleibung beanspruchten Blech $1/3$ der Blechdicke nicht überschreiten, siehe Bild 4, sofern nichts anderes festgelegt wird.

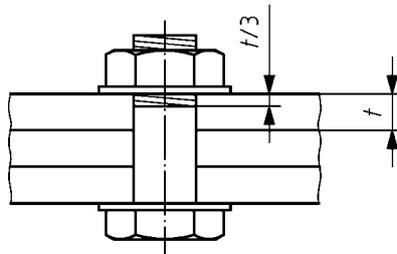


Bild 4 — Gewindeanteil des Schraubenschaftes im auf Lochleibung beanspruchten Blech bei Passschrauben

Passschrauben müssen ohne übermäßigen Kraftaufwand eingesetzt werden, so dass das Gewinde nicht beschädigt wird.

8.7 Nieten

8.7.1 Niete

Jeder Niet muss eine ausreichende Länge aufweisen, um einen Kopf mit gleichmäßigen Abmessungen und eine vollständige Füllung des Lochs sicherzustellen und um Eindrückungen durch das Nietgerät an den äußeren Blechoberflächen zu vermeiden.

8.7.2 Einbau von Nieten

Die verbundenen Bauteile sind so zusammenzuziehen, dass sie eine weitgehend flächige Anlage erreichen und während des Nietens zusammengehalten sind.

Die maximale Exzentrizität zwischen gemeinsamen Löchern einer Nietgarnitur darf nicht größer als 1 mm sein. Aufreiben ist zulässig, um diese Anforderung zu erfüllen. Nach dem Aufreiben kann es notwendig sein, einen größeren Nietdurchmesser einzubauen.

Bei Nietverbindungen mit vielen Nieten muss vor dem Nieten in mindestens jedem vierten Loch eine temporäre vorgespannte Verschraubung angeordnet werden. Das Nieten muss in der Mitte der Nietgruppe beginnen. Bei einzelnen Nietverbindungen sind besondere Maßnahmen zu treffen, um die Bauteile zusammenzuhalten (z. B. durch Einspannen).

Falls möglich, muss das Nieten mit Hilfe von Geräten durchgeführt werden, die einen konstanten Druck liefern. Nachdem das Heißstauchen erfolgt ist, muss der Antriebsdruck auf den Niet für eine kurze Zeit beibehalten werden, so dass der Kopf schwarz ist, wenn das Gerät abgeschaltet wird.

Jeder Niet muss über seine Länge gleichmäßig erhitzt werden, ohne zu verbrennen oder übermäßig zu verzundern. Er muss zum Zeitpunkt des Einbaus vom Kopf zur Spitze gleichmäßig hellrot glühend sein und muss über seine gesamte Länge so gestaucht werden, dass das Loch vollständig gefüllt ist. Beim Erhitzen und Einbau langer Niete ist besondere Sorgfalt nötig.

Jeder Niet muss nach dem Erhitzen und vor dem Einsetzen in das Loch von Zunder befreit werden durch Schlagen des heißen Niets auf eine harte Fläche.

Ein verbrannter Niet darf nicht verwendet werden. Ein nicht sofort eingebauter heißer Niet darf nicht wiedererhitzt werden.

Wird eine blechebene Oberfläche eines Senknietes festgelegt, muss der hervorstehende Nietwerkstoff abgeschlagen oder abgearbeitet werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

8.7.3 Abnahmekriterien

Die Nietköpfe müssen zentriert sein. Die Kopfxentrität darf relativ zur Schaftachse $0,15 d_0$ nicht überschreiten, wobei d_0 der Lochdurchmesser ist.

Die Nietköpfe müssen gut geformt sein und dürfen keine Risse oder Grübchen aufweisen.

Die Nieten müssen in genügendem Kontakt mit den verbundenen Teilen sein, sowohl an den äußeren Blechoberflächen als auch im Loch. Wird der Nietkopf mit einem Hammer leicht angeschlagen, darf keine erkennbare Verschiebung oder Vibration auftreten.

Eine kleine, gut geformte und zentrierte Nut kann akzeptiert werden, falls in der Nietgruppe nur eine geringe Anzahl an Nieten betroffen ist.

Für die äußeren Blechoberflächen kann festgelegt werden, dass sie frei von Eindrücken durch das Nietgerät sein müssen.

Werden Senknieten gefordert, müssen die Nietköpfe die Senkungen nach dem Nieten vollständig ausfüllen. Ist die Senkung nicht vollständig gefüllt, muss der Niet ersetzt werden.

Jeder Niet, der die Abnahmekriterien nicht erfüllt, muss entfernt und durch einen neuen ersetzt werden.

8.8 Befestigung dünnwandiger Bauteile

8.8.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt gilt für dünnwandige Bauteile bis zu 4 mm Dicke.

Die Funktion der Verbindungsmittel hängt von der Vorgehensweise auf der Baustelle ab, die anhand einer Verfahrensprüfung bestimmt werden kann. Verfahrensprüfungen können verwendet werden, um nachzuweisen, dass die erforderlichen Verbindungen unter Baustellenbedingungen ausgeführt werden können. Die folgenden Gesichtspunkte sollten berücksichtigt werden:

- a) die Fähigkeit, richtige Lochgrößen für selbstschneidende Blechschrauben und Nieten herzustellen;
- b) die Fähigkeit, automatische Schrauber mit dem richtigen Anziehmoment/Tiefenanschlag korrekt einzustellen;
- c) die Fähigkeit, selbstbohrende Schrauben senkrecht zur verbundenen Fläche einzuschrauben und Dichtscheiben innerhalb der vom Hersteller der Scheiben festgelegten Grenzwerte korrekt anzudrücken;
- d) die Fähigkeit, Setzbolzen auszuwählen und einzusetzen;
- e) die Fähigkeit, eine ausreichende tragende Verbindung zu bilden und eine unzureichende zu erkennen.

Verbindungsmittel müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Produktherstellers verwendet werden.

Der Einsatz von besonderen Verbindungsmitteln und von besonderen Befestigungsverfahren wird in 8.9 behandelt.

8.8.2 Einsatz von selbstschneidenden und selbstbohrenden Blechschrauben

Die Länge und Gewindeform von Blechschrauben muss für die besondere Anwendung und die Dicke der zu befestigenden Konstruktionsmaterialien passend gewählt werden. Die wirksame Gewindelänge muss so sein, dass der Gewindeteil in das Grundbauteil eingreift.

Blechschrauben erfordern für bestimmte Anwendungen ein unterbrochenes Gewinde. Wird eine Dichtscheibe verwendet, sollte die Dicke der Scheibe bei der Wahl der Gewindelänge berücksichtigt werden

Die Verbindungsmittel müssen in der Sickenkehle angeordnet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Werden Blechschrauben an der Oberfläche eines Dachdeckungsprofils befestigt, muss darauf geachtet werden, dass Kerben im Profilblech am Eindringpunkt vermieden werden.

Automatische Werkzeuge zum Einbau von Blechschrauben müssen ein justierbares Anschlag- und/oder Momenten-Kontrollsystem besitzen, das in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers der Verbindungsmittel einzustellen ist. Sofern automatische Schrauber verwendet werden, muss die Bohr- und Antriebsgeschwindigkeit (Umdrehungen je Minute) in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Produkt Herstellers sein.

Werden Dichtscheiben verwendet, müssen die Blechschrauben so gesetzt werden, dass die korrekte Eindrückung erzielt wird, wie in Bild 5 gezeigt.

Das Kontrollsystem eines automatischen Schraubers muss so eingestellt werden, dass die Zusammendrückung der elastomeren Scheibe innerhalb der vom Produkthersteller angegebenen Grenzwerte liegt.

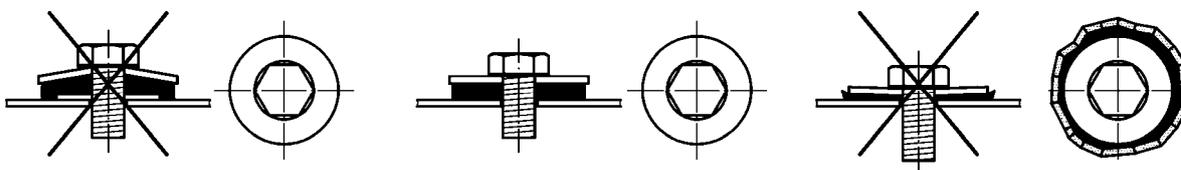


Bild 5 — Anleitung für die Eindrückung von Dichtscheiben

Blechschrauben ohne Dichtscheiben müssen mit Hilfe eines geeigneten Anschlag- oder Momenten-Kontrollsystems so gesetzt werden, dass ein Überanziehen vermieden wird.

Die Momentenkontrolle muss so eingestellt sein, dass das gewindeerzeugende Moment erzielt wird, ohne dass das Kopfabstermoment oder das Gewindeabstreifmoment überschritten wird.

8.8.3 Einsatz von Blindnieten

Die Wahl der Länge eines Blindnietes muss der zu verbindenden Gesamtdicke entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die vom Produkthersteller empfohlene Nietlänge berücksichtigt im Allgemeinen ein gewisses Beiziehen der zu verbindenden Bleche.

ANMERKUNG 2 Die meisten Hersteller bieten passend für die unterschiedlichen Verbrauchsmengen eine Reihe handbetriebener und automatischer Setzwerkzeuge an. Diese sind für einen Bereich von Blindnietentypen und -größen meist leicht anzupassen, allein durch Auswechseln des Aufsatzstücks und/oder Einsetzens von Klemmbacken. Im Allgemeinen sind für das Setzen der Niete bei beengten Platzverhältnissen austauschbare Köpfe verfügbar, wie z. B. für innenliegende Kehlen oder zylindrische Querschnitte.

ANMERKUNG 3 Eine passend vorabgestimmtes Verhältnis von Nietkörper/Nietdorn stellt einheitliche Anschlusseigenschaften sicher.

Das Setzen der Blindniete muss nach den Empfehlungen des Produktherstellers durchgeführt werden.

Nach Beendigung der Verlegearbeiten müssen die Sollbruchdornreste gesammelt und von den Außenflächen entfernt werden, um eine nachfolgende Korrosion zu verhindern.

8.8.4 Überlappverbindungen

Verbindungen, die Blechtafeln miteinander (Überlappungen) und solche Elemente wie Abweisbleche und Zubehörteile befestigen, müssen für das Zusammenziehen überlappender Profilbleche geeignet sein.

Überlappungen von Profilblechen einer der Witterung ausgesetzten Dachfläche sollten nach den Empfehlungen des Produktherstellers befestigt werden. Der Mindestdurchmesser dieser Verbindungsmittel sollte bei selbstschneidenden und selbstbohrenden Blechschrauben 4,8 mm und bei Blindnieten 4,0 mm betragen.

Werden dünnwandige Profilbleche als Schubfeld eingesetzt, müssen die Anforderungen an die Verbindungsmittel der Überlappungen als tragende Verbindungsmittel festgelegt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

8.9 Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren

Besondere Verbindungsmittel müssen verwendet und besondere Befestigungsverfahren müssen ausgeführt werden in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers und den zutreffenden Abschnitten von 8.1 bis 8.8. Dies gilt auch für Schrauben, die ein Stahltragwerk mit anderen Konstruktionswerkstoffen verbinden, einschließlich chemisch verdübelter Ankerschrauben.

ANMERKUNG 1 Beispiele für besondere Befestigungsverfahren sind besondere Gewindebohrungen, Gewindebolzen, Kleben oder Durchsetzfügen, wo Bleche durch örtliche Verformungen verbunden werden.

Solche Verfahren dürfen nur verwendet werden, falls dies festgelegt ist. Alle für den Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren in nicht vorgespannten oder vorgespannten Anwendungen erforderlichen Verfahrensprüfungen müssen festgelegt werden. Es können Prüfungen notwendig sein, die von den für Schrauben festgelegten abweichen. Wenn ausreichende Angaben aus vorhergehenden Verfahrensprüfungen vorliegen, kann auf weitere Prüfungen verzichtet werden.

Besondere Gewindebohrungen oder Gewindebolzen können unter der Voraussetzung als gleichwertig zum Einsatz von Garnituren nach 5.6.3 verwendet werden, dass die Werkstoffe, Gewindeformen und Gewindetoleranzen mit den entsprechenden Produktnormen übereinstimmen.

Anforderungen an den Einsatz von Sechskant-Injektions-Schrauben müssen festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Anhang K enthält Angaben zur Bereitstellung und zum Einsatz von Sechskant-Injektions-Schrauben und kann geltend gemacht werden.

8.10 Verschleiß und Fressen bei nichtrostenden Stählen

Verschleiß infolge örtlicher Adhäsion und Durchbrechen der Reaktionsschichten kann auftreten, wenn die Oberflächen während des Befestigens stark beansprucht und relativ zueinander bewegt werden. In einigen Fällen kann Kaltschweißen und Fressen auftreten.

Durch folgende Vorgehensweisen lassen sich Verschleißprobleme vermeiden:

- a) Unterschiedliche, genormte Sorten von nichtrostendem Stahl können verwendet werden, die sich hinsichtlich Zusammensetzung, Vergütungsgefüge und Härte voneinander unterscheiden (z. B. folgende Kombinationen von Schraube und Mutter: A2-C4, A4-C4 oder A2-A4 nach EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2);
- b) In besonderen Fällen kann ein Bauteil aus einer nichtrostenden Stahllegierung mit geeigneter hoher Verfestigung bestehen oder die Auftragung einer harten Oberflächenbeschichtung wird durchgeführt, z. B. durch Nitrieren oder Hartverchromung;
- c) Einsatz von Mitteln, die den Verschleiß hemmen, wie z. B. eine aufgesprühte PTFE-Trockenschicht.

Werden unterschiedliche Metalle oder Überzüge verwendet, ist es erforderlich, dafür Sorge zu tragen, dass die notwendige Korrosionsbeständigkeit gegeben ist.

ANMERKUNG Das Einfetten von Schrauben ist nützlich, kann jedoch zur Verunreinigung durch Schmutz und zu Problemen bei der Lagerung führen.

9 Montage

9.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält die Anforderungen an die Montage und andere Baustellenarbeiten einschließlich Fundamentvergießens und diejenigen, die die Eignung der Baustelle in Hinblick auf eine sichere Montage und eine genaue Ausrichtung der Lager betreffen

Arbeiten, die auf der Baustelle erfolgen, einschließlich Vorbereitung, Schweißen, Anschlüsse mit mechanischen Verbindungsmitteln und der Oberflächenschutz müssen nach den Abschnitten 6, 7, 8 und 10 durchgeführt werden.

Kontrolle und Abnahme des Tragwerks müssen in Übereinstimmung mit den in Abschnitt 12 festgelegten Anforderungen durchgeführt werden.

9.2 Baustellenbedingungen

Die Montage darf erst begonnen werden, sobald die Baustelle den technischen Anforderungen in Hinblick auf die Arbeitssicherheit genügt. Dabei müssen die folgenden Elemente berücksichtigt werden, falls zutreffend:

- a) Einrichtung und Erhaltung fester Standflächen für Krane und Arbeitsbühnen;
- b) Zugangswege zur und innerhalb der Baustelle;
- c) Bodenbedingungen, die die Sicherheit der Bauarbeiten beeinflussen;
- d) mögliche Setzungen von Auflagern während der Montage;
- e) Versorgungsleitungen im Boden, Freileitungskabel oder Baustellenhindernisse;
- f) Begrenzungen der Maße oder Gewichte von auf die Baustelle anzuliefernden Bauteilen;
- g) besondere Umgebungsbedingungen und Klimaverhältnisse auf der und rund um die Baustelle;
- h) Besonderheiten im Zusammenhang mit benachbarten Tragwerken, die die Stahlbauarbeiten beeinflussen oder von diesen beeinflusst werden.

Zugangswege zur Baustelle und innerhalb der Baustelle sollten auf einem Baustellenplan verzeichnet sein, mit Angaben zu Abmessungen und Höhenlage der Zufahrt, zur Höhenlage der für den Baustellenverkehr und die Arbeiten vorgesehenen Arbeitsbereiche und zu verfügbaren Lagerplätzen.

Wenn die Stahlkonstruktion mit anderen Gewerken verbunden ist, müssen die technischen Anforderungen in Bezug auf die Arbeitssicherheit mit denen der anderen Bauwerksteile auf Verträglichkeit überprüft werden. Diese Überprüfung muss die folgenden Elemente berücksichtigen, falls zutreffend:

- i) Kooperationsvereinbarungen mit anderen Auftragnehmern;
- j) Verfügbarkeit der Baustellenversorgung;
- k) zulässige Höchstbelastungen und Lagerlasten auf das Stahltragwerk im Bauzustand;
- l) Überwachung des Betoniervorgangs bei Verbundbauweise.

ANMERKUNG EN 1991-1-6 enthält Regeln zur Bestimmung von Bauausführungs- und Lagerungslasten einschließlich der Lasten beim Betonieren.

9.3 Montageverfahren

9.3.1 Bemessungsgrundlagen für das Montageverfahren

Falls Zweifel hinsichtlich der Standsicherheit des Tragwerks im teilerrichteten Zustand bestehen, muss ein der Bemessung zugrundeliegendes, sicheres Montagekonzept vorliegen. Dieses Montagekonzept muss die folgenden Elemente berücksichtigen:

- a) Positionen und Arten von Baustellenverbindungen;
- b) maximale Größe, Gewicht von Teilen und der Einbauort;
- c) Abfolge der Montage;
- d) Standsicherheitskonzept für das teilerrichtete Tragwerk einschließlich der Anforderungen an temporäre Verbände oder Abstützungen;
- e) Hilfsabstützungen oder andere Maßnahmen zur Ausführung von Betonierfolgen von Verbundtragwerken;
- f) Bedingungen für das Entfernen von Hilfsverbänden oder Hilfsabstützungen oder jegliche Anforderung an das Be- oder Entlasten des Tragwerks;
- g) Besonderheiten, die ein Sicherheitsrisiko während der Montage verursachen können;
- h) Zeitplan und Verfahren für das Ausrichten von Fundamentanschlüssen oder Lagern und für das Vergießen;
- i) erforderliche Überhöhungen und Voreinstellungen im Verhältnis zu den im Fertigungsstadium vorgesehenen;

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- j) Einsatz dünnwandiger Profilbleche zur Gewährleistung der Standsicherheit;
- k) Einsatz dünnwandiger Profilbleche zur Verhinderung seitlichen Ausweichens;
- l) Transport von Einheiten, einschließlich Anschlaghilfen zum Heben, Drehen oder Ziehen;
- m) Stellen und Bedingungen für Auflagerung und Anheben;
- n) Standsicherheitskonzept für die Lager;
- o) Verformungen des teilweise errichteten Tragwerks im Bauzustand;
- p) erwartete Setzungen der Lager;
- q) besondere Laststellungen und Lasten aus Kranen, gelagerten Bauteilen, Ballastgewichten usw. für die verschiedenen Bauzustände;
- r) Anweisungen für die Lieferung, Lagerung, Hubvorgänge, Einbau und das Vorspannen von Abspannseilen;
- s) Einzelheiten zu allen temporären Stahlkonstruktionen und Hilfseinrichtungen an der permanenten Stahlkonstruktion mit Anweisungen zu deren Entfernen.

9.3.2 Montageverfahren des Herstellers

Eine Verfahrensanweisung, die das Montageverfahren des Herstellers beschreibt, muss erstellt werden, wobei überprüft werden muss, ob diese mit den Bemessungsannahmen verträglich sind, vor allem in Hinblick auf die Standsicherheit des teilerrichteten Tragwerks unter Montagelasten und anderen Lasten.

Die Montageanweisung darf vom Montagekonzept abweichen, falls sie eine sichere Alternative darstellt.

Ergänzungen zur Montageanweisung, einschließlich derer, die aufgrund der Baustellenverhältnisse notwendig werden, müssen überprüft und nach der oben genannten Anforderung bewertet werden.

Die Montageanweisung muss Verfahren beschreiben, die das einwandfreie Errichten des Stahltragwerks sicherstellen, und muss dabei die technischen Anforderungen in Bezug auf die Arbeitssicherheit berücksichtigen.

Die Verfahren sollten mit spezifischen Arbeitsanweisungen gekoppelt werden.

Die Montageanweisung muss alle in 9.3.1 genannten, zutreffenden Elemente behandeln und gegebenenfalls noch folgende nachstehende:

- a) Erfahrungen aus allen nach 9.6.4 durchgeführten Probemontagen;
- b) Haltevorrichtungen zur Gewährleistung der Standsicherheit beim Schweißen und zur Überwachung örtlicher Verschiebungen des Stoßes;
- c) notwendige Hebezeuge;
- d) Notwendigkeit, bei großen oder unregelmäßig geformten Teilen die Gewichte zu vermerken und/oder Schwerpunkte zu kennzeichnen;
- e) Verhältnis zwischen Hebegewichten und Reichweite bei Kraneinsatz;
- f) Identifizierung von Seiten- und Überschlagskräften, insbesondere die infolge vorhergesagter Windlasten auf der Baustelle während der Montage zu erwartenden, und detaillierte Maßnahmen zur Erhaltung einer angemessenen Seiten- und Überschlagssteifigkeit;
- g) Maßnahmen, um Sicherheitsrisiken zu begegnen;
- h) Maßnahmen zur Gewährung sicherer Arbeitsplätze und sicherer Zugänge zum Arbeitsbereich.

Für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton gilt zusätzlich Folgendes:

- i) Der Einsatz dünnwandiger Profilbleche für Verbunddecken erfordert die Planung der Befestigungsreihenfolge, um sicherzustellen, dass die Profilbleche vor der Fixierung durch das Traggerüst ausreichend unterstützt und bei deren Begehung in nachfolgenden Arbeitsvorgängen gesichert sind;

- j) Stahlprofilbleche sollten für das Schweißen von Kopfbolzen nicht begangen werden, es sei denn, die Profilbleche sind bereits durch Verbindungsmittel nach i) gesichert;
- k) Betonierfolge sowie Sicherungs- und Abdichtungsmethode bei verlorener Schalung, um sicherzustellen, dass die Schalung gesichert ist, bevor sie für den Fortgang nachfolgender Bauarbeiten und zur Unterstützung von Deckenbewehrung und Aufbeton eingesetzt wird.

Faktoren, die mit der Ausführung der Betonkonstruktion im Zusammenhang stehen, sollten je nach vorliegenden Gegebenheiten berücksichtigt werden, wie z. B. Betonierfolge, Vorspannen, Temperaturdifferenz zwischen Stahl und Frischbeton, Hubstellen und Abstütungen.

9.4 Vermessung

9.4.1 Bezugssystem

Vermessungen der Stahlkonstruktion auf der Baustelle müssen sich auf ein System beziehen, das für das Ausrichten und die Vermessung des Bauwerks nach ISO 4463-1 erstellt wurde.

Es muss ein Vermessungsprotokoll über das Sekundärsystem angefertigt werden, das als Bezugssystem zum Ausrichten des Stahltragwerks und zum Festlegen der Abweichungen der Lager verwendet wird. Die Koordinaten im Sekundärsystem dieser Vermessung sind unter der Voraussetzung, dass sie mit den in ISO 4463-1 festgelegten Abnahmekriterien übereinstimmen, als korrekt anzunehmen.

Die Bezugstemperatur für das Ausrichten und Vermessen des Stahltragwerks muss festgelegt werden.

9.4.2 Positionspunkte

Positionspunkte, mit denen die Solllage für die Montage einzelner Bauteile gekennzeichnet wird, müssen ISO 4463-1 entsprechen.

9.5 Abstütungen, Verankerungen und Lager

9.5.1 Kontrolle von Abstütungen

Vor Beginn der Montage müssen Zustand und Position von Abstütungen einer Sichtprüfung unterzogen und geeignete Vermessungen durchgeführt werden.

Sind die Abstütungen für die Montage nicht passend, müssen sie vor Beginn der Montage korrigiert werden. Nichtkonformitäten müssen dokumentiert werden.

9.5.2 Ausrichten und Eignung von Abstütungen

Alle Fundamente, Ankerschrauben und andere Abstütungen des Stahltragwerks müssen **[A₁]** *gestrichener Text* **[A₁]** für das Stahltragwerk geeignet vorbereitet sein. Der Einbau von Lagern muss den Anforderungen von EN 1337-11 genügen.

Die Montage darf erst dann **[A₁]** begonnen **[A₁]** werden, wenn Position und Höhenlage der Abstütungen, Verankerungen und Lager den Abnahmekriterien in 11.2 entspricht, oder eine geeignete Ergänzung der festgelegten Anforderungen vorgenommen worden ist.

Die zur Überprüfung der Einhaltung der Abstütungspositionen durchgeführte Vermessung muss dokumentiert werden.

Sollen Ankerschrauben vorgespannt werden, ist dafür zu Sorge zu tragen, dass mindestens die oberen 100 mm der Ankerschraube nicht mit dem Beton in Berührung stehen.

[A₁] Für **[A₁]** Ankerschrauben, die sich planmäßig in Schutzhülsen bewegen sollen, sollten Hülsen mit dem Dreifachen des Ankerschraubendurchmessers verwendet werden, jedoch mindestens 75 mm.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

9.5.3 Aufrechterhaltung der Gebrauchsfähigkeit der Abstützungen

Während der Montagedauer müssen die Abstützungen für das Stahltragwerk in dem Zustand erhalten werden, den sie zu Beginn der Montage hatten.

ANMERKUNG 1 Bereiche von Abstützungen, die Schutz gegen Korrosion erfordern, sollten kenntlich gemacht werden; ein geeigneter Schutz sollte vorgesehen werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, ist ein Ausgleichen der Auflagersetzung akzeptabel. Dies muss durch Vergießen oder mit Hilfe von zwischen Stahltragwerk und Abstützung angeordneten Futterblechen erfolgen.

ANMERKUNG 2 Das Ausgleichen erfolgt im Allgemeinen unterhalb der Lager.

9.5.4 Temporäre Abstützungen

Zwischenlagen und andere Hilfsmittel, die als temporäre Abstützungen unter Fußplatten verwendet werden, müssen zum Stahl eine ebene Oberfläche aufweisen und eine ausreichende Größe, Festigkeit und Steifigkeit haben, um örtliche Abplatzungen der Beton- oder Mauerwerksunterkonstruktion zu vermeiden.

Sofern nicht anders festgelegt, sind Futterbleche, die nachträglich vergossen werden, so anzuordnen, dass sie vom Verguss vollständig umschlossen werden, wobei die Mindestdeckung 25 mm betragen muss.

Sofern nicht anders festgelegt, dürfen bei Brücken keine Futterbleche verbleiben.

Futterbleche, die nach dem Vergießen verbleiben, müssen aus Werkstoffen sein, die die gleiche Dauerhaftigkeit wie das Tragwerk aufweisen.

Werden zum Einstellen der Auflagerposition unter der Fußplatte Ausgleichsmuttern auf den Ankerschrauben verwendet, dürfen diese an Ort und Stelle verbleiben, sofern nichts anderes festgelegt wird. Die Muttern müssen so gewählt werden, dass sichergestellt ist, dass die Standsicherheit des teilerrichteten Tragwerks aufrechterhalten bleibt, ohne dabei die Gebrauchstauglichkeit der Ankerschrauben zu gefährden.

ANMERKUNG Neben Zwischenlagen und Klötzen werden Halb-Muttern oder Kunststoffmuttern häufig als Ausgleichsmuttern eingesetzt.

9.5.5 Vergießen und Abdichten

Erfolgt ein Verguss unter Fußplatten, muss frisches Material nach 5.8 verwendet werden.

Das Vergussmaterial muss wie folgt eingesetzt werden:

- a) Das Material muss in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers angerührt und eingebracht werden, insbesondere in Hinblick auf dessen Konsistenz beim Einbringen. Das Material darf nicht unter 0 °C angerührt und eingebracht werden, es sei denn, die Empfehlungen des Herstellers lassen dies zu;
- b) Das Material muss unter einer passenden Kopfschalung gegossen werden, so dass die Fuge vollständig ausgefüllt ist;
- c) Stopfen und Verdichten muss mit ordnungsgemäß fixierten Abstützungen erfolgen, falls festgelegt und/oder vom Vergussmaterialhersteller empfohlen;
- d) Entlüftungsöffnungen müssen gegebenenfalls vorgesehen werden.

Unmittelbar vor dem Vergießen muss die Fuge unter der Stahlfußplatte frei von Flüssigkeiten, Eis, Ablagerungen und Verunreinigungen sein.

Köcherfundamente für Stützen müssen mit verdichtetem Beton gefüllt sein, dessen charakteristische Druckfestigkeit nicht geringer als die des umgebenden Betons ist.

Bei Köcherfundamenten muss die eingebettete Stützenlänge zunächst auf ausreichender Länge mit Beton umgeben werden, so dass die Standsicherheit im Bauzustand sichergestellt ist, und dann eine ausreichende Zeit ungestört bleiben, bis mindestens die Hälfte der charakteristischen Druckfestigkeit erreicht ist, bevor temporäre Unterstützungen und Keile entfernt werden

Ist eine Behandlung des Stahltragwerks, der Lager und Betonoberflächen vor dem Vergießen erforderlich, muss dies festgelegt werden.

Es ist darauf zu achten, dass die äußere Form des Vergusses so sein sollte, dass Wasser von den Stahlbauteilen ablaufen kann.

Besteht die Gefahr, dass während der Nutzung Wasser oder korrosive Flüssigkeit eingeschlossen wird, darf der Verguss um die Fußplatten herum nicht über die tiefstliegende Fußplattenoberfläche hinausstehen, und die Geometrie des Betonvergusses muss nach Bild 6 einen Winkel mit der Fußplatte bilden.

Wird kein Vergießen benötigt und die Kanten der Fußplatte sind abzudichten, muss das Verfahren festgelegt werden.

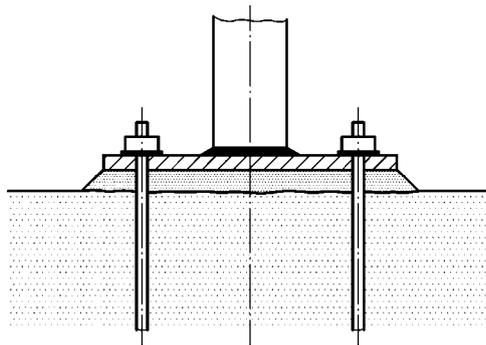


Bild 6 — Vergießen unter einer Fußplatte

Der Beton und das Vergießen muss nach 5.8 und **A1** EN 13670 **A1** erfolgen.

9.5.6 Verankerungen

Ankervorrichtungen in Betonteilen des Tragwerks oder benachbarter Tragwerke müssen in Übereinstimmung mit ihrer Spezifikation eingesetzt werden.

Geeignete Maßnahmen sind zu treffen, um eine Beschädigung am Beton zu vermeiden, so dass die geforderte Verankerungstragfähigkeit erzielt wird.

ANMERKUNG Dies gilt insbesondere für Spreizdübel, bei denen ein Mindestabstand von der Oberfläche notwendig ist, um Betonabplatzungen zu vermeiden.

9.6 **A1** Montage- und Baustellenarbeiten **A1**

9.6.1 Montagepläne

Montagepläne oder entsprechende Anweisungen müssen vorliegen und Bestandteil der Montageanweisung sein.

Pläne müssen so angefertigt sein, dass sie Grundrisse und Höhenkoten enthalten und in einem Maßstab zeigen, der die Eintragung von Montagekennzeichnungen für alle Bauteile ermöglicht.

Pläne müssen Achsbezeichnungen, Auflagerpositionen und Angaben zum Zusammenbau der Bauteile zusammen mit den Toleranzanforderungen enthalten.

Fundamentpläne müssen die Lagerposition und Ausrichtung des Stahltragwerks beinhalten, und alle Bauteile, die sich in direktem Kontakt mit den Fundamenten befinden, deren Lagerposition und Höhenlage, die Solllage der Auflager und das Referenzniveau. Fundamentpläne müssen die Stützenfußauflagerung und andere konstruktive Lagereinzelheiten einschließen.

Höhenkoten müssen die geforderten Höhenniveaus der Geschosdecken und/oder des Tragwerks anzeigen.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Pläne müssen die notwendigen Details zur Befestigung von Stahl oder Schrauben an den Fundamenten, das Verfahren zum Einstellen durch Unterfütern und Verkeilen und Anforderungen an den Verguss und zur Befestigung des Stahltragwerks und der Lager auf deren Unterstützungen enthalten.

Die Pläne müssen alle Einzelheiten und Anordnungen jedes Stahltragwerksteils und anderer temporärer Stahlkonstruktionen zeigen, die zu Montagezwecken benötigt werden, um die Standsicherheit der Konstruktion und die Arbeitssicherheit sicherzustellen.

Die Pläne müssen die Gewichte aller Bauteile oder Montageeinheiten über 5 t und die Schwerpunkte aller großen unregelmäßigen Teile enthalten.

Bei dünnwandigen Profilblechen sind Montagepläne notwendig, die je nach vorliegenden Gegebenheiten mindestens Folgendes enthalten müssen:

- a) Art, Dicke, Werkstoff, Länge und Bezeichnung des Profilblechs;
- b) Art der Verbindungsmittel und Reihenfolge der Befestigungen einschließlich besonderer Montageangaben je nach Art der Verbindungsmittel (z. B. Bohrlochdurchmesser und Mindestanziehmoment);
- c) Tragstruktur der dünnwandigen Profilbleche;
- d) Naht- und Überlappanschlüsse mit Spezifikation der Art der Verbindungsmittel und Scheiben und der Einbaureihenfolge;
- e) Anforderungen an die Baustellenfertigung;
- f) Lage aller Baustellenverbindungen ohne vorgebohrte Löcher;
- g) Art und Einzelheiten, die das Zusammenfügen der Profilbleche betreffen, wie z. B. Werkstoffe, Achsabstände, Gestaltung von Unterstützungen, Neigung und Einzelheiten von Dachrinnen und Dachrändern;
- h) Dehnfugen;
- i) Öffnungen und notwendige Rahmung, (z. B. bei Lichtkuppeln, Rauch- und Luftabzugsvorrichtungen und Dachentwässerung);
- j) Aufsätze und Anbauten (z. B. bei Rohrleitungen, Kabelkanälen und Unterdecken);
- k) Einschränkungen der Begehrbarkeit während der Montage und Anforderungen an Traggerüste.

9.6.2 Kennzeichnung

Bauteilen, die einzeln zusammengefügt oder auf der Baustelle montiert werden, muss eine Montagekennzeichnung zugewiesen werden.

Falls nicht aus der Form des Bauteils ersichtlich, muss aus der Kennzeichnung die Einbauausrichtung ersichtlich sein.

ANMERKUNG Kennzeichen sollten möglichst an Stellen angeordnet werden, die bei der Lagerung und nach der Montage sichtbar sind.

Kennzeichnungsmaßnahmen müssen 6.2 entsprechen.

9.6.3 Handhabung und Lagerung auf der Baustelle

Die Handhabung und Lagerung auf der Baustelle muss den Anforderungen von 6.3 und den nachfolgend genannten entsprechen.

Bauteile müssen so gehandhabt und gestapelt werden, dass die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung möglichst klein ist. Besondere Beachtung müssen den Methoden zum Anschlagen durch Hebezeuge geschenkt werden, um eine Beschädigung des Stahltragwerks und der Schutzschichten zu vermeiden.

Die Konformität von Stahltragwerken, bei denen während des Abladens, des Transports, der Lagerung oder der Montage Beschädigungen auftraten, muss wiederhergestellt werden.

Die Vorgehensweise zur Wiederherstellung muss vor der Durchführung von Reparaturmaßnahmen festgelegt werden. Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss die Vorgehensweise außerdem dokumentiert werden.

Verbindungsmittel müssen auf der Baustelle vor dem Einsatz trocken gelagert und in geeigneter Weise verpackt und gekennzeichnet sein. Die Verbindungsmittel müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers gehandhabt und eingesetzt werden.

Kleinteile und Zubehörteile müssen in geeigneter Weise verpackt und gekennzeichnet sein.

9.6.4 Probemontage

Probemontagen auf der Baustelle müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen von 6.10 durchgeführt werden.

Bei einer Probemontage sollte berücksichtigt werden:

- a) der Nachweis der Passung zwischen Bauteilen;
- b) eine Erprobung der geplanten Vorgehensweise, falls die Montagereihenfolge zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit während der Montage eine Vorausberechnung erfordert;
- c) eine Erprobung der Dauer der Arbeiten, falls durch eine begrenzte zur Verfügung stehende Zeit die Baustellenbedingungen eingeschränkt sind.

9.6.5 Montageverfahren

9.6.5.1 Allgemeines

Die Montage eines Stahltragwerks muss in Übereinstimmung mit der Montageanweisung durchgeführt werden, und zwar so, dass jederzeit die Standsicherheit sichergestellt ist.

Ankerschrauben dürfen nicht verwendet werden, um nicht seitlich gehaltene Stützen gegen Umkippen zu sichern, es sei denn, sie wurden für diesen Einsatzzweck nachgewiesen.

Für den Ablauf der Tragwerksmontage muss die Sicherheit des Stahltragwerks gegen temporäre Montage-lasten, einschließlich derjenigen aus Montageausrüstung oder deren Einsatz, und gegen Windeinwirkung auf das nicht fertiggestellte Tragwerk nachgewiesen sein.

Im Hochbau sollte mindestens ein Drittel der endgültigen Schrauben in jeder Verbindung eingebaut sein, bevor eine Mitwirkung bei der Standsicherheit des teilerrichteten Tragwerks angenommen werden kann.

9.6.5.2 Temporäre Stahlkonstruktionen

Alle Hilfsverbände und temporären Abspannungen müssen an Ort und Stelle verbleiben, bis die Montage ausreichend weit fortgeschritten ist, um ein sicheres Entfernen sicherzustellen.

Ist es erforderlich, Verbände im Hochbau entsprechend des Montagefortschritts zu lösen, um sie von auftretenden Kräften aus vertikalen Lasten zu entlasten, muss dies feldweise fortschreitend durchgeführt werden. Während dieses Lösens müssen andere ausreichende Aussteifungen vorhanden sein, um die Standsicherheit sicherzustellen. Nötigenfalls müssen zu diesem Zweck zusätzliche Hilfsverbände angeordnet werden.

Alle Verbindungen der Montagehilfskonstruktionen müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Europäischen Norm ausgeführt werden und dürfen das endgültige Tragwerk nicht schwächen oder deren Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen.

Werden Schweißbadsicherungen und Schraubzwingen zur Unterstützung des Tragwerks beim Schweißen eingesetzt, muss sichergestellt werden, dass diese ausreichend ausgelegt und dass deren Sicherungsnähte für die Montagebelastungszustände geeignet sind.

Wenn das Montageverfahren das Verschieben oder andere Bewegungen des Tragwerks oder eines Tragwerksteils in die endgültige Lage nach dem Zusammenbau vorsieht, müssen Vorkehrungen getroffen werden,

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

um die bewegten Massen kontrolliert abzubremsen. Es kann notwendig sein, Vorkehrungen für eine Richtungskehr der Verschiebung in Betracht zu ziehen.

Alle temporären Ankervorrichtungen müssen gegen unbeabsichtigtes Lösen gesichert sein.

Es dürfen nur Pressen verwendet werden, die in jeder Lage unter Last festgesetzt werden können, es sei denn, andere Sicherheitsvorkehrungen werden getroffen.

9.6.5.3 Passgenauigkeit und Ausrichtung

Es ist darauf zu achten, dass während des Montagevorgangs kein Teil des Tragwerks bleibend verformt oder überbeansprucht wird durch Lagerung von Bauteilen des Stahltragwerks oder durch Montagelasten.

Jedes Teil des Tragwerks muss nach seiner Montage sobald wie möglich ausgerichtet und danach der endgültige Zusammenbau sobald wie möglich fertiggestellt werden.

Endgültige Verbindungen zwischen Bauteilen dürfen erst ausgeführt werden, wenn ein ausreichender Teil des Tragwerks ausgerichtet, gesichert und temporär befestigt worden ist, um sicherzustellen, dass die Bauteile sich während der nachfolgenden Montage oder Ausrichtung der übrigen Tragwerksteile nicht verschieben können.

Zum Ausrichten des Tragwerks und zur Erzielung der Passung in Verbindungen dürfen Zwischenlagen eingesetzt werden. Zwischenlagen müssen gesichert werden, wenn die Gefahr besteht, dass sie sich lösen könnten. Bei EXC3 und EXC4 muss das Sichern der Zwischenlagen durch Schweißen den Anforderungen von Abschnitt 7 genügen.

Zwischenlagen müssen aus Stahlflacherzeugnissen bestehen, sofern nichts anderes festgelegt wird. Zwischenlagen müssen eine dem Tragwerk vergleichbare Dauerhaftigkeit aufweisen. Bei nichtrostenden Stahltragwerken müssen sie aus nichtrostendem Stahl bestehen und eine Mindestdicke von 2 mm aufweisen, wenn sie im Außenbereich eingesetzt werden.

Werden Zwischenlagen zum Ausrichten von Tragwerken, die aus beschichteten Werkstoffen zusammengesetzt sind, eingesetzt, müssen die Zwischenlagen in gleichwertiger Art geschützt werden, um die festgelegte Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Verbleibende Spalte bei nicht planmäßig vorgespannten Schrauben und planmäßig vorgespannten Schrauben vor dem Vorspannen müssen 8.3 und 8.5.1 genügen.

Wenn die mangelnde Passung zwischen montierten Bauteilen nicht durch den Einsatz von Zwischenlagen korrigiert werden kann, müssen die Bauteile des Tragwerks in Übereinstimmung mit den in dieser Europäischen Norm festgelegten Verfahren örtlich modifiziert werden. Diese Modifizierungen dürfen die Tragwerkeigenschaften im Bauzustand oder im Endzustand nicht beeinträchtigen. Diese Arbeit darf auf der Baustelle ausgeführt werden. Bei Tragwerken aus geschweißten Fachwerkbauteilen und räumlichen Konstruktionen muss darauf geachtet werden, dass sichergestellt ist, dass diese bei dem Versuch, die Passung gegen deren Eigensteifigkeit zu erzwingen, nicht durch übermäßige Kräfte überbeansprucht werden.

Sofern es nicht unzulässig ist, dürfen Dorne zum Ausrichten von Verbindungen verwendet werden. Lochaufweitungen dürfen bei kraftübertragenden Schrauben nicht größer als die in 6.9 angegebenen Werte sein.

Im Fall von Passungenauigkeiten von Schraubenlöchern muss das Korrekturverfahren auf Übereinstimmung mit den Anforderungen von Abschnitt 12 überprüft werden.

Für nachträglich angepasste Löcher darf nachgewiesen werden, dass sie den in **6.6** festgelegten Anforderungen an übergroße Löcher oder Langlöcher entsprechen, vorausgesetzt, dass die Lastabtragung überprüft worden ist.

Die Korrektur von Passungenauigkeiten durch Aufreiben oder Fräsen ist vorzuziehen. Wenn aber der Einsatz anderer Schneidverfahren unvermeidlich ist, muss die damit erzielte innenseitige Behandlung aller Löcher auf Übereinstimmung mit den Anforderungen von Abschnitt 6 gesondert überprüft werden.

Fertiggestellte Baustellenverbindungen müssen in Übereinstimmung mit 12.5 überprüft werden.

10 Oberflächenbehandlung

10.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt Anforderungen für die Bearbeitung von Stahloberflächen mit Unregelmäßigkeiten fest, einschließlich geschweißter und gefertigter Oberflächen, so dass sie für das Aufbringen von Farbanstrichen und verwandten Produkten geeignet sind. Die Anforderungen für das konkret vorgesehene Beschichtungssystem müssen festgelegt werden.

Dieser Abschnitt enthält nicht die detaillierten Anforderungen an Korrosionsschutzsysteme. Diese sind in den folgenden Querverweisen festgelegt, die je nach Bedarfsfall anzuwenden sind:

- a) beschichtete Oberflächen: Normenreihe EN ISO 12944 und Anhang F;
- b) Oberflächen mit durch thermisches Spritzen aufgetragenen metallischen Überzügen: EN 14616, EN 15311 A1 *gestrichener Text* A1 und Anhang F;
- c) Oberflächen mit durch Verzinken aufgetragenen metallischen Überzügen: EN ISO 1461, A1 EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 A1 und Anhang F.

Wenn das Tragwerk nur für eine kurze Nutzungsdauer bestimmt ist, oder bei Umgebungsbedingungen mit vernachlässigbarer Korrosivität (z. B. Kategorie C1 oder Anstrich nur aus ästhetischen Gründen), oder bei einer Auslegung, die das Auftreten von Korrosion erlaubt, dann ist aus Gründen der mechanischen Beanspruchbarkeit und Standsicherheit kein Bedarf für einen Korrosionsschutz.

ANMERKUNG 1 Ein Jahr kann als kurze Nutzungsdauer erachtet werden.

Wird ein Anstrich aus ästhetischen Gründen festgelegt, dann ist Tabelle 22 zusammen mit Anhang F anzuwenden.

Werden eine Brandschutzbeschichtung und ein Korrosionsschutz festgelegt, muss nachgewiesen werden, dass diese miteinander verträglich sind.

ANMERKUNG 2 Brandschutz wird im Allgemeinen nicht als Teil des Korrosionsschutzes erachtet.

10.2 Vorbereitung von A1 Stahloberflächen für Farbanstriche und verwandte Produkte A1

Die folgenden Anforderungen gelten nicht für nichtrostende Stähle. Bestehen Anforderungen an die Oberflächenreinheit nichtrostender Stähle, müssen diese festgelegt werden

Alle Oberflächen, die mit Farbanstrichen und verwandten Produkten zu versehen sind, müssen so vorbereitet sein, dass die Kriterien von EN ISO 8501 erfüllt sind. Der Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-3 muss festgelegt werden.

Werden die Schutzdauer des Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie festgelegt, muss der Vorbereitungsgrad Tabelle 22 entsprechen.

A1 Sofern nicht anders festgelegt, gilt P1 für EXC2, EXC3 und EXC4. A1

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

A1

Tabelle 22 — Vorbereitungsgrad

Schutzdauer des Korrosionsschutzes ^a	Korrosivitätskategorie ^b	Vorbereitungsgrad
> 15 Jahre	C1	P1
	C2 bis C3	P2
	Oberhalb C3	P2 oder P3 wie festgelegt
5 Jahre bis 15 Jahre	C1 bis C3	P1
	Oberhalb C3	P2
< 5 Jahre	C1 bis C4	P1
	C5 – Im	P2

^{a b} Schutzdauer des Korrosionsschutzes und Korrosivitätskategorie nach EN ISO 12944 oder EN ISO 14713-1 je nach Anwendungsfall.

A1

Thermisch geschnittene Oberflächen, Kanten und Schweißnähte müssen ausreichend eben sein und nach dem Strahlen das Erreichen der festgelegten Rauigkeit ermöglichen (siehe Anhang F).

ANMERKUNG Thermisch geschnittene Oberflächen sind manchmal für das Strahlmittel zu hart, um eine ausreichende Oberflächenrauigkeit zu erzielen. Die in 6.4.4 festgelegte Verfahrensprüfung kann zur Feststellung der Oberflächenhärte, und ob Schleifen erforderlich ist, verwendet werden.

10.3 Wetterfeste Stähle

Nötigenfalls müssen Maßnahmen festgelegt werden, um sicherzustellen, dass die Oberflächen von unbeschichteten wetterfesten Stählen nach dem Abwintern optisch annehmbar sind, und dass eine Verunreinigung (z. B. durch Öl, Fett, Farbe, Beton oder Asphalt) verhindert wird.

ANMERKUNG Beispielsweise können exponierte Bereiche Sandstrahlen erfordern, um ein gleichmäßiges Abwintern sicherzustellen.

Wenn nicht-wetterfeste Stähle in Kontakt mit unbeschichteten wetterfesten Stählen sind, muss die notwendige Oberflächenbehandlung der nicht-wetterfesten Stähle festgelegt werden.

10.4 Kontaktkorrosion

Der unbeabsichtigte Kontakt zwischen unterschiedlichen metallischen Konstruktionsmaterialien, z. B. zwischen nichtrostenden Stählen und Aluminium oder Baustahl, muss vermieden werden. Wird nichtrostender Stahl mit Baustahl verschweißt, muss der Korrosionsschutz für das Stahltragwerk von der Naht aus um mindestens 20 mm auf den nichtrostenden Stahl weitergeführt werden. Siehe auch 6.3, 6.9 und 7.7.3.

10.5 Verzinken

Erfolgt Beizen vor dem Verzinken, sollten alle Schweißnahtfugen vor dem Beizen abgedichtet sein, um das Eindringen von Säure zu verhindern, sofern dies nicht den in 10.6 dargelegten Erfordernissen widerspricht.

Enthält ein vorgefertigtes Bauteil eingeschlossene Hohlräume, müssen Lüftungs- und Entwässerungslöcher vorgesehen werden. Der eingeschlossene Hohlraum muss im Allgemeinen innenseitig verzinkt werden, aber falls nicht, muss festgelegt werden, ob diese eingeschlossenen Hohlräume nach dem Verzinken abgedichtet werden müssen, und wenn ja, womit.

10.6 Fugenabdichtung

Werden eingeschlossene Hohlräume durch Schweißnähte abgedichtet oder einer innenseitigen Schutzbehandlung unterzogen, muss das innenseitige Schutzsystem festgelegt werden.

Werden Fugen durch Schweißnähte vollständig verschlossen, muss festgelegt werden, ob die zulässigen Schweißnahtunregelmäßigkeiten im Rahmen der Schweißanweisung ein Abdichten durch Aufbringen eines geeigneten Hartlotes erfordern, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Werden Schweißnähte ausschließlich zu Abdichtzwecken eingesetzt, dann müssen diese einer Sichtprüfung unterzogen werden. Erforderlichenfalls müssen weitere Kontrollen festgelegt werden.

ANMERKUNG Es ist zu beachten, dass Schweißnahtrisse, die bei einer Sichtprüfung nicht erkennbar sind, dazu führen können, dass Wasser in die abgedichteten Bereiche eindringen kann.

Werden geschlossene Querschnitte verzinkt, dann darf vor dem Verzinken nicht abgedichtet werden. In Fällen mit überlappenden Oberflächen mit durchlaufenden Schweißnähten muss für eine ausreichende Entlüftung gesorgt werden, es sei denn, der Überlappungsbereich ist so klein, dass das Risiko des explosionsartigen Austritts eingeschlossener Gase während des Verzinkungsprozesses als unerheblich bewertet wird.

Durchdringen mechanische Verbindungsmittel die Wandung von abgedichteten eingeschlossenen Hohlräumen, müssen Maßnahmen zum Abdichten der betroffenen Stellen festgelegt werden.

10.7 Oberflächen in Kontakt mit Beton

Oberflächen, die mit Beton in Kontakt sein sollen, einschließlich der Unterseiten von Fußplatten, müssen mit auf die Stahlkonstruktion aufgetragenen Schutzschichten, ausgenommen nicht zu Schutzzwecken dienende Überzüge, mindestens auf den ersten 50 mm der eingebetteten Länge beschichtet sein, sofern nichts anderes festgelegt wird, und die verbleibenden Oberflächen brauchen nicht beschichtet zu werden, es sei denn, dies wird festgelegt. Solche unbeschichteten Oberflächen müssen gesandstrahlt oder drahtgebürstet werden, um losen Walzzunder zu entfernen, und gereinigt werden, um Staub, Öl und Fett zu entfernen. Unmittelbar vor dem Betonieren müssen loser Rost, Staub und andere lose Partikel durch Reinigungsmaßnahmen entfernt werden.

10.8 Unzugängliche Oberflächen

Bereiche und Oberflächen, die nach dem Zusammenbau schwer zugänglich sind, sollten vor dem Zusammenbau behandelt werden.

In gleitfesten Verbindungen müssen die Stoßflächen den Anforderungen zur Erzielung der notwendigen Reibung für den festgelegten Oberflächenschutz entsprechen (siehe 8.4). Andere Verbindungen dürfen nicht mit übermäßiger Beschichtung auf den Stoßflächen ausgeführt werden. Stoßflächen und Oberflächen unter Scheiben dürfen höchstens mit einer Fertigungsbeschichtung und Grundierung behandelt sein, sofern nichts anderes festgelegt wird (siehe F.4).

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen Schraubenverbindungen einschließlich der Umgebung um eine solche Verbindung mit dem vollständigen Korrosionsschutzsystem behandelt sein, das für das restliche Stahltragwerk festgelegt ist.

10.9 Reparaturen nach dem Schneiden oder Schweißen

Es muss festgelegt werden, ob Reparaturmaßnahmen oder zusätzliche Schutzbehandlungen an Schnittkanten und benachbarten Oberflächen nach dem Schneiden erforderlich sind.

Werden vorbeschichtete Konstruktionsmaterialien geschweißt, müssen die Verfahren und der Umfang von Reparaturen festgelegt werden, die an der Beschichtung notwendig sind.

Wurde die Verzinkung von Oberflächen entfernt oder durch Schweißen beschädigt, müssen die Oberflächen gereinigt, vorbereitet und mit einer zinkhaltigen Fertigungsbeschichtung und einem Beschichtungssystem, das bei der vorhandenen Korrosivitätskategorie einen gleichartigen Korrosionsschutz wie die Verzinkung bietet, behandelt werden (siehe EN ISO 1461 für zusätzliche Hinweise).

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

10.10 Reinigung nach der Montage

10.10.1 Reinigung dünnwandiger Bauteile

Das Tragwerk muss täglich von Blindnietresten, Bohrspänen usw. gereinigt werden, um Korrosionsschäden zu verhindern.

10.10.2 Reinigung von nichtrostenden Stahlbauteilen

Reinigungsverfahren müssen auf die Stahlsorte der Konstruktionsmaterialien, den Oberflächenbehandlungszustand, die Bauteilfunktion und die Korrosionsgefährdung abgestimmt sein. Die Reinigungsverfahren, Anforderungen an die Reinigung und der Reinigungsumfang müssen festgelegt werden.

Saure Lösungen, die manchmal zur Reinigung von Mauerwerk und Fliesen an Gebäuden verwendet werden, dürfen nicht mit Baustahl, auch nicht mit nichtrostendem Stahl, in Kontakt kommen. Sollte eine solche Verunreinigung vorkommen, müssen saure Lösungen sofort mit großen Mengen sauberen Wassers abgewaschen werden.

11 Geometrische Toleranzen

11.1 Toleranzkategorien

Dieser Abschnitt definiert die Arten geometrischer Abweichungen und enthält quantitative Werte für zwei Arten von zulässigen Abweichungen:

- a) diejenigen, anzuwenden für einen Bereich von Merkmalen, die für die mechanische Beanspruchbarkeit und die Standsicherheit des fertigen Tragwerks unverzichtbar sind, bezeichnet als „grundlegende Toleranzen“;
- b) diejenigen, die zur Erfüllung anderer Merkmale erforderlich sind, wie z. B. Passgenauigkeit und Aussehen, bezeichnet als „ergänzende Toleranzen“.

Sowohl die grundlegenden Toleranzen als auch die ergänzenden Toleranzen sind normativ.

ANMERKUNG  EN 1090-1  bezieht sich in Hinblick auf Stahlbauteile auf die grundlegenden Toleranzen.

Die angegebenen zulässigen Abweichungen berücksichtigen keine elastischen Verformungen, die durch das Eigengewicht der Bauteile verursacht werden.

Zusätzlich können besondere Toleranzen festgelegt werden, entweder für geometrische Abweichungen, die bereits durch quantitative Werte festgelegt sind, oder für andere Arten von geometrischen Abweichungen. Werden besondere Toleranzen gefordert, müssen die folgenden Angaben gegeben sein, falls zutreffend:

- ergänzende Werte für bereits festgelegte ergänzende Toleranzen;
- festgelegte Parameter und zulässige Werte für die zu überwachenden geometrischen Abweichungen;
- ob diese besonderen Toleranzen für alle maßgeblichen Bauteile oder nur für bestimmte ausgewählte Bauteile gelten.

In jedem der Fälle gelten die Anforderungen für die abschließende Abnahmeprüfung. Kommen vorgefertigte Bauteile als Teile eines auf der Baustelle zu errichtenden Tragwerks zum Einsatz, müssen die einzuhaltenden Toleranzen für das abschließende Überprüfen des errichteten Tragwerks zusätzlich zu denen für die vorgefertigten Bauteile festgelegt werden.

11.2 Grundlegende Toleranzen

11.2.1 Allgemeines

Die grundlegenden Toleranzen müssen D.1 entsprechen. Die festgelegten Werte sind zulässige Abweichungen. Überschreitet die tatsächliche Abweichung den zulässigen Wert, dann ist der gemessene Wert nach Abschnitt 12 als Nichtkonformität zu erachten.

In bestimmten Fällen kann es möglich sein, dass eine nicht korrigierte Überschreitung einer grundlegenden Toleranz anhand der Tragwerksbemessung gerechtfertigt werden kann, wenn die Toleranzüberschreitung durch eine Neuberechnung explizit berücksichtigt wird. Falls nicht, muss die Nichtkonformität korrigiert werden.

11.2.2 Herstelltoleranzen

11.2.2.1 Walzprofile

Warmgewalzte, warmgeformte oder kaltgeformte Erzeugnisse müssen den zulässigen Abweichungen genügen, die in den entsprechenden Produktnormen festgelegt sind. Diese zulässigen Abweichungen gelten fort für aus solchen Erzeugnissen hergestellte Bauteile, solange diese nicht durch andere, in D.1 festgelegte strengere Merkmale ersetzt werden.

11.2.2.2 Geschweißte Profile

Geschweißte Bauteile, die aus Blechen hergestellt sind, müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle D.1.1 und den Tabellen D.1.3 bis D.1.6 genügen.

11.2.2.3 Kaltgeformte Profile

Bauteile, die durch $\overline{A_1}$ Kanten $\overline{A_1}$ kaltgeformt sind, müssen den zulässigen Abweichungen in den Tabellen D.1.2 genügen. Bei Bauteilen, die aus kaltgewalzten Profilen gefertigt sind, gilt 11.2.2.1.

ANMERKUNG Beispielsweise gilt für Querschnittstoleranzen geschweißter Profile, die aus geteilten Walzprofilen gefertigt werden, die betreffende Produktnorm, außer für die Gesamthöhe und die Stegeometrie, die in Übereinstimmung mit Tabelle D.1.1 sein sollten; Querschnittstoleranzen nach EN 10162 gelten für kaltgewalzte Profile, wohingegen Tabelle D.1.2 für durch Kantung umgeformte Profile gilt.

11.2.2.4 Ausgesteifte Platten

Ausgesteifte Platten müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle D.1.6 genügen.

11.2.2.5 Profilbleche

Profilbleche, die als tragende Bauteile verwendet werden, müssen den in EN 508-1 und EN 508-3 festgelegten zulässigen Abweichungen sowie jenen in Tabelle D.1.7 genügen.

11.2.2.6 Schalen

Schalentragwerke müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle D.1.9 genügen, in der die Wahl der zutreffenden Klasse auf der Grundlage von EN 1993-1-6 erfolgen muss.

11.2.3 Montagetoleranzen

11.2.3.1 Bezugssystem

Abweichungen montierter Bauteile müssen relativ zu deren Positionspunkten gemessen werden (siehe ISO 4463). Ist kein Positionspunkt festgelegt, müssen Abweichungen relativ zum Sekundärsystem gemessen werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

11.2.3.2 Ankerschrauben und andere Abstützungen

Die Lage des Mittelpunktes einer Gruppe von Ankerschrauben oder anderer Abstützungen darf nicht um mehr als ± 6 mm von seiner festgelegten Lage relativ zum Sekundärsystem abweichen.

Zur Beurteilung einer Gruppe justierbarer Ankerschrauben sollte von einer angenommenen optimalen Solllage ausgegangen werden.

11.2.3.3 Stützenfußpunkte

Löcher in Fußplatten und $\langle A_1 \rangle$ anderen Blechen $\langle A_1 \rangle$, die zur Befestigung an Auflagern verwendet werden, sollten mit so einem Lochspiel ausgelegt sein, dass sie ein Anpassen der zulässigen Abweichungen der Auflager an die des Stahltragwerks gestatten. Dies kann den Einsatz von großen Scheiben zwischen den Muttern auf den Ankerschrauben und der Oberkante der Fußplatte erfordern.

11.2.3.4 Stützen

Die Abweichungen von errichteten Stützen müssen den zulässigen Abweichungen in den Tabellen $\langle A_1 \rangle$ D.1.11 bis D.1.12 $\langle A_1 \rangle$ entsprechen.

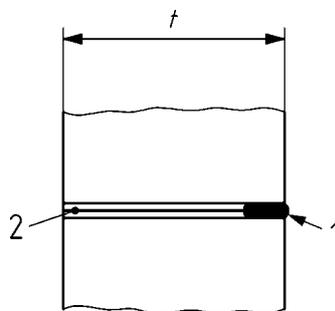
Bei Gruppen benachbarter Stützen (außer bei solchen in Rahmentragwerken oder bei Kranbahnstützen), die gleichartige Vertikallasten abtragen, müssen die zulässigen Abweichungen wie folgt sein:

- das arithmetische Mittel der horizontalen Abweichung infolge unplanmäßiger Schiefstellung von sechs verbundenen, benachbarten Stützen muss den zulässigen Abweichungen in den Tabellen $\langle A_1 \rangle$ D.1.11 bis D.1.12 $\langle A_1 \rangle$ entsprechen;
- die zulässigen Abweichungen bei der Schiefstellung einer einzelnen Stütze innerhalb dieser Gruppe, dürfen zwischen benachbarten Stockwerken auf $\Delta = \pm h/100$ $\langle A_1 \rangle$ erhöht $\langle A_1 \rangle$ werden.

11.2.3.5 Kontaktstöße

Werden Kontaktstöße festgelegt, muss die Passung zwischen den Oberflächen der montierten Bauteile nach Ausrichtung der Tabelle $\langle A_1 \rangle$ D.1.13 $\langle A_1 \rangle$ genügen.

Bei geschraubten Stößen dürfen Zwischenlagen verwendet werden, um die Spaltweite unter die zulässige Abweichung zu verringern, wenn die Spaltweite nach dem ersten Verschrauben die festgelegten Grenzwerte überschreitet, sofern dies nicht in den Ausführungsunterlagen anders festgelegt ist. $\langle A_1 \rangle$ Die Zwischenlagen dürfen aus Flacherzeugnissen aus weichen Stählen mit einer maximalen Dicke von 3 mm sein $\langle A_1 \rangle$. An keiner Stelle dürfen mehr als drei Zwischenlagen verwendet werden. Nötigenfalls können die Zwischenlagen entweder durch Kehlnähte oder durch eine teildurchgeschweißte Stumpfnahnt fixiert werden, die sich, wie in Bild 7 gezeigt, über die Zwischenlagen erstreckt.



Legende

- 1 Teildurchgeschweißte Stumpfnahnt oder Kehlnahnt
- 2 Zwischenlagen

Bild 7 — Möglichkeit zum Sichern von Zwischenlagen bei geschraubten Kontaktstößen

11.3 Ergänzende Toleranzen

11.3.1 Allgemeines

Ergänzende Toleranzen hinsichtlich der akzeptierten geometrischen Abweichungen müssen einer der folgenden Möglichkeiten entsprechen:

- a) Es können tabellierte Werte angewendet werden, wie in 11.3.2 beschrieben, oder
- b) es können die in 11.3.3 beschriebenen alternativen Kriterien angewendet werden.

Wenn keine Wahlmöglichkeit festgelegt ist, sind die tabellierten Werte anzuwenden.

11.3.2 Tabellierte Werte

Tabellierte Werte für ergänzende Toleranzen sind in Anhang D.2 angegeben. Im Allgemeinen sind Werte für zwei Klassen dargestellt. Die Auswahl der Toleranzklasse kann auf einzelne Bauteile oder ausgewählte Teile eines errichteten Tragwerks angewendet werden.

ANMERKUNG Wie Anhang D.2 angewendet werden kann, wäre das Geltendmachen der Toleranzklasse 2 für einen Teil des Tragwerks, an den eine verglaste Fassade anzupassen ist, um die an der Übergangsstelle geforderte Größe der Spaltweite und Verstellmöglichkeit zu reduzieren.

Wird Anhang D.2 verwendet, und die Wahl der Klasse ist nicht festgelegt, so gilt Toleranzklasse 1.

Bei der Anwendung von Tabelle $\boxed{A_1}$ D.2.20 $\boxed{A_1}$ sollte die hervorstehende Länge einer vertikalen Ankerschraube (in deren Sollage, sofern einstellbar) je 20 mm Länge nur um höchstens 1 mm aus dem Lot sein. Eine gleichartige Anforderung würde für eine horizontal oder unter einem Winkel angeordnete Schraubenreihe gelten.

11.3.3 Alternative Kriterien

Sofern festgelegt, dürfen die folgenden Kriterien angewendet werden:

- a) für geschweißte Tragwerke gelten die folgenden Klassen nach EN ISO 13920:
 - 1) Klasse C für Längen- und Winkelmaße;
 - 2) Klasse G für Geradheit, Ebenheit und Parallelität;
- b) bei nicht geschweißten Bauteilen die gleichen Kriterien wie unter (a);
- c) in anderen Fällen ist für jede Abmessung d eine zulässige Abweichung $\pm \Delta$ erlaubt, die entweder $d/500$ oder 5 mm entspricht (wobei der größere Wert maßgebend ist).

12 Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen

12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an Kontrolle und Prüfung in Hinblick auf die Qualitätsanforderungen fest, die in der Qualitätsdokumentation (siehe 4.2.1) oder im Qualitätsmanagementplan (siehe 4.2.2) enthalten sind, je nach vorliegenden Gegebenheiten.

Die Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen müssen an der Stahlkonstruktion anhand der Spezifikation und im Rahmen der in dieser Europäischen Norm festgelegten Qualitätsanforderungen unternommen werden.

Alle Kontroll- und Prüfmaßnahmen müssen nach einem vorabgestimmten Plan mit dokumentierten Verfahren ausgeführt werden. Besondere Kontrollprüfungen und zugehörige Korrekturmaßnahmen müssen dokumentiert werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

12.2 Konstruktionsmaterialien und Bauteile

12.2.1 Konstruktionsmaterialien

Dokumente, die mit Konstruktionsmaterialien nach den Anforderungen von Abschnitt 5 geliefert werden, müssen überprüft werden, um sicherzustellen, dass die mit den Produkten mitgelieferten Angaben mit den Bestellungen übereinstimmen.

ANMERKUNG 1 Diese Dokumente enthalten je nach vorliegenden Gegebenheiten Abnahmeprüfzeugnisse, Werkzeuge, Werksbescheinigungen für Bleche, Profile, Hohlprofile, Schweißzusätze, mechanische Verbindungsmittel, Bolzen usw.

ANMERKUNG 2 Durch diese Überprüfung der Dokumentation soll vermieden werden, dass eine generelle Prüfung der Produkte notwendig wird.

Die Kontrolle der Oberfläche der Produkte auf Fehler, die während der Oberflächenvorbereitung festgestellt werden, muss in die Kontroll- und Prüfunterlagen aufgenommen werden.

Werden Oberflächenfehler an Stahlbauprodukten, die während der Oberflächenvorbereitung aufgedeckt werden, mit Hilfe von Verfahren nach dieser Europäischen Norm repariert, dann A_1 dürfen A_1 die reparierten Produkte unter der Voraussetzung, dass A_1 sie A_1 den für das Originalprodukt festgelegten Nenneigenschaften A_1 entsprechen A_1 , weiterverwendet werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, bestehen keine Anforderungen für eine besondere Prüfung von Produkten.

12.2.2 Bauteile

Dokumente, die mit Bauteilen geliefert werden, müssen überprüft werden, um sicherzustellen, dass die mit den Bauteilen mitgelieferten Angaben mit den Bestellungen übereinstimmen.

ANMERKUNG Dies gilt für alle gelieferten und teilgefertigten Produkte, die beim Hersteller zur Weiterverarbeitung vorgesehen sind (z. B. geschweißte I-Profile zum Einfügen in Plattenbalken), und für Produkte, die zur Montage auf der Baustelle vom Hersteller entgegengenommen werden, jedoch nicht vom Hersteller hergestellt wurden.

12.2.3 Nichtkonforme Produkte

Wenn die mitgelieferte Dokumentation keine Prüfbescheinigung enthält, die die Konformität der Produkte mit der Produktspezifikation bescheinigt, müssen diese als nicht übereinstimmende Produkte gehandhabt werden, solange bis nachgewiesen ist, dass sie die Anforderungen des Kontroll- und Prüfplans erfüllen.

Werden Produkte zunächst als nichtkonform identifiziert und ihre Konformität durch Prüfung oder Wiederholungsprüfung nachträglich nachgewiesen, muss die Prüfung aufgezeichnet werden.

12.3 A_1 Abmessungen von hergestellten Bauteilen A_1

Der Kontrollplan muss die Anforderungen und notwendigen Überprüfungen für vorbereitete Stahlerzeugnisse und hergestellte Bauteile berücksichtigen.

Messungen der Bauteilabmessungen müssen immer erfolgen. Für die Anwendung geeignete Verfahren und Messinstrumente müssen aus den in ISO 7976-1 und ISO 7976-2 enthaltenen ausgewählt werden. Die Genauigkeit ist in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Teil von ISO 17123 zu beurteilen.

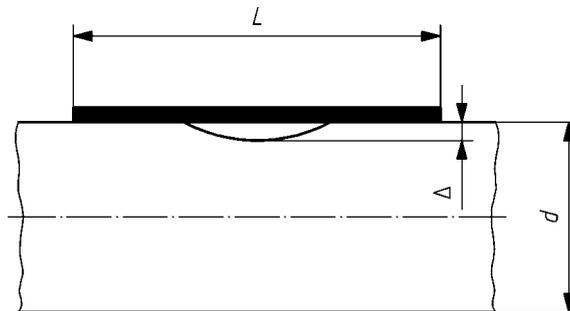
Anzahl und Stellen der Messungen müssen im Kontrollplan festgelegt werden.

Die Abnahmekriterien müssen mit 11.2 übereinstimmen. Die Abweichungen müssen unter Berücksichtigung aller festgelegten Überhöhungen oder Voreinstellungen gemessen werden.

Wird bei der Abnahmekontrolle eine Nichtkonformität festgestellt, müssen folgende Maßnahmen getroffen werden:

- falls durchführbar, muss die Nichtkonformität mit Hilfe von Verfahren, die in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm sind, korrigiert und erneut überprüft werden;
- sind Korrekturmaßnahmen nicht durchführbar, dürfen zum Ausgleich der Nichtkonformität Änderungen am Stahltragwerk vorgenommen werden, vorausgesetzt, diese Änderungen sind in Übereinstimmung mit einem Verfahren zur Handhabung von Nichtkonformitäten.

Eine Beschädigung der Oberfläche eines Hohlprofils infolge örtlicher Kerben muss beurteilt werden. Das in Bild 8 gezeigte Verfahren kann verwendet werden.



Charakteristische Querschnittsabmessung des Profils ist d
Gerade Kante der Länge $L \geq 2d$ Spaltweite $\Delta \leq$ dem größeren Wert aus $d/100$ und 2 mm

Bild 8 — Verfahren zur Beurteilung des Oberflächenprofils und zulässige Abweichung eines verbeulten Bauteils

Überschreitet die Spaltweite die zulässige Abweichung, dann kann eine Reparatur durch vollständiges Aufschweißen einer örtlichen Decklasche der gleichen Dicke wie die Originalkonstruktionsmaterialien ausgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

ANMERKUNG Solche Reparaturmaßnahmen sind nicht unüblich, weil viele Hohlprofile relativ dünne Wanddicken aufweisen.

Dieses Verfahren sollte bevorzugt eingesetzt werden gegenüber jeglicher Warmumformmaßnahme nach 6.5.

Erfolgt ein probeweiser Zusammenbau nach 6.10, dann müssen die Kontrollanforderungen im Kontrollplan enthalten sein.

12.4 Schweißen

12.4.1 Kontrolle vor und während des Schweißens

Die Kontrolle vor und während des Schweißens muss im Kontrollplan enthalten sein und die Anforderungen des maßgebenden Teils von EN ISO 3834 erfüllen.

A1) Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) sind in Übereinstimmung mit EN 12062 auszuwählen **A1**. Im Allgemeinen ist bei Stumpfnähten Ultraschallprüfung oder Durchstrahlungsprüfung und bei Kehlnähten Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung anzuwenden.

ZfP muss, mit der Ausnahme von Sichtprüfungen, durch Personal ausgeführt werden, das für die Stufe 2, wie in EN 473 definiert, qualifiziert ist.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Erfordert der Kontrollplan eine Überprüfung der Passgenauigkeit vor dem Schweißen von Hohlprofilen, die für das Schweißen von Abzweigungen vorbereitet sind, müssen die folgenden Stellen besonders beachtet werden:

- bei Kreishohlprofilen: die vorderen und hinteren Achspositionen und zwei in den seitlichen Flankenmitten;
- bei quadratischen oder rechteckigen Profilen: die vier Ecken.

12.4.2 Kontrolle nach dem Schweißen

12.4.2.1 Zeitpunkt

Die ergänzende ZfP einer Schweißnaht darf im Allgemeinen nicht vor Ende der Mindestwartezeit nach dem Schweißen nach Tabelle 23 abgeschlossen werden.

Tabelle 23 — Mindestwartezeiten

Nahtgröße (mm) ^a	Wärmeeinbringung Q (kJ/mm) ^b	Wartezeit (Stunden) ^c	
		S235 bis A_1 S460 A_1	A_1 Oberhalb von S460 A_1
a oder $s \leq 6$	Alle	Nur Abkühlzeit	24
$6 < a$ oder $s \leq 12$	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a oder $s > 12$	≤ 3	16	40
	> 3	A_1 24 A_1	48

^a Die Größe gilt für die Sollnahtdicke a einer Kehlnaht oder für die Nenndicke des Grundwerkstoffs s einer durchgeschweißten Naht. Bei einzelnen, teilweise durchgeschweißten Stumpfnähten ist das entscheidende Merkmal das Nennmaß der Nahtdicke a , jedoch bei paarweisen, teilweise durchgeschweißten Stumpfnähten, die gleichzeitig beidseitig geschweißt werden, ist es die Summe der Nahtdicken a .

^b Das Wärmeeinbringen Q ist nach Abschnitt 19 von EN 1011-1:1998 zu berechnen.

^c Die Zeit zwischen Fertigstellung der Schweißnaht und dem Beginn der ZfP muss im ZfP-Bericht festgehalten werden. Im Fall von „Nur Abkühlzeit“ dauert dies solange bis die Schweißnaht genügend abgekühlt ist, um mit der ZfP zu beginnen.

Bei Schweißnähten, die ein Vorwärmen erfordern, dürfen diese Zeiten reduziert werden, sofern die Schweißung nach Beendigung des Schweißens über eine Zeitdauer eine Nachwärmung nach Anhang C von EN 1011-2:2001 erhält.

Wird eine Schweißnaht durch nachfolgende Arbeiten unzugänglich, muss sie vor der Durchführung nachfolgender Arbeiten kontrolliert werden.

In Bereichen, in denen unannehmbare Verformungen korrigiert worden sind, müssen alle Schweißnähte erneut kontrolliert werden.

12.4.2.2 Kontrollumfang

Alle Schweißnähte müssen über deren gesamte Länge einer Sichtprüfung unterzogen werden. Werden Oberflächenunregelmäßigkeiten festgestellt, muss an der kontrollierten Schweißnaht eine Oberflächenprüfung mittels Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung durchgeführt werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, ist bei Schweißnähten bei EXC1 keine ergänzende ZfP erforderlich. Bei Schweißnähten bei EXC2, EXC3 und EXC4 ist der Umfang der ergänzenden ZfP wie unten angegeben.

Der Umfang der ZfP umfasst die Prüfung der Oberflächenunregelmäßigkeiten und gegebenenfalls der inneren Unregelmäßigkeiten.

Für die ersten fünf Anschlüsse, die nach der selben neuen WPS geschweißt werden, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Zum Nachweis der WPS unter den Fertigungsbedingungen ist die Bewertungsgruppe B erforderlich;
- b) Der zu prüfende Prozentsatz muss das Doppelte der Werte in Tabelle 24 betragen $\sqrt{A_1}$ (min. 5 %, max. 100 %) $\sqrt{A_1}$;
- c) Die zu kontrollierende Mindestlänge beträgt 900 mm.

Wenn die Kontrolle zu fehlerbehafteten Ergebnissen führt, muss eine Untersuchung erfolgen, um die Ursache herauszufinden, und es muss eine weitere Serie von fünf Anschlüssen geprüft werden. Die Regeln in Anhang C von EN 12062:1997 sollten befolgt werden.

ANMERKUNG 1 Der Zweck der oben beschriebenen Kontrolle ist sicherzustellen, dass mit einer WPS, die in der Fertigung angewendet wird, eine abnahmefähige Qualität hergestellt werden kann. Zur Erstellung und Verwendung einer WPS siehe das Flussdiagramm in Anhang L.

Sobald nachgewiesen ist, dass die Schweißnahtfertigung nach einer WPS die Qualitätsanforderungen erfüllt, muss der erforderliche Umfang der ergänzenden ZfP Tabelle 24 entsprechen, wobei weitere Anschlüsse, die nach der selben WPS geschweißt sind, als ein einzelnes fortlaufendes Prüflos gehandhabt werden. Die Prozentsätze gelten für den Umfang der ergänzenden ZfP, betrachtet als kumulierter Gesamtbetrag innerhalb jedes Prüfloses.

Die nach Tabelle 24 zu kontrollierenden Anschlüsse müssen auf der Grundlage von Anhang C von EN 12062:1997 ausgewählt werden, wobei die Mindestgesamtlänge für ein Prüflos $\times 900$ mm beträgt, um sicherzustellen, dass die Stichprobe die folgenden Variablen soweit wie möglich abdeckt: die Anschlussart, die Stahlsorte der Konstruktionsmaterialien, die Schweißausrüstung und die Arbeitsweise der Schweißer. In den Ausführungsunterlagen können bestimmte Anschlüsse für die Kontrolle, zusammen mit dem Umfang und dem Prüfverfahren, ausgewiesen werden.

Wenn die Kontrolle innerhalb einer Kontrolllänge Schweißnahtunregelmäßigkeiten aufdeckt, die die in den Abnahmekriterien festgelegten Anforderungen überschreiten, müssen zusätzliche Prüfungen über zwei Kontrolllängen unternommen werden, und zwar auf beiden Seiten der Kontrolllänge, die den Fehler enthält, jeweils eine. Wenn die Kontrolle auf einer der beiden Seiten zu fehlerbehafteten Ergebnissen führt, muss eine Untersuchung erfolgen, um die Ursache herauszufinden.

ANMERKUNG 2 Der Zweck der Kontrolle nach Tabelle 24 ist sicherzustellen, dass in der laufenden Fertigung abnahmefähige Schweißnähte hergestellt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle 24 — Umfang der ergänzenden ZfP

Schweißnahtart	Werkstatt- und Baustellennähte		
	EXC2	EXC3	EXC4
Zugbeanspruchte querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in zugbeanspruchten Stumpfstoßen:			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte:			
in Kreuzstoßen	10 %	20 %	100 %
in T-Stößen	5 %	10 %	50 %
Zug- oder scherbeanspruchte querverlaufende Kehlnähte:			
mit $a > 12$ mm oder $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
mit $a \leq 12$ mm und $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
A1) Vollständig durchgeschweißte Längsnähte zwischen Steg und Obergurt bei Kranbahnträgern	10 %	20 %	100 % A1
A1) Andere Längsnähte und Nähte angeschweißter Steifen	0 %	5 %	10 % A1
ANMERKUNG 1 Längsnähte verlaufen parallel zur Bauteilachse. Alle anderen Nähte werden als querverlaufende Nähte betrachtet.			
ANMERKUNG 2 U = Ausnutzungsgrad von Schweißnähten unter quasi-statischen Einwirkungen. $U = E_d/R_d$, wobei E_d die größte Schweißnahtschnittgröße und R_d die Schweißnahtbeanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist.			
ANMERKUNG 3 Die Symbole a und t beziehen sich auf die Nahtdicken und den dicksten Grundwerkstoff im Anschluss.			

12.4.2.3 Sichtprüfung von Schweißverbindungen

Die Sichtprüfung muss nach Fertigstellung des Schweißens in einem Bereich erfolgen und bevor jegliche andere ZfP-Kontrolle durchgeführt wird.

Die Sichtprüfung muss beinhalten:

- das Vorhandensein und die Stellen aller Schweißnähte;
- Kontrolle der Schweißnähte nach EN 970;
- Zündstellen und Bereiche mit Schweißspritzern.

Bei geschweißten Rohrabzweigungen von Hohlprofilen müssen bei der Kontrolle der Nahtform und der Oberflächen von Schweißverbindungen die folgenden Stellen besonders beachtet werden:

- bei Kreishohlprofilen: die vorderen und hinteren Achspositionen und zwei in den seitlichen Flankenmitten;
- bei quadratischen oder rechteckigen Profilen: die vier Ecken.

12.4.2.4 Zusätzliche ZfP-Verfahren

Die folgenden ZfP-Verfahren müssen in Übereinstimmung mit den in EN 12062 gegebenen allgemeinen Prinzipien und mit den Anforderungen der für das jeweilige Verfahren geltenden Norm durchgeführt werden:

- a) Eindringprüfung (PT) nach EN 571-1;
- b) Magnetpulverprüfung (MT) nach EN 1290;
- c) Ultraschallprüfung (UT) nach EN 1714, EN 1713;
- d) Durchstrahlungsprüfung (RT) nach EN 1435.

Die Anwendungsbereiche der ZfP-Verfahren sind in den jeweils geltenden Normen festgelegt.

12.4.2.5 Korrigieren von Schweißverbindungen

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 müssen Ausbesserungen durch Schweißen nach einem qualifizierten Schweißverfahren durchgeführt werden.

Ausgebesserte Schweißnähte müssen überprüft werden und müssen die Anforderungen an die ursprünglichen Schweißnähte erfüllen.

12.4.3 Kontrolle und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton

Kontrolle und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton müssen nach EN ISO 14555 durchgeführt werden.

Diese Kontrolle schließt die Überprüfung der Bolzenlänge nach dem Schweißen ein.

Nichtkonforme Bolzen müssen ersetzt werden. Es wird empfohlen, dass der Ersatzbolzen an einer benachbarten neuen Stelle geschweißt wird.

Das ordnungsgemäße Funktionieren der auf der Baustelle eingesetzten Schweißausrüstung sollte nach jedem Umsetzen und zu Beginn jeder Arbeitsschicht oder eines anderen Arbeitsabschnitts durch Prüfungen nach EN ISO 14555 an mit der Ausrüstung geschweißten Bolzen erneut überprüft werden.

12.4.4 Arbeitsprüfungen beim Schweißen

Bei EXC3 und EXC4 müssen, falls festgelegt, Arbeitsprüfungen wie folgt durchgeführt werden:

- a) Jede für das Schweißen von Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S460 verwendete Qualifizierung des Schweißverfahrens muss anhand einer Arbeitsprüfung überprüft werden. Die Prüfung besteht aus Sichtprüfung, Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung, Ultraschallprüfung oder Durchstrahlungsprüfung (bei Stumpfnähten), Härteprüfung und makroskopischer Untersuchung. Die Prüfungen und Ergebnisse müssen der für die Schweißverfahrensprüfung jeweils geltenden Norm entsprechen;
- b) Wird bei einem Schweißprozess für Kehlnähte tiefer Einbrand verwendet, muss der Einbrand überprüft werden. Die Ergebnisse des tatsächlichen Einbrands müssen dokumentiert werden;
- c) Bei orthotropen Stahlbrückenfahrbahnplatten:
 - 1) Verbindungen zwischen Deckblech und Rippen, die mittels vollmechanischem Schweißprozess geschweißt werden, müssen für je 120 m Brückenlänge einer Arbeitsprüfung unterzogen werden, mindestens jedoch einer Arbeitsprüfung je Brücke, und durch Makroschliff-Untersuchung kontrolliert werden. Makroschliffe müssen am Nahtanfang oder Nahtende und in Nahtmitte erstellt werden;
 - 2) Laschenstöße von Rippen müssen einer Arbeitsprüfung unterzogen werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

12.5 Mechanische Verbindungsmittel

12.5.1 Kontrolle nicht planmäßig vorgespannter Verbindungen

Alle Verbindungen mit nicht planmäßig vorgespannten mechanischen Verbindungsmitteln müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden, nachdem sie am örtlich ausgerichteten Tragwerk verschraubt wurden.

Verbindungen, bei denen während des Verschraubens festgestellt wird, dass die vorhandene Anzahl der Schrauben unvollständig ist, müssen hinsichtlich ihres Einbaus überprüft werden, nachdem die fehlenden Schrauben eingebaut worden sind.

Abnahmekriterien und Maßnahmen zur Korrektur einer Nichtkonformität müssen 8.3 und 9.6.5.3 entsprechen.

Ist die Ursache für die Nichtkonformität ein Dickenunterschied in der gleichen Lage, der die in 8.1 festgelegten Grenzwerte überschreitet, muss die Verbindung erneuert werden. Andere Nichtkonformitäten dürfen, falls möglich, durch Anpassung der örtlichen Bauteilausrichtung korrigiert werden.

Korrigierte Verbindungen müssen nach Wiederherstellung erneut überprüft werden.

Werden bei Verbindungen zwischen nichtrostendem Stahl und anderen Metallen Isolierelemente gefordert, müssen die Anforderungen für die Überprüfung des Einbaus auch festgelegt werden.

12.5.2 Kontrolle und Prüfung planmäßig vorgespannter Verbindungen

12.5.2.1 Kontrolle der Reibflächen

Bei Verbindungen mit Reibflächen müssen die Flächen unmittelbar vor dem Zusammenbau einer Sichtprüfung unterzogen werden. Die Abnahmekriterien müssen 8.4 entsprechen. Nichtkonformitäten müssen nach 8.4 korrigiert werden.

Werden planmäßig vorgespannte Schrauben bei Verbindungen von nichtrostendem Stahl eingesetzt, müssen die Anforderungen an die Kontrolle und Prüfung festgelegt werden.

12.5.2.2 Kontrolle vor dem Anziehen

Alle Verbindungen mit planmäßig vorgespannten mechanischen Verbindungsmitteln müssen vor dem Beginn des Vorspannens einer Sichtprüfung unterzogen werden, nachdem sie am örtlich ausgerichteten Tragwerk verschraubt wurden. Die Abnahmekriterien müssen 8.5.1 entsprechen.

Ist die Ursache für die Nichtkonformität ein Dickenunterschied in der gleichen Lage, der die in 8.1 festgelegten Grenzwerte überschreitet, muss die Verbindung erneuert werden. Andere Nichtkonformitäten dürfen, falls möglich, durch Anpassung der örtlichen Bauteilausrichtung korrigiert werden.

Werden gefaste Scheiben eingebaut, dann müssen diese einer Sichtprüfung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass der Zusammenbau in Übereinstimmung mit 8.2.4 und Anhang J ist.

Korrigierte Verbindungen müssen nach Wiederherstellung erneut überprüft werden.

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss das Anziehverfahren überprüft werden. Erfolgt das Anziehen mittels Drehmomentverfahren oder mittels kombiniertem Vorspannverfahren, muss die Kalibrierbescheinigung für das Anziehgerät zum Nachweis der Genauigkeit nach 8.5.1 überprüft werden.

12.5.2.3 Kontrolle während und nach dem Anziehen

Zusätzlich zu den folgenden allgemeinen Kontrollanforderungen, die für alle Anziehverfahren ausgenommen das Verfahren für HRC-Schrauben gelten, sind besondere Anforderungen in 12.5.2.4 bis 12.5.2.7 angegeben.

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss die Kontrolle während und nach dem Anziehen folgendermaßen durchgeführt werden:

- a) Die Kontrolle der eingebauten Verbindungsmittel und/oder Einbauverfahren muss in Abhängigkeit vom verwendeten Anziehverfahren erfolgen. Die zu kontrollierenden Stellen müssen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Stichprobe ggf. die folgenden Parameter erfasst: Anschlussart, Schraubengruppe, Los, Art und Größe der Verbindungsmittel, verwendete Ausrüstung und die Arbeitskräfte;
- b) zu Kontrollzwecken werden Schraubengarnituren mit gleicher Herkunft, Größe und Festigkeitsklasse in ähnlichen Verbindungen (Verbindungstypen) zu einer Schraubengruppe zusammengefasst. Eine große Schraubengruppe kann zu Kontrollzwecken in mehrere Untergruppen unterteilt werden;
- c) die Gesamtanzahl der in einem Tragwerk kontrollierten Garnituren muss wie folgt sein:
 - EXC2: 5 % beim zweiten Anziehschritt beim Drehmomentverfahren oder beim kombinierten Vorspannverfahren und für das DTI-Verfahren;
 - EXC3 und EXC4:
 - i) 5 % beim ersten Anziehschritt und 10 % beim zweiten Anziehschritt beim kombinierten Verfahren;
 - ii) 10 % beim zweiten Anziehschritt beim Drehmomentverfahren und beim DTI-Verfahren;
- d) sofern nichts anderes festgelegt wird, muss die Kontrolle mit Hilfe eines sequentiellen Stichprobenplans nach Anhang M für eine ausreichende Anzahl an Garnituren durchgeführt werden, bis hinsichtlich der entsprechenden Prüfkriterien entweder die Annahme- oder die Rückweisungsbedingungen (es sei denn, es wurden sämtliche Garnituren geprüft) für den maßgebenden sequentiellen Typ erfüllt sind. Die sequentiellen Typen müssen folgendermaßen sein:
 - EXC2 und EXC3: sequentieller Typ A ;
 - EXC4: sequentieller Typ B;
- e) $\overline{A_1}$ der erste Anziehschritt A_1 muss durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese vollständig zusammengezogen sind;
- f) bei der Kontrolle des abschließenden Anziehens ist die gleiche Garnitur für die Überprüfung zu verwenden, sowohl in Bezug auf zu geringes Anziehen und, falls erforderlich, auf Überanziehen;
- g) bei der Kontrolle $\overline{A_1}$ des ersten Anziehschritts A_1 ist nur das Merkmal des zu geringen Anziehens zu überprüfen;
- h) die Kriterien, die die Nichtkonformität einer Garnitur und die Anforderungen für Korrekturmaßnahmen definieren, sind für jedes Anziehverfahren im Folgenden festgelegt;
- i) ergibt die Kontrolle eine „Rückweisung“, müssen alle Garnituren in der Schrauben-Untergruppe überprüft werden, und Korrekturmaßnahmen müssen erfolgen. Falls das Kontrollergebnis bei Anwendung des sequentiellen Typs A negativ ist, kann die Kontrolle auf den sequentiellen Typ B erweitert werden;
- j) nach der Fertigstellung ist eine neue Kontrolle erforderlich.

Werden Verbindungsmittel nicht entsprechend den festgelegten Verfahren eingesetzt, müssen das Entfernen und der erneute Einbau der gesamten Schraubengruppe beaufsichtigt werden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

12.5.2.4 Drehmomentverfahren

Die Kontrolle einer Garnitur muss nach Tabelle 25 durch Aufbringen eines Drehmomentes auf die Mutter (oder auf den Schraubenkopf, falls festgelegt) mit Hilfe eines kalibrierten Anziehgerätes durchgeführt werden. Ziel ist die Überprüfung, dass das erforderliche Anziehmoment zum Einleiten des Weiterdrehens mindestens $\frac{A_1}{A_2}$ dem 1,05fachen Referenz-Drehmoment $M_{r,i}$ (d. h. $M_{r,2}$ oder $M_{r,test}$) entspricht. Auf ein möglichst geringes Weiterdrehen ist dabei zu achten. Es gelten die folgenden Bedingungen:

- Das bei den Kontrollen eingesetzte Anziehgerät muss geeignet kalibriert sein und eine Genauigkeit von $\pm 4 \%$ aufweisen;
- die Kontrolle muss innerhalb von 12 Stunden bis 72 Stunden nach endgültiger Beendigung des Anziehens in der betreffenden Schrauben-Untergruppe durchgeführt werden;

ANMERKUNG 1 Falls die zu kontrollierenden Garnituren aus unterschiedlichen Garniturenlosen bestehen und die Kontrollanziehmomente verschieden sind, sollten die Einbauorte jedes Garniturenloses festgehalten werden.

ANMERKUNG 2 Sind die Kontaktflächen mit einer Schutzschicht versehen, insbesondere bei einem Anstrich, kann der Vorspannkraftverlust so erheblich sein, dass das Erfüllen der festgelegten Abnahmekriterien nicht möglich ist. Besondere Kontrollmaßnahmen, wie z. B. eine kontinuierliche Beaufsichtigung des Anziehens können unter diesen Umständen notwendig werden.

- Ist das Ergebnis „Rückweisung“, muss die Genauigkeit des eingesetzten Anziehgerätes überprüft werden.

Tabelle 25 — Kontrolle des Anziehens mit dem Drehmomentverfahren

Ausführungs-klasse	Während des Anziehens	Nach dem Anziehen
EXC2	— Identifizierung der Einbauorte verschiedener Garniturenlose	Kontrolle des zweiten Anziehschrittes
EXC3 und EXC4	— Identifizierung der Einbauorte verschiedener Garniturenlose, — Überprüfung des Anziehverfahrens für jede Schraubengruppe.	Kontrolle des zweiten Anziehschrittes
ANMERKUNG Zur Definition eines Garniturenloses siehe EN 14399-1.		

Eine Garnitur, bei der sich die Mutter beim Aufbringen des Kontrollanziehmoments um mehr als 15° weiterdreht, wird als nicht vollständig vorgespannt ($< 100 \%$) bewertet und muss erneut mit 100% des geforderten Anziehmoments angezogen werden.

12.5.2.5 Kombiniertes Vorspannverfahren

Bei EXC3 und EXC4 muss der erste Anziehschritt vor dem Markieren unter Verwendung der gleichen Anziehbedingungen wie zum Erreichen des 75% -Zustandes überprüft werden. Eine Schraube, die sich beim Aufbringen des Kontrollanziehmoments um mehr als 15° weiterdreht, wird als fehlerhaft bewertet und muss erneut angezogen werden.

Sind die Verbindungen nicht, wie in 8.3 und 8.5.1 gefordert, vollständig zusammengezogen, muss die Kalibrierung der Anziehgeräte in Verbindung mit den aufgebrachten Kräften durch ergänzende Prüfungen überwacht werden, um die korrekte Voranziehkraft zu erzielen. Falls erforderlich, muss der erste Anziehschritt mit dem korrigierten Anziehmoment wiederholt werden.

Wird dann noch immer kein vollständiges Anliegen erreicht, müssen die Dicke und Klaffung der zusammengezogenen Verbindungen kontrolliert und angepasst werden.

Vor Beginn des zweiten Anziehschritts müssen die Markierungen aller Muttern relativ zu den Schraubengewinden einer Sichtprüfung unterzogen werden. Fehlende Markierungen sind zu ergänzen.

Nach dem zweiten Anziehschritt müssen die Markierungen anhand der folgenden Anforderungen kontrolliert werden:

- a) ist der Drehwinkel um mehr als 15° kleiner als der festgelegte Wert, muss der Drehwinkel korrigiert werden;
- b) ist der Drehwinkel um mehr als 30° über dem festgelegten Wert, oder tritt Schrauben- oder Mutterversagen auf, muss die Garnitur durch eine neue ersetzt werden.

12.5.2.6 Verfahren für HRC-Schrauben

A1 Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss der erste Anziehschritt durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese vollständig zusammengezogen sind. **A1**

Die Kontrolle muss durch Sichtprüfung an 100 % der Garnituren durchgeführt werden. Vollständig angezogene Garnituren sind durch das weggebrochene Abscherende gekennzeichnet. Garnituren, bei denen das Abscherende übrigbleibt, wird als nicht vollständig vorgespannt bewertet.

Werden HRC-Garnituren mittels Drehmomentverfahren nach 8.5.3 oder mittels DTI-Verfahren nach 8.5.6 abschließend angezogen, müssen diese nach 12.5.2.4 oder 12.5.2.7, je nach Anwendungsfall, kontrolliert werden.

12.5.2.7 Verfahren mit direkten Kraftanzeigern

A1 Nach dem ersten Anziehschritt **A1** müssen die Verbindungen kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass diese fachgerecht in Übereinstimmung mit 8.3 zusammengezogen sind. Die örtliche Ausrichtung von nicht-konformen Verbindungen muss korrigiert werden, bevor mit dem abschließenden Anziehen begonnen wird.

Nach dem abschließenden Anziehen müssen die zur Kontrolle ausgewählten Garnituren nach 12.5.2.3 überprüft werden, um sicherzustellen, dass die abschließenden Belastungsanzeigen den Anforderungen in Anhang J genügen. Die Sichtprüfung muss eine Überprüfung beinhalten, bei der alle Anzeiger, die eine vollständige Eindrückung des Anzeigers aufweisen, festgestellt werden. Nicht mehr als 10 % der Anzeiger in einer Schraubengruppe einer Verbindung dürfen eine vollständige Eindrückung des Anzeigers aufweisen.

Werden Verbindungsmittel nicht in Übereinstimmung mit Anhang J eingebaut oder ist die abschließende Belastungsanzeige nicht innerhalb der festgelegten Grenzwerte, muss das Entfernen und der erneute Einbau der nichtkonformen Garnituren beaufsichtigt werden, und die gesamte Schraubengruppe muss dann kontrolliert werden. Falls die direkten Kraftanzeiger nicht bis zur festgelegten Grenze angezogen sind, kann die Garnitur weiter angezogen werden, bis die Grenze erreicht ist.

12.5.3 Kontrolle, Prüfung und Reparatur von Nieten

12.5.3.1 Kontrolle

Die Gesamtanzahl der in einem Tragwerk kontrollierten Niete muss mindestens 5 %, mindestens jedoch 5 betragen.

Die Köpfe gesetzter Niete müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden und die Abnahmekriterien nach 8.7 erfüllen.

Die Kontrolle des genügenden Kontakts muss anhand eines Klangtests durch leichtes Anschlagen des Nietkopfes mit einem 0,5 kg schweren Niethammer erfolgen. Die Kontrolle wird nach einem sequentiellen Stichprobenplan nach Anhang M für eine ausreichende Anzahl von Nieten durchgeführt, bis für die maßgebenden Kriterien entweder die Abnahme- oder die Rückweisungsbedingungen des betreffenden sequentiellen Typs erfüllt sind. Die sequentiellen Typen gelten wie folgt:

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- EXC2 und EXC3: sequentieller Typ A;
- EXC4: sequentieller Typ B.

Ergibt die Kontrolle eine „Rückweisung“, müssen alle Niete überprüft werden, und Korrekturmaßnahmen müssen erfolgen.

12.5.3.2 Reparaturen

Wird der Austausch eines fehlerhaften Niets notwendig, muss dies vor Belastung des Tragwerks erfolgen. Das Heraustrennen muss mit Hilfe eines Meißels oder durch Schneiden erfolgen.

Nach Entfernen eines Niets müssen die Nietlochwandungen sorgfältig kontrolliert werden. Im Fall von Rissen, Grübchen oder Lochverformung muss das Loch aufgerieben werden. Nötigenfalls muss der Ersatzniet einen größeren Durchmesser als der entfernte Niet haben.

12.5.4 Kontrolle der Befestigung kaltgeformter Bauteile und dünnwandiger Profilbleche

12.5.4.1 Selbstschneidende und selbstbohrende Blechschrauben

Werden selbstschneidende Blechschrauben verwendet, müssen regelmäßig Probelöcher durch Stichprobenüberprüfungen auf der Baustelle nachgemessen werden, um sicherzustellen, dass diese mit den Empfehlungen des Verbindungsmittelherstellers übereinstimmen.

Werden selbstbohrende und selbstschneidende Blechschrauben auf der Baustelle verwendet, müssen regelmäßig Probe-Blechschrauben durch Stichproben überprüft werden, um die Gewindetauglichkeit nach dem Setzen sicherzustellen. Diese Vorgehensweise ist bei jeder unterschiedlichen Anwendung angebracht. Verbindungsmittel, die Verformungen des Gewindes aufweisen, die die vom Verbindungsmittelhersteller angegebenen Grenzwerte überschreiten, müssen als nichtkonform bewertet und durch neue Verbindungsmittel ersetzt werden.

ANMERKUNG Der Ratschlag des Verbindungsmittelhersteller sollte in Hinblick auf den Ersatz von Verbindungsmitteln gesucht werden. Diese können einen größeren Durchmesser erfordern, um ein sicheres Befestigen in einem vorgeformten Loch sicherzustellen.

12.5.4.2 Blindniete

Probelöcher müssen regelmäßig durch Stichprobenüberprüfungen auf der Baustelle nachgemessen werden, um sicherzustellen, dass diese mit den Empfehlungen des Herstellers übereinstimmen.

Löcher mit Graten, die das ebene Aufeinanderliegen der verbundenen Teile beeinträchtigen würden, müssen, solange sie nicht ausgebessert sind, als nichtkonform bewertet werden.

Verbindungen mit Blindnieten müssen kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass sich die Stauchung am Ende des Blindniets nicht zwischen den überlappenden Profilblechen ausbildet. Solche Verbindungen müssen als nichtkonform bewertet werden. Nichtkonforme Niete müssen entfernt und ersetzt werden.

Wird ein nichtkonformer Niet durch eine Bohrung mit größerem Durchmesser als dem für das ursprüngliche Loch entfernt, muss der Ersatzniet für die geschaffene Lochgröße passend sein.

12.5.5 Besondere Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren

12.5.5.1 Allgemeines

Anforderungen an die Kontrolle von Verbindungen bei Verwendung besonderer Verbindungsmittel oder besonderer Befestigungsverfahren nach 8.9 müssen festgelegt werden

Werden Gewindebohrungen in Gusswerkstoffen eingesetzt, muss ZFP um die Gewindebohrungen herum durchgeführt werden, um die Werkstoffhomogenität sicherzustellen.

12.5.5.2 Setzbolzen und luftgetriebene Bolzen

Eine Kontrolle muss durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass Verbindungen mit Setzbolzen und luftgetriebenen Bolzen nicht zu stark oder zu schwach gesetzt wurden.

ANMERKUNG Wird eine zu große Ladungsstärke verwendet, kann eine starke Eindrückung oder übermäßige Verformung der Scheiben auftreten (zu stark gesetzt). Unzureichendes Eindringen des Verbindungsmittels ist die Folge des Einsatzes einer zu geringen Antriebskraft (zu schwach gesetzt).

Die Herstellerkennzeichnung auf dem Bolzen muss nach dem Setzen des Verbindungsmittels noch erkennbar sein.

12.5.5.3 Andere mechanische Verbindungsmittel

Kontrollen von Verbindungen mit anderen mechanischen Verbindungsmitteln (wie z. B. Hakenschrauben, besondere Verbindungsmittel) müssen nach nationalen Produktnormen, Empfehlungen, Herstellerrichtlinien oder festgelegten Verfahren erfolgen.

12.6 Oberflächenbehandlung und Korrosionsschutz

Ist für das Tragwerk ein Korrosionsschutz vorgesehen, muss vor Aufbringen des Korrosionsschutzes eine Kontrolle des Tragwerks anhand der Anforderungen von Abschnitt 10 durchgeführt werden.

Alle Oberflächen, Schweißnähte und Kanten müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Die Abnahmekriterien müssen den Anforderungen von EN ISO 8501 genügen.

Nichtkonforme Bauteile müssen erneut behandelt, überprüft und anschließend einer Kontrolle unterzogen werden.

Die Kontrolle des Korrosionsschutzes muss nach Anhang F durchgeführt werden.

12.7 Montage

12.7.1 Kontrolle der Probemontage

Anforderungen für die Kontrolle jeglicher Probemontage nach 9.6.4 müssen festgelegt werden.

12.7.2 Kontrolle des errichteten Tragwerks

Der Zustand des errichteten Tragwerks muss auf jegliche Anzeichen hin kontrolliert werden, dass Bauteile verformt oder überbeansprucht worden sind, und um sicherzustellen, dass alle Montagehilfen zufriedenstellend entfernt worden sind oder den festgelegten Anforderungen entsprechen.

12.7.3 Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten

12.7.3.1 Vermessungsverfahren und Genauigkeit

Eine Vermessung des fertiggestellten Tragwerks muss erfolgen. Die Vermessung muss auf das Sekundärsystem bezogen sein. Bei EXC3 und EXC4 muss diese Vermessung aufgezeichnet werden; besteht eine Anforderung zur Aufzeichnung der Abmessungsüberprüfungen bei der Abnahme des Tragwerks, muss diese festgelegt werden.

Verwendete Verfahren und Messeinrichtungen müssen aus den in ISO 7976-1 und ISO 7976-2 enthaltenen ausgewählt werden. Bei der Auswahl muss die Eignung des Vermessungsverfahrens in Bezug auf die Genauigkeit im Verhältnis zu den Abnahmekriterien berücksichtigt werden. Gegebenenfalls muss die Vermessung in Bezug auf Temperatureinflüsse korrigiert und die Genauigkeit der Messungen im Verhältnis zu den in 9.4.1 genannten nach den entsprechenden Teile von ISO 17123 abgeschätzt werden.

A1 gestrichener Text **A1**

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

12.7.3.2 Messsystem

Das System der zulässigen Abweichungen ist aufgebaut auf Positionspunkte in Basishöhenlage, einen Bereich für die Vertikalität von Stützen und eine Reihe von Zwischen- und Dachhöhenlagen, auf die fertiggestellte Stockwerkshöhen bezogen werden.

ANMERKUNG Positionspunkte kennzeichnen die Solllage einzelner Bauteile, wie z. B. Stützen (siehe ISO 4463-1).

Jeder einzelne Wert muss mit den Werten aus den Bildern und Tabellen übereinstimmen. Die Summation der Einzelwerte darf nicht größer sein als die zulässigen Abweichungen des Gesamttragwerks.

Das System muss Anforderungen an die Lagen der Anschlüsse festlegen. Zwischen diesen Lagen sind die Herstellungstoleranzen maßgeblich für die zulässigen Abweichungen.

Das System legt keine expliziten Anforderungen an Sekundärbauteile des Tragwerks fest, wie z. B. untergeordnete Streben und Pfetten.

Das Festlegen von Achsen und Höhenlagen erfordert beim Anpassen an bestehende Bauwerke besondere Beachtung.

12.7.3.3 Bezugspunkte und -höhenlagen

Montagetoleranzen müssen im Allgemeinen relativ zu den folgenden Bezugspunkten jedes Bauteils festgelegt werden:

- a) bei bis zu 10° gegen die Vertikale geneigten Bauteilen: die Bauteilmitte an jedem Ende;
- b) bei bis zu 45° gegen die Horizontale geneigten Bauteilen (einschließlich der Obergurte von Fachwerkträgern): die Mitte der Oberseite an jedem Ende;
- c) bei innenliegenden Bauteilen in zusammengesetzten Fachwerkträgern und -bindern: die Bauteilmitte an jedem Ende;
- d) bei anderen Bauteilen: die Montagepläne müssen die Bezugspunkte enthalten, die im Allgemeinen bei vorwiegend biegebeanspruchten Bauteilen auf der Ober- oder Außenseite und bei vorwiegend druck- oder zugbeanspruchten Bauteilen auf der Mittelachse sein müssen.

Alternative Bezugspunkte dürfen zur Vereinfachung ersatzweise festgelegt werden, vorausgesetzt sie bieten eine vergleichbare Wirkung wie die oben festgelegten.

12.7.3.4 Stellen und Häufigkeit

Es werden nur Messungen der Lage von an Baustellen-Verbindungspunkten angrenzenden Bauteilen wie nachfolgend festgelegt durchgeführt, sofern nichts anderes festgelegt wird. Die Stellen und Häufigkeit der Messungen müssen im Kontrollplan festgelegt werden.

ANMERKUNG Spezielle Überprüfungen der Abmessungen des fertiggestellten Tragwerks, die im Zusammenhang mit besonderen Toleranzen notwendig werden, sollten festgelegt und in den Kontrollplan aufgenommen werden.

Die Lagegenauigkeit des errichteten Stahltragwerks sollte nur unter Eigengewicht des Stahltragwerks gemessen werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. Die Bedingungen sind festzulegen, unter denen die Messungen erfolgen müssen, ebenso wie die Abweichungen und Verschiebungen infolge einwirkender Belastungen, außer denen infolge Eigengewicht des Stahltragwerks, die einen Einfluss auf die Überprüfung der Abmessungen haben können.

12.7.3.5 Abnahmekriterien

Die Abnahmekriterien sind in 11.2 und 11.3 gegeben.

12.7.3.6 Definition der Nichtkonformität

Bei der Beurteilung, ob eine Nichtkonformität vorliegt, müssen die unvermeidbaren Schwankungen von Messergebnissen bei den in 12.7.3.1 zugrunde gelegten Vermessungsverfahren berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 ISO 3443-1 bis -3 geben Hinweise auf Toleranzen im Hochbau und auf die Auswirkungen von Schwankungen (einschließlich Herstellungs-, Ausrichtungs- und Montageabweichungen) auf die Passung zwischen Bauteilen.

Die Bauwerksgenauigkeit muss im Verhältnis zu den erwarteten Auslenkungen, Überhöhungen, Vorverformungen, elastischen Verschiebungen und thermischen Ausdehnungen von Bauteilen bewertet werden.

ANMERKUNG 2 EN 1993-1-4 gibt Werte für den thermischen Ausdehnungskoeffizient für übliche nichtrostende Stähle an.

Sind erhebliche Verschiebungen eines Tragwerks zu erwarten, die einen Einfluss auf die Überprüfung der Abmessungen haben könnten (z. B. bei Seiltragwerken), sollten zulässige Bereiche für die Lagen festgelegt werden.

12.7.3.7 Maßnahmen bei Nichtkonformität

Maßnahmen bei Nichtkonformitäten müssen nach 12.3 erfolgen. Korrekturmaßnahmen müssen mit Hilfe von Verfahren durchgeführt werden, die in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm sind.

Erfolgt die Übergabe eines Stahltragwerks mit nicht korrigierten Nichtkonformitäten, müssen die noch durchzuführenden Maßnahmen aufgelistet werden.

12.7.4 Sonstige Abnahmeprüfungen

Sind Bauteile eines Tragwerks unter Anforderungen zu montieren, die sich nicht auf deren Lage, sondern auf eine bestimmte Belastung beziehen, muss dies festgelegt werden, einschließlich des Toleranzbereichs für diese Belastung.

Anhang A (normativ)

Zusatzangaben, Liste festzulegender Auswahlmöglichkeiten und auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen

A.1 Zusammenstellung erforderlicher Zusatzangaben

Dieser Abschnitt enthält in Tabelle A.1 eine Zusammenstellung der erforderlichen Zusatzangaben, die im Text dieser Europäischen Norm genannt sind, mit denen die Anforderungen für die Ausführung von Stahlkonstruktionen umfassend festgelegt sind, um in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm zu sein (d. h. überall dort, wo der Ausdruck „muss festgelegt werden“ verwendet wird).

Tabelle A.1 — Zusatzinformation

Abschnitt	Erforderliche Zusatzangaben
5 — Konstruktionsmaterialien	
5.1	Eigenschaften von Produkten, die nicht durch die aufgeführten Normen abgedeckt sind
5.3.1	Sorten, Gütegruppen und gegebenenfalls Gewichte von Überzügen und Behandlungszustände von Stahlerzeugnissen
5.3.3	Zusätzliche Anforderungen in Bezug auf besondere Einschränkungen für Oberflächen-Üngängen oder für das Ausbessern von Oberflächenfehlern durch Schleifen nach EN 10163 bzw. nach EN 10088 bei nichtrostendem Stahl
5.3.3	Anforderungen an den Behandlungszustand der Oberflächen für andere Erzeugnisse
A1 gestrichener Text A1	
5.3.4	Zusätzliche Anforderungen für besondere Eigenschaften, sofern maßgebend
5.4	Sorten, Zusatzsymbole und Behandlungszustände von Stahlguss
5.6.3	Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und Oberflächenbehandlungszustände bei Garnituren für nicht planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen Mechanische Eigenschaften für bestimmte Garnituren Umfassende Details für den Einsatz von Isolierelementen
5.6.4	Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und Oberflächenbehandlungszustände bei Garnituren für planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen
5.6.6	Chemische Zusammensetzung wetterfester Garnituren
5.6.11	Mechanische Verbindungsmittel für den Einsatz in Schubfeld
5.6.12	Besondere Verbindungsmittel, die nicht in CEN- oder ISO-Normen enthalten sind, ebenso alle notwendigen Prüfungen
5.8	Zu verwendendes Vergussmaterial
5.9	Anforderungen an Ausführungsart und Eigenschaften von Dehnfugen
5.10	Mindestzugfestigkeiten und die Überzugsklasse Bezeichnungen und Klasse der Litze Mindestbruchkraft und Seildurchmesser und Anforderungen in Bezug auf den Korrosionsschutz

Tabelle A1 (fortgesetzt)

Abschnitt	Erforderliche Zusatzangaben
6 — Vorbereitung und Zusammenbau	
6.2 d)	Bereiche, wo die Kennzeichnungsmethode keinen Einfluss auf das Ermüdungsverhalten hat
6.2	Bereiche, wo Markierungen nicht zulässig sind oder nach dem Zusammenbau nicht sichtbar sein dürfen
Ⓐ ₁ 6.5.4 c) Ⓐ ₁	Mindestinnenbiegeradien bei anderen, als den genannten, nichtrostenden Stahlsorten
Ⓐ ₁ 6.5.4 d) Ⓐ ₁	Schutzvliese für kaltgeformte dünnwandige Bauteile
6.6.1	Besondere Maße für verschiebliche Anschlüsse
6.6.1	Nennlochdurchmesser bei Nieten
6.6.1	Maße einer Senkung
6.7	Stellen, in denen scharfe einspringende Ecken nicht zulässig sind, und zulässige Mindestradien bei dünnwandigen Bauteilen und Profilblechen
6.9	Besondere Anforderungen an Verbindungen temporärer Bauteile, einschließlich der ermüdungsrelevanten
7 — Schweißen	
7.5.6	Bereiche, wo das Anschweißen von Montagehilfen nicht zulässig ist
7.5.6	Verwendung von geschweißten Montagehilfen bei EXC3 und EXC4
Ⓐ ₁ 7.5.9.1	Die Stellen von Stumpfnähten, die in Stumpfstößen eingesetzt werden Ⓐ ₁
7.5.13	Abmessungen der Löcher für Schlitz- und Lochnähte
7.5.14.1	Kleinste sichtbare Breite einer Lichtbogen-Punktschweißung
7.5.15	Anforderungen für andere Schweißnahtarten
7.5.17	Anforderungen an das Schleifen und Nachbearbeiten der fertigen Schweißnahtoberflächen
7.6	Zusätzliche Anforderungen an Schweißnahtgeometrie und Nahtquerschnitt
7.7.2	Oberflächenbehandlungszustand der Schweißzonen bei nichtrostenden Stählen
7.7.3	Anforderungen für das Schweißen zwischen unterschiedlichen Arten von nichtrostendem Stahl oder zwischen nichtrostendem Stahl und anderen Stahlsorten
8 — Mechanische Verbindungsmittel	
8.2.2	Mindestdurchmesser für Verbindungsmittel bei dünnwandigen Bauteilen und Profilblechen Schraubenabmessungen, wenn die Schertragfähigkeit der Verbindung im gewindefreien Teils des Schraubenschaftes ausgenutzt wird
8.2.4	Maße und Stahlsorten von Unterlegblechen bei Langlöchern und übergroßen Löchern Maße und Stahlsorten von Keilscheiben
8.4	Anforderungen in Bezug auf Kontaktflächen in gleitfesten Verbindungen bei nichtrostenden Stählen
8.4	Bereich von Kontaktflächen in planmäßig vorgespannten Verbindungen
8.8.4	Anforderungen an die Verbindungsmittel der Überlappungen als tragende Verbindungsmittel
8.9	Anforderungen und alle für den Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Befestigungsverfahren erforderlichen Verfahrensprüfungen
8.9	Anforderungen an den Einsatz von Sechskant-Injektions-Schrauben

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle A1 (fortgesetzt)

Abschnitt	Erforderliche Zusatzangaben
9 — Montage	
9.4.1	Bezugstemperatur für das Ausrichten und Vermessen des Stahltragwerks
9.5.5	Verfahren zur Abdichtung der Kanten der Fußplatte, falls kein Vergießen benötigt wird
10 — Oberflächenschutz	
10.1	Anforderungen, die das aufzubringende besondere Beschichtungssystem berücksichtigen
10.2	Vorbereitungsgrad von Oberflächen oder die Schutzdauer des Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie
10.3	Nötigenfalls Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Oberflächen von unbeschichteten wetterfesten Stählen nach dem Abwittern optisch annehmbar sind
10.3	Anforderungen an Oberflächenschutz beim Kontakt von nicht-wetterfesten und wetterfesten Stählen
10.6	Innenseitiges Schutzsystem, falls eingeschlossene Hohlräume durch Schweißnähte abgedichtet oder einer innenseitigen Schutzbehandlung unterzogen werden
10.6	Maßnahmen zum Abdichten der betroffenen Stellen, wo mechanische Verbindungsmittel die Wandung von abgedichteten eingeschlossenen Hohlräumen durchdringen
10.9	Verfahren und Umfang von Reparaturen nach dem Schneiden oder Schweißen
10.10.2	Reinigungsverfahren, Anforderungen an die Reinigung und Reinigungsumfang von nicht-rostenden Stählen
11 — Geometrische Toleranzen	
11.1	Zusatzangaben für besondere Toleranzen, falls diese Toleranzen festgelegt sind
11.3.1	Das anzuwendende System der ergänzenden Toleranzen
12 — Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen	
12.3	Anzahl und Stellen der Messungen der Bauteilabmaße
12.5.1	Anforderungen für die Überprüfung des Einbaus von Isolierelementen
12.5.2.1	Anforderungen an die Kontrolle und Prüfung von planmäßig vorgespannten Schrauben bei Verbindungen von nichtrostendem Stahl
12.5.5.1	Anforderungen an die Kontrolle von Verbindungen bei Verwendung besonderer Verbindungsmittel oder besonderer Befestigungsverfahren
12.7.1	Anforderungen für die Kontrolle der Probemontage
12.7.3.4	Stellen und Häufigkeit der Messungen bei der Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten
12.7.4	Toleranzbereich für die Belastung, wenn Bauteile eines Tragwerks unter Anforderungen an eine bestimmte Belastung zu montieren sind
Anhang F — Korrosionsschutz	
F.1.2	Leistungsspezifikation für den Korrosionsschutz
F.1.3	Vorgeschriebene Anforderungen für den Korrosionsschutz
A1 F.4	Anforderungen an die Reibflächen und Gleitflächenklasse oder erforderliche Prüfungen A1
F.4	Ausmaß der Oberflächen in nicht gleitfesten Verbindungen, die durch die vorgespannten Schrauben beansprucht werden
F.6.3	Anforderungen an das Verfahren zur Qualifizierung des Schmelztauchprozesses, wenn Feuerverzinken kaltgeformter Bauteile nach der Fertigung festgelegt wird

Tabelle A1 (fortgesetzt)

Abschnitt	Erforderliche Zusatzangaben
F.6.3	Anforderungen an die Kontrolle, Überprüfung oder Qualifizierung der Vorbereitung, die vor einem nachfolgendem Beschichten bei verzinkten Bauteilen durchzuführen ist
A1) F.7.3	Messbereiche bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im1 bis Im3 A1

A.2 Liste von Auswahlmöglichkeiten

Dieser Anhang listet die Elemente auf, die in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden können, um Anforderungen für die Ausführung der Arbeiten zu definieren, wo in dieser Europäischen Norm Auswahlmöglichkeiten gegeben sind.

Tabelle A.2 — Liste von Auswahlmöglichkeiten

Abschnitt	Festzulegende Auswahlmöglichkeiten
4 — Ausführungsunterlagen und Dokumentation	
4.2.2	Ist ein Qualitätsmanagementplan für die Ausführung der Stahlkonstruktion erforderlich?
5 — Konstruktionsmaterialien	
5.2	Wird Rückverfolgbarkeit für jedes Produkt verlangt?
5.3.1	Sind Vorprodukte für den Stahlbau außer den in den Tabellen 2, 3 und 4 angegebenen einzusetzen?
5.3.2	Sind andere Grenzabmaße der Dicke von Baustahlflacherzeugnissen festgelegt?
5.3.2	Ist bei anderen Baustahlerzeugnissen und nichtrostenden Stahlerzeugnissen Klasse A für die Grenzabmaße der Dicke zu verwenden?
5.3.3	Werden bei EXC3 und EXC4 erhöhte Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit von Flacherzeugnissen gestellt?
5.3.3 b)	Müssen Unvollkommenheiten wie z. B. Risse und Oberflächen-Ungängen ausgebessert werden?
5.3.3	Sind dekorative oder spezielle Deckbeschichtungen der Oberflächen festgelegt?
5.3.4	Werden Bereiche in der Umgebung von Aussteifungsschottblechen oder Aussteifungen hinsichtlich des Vorhandenseins von inneren Inhomogenitäten überprüft?
A1) 5.4	Auswahlmöglichkeiten für den Stahlguss A1
5.5	Sind andere Auswahlmöglichkeiten als die in Tabelle 6 gegebenen zu verwenden?
5.6.3	Können Verbindungsmittel nach EN ISO 898-1 und EN 20898-2 zur Verbindung nichtrostender Stähle nach EN 10088 verwendet werden?
5.6.4	Können Schrauben aus nichtrostendem Stahl in planmäßig vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden?
5.6.7	Dürfen Betonstähle mit festgelegter Stahlsorte für Ankerschrauben eingesetzt werden?
5.6.8	Sind Sicherungselemente gefordert?
5.6.8	Sind andere als den genannten Normen entsprechende Produkte einzusetzen?
6 — Vorbereitung und Zusammenbau	
6.2	Gelten andere Anforderungen für Hartprägungen, gestanzte oder gebohrte Markierungen?

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Abschnitt	Festzulegende Auswahlmöglichkeiten
6.2	Dürfen Weichprägungen verwendet werden?
6.2	Dürfen Weichprägungen bei nichtrostenden Stählen nicht verwendet werden?
6.4.4	Ist bei unlegierten Stählen die Härte der Schnittflächen festgelegt?
6.4.4	Sind andere Anforderungen für die Eignungsüberprüfung der Schneidprozesse festgelegt?
6.5.4 b)	Sind bei nichtrostenden Stählen der genannten Stahlsorten andere Mindestinnenbiegeradien festgelegt?
A1) 6.5.4 e) A1	Gelten andere Bedingungen für das Kaltumformbiegen von Kreishohlprofilen?
6.6.1 Tabelle 11 a)	Gilt bei Anwendungsfällen, wie z. B. bei Türmen und Masten, ein anderes Nennlochspiel für normale runde Löcher?
6.6.2	Gelten andere Toleranzen von Lochdurchmessern?
6.6.3	Müssen bei EXC1 und EXC2 gestanzte Löcher aufgerieben werden?
6.6.3	Gelten andere Festlegungen bei langen Langlöchern?
6.8	Sind Oberflächen von Kontaktstößen festgelegt?
6.10	Ist, und wenn ja in welchem Umfang, ein probeweiser Zusammenbau zu verwenden?
7 — Schweißen	
7.3	Ist der Einsatz anderer Schweißprozesse ausdrücklich erlaubt?
7.4.1.1	Werden besondere Schweißlagebedingungen für Heftnähte gefordert?
7.4.1.2 b) 1)	Sind Kerbschlagbiegeprüfungen erforderlich?
7.4.1.4	Sind Arbeitsprüfungen erforderlich?
7.5.4	Gelten andere Festlegungen für den Zusammenbau von geschweißten Hohlprofilbauteilen als die nach Anhang E?
7.5.6	Sind bei EXC3 und EXC4 Schneiden und spanende Bearbeitung zulässig?
7.5.8.2	Dürfen Endumschweißungen von Kehlnähten bei dünnwandigen Bauteilen nicht vollständig ausgeführt sein?
7.5.9.1	Sind bei EXC2 Anlauf- und Auslaufbleche erforderlich?
7.5.9.1	Wird eine blechebene Oberfläche gefordert?
7.5.9.2	Dürfen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Stahl bei einseitigen Schweißnähten nicht eingesetzt werden?
7.5.9.2	Ist blechebenes Schleifen von einseitigen Stumpfnähten in Hohlprofilanschlüssen, die ohne Schweißbadsicherung ausgeführt werden, zulässig?
7.5.13	Sind ohne vorheriges Schlitzschweißen ausgeführte Lochnähte zulässig?
7.5.14.1	Sind Schweißscheiben bei nichtrostenden Stählen erlaubt?
7.7.1	Sind zur Messung der Temperatur andere Verfahren als Kontaktthermometer festgelegt?
7.7.2	Müssen Anlauffarben, die sich bei nichtrostendem Stahl während des Schweißens bilden, entfernt werden?
7.7.2	Brauchen beim Schweißen entstandene Schlackenreste nicht entfernt zu werden?
7.7.2	Darf eine Schweißbadsicherung aus Kupfer bei nichtrostendem Stahl verwendet werden?
8 — Mechanische Verbindungsmittel	
8.2.1	Sind zur Mutternsicherung zusätzlich zum Anziehen andere Maßnahmen oder Hilfsmittel zu verwenden?

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Abschnitt	Festzulegende Auswahlmöglichkeiten
8.2.1	Darf an Schrauben und Muttern geschweißt werden?
☐A1 8.2.1	Werden für planmäßig vorgespannte Garnituren zusätzliche Sicherungselemente benötigt? ☐A1
8.2.2	Darf der Nenndurchmesser des Verbindungsmittels bei Stahlbauverschraubungen kleiner als M12 sein?
8.2.4	Sind Scheiben in Verbindungen mit nicht planmäßig vorgespannten Schrauben erforderlich?
8.3	Sind planmäßige Kontaktstöße festgelegt? (siehe 6.8)
8.5.1	Gilt ein anderer Nennwert der Mindestvorspannkraft, in Verbindung mit den betreffenden Garnituren, Anziehverfahren, Anziehparameter und Kontrollanforderungen?
8.5.1	Bestehen Einschränkungen hinsichtlich der Anziehverfahren nach Tabelle 20?
8.5.1	Ist die Kalibrierung nach Anhang H zur Bestimmung des Anziehdrehmoments zulässig?
8.5.1	Müssen Maßnahmen zum Ausgleich möglicher nachfolgender Vorspannkraftverluste ergriffen werden?
8.5.4 a)	Ist ein anderer Wert als $M_{r,1} = 0,13 \text{ d } F_{p,C}$ anzusetzen?
8.5.4	Werden andere Werte als die in Tabelle 21 angegebenen festgelegt?
8.5.5	Soll der erste Anziehschritt für HRC-Schrauben wiederholt werden?*
8.6	Darf bei Passschrauben die Länge des Gewindeanteils des Schraubenschaftes (einschließlich des Gewindeauslaufs) im auf Lochleibung beanspruchten Blech 1/3 der Blechdicke überschreiten?
8.7.2	Wird eine blechebene Oberfläche eines Senknietes festgelegt?
8.7.3	Müssen die äußeren Blechoberflächen frei von Eindrückungen durch das Nietgerät sein?
8.8.2	Wird bei dünnwandigen Bauteilen festgelegt, dass die Verbindungsmittel an anderer Stelle als in der Sickenkehle angeordnet werden dürfen?
9 — Montage	
9.5.3	Ist ein Ausgleichen der Auflagersetzung nicht akzeptabel?
9.5.4	Sind die Ausgleichsmuttern auf den Ankerschrauben unter der Fußplatte zu entfernen?
9.5.4	Dürfen Futterbleche, die nachträglich vergossen werden, so angeordnet werden, dass sie vom Verguss nicht vollständig umschlossen werden?
9.5.4	Dürfen bei Brücken Futterbleche verbleiben?
9.5.5	Ist eine Behandlung des Stahltragwerks, der Lager und Betonoberflächen vor dem Vergießen erforderlich?
☐A1 9.5.5 c)	Muss Stampfen und Verdichten mit ordnungsgemäß fixierten Abstützungen erfolgen? ☐A1
9.6.5.2	Ist es erforderlich, Verbände im Hochbau entsprechend des Montagefortschritts zu lösen?
9.6.5.3	Dürfen Zwischenlagen aus einem anderen Werkstoff als Flachstahl bestehen?
10 — Oberflächenschutz	
10.1	Wird ein Korrosionsschutz gefordert?
10.2	Werden Anforderungen an den ☐A1 an die Oberflächenreinheit ☐A1 von nichtrostendem Stahl gestellt?
☐A1 10.2	Gilt für EXC2, EXC3 und EXC4 ein anderer Vorbereitungsgrad als P1? ☐A1

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle A.2 (fortgesetzt)

Abschnitt	Festzulegende Auswahlmöglichkeiten
A1) 10.2 Tabelle 22	Ist der Vorbereitungsgrad P2 oder P3 für Korrosivitätskategorien oberhalb von C3 anzuwenden, wenn die Schutzdauer des Korrosionsschutzes 15 Jahre übersteigt? A1
10.5	Müssen eingeschlossene Hohlräume nach dem Verzinken abgedichtet werden, und wenn ja, womit?
10.6	Erfordern die zulässigen Schweißnahtunregelmäßigkeiten im Rahmen der Schweißanweisung ein Abdichten durch Aufbringen eines geeigneten Hartlotes?
10.6	Sind Schweißnähte, die ausschließlich zu Abdichtzwecken eingesetzt werden, nach der Sichtprüfung weiteren Kontrollen zu unterziehen?
10.7	Bestehen besondere Anforderungen an die Beschichtung von Oberflächen in Kontakt mit Beton?
10.8	Dürfen Stoßflächen und Oberflächen unter Scheiben unbehandelt bleiben?
10.8	Dürfen Schraubenverbindungen einschließlich der Umgebung um eine solche Verbindung nicht mit dem vollständigen Korrosionsschutzsystem, das für das restliche Stahltragwerk festgelegt ist, behandelt werden?
10.9	Sind Reparaturmaßnahmen oder zusätzliche Schutzbehandlungen an Schnittkanten und benachbarten Oberflächen nach dem Schneiden erforderlich?
11 — Geometrische Toleranzen	
11.2.3.5	Dürfen Zwischenlagen bei geschraubten Kontaktstößen zur Verringerung der Spaltweite verwendet werden?
11.3.3	Dürfen andere festgelegte Kriterien angewendet werden?
12 — Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen	
12.2.1	Bestehen Anforderungen an eine besondere Prüfung von Konstruktionsmaterialien?
12.3	Gibt es andere Verfahren für die Reparatur von Beschädigungen der Oberfläche eines Hohlprofils infolge örtlicher Kerben?
12.4.2.2	Ist bei Schweißnähten bei EXC1 eine zusätzliche ZfP erforderlich?
12.4.2.2	Werden bestimmte Anschlüsse für die Kontrolle, zusammen mit dem Umfang und dem Prüfverfahren, ausgewiesen?
12.4.4	Sind für EXC3 und EXC4 Arbeitsprüfungen durchzuführen?
12.5.2.3	Sind andere Kontrollen als die Kontrollen mit Hilfe des sequentiellen Stichprobenplans nach Anhang M erforderlich?
12.5.2.3	Ist eine Überprüfung in Bezug auf Überanziehen erforderlich?
12.7.3.1	Besteht bei EXC3 und EXC4 eine Anforderung zur Aufzeichnung der Abmessungsüberprüfungen bei der Abnahme des Tragwerks?
12.7.3.4	Sind weitere Messungen der Lage von Baustellen-Verbindungspunkten erforderlich?
12.7.3.4	Soll die Lagegenauigkeit unter anderen Bedingungen als nur unter dem Eigengewicht des Stahltragwerks gemessen werden?
Anhang F — Korrosionsschutz	
F.2.2	Gelten andere Anforderungen als die in EN ISO 8501 und EN ISO 1461 festgelegten für die Oberflächenvorbereitung unlegierter Stähle?
F.5	Müssen die unteren eingebetteten Teile von Ankerschrauben geschützt sein?
F.7.3	Sind Messbereiche bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im1 bis Im3 festgelegt?
F.7.4	Müssen verzinkte Bauteile einer Kontrolle nach dem Verzinken unterzogen werden?

A.3 Auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen

Dieser Abschnitt listet die für jede der Ausführungsklassen spezifischen Anforderungen auf, auf die in dieser Europäischen Norm verwiesen wird. „Nein“ in der Tabelle bedeutet: Es ist keine besondere Anforderung im Text festgelegt.

Elemente, die in Tabelle A.3 durch Hervorhebung gekennzeichnet sind, beziehen sich auf das allgemeine Überwachungssystem für die Ausführung und sind offen für eine einfache Auswahl der Ausführungsklasse für die gesamte Stahlkonstruktion (oder für einen Abschnitt der Stahlkonstruktion). Die anderen Elemente erfordern im Allgemeinen die bauteilweise oder bei Verbindungen die detailweise Auswahl der zutreffenden Ausführungsklasse.

Tabelle A.3 — Anforderungen je nach Ausführungsklasse

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 — Ausführungsunterlagen und Dokumentation				
4.2 <i>Herstellerdokumentation</i>				
4.2.1 Qualitätsdokumentation	Nein (keine Anforderung)	Ja	Ja	Ja
5 — Konstruktionsmaterialien				
5.2 <i>Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit</i>				
Prüfbescheinigungen	Siehe Tabelle 1	Siehe Tabelle 1	Siehe Tabelle 1	Siehe Tabelle 1
Rückverfolgbarkeit	Nein (keine Anforderung)	Ja (eingeschränkt)	Ja (vollständig)	Ja (vollständig)
Kennzeichnung	Nein	Ja	Ja	Ja
5.3 <i>Vorprodukte für den Stahlbau</i>				
5.3.2 Grenzabmaße der Dicke	Klasse A	Klasse A	Klasse A	Klasse B
5.3.3 Oberflächenbeschaffenheit	Flacherzeugnisse — Klasse A2 Langerzeugnisse — Klasse C1	Flacherzeugnisse — Klasse A2 Langerzeugnisse — Klasse C1	Erhöhte Anforderungen, falls festgelegt	Erhöhte Anforderungen, falls festgelegt
5.3.4 Besondere Eigenschaften	Nein	Nein	Qualitätsklasse S1 für innere Inhomogenitäten bei geschweißten Kreuzstößen	Qualitätsklasse S1 für innere Inhomogenitäten bei geschweißten Kreuzstößen
6 — Vorbereitung und Zusammenbau				
6.2 Identifizierbarkeit	Nein	Nein	Fertiggestellte Bauteile/ Prüfbescheinigungen	Fertiggestellte Bauteile/Prüfbescheinigungen
6.4 <i>Schneiden</i>				
6.4.3 Thermisches Schneiden	Keine wesentlichen Unregelmäßigkeiten Härte nach Tabelle 10, falls festgelegt	EN ISO 9013 u = Bereich 4 Rz5 = Bereich 4 Härte nach Tabelle 10, falls festgelegt	EN ISO 9013 u = Bereich 4 Rz5 = Bereich 4 Härte nach Tabelle 10, falls festgelegt	EN ISO 9013 u = Bereich 3 Rz5 = Bereich 3 Härte nach Tabelle 10, falls festgelegt
6.5 <i>Formgebung</i>				
6.5.3 Flammrichten	Nein	Nein	Ein geeignetes Verfahren ist zu entwickeln.	Ein geeignetes Verfahren ist zu entwickeln.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Tabelle A.3 (fortgesetzt)

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
6.6 Lochen				
6.6.3 Ausführung von Löchern	Stanzen	Stanzen	Stanzen + Aufreiben	Stanzen + Aufreiben
6.7 Ausschnitte	Nein	Mindestradius: 5 mm	Mindestradius: 5 mm	Mindestradius: 10 mm Gestanzte Ausschnitte nicht zulässig
6.9 Zusammenbau	Aufdornen: Vergrößerung Ergänzende Toleranz Klasse 1	Aufdornen: Vergrößerung Ergänzende Toleranz Klasse 1	Aufdornen: Vergrößerung Ergänzende Toleranz Klasse 2	Aufdornen: Vergrößerung Ergänzende Toleranz Klasse 2
7 — Schweißen				
7.1 Allgemeines	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Qualifizierung des Schweißverfahrens und des Schweißpersonals				
7.4.1 Qualifizierung des Schweißverfahrens	Nein	Siehe Tabelle 12 und Tabelle 13	Siehe Tabelle 12 und Tabelle 13	Siehe Tabelle 12 und Tabelle 13
7.4.2 Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen	Schweißer: EN 287-1 Bediener: EN 1418	Schweißer: EN 287-1 Bediener: EN 1418	Schweißer: EN 287-1 Bediener: EN 1418	Schweißer: EN 287-1 Bediener: EN 1418
7.4.3 Schweißaufsicht	Nein	Technische Kenntnisse nach Tabellen 14 bzw. 15	Technische Kenntnisse nach Tabellen 14 bzw. 15	Technische Kenntnisse nach Tabellen 14 bzw. 15
7.5.1 Schweißnahtvorbereitung	Nein	Nein	Belassene Fertigungsbeschichtungen nicht zulässig	Belassene Fertigungsbeschichtungen nicht zulässig
7.5.6 Montagehilfen	Nein	Nein	Verwendung ist festzulegen Schneiden und spanende Bearbeitung nicht zulässig	Verwendung ist festzulegen Schneiden und spanende Bearbeitung nicht zulässig
7.5.7 Heftnähte	Nein	Qualifiziertes Schweißverfahren	Qualifiziertes Schweißverfahren	Qualifiziertes Schweißverfahren
7.5.9 Stumpfnähte	Nein	Anlauf- und Auslaufbleche falls festgelegt	Anlauf- und Auslaufbleche Verbleibende Schweißbadsicherung ununterbrochen	Anlauf- und Auslaufbleche Verbleibende Schweißbadsicherung ununterbrochen
7.5.9.1 Allgemeines				
7.5.9.2 Einseitige Schweißnähte				
7.5.17 Ausführung von Schweißarbeiten			Schweißspritzer entfernen	Schweißspritzer entfernen
7.6 Abnahmekriterien	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe D A1 gestrichener Text A1	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe C im Allgemeinen	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe B	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe B +

Tabelle A.3 (fortgesetzt)

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
9 — Montage				
9.6 Montage und Baustellenarbeiten				
9.6.3 Handhabung und Lagerung auf der Baustelle	Nein	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen
9.6.5.3 Passgenauigkeit und Ausrichtung	Nein	Nein	Sichern der Zwischenlagen durch Schweißen gemäß Anforderungen von 7	Sichern der Zwischenlagen durch Schweißen gemäß Anforderungen von 7
12 — Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen				
12.4.2 Kontrolle nach dem Schweißen				
12.4.2.2 Kontrollumfang	Sichtprüfung	ZfP: Siehe Tabelle 24	ZfP: Siehe Tabelle 24	ZfP: Siehe Tabelle 24
12.4.2.5 Korrigieren von Schweißverbindungen	Keine WPQ erforderlich	nach WPQ	nach WPQ	nach WPQ
12.4.4 Arbeitsprüfungen	Nein	Nein	Falls festgelegt	Falls festgelegt
12.5.2 Kontrolle planmäßig vorgespannter Schraubenverbindungen	Nein	wie folgt	wie folgt	wie folgt
12.5.2.2 Vor dem Anziehen		Überprüfung des Anziehverfahrens	Überprüfung des Anziehverfahrens	Überprüfung des Anziehverfahrens
12.5.2.3 Während und nach dem Anziehen		2. Anziehschritt Sequentieller Typ A	1. Anziehschritt 2. Anziehschritt Sequentieller Typ A	1. Anziehschritt 2. Anziehschritt Sequentieller Typ B
12.5.2.4 Drehmomentverfahren		Einbauorte der Garniturenlose 2. Anziehschritt	Einbauorte der Garniturenlose Überprüfen des Anziehschrittes (jedes Los) 2. Anziehschritt	Einbauorte der Garniturenlose Überprüfen des Anziehschrittes (jedes Los) 2. Anziehschritt
12.5.2.5 Kombiniertes Vorspannverfahren		Kontrolle der Markierungen 2. Anziehschritt	1. Anziehschritt Kontrolle der Markierungen 2. Anziehschritt	1. Anziehschritt Kontrolle der Markierungen 2. Anziehschritt
12.5.3.1 Kontrolle, Prüfung und Reparatur von Nieten	Nein	Klangtest Sequentieller Typ A	Klangtest Sequentieller Typ A	Klangtest Sequentieller Typ B
12.7.3.1 Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten	Nein	Nein	Aufzeichnung der Vermessung	Aufzeichnung der Vermessung

Anhang B (informativ)

Leitfaden zur Bestimmung der Ausführungsklassen

B.1 Einleitung

Dieser Anhang enthält Leitlinien für die Auswahl von Ausführungsklassen unter Berücksichtigung derjenigen Ausführungsfaktoren, die die allgemeine Zuverlässigkeit der fertiggestellten Stahlkonstruktion betreffen und die eine Grundvoraussetzung für die Anwendung der verschiedenen Abschnitte dieser Europäischen Norm sind.

ANMERKUNG Das empfohlene Verfahren zur Bestimmung und Anwendung von Ausführungsklassen in EN 1090-2 berücksichtigt die Tatsache, dass die Bemessung nach EN 1993 bei Stahltragwerken bzw. EN 1994 bei Stahlteilen von Verbundtragwerken durchgeführt wird, um eine Konsistenz zwischen den Bemessungsannahmen und den Anforderungen an die Ausführung der Bauarbeiten zu erzielen. Die Bestimmung der Ausführungsklasse ist Bestandteil der Bemessung, wo genaue Angaben zur Bemessung und Ausführung des Tragwerks festgelegt und Angaben zu den Anforderungen an die Ausführung in den Ausführungsunterlagen gemacht werden. Der Leitfaden in diesem Anhang kann ganz oder teilweise durch künftige Regelungen ersetzt werden, die in EN 1993 ergänzt werden.

B.2 Leitfaktoren für die Auswahl der Ausführungsklasse

B.2.1 Schadensfolgeklassen

EN 1990:2002 enthält in seinem Anhang B Hinweise für die Auswahl der Schadensfolgeklasse zum Zwecke der Differenzierung der Zuverlässigkeit. Schadensfolgeklassen sind in drei Stufen unterteilt, bezeichnet mit CCI ($i = 1, 2$ oder 3).

ANMERKUNG Anhang B in EN 1990:2002 ist informativ. Folglich kann der nationale Anhang zu EN 1990 Regelungen zur Anwendung dieses Anhangs geben.

EN 1991-1-7 enthält Beispiele zur Einstufung von Gebäudetyp und Gebäudenutzung im Zusammenhang mit Schadensfolgeklassen, die bei der Umsetzung des Anhangs B von EN 1990:2002 behilflich sind.

Ein Tragwerk oder ein Tragwerksteil kann Bauteile mit unterschiedlichen Schadensfolgeklassen enthalten.

B.2.2 Gefährdungen in Zusammenhang mit der Tragwerksausführung und –nutzung

B.2.2.1 Allgemeines

Solche Gefährdungen können auf die Komplexität der Ausführung und auf Unwägbarkeiten bei den Beanspruchungen und Einwirkungen auf das Tragwerk zurückzuführen sein, die während der Nutzung zu Mängeln am Tragwerk führen können.

Gefährdungspotentiale hängen im Besonderen ab von:

- Beanspruchungsfaktoren, die auf Einwirkungen, denen das Tragwerk oder ein Tragwerksteil während seiner Errichtung und Nutzung möglicherweise ausgesetzt ist, und auf die Größe der Bauteilbeanspruchungen im Verhältnis zu deren Beanspruchbarkeiten, zurückgehen;
- Herstellungsfaktoren, die auf die Komplexität der Ausführung des Tragwerks und dessen Bauteile zurückgehen, z. B. der Einsatz besonderer Techniken, Verfahren oder Überwachungsmaßnahmen.

Zur Berücksichtigung dieser Gefährdungsdifferenzierung werden Beanspruchungskategorien und Herstellungskategorien eingeführt.

B.2.2.2 Gefährdungen in Zusammenhang mit der Tragwerksnutzung

Die Beanspruchungskategorie kann auf der Grundlage von Tabelle B.1 bestimmt werden.

Tabelle B.1 — Vorgeschlagene Kriterien für Beanspruchungskategorien

Kategorien	Merkmale
SC1	<ul style="list-style-type: none"> — Tragwerke und Bauteile, bemessen nur für vorwiegend ruhende Belastungen (Beispiel: Gebäude) — Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit geringer Seismizität und in DCL* — Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungseinwirkungen von Kranen (Klasse S₀)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> — Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungsbelastungen nach EN 1993. (Beispiele: Straßen- und Eisenbahnbrücken, Krane (Klasse S₁ bis S₉)**, Schwingungsempfindliche Tragwerke bei Einwirkung von Wind, Fußgängern oder rotierenden Maschinen) — Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit mittlerer oder starker Seismizität und in DCM* und DCH*
<p>* DCL, DCM, DCH: Duktilitätsklassen nach EN 1998-1</p> <p>** Zur Klassifizierung von Ermüdungseinwirkungen von Kranen siehe EN 1991-3 und EN 13001-1</p>	

Ein Tragwerk oder ein Tragwerksteil kann Bauteile oder Details enthalten, die zu verschiedenen Beanspruchungskategorien gehören.

B.2.2.3 Gefährdungen in Zusammenhang mit der Tragwerksausführung

Die Herstellungskategorie kann auf der Grundlage von Tabelle B.2 bestimmt werden.

Tabelle B.2 — Vorgeschlagene Kriterien für Herstellungskategorien

Kategorien	Merkmale
PC1	<ul style="list-style-type: none"> — Nicht geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten aller Stahlsorten — Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten unter S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> — Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten S355 und darüber — Für die Standsicherheit wesentliche Bauteile, die auf der Baustelle miteinander verschweißt werden — Bauteile, die durch Warmumformen gefertigt oder im Verlauf der Herstellung einer Wärmebehandlung unterzogen werden — Bauteile aus Kreishohlprofil-Fachwerkträgern, die besonders geschnittene Endquerschnitte erfordern

Ein Tragwerk oder ein Tragwerksteil kann Bauteile oder Details enthalten, die zu verschiedenen Herstellungskategorien gehören.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

B.3 Bestimmung der Ausführungsklassen

Die empfohlene Vorgehensweise zur Bestimmung der Ausführungsklasse erfolgt in drei Schritten:

- Wahl der Schadensfolgeklasse, ausgedrückt in Form von vorhersehbaren Folgen des Versagens oder des Ausfalls eines Bauteils für Menschenleben, Wirtschaft oder Umwelt (siehe EN 1990);
- Wahl der Beanspruchungskategorie und der Herstellungskategorie (siehe Tabelle B.1 und B.2);
- Bestimmung der Ausführungsklasse anhand der Ergebnisse der Schritte a) und b) nach Tabelle B.3.

ANMERKUNG Die Bestimmung der Ausführungsklasse sollte unter Berücksichtigung nationaler Vorschriften gemeinsam durch den Tragwerksplaner und den Bauherrn erfolgen. In diesem Entscheidungsprozess sollten gegebenenfalls der Projektmanager und der Hersteller konsultiert werden, entsprechend den am Tragwerksstandort geltenden nationalen Vorschriften.

Tabelle B.3 enthält die empfohlene Matrix für die Wahl der Ausführungsklasse anhand der ermittelten Schadensfolgeklasse und der gewählten Herstellungs- und Beanspruchungskategorie.

Tabelle B.3 — Empfohlene Matrix für die Bestimmung der Ausführungsklassen

Schadensfolgeklassen		CC1		CC2		CC3	
Beanspruchungskategorien		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Herstellungskategorien	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC3 ^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC4
^a EXC4 sollte bei außergewöhnlichen Tragwerken oder bei Tragwerken mit hohen Versagensfolgen angewendet werden, entsprechend der nationalen Vorschriften							

Die Ausführungsklasse bestimmt die Anforderungen an die verschiedenen Tätigkeiten der Ausführung, die in dieser Europäischen Norm angegeben sind. Die Anforderungen sind in Anhang A.3 zusammengefasst.

Anhang C

(informativ)

Checkliste für den Inhalt eines Qualitätsmanagementplans

C.1 Einleitung

In Übereinstimmung mit 4.2.2 enthält dieser Anhang die Liste empfohlener Elemente, die in einem projektspezifischen Qualitätsmanagementplan für die Ausführung von Stahltragwerken zu berücksichtigen sind.

C.2 Inhalt

C.2.1 Management

Definition des Stahltragwerks und seines Standortes, bezogen auf das Projekt.

Projektmanagement-Organigramm mit Nennung des Leitungspersonals, dessen Aufgaben und Verantwortlichkeiten während des Bauvorhabens, die Weisungslinie und Verbindungswege

Vorkehrungen für die Planung und Koordinierung mit anderen Parteien innerhalb des Bauvorhabens und für die Überwachung der Umsetzung und des Baufortschritts.

Benennung der Aufgaben, die an Unterauftragnehmer und Dritte vergeben werden.

Benennung und Kompetenznachweis des qualifizierten Personals, das beim Bauvorhaben beschäftigt wird, einschließlich Schweißaufsichtspersonal, Kontrollpersonal, Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen.

Vorkehrungen für die Überwachung von Abweichungen, Änderungen und Zugeständnissen, die sich im Verlauf des Bauvorhabens ereignen bzw. verlangt werden.

C.2.2 Spezifikationsbewertung

Erfordernis einer Bewertung der festgelegten Projektanforderungen zur Feststellung der Folgewirkungen einschließlich der Auswahl von Ausführungsklassen, die zusätzliche oder außergewöhnliche Maßnahmen erfordern würden, die über die durch das Qualitätsmanagementsystem des Unternehmens gesicherten hinaus reichen.

Erweiterte Qualitätsmanagementmaßnahmen bedingt durch die Bewertung der festgelegten Projektanforderungen.

C.2.3 Dokumentation

C.2.3.1 Allgemeines

Verfahren zur Handhabung aller empfangenen und ausgestellten Ausführungsaufzeichnungen, einschließlich Nennung des aktuellen Revisionsstandes und der Verhinderung des Einsatzes unternehmensinterner Dokumente oder Dokumenten von Unterauftragnehmern, die ungültig oder veraltet sind.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

C.2.3.2 Dokumentation vor der Ausführung

Verfahren zur Bereitstellung der Dokumentation vor der Ausführung, einschließlich:

- a) Bescheinigungen für Konstruktionsmaterialien einschließlich Verbrauchsmaterialien;
- b) Schweißanweisungen und Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens;
- c) Verfahrensbeschreibungen, einschließlich derjenigen für die Montage und das Vorspannen der Verbindungsmittel;
- d) Entwurfsberechnungen für temporäre Stahlkonstruktionen, die durch das Montageverfahren veranlasst sind;
- e) Vorkehrungen für Umfang und Zeitpunkt der Genehmigung durch Zweit- oder Drittstellen oder Abnahme der Dokumentation vor der Ausführung.

C.2.3.3 Ausführungsbelege

Verfahren zur Bereitstellung der Ausführungsbelege, einschließlich:

- a) Rückverfolgbarkeit von Konstruktionsmaterialien bis zum fertiggestellten Bauteil;
- b) Kontroll- und Prüfberichte und bei Nichtkonformitäten getroffene Maßnahmen in Hinblick auf:
 - 1) Vorbereitung der Nahtflanken vor dem Schweißen,
 - 2) Schweißen und fertiggestellte Schweißungen,
 - 3) Geometrische Toleranzen von hergestellten Bauteilen,
 - 4) Oberflächenvorbereitung und -behandlung,
 - 5) Kalibrierung der Ausrüstung, einschließlich der zur Vorspannkontrolle von Verbindungsmitteln verwendeten;
- c) Vermessungsergebnisse der Vormontage, die zur Abnahme der Baustelle für den Montagebeginn führen;
- d) Lieferpläne für Bauteile, die auf die Baustelle geliefert werden, mit Kennzeichnung der Einbaustellen zur Fertigstellung des Tragwerks;
- e) Vermessung des Tragwerks und bei Nichtkonformitäten getroffene Maßnahmen;
- f) Bescheinigung der Fertigstellung der Montage und Übergabe.

C.2.3.4 Aufzeichnungen

Vorkehrungen, um Aufzeichnungen für die Kontrolle zur Verfügung zu stellen, und zur Aufbewahrung für eine Mindestdauer von fünf Jahren oder länger, falls es das Bauvorhaben erfordert.

C.2.4 Kontroll- und Prüfverfahren

Identifizierung der, für die Ausführung des Bauvorhabens vorgeschriebenen Prüfungen und der durch diese Norm geforderten sowie der im Qualitätssystem des Herstellers vorgegebenen Kontrollen:

- a) Kontrollumfang;
- b) Abnahmekriterien;
- c) Maßnahmen zum Umgang mit Nichtkonformitäten, Korrekturmaßnahmen und Zugeständnissen;
- d) Verfahren zur Freigabe/Ablehnung.

Projektspezifische Anforderungen an die Kontrolle und Prüfung, einschließlich der Anforderungen zur Beaufsichtigung spezieller Prüfungen oder Kontrollen, oder Produktionsprüfstopps, bei denen eine benannte dritte Stelle eine Kontrolle durchführt.

Identifizierung von Produktionsprüfstopps im Zusammenhang mit der Beaufsichtigung durch Zweit- oder Drittstellen, Genehmigung oder Annahme einer Prüfung oder von Kontrollergebnissen.

Anhang D **(normativ)**

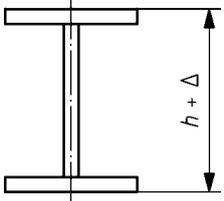
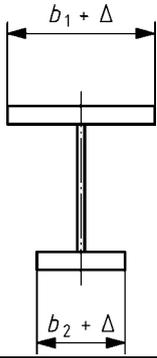
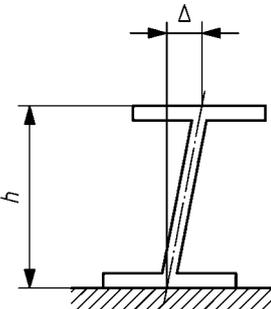
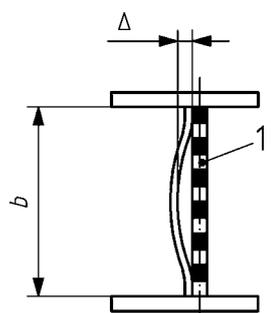
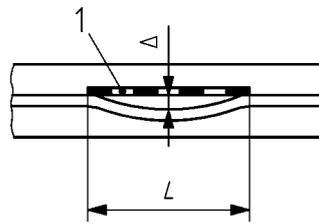
Geometrische Toleranzen

D.1 Grundlegende Toleranzen

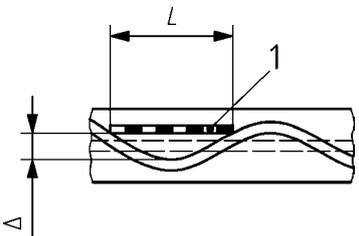
Zulässige Abweichungen für grundlegende Toleranzen sind tabelliert in:

- D.1.1: Grundlegende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile
- D.1.2: Grundlegende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile
- D.1.3: Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile
- D.1.4: Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Kastenprofile
- D.1.5: Grundlegende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen von Profilen und Kastenprofilen
- D.1.6: Grundlegende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten
- D.1.7: Grundlegende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche
- D.1.8: Grundlegende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten
- D.1.9: Grundlegende Herstelltoleranzen — Zylindrische und konische Schalen
- D.1.10: Grundlegende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile
- D.1.11: Grundlegende Montagetoleranzen — $\boxed{A_1}$ Stützen einstöckiger Gebäude $\boxed{A_1}$
- D.1.12: Grundlegende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen
- D.1.13: Grundlegende Montagetoleranzen — Kontaktstöße
- D.1.14: Grundlegende Montagetoleranzen — Türme und Maste
- D.1.15: Grundlegende Montagetoleranzen für Balken und druckbeanspruchte Bauteile

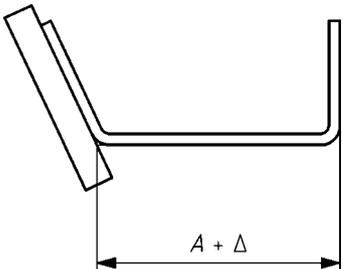
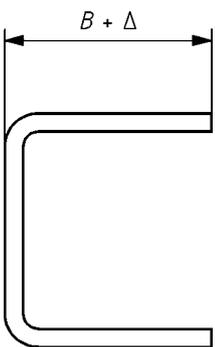
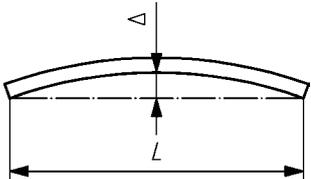
D.1.1 Grundlegende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Höhe: 	Gesamthöhe h :	$\Delta = -h/50$ (keine Plus toleranz angegeben)
2	Flanschbreite: 	Breite $b = b_1$ oder b_2 :	$\Delta = -b/100$ (keine Plus toleranz angegeben)
3	Rechtwinkligkeit bei Lagern: 	Stegvertikalität an Auflagern bei Bauteilen ohne Auflagersteifen:	$\Delta = \pm h/200$ \square_{A1} aber $ \Delta \geq t_w \square_{A1}$ (t_w = Stegdicke)
4	Stegkrümmung: 	Abweichung Δ über Steghöhe b :	$\square_{A1} \Delta = \pm b/200$, wenn $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2/(16\ 000\ t)$, wenn $80 < b/t \leq 200$ $\Delta = \pm b/80$, wenn $b/t > 200$ aber $ \Delta \geq t$ (t = Blechdicke) \square_{A1}
5	Stegverwölbung: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der \square_{A1} Steghöhe b (siehe (4)) \square_{A1} :	$\square_{A1} \Delta = \pm b/100 \square_{A1}$ aber $ \Delta \geq t$ (t = Blechdicke)

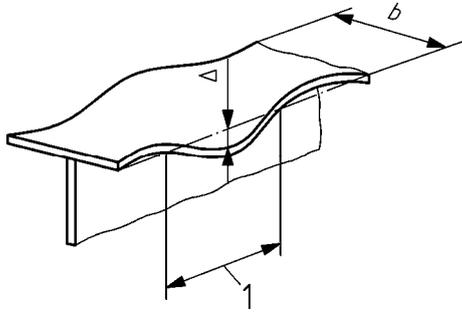
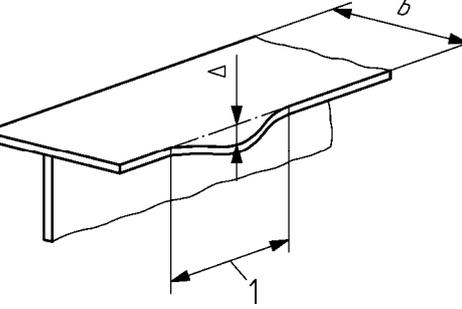
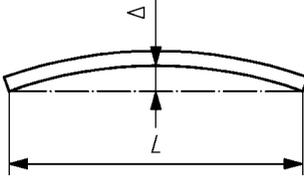
DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
6	Welligkeit des Stegs: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der $\overline{A_1}$ Steghöhe b (siehe (4)) $\overline{A_1}$:	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq t$ ($t =$ Blechdicke)
Legende 1 Messlehre ANMERKUNG $\overline{A_1}$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq t$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und t ist. $\overline{A_1}$			

D.1.2 Grundlegende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile

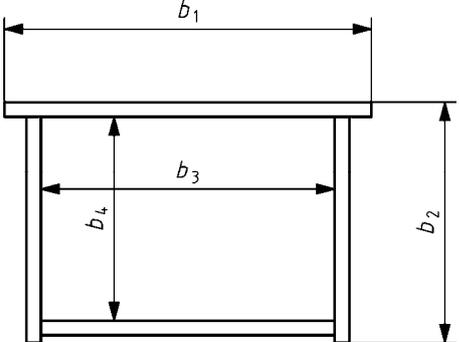
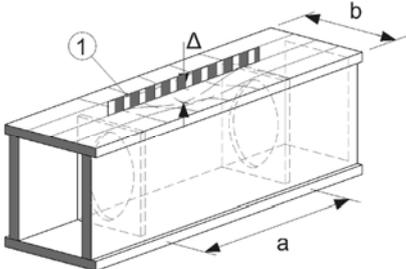
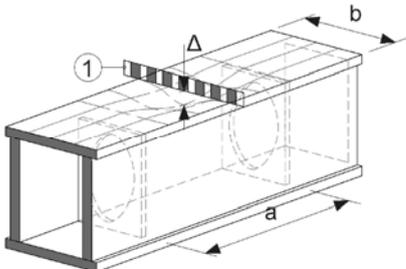
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Durch Kantungen ausgesteifte Blechbreite: 	Breite A zwischen zwei Kantungen:	$-\Delta = A/50$ (keine Plus toleranz angegeben)
2	Unausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite B zwischen einer Abkantung und einer freien Kante:	$-\Delta = B/80$ (keine Plus toleranz angegeben)
3	Geradheit bei Bauteilen (seitlich nicht gehalten): 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$

D.1.3 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile

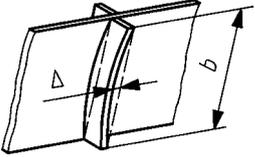
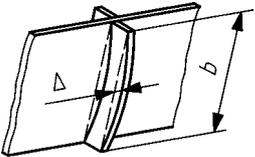
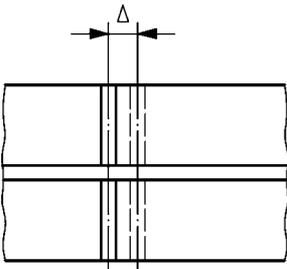
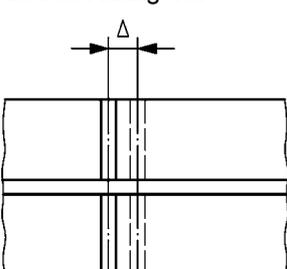
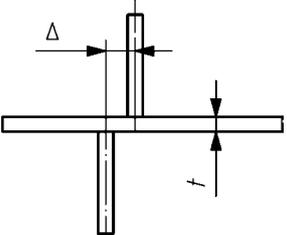
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Verformung der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge L wobei $L =$ Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/150$, wenn $bt \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$, wenn $bt > 20$ $t =$ Flanshdicke $\sqrt{A_1}$
2	Welligkeit der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge L wobei $L =$ Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/150$, wenn $bt \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$, wenn $bt > 20$ $t =$ Flanshdicke $\sqrt{A_1}$
3	Geradheit bei Bauteilen (seitlich nicht gehalten): 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$
Legende 1 Messlänge			

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

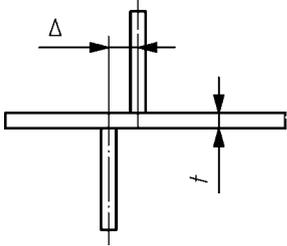
D.1.4 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Kastenprofile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Profilabmessungen:</p> 	<p>Innere und. äußere $\square A_1$ Abmessungen $\square A_1$: wobei: $b = b_1, b_2, b_3$ oder b_4</p>	<p>$-\Delta = b/100$ (kein positiver Wert gegeben)</p>
2	<p>Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, allgemeiner Fall:</p> <p>$\square A_1$</p>  <p>Legende 1 Messlänge a $\square A_1$</p>	<p>Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $a \leq 2b$: falls $a > 2b$:</p>	<p>$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$</p>
3	<p>Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, (besonderer Fall mit Druckbeanspruchung in Querrichtung — der allgemeine Fall gilt, außer wenn dieser besondere Fall festgelegt ist):</p> <p>$\square A_1$</p>  <p>Legende 1 Messlänge b $\square A_1$</p>	<p>Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $b \leq 2a$: falls $b > 2a$:</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$</p>

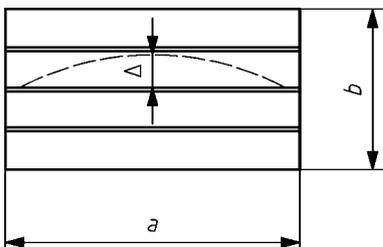
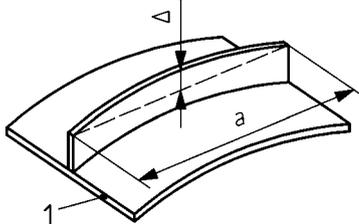
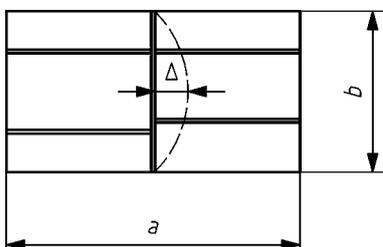
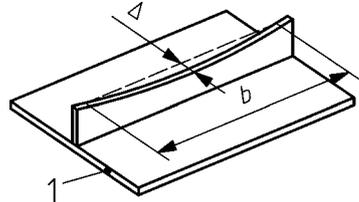
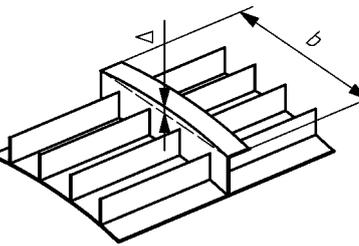
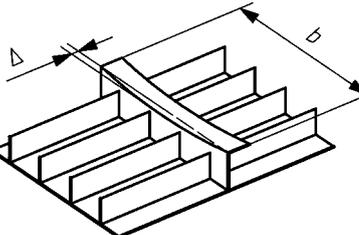
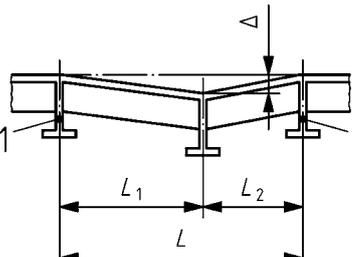
D.1.5 **A1** Grundlegende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen von offenen Profilen und Kastenprofilen. **A1**

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Geradheit in der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit in der Stegebene:	$\Delta = \pm b/250$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
2	Geradheit aus der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit senkrecht zur Stegebene:	$\Delta = \pm b/500$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
3	Lage der Stegaussteifungen 	Abstand von planmäßiger Stelle:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
4	Lage der Stegaussteifungen an den Auflagern: 	Abstand von planmäßiger Stelle:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
5	Exzentrizität der Stegaussteifungen: 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar:	$\Delta = \pm t_w/2$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

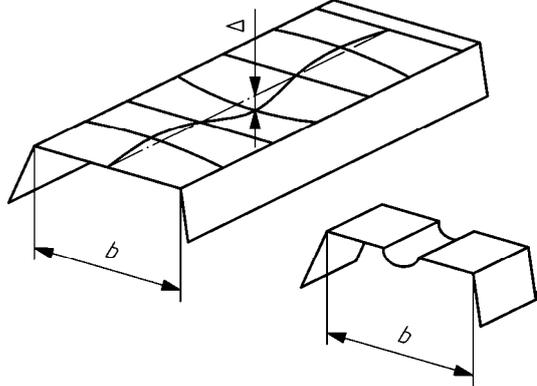
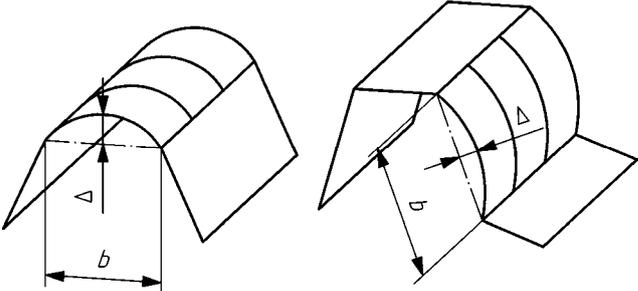
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
6	Exzentrizität der Steg- aussteifungen an den Auflagern 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar:	$\Delta = \pm t_w/3$
ANMERKUNG [A1] Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5$ mm bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. [A1]			

D.1.6 Grundlegende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten

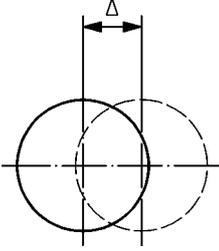
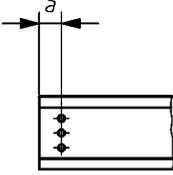
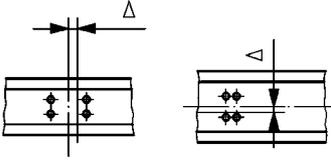
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Geradheit von Längssteifen in längsausgesteiften Platten:	Abweichung Δ senkrecht zur Platte:	$\Delta = \pm a/400$
2	 Legende 1 Platte		
3	Geradheit von Quersteifen in quer- und längsausgesteiften Platten:	Abweichung Δ parallel zur Platte, gemessen relativ zu einer Messlänge, die der Blechbreite b entspricht (A_1):	$\Delta = \pm b/400$
4	 Legende 1 A_1 Quersteifen A_1		
5	Geradheit von Quersteifen in quer- und längsausgesteiften Platten:	Abweichung Δ senkrecht zur Platte:	$\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$ (Der kleinere Wert ist maßgebend)
6			
7	Höhenlage von Querträgern bei ausgesteiften Platten:	Abweichung Δ parallel zur Platte:	$\Delta = \pm b/400$
8			$\Delta = \pm L/400$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.1.7 Grundlegende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche

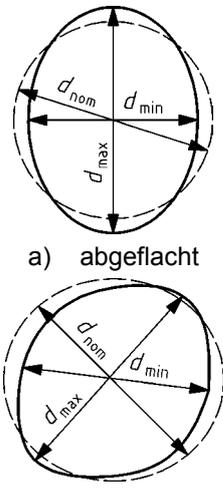
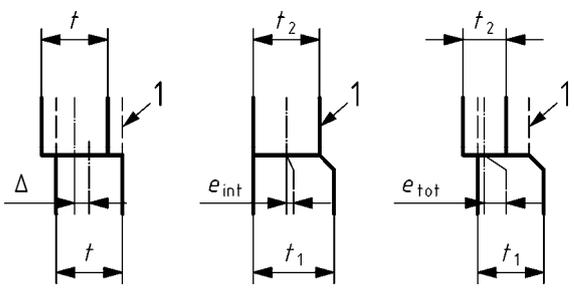
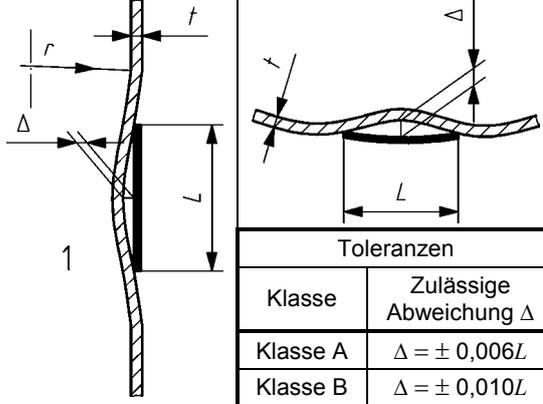
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Ebenheit von unausgesteiften oder ausgesteiften Flanschen oder Stegen:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Ebenheit planmäßig ebener Teile</p>	<p>$\Delta \leq \pm b/50$</p>
2	<p>Steg- oder Flanschkrümmung:</p> 	<p>Abweichung Δ von der planmäßigen Form des Steges oder Flansches über das Bogenmaß b</p>	<p>$\Delta \leq \pm b/50$</p>

D.1.8 Grundlegende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten

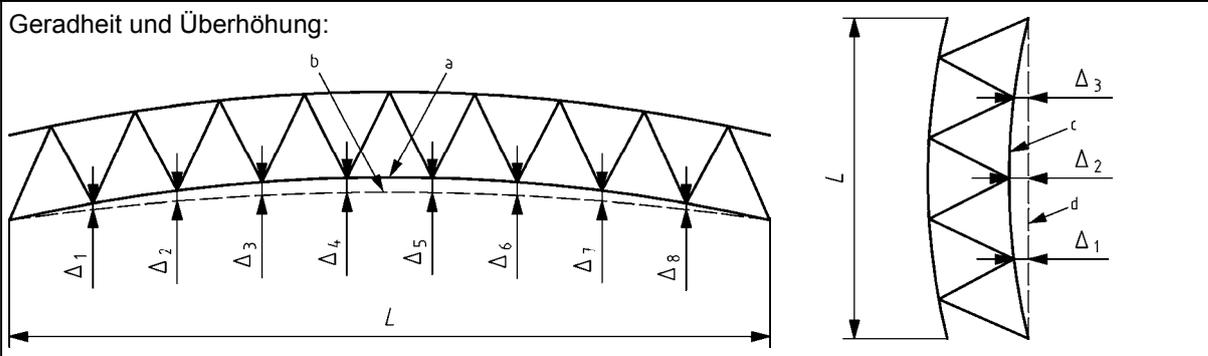
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ der Mittelachse eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ des Abstands a zwischen einem einzelnen Loch und einem Blechrand:	$-\Delta = 0$ (kein positiver Wert gegeben)
3	Lage der Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.1.9 Grundlegende Herstelltoleranzen — Zylindrische und konische Schalen

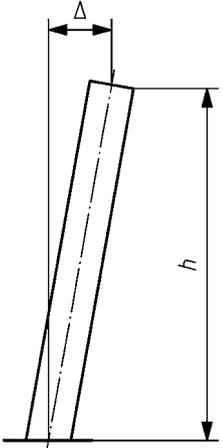
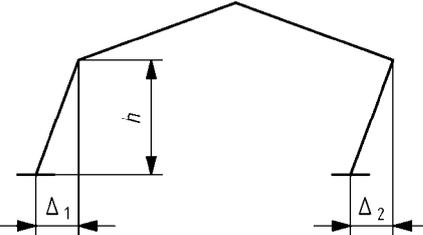
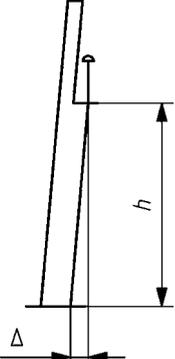
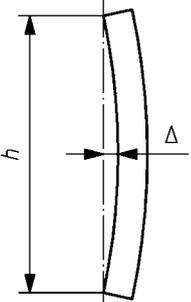
Nr	Merkmale und Details																										
1	<p>Unrundheit:</p>  <p>a) abgeflacht</p> <p>b) unsymmetrisch</p>	<p>Verhältnis zwischen der Differenz aus den gemessenen Höchst- und Mindestwerten des Innendurchmessers und dem Nennwert des Innendurchmessers:</p> $\Delta = \frac{(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\text{nom}}}$ <table border="1" data-bbox="477 544 1409 768"> <thead> <tr> <th colspan="4">Toleranzen</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Zulässige Abweichung Δ</th> </tr> <tr> <th>Durchmesser</th> <th>$d \leq 0,50 \text{ m}$</th> <th>$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$</th> <th>$d \geq 1,25 \text{ m}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Klasse A</td> <td>$\Delta = \pm 0,014$</td> <td>$\Delta = \pm [0,007 + 0,009 \cdot 3(1,25 - d)]$</td> <td>$\Delta = \pm 0,007$</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>$\Delta = \pm 0,020$</td> <td>$\Delta = \pm [0,010 + 0,013 \cdot 3(1,25 - d)]$</td> <td>$\Delta = \pm 0,010$</td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>$\Delta = \pm 0,030$</td> <td>$\Delta = \pm [0,015 + 0,020 \cdot 0(1,25 - d)]$</td> <td>$\Delta = \pm 0,015$</td> </tr> </tbody> </table> <p>ANMERKUNG d ist der innere Nenndurchmesser d_{nom} in Meter.</p>		Toleranzen				Zulässige Abweichung Δ				Durchmesser	$d \leq 0,50 \text{ m}$	$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$	$d \geq 1,25 \text{ m}$	Klasse A	$\Delta = \pm 0,014$	$\Delta = \pm [0,007 + 0,009 \cdot 3(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,007$	Klasse B	$\Delta = \pm 0,020$	$\Delta = \pm [0,010 + 0,013 \cdot 3(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,010$	Klasse C	$\Delta = \pm 0,030$	$\Delta = \pm [0,015 + 0,020 \cdot 0(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,015$
Toleranzen																											
Zulässige Abweichung Δ																											
Durchmesser	$d \leq 0,50 \text{ m}$	$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$	$d \geq 1,25 \text{ m}$																								
Klasse A	$\Delta = \pm 0,014$	$\Delta = \pm [0,007 + 0,009 \cdot 3(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,007$																								
Klasse B	$\Delta = \pm 0,020$	$\Delta = \pm [0,010 + 0,013 \cdot 3(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,010$																								
Klasse C	$\Delta = \pm 0,030$	$\Delta = \pm [0,015 + 0,020 \cdot 0(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,015$																								
2	<p>Versatz: Unplanmäßige Exzentrizität von Blechen bei einem horizontalen Stoß. An einem Dickensprung bleibt der planmäßige Anteil der Exzentrizität unberücksichtigt.</p>  <p>Legende 1 Geometrie des planmäßigen Stoßes</p>	<table border="1" data-bbox="852 954 1409 1137"> <thead> <tr> <th colspan="2">Toleranzen</th> </tr> <tr> <th>Klasse</th> <th>Zulässige Abweichung Δ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Klasse A</td> <td>$\Delta = \pm 0,14t$ aber $\Delta \leq 2 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>$\Delta = \pm 0,20t$ aber $\Delta \leq 3 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>$\Delta = \pm 0,30t$ aber $\Delta \leq 4 \text{ mm}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>An einem Dickensprung: $t = (t_1 + t_2)/2$ $\Delta = e_{\text{tot}} - e_{\text{int}}$ Dabei ist t_1 die größere Dicke [A1] gestrichener Text [A1]; t_2 die kleinere Dicke [A1] gestrichener Text [A1].</p>		Toleranzen		Klasse	Zulässige Abweichung Δ	Klasse A	$\Delta = \pm 0,14t$ aber $ \Delta \leq 2 \text{ mm}$	Klasse B	$\Delta = \pm 0,20t$ aber $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$	Klasse C	$\Delta = \pm 0,30t$ aber $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$														
Toleranzen																											
Klasse	Zulässige Abweichung Δ																										
Klasse A	$\Delta = \pm 0,14t$ aber $ \Delta \leq 2 \text{ mm}$																										
Klasse B	$\Delta = \pm 0,20t$ aber $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$																										
Klasse C	$\Delta = \pm 0,30t$ aber $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$																										
3	<p>Vertiefungen (Vorbeulen):</p> <p>a) entlang eines Meridians: $L = 4 (rt)^{0,5}$</p> <p>b) entlang einer Umfangslinie (Referenzradius = r): $L = 4 (rt)^{0,5}$ $L = 2,3 (h^2rt)^{0,25}$ aber $L \leq r$</p> <p>Dabei ist h die Meridianlänge des Schalensegmentes</p> <p>c) Zusätzlich über Schweißnähte hinweg: $L = 25r$ aber $L \leq 500 \text{ mm}$</p> <p>ANMERKUNG An einem Dickensprung: $t = t_2$</p> <p>Legende 1 innen</p>	 <table border="1" data-bbox="1098 1731 1409 1939"> <thead> <tr> <th colspan="2">Toleranzen</th> </tr> <tr> <th>Klasse</th> <th>Zulässige Abweichung Δ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Klasse A</td> <td>$\Delta = \pm 0,006L$</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>$\Delta = \pm 0,010L$</td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>$\Delta = \pm 0,016L$</td> </tr> </tbody> </table>		Toleranzen		Klasse	Zulässige Abweichung Δ	Klasse A	$\Delta = \pm 0,006L$	Klasse B	$\Delta = \pm 0,010L$	Klasse C	$\Delta = \pm 0,016L$														
Toleranzen																											
Klasse	Zulässige Abweichung Δ																										
Klasse A	$\Delta = \pm 0,006L$																										
Klasse B	$\Delta = \pm 0,010L$																										
Klasse C	$\Delta = \pm 0,016L$																										
<p>ANMERKUNG In Bezug auf die Herstelltoleranz-Qualitätsklassen in [A1] EN 1993-1-6 [A1], Klasse A = Exzellent, Klasse B = Hoch und Klasse C = Normal.</p>																											

D.1.10 Grundlegende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile

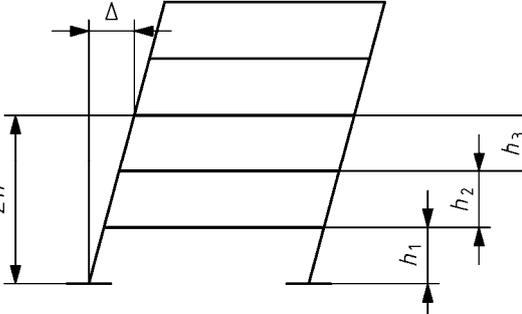
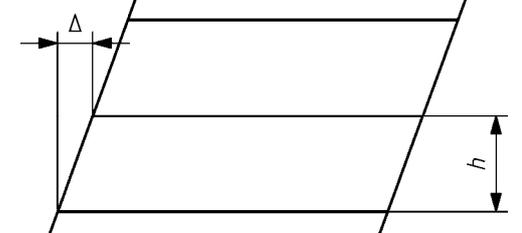
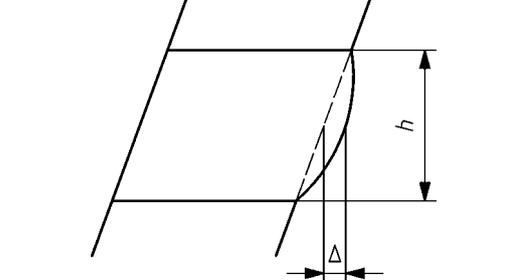
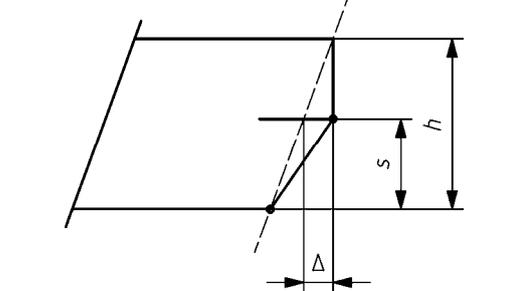
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Geradheit und Überhöhung:</p> 	<p>ANMERKUNG Abweichungen werden nach dem Schweißen gemessen, mit dem Bauteil flach auf der Seite liegend.</p>	
	<p>Legende</p> <p><i>a</i> tatsächliche Überhöhung <i>b</i> planmäßige Überhöhung <i>c</i> tatsächliche Mittellinie <i>d</i> planmäßige Mittellinie</p>	<p>Abweichung jedes Fachwerkknötens relativ zu einer geraden Linie — bzw. zur planmäßigen Überhöhung oder Vorkrümmung.</p>	<p>$\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \geq 12 \text{ mm}$</p>
2	<p>Geradheit von Fachwerkstreben:</p>	<p>Δ_1 Abweichung der Geradheit von Fachwerkstreben von der Länge L_1: Δ_1</p>	<p>$\Delta_1 = \pm L_1/750$ aber $\Delta \geq 6 \text{ mm}$</p>
<p>ANMERKUNG Δ_1 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \geq 12 \text{ mm}$ bedeuten, dass Δ der größere der beiden Werte $L/500$ und 12 mm ist. Δ_1</p>			

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.1.11 Grundlegende Montagetoleranzen — **A1** Stützen einstöckiger Gebäude **A1**

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>A1 Schiefstellung von Stützen einstöckiger Gebäude: A1</p> 	Gesamtschiefstellung innerhalb der Stockwerkshöhe h :	$\Delta = \pm h/300$
2	<p>Schiefstellung einstöckiger Stützen in Rahmentragwerken:</p> 	Mittlere Schiefstellung Δ aller Stützen eines Rahmentragwerks: [bei zwei Stützen: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]	$\Delta = \pm h/500$
3	<p>Schiefstellung einer Kranbahnstütze:</p> 	Schiefstellung zwischen A1 Fußbodenoberkante A1 und Lager des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm h/1000$
4	<p>Geradheit einer einstöckigen Stütze:</p> 	Lage der Stütze im A1 Aufriss A1 relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten an Kopf und Fuß: — im Allgemeinen — Hohlprofile	$\Delta = \pm h/750$ $\Delta = \pm h/750$

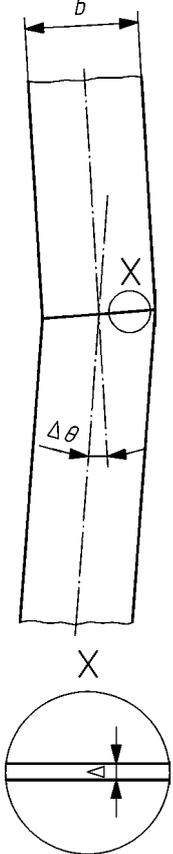
D.1.12 Grundlegende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Lage jeder Stockwerksebene relativ zur Basis-ebene:</p> 	<p>Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in Basishöhenlage:</p>	$\Delta = \pm \sum h / (300\sqrt{n})$
2	<p>Stützenschiefstellung zwischen benachbarten Stockwerksebenen:</p> 	<p>Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in der nächst niedrigeren Ebene:</p>	$\Delta = \pm h/500$
3	<p>Geradheit einer ungestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen:</p> 	<p>Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:</p>	$\Delta = \pm h/750$
4	<p>Geradheit einer gestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen:</p> 	<p>Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ in Stoß-ebene relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:</p>	$\Delta = \pm s/750$ mit $s \leq h/2$

ANMERKUNG $\overline{A_1}$ Tabelle D.1.12 Mehrstöckige Stützen gilt für über mehr als ein Stockwerk durchlaufende Stützen. Tabelle D.1.11 gilt für stockwerkhohe Stützen in mehrstöckigen Gebäuden. $\overline{A_1}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.1.13 Grundlegende Montagetoleranzen — Kontaktstöße

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1		<p>\square_{A1} örtlicher Winkerversatz (Knick) \square_{A1} $\Delta\theta$, gleichzeitig auftretend als Spaltweite Δ an der Stelle „X“</p>	<p>\square_{A1} $\Delta\theta = \pm 1/500$ rad und:</p> <ul style="list-style-type: none"> — $\Delta = 0,5$ mm über mindestens 2/3 des Bereichs, und — $\Delta = 1,0$ mm örtlich maximal \square_{A1}

D.1.14 Grundlegende Montagetoleranzen — Türme und Maste

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Geradheit von Eckstielen und Gurtbauteilen:	Geradheit des Längenabschnitts (L) zwischen Anschlussstellen.	$L/1\ 000$
2	Hauptmaße des Mastquerschnitts und der Ausfachung:	Mastabschnitt $< 1\ 000$ mm: Mastabschnitt $\geq 1\ 000$ mm:	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm 5$ mm
3	Lage der Bauteilachse einer Ausfachung am Anschluss:	Position in Bezug zur planmäßigen Position	$\Delta = \pm 3$ mm
4	Ausrichtung der Bauteilachsen von Eckstützenstößen:	Relative Position zweier Eckstützenteile	$\Delta = \pm 2$ mm
5	Vertikalität bei Masten:	Abweichung von der Vertikalität einer Linie zwischen je zwei Punkten auf der planmäßigen vertikalen Tragwerksachse, bei Messung ohne nennenswerte Windwirkung	$\Delta = \pm 0,05$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm
6	Vertikalität bei Türmen:		$\Delta = \pm 0,10$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm
7	Verdrehung Δ über die gesamte Tragwerkshöhe [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerk < 150 m: Tragwerk ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 2,0^\circ$ $\Delta = \pm 1,5^\circ$
8	Verdrehung Δ zwischen benachbarten Tragwerkshöhen [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerk < 150 m: Tragwerk ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 0,10^\circ$ je 3 Meter $\Delta = \pm 0,05^\circ$ je 3 Meter
ANMERKUNG 1 Das Merkmal der Verdrehung gilt nicht bei Türmen mit permanenter seitlicher Belastung.			
ANMERKUNG 2 Δ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm 0,10$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte 0,10 % und 5 mm ist. Δ			

D.1.15 Grundlegende Montagetoleranzen für Balken und druckbeanspruchte Bauteile

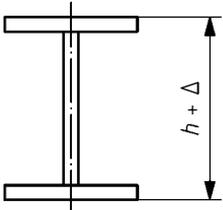
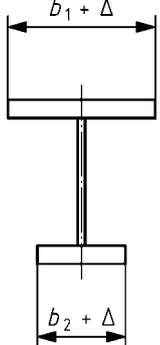
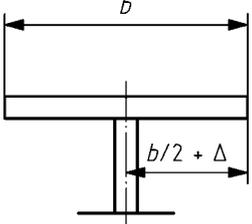
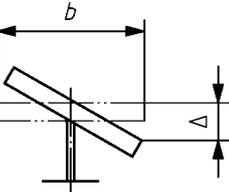
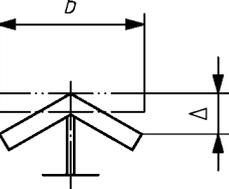
Nr.	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung
1	Geradheit von Balken und druckbeanspruchten Bauteilen, sofern seitlich nicht gehalten.	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)**D.2 Ergänzende Toleranzen**

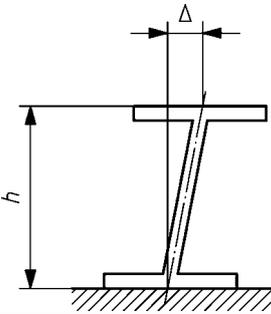
Zulässige Abweichungen für ergänzende Toleranzen sind tabelliert in:

- D.2.1: Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile
- D.2.2: Ergänzende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile
- D.2.3: Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile
- D.2.4: Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile
- D.2.5: Ergänzende Herstelltoleranzen — Stege von geschweißten Profilen und Kastenprofilen
- D.2.6: Ergänzende Herstelltoleranzen — Stegauseistungen geschweißter Profile und Kastenprofile
- D.2.7: Ergänzende Herstelltoleranzen — Bauteile
- D.2.8: Ergänzende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten
- D.2.9: Ergänzende Herstelltoleranzen — Stützenstöße und Fußplatten
- D.2.10: Ergänzende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile
- D.2.11: Ergänzende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten
- D.2.12: Ergänzende Herstelltoleranzen — Türme und Maste
- D.2.13: Ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche
- D.2.14: Ergänzende Herstelltoleranzen — Brückenfahrbahnen
- D.2.15: Ergänzende Montagetoleranzen — Brücken
- D.2.16: Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 1/3)
- D.2.17: Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 2/3)
- D.2.18: Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 3/3)
- D.2.19: Ergänzende Herstell- und Montagetoleranzen — Kranbahnträger und -schiene
- D.2.20: Ergänzende Montagetoleranzen — Betonfundamente und Abstütungen
- D.2.21: Ergänzende Montagetoleranzen — Kranbahnen
- D.2.22: Ergänzende Montagetoleranzen — Stützenpositionen
- D.2.23: Ergänzende Montagetoleranzen — **A₁** Stützen einstöckiger Gebäude **A₁**
- D.2.24: Ergänzende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen
- D.2.25: Ergänzende Montagetoleranzen — Gebäude
- D.2.26: Ergänzende Montagetoleranzen — Träger in Gebäuden
- D.2.27: Ergänzende Montagetoleranzen — Bedachungselemente als Schubfeld
- D.2.28: Ergänzende Montagetoleranzen — Dünnwandige Profilbleche

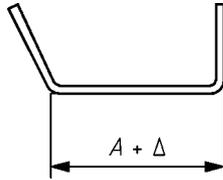
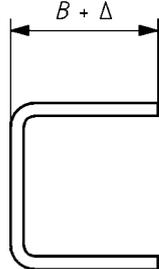
D.2.1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile

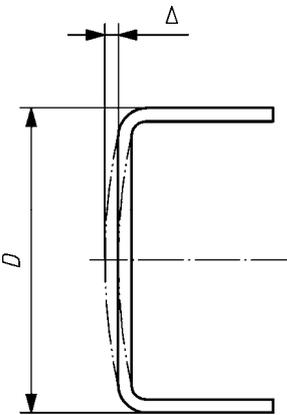
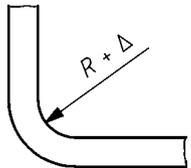
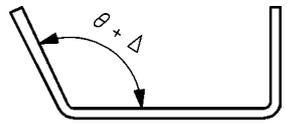
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe: 	Gesamthöhe h : $h \leq 900$ mm $900 < h \leq 1\ 800$ mm $h > 1\ 800$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm h/300$ $\Delta = \pm 6$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm h/450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	Flanschbreite: 	Breite b_1 oder b_2	$+\Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 3$ mm	$+\Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 2$ mm
3	Stegexzentrizität: 	Lage des Stags: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit dem Auflager	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
4	Rechtwinkligkeit der Flansche: 	Abweichung von der Rechtwinkligkeit: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit der \square_{A1} Lasteinleitung \square_{A1}	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$
5	Ebenheit der Flansche: 	Abweichung von der Ebenheit: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit der \square_{A1} Lasteinleitung \square_{A1}	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 2$ mm $\Delta = \pm b/400$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Rechtwinkligkeit bei Lagern: 	Stegvertikalität an $\boxed{A_1}$ Lasteinleitung $\boxed{A_1}$ bei Bauteilen ohne Auflagersteifen	$\Delta = \pm h/300$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm h/500$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
ANMERKUNG $\boxed{A_1}$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. $\boxed{A_1}$				

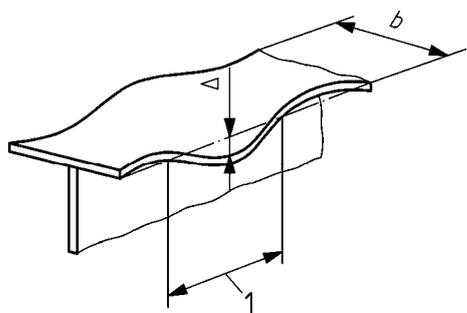
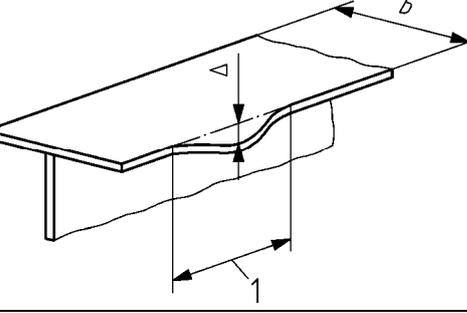
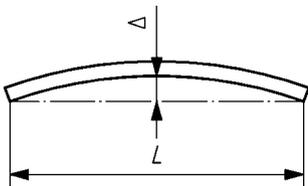
D.2.2 Ergänzende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Ausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite A zwischen zwei Kantungen: $t < 3 \text{ mm}$: Länge $< 7 \text{ m}$ Länge $\geq 7 \text{ m}$ $\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$: Länge $< 7 \text{ m}$ Länge $\geq 7 \text{ m}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = -5 \text{ mm}/+9 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$
2	Unausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite B zwischen einer Abkantung und einer freien Kante: — Walzkanten: $t < 3 \text{ mm}$ $\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$ — Schnittkanten: $t < 3 \text{ mm}$ $\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$	$\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$ $\Delta = -5 \text{ mm}/+7 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$	$\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -1 \text{ mm}/+3 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$

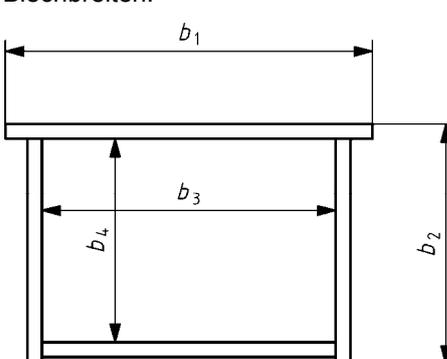
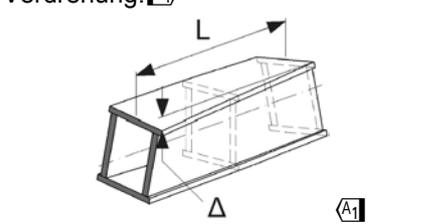
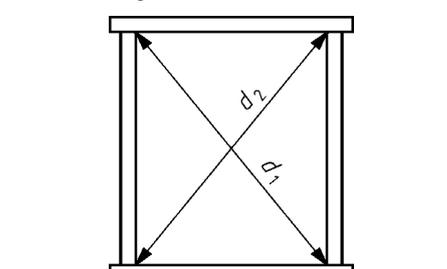
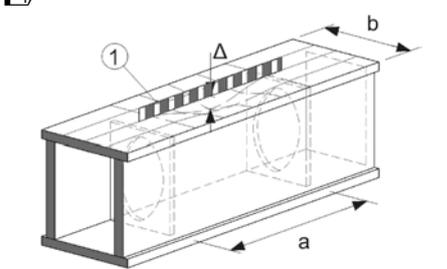
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	Ebenheit: 	Konvexität oder Konkavität	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
4	Biegeradien: 	Innerer Biegeradius R	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	Winkligkeit: 	Winkel θ zwischen benachbarten Bauteilen	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

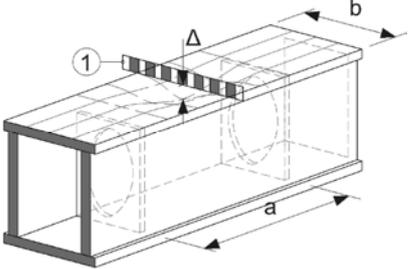
D.2.3 $\boxed{A_1}$ Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter offener Profile $\boxed{A_1}$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Verformung der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
2	Welligkeit der Flansche von I-Profilen 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
3	Geradheit der $\boxed{A_1}$ Flansche $\boxed{A_1}$: 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm \frac{L}{750}$ $\boxed{A_1}$	$\Delta = \pm L/1\ 000$
Legende 1 Messlänge				

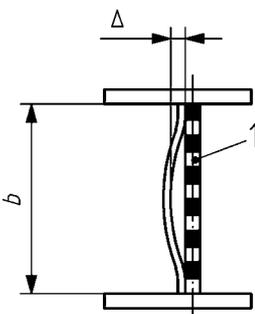
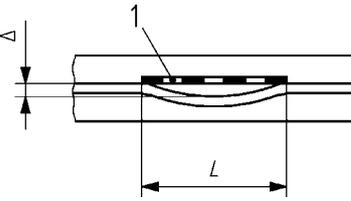
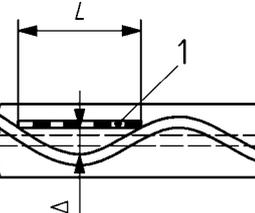
D.2.4 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Blechbreiten:</p> 	<p>Innere und. äußere Abmessungen:</p> <p>$\langle A_1 \rangle b \leq 900 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$</p> <p>$\langle A_1 \rangle 900 \text{ mm} < b \leq 1\,800 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$</p> <p>$b > 1\,800 \text{ mm}$</p> <p>wobei $b = b_1, b_2, b_3 \text{ oder } b_4$</p>	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	<p>Verdrehung: $\langle A_1 \rangle$</p> 	<p>Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L</p>	$\Delta = \pm L/700$ aber $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 8 \text{ mm}$
3	<p>Rechtwinkligkeit:</p> 	<p>Längendifferenz Δ zwischen Diagonalen bei Querschotts:</p> <p>$\Delta = d_1 - d_2$</p>	$\Delta = (d_1 + d_2)/400$ aber $\Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = (d_1 + d_2)/600$ aber $\Delta \geq 4 \text{ mm}$
4	<p>Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, allgemeiner Fall:</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p>  <p>Legende 1 Messlänge $a \langle A_1 \rangle$</p>	<p>Verformung Δ senkrecht zur Blechebene:</p> <p>falls $a \leq 2b$</p> <p>falls $a > 2b$</p>	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

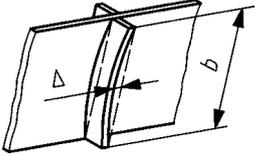
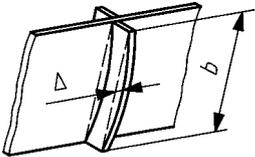
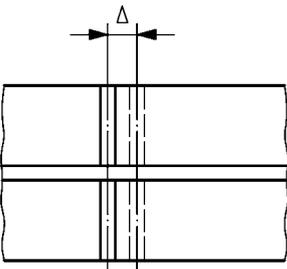
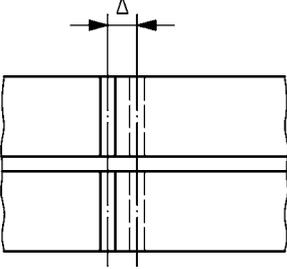
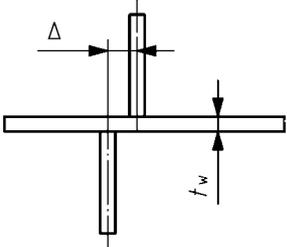
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	<p>Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, (besonderer Fall mit Druckbeanspruchung in Querrichtung — der allgemeine Fall gilt, außer wenn dieser besondere Fall festgelegt ist):</p> <p>A_1</p>  <p>Legende 1 Messlänge b A_1</p>	<p>Verformung Δ senkrecht zur Blechebene:</p> <p>falls $b \leq 2a$</p> <p>falls $b > 2a$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>
<p>ANMERKUNG A_1 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $\Delta \geq 5$ mm bedeuten, dass Δ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. A_1</p>				

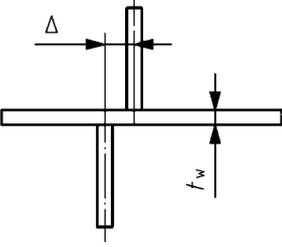
D.2.5 **A1** Ergänzende Herstelltoleranzen — Stege von geschweißten offenen Profilen und Kastenprofilen **A1**

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Stegkrümmung: 	Abweichung Δ über die Steghöhe b	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
2	Stegverwölbung: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge $L =$ Steghöhe b	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
3	Welligkeit des Stegs: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge $L =$ Steghöhe b	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	Lochstegträger und Kasten-träger (gefertigt entweder aus Blechen oder warmgewalzten Profilen) mit Löchern mit dem einbeschriebenen Nenndurchmesser D	Schiefstellung der Stegbleche: — über die Dicke — Überstand bei Löchern der Nenngroße r : $r = D/2 < 200 \text{ mm}$ $r = D/2 \geq 200 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm r/100 \leq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm r/100 \leq 5 \text{ mm}$
Legende 1 Messlehre ANMERKUNG A1 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. A1				

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

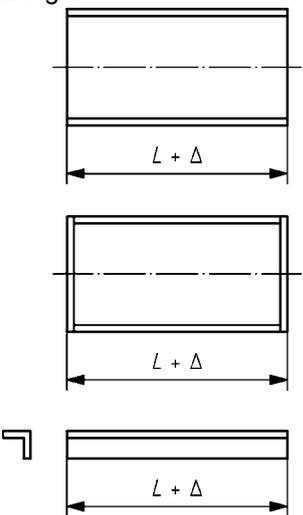
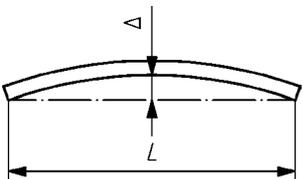
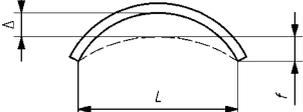
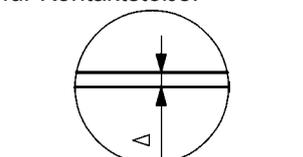
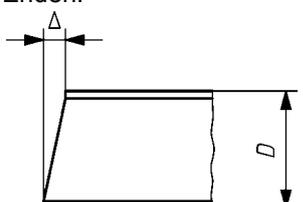
D.2.6 A1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen geschweißter offener Profile und Kastenprofile A1

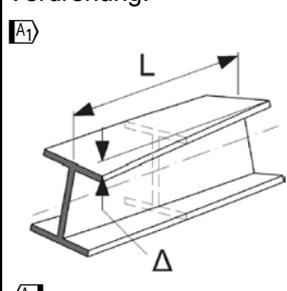
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit in der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit in der Stegebene	$\Delta = \pm b/250$ aber $ \Delta \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/375$ aber $ \Delta \geq 2$ mm
2	Geradheit aus der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit senkrecht zur Stegebene	$\Delta = \pm b/500$ aber $ \Delta \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2$ mm
3	Lage der Stegaussteifungen: 	Abstand von planmäßiger Stelle	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
4	Lage der Stegaussteifungen an den Auflagern: 	Abstand von planmäßiger Stelle	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
5	Exzentrizität der Stegaussteifungen: 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/3$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Exzentrizität der Stegaussteifungen an den Auflagern 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/4$
ANMERKUNG \square_{A1} Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. \square_{A1}				

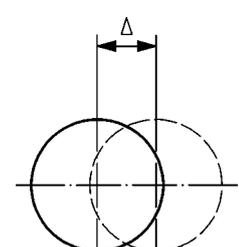
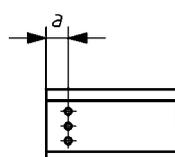
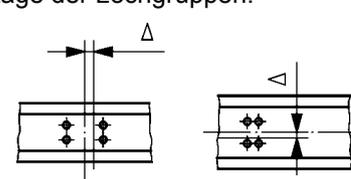
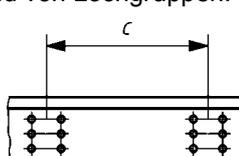
DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.7 Ergänzende Herstelltoleranzen — Bauteile

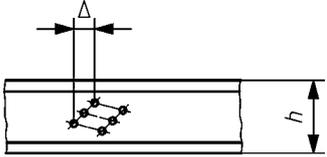
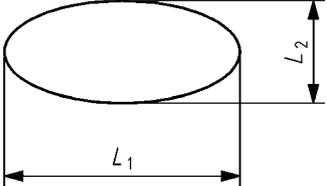
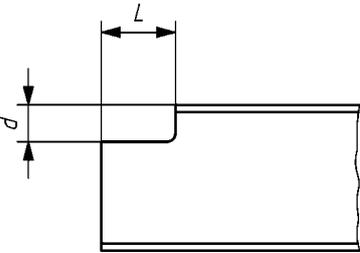
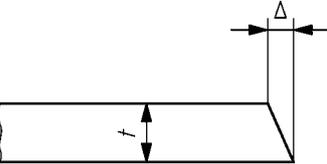
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Länge:</p> 	<p>$\overline{A_1}$ Bauteillänge $\overline{A_1}$, gemessen an der Mittelachse (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):</p> <ul style="list-style-type: none"> — allgemeiner Fall — für Kontaktstöße vorbereitete Enden: <p>ANMERKUNG Länge L wird einschließlich geschweißter Stirnbleche gemessen, falls vorhanden.</p>	$\Delta = \pm (L/5\ 000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm (L/10\ 000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm
2	<p>Länge, wobei ein ausreichender Ausgleich mit $\overline{A_1}$ den angrenzenden Bauteilen $\overline{A_1}$ möglich ist:</p>	<p>Schnittlänge, gemessen an der Mittelachse:</p>	$\Delta = \pm 50$ mm	$\Delta = \pm 50$ mm
3	<p>Geradheit:</p> 	<p>Abweichung Δ von den rechtwinkligen Achsen eines vorgefertigten oder gekanteten Profils:</p> <p>ANMERKUNG Bei Walzprofilen oder warmgeformten Profilen siehe maßgebende Produktnorm.</p>	$\overline{A_1} \Delta = \pm L/750 \overline{A_1}$ aber $ \Delta \geq 5$ mm	$\Delta = \pm L/750$ aber $ \Delta \geq 3$ mm
4	<p>Überhöhung oder planmäßige Vorkrümmung:</p> 	<p>Überhöhung f in Bauteilmittle:</p> <p>ANMERKUNG Die vertikale Überhöhung sollte mit dem Bauteil auf der Seite liegend gemessen werden.</p>	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 6$ mm	$\Delta = \pm L/1000$ aber $ \Delta \geq 4$ mm
5	<p>Oberflächenbehandlung für Kontaktstöße:</p> 	<p>Spaltweite Δ zwischen den Kontaktflächenstirnseiten:</p> <p>ANMERKUNG Ein Merkmal für die Oberflächenrauigkeit ist nicht festgelegt.</p>	$\Delta = 0,5$ mm Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,5 mm überstehend.	$\Delta = 0,25$ mm Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,25 mm überstehend.
6	<p>Rechtwinkligkeit der Enden:</p> 	<p>Rechtwinkligkeit zur Längsachse:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Enden vorgesehen für Kontaktstöße: — Enden nicht vorgesehen für Kontaktstöße: 	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/100$	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/300$ aber $ \Delta \leq 10$ mm

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
7	Verdrehung: 	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L : ANMERKUNG 1 Bei Kastenprofilen siehe Tabelle D.2.4. ANMERKUNG 2 Bei Hohlprofilen siehe maßgebende Produktnorm.	$\Delta = \pm L/700$ aber $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 20 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 15 \text{ mm}$
ANMERKUNG $\square A_1$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. $\square A_1$				

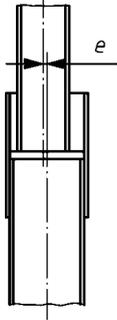
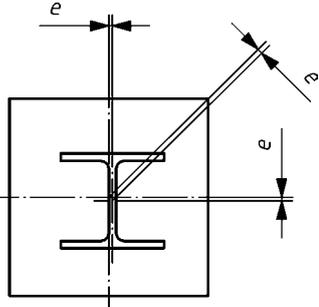
D.2.8 Ergänzende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ der Mittelachse eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ des Abstands a zwischen einem einzelnen Loch und einem Blechrand:	$-\Delta = 0$ $+\Delta \leq 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0$ $+\Delta \leq 2 \text{ mm}$
3	Lage der Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
4	Abstand von Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Schraubengruppenmittelpunkten: — allgemeiner Fall — bei einem durch zwei Schraubengruppen verbundenen Einzelteil:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

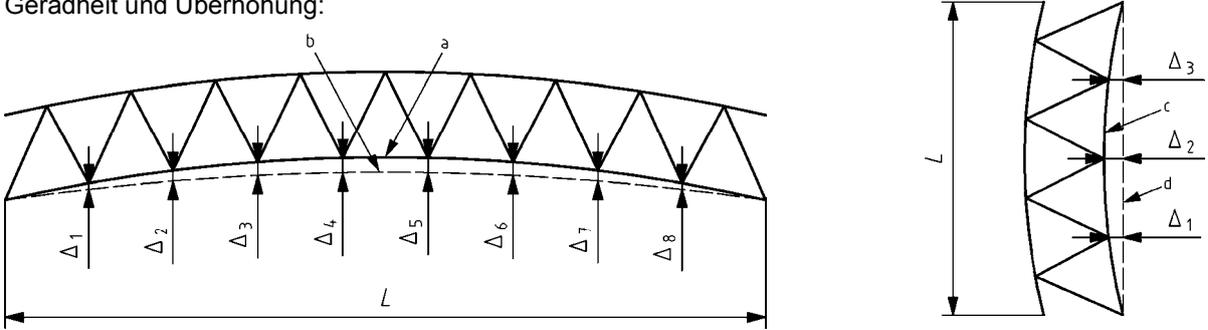
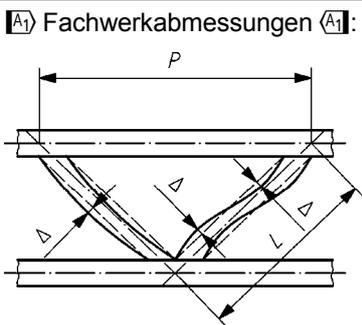
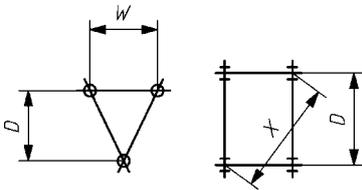
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Verdrehung einer Lochgruppe: 	Verdrehung Δ : — falls $h \leq 1\,000$ mm — falls $h > 1\,000$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
6	Ovalisierung von Löchern: 	$\Delta = L_1 - L_2$	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
7	Ausklinkungen: 	Abweichung Δ von den Ausklinkungs- maßen: — Tiefe d — Länge L	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm
8	Rechtwinkligkeit von Schnittkanten: 	Abweichung Δ einer Schnittkante von 90° :	$\Delta = \pm 0,1t$	$\Delta = \pm 0,05t$

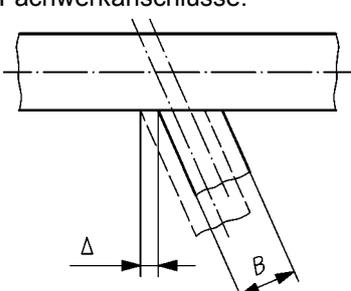
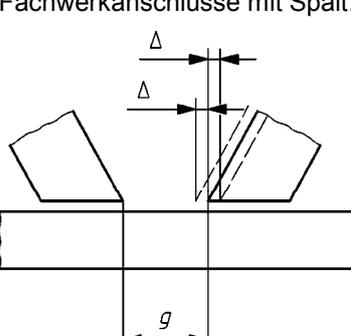
D.2.9 Ergänzende Herstelltoleranzen — Stützenstöße und Fußplatten

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Stützenstoß: 	Unplanmäßige Exzentrizität e (bezüglich einer der beiden Achsen):	5 mm	3 mm
2	Fußplatte: 	Unplanmäßige Exzentrizität e (in jeder Richtung):	5 mm	3 mm

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.10 Ergänzende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile

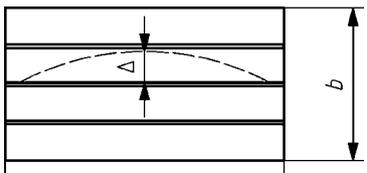
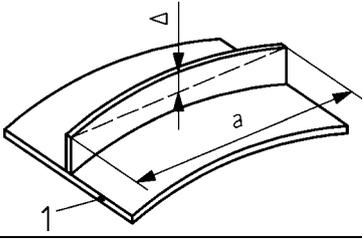
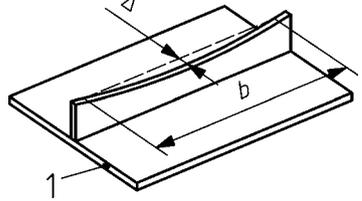
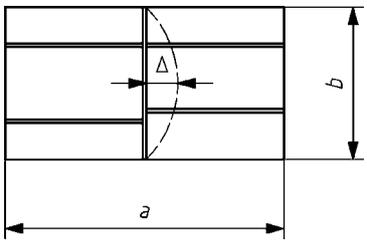
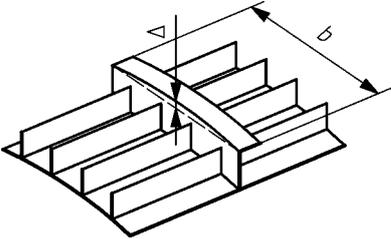
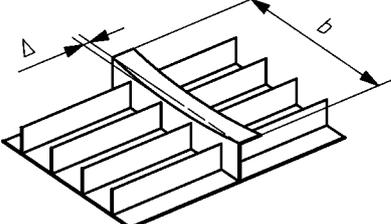
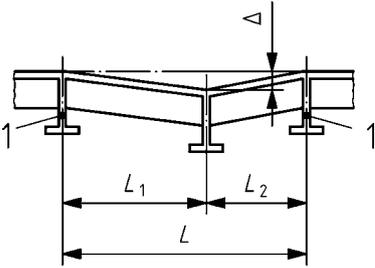
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit und Überhöhung: 	ANMERKUNG Abweichungen werden nach dem Schweißen gemessen, mit dem Bauteil flach auf der Seite liegend.		
			Legende a tatsächliche Überhöhung b planmäßige Überhöhung c tatsächliche Mittellinie d planmäßige Mittellinie	Abweichung jedes Fachwerkknotens relativ zu einer geraden Linie — bzw. zur planmäßigen Überhöhung oder Vorkrümmung.
2	$\langle A_1 \rangle$ Fachwerkabmessungen $\langle A_1 \rangle$: 	Abweichung einzelner Abstände p zwischen Schnittpunkten der Mittellinien bei Fachwerkknoten:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
		Kumulierte Abweichung Σp der Lage des Fachwerkknotens:	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
3	Geradheit von $\langle A_1 \rangle$ Fachwerkstreben mit Länge L_1 : $\langle A_1 \rangle$	Abweichung von der Geradheit bei Fachwerkstreben:	$\langle A_1 \rangle \Delta = \pm L_1/500 \langle A_1 \rangle$ aber $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\langle A_1 \rangle \Delta = \pm L_1/1\,000 \langle A_1 \rangle$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	Querschnittsabmessungen: 	Abweichung der Abstände D , W und X falls: $s \leq 300 \text{ mm}$: $300 < s < 1\,000 \text{ mm}$: $s \geq 1\,000 \text{ mm}$ ANMERKUNG wobei je nach Fall $s = D$, W oder X .	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	<p>Überschneidende Fachwerkanschlüsse:</p> 	<p>Exzentrizität (relativ zu einer planmäßigen Exzentrizität):</p>	$\Delta = \pm (B/20 + 5) \text{ mm}$	$\Delta = \pm (B/40 + 3) \text{ mm}$
6	<p>Fachwerkanschlüsse mit Spalt:</p> 	<p>Spaltweite g zwischen Streben:</p> <p>Δ_1 $g \geq (t_1 + t_2) \Delta_1$, wenn Δ_1 t_1 und t_2 Δ_1 die Wanddicken der Streben sind</p>	<p>Δ_1 gestrichener Text Δ_1</p> $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$	<p>Δ_1 gestrichener Text Δ_1</p> $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$

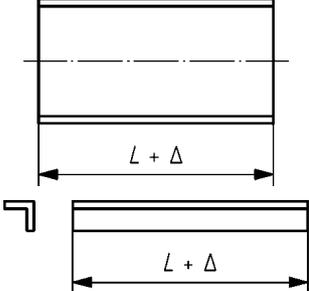
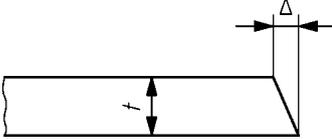
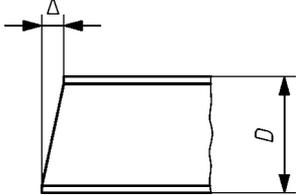
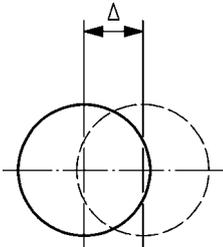
ANMERKUNG Δ_1 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $|\Delta| \geq 6 \text{ mm}$ bedeuten, dass $|\Delta|$ der größere der beiden Werte $L/500$ und 6 mm ist. Δ_1

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

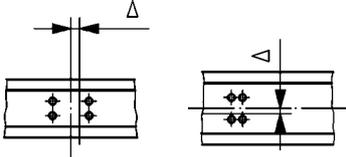
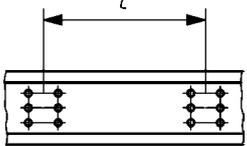
D.2.11 Ergänzende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Geradheit von Steifen: Längssteifen in längsausgesteiften Platten:</p> 	<p>Abweichung Δ senkrecht zur Platte:</p> 	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
2	<p>Legende 1 Platte</p> 	<p>Abweichung Δ \perp parallel zur Platte, gemessen relativ zu einer Messlänge, die der Breite b der Platte entspricht \perp:</p> 		
3	<p>Geradheit von Steifen: Quersteifen in quer- und längsausgesteiften Platten:</p> 	<p>Abweichung Δ senkrecht zur Platte:</p> 	$\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$ (Der kleinere Wert ist maßgebend)	$\Delta = \pm a/500$ oder $\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$ (Der kleinere Wert ist maßgebend)
4	<p>Legende 1 Querträger</p> 	<p>Abweichung Δ parallel zur Platte:</p> 		
5	<p>Höhenlage von Querträgern bei ausgesteiften Platten: Legende 1 Querträger</p>	<p>Höhenlage relativ zum benachbarten Querträger</p> 	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$

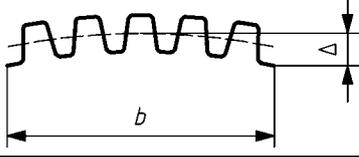
D.2.12 Ergänzende Herstelltoleranzen — Türme und Maste

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Bauteillänge: 	Schnittlänge, gemessen an der Mittelachse (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Länge oder Zwischenraum:	Falls Mindestabmessungen festgelegt werden:	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$
3	Rückseitige Körnung bei Winkelprofilen:	Abstand von der Eckkante des Winkelprofils zur Lochmitte:	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
4	Rechtwinkligkeit von Schnittkanten: 	Abweichung Δ einer Schnittkante von 90°:	$\Delta = \pm 0,05t$	$\Delta = \pm 0,05t$
5	Rechtwinkligkeit der Enden: 	Rechtwinkligkeit zur Längsachse: — Enden vorgesehen für Kontaktstöße: — Enden nicht vorgesehen für Kontaktstöße:	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/300$	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/300$
6	Oberflächen für Kontaktstöße:	Ebenheit:	1 zu 1 500	1 zu 1 500
7	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ der Mittelachse eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

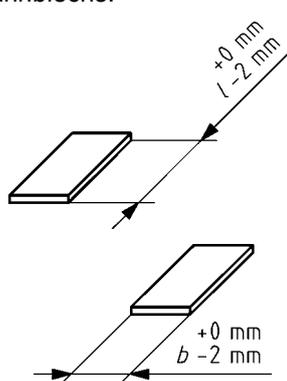
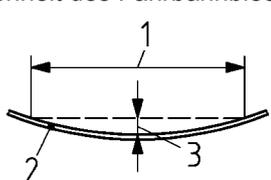
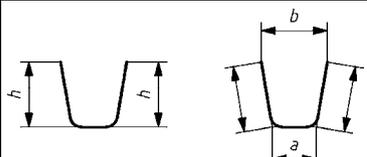
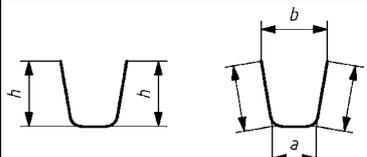
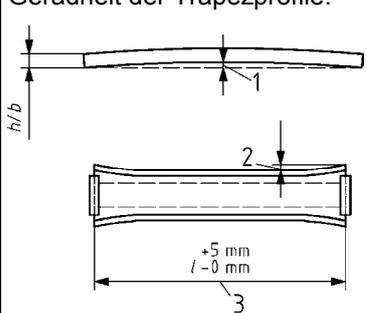
DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
8	Lage der Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
9	Abstand von Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Schraubengruppenmittelpunkten:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
ANMERKUNG $\sqrt{A_1}$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm 0,10 \%$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der größere der beiden Werte $0,10\%$ und 5 mm ist. $\sqrt{A_1}$				

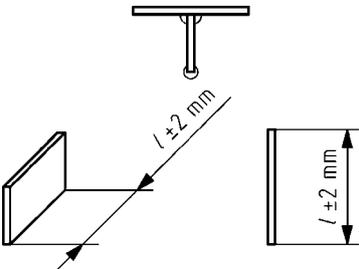
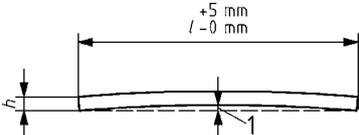
D.2.13 Ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Vertikalkrümmung des Profilblechs: 	Abweichung Δ von der vorgesehenen Form über die Profilbreite b	$\Delta \leq \pm b/100$
2	Winkligkeit:	Abweichung Δ des vorgesehenen Winkels zwischen benachbarten Querschnittsabschnitten	$\Delta \leq \pm 3^\circ$

D.2.14 Ergänzende Herstelltoleranzen — Brückenfahrbahnen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Länge/Dicke/Breite des Fahr- bahnblechs: 	Gesamtabmessungen l , b nach Zu- schnitt und Richtwalzen einschließ- lich Schrumpfungaben und nach An- arbeiten der endgültigen Nahtvor- bereitung	Keine Anforderung	$0 \geq \Delta \geq -2$ mm (kein positiver Wert gegeben)
2	Ebenheit des Fahrbahnblechs: 	Nach Anarbeiten der endgültigen Nahtvorbereitung Legende 1 Messlänge 2 000 mm 2 Blech 3 Spalt Δ	Klasse S nach EN 10029	$\Delta = \pm 2$ mm
3	Trapezprofile für Querträger- ausnehmungen: mit Freischnitt 	Höhe h , Breiten a und b Zu beachten für a und b : Bei Über- schreitung dieser Toleranzen müs- sen die Querträgerausschnitte auf die maximal zulässigen Spaltbreiten angepasst werden, gemessen im Abstand von mindestens 500 mm vom Ende	$\Delta h = \pm 3$ mm $\Delta a = \pm 2$ mm $\Delta b = \pm 3$ mm	$+2$ mm \geq $\Delta(h$ oder a oder $b)$ ≥ -1 mm
	für volle Umschweißung 		$\Delta h = \pm 2$ mm $\Delta a = \pm 1$ mm $\Delta b = \pm 2,5$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
4	Geradheit der Trapezprofile: 	Legende 1 max. Spalt Δ_1 2 max. Aufweitung Δ_2 3 bei Fensterstoß Δ_3 Radius $r = r \pm \Delta_r$ Verdrehung Δ_φ , gemessen an einer ebenen Oberfläche über 4 m Länge Parallelität Δ_p	$\Delta_1 = \pm L/500$ $\Delta_2 = 5$ mm 5 mm $\geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 0,20$ r $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2$ mm	$\Delta_1 = \pm L/1000$ $\Delta_2 = 1$ mm 5 mm $\geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 2$ mm $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2$ mm

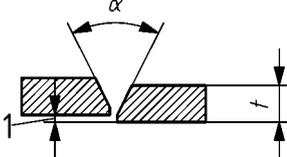
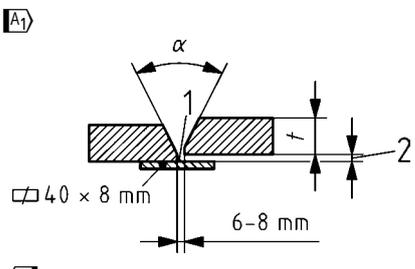
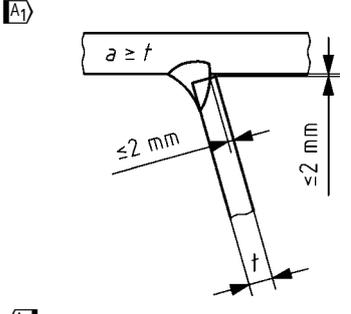
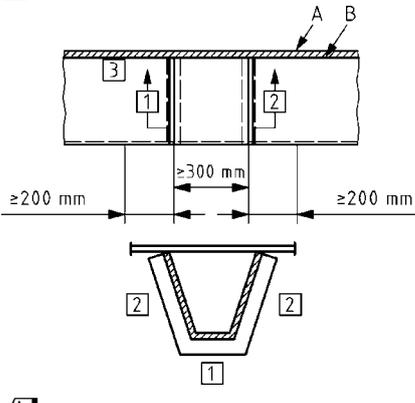
DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Länge/Breite eines Flachprofils für beidseitiges Schweißen: 	Gesamtabmessungen l, h	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Geradheit eines Flachprofils für beidseitiges Schweißen: 	Legende 1 max. Spalt Δ_1 Länge Δ_1	$\Delta_1 = \pm L/1\ 000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_1 \geq 0$	$\Delta_1 = \pm L/1\ 000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_1 \geq 0$

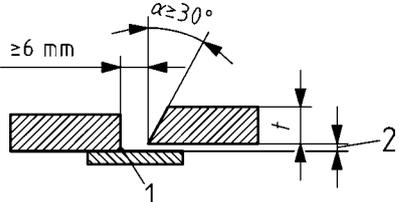
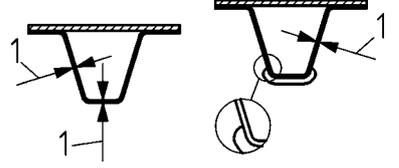
D.2.15 Ergänzende Montagetoleranzen — Brücken

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Spannweite:	Abweichung Δ des Abstands L zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auflagern, gemessen auf der Oberseite des Obergurts:	$\Delta = \pm (30 + L/10\ 000)$
2	Brücke im Aufriss oder im Grundriss:	Abweichung Δ von der angepassten Solllage, bezogen auf die Lage der fertig eingebauten Lager: $L \leq 20 \text{ m}$: $L > 20 \text{ m}$:	$\Delta = \pm (L/1\ 000)$ $\boxed{A_1} \Delta = (L/2\ 000 + 10 \text{ mm}) \leq 35 \text{ mm} \boxed{A_1}$

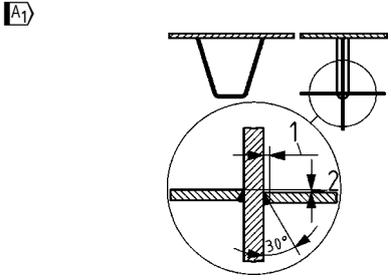
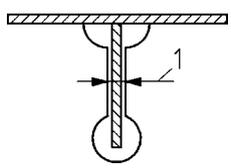
D.2.16 Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 1/3)

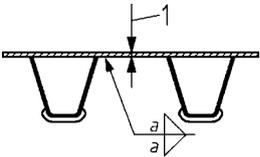
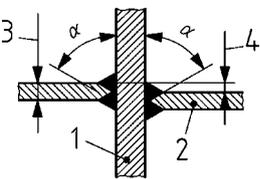
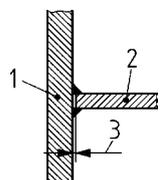
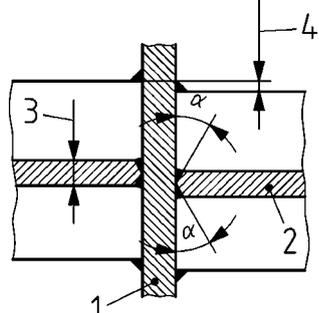
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Fahrbahnblechstöße ohne Schweißbadsicherung, Querträger-Untergurtstoß oder Querträger-Stegstoß: 	Legende 1 Versatz Δ vor dem Schweißen	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	Fahrbahnblechstöße mit Schweißbadsicherung: 	Legende 1 $\langle A_1 \rangle$ Wurzellage $\langle A_1 \rangle$ 2 Versatz Δ vor dem Schweißen Spaltbreite Δ_g zwischen Blech und Schweißbadsicherung nach dem Schweißen	$\langle A_1 \rangle \Delta = 2 \text{ mm}$ $\langle A_1 \rangle$ $ \Delta_g = 1 \text{ mm}$
3	Längssteifen-Deckblechnaht: 	Wurzeleinbrand Spalt	$\langle A_1 \rangle \Delta = 2 \text{ mm}$ $\langle A_1 \rangle$
4	Längsrippenstoß mit Fenster: 	Kantenversatz Δ zwischen Längsrippe und Fenster vor dem Schweißen	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
5	<p>Längsrippenstöße:</p> 	<p>Legende</p> <p>1 durchgehende $\boxed{A_1}$ Wurzellage $\langle A_1 \rangle$</p> <p>2 Versatz Δ vor dem Schweißen</p>	<p>$\boxed{A_1} \Delta = 2 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$</p>
6	<p>Verbindung von durchgeführten Trapezprofilen und Querträgern mit oder ohne Freischnitt</p> 	<p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ_1</p> <p>Mindestnahtdicke a:</p> <p>bei Spaltweiten $s \leq 2 \text{ mm}$:</p> <p>$a = a_{\text{nom}}$ nach statischer Erfordernis</p> <p>bei Spaltweiten $s > 2 \text{ mm}$:</p> <p>$a = a_{\text{nom}} + (s - 2)$ jedoch $a \geq 4 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta_1 = 3 \text{ mm}$</p>

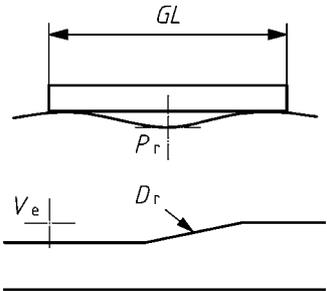
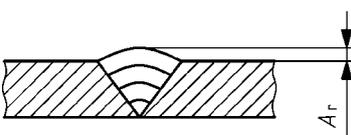
D.2.17 Ergänzende Montagetoleranzen– Brückenfahrbahnen (Teil 2/3)

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Verbindung von Trapezprofilen und Querträgern ohne Querträgerausnehmung</p> 	<p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ_1</p> <p>2 Versatz Δ_2 vor dem Schweißen</p>	<p>$\Delta_1 = 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta_2 = \pm 2 \text{ mm}$</p>
2	<p>Verbindung von durchgeführten Flachstählen und Querträgern</p> 	<p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ</p>	<p>$\Delta = 1 \text{ mm}$</p>

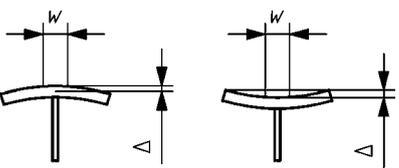
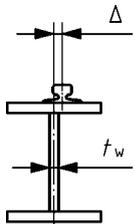
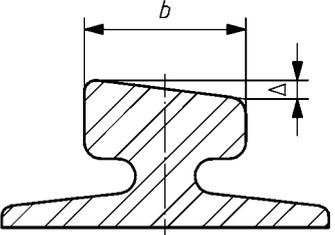
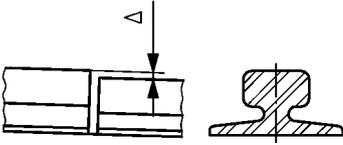
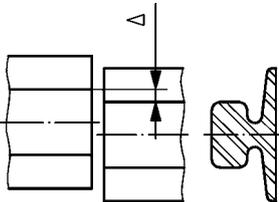
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
3	Anschluss der Querträgerstege an das Deckblech (mit oder ohne Freischnitt) [A1]  [A1]	Legende 1 max. Spalt Δ	$\Delta = 1 \text{ mm}$
4	Anschluss der Querträgerstege an das Hauptträgerstegblech a) bei durchgehenden Querträgern [A1]  b) bei nicht durchgehenden Querträgern [A1]  [A1]	Legende 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 in Bild a) $t_{w,crossb}$ 3 in Bild b) Spalt Δ_b 4 Versatz Δ_a vor dem Schweißen	a) $\Delta_a = \pm 0,5 t_{w,crossb}$ b) [A1] $\Delta_b = 2 \text{ mm}$ [A1]
5	Anschluss der Querträgergurte an das Hauptträgerstegblech [A1]  [A1]	Legende 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 $t_{w,crossb}$ 4 Versatz Δ vor dem Schweißen	$\Delta = \pm 0,5 t_{w,crossb}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.18 Ergänzende Montagetoleranzen– Brückenfahrbahnen (Teil 3/3)

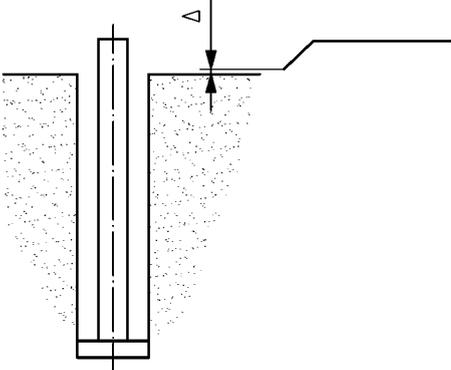
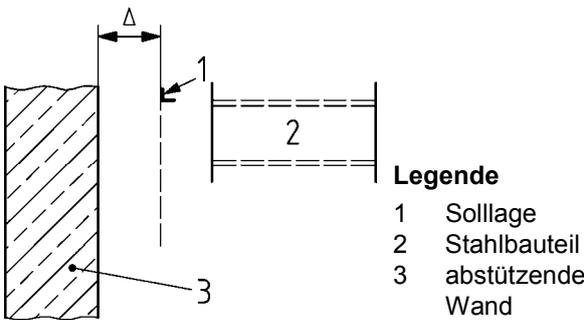
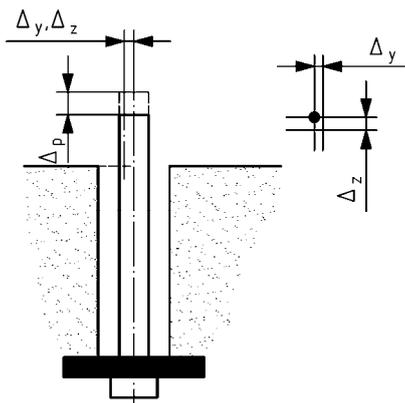
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Passgenauigkeit orthotroper Fahrbahnplatten der Blechdicke t nach der Montage:</p>  <p>Legende</p> <p>GL Messlänge P_r Abweichung V_e Versatz D_r Neigung</p>	<p>Differenz der Höhenlage am Übergang an einem Blechdickensprung:</p> <p>$t \leq 10$ mm: $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm $t > 70$ mm:</p> <p>Neigung am Kreuzungspunkt:</p> <p>$t \leq 10$ mm: $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm: $t > 70$ mm:</p> <p>Ebenheit in allen Richtungen:</p> <p>$t \leq 10$ mm: $t > 70$ mm:</p> <p>Allgemeiner Fall: In Längsrichtung:</p> <p>ANMERKUNG Werte P_r dürfen interpoliert werden für $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm.</p>	<p>$V_e = 2$ mm $V_e = 5$ mm $V_e = 8$ mm</p> <p>$D_r = 8$ % $D_r = 9$ % $D_r = 10$ %</p> <p>$P_r = 3$ mm über Messlänge 1 m $P_r = 4$ mm über Messlänge 3 m $P_r = 5$ mm über Messlänge 5 m</p> <p>$P_r = 5$ mm über Messlänge 3 m $P_r = 18$ mm über Messlänge 3 m</p>
2	<p>Schweißen orthotroper Fahrbahnplatten:</p> 	<p>Nahtüberhöhung A_r über die umgebende Oberfläche:</p>	<p>$A_r = -0 \text{ mm}/+ 1 \text{ mm}$</p>

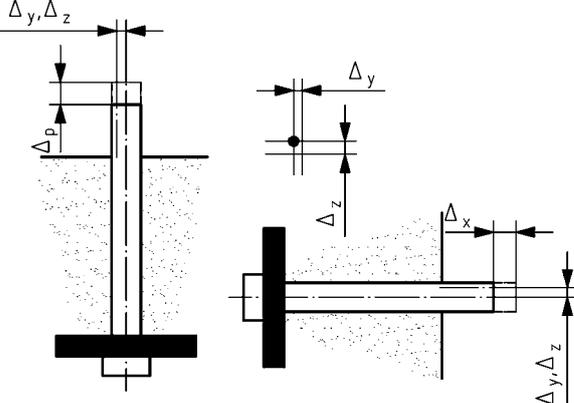
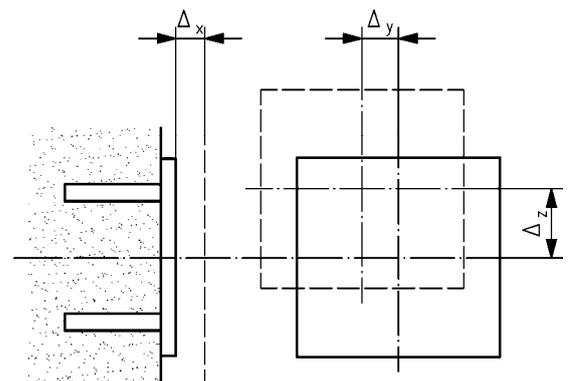
D.2.19 Ergänzende Herstell- und Montagetoleranzen — Kranbahnträger und -schienen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Unebenheit des Obergurts eines Kranbahnträgers: 	Unebenheit über eine mittlere Breite w , entspricht der Schienenbreite plus 10 mm auf jeder Seite der Schiene von der Solllage:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Exzentrizität der Schiene zum Steg: 	bei $t_w \leq 10 \text{ mm}$ bei $t_w > 10 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$ $\pm 0,5 t_w$	$\pm 5 \text{ mm}$ $\pm 0,5 t_w$
3	Neigung der Schiene: 	Neigung der Schienenquerschnitts- oberseite:	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/100$
4	Höhenlage der Schiene: 	Stufe an der Oberkante des Schienenstoßes:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5	Seitenkante der Schiene: 	Stufe an der Seitenkante des Schienenstoßes:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

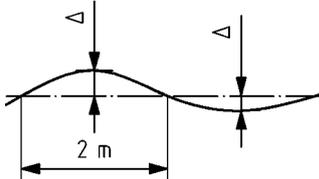
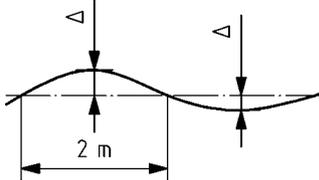
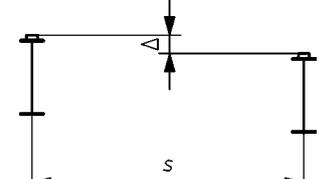
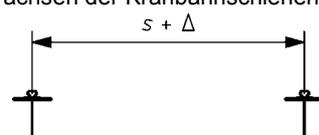
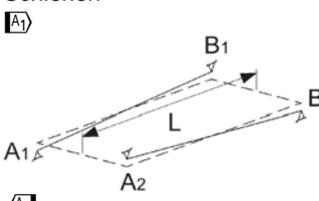
D.2.20 Ergänzende Montagetoleranzen — Betonfundamente und Abstützungen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Höhenlage des Fundaments:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage:</p>	<p>$-15 \text{ mm} \leq \Delta \leq +5 \text{ mm}$</p>
2	<p>Lotrechte Wand:</p>  <p>Legende</p> <p>1 Solllage 2 Stahlbauteil 3 abstützende Wand</p>	<p>Abweichung Δ von der Solllage am Auflagerpunkt des Stahlbauteils:</p>	<p>$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$</p>
3	<p>Voreingestellte Ankerschraube mit Reguliermöglichkeit:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage und dem Sollüberstand:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lage der Spitze: — Überstand Δ_p: <p>ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage eines Schraubengruppenmittelpunkts ist 6 mm.</p>	<p>$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq +25 \text{ mm}$</p>

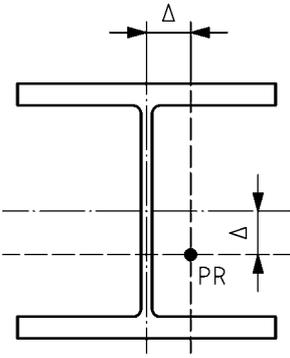
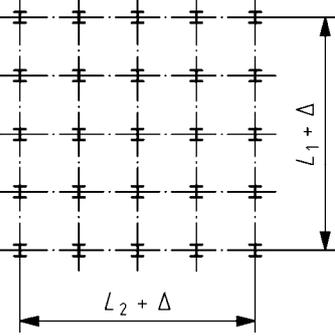
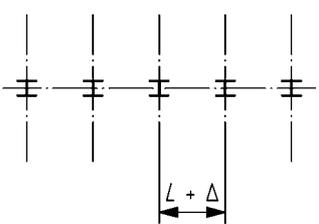
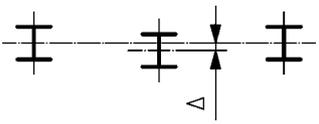
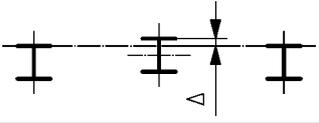
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
4	<p>Voreingestellte Ankerschraube ohne Reguliermöglichkeit:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage, Sollhöhenlage und dem Sollüberstand:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Lage bzw. Höhenlage der Spitze: — vertikaler Überstand Δ_p: — horizontaler Überstand Δ_x: <p>ANMERKUNG Die zulässige Abweichung gilt auch für die Lage eines Schraubengruppenmittelpunkts</p>	<p>$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$</p> <p>$-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 45 \text{ mm}$</p> <p>$-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$</p>
5	<p>Eingebettete Stahlankerplatte:</p> 	<p>Abweichungen $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ von der Solllage und der Sollhöhenlage:</p>	<p>$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$</p>

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.21 Ergänzende Montagetoleranzen — Kranbahnen

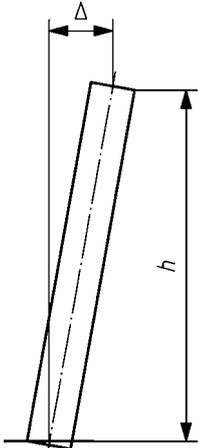
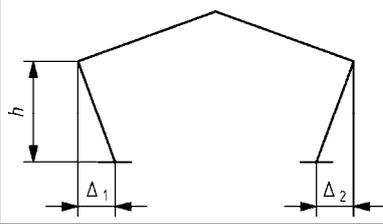
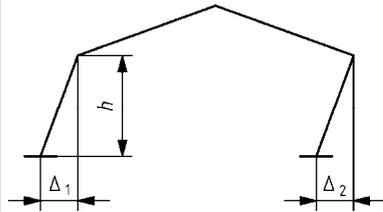
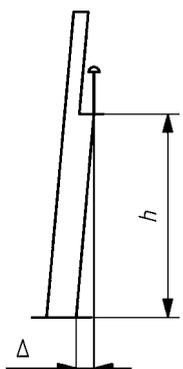
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage der Schiene im Grundriss:	Relativ zur Solllage:	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	Örtliche Außermittigkeit der Schiene: 	Außermittigkeit über 2 m Messlänge:	$\Delta = \pm 1,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
3	Höhenlage der Schiene	Relativ zur Solllage:	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
4	Höhenlage der Schiene	Höhenlage über Spannweite L des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $ \Delta \geq 10 \text{ mm}$
5	Höhenlage der Schiene: 	Abweichung über 2 m Messlänge:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Relative Höhendifferenz zweier Schienen einer Kranbahn: 	Abweichung der Höhenlage: bei $s \leq 10 \text{ m}$ bei $s > 10 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm s/500$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm s/1\,000$
7	Abstand s zwischen Mittelachsen der Kranbahnschienen: 	Abweichung des Abstands: bei $s \leq 16 \text{ m}$ bei $s > 16 \text{ m}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm (10 + [s - 16]/3) \text{ mm}$, mit s in m und Ergebnis in mm	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm (5 + [s - 16]/4) \text{ mm}$, mit s in m und Ergebnis in mm
8	Anschlagpuffer:	Relative Lage der Anschlagpuffer am gleichen Ende, gemessen in der Fortbewegungsrichtung der Kranbahn:	$\Delta = \pm s/1\,000$ aber $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm s/1\,000$ aber $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$
9	Neigung gegenüberliegender Schienen  $ \Delta = N_1 - N_2 $ Legende N_1 Neigung $A_1 B_1$ N_2 Neigung $A_2 B_2$ L Abstand benachbarter Auflager	Verschränkung	$\Delta = L/500$	$\Delta = L/1\,000$

D.2.22 Ergänzende Montagetoleranzen — Stützenpositionen

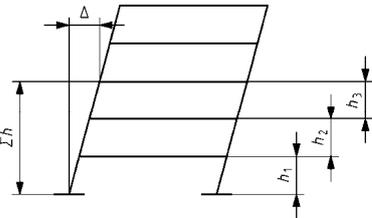
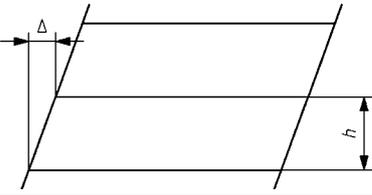
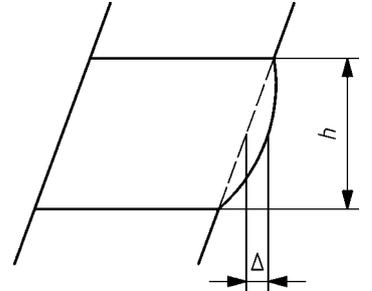
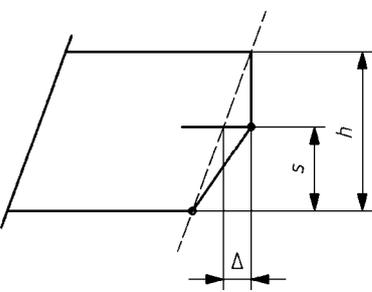
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage: 	Lage der Mittelachse einer Stütze im Grundriss auf Basishöhenlage relativ zum Referenzpositionspunkt (PR)	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	Gesamtlänge eines Gebäudes: 	Abstand zwischen Endstützen in jeder Reihe auf Basishöhenlage: $L \leq 30 \text{ m}$ $30 \text{ m} < L < 250 \text{ m}$ $L \geq 250 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(L + 50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L + 500) \text{ mm}$ [L in Meter]	$\Delta = \pm 16 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L + 50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L + 350) \text{ mm}$ [L in Meter]
3	Stützenabstand: 	Abstand zwischen Mittelachsen benachbarter Stützen auf Basishöhenlage: $L \leq 5 \text{ m}$ $L > 5 \text{ m}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L + 45) \text{ mm}$ [L in Meter]	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(L + 30) \text{ mm}$ [L in Meter]
4	Stützensausrichtung: 	Lage der Mittelachse einer Stütze auf Basishöhenlage relative zur vorgegebenen Stützenlinie (ECL)	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
5	Stützenaußenseite: 	Lage der Stützenaußenseite auf Basishöhenlage relativ zur Verbindungslinie der Außenseiten benachbarter Stützen	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.23 Ergänzende Montagetoleranzen — $\langle A_1 \rangle$ Stützen einstöckiger Gebäude $\langle A_1 \rangle$

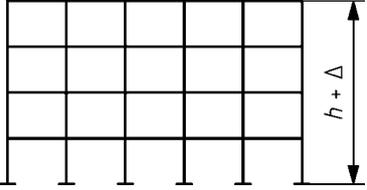
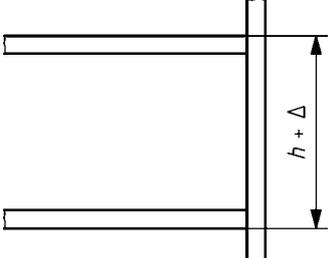
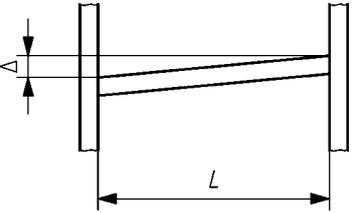
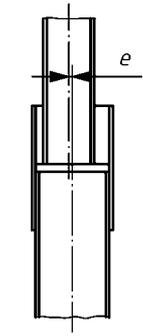
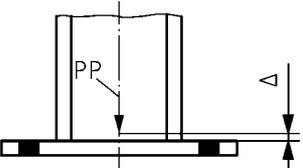
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>$\langle A_1 \rangle$ Stützen einstöckiger Gebäude im Allgemeinen: $\langle A_1 \rangle$</p> 	Gesamtschiefstellung	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
2	<p>Schiefstellung einstöckiger Stützen in Rahmentragwerken:</p> 	<p>Schiefstellung Δ jeder einzelnen Stütze: $\Delta = \Delta_1$ oder Δ_2</p>	$\Delta = \pm h/150$	$\Delta = \pm h/300$
3	<p>Schiefstellung eines einstöckigen Rahmentragwerks:</p> 	<p>Mittlere Schiefstellung Δ aller Stützen eines Rahmentragwerks: [bei zwei Stützen: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]</p>	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$
4	<p>Schiefstellung einer Kranbahnstütze:</p> 	Schiefstellung zwischen Fußboden und Lager des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$

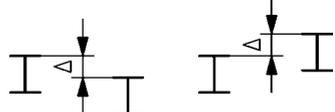
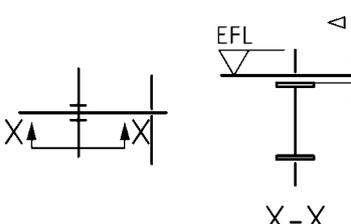
D.2.24 Ergänzende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Lage jeder Stockwerksebene relativ zur Basisebene:</p> 	Lage der Stütze im Grundriss relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in Basishöhenlage	$ \Delta = \sum h / (300\sqrt{n})$	$ \Delta = \sum h / (500\sqrt{n})$
2	<p>Stützenschiefstellung zwischen benachbarten Stockwerkebenen:</p> 	Lage der Stütze im Grundriss relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in der nächst niedrigeren Ebene	$\Delta = \pm h / 500$	$\Delta = \pm h / 1\ 000$
3	<p>Geradheit einer ungestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen:</p> 	Lage der Stütze im Grundriss relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen	$\Delta = \pm h / 750$	$\Delta = \pm h / 1\ 000$
4	<p>Geradheit einer gestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen:</p> 	Lage der Stütze im Grundriss in Stoßebene relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerkebenen	$\Delta = \pm s / 750$ mit $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s / 1\ 000$ mit $s \leq h/2$
<p>ANMERKUNG Tabelle D.2.24 Mehrstöckige Stützen gilt für über mehr als ein Stockwerk durchlaufende Stützen. Tabelle D.2.23 Einstöckige Stützen gilt für stockwerkhohe Stützen in mehrstöckigen Gebäuden.</p>				

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.25 Ergänzende Montagetoleranzen — Gebäude

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Höhe:</p> 	<p>Gesamthöhe, bezogen auf die Basishöhenlage:</p> <p>$h \leq 20 \text{ m}$</p> <p>$20 \text{ m} < h < 100 \text{ m}$</p> <p>$h \geq 100 \text{ m}$</p>	<p>$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,5(h+20) \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,2(h+200) \text{ mm}$</p> <p>[h in Meter]</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,25(h+20) \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,1(h+200) \text{ mm}$</p> <p>[h in Meter]</p>
2	<p>Stockwerkshöhe:</p> 	<p>Höhendifferenz zwischen benachbarten Höhenlagen</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$</p>
3	<p>Neigung:</p> 	<p>Höhendifferenz zwischen den Trägerenden</p>	<p>$\Delta = \pm L/500$</p> <p>aber $\Delta \leq 10 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm L/1000$</p> <p>aber $\Delta \leq 5 \text{ mm}$</p>
4	<p>Stützenstoß</p> 	<p>Unplanmäßige Exzentrizität e</p> <p>(bezüglich einer der beiden Achsen):</p>	<p>5 mm</p>	<p>3 mm</p>
5	<p>Fußplatte:</p> 	<p>Höhenlage des Stützenfußpunktes bezogen auf die festgelegte Höhenlage des zugehörigen Positionspunkts (PP)</p>	<p>$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$</p>

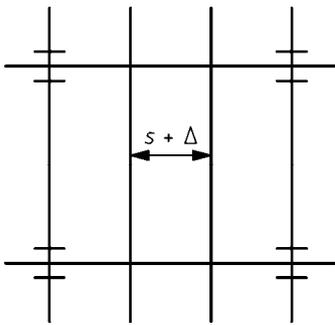
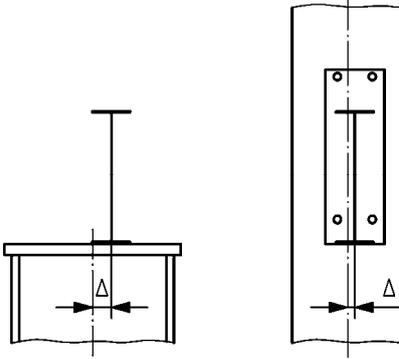
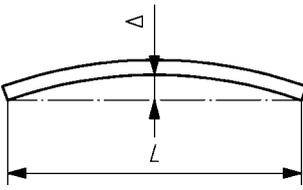
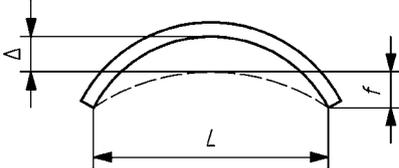
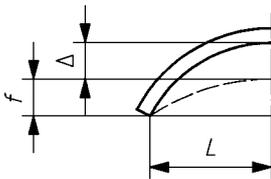
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Relative Höhendifferenz: 	Höhendifferenz benachbarter Träger, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
7	Höhendifferenz bei Anschlüssen: 	Höhendifferenz an einem Träger-Stützen-Anschluss, gemessen relativ zur festgelegten Deckenhöhe (EFL)	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$

ANMERKUNG 1 Die Höhenlagen der Träger sollten relativ zu den fertiggestellten Stockwerkshöhen gemessen werden, die sich nach Einhaltung der Toleranzen für die Stützenlängen am besten zur Festlegung der Höhenlage eignen.

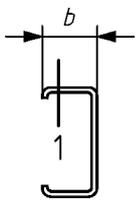
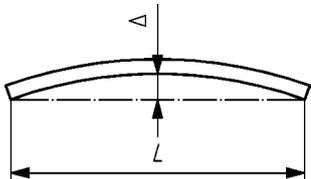
ANMERKUNG 2 Δ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $|\Delta| \leq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass $|\Delta|$ der kleinere der beiden Werte $L/500$ und 5 mm ist. Δ

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

D.2.26 Ergänzende Montagetoleranzen — Träger in Gebäuden

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Abstand:</p> 	<p>Abweichung Δ vom Sollabstand zwischen benachbarten Trägern, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	<p>Lage an Stützen:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage eines Träger-Stützen-Anschlusses, gemessen relativ zur Stütze</p>	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
3	<p>Geradheit im Grundriss:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Geradheit eines errichteten Trägers oder Kragarms der Länge L</p>	$\Delta = \pm L/500$	$\Delta = \pm L/1\ 000$
4	<p>Überhöhung:</p> 	<p>Abweichung Δ in Trägermitte von der Sollüberhöhung f eines Trägers oder Fachwerkträgers der Länge L:</p>	$\Delta = \pm L/300$	$\Delta = \pm L/500$
5	<p>Vorverformung eines Kragarms:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Sollvorverformung des Kragarmendes eines Trägers der Länge L:</p>	$\Delta = \pm L/200$	$\Delta = \pm L/300$

D.2.27 Ergänzende Montagetoleranzen– Bedachungselemente als Schubfeld

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Abweichung einer Befestigung (von der Solllinie einer Befestigung: 1)</p> 	Flanschbreite der Pfette: b	$\Delta = \pm b/10$ $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$
2	<p>Geradheit der abstützenden Pfette (in der Ebene der Bedachungselemente):</p> 	Spannweite der Pfette: L	$\Delta = \pm L/300$

D.2.28 Ergänzende Montagetoleranzen — Dünnwandige Profilbleche

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Gesamtbreite dünnwandiger Profilbleche:	Gesamtbreite b dünnwandiger Profilbleche, gemessen über eine Distanz von 10 m	$ \Delta \leq 200 \text{ mm}$

Anhang E (informativ)

Geschweißte Hohlprofilverbindungen

E.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Hinweise für die Ausführung geschweißter Verbindungen von Hohlprofilen.

E.2 Regeln für Nahtanfangs- und Endstellen

Für ebene Anschlüsse können folgende Regeln angewendet werden:

- a) Nahtanfangs- und Endstellen einlagiger Schweißnähte sollten so gewählt werden, dass diese nicht direkt an Stellen von bereits vorhandenen Nähten zwischen einer Strebe und dem Gurt liegen;
- b) Nahtanfangs- und Endstellen von Schweißnähten zwischen zwei zentrischen quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen sollten nicht bei oder in der Nähe einer Ecke angeordnet werden.

Für andere Anschlüsse können folgende Regeln angewendet werden:

- c) Nahtanfangs- und Endstellen bei einer Verbindung zwischen zwei kreisförmigen Hohlprofilen sollten entsprechend Bild E.1 nicht bei oder in der Nähe der Achsposition oder im seitlichen Flankenbereich angeordnet werden;
- d) Nahtanfangs- und Endstellen sollten bei einer Verbindung zwischen einer quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilstrebe und einem Hohlprofilgurtstab nicht bei oder in der Nähe einer Ecke angeordnet werden;
- e) die empfohlene Schweißfolge für das Schweißen von Gurt-Streben-Anschlüssen ist in Bild E.1 angegeben;
- f) Schweißverbindungen zwischen Hohlprofilen sollten als vollständig umlaufend ausgeführt werden, selbst wenn die volle Nahtlänge zur Kraftübertragung nicht notwendig ist.

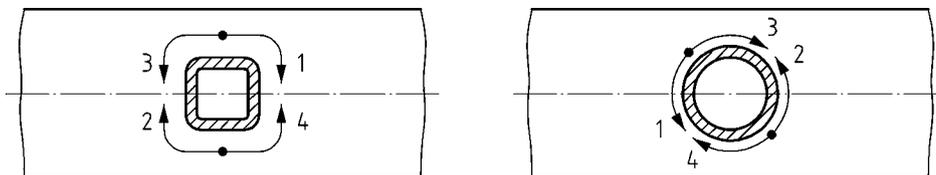


Bild E.1 — Nahtanfangs- und Endstellen und Schweißfolge

E.3 Schweißnahtvorbereitung

Die Bilder E.2 bis E.5 stellen Beispiele zur Anwendung von EN ISO 9692-1 für Gurt-Streben-Anschlüsse zwischen Hohlprofilen dar, mit Bezugnahme auf 7.5.1.2.

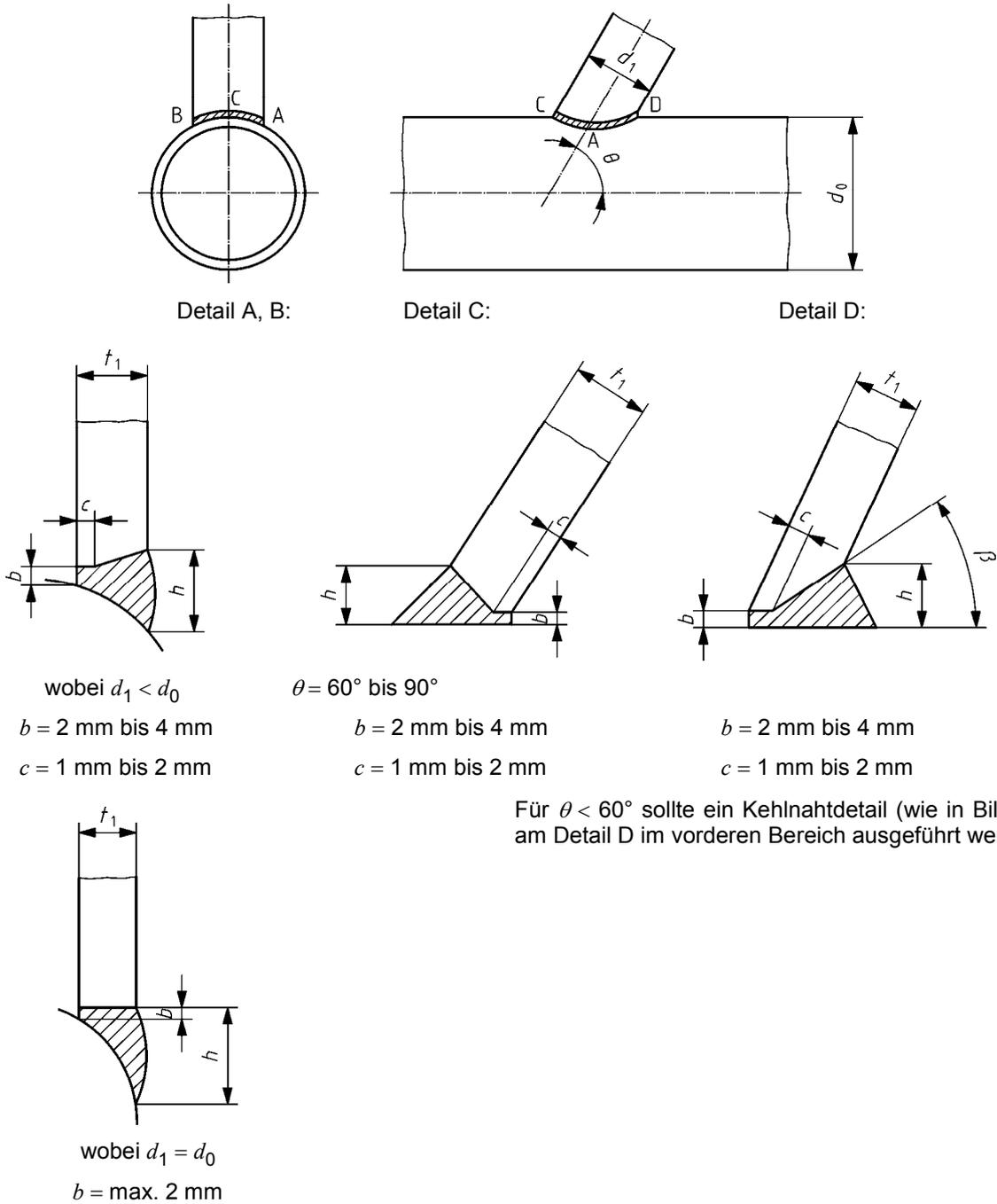
Für gekehrte Stumpfstoße gelten im Detail die gleichen Empfehlungen für die Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit wie für Stumpfnähte zwischen zwei zentrischen Bauteilen, die, wie in Bild E.6 gezeigt, eine Vergrößerung des Gehrungswinkels in der Gehrung und eine Verringerung außerhalb erfordern.

E.4 Zusammenbau zum Schweißen

Nach 7.5.4 muss der Anschluss von zu schweißenden Bauteilen aus Hohlprofilen in Übereinstimmung mit den folgenden Anforderungen durchgeführt werden:

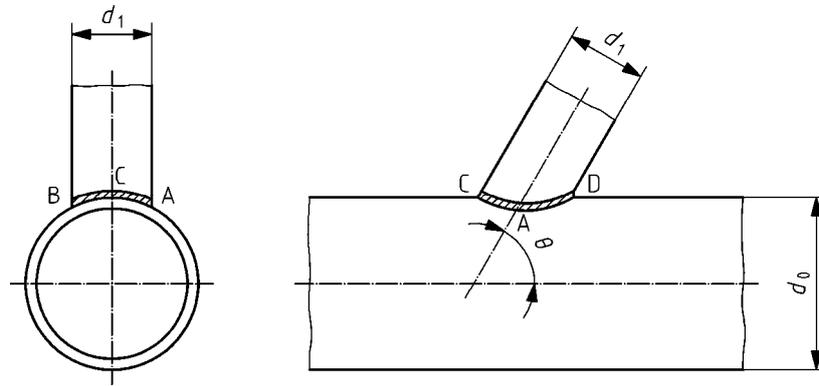
- a) Zusammenbau mit nicht überlappendem Schweißen der verschiedenen Bauteile ist vorzuziehen (Fall A in Bild E.7);
- b) Zusammenbau mit überlappenden Bauteilen sollte vermieden werden; gegebenenfalls ist Fall B in Bild E.7 akzeptabel;
- c) wenn sich die Bauteile überlappen (wie in Fall B), müssen die Schweißdetails und, welche der Bauteile zur Passung mit anderen Bauteilen geschnitten werden, festgelegt werden;
- d) der verborgene Vorderbereich (wie in Fall B) ist nicht zu schweißen, sofern nichts anderes festgelegt wird.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 1.4 auf Kreishohlprofile.

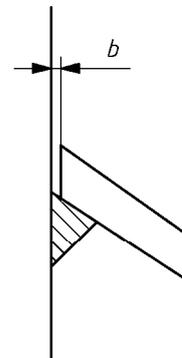
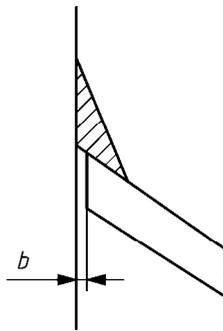
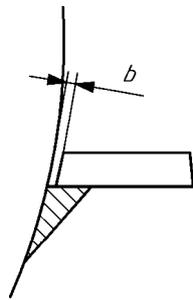
Bild E.2 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Stumpfnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von kreisförmigen Hohlprofilen



Detail A, B:

Detail C:

Detail D:



$b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$

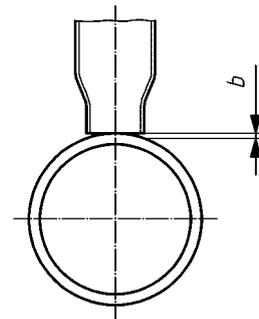
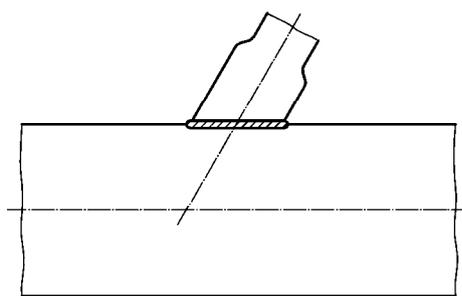
$b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

$30^\circ \leq \theta < 90^\circ$

$b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

Für $\theta < 60^\circ$ sollte im Übergangsbereich bei C das Stumpfnahtdetail (wie in Bild E.2) ausgeführt werden

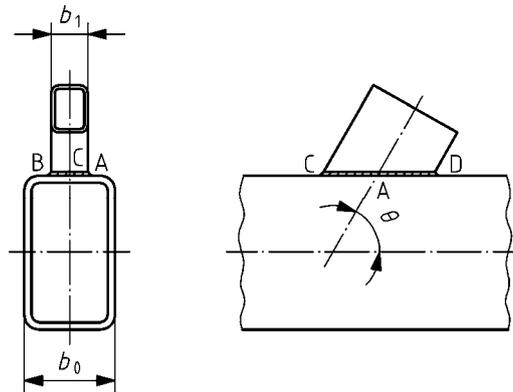
Für kleinere Winkel ist voller Einbrand unter der Voraussetzung angemessener Schweißnahtdicke nicht erforderlich.



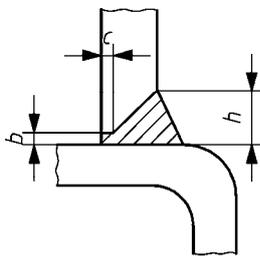
ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 3.1.1 auf Kreishohlprofile.

Bild E.3 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Kehlnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von kreisförmigen Hohlprofilen

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



Detail A, B:

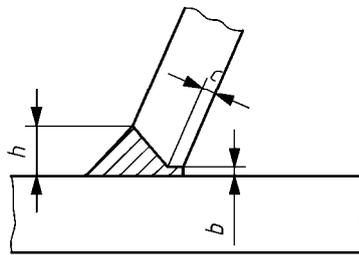


wobei $b_1 < b_0$

$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$

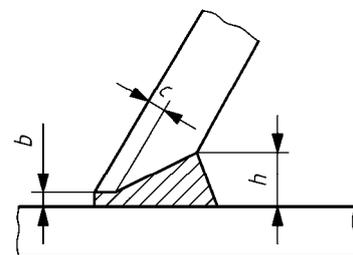
Detail C:



$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$

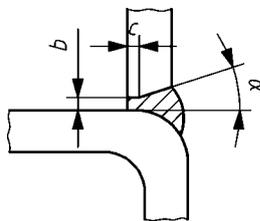
Detail D:



$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$

$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$



wobei $b_1 = b_0$

$b = 2 \text{ mm max.}$

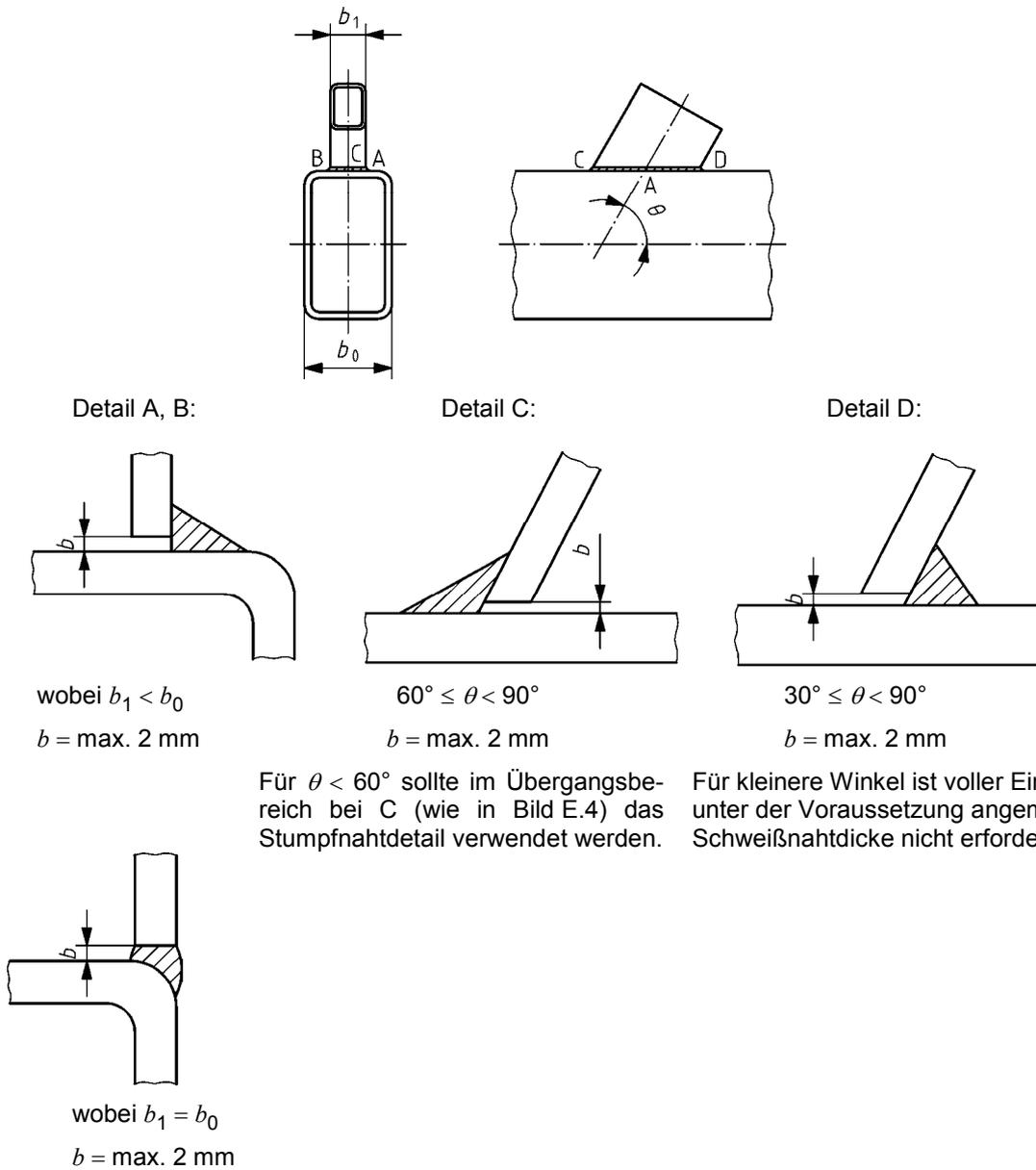
$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$

$\alpha = 20^\circ \text{ bis } 25^\circ$

Für $\theta < 60^\circ$ wird ein Kehlnahtdetail (wie in Bild E.5) dem Detail D im vorderen Bereich vorgezogen.

ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 1.4 auf quadratische oder rechteckige Hohlprofile.

Bild E.4 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Stumpfnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen



ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 3.101 auf quadratische oder rechteckige Hohlprofile.

Bild E.5 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Kehlnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen

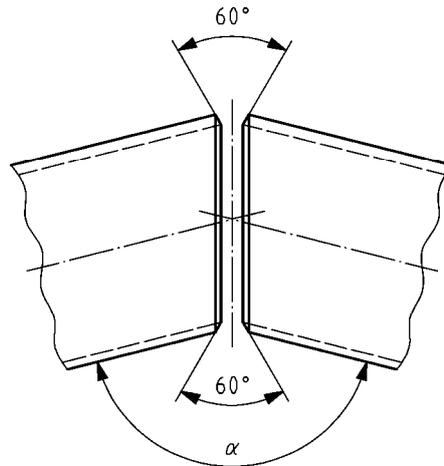
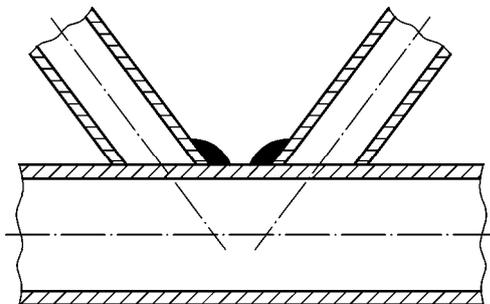


Bild E.6 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Hohlprofilanschlüssen mit Gehrung

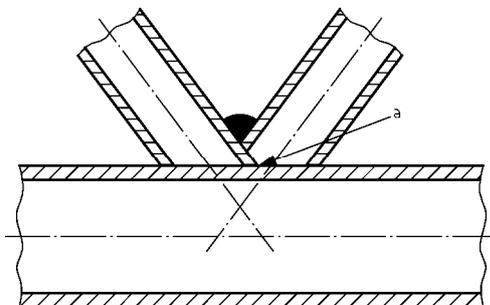


Getrennte Bauteile

Nicht überlappende Schweißnähte

EMPFOHLENE AUSFÜHRUNG

Fall A



Überlappende Bauteile

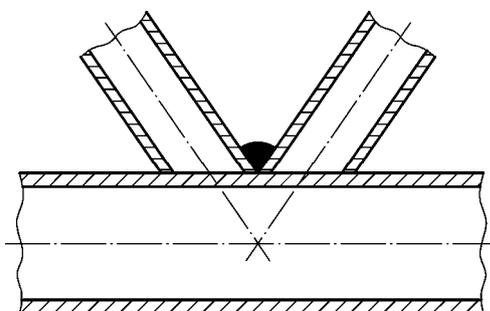
AKZEPTABLE AUSFÜHRUNG

Fall B

Getrennte Bauteile

aber überlappende Schweißnähte

ZU VERMEIDENDE AUSFÜHRUNG



Fall C

a = Verdeckter vorderer Bereich wird nicht geschweißt, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Bild E.7 — Anschluss zweier Streben an einen Gurtstab

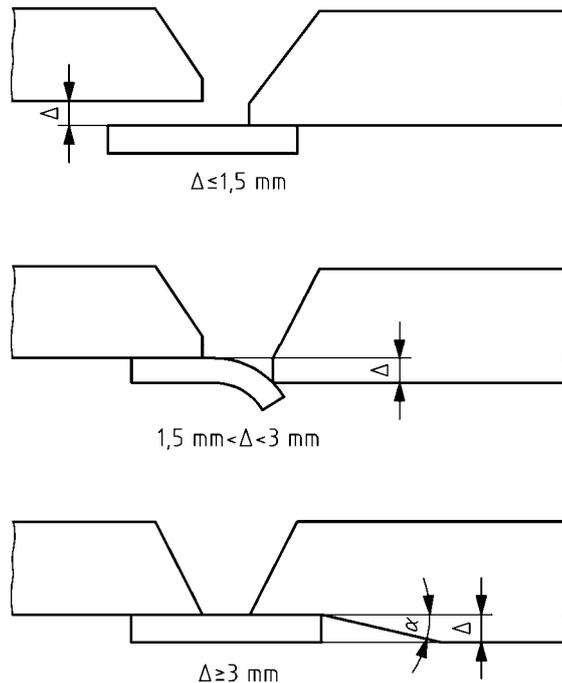
Bei nicht vorwiegend ermüdungsbeanspruchten Anschlüssen können die folgenden Abweichungen zur Anpassung zwischen den Wurzelpunkten oder Wurzelflächen von zentrischen Stumpfstoßen zwischen Hohlprofilbauteilen zulässig sein:

- 25 % der Dicke der dünneren Konstruktionsmaterialien bei Materialdicken ≤ 12 mm;
- 3 mm bei Materialdicken über 12 mm.

Die entsprechende Anpassung kann durch maschinelle Bearbeitung der Enden zwecks Korrektur der Unterschiede in der Wanddicke, der Ovalität oder der Abweichung von der Rechtwinkligkeit von Hohlprofilen erreicht werden, sofern die verbleibende Materialdicke den Mindestanforderungen entspricht.

Für zentrische Stumpfstoße von Hohlprofilen unterschiedlicher Dicke kann die Anpassung der Materialdicken mit folgenden Empfehlungen nach Bild E.8 durchgeführt werden:

- überschreitet der Materialdickenunterschied 1,5 mm nicht, dann sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich;
- überschreitet der Materialdickenunterschied 3 mm nicht, dann darf die Schweißbadsicherung zwecks Überbrückung verformt werden (örtliches Warmumformen der Schweißbadsicherung darf erfolgen);
- überschreitet der Materialdickenunterschied 3 mm, dann sollte das dickere Bauteil mit einer Neigung von 1 : 4 oder flacher angearbeitet werden.



Die Symbole Δ und α bedeuten: Δ = Dickenunterschied; $\tan \alpha$ = Neigung, die 1:4 nicht überschreiten darf.

Bild E.8 — Schweißbadsicherungsdetails für Bauteile unterschiedlicher Dicke

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Sind Teile der Stahlkonstruktion selbst nicht als Schweißbadsicherung geeignet, gibt Bild E.9 Empfehlungen für geeignete ring- oder bandförmige Badsicherungen.

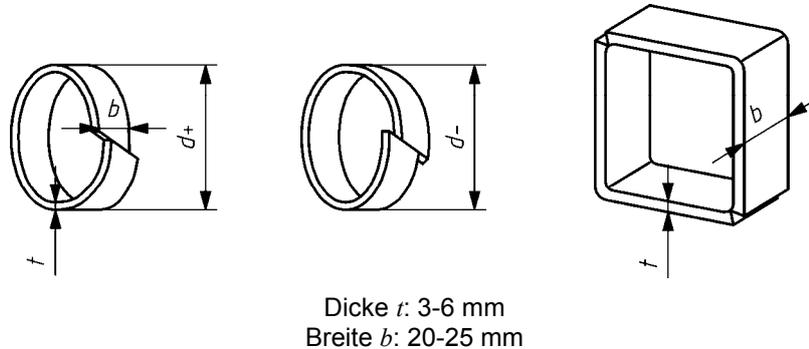


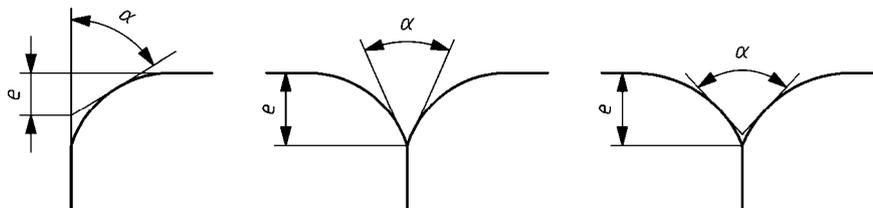
Bild E.9 — Geeignete ring- oder bandförmige Schweißbadsicherungen

E.5 Kehlnahtanschlüsse

Bei Gurt-Streben-Anschlüssen mit Kombination von unterschiedlichen Schweißverbindungen, sollte das Schweißverfahren und das örtliche Profil des Nahtspalts so gewählt werden, dass ein gleichmäßiger Übergang zwischen den Abschnitten mit Stumpfnähten (nach Bildern E.2 und E.4) und denen mit Kehlnähten (nach Bild E.3 und E.5) möglich ist.

Bei Kelch- oder Trichternähten nach Bild E.10 sollte der eingeschlossene Winkel der Nahtvorbereitung mindestens 60° betragen, um die effektive Tiefe der Naht zu erhalten.

Dabei bedeutet das Symbol α : eingeschlossener Winkel 60° .



Bestimmung der maximalen effektiven Tiefe der Naht, a ,
ohne Einbrand für einen eingeschlossenen Winkel α , von 60° .

Bild E.10 — Kelch- oder Trichternaht zur Verbindung zweier quadratischer/rechteckiger Bauteile aus Hohlprofilen

Anhang F (normativ)

Korrosionsschutz

F.1 Allgemeines

F.1.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang enthält Anforderungen und Richtlinien in Bezug auf die Ausführung von Korrosionsschutz auf Stahlbauteile in der Werkstatt und/oder auf der Baustelle mit Ausnahme nichtrostender Stähle. Der Anwendungsbereich umfasst den Korrosionsschutz in Hinblick auf die Oberflächenvorbereitung und das Aufbringen von Beschichtungssystemen oder von metallischen Überzügen durch thermisches Spritzen oder Verzinken. Kathodischer Schutz ist nicht enthalten.

Die Anforderungen an den Korrosionsschutz müssen in den Ausführungsunterlagen in Bezug auf eine Leistungsspezifikation oder in Form von Leistungsanforderungen für die zu verwendende Schutzbehandlung angegeben sein.

ANMERKUNG 1 EN ISO 12944-8 enthält Richtlinien für die Erstellung von Korrosionsschutzspezifikationen mit Beschichtungen.

A1 ANMERKUNG 2 EN 13438 und EN 15773 enthalten Richtlinien für die Pulverbeschichtung von Stahl. **A1**

Dieser Anhang beinhaltet nicht den Korrosionsschutz von Seilen und Pressstücken.

ANMERKUNG **A1** 3 **A1** Siehe Anhang A von EN 1993-1-11:2006.

F.1.2 Leistungsspezifikation

Die Leistungsspezifikation muss festlegen:

- a) die Schutzdauer des Korrosionsschutzes (siehe EN ISO 12944-1) und
- b) die Korrosivitätskategorie (siehe EN ISO 12944-2).

Die Leistungsspezifikation kann auch eine Bevorzugung für die Beschichtung, das Metallspritzen oder das Verzinken benennen.

A1 ANMERKUNG In Bezug auf die Leistung kann EN ISO 4628 zur Beurteilung der Verschlechterung des Zustands von Farbanstrichen und verwandten Produkten herangezogen werden. **A1**

F.1.3 Vorgeschriebene Anforderungen

Werden die Schutzdauer eines Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie festgelegt, müssen vorgeschriebene Anforderungen entwickelt werden, um diesen zu entsprechen. Andernfalls müssen die Ausführungsunterlagen die vorgeschriebenen Anforderungen definieren und Detailangaben zu den folgenden Punkten machen, falls zutreffend:

- a) Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum Beschichten (siehe F.2.1);
- b) Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum thermischen Spritzen (siehe EN 14616 und F.2.1);
- c) Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum Verzinken (siehe F.2.2);
- d) Prozesse zur Oberflächenvorbereitung von Verbindungsmitteln (siehe F.5);

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- e) Beschichtungssystem nach EN ISO 12944-5 und/oder Beschichtungsprodukte mit nachgewiesener Leistungsbewertung nach EN ISO 12944-6. Dies kann Anforderungen an nachträgliche dekorative Überzüge und Einschränkungen bei der Auswahl der Farbe von Beschichtungsprodukten einschließen;
- f) Arbeitsanweisungen für das Aufbringen von Beschichtungsprodukten und die Reparatur (siehe EN ISO 12944-8 und F.6.1);

ANMERKUNG Die Reparatur von werkstattgefertigten Beschichtungen auf der Baustelle kann besondere Überlegungen erfordern.

- g) Thermisches Spritzen (siehe F.6.2);
- h) Verzinken (siehe F.6.3);
- i) Anforderungen an Kontrolle und Überprüfung (siehe F.7);
- j) Besondere Anforderungen für bimetallische Schnittstellen;
- k) Besondere Anforderungen für dünnwandige Profilbleche.

F.1.4 Arbeitsanweisung

Korrosionsschutz muss entsprechend den Arbeitsanweisungen durchgeführt werden, die auf einem Qualitätsmanagementplan basieren und die F.2 bis F.6 genügen, je nach vorliegenden Gegebenheiten. Der Qualitätsmanagementplan muss anhand der vorgeschriebenen Anforderungen in F.1.3 entwickelt werden.

Arbeitsanweisungen müssen angeben, ob die Arbeit vor oder nach der Fertigung auszuführen ist.

Korrosionsschutzprodukte müssen den Empfehlungen des Herstellers entsprechend verwendet werden. Lagerungs- und Handhabungsverfahren für Materialien müssen sicherstellen, dass die zu verwendenden Materialien innerhalb deren Haltbarkeitsdauer nach dem Öffnen und deren Topfzeit nach dem Anrühren sind.

Alle beschichteten, thermisch gespritzten oder feuerverzinkten Produkte müssen sorgfältig behandelt, gelagert und transportiert werden, um Beschädigungen an deren Oberflächen zu vermeiden. Verpackungen, Umhüllungen und andere Materialien bei der Handhabung und Lagerung müssen im Allgemeinen nichtmetallisch sein.

Ein hinreichend gut belüfteter, vor Witterungseinflüssen, Feuchtigkeit und anderen Beschichtungsarbeiten geschützter Raum muss vorhanden sein, damit die Beschichtung ausreichend aushärten kann und damit Korrosion metallischer Überzüge vermieden wird.

Handhabung, Lagerung und Transport darf nicht erfolgen, bevor das Beschichtungssystem ausreichend ausgehärtet ist.

Die Aushärtezeit darf nicht kleiner als die vom Produkthersteller empfohlene sein.

Für Beschädigungen, die durch Handhabungs-, Lagerungs- und Montageverfahren verursacht sind, müssen die Reparaturmaßnahmen geeignet sein.

F.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen

F.2.1 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Beschichten und Metallspritzen

Oberflächen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 12944-4 und EN ISO 8501 vorbereitet werden.

Für Reinigungsprozesse mittels Strahlen müssen Verfahrensprüfungen durchgeführt werden, um die erreichbare Oberflächenreinheit und Rauheit festzustellen. Diese müssen während der Herstellung regelmäßig wiederholt werden.

Die Ergebnisse der Verfahrensprüfungen zum Reinigungsprozess mittels Strahlen müssen ausreichend sein, um festzustellen, ob der Prozess für den nachfolgenden Beschichtungsprozess geeignet ist.

Messung und Nachweis der Oberflächenrauheit muss nach EN ISO 8503-1 und EN ISO 8503-2 durchgeführt werden.

Wird beschichtetes Material einer weiteren Behandlung unterzogen, muss die Oberflächenvorbereitung für die zu behandelnde Oberfläche geeignet sein.

ANMERKUNG 1 Handentrostern und handmaschinelles Entrostern sind zum Erzielen eines einwandfreien Untergrundes metallischer oder organisch beschichteter Bauteile nicht geeignet. Ist eine Reparatur von Beschichtungen dennoch notwendig, kann es erforderlich sein, vor der Durchführung der Reparatur Ablagerungen und Korrosionspartikel örtlich vollständig bis zum Untergrund des Stahlsubstrates zu entfernen.

Erfolgt ein weiteres Beschichten von verzinktem Stahl, so erfordert die Reinigung der Oberfläche besondere Beachtung. Oberflächen müssen gereinigt sein (Entfernen von Staub und Fett) und möglichst mit einem geeigneten Haftgrundmittel oder Sweep-Strahlen (Sweepen) nach EN ISO 12944-4 für eine Oberflächenrauigkeit „fein“ nach EN ISO 8503-2 behandelt sein. Die Vorbehandlung muss vor nachfolgenden Beschichtungsarbeiten überprüft werden.

ANMERKUNG 2 Bandverzinkter Stahl wird häufig mit chromatischer Passivierung geliefert.

F.2.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Verzinken

Oberflächen müssen in Übereinstimmung mit EN ISO 8501 und EN ISO 1461 vorbereitet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Erfolgt Beizen vor dem Verzinken, dann können hochfeste Stähle anfällig für wasserstoffinduzierte Rissbildung werden **A1**) (siehe EN ISO 14713-2) **A1**).

F.3 Schweißnähte und Oberflächen zum Schweißen

Wird ein Bauteil nachfolgend geschweißt, darf die Bauteiloberfläche bis zu einem Abstand von 150 mm von der Naht nicht mit Material beschichtet sein, das die Qualität der Schweißnaht beeinträchtigen kann (siehe auch 7.5.1.1).

Schweißnähte und der benachbarte Grundwerkstoff dürfen vor Schlackenentfernung, Reinigung, Überprüfung und Abnahme der Schweißnaht keine Beschichtung erhalten (siehe auch 10.2 — Tabelle 22).

F.4 Oberflächen bei planmäßig vorgespannten Verbindungen

Bei gleitfesten Verbindungen müssen die Ausführungsunterlagen Anforderungen an die Reibflächen und Gleitflächenklassen oder erforderliche Prüfungen festlegen (siehe 8.4 und 12.5.2.1).

Bei planmäßig vorgespannten Verbindungen, die nicht gleitfest ausgeführt werden, muss das Ausmaß der Oberflächen, die durch die vorgespannten Schrauben beansprucht werden, festgelegt werden. Werden die Kontaktflächen vor dem Zusammenbau beschichtet, muss die Trockenschichtdicke zwischen 100 µm und 75 µm betragen. Nach dem Zusammenbau und der Vorspannung müssen die Verbindungen gereinigt und abschließend mit dem vorgesehenen System beschichtet werden.

DIN EN 1090-2:2011-10 EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

F.5 Vorbereitung von Verbindungsmitteln

Die Spezifikation für die Vorbereitung von Verbindungsmitteln muss Folgendes enthalten:

- a) Korrosionsschutz-Klassifizierung, festgelegt für die Arbeiten oder Teile davon;
- b) Werkstoff und Art des Verbindungsmittels;
- c) benachbarte Werkstoffe, die mit dem Verbindungsmittel nach dem Einbau in Kontakt sind, und Beschichtungen auf diesen Werkstoffen;
- d) Anziehverfahren der Verbindungsmittel;
- e) Voraussichtlicher Reparaturbedarf der Verbindungsmittelbehandlung nach dem Anziehen.

Ist die Vorbereitung für Verbindungsmittel nach dem Einbau erforderlich, darf diese erst dann ausgeführt werden, wenn die notwendige Kontrolle der Verbindungsmittel abgeschlossen ist.

Der eingebettete Teil von Ankerschrauben muss auf mindestens den ersten 50 mm unterhalb der fertiggestellten Betonoberfläche geschützt sein. Die verbleibenden Stahloberflächen dürfen unbehandelt verbleiben, sofern nichts anderes festgelegt wird (siehe EN ISO 12944-3).

F.6 Beschichtungsverfahren

F.6.1 Beschichtung

Die Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils muss unmittelbar vor der Beschichtung überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese den geforderten Festlegungen, EN ISO 12944-4, EN ISO 8501 und EN ISO 8503-2 und den Empfehlungen des Herstellers für das aufzubringende Produkt entspricht.

Die Beschichtung muss in Übereinstimmung mit EN ISO 12944-7 erfolgen.

Werden zwei oder mehr Beschichtungen aufgebracht, muss für jede Beschichtung eine unterschiedliche Farbschattierung verwendet werden.

A1 Tragwerke mit einer Schutzdauer des Korrosionsschutzes größer als 5 Jahre mit einer Korrosivitätskategorie C3 (und darüber) müssen gerundete oder gefaste Kanten nach EN ISO 12944-3 aufweisen, und die Kanten sind durch einen streifenförmigen Überzug, der sich auf einer Breite von etwa 25 mm beiderseits der Kante erstreckt und mit einer für das Beschichtungssystem geeigneten Nenndicke aufgebracht wird, zu schützen. **A1**

Die Arbeit darf nicht fortgesetzt werden, wenn:

- die Umgebungstemperatur unterhalb der für das verwendete Beschichtungsprodukt in den Empfehlungen des Herstellers empfohlenen Werte liegt;
- die zu beschichtenden Oberflächen nass sind;
- die Temperatur der zu beschichtenden Oberflächen weniger als 3 °C über dem Taupunkt liegt, sofern nicht anders im Produktdatenblatt festgelegt.

A1 Beschichtete Oberflächen müssen nach dem Aufbringen der Beschichtung für einen Zeitraum **A1**, wie er im Produktdatenblatt gefordert wird, vor der Ansammlung von Wasser geschützt sein.

Das Verpacken von Bauteilen mit Beschichtung in Profilbündeln darf erst dann begonnen werden, wenn die vom Beschichtungshersteller deklarierte Aushärtezeit abgelaufen ist. Ein hinreichend gut belüfteter, vor Witterungseinflüssen geschützter Raum muss vorhanden sein, damit die Beschichtung ausreichend aushärten kann. Geeignete Maßnahmen müssen ergriffen werden, um eine Beschädigung der Beschichtung während des Verpackens und der Handhabung zu verhindern.

ANMERKUNG Kaltgeformte Bauteile werden häufig als ineinander schachtelbare Profile hergestellt. Bevor die Beschichtung ausreichend ausgehärtet ist, kann ein enges Verpacken von Bauteilen in geschachtelten Profilbündeln zu einer Beschädigung führen.

F.6.2 Metallspritzen

Thermisches Metallspritzen muss mit Zink, Aluminium oder Zink/Aluminium-Legierung (85/15) erfolgen und nach EN ISO 2063 durchgeführt werden.

Thermisch metallgespritzte Oberflächen müssen vor dem nachfolgenden Beschichten mit einem Beschichtungsmittel nach F.6.1 mit einem geeigneten Versiegelungsmittel behandelt werden. Dieses Versiegelungsmittel muss mit dem nachfolgenden Beschichtungsmittel verträglich sein und muss unmittelbar nach Abkühlen der Spritzschicht aufgebracht werden, so dass eine Oxidation oder Feuchtigkeitsansammlung vermieden wird.

F.6.3 Verzinken

Verzinken muss nach EN ISO 1461 erfolgen.

Verzinkte Oberflächen kaltgeformter Bauteile müssen aus bandverzinkten Flacherzeugnissen oder durch Feuerverzinken nach der Fertigung hergestellt sein.

ANMERKUNG 1 Überzugsgewichte, Oberflächenbehandlungszustände und Oberflächenqualitäten sind in **EN 10346 A1** festgelegt.

Wird Feuerverzinken nach der Fertigung festgelegt, muss dies nach EN ISO 1461 durchgeführt werden und die Anforderungen an das Verfahren zur Qualifizierung des Schmelztauchprozesses müssen festgelegt werden.

ANMERKUNG 2 Dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen mangelt es oft an Eigensteifigkeit. Lange Bauteile, die aus dünnen Blechen zusammengesetzt sind, können infolge Spannungsabbau bei der erhöhten Zinkbadtemperatur anfällig für Verwinden sein.

Anforderungen an die Kontrolle, Überprüfung oder Qualifizierung der Vorbereitung, die vor einem nachfolgenden Beschichten durchzuführen ist, müssen festgelegt werden.

F.7 Kontrolle und Überprüfung

F.7.1 Allgemeines

Kontrollen und Überprüfungen müssen in Übereinstimmung mit dem Qualitätsmanagementplan und F.7.2 bis F.7.4 durchgeführt werden. Die Ausführungsunterlagen müssen alle Anforderungen an zusätzliche Kontrollen und Prüfungen festlegen.

Kontrollen und Überprüfungen einschließlich Routineüberprüfungen nach F.7.2 müssen aufgezeichnet werden.

F.7.2 Routineüberprüfungen

Routineüberprüfungen des Korrosionsschutzes müssen umfassen:

- a) Überprüfungen, dass vorbereitete Stahloberflächen, die einer Korrosionsschutzbehandlung unterzogen werden, den festgelegten Reinheitsgrad, der nach EN ISO 8501 nachgewiesen wird, und die festgelegte Rauheit, die nach EN ISO 8503-2 nachgewiesen wird, aufweisen;
- b) Messung der Dicke von:
 - 1) jeder Beschichtungsschicht nach **EN ISO 19840**; wenn jedoch der Korrosionsschutz durch Verzinken erfolgt, ist die Beschichtung nach EN ISO 2808 zu überprüfen. **EN ISO 2808**;
 - 2) thermischen Spritzschichten nach EN ISO 2063;
 - 3) Verzinkungen nach EN ISO 1461.
- c) Sichtprüfung, dass die Beschichtungsbehandlung den Vorgaben von EN ISO 12944-7 entspricht.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

F.7.3 Kontrollflächen

In Übereinstimmung mit EN ISO 12944-7 müssen die Ausführungsunterlagen alle zu verwendenden Kontrollflächen zur Sicherstellung der Mindeststandards für die Arbeiten festlegen. Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen Kontrollflächen bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im1 bis Im3 festgelegt werden.

F.7.4 Verzinkte Bauteile

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen verzinkte Bauteile auf Grund des Risikos von flüssigmetall-induzierter Rissbildung (LMAC) einer Kontrolle nach dem Verzinken unterzogen werden.

ANMERKUNG Angaben zu LMAC enthält [A1](#) [54], [55] und [56] [A1](#).

Die Bauteilspezifikation muss die folgenden Punkte festlegen:

- a) Bauteile, bei denen eine Kontrolle nach dem Verzinken nicht erforderlich ist;
- b) Bauteile oder bestimmte Stellen, die einer zusätzlichen ZfP zu unterziehen sind. Prüfumfang und -methoden müssen hierfür festgelegt werden.

Die Ergebnisse der Kontrolle nach dem Verzinken muss aufgezeichnet werden.

Ergeben sich Anhaltspunkte für eine Rissbildung, dann müssen das Bauteil und alle ähnlich gestalteten Bauteile, die mit ähnlichen Werkstoffen und Schweißdetails gefertigt wurden, als nichtkonforme Produkte gekennzeichnet und gesperrt werden. Eine fotografische Aufzeichnung der Rissbildung muss angefertigt werden, und es muss dann eine spezielle Begutachtung erfolgen, um den Umfang und die Ursache des Problems aufzuklären.

Anhang G

(normativ)

Prüfung zur Bestimmung der Haftreibungszahl

G.1 Allgemeines

Das Ziel dieser Prüfung ist, die Haftreibungszahl eines bestimmten Oberflächenschutzes, der meistens eine Oberflächenbeschichtung einschließt, zu ermitteln.

Das Prüfverfahren stellt sicher, dass die Möglichkeit von Kriechverformung in dem Anschluss berücksichtigt wird.

Die Gültigkeit der Prüfergebnisse für beschichtete Oberflächen ist begrenzt auf die Fälle, in denen alle wesentlichen Kenngrößen denen der Prüfkörper entsprechen.

G.2 Maßgebende Kenngrößen

Die folgenden Kenngrößen müssen als maßgebend für die Prüfergebnisse angenommen werden:

- a) die Rezeptur der Beschichtung;
- b) die Behandlung der Oberflächen und der ersten Schichten im Falle eines Mehrschicht-Systems, siehe G.3;
- c) die maximale Beschichtungsdicke, siehe G.3;
- d) das Aushärteverfahren;
- e) der geringste Zeitabstand zwischen dem Auftragen der Beschichtung und dem Aufbringen der Last in den Anschluss;
- f) die Festigkeitsklasse der Schraube, siehe G.6.

G.3 Prüfkörper

Die Prüfkörper müssen den Maßen in Bild G.1 genau entsprechen.

Der Stahlwerkstoff muss EN 10025-2 bis -6 entsprechen.

Um sicherzustellen, dass die beiden inneren Bleche die gleiche Dicke haben, müssen diese so hergestellt werden, dass sie fortlaufend vom gleichen Materialstück geschnitten werden, und in der gleichen relativen Lage zueinander verbunden werden.

Die Bleche müssen genau geschnittene Ecken aufweisen, die den Kontakt zwischen den Oberflächen nicht stören. Sie müssen ausreichend eben sein, um sicherzustellen, dass sich die vorbereiteten Flächen berühren, nachdem die Schrauben nach 8.1 und 8.5 vorgespannt wurden.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Maße in Millimeter

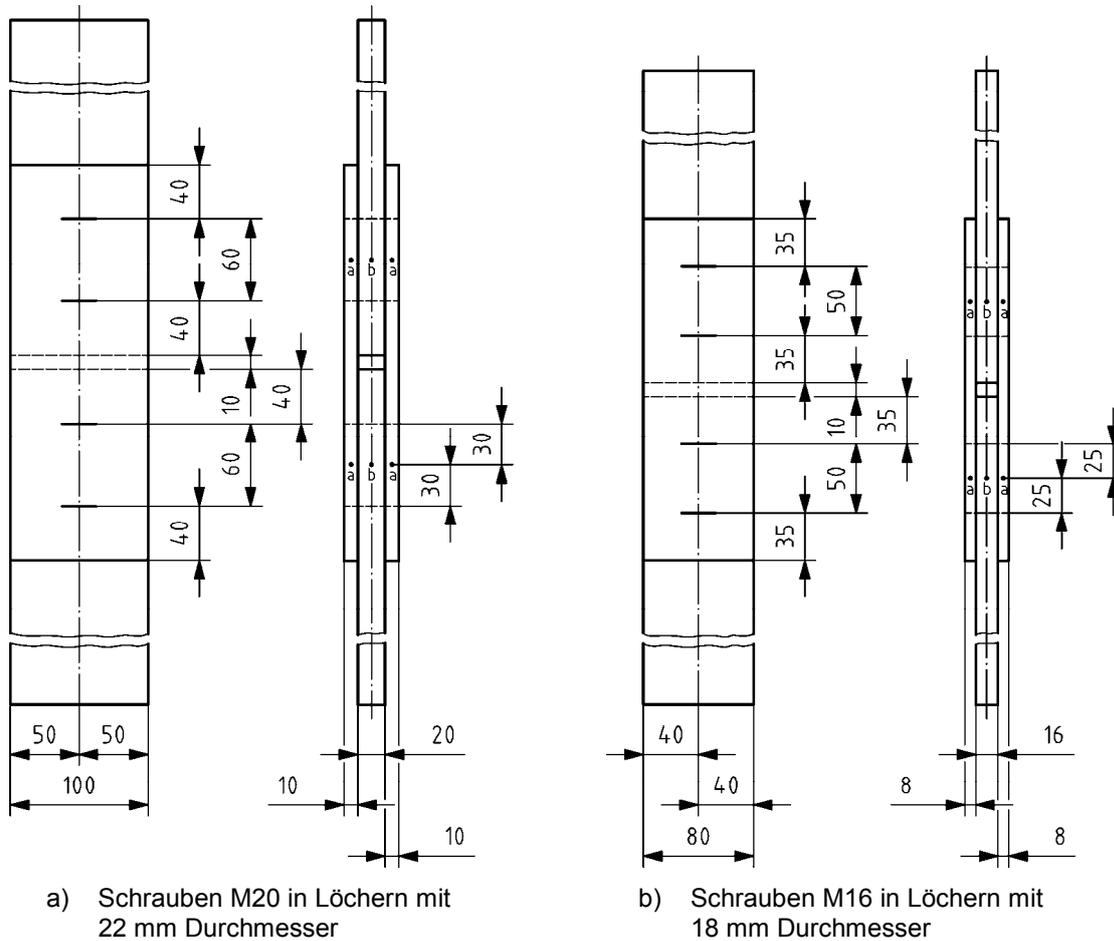


Bild G.1 — Standardprüfkörper zur Prüfung der Haftreibungszahl

Der festgelegte Oberflächenschutz und die Beschichtung müssen so auf die Berührflächen der Prüfkörper aufgebracht werden, wie es der vorgesehenen Anwendung im Tragwerk entspricht. Die mittlere Schichtdicke auf den Berührflächen der Prüfkörper muss mindestens um 25 % dicker sein, als die für den Einsatz im Tragwerk festgelegte Nenndicke

Das Aushärteverfahren muss entweder durch Hinweise auf veröffentlichte Empfehlungen oder eine Beschreibung des tatsächlichen Verfahrens belegt werden.

Die Prüfkörper müssen so zusammengebaut werden, dass die Schrauben entgegen der eingeleiteten Zugkraft anliegen.

Der zeitliche Abstand (in Stunden) zwischen der Beschichtung und Prüfung muss aufgezeichnet werden.

Die Schrauben müssen bis auf $\pm 5\%$ der für die Abmessung und Festigkeitsklasse der verwendeten Schraube festgelegten Vorspannkraft $F_{p,C}$ angezogen werden.

Die Vorspannkraft in den Schrauben muss direkt gemessen werden mit einer Ausstattung, die eine $\sqrt{A_1}$ Messunsicherheit von weniger als $\pm 4\%$ $\sqrt{A_1}$ aufweist.

ANMERKUNG Falls es gefordert wird, die Schraubenvorspannkraftverluste über die Zeit abzuschätzen, können die Prüfkörper für eine festgelegte Dauer belassen werden, an deren Ende die Vorspannungen erneut gemessen werden können.

Die Schraubenvorspannungen jedes Prüfkörpers müssen unmittelbar vor dem Prüfen gemessen werden. Erforderlichenfalls müssen die Schrauben erneut auf die geforderten $\pm 5\%$ Genauigkeit angezogen werden.

G.4 Prüfverfahren und Ermittlung der Ergebnisse

Zunächst müssen fünf Prüfkörper geprüft werden. Bei vier Prüfungen muss mit normaler Geschwindigkeit belastet werden (Dauer der Prüfung etwa 10 Minuten bis 15 Minuten). Der fünfte Prüfkörper muss für die Kriechprüfung verwendet werden.

Die Prüfkörper müssen in einer Zug-Prüfmaschine geprüft werden. Das Kraft-Gleit-Verhalten muss aufgezeichnet werden.

Das Gleiten muss in Richtung der aufgebrachten Belastung als relative Verschiebung zwischen angrenzenden Punkten auf einem inneren und einem äußeren Blech ermittelt werden. Es muss für jedes Ende des Prüfkörpers getrennt gemessen werden. Für jedes Ende muss das Gleiten als Mittelwert der Verschiebung auf beiden Seiten des Prüfkörpers angenommen werden.

Als individuelle Gleitlast einer Verbindung F_{Si} wird die Last bezeichnet, bei der ein Gleiten von 0,15 mm auftritt.

Der fünfte Prüfkörper muss mit einer Prüflast belastet werden, die 90 % der mittleren Gleitlast F_{Sm} der ersten vier Prüfkörper entspricht (d. h. der Mittelwert aus acht Messwerten).

Wenn bei dem fünften Prüfkörper das verzögerte Gleiten, d. h. der Unterschied zwischen dem aufgezeichneten Gleiten nach fünf Minuten und nach drei Stunden nach dem Aufbringen der vollen Last 0,002 mm nicht überschreitet, dann muss die Gleitlast für den fünften Prüfkörper entsprechend den ersten vier ermittelt werden. Falls das verzögerte Gleiten 0,002 mm übersteigt, müssen erweiterte Kriechprüfungen nach G.5 durchgeführt werden.

Wenn die Standardabweichung s_{Fs} der zehn Gleitlastwerte (ermittelt an den fünf Prüfkörpern) 8 % des Mittelwertes übersteigt, müssen zusätzliche Prüfkörper geprüft werden. Die Gesamtzahl der Prüfkörper (einschließlich der ersten fünf) wird ermittelt aus:

$$n > (s/3,5)^2$$

Dabei ist

- n Anzahl der Prüfkörper;
- s Standardabweichung s_{Fs} der Gleitlast der ersten fünf Prüfkörper (zehn Messwerte) als Prozentsatz des Mittelwertes der Gleitlast.

G.5 Erweitertes Kriechprüfungsverfahren und Auswertung

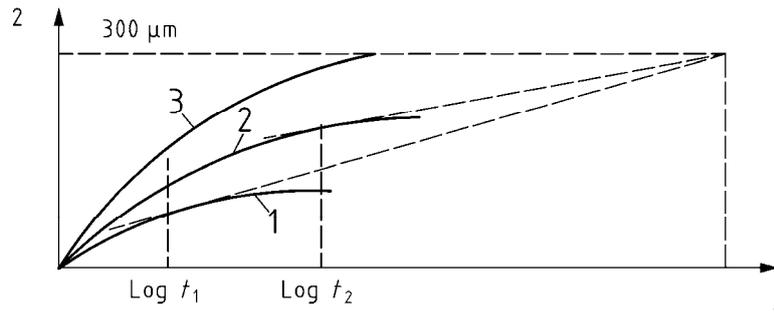
Wenn es nach G.4 notwendig ist, erweiterte Kriechprüfungen durchzuführen, müssen mindestens drei Prüfkörper (sechs Verbindungen) geprüft werden.

Es muss eine Prüflast auf den Prüfkörper aufgebracht werden, deren Wert so bestimmt werden muss, dass dieser sowohl die Ergebnisse der Kriechprüfung nach G.4 als auch die Ergebnisse aller vorangegangenen erweiterten Kriechprüfungen berücksichtigt.

ANMERKUNG Eine zu der Haftreibungszahl, die für den Einsatz im Tragwerk vorgesehen ist, zugehörige Last kann angenommen werden. Soll der Oberflächenschutz einer festgelegten Gleitflächenklasse zugeordnet werden, kann eine zu der Haftreibungszahl für diese Gleitflächenklasse nach Tabelle 18 zugehörige Last angesetzt werden.

Eine „Verschiebungs-log Zeit“-Kurve muss aufgezeichnet werden (siehe Bild G.2), um zu zeigen, dass die aus der vorgesehenen Haftreibungszahl bestimmte Last während der Lebensdauer des Tragwerks von 50 Jahren, sofern nichts anderes festgelegt wird, nicht zu Verschiebungen führt, die größer als 0,3 mm sind. Die „Verschiebungs-log Zeit“-Kurve darf linear extrapoliert werden, sobald eine Tangente mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden kann.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



ANMERKUNG	t_{Ld}	Lebensdauer des Tragwerks
	t_1	Mindestdauer der Prüfung A
	t_2	Mindestdauer der Prüfung B
	(3)	Die Belastung (Haftreibungszahl) wurde bei Prüfung C zu hoch angesetzt

Legende

- 1 \log (Zeit)
 2 Gleitverschiebung

Bild G.2 — Anwendung der „Verschiebungs-log Zeit“-Kurve bei der erweiterten Kriechprüfung

G.6 Prüfergebnisse

Einzelwerte der Haftreibungszahl werden wie folgt bestimmt:

$$\mu_i = \frac{F_{Si}}{4F_{p,C}}$$

Der Mittelwert der Gleitlast F_{Sm} und dessen Standardabweichung s_{FS} werden wie folgt bestimmt:

$$F_{Sm} = \frac{\sum F_{Si}}{n}, \quad s_{FS} = \sqrt{\frac{(F_{Si} - F_{Sm})^2}{n-1}}$$

Der Mittelwert der Haftreibungszahl μ_m und dessen Standardabweichung s_μ werden wie folgt bestimmt:

$$\mu_m = \frac{\sum \mu_i}{n}, \quad s_\mu = \sqrt{\frac{(\mu_i - \mu_m)^2}{n-1}}$$

Der charakteristische Wert der Haftreibungszahl μ ist als der 5 %-Quantilwert bei einem Vertrauensbereich von 75 % anzusetzen.

Der charakteristische Wert darf als Mittelwert von zehn Messwerten, $n = 10$, von fünf Prüfkörpern abzüglich dem 2,05-fachen der Standardabweichung angenommen werden.

Ist keine erweiterte Kriechprüfung erforderlich, muss der Nennwert der Haftreibungszahl gleich seinem charakteristischen Wert angenommen werden.

Ist eine erweiterte Kriechprüfung erforderlich, darf der Nennwert der Haftreibungszahl als der Wert angenommen werden, für den nachgewiesen wurde, dass die festgelegte Kriechgrenze eingehalten wird, siehe G.5.

Haftreibungszahlen, die mit Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 ermittelt wurden, dürfen auch bei Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 angewandt werden.

Ersatzweise dürfen getrennte Prüfungen für Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 durchgeführt werden. Haftreibungszahlen, die mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 ermittelt wurden, dürfen nicht für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 verwendet werden.

Falls erforderlich, muss der Oberflächenschutz der maßgebenden Gleitflächenklasse, entsprechend dem in G.4 bzw. G.5, je nach vorliegenden Gegebenheiten, bestimmten charakteristischen Wert der Haftreibungszahl μ , folgendermaßen zugewiesen werden:

$\mu \geq 0,50$	Gleitflächenklasse A
$0,40 \leq \mu < 0,50$	Gleitflächenklasse B
$0,30 \leq \mu < 0,40$	Gleitflächenklasse C
$0,20 \leq \mu < 0,30$	Gleitflächenklasse D

Anhang H (normativ)

A1 Kalibrierprüfung für planmäßig vorgespannte Schrauben unter Baustellenbedingungen A1

H.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang legt eine Anziehversuchsprozedur fest, mit der hochfeste Schraubenverbindungen zur Herstellung von planmäßig vorgespannten Verbindungen unter Baustellenbedingungen kalibriert werden können.

Zweck der Versuchsprozedur ist die Bestimmung der Parameter, die zur Sicherstellung des Mindestwertes der geforderten Vorspannung durch Anwendung der in dieser Europäischen Norm festgelegten Anziehverfahren erforderlich sind.

A1 Diese Prüfung dient nicht dazu, Garnituren, die nach EN 14399-1 deklariert werden, in eine höhere Klasse einzustufen. A1

H.2 Symbole und Einheiten

A_s	Nennwert der Spannungsquerschnittsfläche der Schraube, (mm^2) (siehe EN ISO 898-1)
A1 e_M	zulässiges Verhältnis ($e_M = (M_{\max} - M_{\min})/M_m$) A1
F_b	Schraubenkraft während des Versuches, (kN)
A1 F_m	Mittelwert der Prüfwerte $F_{b,i}$, (kN) A1
$F_{p,C}$	geforderte Vorspannung, $0,7 f_{ub} A_s$, (kN)
f_{ub}	Nennwert der Schraubenfestigkeit (R_m), (MPa)
M_i	individueller Wert des Anziehdrehmoments, bezogen auf $F_{p,C}$, (N m)
M_m	Mittelwert der Werte für M_i , (N m)
M_{\max}	Höchstwert der Werte für M_i , (N m)
M_{\min}	Mindestwert der Werte für M_i , (N m)
A1 S_M	geschätzte Standardabweichung der M_i -Werte, (kN) A1
A1 V_F	Variationskoeffizient der F_i -Werte A1
V_M	Variationskoeffizient der M_i -Werte
θ_{pi}	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem die Schraubenkraft das erste Mal den Wert $F_{p,C}$ erreicht, ($^\circ$)
θ_{1i}	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem die Schraubenkraft den Maximalwert $F_{bi,\max}$ erreicht, ($^\circ$)
θ_{2i}	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem der Versuch beendet wird, ($^\circ$)
$\Delta\theta_{1i}$	individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{1i} - \theta_{pi}$), ($^\circ$)
$\Delta\theta_{2i}$	individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{2i} - \theta_{pi}$), ($^\circ$)
$\Delta\theta_{2\min}$	Mindestwert der Differenz der Drehwinkel $\Delta\theta_{2i}$, wie in der maßgebenden Produktnorm festgelegt, ($^\circ$)

H.3 Prinzip der Versuchsprozedur

Ⓐ In der Prüfung können während des Anziehens die folgenden Parameter ermittelt werden Ⓐ:

- Schraubenkraft;
- Ⓐ Anziehmoment, sofern gefordert Ⓐ;
- relativer Drehwinkel zwischen Mutter und Schraube.

H.4 Versuchsapparatur

Das Gerät zur Bestimmung der Schraubenkraft muss EN 14399-2 entsprechen oder eine mechanisch oder hydraulisch wirkende Vorrichtung, wie z. B. eine Kraftmessdose, sein, vorausgesetzt, dass diese Vorrichtung zur Bestimmung der Schraubenkraft den Festlegungen nach Tabelle H.1 bzw. H.2 (wie zutreffend) entspricht. Das Versuchsgerät muss mindestens einmal jährlich durch eine anerkannte Prüfstelle kalibriert werden (bzw. häufiger, wenn vom Messgerätehersteller empfohlen).

Die im Versuch verwendeten Anziehgeräte müssen den auf der Baustelle eingesetzten Geräten entsprechen. Sie müssen über einen geeigneten Arbeitsbereich verfügen. Handbetriebene oder automatische Dreh-schrauber mit Ausnahme von Schlagschraubern können verwendet werden. Die Anforderungen an die Genauigkeit der Anziehgeräte sind in Tabelle H.1 bzw. H.2 (wie zutreffend) angegeben. Das Anziehgerät muss mindestens einmal jährlich durch eine anerkannte Prüfstelle kalibriert werden (bzw. häufiger, wenn vom Messgerätehersteller empfohlen).

H.5 Versuchsgarnituren

Separate Prüfungen sind an repräsentativen Proben aus jedem Los der betroffenen Garnitur durchzuführen. Versuchsgarnituren müssen so ausgewählt werden, dass alle maßgebenden Aspekte ihrer Einsatzbedingungen berücksichtigt sind.

ANMERKUNG Die Baustellenbedingungen der Schrauben, insbesondere die Eignung der Schmierung, können abweichen, wenn diese auf der Baustelle extremen Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, oder wenn diese über einen langen Zeitraum gelagert werden.

Repräsentative Garnituren müssen aus einer Anzahl von Schrauben, Muttern und Scheiben eines Prüfloses bestehen. Die Versuchsgarnituren dürfen weder für ergänzende Versuche noch im Tragwerk wiederverwendet werden.

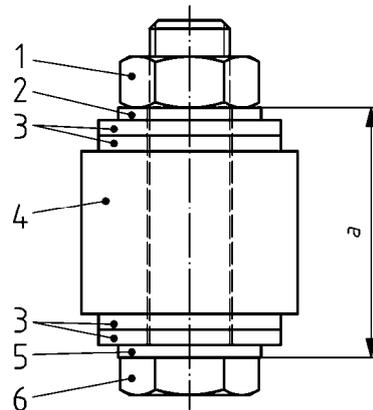
H.6 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau (siehe Bild H.1) darf Ausgleichsscheiben, die zur Anpassung an die Messeinrichtung benötigt werden, enthalten.

Die Versuchsgarnituren und Ausgleichsscheiben müssen so angeordnet werden, dass:

- der Aufbau der Garnitur gleichartig mit der Anordnung im Anwendungsfall ist;
- eine gefaste Scheibe oder eine gefaste Ausgleichsscheibe unter dem Schraubenkopf angeordnet wird;
- eine Scheibe unter der Mutter angeordnet wird, wenn mutterseitig angezogen wird;
- die kleinste in der zutreffenden Produktnorm erlaubte Klemmlänge einschließlich Ausgleichsscheiben und Scheiben eingestellt wird.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



Legende

- 1 Mutter
- 2 Scheibe unter der Mutter, wenn mutterseitig angezogen wird
- 3 Ausgleichsscheibe(n)
- 4 Messeinrichtung für die Schraubenkraft
- 5 gefaste Scheibe der Garnitur oder gefaste Ausgleichsscheibe
- 6 Schraubenkopf

Bild H.1 — Typischer Aufbau der Kraftmesseinrichtung

H.7 Versuchsablauf

Bei auf der Baustelle durchgeführten Versuchen muss im Versuch das gleiche Anziehverfahren wie bei der Ausführung auf der Baustelle verwendet werden. Bei auf der Baustelle durchgeführten Versuchen besteht die Grundlage der Kalibrierung in der Aufzeichnung der $\overline{A_1}$ Drehmomente M_i oder Schraubenkräfte $F_{p,i}$ $\overline{A_1}$, die zum Erreichen der planmäßigen Schraubenvorspannkraft notwendig sind.

Versuche können entweder in einem Prüflabor oder anderswo unter geeigneten Bedingungen durchgeführt werden. Im Versuch muss das gleiche Anziehverfahren wie bei der Ausführung auf der Baustelle verwendet werden.

ANMERKUNG In bestimmten Fällen kann es zweckmäßiger sein, die Überprüfung, ob die Garnituren noch die deklarierten Eigenschaften im Anlieferung zustand erfüllen, durch den Produkthersteller vornehmen zu lassen.

Es müssen ausreichende Messungen des Drehmoments, der zugehörigen Schraubenkraft und, sofern erforderlich, des erforderlichen Drehwinkels des gedrehten Teils erfolgen, so dass die Bewertung der Versuchsergebnisse nach H.8 ermöglicht wird.

Weder der Schraubenbolzen noch die Scheibe unter der Mutter dürfen sich während des Anziehens drehen.

Die Grundlage für die Kalibrierung sind die aufgezeichneten Werte des Anziehungsmoments M_i , die zum Erreichen der Schraubenkraft erforderlich sind: $F_b = F_{p,C} = 0,7f_{ub} A_s$.

$\overline{A_1}$ Beim Drehmomentverfahren ist der Versuch zu beenden $\overline{A_1}$, sobald eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- Die Schraubenkraft überschreitet $1,1 F_{p,C}$;
- der Drehwinkel der Mutter überschreitet $(\theta_{pi} + \Delta\theta_1)$ und/oder $(\theta_{pi} + \Delta\theta_{2 \min})$, sofern gefordert;
- Schraubenversagen durch Bruch auftritt.

H.8 Bewertung der Versuchsergebnisse

Die Abnahmekriterien für die Anziehdrehmomente beim kombinierten Vorspannverfahren und beim Drehmomentverfahren sind in den Tabellen H.1 und H.2 angegeben.

Tabelle H.1 — Höchstwerte für e_M für A_1 das kombinierte Vorspannverfahren A_1

Versuchszahl	3	4	5	6
$e_M = (M_{\max} - M_{\min})/M_m$	0,25	0,30	0,35	0,40
Erforderliche Bedingungen für die Versuchseinrichtung: Kalibrierte Kraftmesseinrichtung mit Messunsicherheit $\pm 6\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 3\%$, Kalibriertes Anziehgerät mit Genauigkeit $\pm 4\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 2\%$.				

Tabelle H.2 — Höchstwerte für den Variationskoeffizienten V_M für das Drehmomentverfahren

Versuchszahl	5	6	8
V_M	0,04	0,05	0,06
Erforderliche Bedingungen für die Versuchseinrichtung: Kalibrierte Kraftmesseinrichtung mit Messunsicherheit $\pm 2\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 1\%$, kalibriertes Anziehgerät mit Genauigkeit $\pm 4\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 1\%$.			

Dabei ist

$$M_m = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad s_M = \sqrt{\frac{\sum (M_i - M_m)^2}{n-1}} \quad V_M = \frac{s_M}{M_m}$$

Falls eine Überprüfung gefordert wird, müssen die Abnahmekriterien für die Winkel $\Delta\theta_1$ und $\Delta\theta_2$ diejenigen aus dem maßgebenden Teil von EN 14399 für die Schrauben des Garniturenloses sein.

ANMERKUNG Die Winkel $\Delta\theta_1$ und $\Delta\theta_2$ sind in Bild 2 von EN 14399-2:2005 dargestellt.

Werden die Winkel überprüft, dann muss die maximale Schraubenkraft (d. h. die zum Winkel $\Delta\theta_1$ zugehörige Kraft) gemessen werden. Die Anforderung lautet, dass die maximale Schraubenkraft größer oder gleich $0,9 f_{ub} A_s$ sein muss, wobei f_{ub} und A_s Nennwerte sind.

A_1 Die Abnahmekriterien für das Verfahren für HRC-Schrauben müssen auf der Vorspannung aus acht Schrauben nach dem Versagen der Abscherenden basieren.

Es gelten die folgenden Anforderungen:

- Individueller Wert für $F_b \geq F_{p,C}$;
- Mittelwert für $F_m \geq 1,1 F_{p,C}$;
- Variationskoeffizient für $F_{b,i}$ $V_F \leq 0,10$.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Die Abnahmekriterien für das Verfahren mit direkten Kraftanzeigern (DTI) müssen auf der Bestimmung der Vorspannung an acht Schrauben, wenn die Verformungen der Überstände die in Tabelle J.1 angegebenen Werte gerade erreicht haben, basieren.

Die folgende Anforderung gilt für alle Werte für $F_{b,i}$ für die acht Prüfeinheiten:

$$F_{p,C} \leq F_{b,i} \leq 1,2 F_{p,C}$$

ANMERKUNG Die Werte für $F_{p,C}$ sind in Tabelle 19 angegeben. A1

H.9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die nachfolgenden Angaben enthalten:

- Datum des Versuchs;
- Identifikationsnummer des Garniturenloses oder des erweiterten Garniturenloses;
- Anzahl der geprüften Garnituren;
- Bezeichnung der Verbindungselemente;
- Kennzeichnung der Schrauben, Muttern und Scheiben;
- Oberflächenüberzug oder Oberflächenzustand und Schmierungszustand und, falls zutreffend, Beschreibung von Modifikationen der Oberflächen aufgrund baustellenbedingter Einwirkungen;
- Klemmlänge im Versuch;
- Details des Versuchsaufbaus und der Einrichtungen zur Messung von Schraubenkraft und Drehmoment;
- Bemerkungen hinsichtlich der Versuchsausführung (einschließlich Angaben über besondere Versuchsbedingungen und -abläufe, wie z. B. schraubenkopfseitiges Anziehen);
- Versuchsergebnisse nach diesem Anhang;
- Festlegungen für die Schraubenvorspannung in Bezug auf das geprüfte Prüflos A1 ;
- Kalibrierzertifikate für Anziehgeräte und für Messgeräte zur Bestimmung der Kalibrierkräfte. A1

Der Prüfbericht muss unterzeichnet und datiert sein.

Anhang J (normativ)

Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern

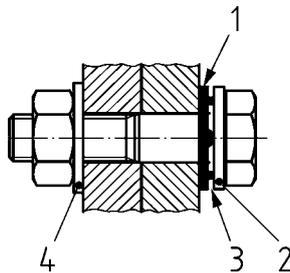
J.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Anforderungen an die Anbringung und Überprüfung von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern.

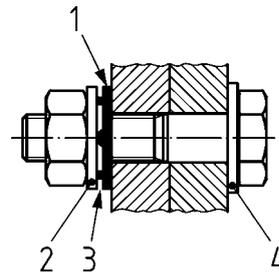
J.2 Anbringung

Anzeiger werden in der Regel unter dem Schraubenkopf angeordnet und die Schraube wird im Allgemeinen durch Drehen der Mutter angezogen, wie in Bild J.1a) gezeigt. Eingeschränkte Zugänglichkeit am Schraubenkopf für die Kontrolle der Spaltweite kann es erfordern, dass die Scheibe mit Belastungsanzeige unter der Mutter angeordnet wird. Bei Anwendung auf diese Weise wird die notwendige mutterseitige Scheibe zwischen den Überständen und der Mutter angeordnet (siehe Bild J.1b)).

A1



A1



A1

A1 Legende

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 kopfseitige Scheibe (für Festigkeitsklasse 8.8 nicht erforderlich)
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-5 oder EN 14399-6 **A1**

A1

A1 Legende

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 kopfseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-6 (für Festigkeitsklasse 8.8 nicht erforderlich) **A1**

ANMERKUNG Bei Anwendung von Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 wird eine gefaste Scheibe unter dem Schraubenkopf benötigt.

a) Anbringung unter dem Schraubenkopf, vor dem Anziehen

b) Anbringung unter der Mutter, vor dem Anziehen

**Bild J.1 — Schraubenanziehen durch Drehen der Mutter
(Regelverfahren des Zusammenbaus)**

Eine eingeschränkte Zugänglichkeit kann es erfordern, dass das Schraubenanziehen durch Drehen des Schraubenkopfes erfolgt. In diesem Fall wird die mutterseitige Scheibe zwischen den Überständen und der Auflagefläche der Mutter angeordnet, wie in Bild J.2a) gezeigt.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Steht für das Einsetzen der Schraube nur begrenzter Platz zur Verfügung, in Kombination mit einer eingeschränkten Zugänglichkeit für die Kontrolle des Spaltes des direkten Kraftanzeigers, kann es erforderlich sein, dass der Anzeiger unter dem Schraubenkopf angeordnet wird und dass die Garnitur durch Drehen des Schraubenkopfes angezogen wird. In diesem Fall wird die kopfseitige Scheibe zwischen den Überständen A_1 und der Stirnfläche des Schraubenkopfes angeordnet (siehe A_1 Bild J.2b)).



A_1 **Legende**

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 mutterseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-6 A_1

A_1

A_1 **Legende**

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 mutterseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-5 oder EN 14399-6 A_1

ANMERKUNG Bei Anwendung von Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 wird eine flache Scheibe unter der Mutter benötigt

a) Anbringung unter der Mutter,
vor dem Anziehen

b) Anbringung unter dem Schraubenkopf,
vor dem Anziehen

**Bild J.2 — Schraubenanziehen durch Drehen der Schraube
(alternatives Verfahren des Zusammenbaus)**

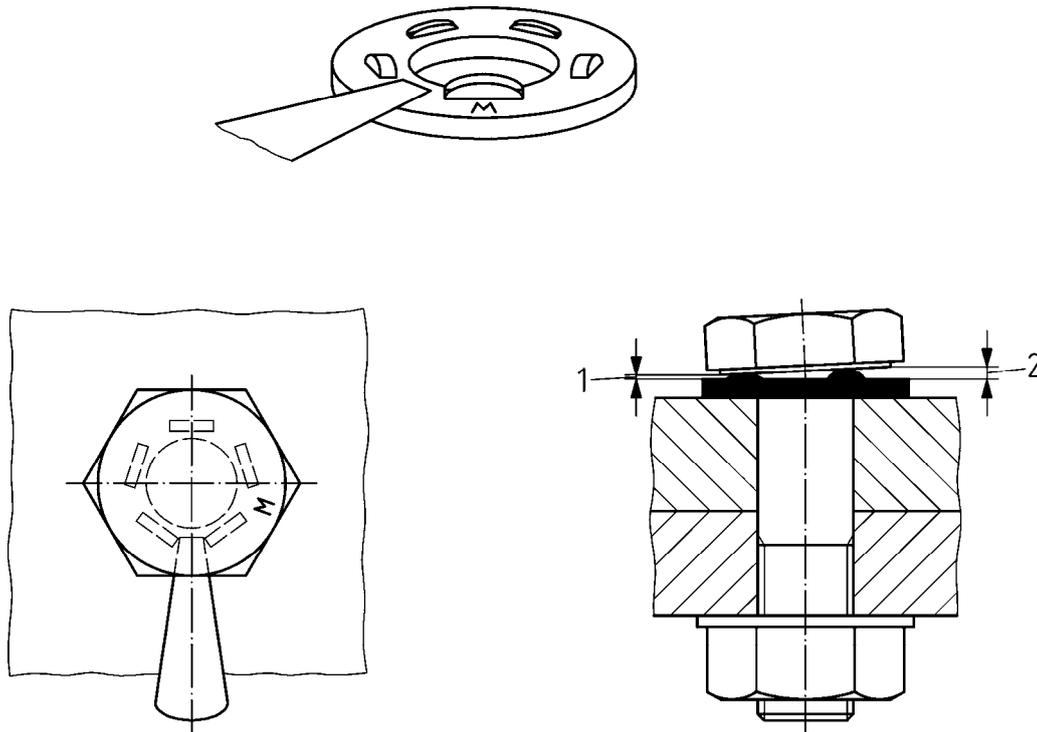
J.3 Überprüfung

Eine festgelegte Fühllehre, siehe Tabelle J.1, muss angewendet werden, um zu bestimmen, ob die erforderliche Schraubenvorspannung durch die Garnitur in Übereinstimmung mit den Anforderungen von A_1 EN 14399-9 A_1 erreicht wurde.

Tabelle J.3 — Dicke der Fühllehre

Lage des Anzeigers	Dicke der Fühllehre (mm) ^a
Bei Drehung der Mutter: unter dem Schraubenkopf (Bild J.1 a))	0,40
Bei Drehung der Schraube: unter der Mutter (Bild J.2 a))	
Bei Drehung der Mutter: unter der Mutter (Bild J.1 b))	0,25
Bei Drehung der Schraube: unter dem Schraubenkopf (Bild J.2 b))	
^a Diese Tabelle gilt für Anzeiger mit der Bezeichnung H8 und H10	

Der Spalt des direkten Kraftanzeigers muss mit Hilfe der Fühllehre als „Ausschuss-Prüfzeug“ überprüft werden. Die Fühllehre muss auf den Mittelpunkt der Schraube weisen, wie in Bild J.3 gezeigt.

**Legende**

- 1 „Ausschuss“-Spalt, falls eine Zurückweisung erfolgt
2 „Gut“-Spalt, falls keine Zurückweisung erfolgt

Bild J.3 — Überprüfen des Spaltes des direkten Kraftanzeigers

Der Anzeiger ist ausreichend zusammengedrückt, wenn die Anzahl der Sperrweiten der Fühllehre die Anforderungen in Tabelle J.2 erfüllt.

Tabelle J.2 — Sperrweiten der Fühllehre

Anzahl der Überstände des direkten Kraftanzeigers	Mindestanzahl der Sperrweiten der Fühllehre ^a
4	3
5	3
6	4
7	4
8	5
9	5

^a Nicht mehr als 10 % der Anzeiger in einer Schraubengruppe einer Verbindung dürfen eine vollständige Eindrückung des Anzeigers aufweisen.

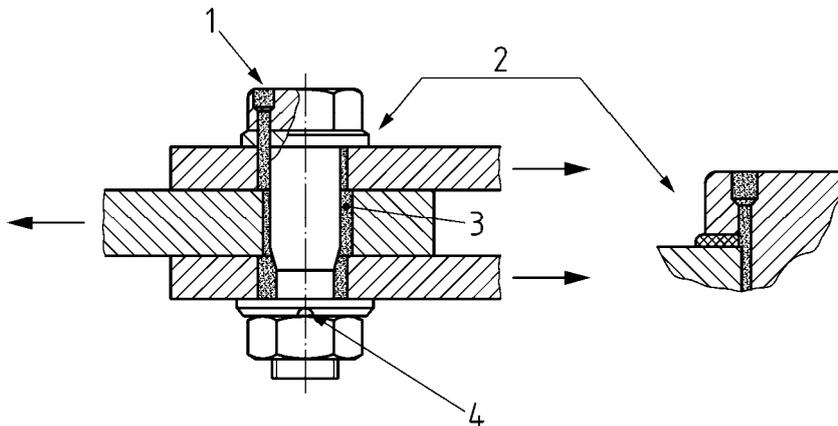
Anhang K (informativ)

Sechskant-Injektions-Schrauben

K.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Angaben zur Lieferung und zum Einsatz von Sechskant-Injektions-Schrauben.

Injektions-Schrauben dürfen je nach Festlegung in nicht planmäßig vorgespannten oder in planmäßig vorgespannten Verbindungen eingesetzt werden. Das Ausfüllen des Spiels zwischen der Schraube und der Lochwand erfolgt durch ein kleines Loch im Kopf der Schraube, wie in Bild K.1 gezeigt. Nach der Injektion und dem vollständigen Aushärten des Harzes ist die Verbindung schlupffrei.



Legende

- 1 Injektionsöffnung
- 2 Gefaste Scheibe
- 3 Harz
- 4 Luftauslass-Öffnung in der Scheibe

Bild K.1 — Injektions-Schraube in einer zweiseitigen Verbindung

Injektions-Schrauben sollten aus Werkstoffen nach Abschnitt 5 hergestellt und in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 eingesetzt werden, ergänzt durch die Empfehlungen in diesem Anhang.

ANMERKUNG Weitergehende Angaben enthält [A1](#) [53] [A1](#).

K.2 Lochmaße

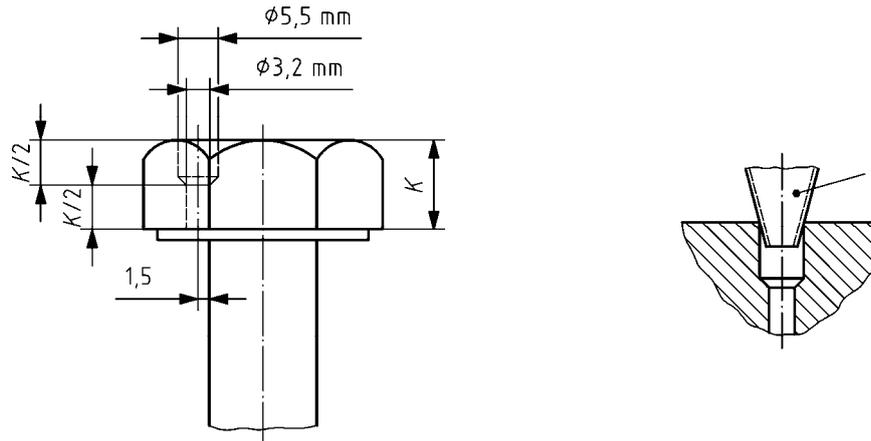
Das Nennspiel der Schraubenlöcher sollte 3 mm betragen. Für Schrauben kleiner als M27 kann das Spiel auf 2 mm abgemindert werden, entsprechend der Festlegung in 6.6 für normal runde Löcher.

K.3 Schrauben

Der Kopf der Schraube sollte mit einer Bohrung der Lage und den Maßen nach Bild K.2 versehen sein.

Wenn andere Arten von Düsen als Kunststoffdüsen verwendet werden, kann es erforderlich sein, die Kante zu fassen, um eine ausreichende Dichtung zu erhalten.

Maße in Millimeter



Legende

1 Düse des Injektionsgerätes

Bild K.2 — Bohrung im Kopf der Schraube

K.4 Scheiben

Unter dem Schraubenkopf sollte eine besondere Scheibe verwendet werden. Der innere Durchmesser dieser Scheibe sollte um mindestens 0,5 mm größer sein als der tatsächliche Durchmesser der Schraube. Eine Seite sollte nach Bild K.3 a) oder K.3 b) bearbeitet sein.

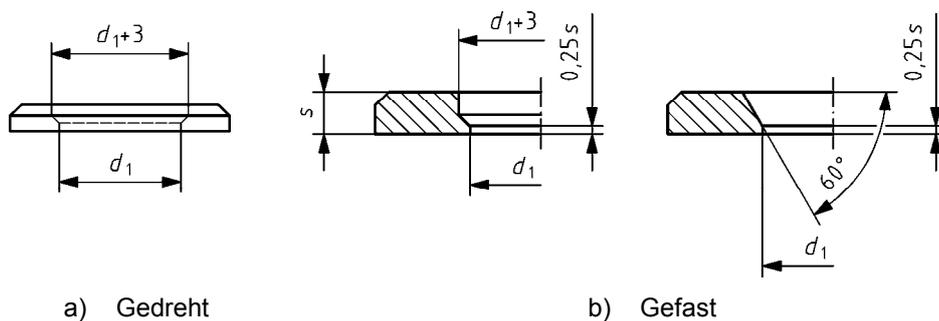


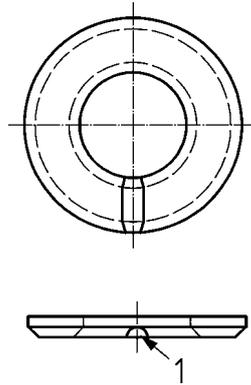
Bild K.3 — Vorbereitung der Scheibe zum Einsatz unter dem Schraubenkopf

Die Scheibe unter dem Schraubenkopf sollte so angeordnet werden, dass die Aussparung dem Kopf zugewandt ist.

Unter der Mutter sollte eine besondere Scheibe eingesetzt werden, die mit einer Öffnung nach Bild K.4 versehen ist. Die Kanten der Öffnung sollten gleichmäßig und abgerundet sein.

Die Scheibe unter der Mutter sollte so angeordnet werden, dass die Öffnung der Mutter zugewandt ist.

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)



Legende

1 Öffnung

Bild K.4 — Vorbereitung der Scheibe zum Einsatz unter der Mutter

K.5 Muttern

Es darf angenommen werden, dass die Muttern durch das Harz ausreichend gesichert sind.

K.6 Harz

Ein Zweikomponentenharz sollte verwendet werden.

Nach der Mischung der zwei Komponenten sollte die Viskosität der Masse bei der Umgebungstemperatur während des Einbaus so sein, dass die engen Spalte in der verschraubten Verbindung leicht gefüllt werden. Die Masse sollte aber nicht mehr fließen, nachdem der Injektionsdruck weggenommen wird.

Die Verarbeitungszeit des Harzes sollte bei der Umgebungstemperatur mindestens 15 Minuten betragen.

Wenn keine Angaben verfügbar sind, sollten Verfahrensprüfungen durchgeführt werden, um die geeignete Temperatur und Aushärtezeit zu bestimmen.

Die rechnerisch zulässige Flächenpressung des Harzes sollte analog zum Verfahren der Bestimmung der Haftreibungszahl nach Anhang G bestimmt werden.

K.7 Anziehen

Das Anziehen der Schrauben sollte in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 ausgeführt sein, bevor das Injektionsverfahren begonnen wird.

K.8 Einbau

Der Einbau sollte entsprechend den Empfehlungen des Herstellers erfolgen.

Die Temperatur des Harzes sollte 15 °C bis 25 °C betragen. Bei sehr kaltem Wetter sollten das Harz und nötigenfalls auch die Stahlbauteile vorgewärmt werden. Wenn die Temperatur zu hoch ist, darf Modellierton verwendet werden, um die Bohrung im Kopf und die Öffnung in der Scheibe unmittelbar nach der Injektion zu verschließen.

Die Verbindung sollte zum Zeitpunkt der Injektion frei von Wasser sein.

ANMERKUNG 1 Um das Wasser zu entfernen, ist im Allgemeinen ein Tag mit trockener Witterung erforderlich, bevor das Injektionsverfahren begonnen wird.

Die Aushärtezeit sollte so sein, dass das Harz ausgehärtet ist, bevor das Tragwerk belastet wird.

Erwärmen nach der Injektion ist zulässig, um nötigenfalls die Aushärtezeit zu verringern.

ANMERKUNG 2 In einigen Fällen z. B. bei der Instandsetzung von Eisenbahnbrücken, kann diese Zeit ziemlich kurz sein. Um die Aushärtezeit (bis auf etwa 5 h) zu verringern, darf die Verbindung bis zu maximal 50 °C erwärmt werden, nachdem die Verarbeitungszeit verstrichen ist.

Anhang L (informativ)

Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS

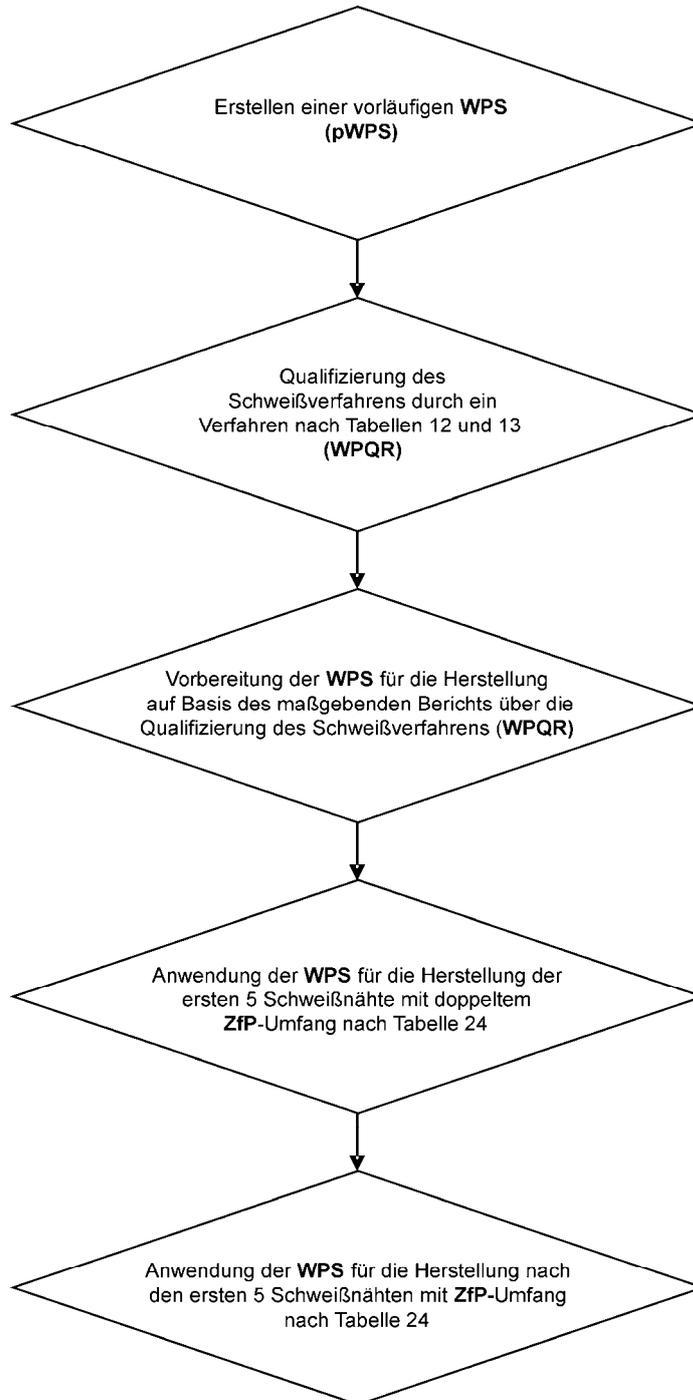


Bild L.1 — Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS

Anhang M (normativ)

Sequentielles Verfahren zur Kontrolle von Verbindungsmitteln

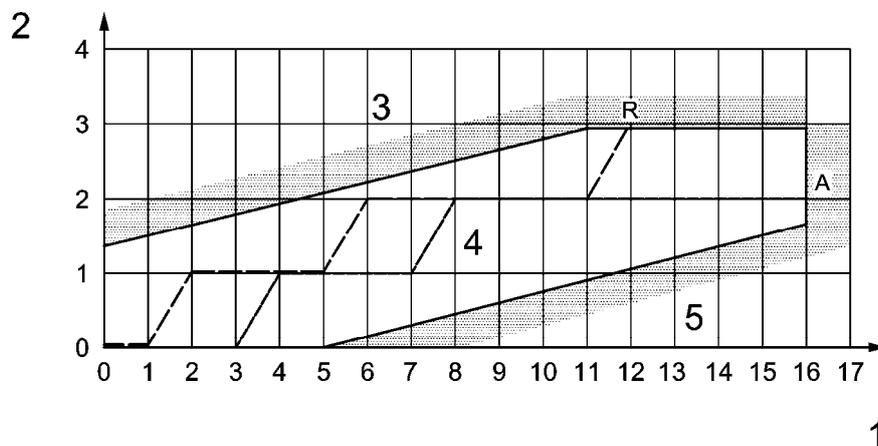
M.1 Allgemeines

Das sequentielle Verfahren zur Kontrolle von Verbindungsmitteln muss nach den Prinzipien von ISO 2859-5 durchgeführt werden, deren Zweck die Angabe von Regeln für die schrittweise Beurteilung von Kontrolleergebnissen ist.

ISO 2859-5 enthält zwei Verfahren zur Festlegung sequentieller Stichprobenpläne: ein numerisches Verfahren und ein grafisches Verfahren. Das grafische Verfahren wird bei der Kontrolle von Verbindungsmitteln angewendet.

Beim grafischen Verfahren (siehe Bild M.1) beschreibt die horizontale Achse die Anzahl der kontrollierten Verbindungsmittel und die vertikale Achse die Anzahl der fehlerhaften Verbindungsmittel.

Die Linien in der Grafik legen drei Bereiche fest: den Annahmehbereich, den Rückweisungsbereich und den Unbestimmtheitsbereich. So lange das Kontrollergebnis im Unbestimmtheitsbereich liegt, wird die Kontrolle fortgesetzt, bis die fortschreitende Aufzeichnung entweder im Annahmehbereich oder im Rückweisungsbereich mündet. Annahme bedeutet, dass eine Fortsetzung der Stichprobenkontrolle nicht erforderlich ist. Zwei Beispiele sind nachfolgend gegeben.



Legende

- 1 Anzahl kontrollierter Verbindungsmittel
- 2 Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel
- 3 Rückweisungsbereich
- 4 Unbestimmtheitsbereich
- 5 Annahmehbereich

Bild M.1 — Beispiel für das sequentielle Kontrolldiagramm

BEISPIELE

- Gepunktete Linie Das vierte und das achte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Die Kontrolle wird fortgesetzt, bis die vertikale Begrenzungslinie gekreuzt wird. Das Ergebnis lautet „Annahme“.
- Gestrichelte Linie Das zweite, sechste und zwölfte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Der Austritt aus dem Unbestimmtheitsbereich erfolgt in den Rückweisungsbereich hinein. Das Ergebnis lautet „Rückweisung“.

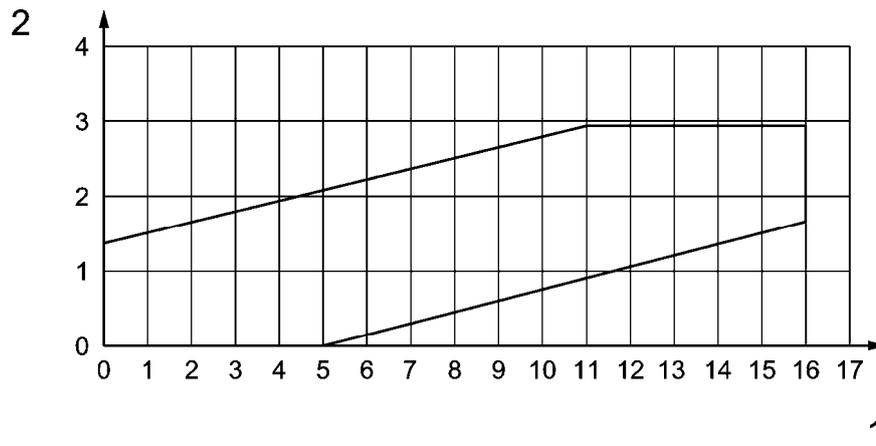
DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

M.2 Anwendung

Die folgenden Diagramme, Bild M.2 (Sequentieller Typ A) und Bild M.3 (Sequentieller Typ B), gelten je nach vorliegenden Gegebenheiten.

a) Sequentieller Typ A:

- 1) Mindestanzahl zu kontrollierender Verbindungsmittel: 5
- 2) Maximalanzahl zu kontrollierender Verbindungsmittel: 16



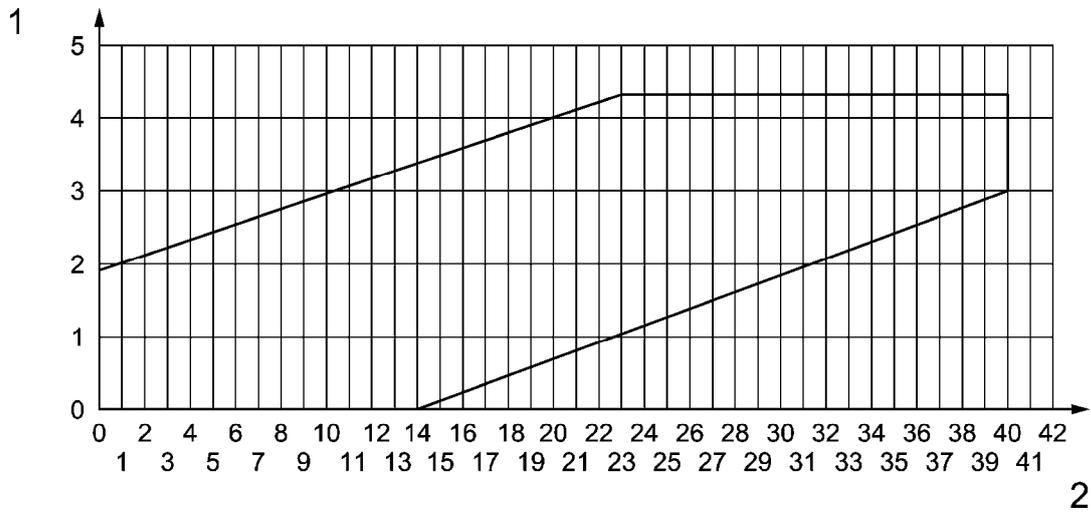
Legende

- 1 Anzahl kontrollierter Verbindungsmittel
- 2 Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel

Bild M.2 — Sequentieller Typ A

b) Sequentieller Typ B:

- 1) Mindestanzahl zu kontrollierender Verbindungsmittel: 14
- 2) Maximalanzahl zu kontrollierender Verbindungsmittel: 40



Legende

- 1 Anzahl kontrollierter Verbindungsmittel
- 2 Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel

Bild M.3 — Sequentieller Typ B

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

Literaturhinweise

- [1] **EN 1090-1** **A1**, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*
- [2] EN 1990:2002, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*
- [3] EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*
- [4] EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*
- [5] EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-3: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche*
- [6] EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*
- [7] EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*
- [8] EN 1993-1-7, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-7: Plattenförmige Bauteile mit Querbelastung*
- [9] EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*
- [10] EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*
- [11] EN 1993-1-11, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*
- [12] EN 1993-1-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlsorten bis S700*
- [13] EN 1993-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*
- [14] EN 1993-3-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine — Türme und Maste*
- [15] EN 1993-3-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 3-2: Türme, Maste und Schornsteine — Schornsteine*
- [16] EN 1993-4-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-1: Silos*
- [17] EN 1993-4-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-2: Tankbauwerke*
- [18] EN 1993-4-3, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 4-3: Rohrleitungen*
- [19] EN 1993-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*
- [20] EN 1993-6, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Part 6: Kranbahnen*

- [21] EN 1994 (alle Teile), *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- [22] EN 1998-1, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*
- [23] EN 10020, *Begriffsbestimmung für die Einteilung der Stähle*
- [24] EN 10027-1, *Bezeichnungssysteme für Stähle — Teil 1: Kurznamen*
- [25] EN 10027-2, *Bezeichnungssysteme für Stähle — Teil 2: Nummernsystem*
- [26] EN 10079, *Begriffsbestimmungen für Stahlerzeugnisse*
- [27] EN 10162, *Kaltprofile aus Stahl — Technische Lieferbedingungen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- [28] EN 13001-1, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen*
- A1**
- [29] EN 13438, *Beschichtungsstoffe — Pulverbeschichtungen für feuerverzinkte oder sherardisierte Stahlerzeugnisse für Bauzwecke*
- [30] EN 15773, *Industrielle Pulverbeschichtung von feuerverzinkten und sherardisierten Gegenständen aus Stahl [Duplex-Systeme] — Spezifikationen, Empfehlungen und Leitlinien **A1***
- [31] CEN ISO/TR 3834-6, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 6: Richtlinie zur Einführung von ISO 3834 (ISO/TR 3834-6:2007)*
- [32] EN ISO 2320, *Sechskantmuttern aus Stahl mit Klemmteil — Mechanische und funktionelle Eigenschaften (ISO 2320:1997)*
- A1**
- [33] EN ISO 4628 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Bewertung von Beschichtungsschäden; Beurteilung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen **A1***
- [34] EN ISO 7040, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz), Typ 1 — Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7040:1997)*
- [35] EN ISO 7042, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 2 — Festigkeitsklassen 5, 8, 10 und 12 (ISO 7042:1997)*
- [36] EN ISO 7719, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 1 — Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7719:1997)*
- [37] EN ISO 10511, *Sechskantmuttern mit Klemmteil niedrige Form (mit nichtmetallischem Einsatz) (ISO 10511:1997)*
- [38] EN ISO 10512, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz), Typ 1, mit metrischem Feingewinde — Festigkeitsklassen 6, 8 und 10 (ISO 10512:1997)*
- [39] EN ISO 10513, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 2, mit metrischem Feingewinde — Festigkeitsklassen 8, 10 und 12 (ISO 10513:1997)*
- [40] EN ISO 9000, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005)*

DIN EN 1090-2:2011-10
EN 1090-2:2008+A1:2011 (D)

- [41] EN ISO 21670, *Sechskant-Schweißmuttern mit Flansch (ISO 21670:2003)*
- [42] EN ISO 17652-2, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 2: Schweißseigenschaften von Fertigungsbeschichtungen (ISO 17652-2:2003)*
- [43] ISO 1803, *Hochbau — Toleranzen — Darstellung der Abmessungsgenauigkeit — Grundsätze und Terminologie*
- [44] ISO 3443-1, *Hochbau; Bautoleranzen — Teil 1: Grundlagen für die Bewertung und Vorschreibung*
- [45] ISO 3443-2, *Hochbau; Bautoleranzen — Teil 2: Methode zur Passungsvoraussage*
- [46] ISO 3443-3, *Hochbau; Bautoleranzen — Teil 3: Verfahren zur Festlegung des Sollmaßes und Vorausberechnung der Passungen*
- [47] ISO 10005, *Qualitätsmanagement — Leitfaden für Qualitätsmanagementpläne*
- [48] ISO/TR 15608, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen*
- [49] ISO/TR 17663, *Schweißen — Richtlinien für Qualitätsanforderungen zur Wärmebehandlung beim Schweißen und bei verwandten Prozessen*
- [50] ISO/TR 20172, *Schweißen — Werkstoffgruppeneinteilung — Europäische Werkstoffe (ISO/TR 20172:2006)*
- [51] ASTM A325-06, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*
- [52] FORCE Technology Report No. 94.34, *Reference colour charts for purity of purging gas in stainless steel tubes*. J. Vagn Hansen. revised May 2006
- [53] ECCS No 79, *European recommendations for bolted connections with injection bolts*; August 1994
- [54] BCSA and Galvanizers Association Publication No. 40/05 — *Galvanizing structural steelwork — An approach to the management of liquid metal assisted cracking*; 2005
- [55] **A1** DAST-Richtlinie 022 *Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen* **A1**
- A1**
- [56] JRC *Scientific and technical reports. Hot-dip zinc coating of prefabricated structural steel components* **A1**

DIN EN 1993-5**DIN**

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-5:2007-07 und
DIN EN 1993-5
Berichtigung 1:2009-12**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 5: Pfähle und Spundwände;
Deutsche Fassung EN 1993-5:2007 + AC:2009**Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 5: Piling;
German version EN 1993-5:2007 + AC:2009Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 5: Pieux et palplanches;
Version allemande EN 1993-5:2007 + AC:2009

Gesamtumfang 94 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1993-5:2010-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-5:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-19 AA „Stahlpundwände und Stahlpfähle“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

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

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

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-5:2000-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-5:2007-07 und DIN EN 1993-5 Berichtigung 1:2009-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN V ENV 1993-5: 2000-10

DIN EN 1993-5: 2007-07

DIN EN 1993-5 Berichtigung 1: 2009-12

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1993-5

Februar 2007

+AC

Mai 2009

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-5:1998

Deutsche Fassung

**Eurocode 3 —
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten —
Teil 5: Pfähle und Spundwände**

Eurocode 3 —
Design of steel structures —
Part 5: Piling

Eurocode 3 —
Calcul des structures en acier —
Partie 5: Pieux et palplanches

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 13. Mai 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-5:2007 eingearbeitet.

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

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

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



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

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	5
Hintergrund des Eurocode-Programms	5
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	6
Nationale Fassungen der Eurocodes	7
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ)	7
Zusätzliche Hinweise zu EN 1993-5	7
Nationaler Anhang zu EN 1993-5.....	8
1 Allgemeines	9
1.1 Anwendungsbereich	9
1.2 Normative Verweisungen	10
1.3 Annahmen	11
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	11
1.5 Begriffe	11
1.6 Symbole	12
1.7 Einheiten	13
1.8 Begriffsbestimmung	13
1.9 Vereinbarung für die Spundbohlenachsen	22
2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion.....	22
2.1 Allgemeines	22
2.2 Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	23
2.3 Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	24
2.4 Baugrunderkundungen und Bodenparameter.....	24
2.5 Statische Berechnung	24
2.5.1 Allgemeines	24
2.5.2 Bestimmung der Einwirkungen.....	25
2.5.3 Tragwerksberechnung	25
2.6 Versuchsgestützte Bemessung	26
2.6.1 Allgemeines	26
2.6.2 Tragpfähle.....	26
2.6.3 Stahlspundwände	26
2.6.4 Verankerung	26
2.7 Rammbarkeit	26
3 Werkstoffeigenschaften	27
3.1 Allgemeines	27
3.2 Tragpfähle.....	27
3.3 Warmgewalzte Stahlspundbohlen	27
3.4 Kaltgeformte Stahlspundbohlen	28
3.5 Profile für Gurtungen und Aussteifungen.....	28
3.6 Verbindungsmittel	28
3.7 Stahlteile für Anker	28
3.8 Stahlteile für kombinierte Spundwände	28
3.9 Bruchzähigkeit	29
4 Dauerhaftigkeit.....	29
4.1 Allgemeines	29
4.2 Dauerhaftigkeitsanforderungen für Tragpfähle.....	31
4.3 Dauerhaftigkeitsanforderungen an Spundwände	31
4.4 Korrosionsraten für die Bemessung	32

5	Grenzzustände der Tragfähigkeit	33
5.1	Grundlagen	33
5.1.1	Allgemeines	33
5.1.2	Bemessung	33
5.1.3	Ermüdung.....	34
5.2	Spundwände	34
5.2.1	Querschnittsklassifizierung	34
5.2.2	Spundwände bei Biegung und Querkraft.....	35
5.2.3	Spundwände mit Biegung, Quer- und Normalkraft.....	39
5.2.4	Lokale Auswirkungen von Wasserdrücken	44
5.2.5	Flachprofile	45
5.3	Tragpfähle	48
5.3.1	Allgemeines	48
5.3.2	Bemessungsverfahren und -hinweise.....	48
5.3.3	Stahlpfähle	48
5.3.4	Betongefüllte Tragpfähle	50
5.4	Trägerpfahlwände.....	50
5.5	Kombinierte Wände.....	50
5.5.1	Allgemeines	50
5.5.2	Füllelemente.....	51
5.5.3	Verbindungselemente	52
5.5.4	Tragelemente	52
6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	53
6.1	Grundlagen	53
6.2	Verformungen von Stützwänden	53
6.3	Verformungen von Tragpfählen.....	53
6.4	Konstruktive Aspekte von Stahlspundwänden.....	53
7	Anker, Gurtungen, Aussteifungen und Anschlüsse.....	55
7.1	Allgemeines	55
7.2	Verankerungen	55
7.2.1	Allgemeines	55
7.2.2	Grundlegende Bemessungsbestimmungen	56
7.2.3	Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	56
7.2.4	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	57
7.2.5	Anforderungen an die Dauerhaftigkeit.....	57
7.3	Gurtungen und Aussteifungen	57
7.4	Verbindungen	58
7.4.1	Allgemeines	58
7.4.2	Tragpfähle	58
7.4.3	Verankerung.....	60
8	Ausführung	64
8.1	Allgemeines	64
8.2	Stahlspundwände.....	64
8.3	Tragpfähle	64
8.4	Verankerungen	64
8.5	Gurtungen, Steifen und Verbindungen	64
Anhang A (normativ) Dünnwandige Stahlspundwände.....		65
A.1 Allgemeines		65
A.1.1	Geltungsbereich	65
A.1.2	Form von kaltgeformten Stahlspundbohlen.....	65
A.1.3	Begriffe	65
A.2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion		66
A.2.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit	66
A.2.2	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	66

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Seite

A.3	Werkstoff- und Querschnittseigenschaften	66
A.3.1	Werkstoffeigenschaften	66
A.3.2	Querschnittseigenschaften	68
A.4	Lokales Beulen.....	69
A.5	Querschnittswiderstand.....	71
A.5.1	Allgemeines.....	71
A.5.2	Biegemoment	72
A.5.3	Querkräfte.....	73
A.5.4	Lokale Einleitung querverrichteter Kräfte	73
A.5.5	Kombination aus Querkraft und Biegemoment.....	74
A.5.6	Kombination aus Biegemoment und lokalen querverrichteten Kräften.....	74
A.5.7	Kombination aus Biegemoment und Normalkraft.....	74
A.5.8	Lokale Querbiegung	74
A.6	Rechnerischer Nachweis	75
A.7	Versuchsgestützte Bemessung	75
A.7.1	Grundlagen.....	75
A.7.2	Bedingungen	76
A.7.3	Querschnittswerte auf der Grundlage von Versuchen	76
Anhang B (informativ) Versuche mit dünnwandigen Spundbohlen		77
B.1	Allgemeines.....	77
B.2	Versuche mit Einfeldträgern	77
B.3	Versuche am Zwischenlager	78
B.4	Versuche mit Zweifeldträgern	79
B.5	Auswertung der Versuchsergebnisse	80
B.5.1	Allgemeines.....	80
B.5.2	Anpassung von Versuchsergebnissen	80
B.5.3	Charakteristische Werte.....	80
B.5.4	Bemessungswerte	80
Anhang C (informativ) Anleitung zur Bemessung von Stahlspundwänden.....		82
C.1	Bemessung von Spundbohlenquerschnitten für den Grenzzustand der Tragfähigkeit	82
C.1.1	Allgemeines.....	82
C.1.2	Nachweis von Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitten.....	83
C.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	85
Anhang D (informativ) Tragelemente bei kombinierten Spundwänden.....		87
D.1	I-Profile als Tragelemente	87
D.1.1	Allgemeines.....	87
D.1.2	Nachweismethode	87
D.2	Rohrpfähle als Tragelemente	89
D.2.1	Allgemeines.....	89
D.2.2	Nachweismethode	91

Vorwort

Diese Europäische Norm EN 1993-5 + AC:2009, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 5: Pfähle und Spundwände* wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. CEN/TC 250 ist verantwortlich für alle Eurocodes.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-5:1998.

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

Hintergrund des Eurocode-Programms

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

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

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

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

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

EN 1990, *Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*

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

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*

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

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

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

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

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

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

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

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

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

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

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

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten²⁾ auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen.³⁾ Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

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

3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument

- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
- b) Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
- c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

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

Nationale Fassungen der Eurocodes

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

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

- Zahlenwerte für γ -Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

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

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

Zusätzliche Hinweise zu EN 1993-5

EN 1993-5 liefert in Ergänzung zu der Grundnorm EN 1993-1 Bemessungsregeln für stählerne Spundwände und Tragpfähle.

EN 1993-5 ist für die Anwendung gemeinsam mit den Eurocodes EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*, EN 1991, *Einwirkungen auf Tragwerke* und EN 1997-Teil 1, *Geotechnischer Entwurf und Berechnung* bestimmt.

Regelungen in diesen Normen werden nicht noch einmal wiederholt.

EN 1993-5 ist bestimmt für

- Komitees, die Produkt-, Prüf- oder Ausführungsnormen schreiben, die sich auf Bemessungsregeln beziehen,
- Auftraggeber (z. B. für die Formulierung technischer Anforderungen),
- Entwurfsbüros und ausführende Firmen,
- die zuständigen Behörden.

4) Siehe Artikel 3.3 und Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagen-dokumentes Nr 1.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte oder andere Parameter, die empfohlen werden, stellen eine Grundlage mit akzeptablem Sicherheitsmaß dar. Die Empfehlungen beruhen auf einem angemessenen Ausführungsstandard und einem geeigneten Qualitätsmanagement.

Die Anhänge A und B dienen der Vervollständigung der Bestimmungen in EN 1993-1-3 für Stahlspundwände mit Klasse 4 – Querschnitten.

Anhang C liefert Hinweise zur plastischen Bemessung von Stützkonstruktionen aus Stahlspundwänden.

Anhang D zeigt einen möglichen Satz von Bemessungsregeln für primäre Tragelemente von kombinierten Wänden.

Zur geotechnischen Bemessung, die in dieser Norm nicht behandelt ist, sollte EN 1997 herangezogen werden.

Nationaler Anhang zu EN 1993-5

Die Norm enthält alternative Vorgehensweisen, Zahlenwerte und Empfehlungen für Klassen, die mit Anmerkungen versehen sind, die auf Nationale Festlegungen dazu hinweisen. Daher sollte die Nationale Norm, in die EN 1993-5 überführt ist, einen Nationalen Anhang erhalten, der die Nationalen Festlegungen enthält, die für den Bau von Hochbauten und baulichen Anlagen in dem betreffenden Land gelten.

Nationale Festlegungen sind in den folgenden Abschnitten von EN 1993-5 vorgesehen:

3.7 (1)	5.2.2 (13)	7.2.3 (2)
3.9 (1)P	5.2.5 (7)	7.4.2 (4)
4.4 (1)	5.5.4 (2)	A.3.1 (3)
5.1.1 (4)	6.4 (3)	B.5.4 (1)
5.2.2 (2)	7.1 (4)	D.2.2 (5)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Teil 5 der EN 1993 enthält Grundsätze und Anwendungsregeln für den Entwurf, die Bemessung und Konstruktion von Pfählen und Spundwänden aus Stahl.

(2) Diese Norm liefert ebenso Beispiele zur konstruktiven Gestaltung von Gründungs- und Stützwandkonstruktionen.

(3) Der Anwendungsbereich umfasst:

- Stahlpfahlgründungen für Ingenieurbauwerke an Land und im Wasser;
- temporäre oder permanente Konstruktionen, die Ausführungen mit Stahlpfählen oder Stahlspundwänden erfordern;
- temporäre oder permanente Stützwandkonstruktionen aus stählernen Spundwandprofilen einschließlich aller Formen von kombinierten Spundwänden.

(4) Der Anwendungsbereich schließt aus:

- Bohrplattformen;
- Dalben.

(5) Teil 5 der EN 1993 enthält auch Anwendungsregeln für betongefüllte Stahlpfähle.

(6) Besondere Anforderungen an eine Erdbebenbemessung sind nicht enthalten. In Fällen, bei denen die Wirkung von Bodenbewegungen infolge Erdbeben von Bedeutung ist, ist EN 1998 zu beachten.

(7) Bemessungs- und Konstruktionsregeln werden auch für Gurtungen, Aussteifungen und Anker angegeben, siehe Abschnitt 7.

(8) Die Bemessung von Spundwänden für Querschnitte der Klassen 1, 2 und 3 ist in den Abschnitten 5 und 6 geregelt, während die Bemessung von Querschnitten in Klasse 4 in Anhang A behandelt wird.

ANMERKUNG Versuche an Spundwänden der Klasse 4 werden in Anhang B behandelt.

(9) Das Bemessungsverfahren für verpresste U-Bohlen und für Flachprofile verwendet Bemessungswiderstände, die aus Versuchen ermittelt werden. Zu den Prüfverfahren wird auf EN 10248 verwiesen.

(10) Geotechnische Aspekte sind in diesem Dokument nicht enthalten. Stattdessen wird auf EN 1997 verwiesen.

(11) Regelungen zur Berücksichtigung der Auswirkung von Korrosion bei der Bemessung von Pfählen und Spundwänden sind in Abschnitt 4 enthalten.

(12) Die Möglichkeit der plastischen globalen Tragwerksberechnung nach EN 1993-1-1, 5.4.3 ist in 5.2 berücksichtigt.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bemessung von Spundwänden unter Berücksichtigung einer plastischen Tragwerksberechnung liefert Anhang C.

(13) Die Bemessung von kombinierten Spundwänden im Grenzzustand der Tragfähigkeit wird in Abschnitt 5 behandelt. Dort werden auch allgemeine Regeln für die Bemessung der Tragelemente angegeben.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bemessung von Hohlprofilen und I-Profilen als Tragelemente liefert Anhang D.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)**1.2 Normative Verweisungen**

Diese Europäische 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 Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

EN 1992, *Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Baulicher Brandschutz*

EN 1993-1-3, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Kaltgeformte dünnwandige Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-5: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Aus Blechen zusammengesetzte Bauteile*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-6: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Festigkeit und Stabilität von Schalentragwerken*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Bemessung und Konstruktion von Anschlüssen und Verbindungen*

EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-9: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Ermüdungsfestigkeits von Stahlbauteilen*

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-10: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Werkstoffwahl im Hinblick auf Zähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

EN 1993-1-11, *Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit stählernen Zugelementen*

EN 1994, *Eurocode 4: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahl-Beton-Verbundbauten*

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

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

EN 10002, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch*

EN 10027, *Bezeichnungssysteme für Stähle*

EN 10210, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10219, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen*

EN 10248, *Warmgewalzte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 10249, *Kaltgeformte Spundbohlen aus unlegierten Stählen*

EN 1536, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Bohrpfähle*

EN 1537, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verpressanker*

EN 12063, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Spundwandkonstruktionen*

EN 12699, *Ausführung spezieller geotechnischer Arbeiten (Spezialtiefbau) — Verdrängungspfähle*

EN 14199, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)*

EN 10045, *Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy*

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

1.3 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den allgemeinen Annahmen in EN 1990 gelten folgende Annahmen:

Der Einbau und die Herstellung der Stahlpfähle und Stahlspundwände erfolgen nach EN 12699, EN 14199 und EN 12063.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1)P Es gelten die Regelungen der EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

Für den Anwendungsbereich dieser Norm gelten die folgenden Begriffe.

1.5.1

Gründung

Teil eines Bauwerks einschließlich der Pfähle und möglicherweise Pfahlköpfe

1.5.2

Stützwandkonstruktion

ein Bauwerkselement, bestehend aus Wänden, welche das Erdreich, ähnliche Stoffe und/oder Wasser zurückhalten; gegebenenfalls gehören auch Lagerungen (z. B. Anker) dazu

1.5.3

Boden-Bauwerk-Interaktion

die gegenseitige Beeinflussung der Verformungen des Bodens und der Gründung bzw. Stützwandkonstruktion

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

1.6 Symbole

(1) Folgende Hauptsymbole werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

c Steglänge der Stahlspundwand, siehe Bild 5-1;

α Stegwinkel, siehe Bild 5-1.

(2) Folgende Abkürzungen werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

red reduziert.

(3) Folgende wichtige Symbole werden zusätzlich zu denen in EN 1993-1-1 verwendet:

A_v Projizierte Schubfläche, siehe Bild 5-1;

F_{Ed} Bemessungswert der Ankerkraft;

$F_{Q,Ed}$ Zusätzliche horizontale Kraft aus dem Knicken der Wand, die am Spundwandfuß aufgenommen werden muss, so dass die Annahme einer vollwirksamen seitlichen Abstützung für das Knicken gilt, siehe Bild 5-4;

$F_{t,Rd}$ Grenzzugbeanspruchbarkeit des Ankers;

$F_{t,Ed}$ Bemessungswert der umlaufenden Zugkraft in einem Zellenfangdamm;

$F_{t,ser}$ Axiale Kraft in einem Anker unter charakteristischer Belastung;

$F_{ta,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in einem Bogenelement eines Zellenfangdamms;

$F_{tc,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in der gemeinsamen Wand eines Zellenfangdamms;

$F_{tg,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Ankerschafts;

$F_{tm,Ed}$ Bemessungswert der Zugkraft in der Hauptzelle des Zellenfangdamms;

$F_{ts,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des einfachen Flachbohlenprofils;

$F_{tt,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Ankergewindes;

$R_{c,Rd}$ Beanspruchbarkeit einer Spundwand gegen eine lokale quergerichtete Kraft;

$R_{tw,Rd}$ Zugkraftbeanspruchbarkeit des Spundwandsteges gegen die Lasteinleitung einer lokalen quergerichteten Kraft;

$R_{Vf,Rd}$ Schubkraftbeanspruchbarkeit des Spundwandflansches gegen die Lasteinleitung einer lokalen quergerichteten Kraft;

$p_{m,Ed}$ Bemessungswert des Innendrucks in der Hauptzelle eines Zellenfangdamms;

r_a Radius des Verbindungsbogens zwischen den Hauptzellen eines Kreiszellenfangdamms;

r_m Radius der Hauptzelle eines Kreiszellenfangdamms;

t_f	Nennwert der Flanschdicke der Spundbohle;
t_w	Nennwert der Stegdicke der Spundbohle;
β_B	Abminderungsfaktor des Widerstandsmomentes von U-Bohlen zur Berücksichtigung einer unzureichenden Schubkraftübertragung im Schloss;
β_D	Abminderungsfaktor der Biegesteifigkeit von U-Bohlen zur Berücksichtigung einer unzureichenden Schubkraftübertragung im Schloss;
β_R	Faktor für den Schlosswiderstand von Flachprofilen;
β_T	Faktor zur Berücksichtigung des Verhaltens von geschweißten Verbindungsbohlen im Grenzzustand der Tragfähigkeit;
$\beta_{o,l}$	Abminderungsfaktor zur Berücksichtigung des durch Ovalisation der Rohre reduzierten Flächenträgheitsmomentes um die Wandachse;
ρ_P	Faktor zur Berücksichtigung der Effekte der Wasserdruckbeanspruchung auf die Plattenbiegung.

(4) Weitere Symbole und Abkürzungen sind definiert, wo sie zum ersten Mal auftreten.

1.7 Einheiten

(1) Es sollten die SI-Einheiten nach ISO 1000 verwendet werden.

(2) Die folgenden Einheiten sind bei der Berechnung empfohlen:

— Kräfte und Lasten:	kN, kN/m, kN/m ² ;
— Masseneinheiten:	kg/m ³ ;
— Gewichtseinheiten:	kN/m ³ ;
— Spannungen und Festigkeiten:	N/mm ² (MN/m ² oder MPa);
— Biegemomente:	kNm;
— Torsionsmomente:	kNm.

1.8 Begriffsbestimmung

Für diese Norm werden folgende Begriffe verwendet:

ANMERKUNG Bild 1-1 bis Bild 1-10 sind nur Beispiele zum Verständnis der Begriffe. Die Beispiele sind keineswegs vollständig und stellen keine bevorzugte Ausführung dar.

1.8.1

Verankerung

dies ist die allgemeine Bezeichnung für ein rückwärtiges Verankerungssystem für eine Stützwand, z. B. Tote-Männer, Ankerplatten oder Ankerwände, Gewindeanker, geschraubte Erdanker, Ankerpfähle und Expansionsanker. Beispiele für Anschlüsse zwischen Anker und Spundwände sind in Bild 1-1 dargestellt.

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

1.8.2

rückverankerte Wand

eine Wand, deren Stabilität von der Einbindung der Spundwand in den Boden und zusätzlich von einer oder mehreren Ankerlagen abhängig ist

1.8.3

Tragpfähle

Konstruktionselemente (Hohlprofile, H-Profile, kreuz- oder X-förmige Profile), die in Gründungen von Hoch- oder Ingenieurbauten zur Aufnahme von axialen Zug- oder Druckkräften, Momenten und Querkräften (siehe Tabelle 1-1) verwendet werden. Die Tragfähigkeit wird durch den Spitzenwiderstand oder die Mantelreibung oder die Kombination von beidem erreicht.

1.8.4

Aussteifungen

senkrecht oder im Winkel zur Stützwandvorderseite angeordnete Streben, die die Wand abstützen und gewöhnlich an Gurtungen angeschlossen sind (siehe Bild 1-2)

1.8.5

ungestützte Wand

ein Wand, deren Stabilität allein von der Einbindung der Profile im Boden abhängig ist

1.8.6

Zellenfangedämme

Zellenfangedämme bestehen aus Flachprofilen, die eine ausreichende Schlosszugfestigkeit besitzen, um die umlaufenden Zugkräfte in den kreisförmigen Zellen infolge des Innendrucks der Füllung aufzunehmen (siehe Bild 1-3). Die Standsicherheit der Zellen wird durch das Eigengewicht der Füllung erreicht. Es gibt zwei Typen von Zellenfangedämmen:

- Zellenfangedämme aus kreisförmigen Zellen: Dieser Typ besteht aus einzelnen Zellen mit großen Kreisdurchmessern, die über Bögen mit kleinerem Durchmesser verbunden sind (siehe Bild 1-4a);
- Zellenfangedämme aus flachen Zellen: Dieser Typ besteht aus zwei Reihen von kreisförmigen Bögen, die durch rechtwinklig zur Dammachse angeordnete Querschotte miteinander verbunden sind. (siehe Bild 1-4b).

1.8.7

kombinierte Spundwände

Stützwände, die aus Trag- und Zwischenelementen bestehen. Die Tragelemente sind häufig Rohrprofile, I-Profile oder geschweißte Hohlkästen, die in gleichmäßigen Abständen über die Wandlänge verteilt sind. Die Zwischenelemente sind im Allgemeinen Spundbohlen verschiedener Profile, die zwischen den Tragelementen eingebaut und durch Schlösser mit diesen verbunden sind (siehe Bild 1-5).

1.8.8

Doppel-U-Bohlen

zwei U-Bohlen, die in ihrem gemeinsamen Schloss durch Verpressen oder Verschweißen verbunden sind und so die Übertragung der Schubkräfte ermöglichen

1.8.9

Rammfähigkeit

Fähigkeit einer Spundbohle oder eines Tragpfahles, ohne Schaden durch die Bodenschichten bis auf die erforderliche Einbindetiefe eingebracht werden zu können

1.8.10

Einbringen

Methode, mit der eine Bohle oder ein Pfahl in den Boden auf die erforderliche Tiefe eingebracht wird, z. B. durch Schlagrammen, Vibrationsrammen, Pressen, Drehen oder durch eine Kombination dieser oder anderer Methoden

1.8.11**Trägerpfahlwand**

Stützwand, die aus Stahlträgern derselben Geometrie zusammengesetzt und durch Schlösser verbunden wird. Diese Elemente können aus geschweißten Profilen bestehen, siehe Bild 1-6, um ein hohes Widerstandsmoment des Querschnitts zu erreichen.

1.8.12**Schloss**

Teil einer Spundbohle oder anderer Verbauelemente, der benachbarte Elemente mittels Daumen-Finger-Verhakung oder ähnlicher Ausbildungen miteinander verbindet, so dass eine durchgängige Wand entsteht. Die Schlossverbindungen können bezeichnet werden als

- frei: Eingefädelte Schlösser, die weder verschweißt noch verpresst sind;
- verpresst: Die Schlösser der zusammengesetzten Einzelbohlen sind mechanisch durch Verpresspunkte verbunden;
- verschweißt: Die Schlösser der zusammengesetzten Einzelbohlen sind mechanisch durch durchgängige oder unterbrochene Verschweißungen verbunden.

1.8.13**Verbundwände in Winkelform**

spezielle Spundwandausführung, bei der die Einzelbohlen entweder zur Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes der Wand (siehe Beispiel in Bild 1-7) oder zur Erfüllung besonderer Anforderungen (siehe Beispiel in Bild 1-8) winkelig zur Wandachse verlaufen

1.8.14**Pfahlkupplung**

Reibungsmanschette zur Verlängerung eines Stahlrohres oder eines X-förmigen Pfahls

1.8.15**abgestützte Wand**

Stützwand, deren Stabilität von der Einbindetiefe der Spundwand in den Boden und zusätzlich von einer oder mehreren Lagen von Aussteifungen abhängig ist

1.8.16**Trägerbohlwand (Berliner Verbau)**

Trägerbohlwände bestehen aus in gleichen Abständen eingebrachten vertikalen Pfählen und horizontalen Zwischenelementen (Tafeln, Bohlen oder Verschalung), siehe Bild 1-9. Die Pfähle können gewalzte oder geschweißte I-Profile, Rohre oder Kastenprofile sein.

1.8.17**Kastenpfähle**

nicht kreisförmige Hohlprofile, die sich aus zwei oder mehreren warmgewalzten Profilen zusammensetzen und durchgängig oder abschnittsweise in Längsrichtung verschweißt sind (siehe Tabelle 1-1)

1.8.18**Stahlrohrpfähle**

Pfähle mit kreisförmigem Querschnitt, die nahtlos gewalzt oder aus längsseitig oder spiralförmig verschweißten Blechen hergestellt werden (siehe Tabelle 1-1)

1.8.19**Stahlsplundbohle**

Dies ist ein einzelnes Stahlelemente, aus dem eine Spundwand zusammengesetzt wird. Die Bohlentypen, die in diesem Teil 5 behandelt werden, sind in Tabelle 1-2 aufgeführt: Z-förmige, U-förmige und Flachprofile. Kaltgeformte Bohlen sind in Tabelle A-1 in Anhang A gegeben. Die Schlösser von Z-Bohlen liegen in der äußeren Wandfläche, während sich die Schlösser von U-Bohlen und Flachbohlen in der Stützwandachse befinden.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

1.8.20**Stahlpundwand**

durchgängige flächenförmige Stützwandkonstruktion aus Spundbohlen, die sich durch die Wirksamkeit der Schlösser ergibt

1.8.21**T-Verbindung**

Sonderelement, siehe Bild 1-10, das zwei Hauptzellen eines Fangedamms über Bögen mit kleineren Durchmessern miteinander verbindet, siehe Bild 1-3

1.8.22**Dreifach-U-Bohlen**

Eine aus drei einzelnen U-Bohlen zusammengesetzte Mehrfachbohle. Die beiden gemeinsamen Schlösser ermöglichen durch Verpressen oder Verschweißen die Übertragung der Schubkräfte.

1.8.23**Gurtung**

horizontaler Balken, in der Regel aus Stahl oder Stahlbeton, der an der Stützwand angebracht wird, um die Auflagerlasten der Wand in die Zuganker und Steifen zu übertragen

Tabelle 1-1 — Beispiele für Querschnitte von Tragpfählen aus Stahl

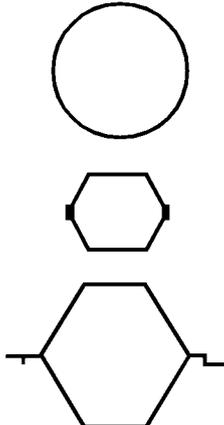
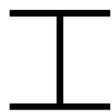
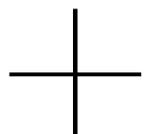
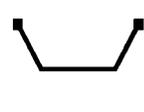
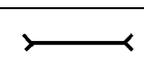
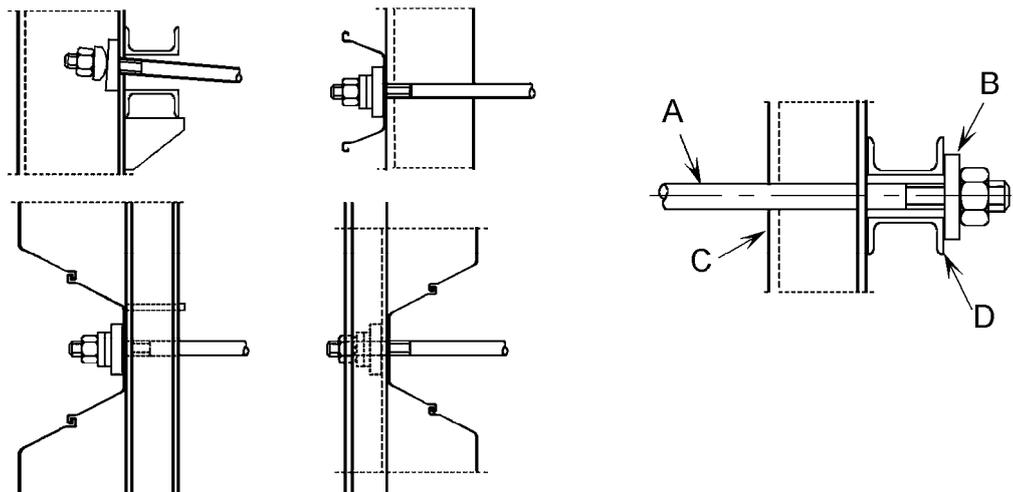
Querschnittstypen	Darstellung
Hohlprofile (Beispiele), siehe Anmerkung	
H-Profil	
X-Profil	
ANMERKUNG Für Ausführungsdetails wird auf EN 12699 und EN 14199 verwiesen.	

Tabelle 1-2 — Stahlspundwände

Querschnittstyp	Einzelbohle	Doppelbohle
Z-Profile		
U-Profile		
Flachprofile		
ANMERKUNG Für Details der Schlösser wird auf EN 10248 verwiesen.		

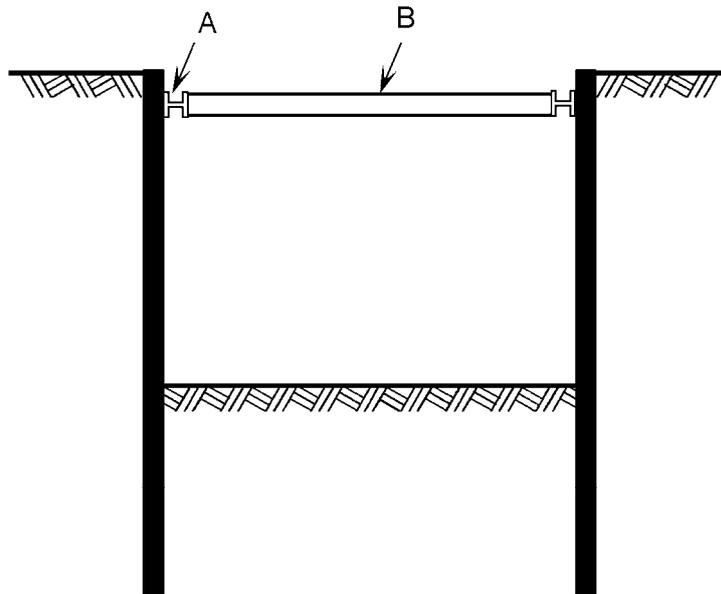


Legende

- A Zuganker
- B Ankerplatte
- C Spundbohle
- D Gurtung

Bild 1-1 — Beispiele für die Verbindung zwischen Ankern und Spundwänden

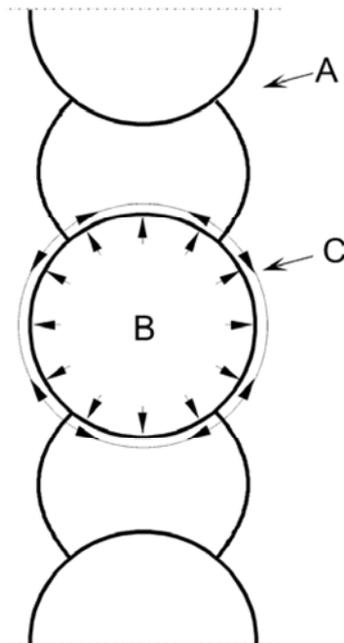
DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)



Legende

- A Gurtung
- B Aussteifung

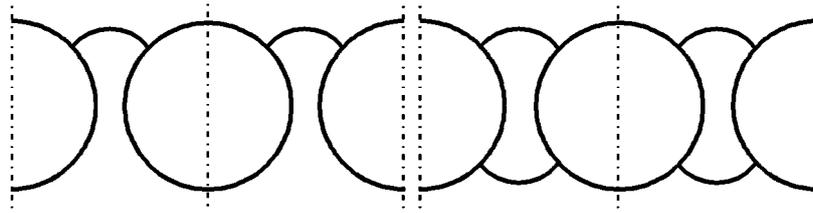
Bild 1-2 — Beispiel für eine Aussteifung



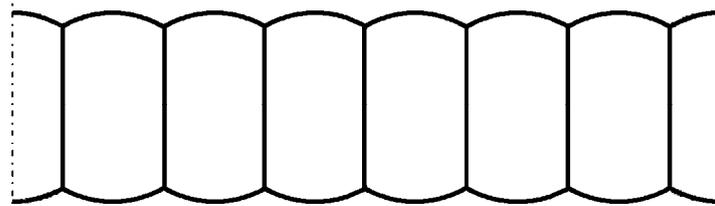
Legende

- A T-Verbindung
- B Innendruck
- C ringförmige Zugkraft

Bild 1-3 — Zellenfangedämme

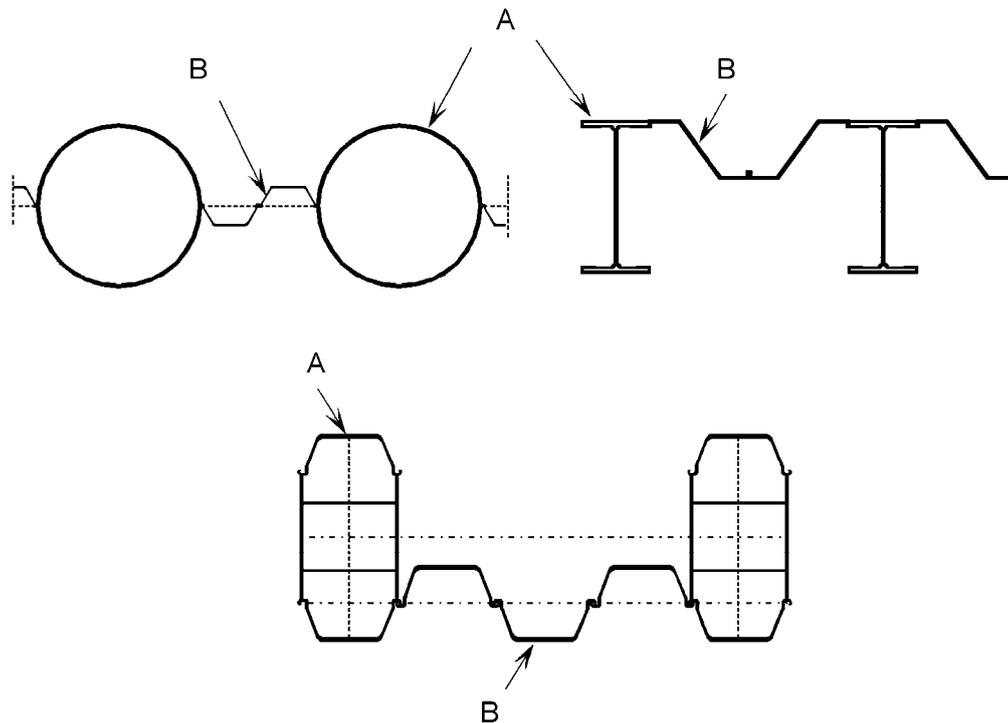


a) Konstruktion aus kreisförmigen Zellen



b) Konstruktion aus flachen Zellen

Bild 1-4 — Beispiel für Zellenfangedämme

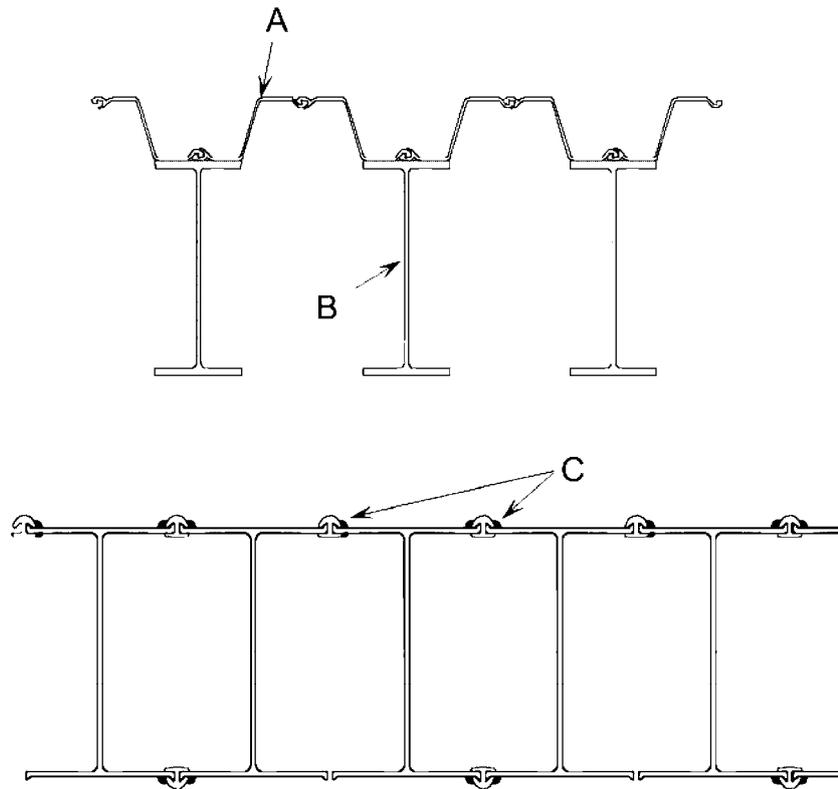


Legende

- A Tragelement
- B Zwischenelement

Bild 1-5 — Beispiele für kombinierte Spundwände

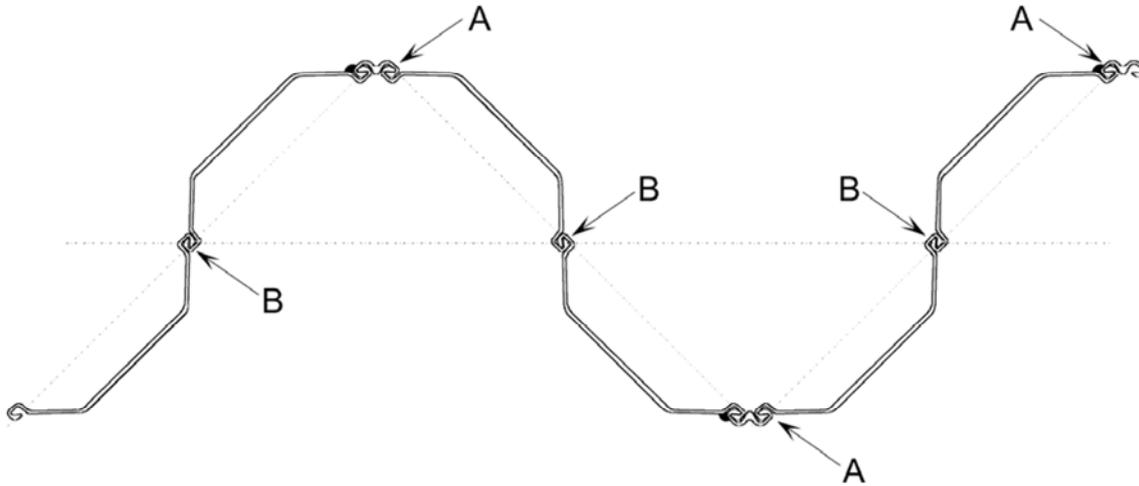
DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)



Legende

- A auf I-Profil angeschweißte Spundbohle
- B I-Profil
- C am I-Profil angeschweißtes Schlossprofil

Bild 1-6 — Beispiele für Trägerpfahlwände



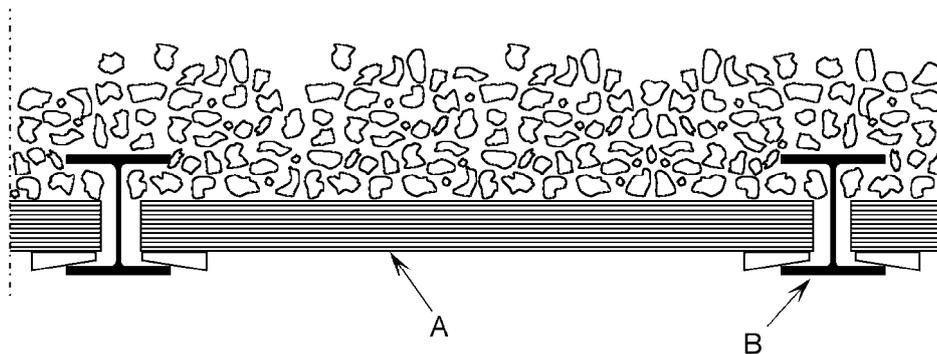
Legende

- A einseitig an einer U-Bohle angeschweißtes Verbindungsstück
- B Verpresstes Schloss

Bild 1-7 — Beispiel für Verbundwände in Winkelform aus U-Profilen



Bild 1-8 — Beispiel für eine Verbundwand in Winkelform aus Z-Profilen



Legende

- A Verschalung, Tafeln, Bohlen
- B Tragbohle

Bild 1-9 — Beispiel für eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau)

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

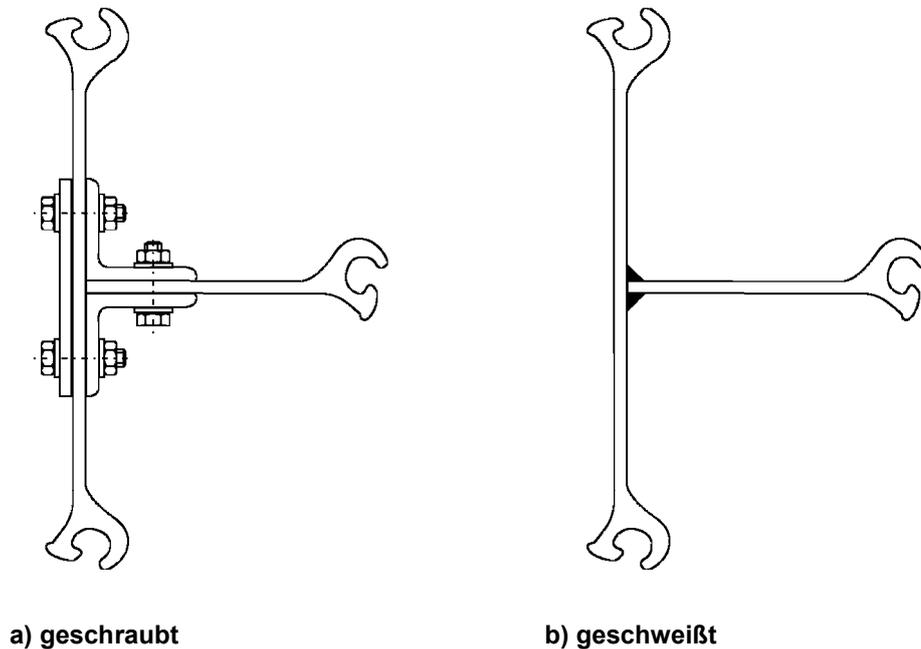


Bild 1-10 — Beispiele für T-Verbindungen

1.9 Vereinbarung für die Spundbohlenachsen

(1) Für Spundwände wird die folgende Achsenvereinbarung getroffen:

- allgemein
 - x-x ist die Längsachse der Bohle;
 - y-y ist die Querschnittsachse parallel zur Stützwand;
 - z-z ist die andere Querschnittsachse;
- falls notwendig
 - u-u ist die zur Stützwandachse nächstgelegene Querschnittshauptachse, wenn diese nicht mit y-y übereinstimmt;
 - v-v ist die andere Querschnittshauptachse, wenn diese nicht mit z-z übereinstimmt.

ANMERKUNG Diese Vereinbarung weicht von der Achsenvereinbarung in EN 1993-1-1 ab. Dieses ist bei Querverweisen zu Teil 1-1 zu beachten.

2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion

2.1 Allgemeines

(1)P Für die Bemessung von Tragpfählen und Spundwänden einschließlich der Bemessung der Gurtungen, Aussteifungen und Anker sind die Regelungen in EN 1990 anzuwenden, es sei denn, dieses Dokument liefert abweichende Regeln.

(2) Nachfolgend werden besondere Regelungen für den Entwurf, die Bemessung und die Konstruktion von Tragpfählen und Spundwänden angegeben, um die Anforderungen an die Sicherheit und Dauerhaftigkeit für die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit zu erfüllen.

(3) Die Tragfähigkeit des Bodens sollte nach EN 1997-1 bestimmt werden.

(4)P Es sind alle Bemessungssituationen in jeder Phase der Bauausführung und der Nutzung zu berücksichtigen, siehe EN 1990.

(5) Die Rammfähigkeit der Tragpfähle und Spundbohlen sollte bei Entwurf und Bemessung der Konstruktion berücksichtigt werden, siehe 2.7.

(6) Wenn nichts anderes angegeben ist, gelten die in diesem Dokument angegebenen Regeln gleichermaßen für temporäre und permanente Bauwerke, siehe EN 1990.

(7) Nachfolgend wird eine Unterscheidung zwischen Tragpfählen und Stützwänden gemacht, wenn dies notwendig ist.

(8) Regelungen zu Gurtungen, Aussteifungen, Verbindungen und Ankern befinden sich in Abschnitt 7.

2.2 Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1)P Es sind die nachfolgenden Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit zu berücksichtigen:

- a) Versagen des Bauwerks durch Versagen des Bodens (die Tragfähigkeit des Bodens ist überschritten);
- b) Tragwerksversagen;
- c) Kombination des Boden- und Tragwerksversagens.

ANMERKUNG Versagen benachbarter Bauwerke kann durch Verformungen infolge des Aushubs verursacht werden. Wenn benachbarte Bauwerke empfindlich gegenüber diesen Verformungen sind, können Empfehlungen für die Vorgehensweise für den Einzelfall angegeben werden.

(2) Die Kriterien für den Grenzzustand der Tragfähigkeit sollten in Übereinstimmung mit EN 1997-1 nachgewiesen werden.

(3) Abhängig von der Bemessungssituation sollte der Bauteilwiderstand für eine oder mehrere der nachfolgenden Versagensarten nachgewiesen werden:

— für Tragpfähle:

- Versagen infolge Biegung- und/oder Normalkraft;
- Versagen infolge Biegeknicken unter Berücksichtigung der Zwängungen, die durch den Boden und die Stützkonstruktion sowie deren Anschlüsse erzeugt werden;
- lokales Versagen an den Lasteinleitungsstellen;
- Ermüdung;

— für Stützwände:

- Versagen infolge Biegung- und/oder Normalkraft;
- Versagen infolge Biegeknicken unter Berücksichtigung der Zwängungen, die durch den Boden erzeugt werden;

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- lokales Beulen infolge Biegung;
- lokales Versagen an den Lasteinleitungsstellen (z. B. Stegblechbeulen);
- Ermüdung.

2.3 Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

(1) Soweit nichts anderes vereinbart ist, sollten die nachfolgenden Kriterien für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt werden:

— für Tragpfähle:

- Begrenzung der vertikalen Setzungen oder horizontalen Verschiebungen, die für das abzustütze Tragwerk einzuhalten sind;
- Begrenzung der Erschütterungen, die für die direkt mit den Tragpfählen verbundenen oder benachbarten Tragwerke einzuhalten sind;

— für Stützwände:

- Verformungsbegrenzungen, die für die Stützwand selbst einzuhalten sind;
- Begrenzung der horizontalen Verschiebungen, vertikalen Setzungen oder Erschütterungen, die für die Nutzung der direkt mit der Stützwand verbundenen oder benachbarten Tragwerke einzuhalten sind.

(2) Werte für die in (1) genannten Grenzen sollten im Einzelfall in Verbindung mit den dafür geltenden Lastfallkombinationen nach EN 1990 festgelegt werden.

(3) Grenzwerte, die sich aus benachbarten Tragwerken ergeben, sollten im Einzelfall festgelegt werden. Eine Anleitung für die Bestimmung dieser Grenzwerte ist in EN 1997-1 angegeben.

ANMERKUNG Die Kriterien der Gebrauchstauglichkeit dürfen für die Bemessung maßgebend sein.

2.4 Baugrunderkundungen und Bodenparameter

(1)P Parameter für den Boden und/oder Hinterfüllungen sind nach geotechnischen Untersuchungen nach EN 1997 zu bestimmen.

2.5 Statische Berechnung

2.5.1 Allgemeines

(1) Eine statische Berechnung sollte durchgeführt werden, um die Beanspruchungen (Kräfte und Biegemomente, Spannungen, Dehnungen und Verformungen) für das gesamte Tragwerk oder Teile davon zu bestimmen. Falls erforderlich, sollten zusätzliche Berechnungen für Konstruktionsdetails durchgeführt werden, z. B. für Lasteinleitungsstellen, Verbindungen usw.

(2) Die Berechnungen können mit Idealisierung der Geometrie, des Verhaltens des Tragwerks und des Bodens durchgeführt werden. Die Idealisierungen sollten entsprechend der Bemessungssituation ausgewählt werden.

(3) Außer in den Fällen, in denen die Bemessung empfindlich auf Abweichungen reagiert, darf die Bestimmung der Schnittgrößen in Pfahlgründungen und Spundwänden auf der Basis der Nennwerte der Abmessungen durchgeführt werden.

(4) Eine Brandschutzbemessung sollte nach den Festlegungen in EN 1993-1-2 und EN 1991-1-2 durchgeführt werden.

2.5.2 Bestimmung der Einwirkungen

(1) Wo zutreffend, sollten die Einwirkungen nach EN 1991 bestimmt werden, andernfalls sollten sie im Einzelfall und in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden.

(2) Bei Pfahlgründungen sollten die Einwirkungen infolge vertikaler oder quer verlaufender Bodenbewegungen (z. B. negative Mantelreibung usw.) nach EN 1997-1 bestimmt werden.

(3) Die Einwirkungen, die vom Boden auf das Tragwerk wirken, sollten mit Modellen nach EN 1997-1 bestimmt werden oder im Einzelfall und in Abstimmung mit dem Auftraggeber festgelegt werden.

(4) Wo notwendig, sollten die Auswirkungen von Temperaturänderungen mit der Zeit oder von Sonderlasten, die nicht in EN 1991 erfasst sind, berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Es kann erforderlich sein, Temperatúrauswirkungen zu berücksichtigen, z. B. für Aussteifungen, wenn große Temperaturänderungen wahrscheinlich sind. Der Entwurf darf dabei Maßnahmen vorschreiben, um den Einfluss der Temperaturänderungen zu reduzieren.

ANMERKUNG 2 Beispiele für Sonderlasten sind:

- Lasten durch fallende Gegenstände oder schwingende Kranlasten;
- Lasten von Baggern und Kränen;
- Auflasten aus Pumpen, Zugangswegen, Zwischenaussteifungen, Lagerung von Geräten oder Stapeln von Stahlbewehrung.

(5) Soweit nicht anders festgelegt, dürfen für Stützwände, die Belastungen von einer Straße oder Bahnstrecke erfahren, vereinfachte Modelle für diese Lasten (z. B. Gleichlasten) abgeleitet aus den Lasten für Brücken verwendet werden, siehe EN 1991-2.

2.5.3 Tragwerksberechnung

2.5.3.1 Allgemeines

(1) Die Tragwerksberechnung sollte mit einer geeigneten Boden-Tragwerks-Interaktion in Übereinstimmung mit EN 1997-1 durchgeführt werden.

(2) In Abhängigkeit von der Bemessungssituation können Anker als einfache starre Stützung oder als Federstützung abgebildet werden.

(3) Wenn die Verbindungen und Anschlüsse einen großen Einfluss auf die Schnittgrößenverteilung haben, sollten diese in der Tragwerksberechnung berücksichtigt werden.

2.5.3.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Die Tragwerksberechnung für Pfahlgründungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit darf mit demselben Modell durchgeführt werden wie für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

(2) Wenn außergewöhnliche Bemessungssituationen berücksichtigt werden müssen, darf die Bestimmung der Schnittgrößen in den Gründungspfählen mit einem plastischen Modell sowohl für das gesamte Tragwerk als auch für die Boden-Tragwerks-Interaktion vorgenommen werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine außergewöhnliche Bemessungssituation ist der Schiffsanprall auf einen Brückenpfeiler.

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

(3) Die Bestimmung der Schnittgrößen in Stützwänden aus Spundbohlen sollte für den Grenzzustand der Tragfähigkeit für den jeweiligen Versagensfall unter Verwendung der Boden-Tragwerks-Interaktion nach 2.5.3.1 (1) durchgeführt werden.

2.5.3.3 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

(1) Sowohl für Stützwände aus Spundbohlen als auch für Pfahlgründungen sollte die statische Berechnung auf der Grundlage eines linear elastischen Modells des Tragwerks und Boden-Tragwerksmodells, wie sie in 2.5.3.1 (1) definiert sind, durchgeführt werden.

(2) Es sollte nachgewiesen werden, dass im Tragwerk für Gebrauchslasten keine plastischen Verformungen auftreten.

2.6 Versuchsgestützte Bemessung

2.6.1 Allgemeines

(1) Die allgemeinen Regelungen für die versuchsgestützte Bemessung, die in EN 1990, EN 1993-1-1 und EN 1997-1 aufgeführt sind, sollten beachtet werden.

ANMERKUNG Eine Anleitung für die Bestimmung des Bemessungswiderstandes aus Versuchen befindet sich in EN 1990, Anhang D.

2.6.2 Tragpfähle

(1) Anleitungen für Versuche an Tragpfählen sind EN 1997-1, EN 12699 und EN 14199 zu entnehmen.

2.6.3 Stahlspundwände

(1) Die bei der Bemessung von Spundwänden getroffenen Annahmen können entsprechend dem Bauablauf durch Versuche auf der Baustelle überprüft werden (z. B. im Fall von Bodenaushub).

(2) Die Kalibrierung eines Berechnungsmodells und die Änderung des Entwurfs während der Ausführung sollten mit Bezug auf EN 1997-1 durchgeführt werden.

2.6.4 Verankerung

(1) Für die Verankerungen sollten die allgemeinen Regelungen für die versuchsgestützte Bemessung, die in EN 1997-1, EN 1537 und EN 1993-1-11 angegeben sind, beachtet werden.

2.7 Rammbarkeit

(1)P Bei der Bemessung von Pfählen und Spundbohlen sind die ausführungstechnischen Aspekte des Einbringens auf die erforderliche Einbindetiefe zu berücksichtigen. Dazu wird auf EN 12063, EN 12699 und EN 14199 verwiesen.

(2) Der Typ, die Abmessungen und die konstruktive Durchbildung der Bohlen und Pfähle sollten in Verbindung mit der Wirksamkeit der Geräte zum Rammen und Ziehen sowie des Rammverfahrens (Rammparameter) so gewählt werden, dass sie den Bedingungen des Bodens, in den die Bohlen bzw. die Pfähle eingebracht werden, entsprechen.

(3) Wenn Rammschuhe, Versteifungen oder Reibungsverminderer als Rammhilfe oder zur Verstärkung der Bohlen oder der Pfähle während des Einbringens verwendet werden, sollten die Auswirkungen auf das Verhalten während der Nutzung beachtet werden.

3 Werkstoffeigenschaften

3.1 Allgemeines

(1)P Dieser Teil 5 der EN 1993 gilt für die Bemessung von Tragpfählen und Stützwänden aus Stahl, der den in 3.2 bis 3.9 genannten Normen entspricht.

(2) Diese Norm darf auch bei anderen Baustählen angewendet werden, wenn ausreichende Daten vorhanden sind, um die Anwendung der diesbezüglichen Bemessungs- und Fertigungsregeln zu rechtfertigen. Die Versuchsdurchführungen und -auswertungen sollten den Regelungen in EN 1993-1-1, Abschnitt 2 und EN 1990 entsprechen, und die Versuchsanforderungen sollten mit den Normen, die in 3.2 bis 3.9 genannt sind, übereinstimmen.

(3)P Spundbohlen und Pfähle, die gebraucht oder als Elemente „zweiter Wahl“ verwendet werden sollen, müssen mindestens die Anforderungen bezüglich der Abmessungen und der Materialeigenschaften erfüllen und frei von Schäden oder Schadstoffen sein, welche die Festigkeit oder die Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können.

3.2 Tragpfähle

- (1) Zu Stahleigenschaften sollte EN 1993-1-1 beachtet werden.
- (2) Zu Eigenschaften von Stahlpfählen aus Stahlbohlen siehe 3.3 oder 3.4.

3.3 Warmgewalzte Stahlspundbohlen

- (1)P Warmgewalzte Stahlspundbohlen müssen EN 10248 entsprechen.
- (2) Die Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für warmgewalzte Spundbohlen dürfen Tabelle 3-1 entnommen werden. Diese entsprechen den Mindestwerten in EN 10248-1.
- (3) Zu Duktilitätsanforderungen sollte EN 1993-1-1, 3.2.2 beachtet werden.

ANMERKUNG Die in Tabelle 3-1 aufgeführten Stahlsorten genügen diesen Anforderungen.

Tabelle 3-1 — Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für warmgewalzte Stahlspundbohlen nach EN 10248-1

Stahl nach EN 10027	f_y N/mm ²	f_u N/mm ²
S240GP	240	340
S270GP	270	410
S320GP	320	440
S355GP	355	480
S390GP	390	490
S430GP	430	510

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

3.4 Kaltgeformte Stahlspundbohlen

- (1)P Kaltgeformte Stahlspundbohlen müssen EN 10249 entsprechen.
- (2) Nennwerte für die Streckgrenze f_{yb} des Grundmaterials und die Zugfestigkeit f_u für kaltgeformte Spundbohlen dürfen Tabelle 3-2 entnommen werden. Diese stimmen mit EN 10249-1 überein.

ANMERKUNG Die Streckgrenze f_{yb} ist der Nennwert der Streckgrenze des Grundmaterials, das für die Kaltverformung verwendet wird.

- (3) Zu Duktilitätsanforderungen sollte A.3.1 beachtet werden.

Tabelle 3-2 — Nennwerte der Streckgrenze f_{yb} des Grundmaterials und Zugfestigkeit f_u für kaltgeformte Stahlspundbohlen nach EN 10249-1

Stahl nach EN 10027	f_{yb} N/mm ²	f_u N/mm ²
S235JRC	235	340
S275JRC	275	410
S355JOC	355	490

3.5 Profile für Gurtungen und Aussteifungen

- (1) Zu Stahleigenschaften von Gurtungen und Aussteifungen sollte EN 1993-1-1, 3.1 und 3.2 beachtet werden.

3.6 Verbindungsmittel

- (1) Zu Eigenschaften von Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, Ankerplatten und Schweißzusatzmitteln sollte EN 1993-1-8 beachtet werden.

3.7 Stahlteile für Anker

- (1) Für Anker aus hochfestem Stahl mit einer definierten minimalen Mindeststreckgrenze $f_{y,spec}$, die nicht höher als $f_{y,spec,max}$ sein sollte, sollte EN 1537 beachtet werden.

ANMERKUNG Der Zahlenwert für $f_{y,spec,max}$ darf im Nationalen Anhang angegeben sein. Der Wert $f_{y,spec,max} = 500 \text{ N/mm}^2$ wird empfohlen.

- (2) Zu Materialeigenschaften von Ankern aus nicht-hochfestem Stahl sollten EN 1993-1-1, 3.2.1, 3.2.2 und EN 1993-5, 3.9 beachtet werden.

3.8 Stahlteile für kombinierte Spundwände

- (1)P Die Stahleigenschaften von Sonder-I-Profilen, die als Tragelemente bei kombinierten Spundwänden eingesetzt werden, müssen EN 10248 entsprechen.

- (2)P Rohre, die als Tragelemente in kombinierten Spundwänden verwendet werden, müssen EN 10210 oder EN 10219 entsprechen.

- (3) Die Stahleigenschaften von zusammengesetzten Hohlkastenpfählen, die als Tragelemente in kombinierten Spundwänden verwendet werden, sollten die Anforderungen in 3.2 erfüllen.

(4) Die Stahleigenschaften der Füllelemente in kombinierten Spundwänden sollten die Anforderungen in 3.3 oder 3.4 erfüllen.

(5)P Warmgewalzte Schlossprofile für Spundbohlen müssen mit EN 10248 übereinstimmen.

3.9 Bruchzähigkeit

(1)P Der Werkstoff muss eine ausreichende Zähigkeit besitzen, um bei den niedrigsten Betriebstemperaturen innerhalb der geplanten Nutzungsdauer des Tragwerks Sprödbruch zu vermeiden.

ANMERKUNG Die niedrigste zu berücksichtigende Betriebstemperatur darf im Nationalen Anhang angegeben sein.

(2) Für Spundwände mit einer Flanschdicke von maximal 25 mm dürfen Stähle mit den T_{27J} -Werten nach Tabelle 3-3 eingesetzt werden, vorausgesetzt, dass die niedrigste Betriebstemperatur nicht geringer als -30 °C ist.

ANMERKUNG 1 Für andere Fälle kann EN 1993-1-10 herangezogen werden.

ANMERKUNG 2 Der T_{27J} -Wert ist die Versuchstemperatur, bei der eine Kerbschlagarbeit $K_{V}(T) > 27$ Joule erforderlich ist, um den Bruch einer Probe im Kerbschlagbiegeversuch hervorzurufen. Zum Versuch siehe EN 10045.

Tabelle 3-3 — Testtemperatur T_{27J} für die Bruchzähigkeit von Spundbohlen

Streckgrenze f_y in N/mm ²		240	270	320	355	390	430
Wert von T_{27J}	niedrigste Betriebstemperatur -15 °C	35°	35°	35°	15°	15°	15°
	niedrigste Betriebstemperatur -30 °C	20°	20°	20°	0°	0°	0°

ANMERKUNG 1 Wenn sich in einem durch Zug belasteten Flansch Aussparungen befinden (z. B. für Anker), sollte die Verminderung des Querschnittswiderstandes durch eine Abminderung der Streckgrenze oder durch die effektive Querschnittsfläche berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Die Werte sind für die niedrigste Betriebstemperatur und Flanschdicken von maximal 25 mm ohne dynamische Effekte berechnet worden. Bei Flanschdicken $25 < t_f \leq 30$ mm sollten die Tabellenwerte für T_{27J} für die niedrigsten Betriebstemperaturen von -15 °C um 5 °C und für die niedrigsten Betriebstemperaturen von -30 °C um 10 °C verringert werden.

ANMERKUNG 3 Höhere Zähigkeitsanforderungen können notwendig sein, wenn die Bohlen in harte Böden bei Temperaturen unter -10 °C eingebracht werden sollen.

4 Dauerhaftigkeit

4.1 Allgemeines

(1)P Abhängig von der Aggressivität der Medien, die die Stahlbauteile umgeben, sind Maßnahmen gegen Korrosion zu ergreifen, wenn erhebliche Verluste der Stahldicke erwartet werden.

(2) Wenn Korrosion bei der Bemessung durch eine Reduktion der Blechdicken berücksichtigt werden muss, sollte 4.4 beachtet werden.

(3) Um die Lebensdauer eines Tragwerks zu verlängern, sollten folgende Maßnahmen beachtet werden:

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- die Nutzung einer größeren Blechdicke als Korrosionsreserve;
- statische Reserven;
- Verwendung von Schutzbeschichtungen (Anstriche, Verpressmörtel oder Verzinkung);
- Verwendung eines kathodischen Schutzes mit oder ohne Schutzbeschichtungen;
- Ausstattung der Zonen mit hoher Korrosion mit einem Schutz aus Beton, Mörtel oder Suspensionen.

(4) Wenn die geforderte Nutzungsdauer länger als die Wirkungsdauer des Schutzes ist, sollte beim Nachweis des Grenzzustandes der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit der Blechdickenverlust aus der restlichen Nutzungsdauer berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 Eine Kombination verschiedener Korrosionsschutzmaßnahmen kann sinnvoll sein, um eine höhere Nutzungsdauer zu erreichen. Das gesamte Schutzsystem kann anhand der Bemessung, der Schutzbeschichtungen und der Durchführbarkeit von Inspektionen spezifiziert werden.

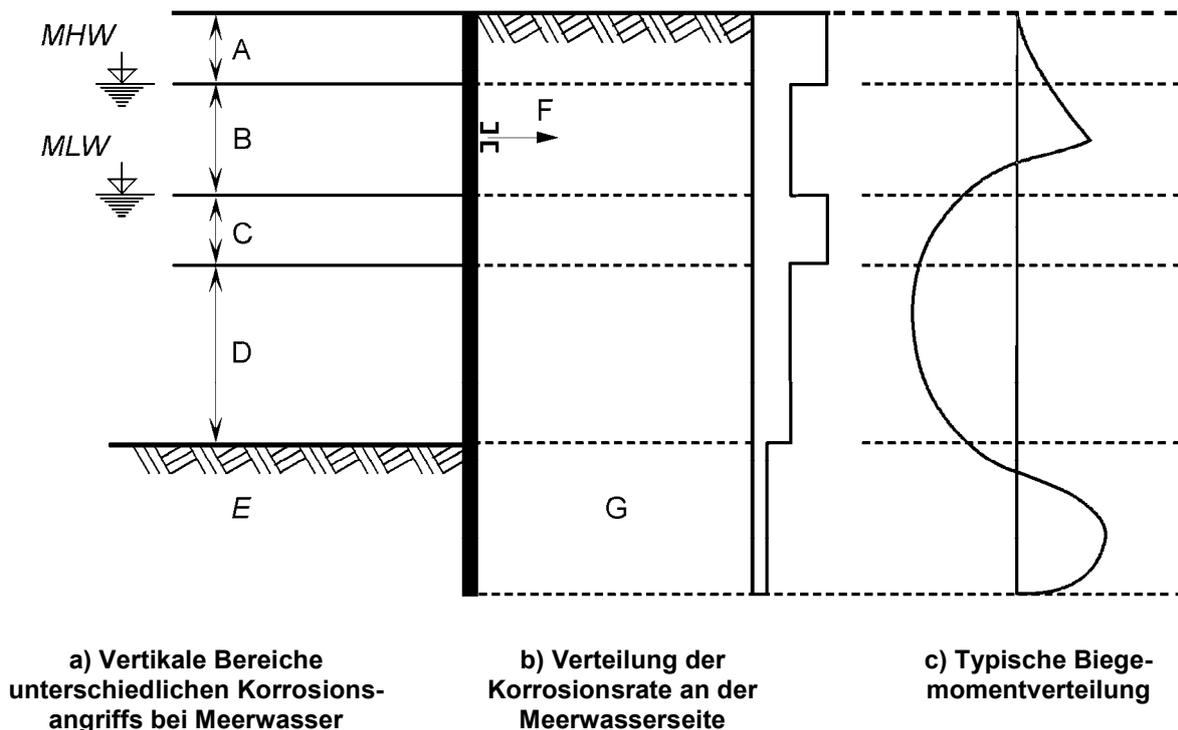
ANMERKUNG 2 Besondere Vorsicht ist in Bereichen erforderlich, wo schlecht isolierte Gleichstromquellen Streuströme im Boden hervorrufen können.

(5) Wenn die Korrosion nicht gleichmäßig über die Bohlenlänge auftritt, darf dies ausgenutzt werden, um eine wirtschaftliche Bemessung durch Anpassung der Momentenverteilung an die Korrosionsverteilung zu erreichen, siehe Bild 4-1.

(6) Die geforderte Nutzungsdauer für Spundwände und Tragpfähle sollte im Einzelfall bestimmt werden.

(7) Bei Nutzungsdaueranforderungen von weniger als 4 Jahren kann die Blechdickenreduktion infolge Korrosion vernachlässigt werden, es sei denn, andere Zeitdauern werden im Einzelfall definiert.

(8) Die Korrosionsschutzmaßnahmen sollten für jeden Einzelfall festgelegt werden.

**Legende**

A	Bereich mit hohem Angriff (Spritzwasserzone)	F	Anker
B	Wasserwechselzone	G	Erdseite
C	Bereich mit hohem Angriff (Niedrigwasserzone)	MHW	Mittleres Hochwasser
D	ständig unter Wasser	MLW	Mittleres Niedrigwasser
E	verdeckter Bereich (Wasserseite)		

ANMERKUNG Der Verlauf des Korrosionsangriffs in der Vertikalen und die Bereiche der höchsten Angriffe können beträchtlich vom gezeigten Beispiel abweichen, da sie von den vorherrschenden Bedingungen am Bauwerksstandort abhängig sind.

Bild 4-1 — Beispiel der Verteilung der Korrosionsrate

4.2 Dauerhaftigkeitsanforderungen für Tragpfähle

- (1) Wenn nicht anders festgelegt, sollte sowohl für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit als auch der Tragfähigkeit der Festigkeitsnachweis für einzelne Pfähle unter Berücksichtigung eines gleichmäßigen Dickenverlustes über den gesamten Umfang des Querschnitts durchgeführt werden.
- (2) Wenn nicht anders festgelegt, sollte bei Pfählen, die in Kontakt mit Wasser oder Boden (mit oder ohne Grundwasser) stehen, die Reduktion der Blechdicke infolge Korrosion für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit aus 4.4 in Abhängigkeit von der erforderlichen Nutzungsdauer des Tragwerks entnommen werden.
- (3) Wenn im Einzelfall nicht anders festgelegt, darf die Korrosion innerhalb von Hohlprofilen, deren Enden wasserdicht geschlossen oder die mit Beton verfüllt sind, vernachlässigt werden.

4.3 Dauerhaftigkeitsanforderungen an Spundwände

- (1) Wenn nicht anders festgelegt, sollte für die Teile von Spundwänden, die in Kontakt mit Wasser und Boden (mit oder ohne Grundwasser) stehen, der Dickenverlust infolge Korrosion für den Festigkeitsnachweis

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und der Tragfähigkeit aus 4.4 in Abhängigkeit von der erforderlichen Nutzungsdauer des Tragwerks entnommen werden. Wo Spundbohlen beidseitig in Kontakt mit Boden oder Wasser stehen, ist die Korrosionsrate für beide Seiten anzusetzen.

(2) Wenn der Korrosionsangriff des Bodens oder des Wassers an den beiden Seiten der Spundwand unterschiedlich ist, dürfen zwei unterschiedliche Korrosionsraten angesetzt werden.

4.4 Korrosionsraten für die Bemessung

(1) In diesem Abschnitt werden Korrosionsraten gegeben, die für die Bemessung zu beachten sind.

ANMERKUNG Geeignete Werte für Korrosionsraten können im Nationalen Anhang angegeben werden, wobei regionale Bedingungen zu erfassen sind. Anhaltswerte sind in Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2 angegeben.

(2) Der Dickenverlust infolge der Korrosion darf mit 0,01 mm je Jahr in normaler Atmosphäre angenommen werden und mit 0,02 mm je Jahr an Standorten, an denen maritime Bedingungen die Funktion der Konstruktion beeinflussen.

ANMERKUNG Einen bedeutenden Einfluss auf die Korrosionsrate im Boden haben:

- die Bodenart;
- die Änderung des Grundwasserspiegels;
- das Vorhandensein von Sauerstoff;
- das Vorhandensein von Verunreinigungen.

Tabelle 4-1 — Empfohlene Werte für den Dickenverlust in mm infolge Korrosion bei Pfählen und Spundbohlen in Böden, mit oder ohne Grundwasser

Geforderte planmäßige Nutzungsdauer	5 Jahre	25 Jahre	50 Jahre	75 Jahre	100 Jahre
Ungestörte natürlich gewachsene Böden (Sand, Schluff, Ton, Schiefer,)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verunreinigte natürliche Böden und industrielle Standorte	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressive natürliche Böden (Sumpf, Marsch, Torf, ...)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Unverdichtete nicht-aggressive Auffüllungen (Ton, Schiefer, Sand, Schluff,)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Unverdichtete und aggressive Auffüllungen (Asche, Schlacke,)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

ANMERKUNG 1 Korrosionsraten in verdichteten Auffüllungen sind niedriger als in unverdichteten. Bei verdichteten Böden sollten die Werte in dieser Tabelle halbiert werden.

ANMERKUNG 2 Den Werten für 5 Jahre und 25 Jahre liegen Messungen zugrunde, während die anderen Werte extrapoliert sind.

Tabelle 4-2 — Empfohlene Werte für den Dickenverlust in mm infolge Korrosion bei Pfählen und Spundbohlen in Süßwasser und Salzwasser

Geforderte planmäßige Nutzungsdauer	5 Jahre	25 Jahre	50 Jahre	75 Jahre	100 Jahre
Allgemeines Süßwasser (Fluss, Schiffskanal,) im Bereich hohen Angriffes (Wasserspiegel)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sehr verunreinigtes Süßwasser (Abwasser, Industrieabwasser,) in der Zone hohen Angriffes (Wasserspiegel)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Seewasser in gemäßigttem Klima im Bereich hohen Angriffes (Niedrigwasser und Spritzzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Seewasser in gemäßigttem Klima im Bereich, der ständig unter Wasser ist, oder in der Wasserwechselzone	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50
<p>ANMERKUNG 1 Die höchste Korrosionsrate ist in der Regel in der Spritzwasserzone oder bei Gezeiten in der Niedrigwasserzone zu finden. In den meisten Fällen befinden sich jedoch die höchsten Biegespannungen in der Zone, die ständig unter Wasser liegt, siehe Bild 4-1.</p> <p>ANMERKUNG 2 Den Werten für 5 Jahre und 25 Jahre liegen Messungen zugrunde, während die anderen Werte extrapoliert sind.</p>					

5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

5.1 Grundlagen

5.1.1 Allgemeines

(1)P Pfähle, Spundbohlen und ihre Komponenten sind so zu bemessen, dass die grundlegenden Bemessungsanforderungen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Abschnitt 2 erfüllt sind.

(2) Die folgenden Regelungen sollten für den Querschnittsnachweis und den Bauteilnachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit verwendet werden.

(3) Zu Teilsicherheitsbeiwerten für die Einwirkung und zur Kombination dieser Einwirkungen sollte EN 1990 verwendet werden.

(4) Zu Teilsicherheitsbeiwerten für die Widerstände γ_{M0} , γ_{M1} und γ_{M2} siehe EN 1993-1-1.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{M0} , γ_{M1} und γ_{M2} für Pfähle und Spundwände dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die folgenden Werte werden empfohlen: $\gamma_{M0} = 1,00$; $\gamma_{M1} = 1,10$ und $\gamma_{M2} = 1,25$.

5.1.2 Bemessung

(1) Für Stützwände und Tragpfähle sind in der Regel nachzuweisen:

- Querschnittstragfähigkeit sowie Knicken von Spundwänden (siehe 5.2) und Tragpfählen (siehe 5.3);
- der Widerstand von Gurtungen, Aussteifungen, Verbindungen und Ankern (siehe Abschnitt 7);
- globales Versagen des Tragwerks durch Bodenversagen (siehe Abschnitt 2).

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

5.1.3 Ermüdung

(1) Wenn ein Tragwerk oder Teil eines Tragwerks empfindlich gegenüber Ermüdungserscheinungen ist, ist in der Regel die Beurteilung der Ermüdung entsprechend EN 1993-1-9 durchzuführen.

ANMERKUNG In Kombination mit starker Korrosion kann der Widerstand gegenüber Ermüdung reduziert sein.

(2) Die Auswirkung von Stößen oder Vibrationen während des Einbringens von Tragpfählen oder Spundbohlen kann in Ermüdungsberechnungen vernachlässigt werden.

5.2 Spundwände

5.2.1 Querschnittsklassifizierung

(1)P Wenn eine elastische statische Berechnung durchgeführt wird, ist nachzuweisen, dass die maximalen Schnittgrößen die zugehörigen Widerstände nicht überschreiten.

(2)P Wenn eine plastische Berechnung erfolgt, muss nachgewiesen werden, dass die maximalen Schnittgrößen nicht die zugehörigen plastischen Widerstände überschreiten. Zusätzlich muss die Rotationskapazität geprüft werden, siehe Tabelle 5-1.

(3) Die Berechnungsmethode für die Schnittgrößenermittlung sollte der folgenden Querschnittsklassifizierung entsprechen:

- Klasse 1: Querschnitte, für die eine plastische Berechnung einschließlich Momentenumlagerung ausgeführt werden darf, vorausgesetzt, dass sie eine ausreichende Rotationskapazität besitzen;
- Klasse 2: Querschnitte, für die eine elastische Berechnung notwendig ist, jedoch kann der Vorteil des plastischen Querschnittswiderstandes ausgenutzt werden;
- Klasse 3: Querschnitte, die für die Anwendung einer elastischen Berechnung und elastischer Spannungsverteilung im Querschnitt bemessen sind, wobei in den Randfasern Fließen auftreten kann;
- Klasse 4: Querschnitte, für die lokales Beulen den Querschnittswiderstand vermindert, siehe Anhang A.

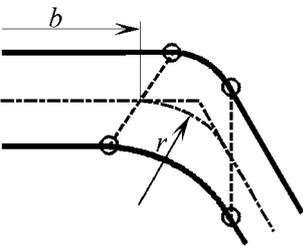
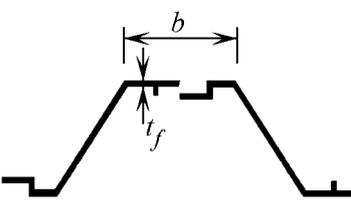
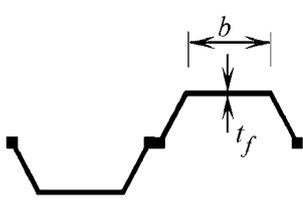
(4) Die Grenzabmaße von Spundbohlen für Querschnitte der Klassen 1, 2 und 3 dürfen der Tabelle 5-1 entnommen werden. Dabei ist eine mögliche Verminderung der Stahldicke infolge Korrosion zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Weitere Anleitungen für die Klassifizierung von Querschnitten sind in Anhang C enthalten.

(5) Ein Bauteil, das die Grenzen für Klasse 1, 2 oder 3 nicht erfüllt, sollte in Klasse 4 eingestuft werden.

(6)P Die Schnittgrößen in anderen Tragwerkskomponenten und den Verbindungen dürfen die Widerstände dieser Elemente und Verbindungen nicht überschreiten.

Tabelle 5-1 — Querschnittsklassifizierung

Klassifizierung		Z-Profile				U-Profile	
							
Klasse 1		— dieselben Grenzwerte wie für Klasse 2 — ein Rotationsnachweis ist durchzuführen					
Klasse 2		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 45$				$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 37$	
Klasse 3		$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 66$				$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 49$	
$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$	f_y in N/mm ²	240	270	320	355	390	430
	ε	0,99	0,93	0,86	0,81	0,78	0,74
Erläuterung: b Flanscbreite, zwischen den Eckausrundungen, wenn das Verhältnis r/t_f nicht größer als 5,0 ist, andernfalls muss eine genauere Methode verwendet werden; t_f Flanschdicke bei Flanschen mit konstanter Dicke; r Radius der Querschnittsmittellinie in der Ecke zwischen Flansch und Steg; f_y Streckgrenze.							
ANMERKUNG Bei Klasse-1-Querschnitten ist nachzuweisen, dass die plastische Rotationskapazität des Querschnitts nicht geringer ist als die wirklich erforderliche plastische Rotation im Bemessungsfall. Eine Anleitung für diesen Nachweis (Rotationsnachweis) ist in Anhang C zu finden.							

5.2.2 Spundwände bei Biegung und Querkraft

(1) Im Fall ohne Quer- und Normalkräfte gilt in der Regel für den Bemessungswert des einwirkenden Biegemomentes M_{Ed} in jedem Querschnitt:

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd} \tag{5.1}$$

Dabei ist

M_{Ed} der Bemessungswert des Biegemomentes, rechnerisch bestimmt entsprechend dem relevanten Fall nach EN 1997-1;

$M_{c,Rd}$ der Bemessungswert des Momentenwiderstandes des Querschnitts.

(2) Der Bemessungswert des Momentenwiderstandes des Querschnitts $M_{c,Rd}$ sollte wie folgt bestimmt werden:

— Klasse-1- oder Klasse-2-Querschnitte:

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{pl} f_y / \gamma_{M0} \tag{5.2}$$

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

— Klasse-3-Querschnitte:

$$M_{c,Rd} = \beta_B W_{el} f_y / \gamma_{M0} \quad (5.3)$$

— Klasse-4-Querschnitte: siehe Anhang A.

Dabei ist

W_{el} das elastische Widerstandsmoment für eine durchgängige Wand;

W_{pl} das plastische Widerstandsmoment für eine durchgängige Wand;

γ_{M0} der Teilsicherheitsfaktor nach 5.1.1 (4);

β_B der Faktor, der die mögliche Verminderung der Schubkraftübertragung in den Schlössern berücksichtigt. Er hat die folgenden Werte:

$\beta_B = 1,0$ für Z-Bohlen und Dreifach-U-Bohlen;

$\beta_B \leq 1,0$ für Einzel- und Doppelbohlen.

ANMERKUNG 1 Der Grad der Schubkraftübertragung in den Schlössern von U-Bohlen ist maßgebend beeinflusst von:

- dem Bodentyp, in welchen die Bohle eingebracht wurde;
- dem eingebrachten Bauteiltyp;
- der Anzahl der Auflagerebenen und deren Art des Anschlusses in der Wandebene;
- dem Einbringverfahren;
- der Behandlung der Baustellenfädelschlösser (geschmiert oder abschnittsweise verriegelt durch Verschweißung oder durch einen Betonholm usw.);
- der auskragenden Wandhöhe (z. B. wenn die Wand in einem beträchtlichen Abstand über der höchsten oder unter der niedrigsten Gurtung ungestützt ist).

ANMERKUNG 2 Die Werte von β_B für Einfach- und Doppel-U-Bohlen, die diese Einflussfaktoren berücksichtigen und auf lokalen Bemessungserfahrungen beruhen, können im Nationalen Anhang angegeben werden.

(3) Die Spundwandstege sind in der Regel hinsichtlich des Schubkraftwiderstandes nachzuweisen.

(4) Für den Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} sollte in jedem Querschnitt gelten:

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd} \quad (5.4)$$

Dabei ist

$V_{pl,Rd}$ Bemessungswert des plastischen Querkraftwiderstandes für einen einzelnen Steg, der durch

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_V f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \text{ definiert ist;} \quad (5.5)$$

A_V Schubfläche für einen einzelnen Steg, projiziert in die Richtung von V_{Ed} .

(5) Die projizierte Schubfläche A_V darf für die einzelnen Stege eines U-Profils und eines Z-Profils wie folgt angenommen werden, siehe Bild 5-1:

$$A_V = t_w (h - t_f) \quad (5.6)$$

Dabei ist

h die Gesamthöhe;

t_f die Flanschdicke;

t_w die Stegdicke. Im Fall einer über die Steghöhe c veränderlichen Stegdicke $t_{w,i}$ sollte t_w in Gleichung (5.6) als Mindestwert von $t_{w,i}$ angenommen werden, wobei die Schlösser ausgenommen werden sollten.

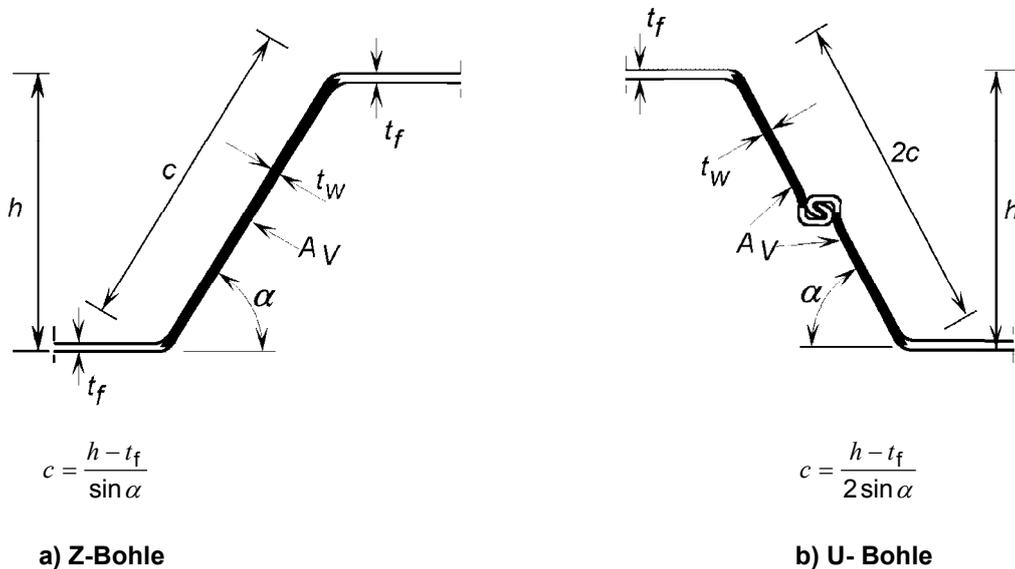


Bild 5-1 — Definition der Schubfläche

(6) Zusätzlich sollte der Schubbeulwiderstand des Stegs für Spundbohlen nachgewiesen werden wenn

$$c/t_w > 72 \varepsilon.$$

(7) Der Stegbeulwiderstand sollte bestimmt werden mit:

$$V_{b,Rd} = \frac{(h - t_f) t_w f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad (5.7)$$

wobei $f_{b,v}$ die Schubbeulfestigkeit nach EN 1993-1-3, Tabelle 6-1 für ein unausgesteiftes Stegblech an der Auflagerung ist. Dabei lautet die bezogene Schlankheit:

$$\bar{\lambda} = 0,346 \frac{c}{t_w} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (5.8)$$

(8) Wenn der Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} 50 % des plastischen Bemessungswertes des Querkraftwiderstands $V_{pl,Rd}$ nicht überschreitet, ist keine Abminderung des Bemessungswertes des Momentenwiderstandes $M_{c,Rd}$ notwendig.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

(9) Ist $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,Rd}$, sollte der Bemessungswert des Momentenwiderstands des Querschnittes auf $M_{V,Rd}$ abgemindert werden. Der abgeminderte Bemessungswert des plastischen Momentenwiderstandes lautet dann:

$$M_{V,Rd} = \left[\beta_B W_{pl} - \frac{\rho A_V^2}{4 t_w \sin \alpha} \right] \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{jedoch} \quad M_{V,Rd} \leq M_{c,Rd} \quad (5.9)$$

mit

$$\rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 \quad (5.10)$$

Dabei ist

A_V die Schubfläche nach (5.6);

t_w die Stegdicke;

α der Stegwinkel nach Bild 5-1;

β_B der Faktor, bestimmt nach 5.2.2 (2).

ANMERKUNG A_V und t_w sind auf dieselbe Wandbreite wie W_{pl} bezogen.

(10) Wenn Stahlspundwände aus U-Bohlen zur Vergrößerung der Schubkraftübertragung in den Schlössern durch Verschweißungen oder Verpressungen verbunden werden, sollte für die Verbindungen in den Schlössern der Nachweis der Schubkraftübertragung erbracht werden. Dabei wird angenommen, dass nur in den verbundenen Schlössern die Schubkraft übertragen wird.

ANMERKUNG Diese Annahme führt zu einer Bemessung der Verbindung auf der sicheren Seite.

(11) Der Nachweis von Stumpfnähten für die Übertragung von Schubkräften sollte nach EN 1993-1-8, 4.7 durchgeführt werden.

(12) Die Anordnung der Stumpfnähte ist gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Korrosion nach EN 1993-1-8, 4.3 zu gestalten.

(13) Bei abschnittswisen Stumpfnähten sollte eine durchgängige Länge von mindestens l an jedem Bohlenende verschweißt werden, um eine Überbeanspruchung beim Einbringen zu vermeiden. Zur Bemessung von Schweißnähten wird auf EN 1993-1-8 verwiesen.

ANMERKUNG Der Wert l darf im Nationalen Anhang angegeben werden. Ein Wert von $l = 500$ mm wird empfohlen.

(14)P Es ist nachzuweisen, dass die Verpresspunkte von Schlössern ausreichend sind, um die auftretenden Schlossschubkräfte zu übertragen.

(15) Wenn die Abstände von Einfach- oder Doppelverpresspunkten 0,7 m nicht überschreiten und die Abstände von Dreifachverpresspunkten 1,0 m nicht überschreiten, darf für jeden Verpresspunkt angenommen werden, dass eine gleichmäßige Schubkraft von $V_{Ed} \leq R_k / \gamma_{M0}$ übertragen wird, wobei R_k der charakteristische Wert der Widerstandskraft eines Verpresspunktes ist, der durch Versuche nach 2.6 bestimmt wird.

ANMERKUNG Für die versuchsgestützte Bestimmung von R_k siehe EN 10248.

5.2.3 Spundwände mit Biegung, Quer- und Normalkraft

(1) Bei Kombination von Biegung und Druck ist es nicht notwendig, Knicken zu berücksichtigen, wenn gilt:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04 \quad (5.11)$$

Dabei ist

N_{Ed} der Bemessungswert der Druckkraft;

N_{cr} die elastische kritische Last der Spundbohle, berechnet mit einem geeigneten Bodenmodell unter Berücksichtigung reiner Druckkräfte in der Bohle.

(2) Alternativ kann N_{cr} angenommen werden als:

$$N_{cr} = EI \beta_D \pi^2 / \ell^2 \quad (5.12)$$

Hierbei ist ℓ die Knicklänge, die für ein freies oder teilweise eingespanntes Erdlager nach Bild 5-2 oder für ein eingespanntes Erdlager nach Bild 5-3 bestimmt wird, und β_D ein Abminderungsfaktor, siehe 6.4.

(3) Wenn das in (1) angegebene Kriterium nicht erfüllt ist, ist in der Regel der Knickwiderstand nachzuweisen.

ANMERKUNG Dieser Nachweis kann nach dem in (4) bis (7) angegebenen Verfahren erfolgen.

(4) Wenn die Randbedingungen für Knicken mit unverschieblichen Stützungen durch Bauteile (Anker, Erdaufleger, Kopfholme usw.) bereitgestellt werden, kann der nachfolgende vereinfachte Knicknachweis geführt werden:

— für Klasse-1-, Klasse-2- und Klasse-3-Querschnitte:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi N_{pl,Rd}(\gamma_{M0} / \gamma_{M1})} + 1,15 \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}(\gamma_{M0} / \gamma_{M1})} \leq 1,0 \quad (5.13)$$

Dabei ist

$N_{pl,Rd}$ der Bemessungswert des plastischen Querschnittswiderstandes ($A f_y / \gamma_{M0}$);

$M_{c,Rd}$ der Bemessungswert des Momentenwiderstandes des Querschnitts, siehe 5.2.2 (2);

γ_{M1} der Teilsicherheitsbeiwert nach 5.1.1 (4);

γ_{M0} der Teilsicherheitsbeiwert nach 5.1.1 (4);

χ der Knickbeiwert nach EN 1993-1-1, 6.3.1.2, ermittelt mit Kurve d und der bezogenen Schlankheit:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}$$

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Dabei ist

N_{cr} die kritische elastische Last, die nach Gleichung (5.12) bestimmt werden kann;

A die Querschnittsfläche;

— für Klasse-4-Querschnitte: siehe Anhang A.

ANMERKUNG Die Knickkurve d enthält auch Rammimperfektionen bis 0,5 % von ℓ , was dem Stand der Technik entspricht.

(5) Für den vereinfachten Knicknachweis kann die Knicklänge für unverschiebliche Lagerung nach Absatz (7) wie folgt bestimmt werden:

— bei einem freien Erdaufleger mit ausreichendem Haltevermögen nach Absatz (6) darf ℓ als der Abstand zwischen dem Fuß und dem horizontalen Auflager (Gurtung, Anker) angenommen werden, siehe Bild 5-2;

— bei einem eingespannten Erdaufleger darf ℓ mit 70 % des Abstands zwischen dem Fuß und dem horizontalen Auflager (Gurtung, Anker) angesetzt werden, siehe Bild 5-3.

(6) Es darf angenommen werden, dass ein freies Erdaufleger ausreichendes Haltevermögen für den vereinfachten Knicknachweis liefert, wenn der Fuß der Spundwand in felsigem Untergrund fixiert ist oder wenn am Fuß der Spundwand eine zusätzliche horizontale Kraft $F_{Q,Ed}$ durch passiven Erddruck oder Reibung nach Bild 5-4 aufgenommen werden kann. $F_{Q,Ed}$ ist gegeben durch:

$$F_{Q,Ed} = \pi N_{Ed} \left(\frac{d}{\ell} + 0,01 \right) \quad (5.14)$$

Dabei ist d die maximale Relativverschiebung der Spundwand zwischen den Auflagern, berechnet nach Theorie I. Ordnung. Wenn der Erdwiderstand ohne Reibung vollkommen ausgenutzt ist, kann die zusätzliche Kraft $F_{Q,Ed}$ aufgenommen werden, indem eine zusätzliche Wandlänge Δh nach Bild 5-4 zur Verfügung gestellt wird.

(7) Wenn die zusätzliche Verschiebung eines horizontalen Lagers (Anker, Gurtung) infolge einer Auflagerlast von $N_{Ed}/100$ kleiner als $\ell/500$ ist, darf angenommen werden, dass die Voraussetzung einer unverschieblichen Lagerung für die Knickform erfüllt ist.

(8) Wenn das System keine ausreichende Einspannung liefert, sollte auf der Grundlage der Methoden in EN 1993-1-1 eine genaue Knickberechnung durchgeführt werden.

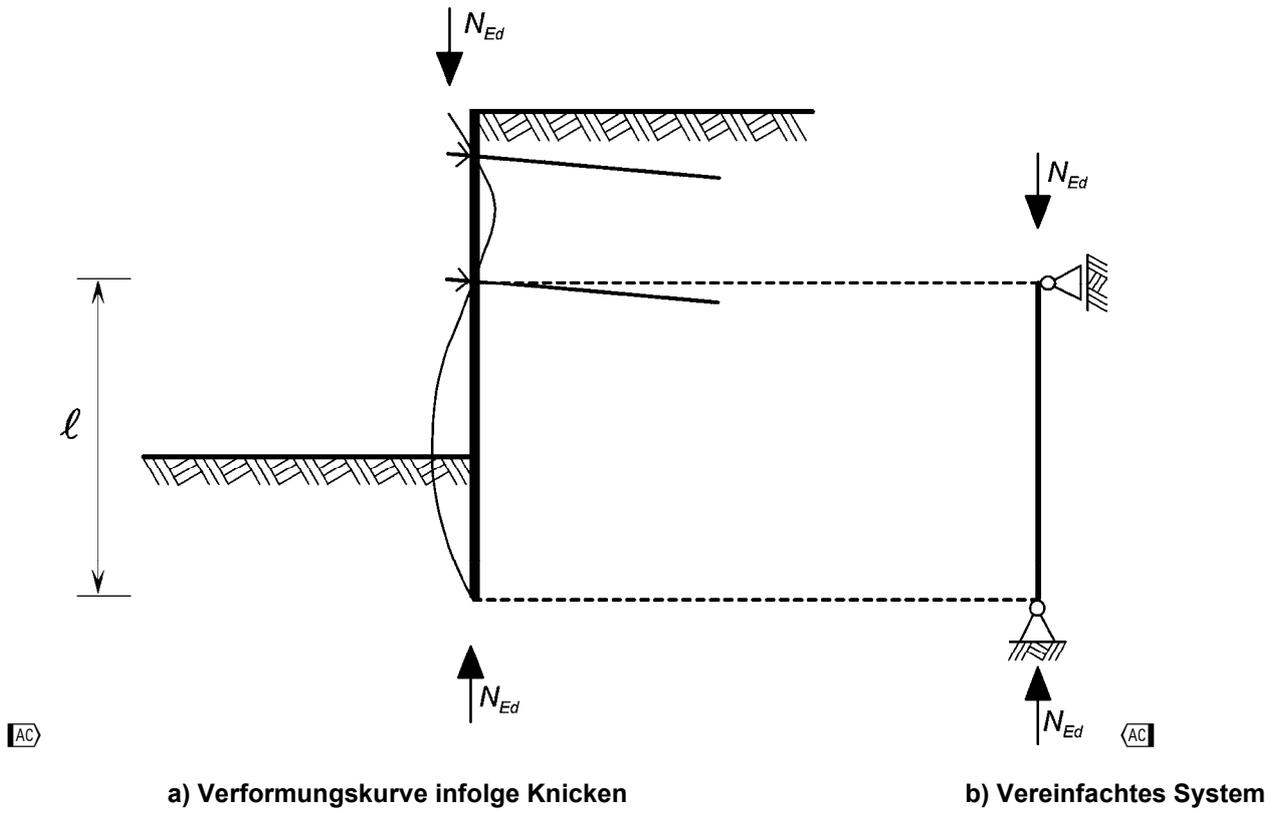
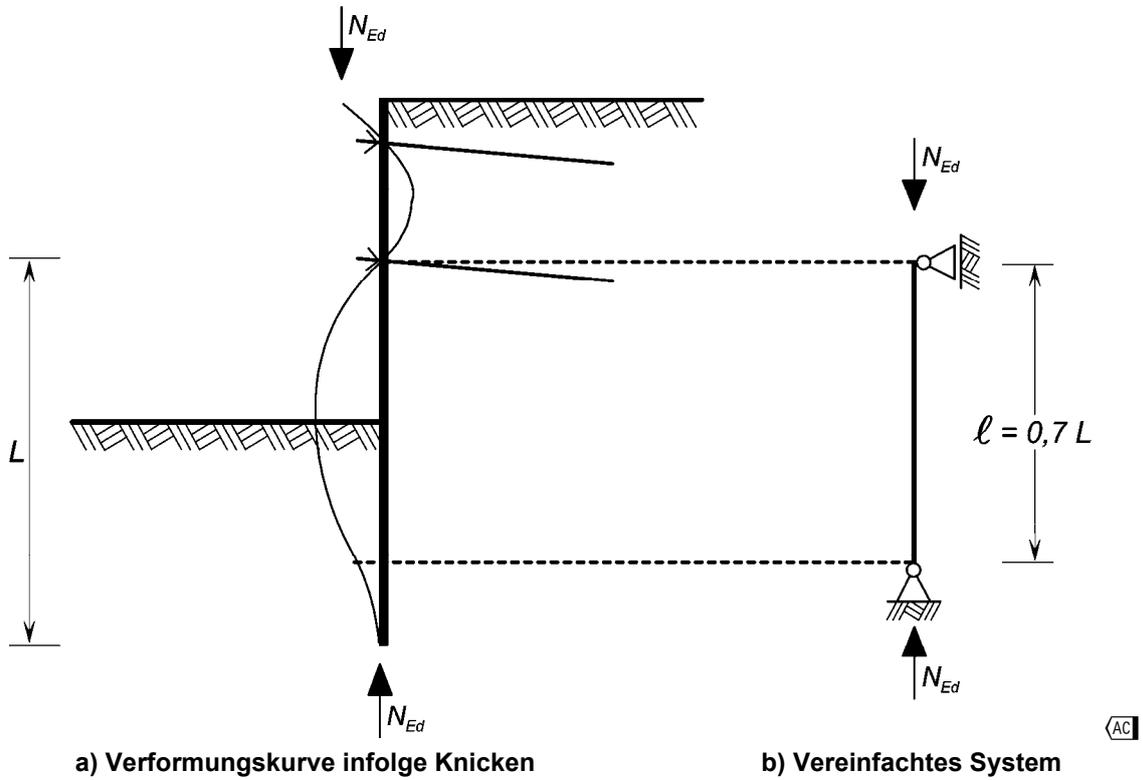


Bild 5-2 — Mögliche Bestimmung der Knicklänge l , freies Erdaulager

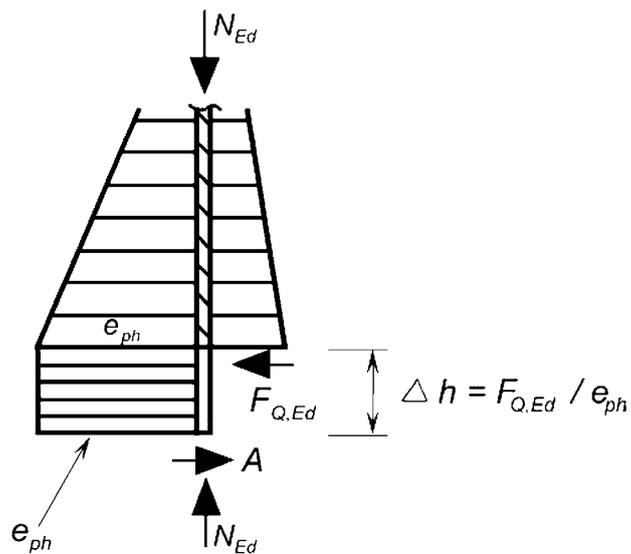
DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

AC



AC

Bild 5-3 — Mögliche Bestimmung der Knicklänge l , eingespanntes Erdauflager



Legende

- e_{ph} horizontaler passiver Erddruck
- A Reibungskraft

Bild 5-4 — Bestimmung der zusätzlichen Horizontalkraft $F_{Q,Ed}$

(9) Bei Bauteilen, die einer Normalkraft ausgesetzt sind, sollte der Bemessungswert der Normalkraft N_{Ed} in jedem Querschnitt Folgendes erfüllen:

$$N_{Ed} \leq N_{pl,Rd} \quad (5.15)$$

wobei $N_{pl,Rd}$ der Bemessungswert des plastischen Querschnittswiderstandes ist, mit:

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0} \quad (5.16)$$

(10) Die Auswirkung der Normalkraft auf den plastische Momentenwiderstand von Spundbohlenquerschnitten der Klassen 1, 2 und 3 darf vernachlässigt werden, wenn:

— bei Z-Bohlen der Klassen 1 und 2:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,1 \quad (5.17)$$

— bei U-Bohlen der Klassen 1 und 2:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,25 \quad (5.18)$$

— bei Klasse-3-Profilen:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 0,1 \quad (5.19)$$

(11) Wenn die Normalkraft die in Absatz (10) gegebenen Grenzwerte überschreitet, sollten bei Fehlen der Querkraft folgende Kriterien erfüllt sein:

— Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitte:

— bei Z-Bohlen:

$$M_{N,Rd} = 1,11 M_{c,Rd} (1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}) \quad \text{jedoch} \quad M_{N,Rd} \leq M_{c,Rd} \quad (5.20)$$

— bei U-Bohlen:

$$M_{N,Rd} = 1,33 M_{c,Rd} (1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}) \quad \text{jedoch} \quad M_{N,Rd} \leq M_{c,Rd} \quad (5.21)$$

— Klasse-3-Querschnitte:

$$M_{N,Rd} = M_{c,Rd} (1 - N_{Ed} / N_{pl,Rd}) \quad (5.22)$$

— Klasse-4-Querschnitte: siehe Anhang A.

Dabei ist

$M_{N,Rd}$ der reduzierte Bemessungswert des Momentenwiderstandes unter Berücksichtigung der Normalkraft.

(12) Wenn die Normalkraft die in Absatz (10) gegebenen Grenzwerte überschreitet, sollte das gleichzeitige Auftreten von Biegung, Normal- und Querkraft wie folgt berücksichtigt werden:

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- a) Wenn der Bemessungswert der Querkraft V_{Ed} 50 % des Bemessungswertes des plastischen Querkraftwiderstandes $V_{pl,Rd}$ nicht überschreitet, braucht keine Abminderung der Kombination von Moment und Normalkraft nach dem Kriterium in Absatz (11) durchgeführt zu werden.
- b) Ist $V_{Ed} > 0,5 V_{pl,Rd}$, sollte der Bemessungswert des Querschnittswiderstandes für die Kombination von Moment und Normalkraft mit der abgeminderten Streckgrenze $f_{y,red} = (1 - \rho) f_y$ für die Schubfläche ermittelt werden. Dabei gilt $\rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2$.

5.2.4 Lokale Auswirkungen von Wasserdrücken

(1) Im Fall von unterschiedlichen Wasserdrücken, die bei Z-Bohlen 5 m und bei U-Bohlen 20 m Wassersäule überschreiten, sind in der Regel die Auswirkungen des Wasserdrucks auf die lokale Plattenquerbiegung zu berücksichtigen, um den Gesamtbiege­widerstand zu bestimmen.

(2) Vereinfacht dürfen Z-Bohlen mit dem folgenden Verfahren nachgewiesen werden:

— wenn die unterschiedlichen Wasserdrücke mehr als 5 m betragen, sollte der Querschnittsnachweis an der Stelle des maximalen Biegemomentes durchgeführt werden;

— die Auswirkung von unterschiedlichen Wasserdrücken kann durch eine reduzierte Streckgrenze ermittelt werden:

$$f_{y,red} = \rho_P f_y$$

mit ρ_P nach Tabelle 5-2;

— zur Bestimmung von ρ_P nach Tabelle 5-2 ist der Wasserdruckunterschied an der Stelle des maximalen Moments zu berücksichtigen.

Tabelle 5-2 — Abminderungsfaktor ρ_P für Z-Bohlen infolge unterschiedlicher Wasserdrücke

w	$(b/t_{min}) \varepsilon = 20,0$	$(b/t_{min}) \varepsilon = 30,0$	$(b/t_{min}) \varepsilon = 40,0$	$(b/t_{min}) \varepsilon = 50,0$
5,0	1,00	1,00	1,00	1,00
10,0	0,99	0,97	0,95	0,87
15,0	0,98	0,96	0,92	0,76
20,0	0,98	0,94	0,88	0,60

Erläuterung:

b Flanschweite, aber b sollte nicht kleiner als $c/\sqrt{2}$ angenommen werden, wobei c die Steglänge ist;

t_{min} der kleinere Wert von t_f oder t_w ;

t_f Flanschdicke;

t_w Stegdicke;

w Wasserhöhenunterschied, in m;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$; f_y ist die Fließgrenze in N/mm².

ANMERKUNG 1 Wenn die Schlösser der Z-Bohle verschweißt sind, kann $\rho_P = 1,0$ angesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

5.2.5 Flachprofile

(1)P Die Schnittgrößen für den Festigkeitsnachweis von Flachbohlen in Zellenfangedämmen müssen mit einem Modell bestimmt werden, das das Verhalten der Spundwand im Grenzzustand der Tragfähigkeit beschreibt.

(2) Zu den auf die Füllung und Einwirkungen anzuwendenden Teilsicherheitsfaktoren wird auf EN 1997-1 und EN 1990 verwiesen.

(3) Das Modell für die Füllung sollte mit EN 1997-1 übereinstimmen.

(4) Das Modell für die Spundbohlen sollte mit EN 1993-1-1 übereinstimmen.

ANMERKUNG Es kann von Vorteil sein, für die Spundbohlen ein Rechenmodell mit großen Verformungen zu verwenden.

(5) Es darf eine zweidimensionale Berechnung in der maßgebenden horizontalen Ebene durchgeführt werden.

(6) Der Innendruck, der aus der Füllung herrührt oder über diese übertragen wird, sollte mit einem Wert, der mindestens dem Erdruchdruck entspricht, ermittelt werden, siehe EN 1997-1.

(7) Der Zugkraftwiderstand $F_{ts,Rd}$ der Flachbohle sollte (anders als bei Verbindungsbohlen) als der kleinere Wert aus dem Schloss- und dem Stegwiderstand angenommen werden:

$$F_{ts,Rd} = \beta_R R_{k,s} / \gamma_{M0} \quad \text{jedoch} \quad F_{ts,Rd} \leq t_w f_y / \gamma_{M0} \quad (5.23)$$

Dabei ist

f_y die Streckgrenze;

$R_{k,s}$ der charakteristische Schlosswiderstand;

t_w die Stegdicke;

β_R der Abminderungsfaktor des Schlosswiderstands.

ANMERKUNG Der Wert β_R kann im Nationalen Anhang angegeben werden. Der Wert $\beta_R = 0,8$ wird empfohlen.

(8) Der charakteristische Schlosswiderstand $R_{k,s}$ hängt vom Schlossquerschnitt und der verwendeten Stahlgüte ab. Der charakteristische Schlosswiderstand $R_{k,s}$ sollte durch Versuche nach 2.6 und EN 10248 bestimmt werden.

(9) Für Flachbohlen sollte der Nachweis wie folgt geführt werden:

$$F_{t,Ed} \leq F_{ts,Rd} \quad (5.24)$$

Dabei ist

$F_{ts,Rd}$ der Bemessungswert des Zugwiderstandes nach Gleichung (5.23);

$F_{t,Ed}$ der Bemessungswert der Ringzugkraft.

(10) Wenn Bohlen verschiedener Größe im gleichen Wandsegment verwendet werden, ist in der Regel der kleinste Zugkraftwiderstand im Nachweis anzusetzen.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

(11) Der Schlossdrehwinkel (180° minus dem inneren Winkel zwischen zwei benachbarten Bohlen) ist in der Regel auf den vom Hersteller angegebenen Maximalwert zu begrenzen.

(12) Bei geschweißten Verbindungsbohlen sollten Stahlgüten mit geeigneten Eigenschaften verwendet werden.

(13) Bei der Bemessung von Verbindungsbohlen nach Bild 5-5 und Bild 5-6 sind in der Regel die Spannungen infolge Plattenbiegung zu berücksichtigen.

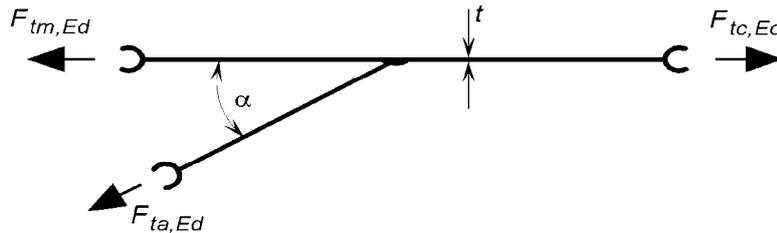


Bild 5-5 — Geschweißte Verbindungsbohle

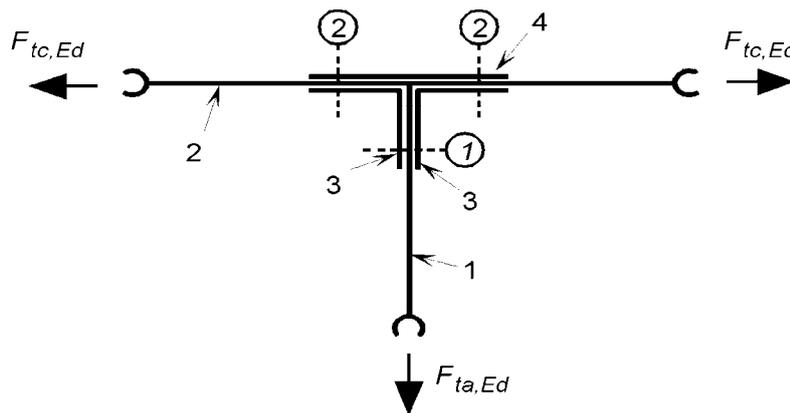


Bild 5-6 — Geschraubte T-Verbindung mit Unterlegplatte

(14) Wenn die Schweißung nach dem gegebenen Verfahren in EN 12063 ausgeführt wird, darf die Verbindungsbohle wie folgt nachgewiesen werden:

$$\boxed{\text{AC}} \rangle F_{tm,Ed} \leq \beta_T F_{ts,Rd} \langle \boxed{\text{AC}} \rfloor \quad (5.25)$$

Dabei ist

$F_{ts,Rd}$ der Bemessungswert des Zugwiderstandes der Bohle nach Gleichung (5.23);

$\boxed{\text{AC}} \rangle F_{tm,Ed} \langle \boxed{\text{AC}} \rfloor$ der Bemessungswert der Zugkraft in der Hauptzelle, gegeben durch:

$$\boxed{\text{AC}} \rangle F_{tm,Ed} = p_{m,Ed} r_m \langle \boxed{\text{AC}} \rfloor \quad (5.26)$$

mit:

$p_{m,Ed}$ Bemessungswert des Innendrucks der Hauptzelle in der maßgebenden horizontalen Ebene infolge Wasserdruck und Erdruchdruck;

r_m Radius der Hauptzelle, siehe Bild 5-7;

β_T Abminderungsfaktor, der das Verhalten der geschweißten Verbindungsbohle im Grenzzustand der Tragfähigkeit berücksichtigt und wie folgt berechnet wird:

$$\boxed{\text{AC}} \beta_T = 0,9 (1,3 - 0,8 r_a / r_m) (1 - 0,3 \tan \varphi_k) \boxed{\text{AC}} \quad (5.27)$$

Darin sind r_a und r_m die Radien des Verbindungsbogens und der Hauptzelle nach Bild 5-7, und $\boxed{\text{AC}} \varphi_k$ ist der charakteristische Wert $\boxed{\text{AC}}$ des inneren Reibungswinkels des Füllmaterials.

ANMERKUNG 1 Der Faktor β_T berücksichtigt sowohl die Rotationskapazität (Duktilität) der Verbindungsbohle als auch die Rotationsanforderung (bis zu 20°), gerechnet mit einem Modell, das das Verhalten eines Fangedammes im Grenzzustand der Tragfähigkeit erfasst.

ANMERKUNG 2 Obwohl Gleichung (5.27) für Zellenfangedämme mit Verbindungsbögen in einer Flucht, siehe Bild 5-7, entwickelt wurde, liefert sie auch für andere Anordnungen brauchbare Ergebnisse. Wenn genauere Werte gefordert werden, können diese aus vergleichbaren Erfahrungen oder durch Versuche in Kombination mit einem geeigneten Bemessungsmodell in Übereinstimmung mit (1)P entwickelt werden.

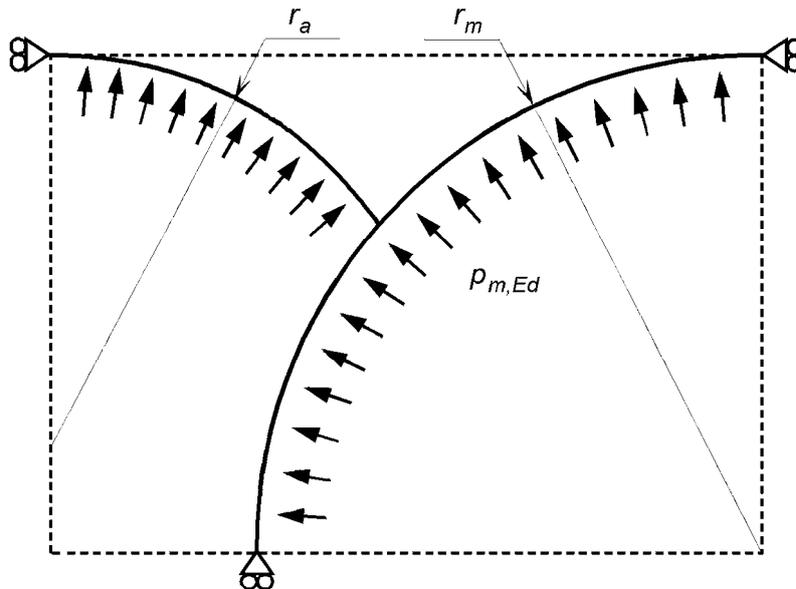


Bild 5-7 — Geometrie einer Kreiszelle und eines in der Flucht angeordneten Verbindungsbogens

- (15) Bei einer 90°-Verbindungsbohle darf eine geschraubte T-Verbindung verwendet werden.
- (16) Bei Verbindungsbohlen, die als geschraubte T-Verbindung nach Bild 5-6 ausgeführt sind, darf der Nachweis unter Anwendung der folgenden Vorgehensweise durchgeführt werden.
- (17) Die Schlosszugfestigkeit sollte nach Absatz (9) nachgewiesen werden.
- (18) Die Verbindung sollte wie folgt nachgewiesen werden, siehe Bild 5-6:
- Nachweis des Scher- und Lochleibungswiderstands der Schrauben (1) nach EN 1993-1-8, 3.6, mit Annahme einer gleichmäßig verteilten Zugkraft $F_{ta,Ed}$;
 - Nachweis der Schraubenabstände (1) nach EN 1993-1-8, 3.5;

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- Nachweis der Nettoquerschnittsfläche des Steges 1 und der benachbarten Schenkel des Winkels 3 nach den Festlegungen in EN 1993-1-8, 6.2.5;
 - Nachweis der Schrauben (2) auf Zugfestigkeit nach EN 1993-1-8, 3.11 unter Verwendung eines T-Stummel-Modells nach EN 1993-1-8, 6.2.4 (Versagensart 3);
 - Nachweis der hinteren Platte 4 und der benachbarten Schenkel des Winkels 3 nach EN 1993-1-8, 6.2.4 (Versagensarten 1 und 2). Um die Verwendung der in EN 1993-1-8, 6.2.4 angegebenen Versagensart zu erlauben, sollte der Bohlensteg 2 (siehe Bild 5-6) wie der Flansch des Ersatz-T-Stummels mit Versagensarten 1 und 2 behandelt werden;
 - Nachweis des Bohlenstegs 2 für die Zugkraft $F_{tc,Ed}$ gegen Fließen des Nettoquerschnitts.
- (19) Andere Verbindungsbohlentypen dürfen entsprechend nachgewiesen werden.

5.3 Tragpfähle

5.3.1 Allgemeines

- (1) Die Schnittgrößen von Pfählen sind in der Regel nach EN 1997-1 zu bestimmen, indem sowohl das Gleichgewichtsbedingungen eingehalten werden als auch die Verträglichkeit beachtet wird.
- (2) Tragfähigkeitsnachweise sind in der Regel sowohl für Bodenversagen für die einzelnen Pfähle und Pfahlgruppen nach EN 1997 durchzuführen als auch für das Versagen der Pfähle und ihrer Anschlüsse an das Tragwerk nach EN 1993-5, EN 1992 und EN 1994.

5.3.2 Bemessungsverfahren und -hinweise

- (1) Für Pfähle, die durch Normal- und Querkkräfte belastet werden, ist in der Regel der Bodenwiderstand aus EN 1997-1 zu entnehmen.
- (2) Die Pfahlschnittgrößen infolge Querbelastrung sollten gleichzeitig mit den Normalkräften und den angreifenden Momenten betrachtet werden. Diese dürfen durch Superposition einzelner Berechnungsergebnisse bestimmt werden, in denen angenommen wird, dass der Boden in Kontakt mit den einzelnen Pfahlabschnitten über deren Länge den einzelnen Einwirkungen Widerstand leistet. Alternativ darf angenommen werden, dass die Normalkräfte, Biegemomente und quergerichteten Kräfte durch den Widerstand des Bodens über die gesamte Pfahllänge aufgenommen werden, wenn der Boden fähig ist, die Beanspruchung aus deren Kombination aufzunehmen.
- (3) Die Bemessung eines einzelnen Pfahls sollte nach EN 1993-1-1, Abschnitt 5 durchgeführt werden.
- (4) Außer bei negativer Mantelreibung, darf konservativ die Spannungsverteilung infolge Normalkräften am Pfahlkopf für die Bestimmung der Schnittgrößen als konstant über die Pfahllänge angenommen werden.
- (5) Eine Übertragbarkeit von Torsionsmomenten, die am Pfahlkopf eingeleitet werden, in den Boden sollte nicht angesetzt werden, wenn keine besonderen Vorrichtungen dafür vorgesehen sind. Der Verlauf der Torsionsmomente sollte als konstant über die Pfahllänge angenommen werden.

5.3.3 Stahlpfähle

- (1) Querschnittsnachweise von Stahltragpfählen sind in der Regel nach EN 1993-1-1 zu führen.
- (2) Zu Bodenbedingungen, bei denen Gesamtknicken der Pfähle betrachtet werden muss, darf auf EN 1997, 7.8 zurückgegriffen werden.
- (3) Wenn der Boden eine unzureichende seitliche Abstützung liefert, darf das Schlankheitskriterium für den Knicknachweis als erfüllt angenommen werden, wenn $N_{Ed} / N_{Cr} \leq 0,10$, wobei N_{Cr} die kritische Last der Normalkraft N_{Ed} ist.

(4) Wenn der Knicknachweis erforderlich ist, ist in der Regel EN 1993-1-1, Abschnitt 5 zu beachten. Die nachfolgenden Effekte sollten berücksichtigt werden:

- zusätzlich zu den in EN 1993-1-1, 5.3 angegebenen Imperfektionen sollten zusätzliche Anfangsimperfektionen (z. B. aus Anschlüssen oder der Einbringung) nach EN 12699 und EN 14199 berücksichtigt werden;
- seitliche Stützung durch den umgebenden Boden darf bei Verwendung geeigneter Modelle (z. B. p-y-Methode, Bettungsmodulverfahren) auf der Grundlage der Theorie II. Ordnung berücksichtigt werden.

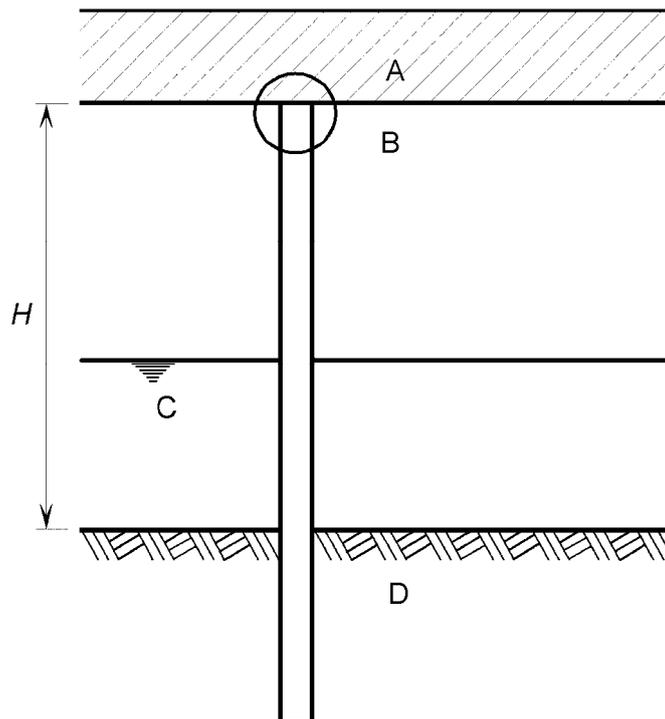
(5) Die Knicklänge darf mit der folgenden Näherung abgeschätzt werden (siehe Bild 5-8):

$$l_{cr} = k H \quad (5.28)$$

Der Wert k berücksichtigt die Verbindung zwischen dem Pfahlkopf und der Betondecke oder der Stahlkonstruktion.

(6) Bei genauerer Bestimmung der Knicklänge, z. B. für Pfähle mit kleinem Durchmesser, sollte 5.3.3 (4) beachtet werden.

(7)P Die Ausführung muss nach EN 12699 und EN 14199 erfolgen.



Legende

A Beton- oder Stahlkonstruktion
 B Anschluss

C Wasser oder weicher Boden
 D tragender Boden

$$l_{crit} = k H \quad \text{mit} \quad k = \begin{cases} \boxed{\text{AC}} 1,0 & \text{Anschluss B gegen Translationsbewegung gesichert, Rotationsbewegung frei} \quad \boxed{\text{AC}} \\ \boxed{\text{AC}} 0,7 & \text{Anschluss B gegen Translations- und Rotationsbewegung gesichert} \quad \boxed{\text{AC}} \\ \boxed{\text{AC}} 2,0 & \text{Anschluss B Translationsbewegung frei, gegen Rotationsbewegung gesichert} \quad \boxed{\text{AC}} \end{cases}$$

Bild 5-8 — Vereinfachte Abschätzung der Knicklänge von Tragpfählen

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

5.3.4 Betongefüllte Tragpfähle

- (1) Betongefüllte Stahlpfähle sind in der Regel nach EN 1994 zu entwerfen und zu bemessen.
- (2) Querschnittsnachweise von betongefüllten Stahlpfählen sind in der Regel nach EN 1994-1 vorzunehmen.
- (3) Für Knicknachweise sind in der Regel EN 1994-1-1, 5.3.3 und 6.7 zu beachten.
- (4) Das Betonieren von Tragpfählen ist in der Regel nach EN 1536, EN 12699 und EN 14199 durchzuführen.

5.4 Trägerpfahlwände

- (1) Die Bemessung von Trägerpfahlwänden erfolgt in der Regel nach den Regeln für Spundwände. Die besondere Geometrie der verwendeten Querschnitte ist zu berücksichtigen, siehe Bild 1-6, und lokale Effekte infolge Erd- und Wasserdruck und infolge der Einleitung von Anker- und Gurtungskräften sind zu beachten.
- (2) Zur Bestimmung des Querschnittswiderstandes darf konservativ eine elastische Berechnung des Querschnittes zugrunde gelegt werden, vorausgesetzt, dass:
 - das Beulen der Bleche nach EN 1993-1-5 geprüft wird;
 - die mitwirkende Breite für breite Elemente berücksichtigt wird.

5.5 Kombinierte Wände

5.5.1 Allgemeines

- (1) Nachfolgend werden die Regeln für den Grenzzustand der Tragfähigkeit für die folgenden Typen von kombinierten Wänden angegeben, siehe Bild 1-5:
 - kombinierte Rohrprofile und Spundwände;
 - kombinierte Sonder-I-Querschnitte und Spundwände;
 - kombinierte zusammengesetzte Querschnitte und Spundwände.
- (2) Die Bemessung der Trag- und Füllelemente sollte die Funktion der Elemente berücksichtigen:
 - die Tragelemente wirken als stützende Bauteile gegen Erd- und Wasserdruck und können als Tragpfahl für vertikale Belastungen wirken;
 - die Füllelemente schließen nur die Lücke zwischen den Tragelementen und leiten die Lasten aus Erd- und Wasserdruck zu den Tragelementen ab.
- (3) In den freien Schlössern zwischen Trag- und Füllelement kann keine Übertragung von Schubkräften in Längsrichtung berücksichtigt werden.
- (4) P In der Regel ist im Einzelfall und in Abstimmung mit dem Auftraggeber festzulegen, ob Rammimperfectionen bei der Bemessung von kombinierten Wänden berücksichtigt werden müssen. Die Bemessungswerte der Rammimperfectionen müssen als prozentualer Anteil der Länge der Tragelemente mit Ansatz einer linearen Verteilung angegeben werden.

5.5.2 Füllelemente

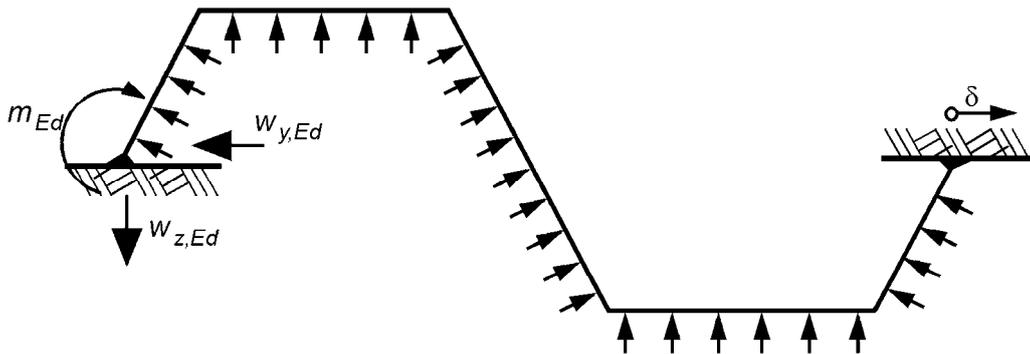
(1) Spundbohlen, die als Füllelemente für kombinierte Wände verwendet werden, sollten der EN 10248 entsprechen.

(2)P Für die Bemessung der Füllelemente muss nachgewiesen werden, dass die Übertragung der Schnittkräfte aus Erd- und Wasserdruck in die Tragelemente über die Anschlüsse möglich ist.

ANMERKUNG Es kann von Vorteil sein, die Gewölbewirkung im Boden zu berücksichtigen, die zu einer zusätzlichen Belastung der Tragelemente und zu einer reduzierten Erddruckbelastung der Füllelemente führt.

(3) Der Nachweis nach Absatz (2)P darf unter Verwendung eines vereinfachten zweidimensionalen Tragwerksmodells für das Füllelement erfolgen. Wenn nach 5.5.1 (4) Rammimperfectionen zu berücksichtigen sind, sollten diese durch den Ansatz einer eingprägten Verformung δ mit Annahme der Randbedingungen in Bild 5-9, das eine Doppel-U-Bohle als Beispiel für ein Füllelement zeigt, berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass die Rammimperfectionen, senkrecht zur Stützwandebene durch Verdrehungen am Schloss aufgenommen werden („Rotationsspiel“).



(Schlösser sind nicht berücksichtigt)

Bild 5-9 — Vereinfachtes Modell für Füllelemente

(4) Für die Querschnittsnachweise mit vereinfachtem Tragwerksmodell darf eine plastische Berechnung mit großen Verformungen angewendet werden. Wenn Bauteile des Tragwerksmodells unter Druckspannungen stehen, sollte auf mögliche Instabilitäten, z. B. Durchschlagen, geachtet werden.

(5) Alternativ darf der Nachweis nach Absatz (2)P mit Versuchsergebnissen nach 2.6 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Für die Versuchsauswertung ist EN 1990, Anhang D zu beachten.

(6) Der Versuchsaufbau sollte in der Lage sein, das Verhalten der Füllelemente nachzubilden.

(7) Für Spundwände, die als Füllelemente verwendet werden, dürfen weitere Nachweise entfallen, wenn die nachfolgenden Bedingungen zutreffen:

— die Wanddicke der Spundwand ist ≥ 10 mm;

— der auf die Spundwand wirkende Druckunterschied ist ≤ 40 kN/m², entsprechend einer Wasserspiegeldifferenz von 4 m;

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

— der maximale lichte Abstand zwischen den Tragelementen ist 1,8 m bei U-Bohlen und 1,5 m bei Z-Bohlen.

(8) Es kann sinnvoll sein, die Füllelemente gegenüber den Tragelementen kürzer auszulegen. Die Kürzung der Füllelemente sollte nach EN 1997-1 überprüft werden.

ANMERKUNG 1 Bei gekürzten Füllelementen sollte bei unterschiedlichen Wasserständen die Gefahr des hydraulischen Grundbruches oder der Unterspülung beachtet werden.

ANMERKUNG 2 Zu dem Ansatz des passiven Erddrucks, der auf die Tragelemente wirkt, sollte auf EN 1997-1 verwiesen werden.

5.5.3 Verbindungselemente

(1)P Die Verbindung zwischen Trag- und Füllelement muss so bemessen werden, dass die Übertragung der Bemessungskräfte von den Füllelementen in die Tragelemente möglich ist.

(2) Dieser Nachweis darf mit Versuchsergebnissen nach 2.6 durchgeführt werden.

(3) Wenn der Nachweis rechnerisch erfolgt, ist in der Regel nachzuweisen, dass die Verbindungen in der Lage sind, die Auflagerreaktionen nach 5.5.2 (3) zu übertragen.

(4) Beim Nachweis der Verbindung auf Plattenbiegung sollte Plastifizierung berücksichtigt werden.

5.5.4 Tragelemente

(1)P Die Schnittgrößen infolge Erd- und Wasserdruck müssen unter Berücksichtigung der Lasten auf die Trag- und die Füllelemente und wo möglich zusätzlicher Lasten infolge Gewölbewirkung im Boden bestimmt werden, siehe 5.5.2 (2)P.

(2) Bei der Berechnung sollte die Reduzierung der Gesamttragfähigkeit der Tragelemente infolge der Lasteinleitung durch die Füllelemente über die Verbindungen berücksichtigt werden. Diese Anforderung darf als erfüllt gelten, wenn unterstellt werden kann, dass der Erddruck infolge der Gewölbewirkung direkt auf die Tragelemente wirkt und wenn auf die Füllelemente ein Wasserüberdruck von $\leq h$ [m] wirkt.

ANMERKUNG Der Wert h darf im Nationalen Anhang angegeben werden. Der Wert von $h = 5$ m wird empfohlen.

(3) Wird keine genauere Methode verwendet, sollten für den Festigkeitsnachweis der Tragelemente die nach 5.5.2 (3) ermittelten Auflagerkräfte der Füllelemente, die über die Verbindungen eingeleitet werden, berücksichtigt werden.

(4) Der Gesamtwiderstand darf entweder durch Versuche nach 2.6 oder durch die Berechnung nach den folgenden Abschnitten bestimmt werden.

(5) Der Nachweis von I-Profilen oder Rohren sollte nach EN 1993-1-1, Abschnitt 5 erfolgen.

(6) Die Auswirkung der Lasteinleitung aus den Verbindungen mit den Füllelementen auf den Widerstand von I-Profil-Bohlen sollte nach EN 1993-1-1 berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das in D.1 beschriebene Verfahren darf zur Bestimmung des durch die Lasteinleitung aus den Füllelementen reduzierten Gesamtwiderstandes der I-Profil-Bohlen, die als Tragelemente in kombinierten Spundwänden eingesetzt werden, verwendet werden.

(7) Die Wirkung der Lasteinleitung aus den Füllelementen über die Verbindungen auf den Widerstand von Rohren sollte nach EN 1993-1-1 und EN 1993-1-6 berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Das in D.2 beschriebene Verfahren darf zur Bestimmung des durch die Lasteinleitung aus den Füllelementen reduzierten Gesamtwiderstandes der Rohrprofile, die als Tragelemente in kombinierten Spundwänden eingesetzt werden, verwendet werden.

- (8) Für die Einleitung von konzentrierten Lasten aus Gurtungen, Ankern usw. ist das Rohrprofil in der Regel entweder entsprechend nachzuweisen oder konstruktiv mit Steifen oder einer Füllung aus Beton oder hochverdichtetem nicht-kohäsivem Material auszustatten, so dass lokales Beulen vermieden wird.
- (9) Bei Rohrpfählen, die nach Absatz (8) verfüllt sind, darf der volle Querschnittswiderstand nach EN 1992, EN 1993 und EN 1994 im verfüllten Bereich des Rohrs angesetzt werden.
- (10) Zusammengesetzte Profile, die als Tragelemente verwendet werden, sind in der Regel nach 5.4 nachzuweisen, vorausgesetzt, dass die Wirkungen der Lasten aus den Füllelementen berücksichtigt werden.
- (11) Wenn die vereinfachte Methode nach 5.4 (2) verwendet wird, sollten die lokalen Wirkungen der Auflagerreaktionen, die nach 5.5.2 (3) bestimmt werden, berücksichtigt werden.

6 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

6.1 Grundlagen

- (1) Die Bedeutungen von Setzungen und Erschütterungen und deren Grenzwerte sind in der Regel in jedem Einzelfall unter Berücksichtigung der jeweiligen lokalen Bedingungen anzugeben.
- (2) Die Einhaltung der Grenzwerte ist in der Regel durch einen Gebrauchstauglichkeitsnachweis zu bestätigen.
- (3) Auch wenn keine Grenzwerte vorgegeben sind, sollte nachgewiesen werden, dass bei Anwendung eines Modells nach 2.5.3.3 (1) keine plastischen Verformungen auftreten.
- (4) Die Bemessung von Spundbohlen oder Tragpfählen für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sollte für geeignete Bemessungssituationen nach EN 1997-1 unter Berücksichtigung einer möglichen Stahldickenverminderung infolge Korrosion durchgeführt werden.

6.2 Verformungen von Stützwänden

- (1) Für den Nachweis der Verformungen ist in der Regel EN 1997-1 zu beachten.
- (2) Die Verschiebungen infolge Lagerbewegungen (z. B. an Gurtungen, Steifen, Ankern) sollten berücksichtigt werden.
- (3) Falls erforderlich, sollten zusätzlich zu den Verformungen infolge der Belastung Anfangs imperfektionen infolge des Einbringens nach den in EN 12063 angegebenen Einbringtoleranzen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Dies kann notwendig sein, wenn bestimmte lichte Abstände in einer Baugrube gefordert sind.

- (4) Wenn die Verformungen einer Spundwand nachgewiesen werden, sollte berücksichtigt werden, dass die Qualität der Bauausführung und deren Überwachung einen erheblichen Einfluss auf das Ausmaß dieser Verformungen haben.

6.3 Verformungen von Tragpfählen

- (1) EN 1997-1 sollte bei der Bestimmung der Verformungen von Trag- und Mikropfählen berücksichtigt werden.

6.4 Konstruktive Aspekte von Stahlspundwänden

- (1) Bei der Verformungsberechnung von Stützwandkonstruktionen sollten die möglichen zusätzlichen Verschiebungen infolge der lokalen Verformungen an den Anschlussstellen der Anker, Gurtungen und Steifen berücksichtigt werden, wenn sie nicht vernachlässigbar sind.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

ANMERKUNG Diese Effekte können relevant sein, wenn große horizontale Kräfte in unausgesteifte Verbundwände, siehe Bild 1-7, durch ein H-Profil als Gurtung eingeleitet werden.

(2)P Die effektive Biegesteifigkeit muss berücksichtigt werden.

(3) Die effektive Biegesteifigkeit von Spundwänden aus U-Bohlen darf wie folgt bestimmt werden, wenn der unterschiedliche Grad der Schubkraftübertragung in den Schlössern, die nahe der Wandachse liegen, berücksichtigt werden soll:

$$(EI)_{\text{eff}} = \beta_D (EI) \quad (6.1)$$

Dabei ist

I der Flächenträgheitsmoment der durchgehenden Wand;

β_D der Faktor mit einem Wert $\leq 1,0$, um die mögliche Verminderung infolge unvollständiger Schubkraftübertragung im Schloss zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 β_D hängt von vielen örtlichen Einflüssen ab, siehe Anmerkung 1 von 5.2.2 (2). Der Wert für β_D darf im Nationalen Anhang angegeben werden.

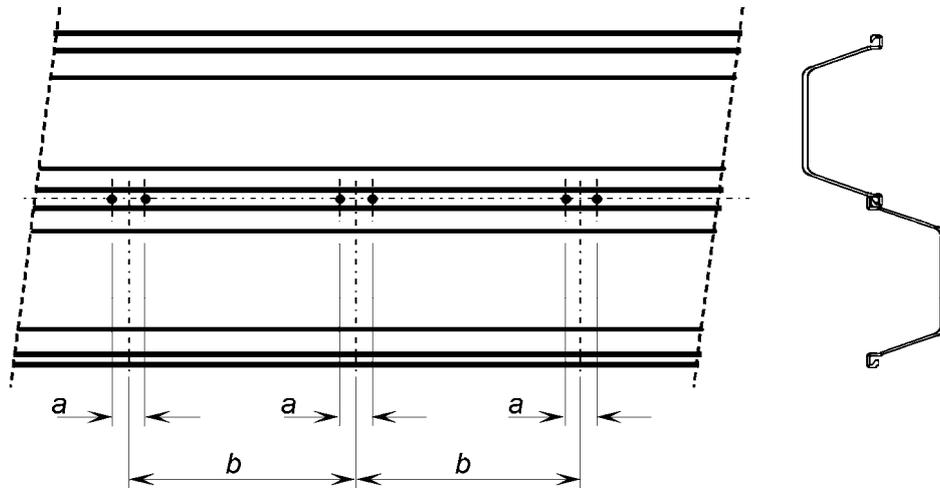
ANMERKUNG 2 Die Übertragbarkeit von Schubkräften in den Schlössern von U-Bohlen kann durch durchgehende oder abschnittsweise Verschweißung oder durch Verpressungen vergrößert werden.

(4)P Verpresspunkte müssen die Übertragung der erforderlichen Schlossschubkräfte ermöglichen. Der repräsentative Wert der Schubkraft R_{ser} , die von einem Verpresspunkt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit übertragen wird, ist: $R_{\text{ser}} = 75 \text{ kN}$. Es muss durch Versuche nach EN 10248 nachgewiesen werden, dass die Verpresspunktsteifigkeit nicht geringer als 15 kN/mm ist.

ANMERKUNG 1 Diese Steifigkeitsanforderungen entsprechen einer Schubkraft von 75 kN bei einer Verschiebung von 5 mm .

ANMERKUNG 2 Verpresspunkte können aus Einfach-, Doppel- oder Dreifachverpresspunkten bestehen.

(5) Wenn der Abstand von Einfach- oder Doppelverpresspunkten nicht größer ist als $0,7 \text{ m}$ (siehe Bild 6-1) und der Abstand von Dreifachverpresspunkten nicht größer ist als $1,0 \text{ m}$, kann für jeden Verpresspunkt vorausgesetzt werden, dass gleich große Schubkräfte mit $V_{\text{ser}} \leq R_{\text{ser}}$ übertragen werden.

**Legende** $a \leq 100 \text{ mm}$ $b \leq 700 \text{ mm}$ **Bild 6-1 — Abstände von Doppelverpresspunkten****7 Anker, Gurtungen, Aussteifungen und Anschlüsse****7.1 Allgemeines**

(1)P Die Schnittgrößen in Ankern, Gurtungen, Aussteifungen und Anschlüssen müssen aus einer Berechnung bestimmt werden, bei der die Boden-Tragwerks-Interaktion berücksichtigt wird.

(2) Wo notwendig, sollten auch die Schnittgrößen infolge Temperaturänderungen oder Sonderlasten berücksichtigt werden, siehe 2.5.2 (4).

(3) Es dürfen vereinfachte Berechnungsmethoden verwendet werden, bei denen in geeigneter Weise die Einwirkungen auf die verschiedenen Elemente des Tragwerks das Verhalten der einzelnen Bauteile berücksichtigen.

(4) Zu den Teilsicherheitsfaktoren γ_{M2} und $\gamma_{M3,ser}$, die bei Anschlüssen anzusetzen sind, siehe EN 1993-1-8.

ANMERKUNG Die Teilsicherheitsfaktoren γ_{Mb} und $\gamma_{Mt,ser}$ dürfen im Nationalen Anhang festgelegt werden. Die Werte $\gamma_{M2} = 1,25$ und $\gamma_{Mt,ser} = 1,10$ werden empfohlen.

7.2 Verankerungen**7.2.1 Allgemeines**

(1)P Die Nachweise der Querschnitte und der Verbindungen zwischen den Stahlteilen von passiven Ankern, einschließlich Zugankern, Ankerköpfen oder Anschlüssen, müssen wie folgt durchgeführt werden.

ANMERKUNG Bemessungsvorschriften für die Stahlteile von vorgespannten Ankern sind in EN 1537 angegeben.

(2) Die Versuchsdurchführung und die Verwendung von Versuchsergebnissen zur Bestimmung des Bemessungswiderstands von passiven Ankern und verpressten Ankern im Hinblick auf Ausreiversagen des

DIN EN 1993-5:2010-12 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Ankers (Boden-Tragwerks-Verhalten) sollten mit den Grundsätzen in EN 1997-1 und EN 1537 übereinstimmen.

7.2.2 Grundlegende Bemessungsbestimmungen

(1)P Für die Ankerbemessung müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden.

(2) Die Ankerlänge ist in der Regel so festzulegen, dass ein Versagen des Bodens oder der Mantelreibung vor dem Fließen des erforderlichen Mindestquerschnitts des Ankers verhindert wird. Die Ankerlänge sollte nach EN 1997-1 berechnet werden.

(3) Für passive Anker sollte Stahl mit einer Streckgrenze von höchstens 800 N/mm² verwendet werden.

(4) Die Längssteifigkeit des Ankers sollte bei der Bemessung einer Stützwand berücksichtigt werden. Sie darf aus vorausgegangenen Versuchen oder mit vergleichbaren Erfahrungswerten abgeschätzt werden.

ANMERKUNG Es kann nützlich sein, die Auswirkungen der Ankersteifigkeit auf die Bemessung der Stützwand durch eine Maximum/Minimum-Betrachtung für die Steifigkeit einzugrenzen.

7.2.3 Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

(1) Für den Zugwiderstand $F_{t,Rd}$ der Anker ist in der Regel als der kleinere Wert von $F_{tt,Rd}$ und $F_{tg,Rd}$ anzusetzen.

(2) Wenn nicht anders vorgegeben, sollte der Zugwiderstand im Ankergewinde wie folgt bestimmt werden:

$$F_{tt,Rd} = k_t \frac{f_{ua} A_S}{\gamma_{M2}} \quad (7.1)$$

Dabei ist

A_S die Zugspannungsfläche im Gewinde;

f_{ua} die Zugfestigkeit des Stahlankers;

γ_{M2} der Teilsicherheitsbeiwert nach 7.1 (4).

ANMERKUNG 1 k_t darf im Nationalen Anhang angegeben sein. Der empfohlene Wert für k_t ist 0,6. Dies berücksichtigt Fälle, in denen eine mögliche Biegung im Anker infolge von Schnittgrößen nicht ausdrücklich zutage tritt. Nur in Fällen, in denen die Stelle, an der der Ankerstab mit der Wand verbunden ist, so bemessen ist, dass Biegemomente hier vermieden werden, kann als empfohlener Wert $k_t = 0,9$ angesetzt werden.

ANMERKUNG 2 Konservativ kann die Nettofläche im Gewindebereich anstelle der Zugspannungsfläche verwendet werden.

(3) Der Zugwiderstand $F_{tg,Rd}$ des Ankerschaftes sollte wie folgt bestimmt werden:

$$F_{tg,Rd} = A_g f_y / \gamma_{M0} \quad (7.2)$$

Dabei ist

A_g die Bruttoquerschnittsfläche des Ankerstabs.

gestrichener Text

AC (4) **AC** Wenn die Anker mit einem toten Mann oder mit anderen Lastverteilungselementen am Ankerende bestückt sind, sollte keine Haftung entlang des Ankerschaftes berücksichtigt werden. Die gesamte Ankerkraft sollte durch das Ankerende übertragen werden.

AC (5) **AC** Der Bemessungswert des Zugkraftwiderstandes der Ankerplatte $B_{t,Rd}$ sollte als der kleinste Wert aus dem Zugwiderstand $F_{tg,Rd}$ nach Absatz (3) und dem Abscherwiderstand des Ankerkopfs und der Mutter $B_{p,Rd}$, aus EN 1993-1-8, Tabelle 3-4 bestimmt werden.

AC (6) **AC** Die Bemessung der Lastverteilungselemente sollte nach EN 1993-1-1 durchgeführt werden.

AC (7) **AC** Bei einem geneigten Anker sollte nachgewiesen werden, dass die Komponente der Ankerkraft, die in Richtung der Längsachse der Spundbohle wirkt, sicher vom Anker auf die Gurtung oder auf den Flansch der Spundbohle und in den Boden übertragen werden kann, siehe EN 1997-1.

7.2.4 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

(1)P Für Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit muss der Querschnitt des Ankers so bemessen werden, dass unter den charakteristischen Lastkombinationen Verformungen infolge Fließens des Zugankers vermieden werden.

(2) Der Grundsatz in Absatz (1)P darf als erfüllt angesehen werden, wenn

$$F_{t,ser} \leq \frac{f_y A_s}{\gamma_{Mt,ser}} \quad (7.3)$$

Dabei ist

A_s die Zugspannungsfläche des Gewindestücks oder Bruttoquerschnittsfläche des Ankerstabes, wobei der kleinere Wert gilt;

$F_{t,ser}$ die Normalkraft im Anker unter charakteristischen Lasten;

$\gamma_{Mt,ser}$ der Teilsicherheitsfaktor nach 7.1 (4).

7.2.5 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit

(1) Zu Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Ankern, die aus hochfestem Stahl entsprechend 3.7 (1) hergestellt werden, sollte EN 1537 beachtet werden.

(2) Zu Ankern aus anderen Stahlgüten sollte 4.1 beachtet werden.

ANMERKUNG Biegung im Ankerstab am Anschluss zur Spundwand kann einen nachteiligen Effekt auf die Dauerhaftigkeit der Stützwandkonstruktion haben. Dies sollte beachtet werden, insbesondere bei Stützwänden, deren Stabilität ausschließlich auf den Verankerungen beruht.

7.3 Gurtungen und Aussteifungen

(1) Die mechanischen Eigenschaften von Gurtungen und Aussteifungen, die in einer Tragwerksberechnung verwendet werden, sollten mit den Konstruktionsdetails übereinstimmen.

(2) Für den Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit, sollten die Schnittgrößen in den Gurtungen und Aussteifungen für alle maßgeblichen Bemessungssituationen bestimmt werden.

ANMERKUNG Wenn eine Aussteifung versagt, ist es unwahrscheinlich, dass sich dies in Form einer allmählichen Bewegung ankündigt oder dass genügend Zeit für Gegenmaßnahmen bleibt. Versagen eines Ankers könnte zu progressivem Versagen führen. Da die Schadensfolgen bei diesem Versagen sehr schwerwiegend sein können, sind konservative Annahmen für die Bemessung dieser Bauteile und ihrer Anschlüsse angemessen.

(3) Der Querschnittswiderstand der Bauteile sollte nach EN 1993-1-1 bestimmt werden.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

7.4 Verbindungen

7.4.1 Allgemeines

(1) Der Widerstand von Anschlüssen ist in der Regel nach EN 1993-1-8 nachzuweisen.

7.4.2 Tragpfähle

(1) Wenn nicht anders festgelegt, darf die Verbindung zwischen dem Tragpfahl und dem Pfahlrost auf verschiedenen (konservativen) Wegen für die Bemessung des Stahlpfahls und für die Bemessung des Pfahlrosts berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Grad der Einspannung des Pfahls in dem Pfahlrost oder der Gründung bestimmt die lokalen Querkräfte und Momente, für die zu bemessen ist.

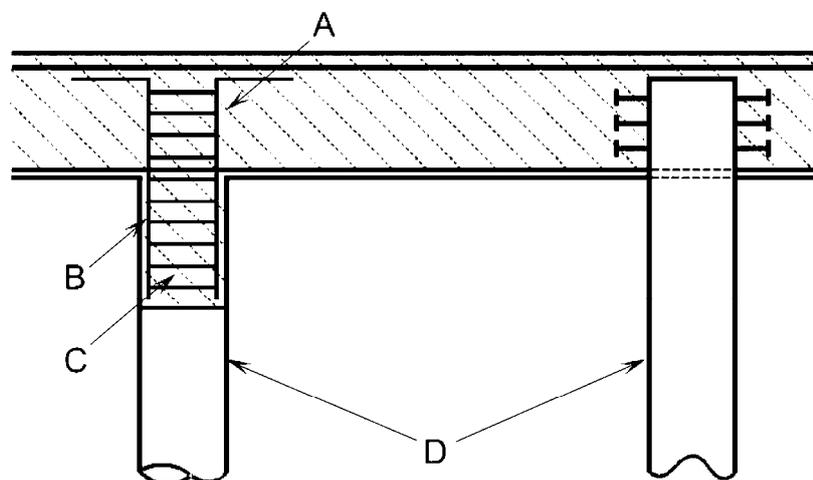
(2) Die statischen Eigenschaften der Verbindungen zwischen den Pfahlköpfen und dem Pfahlrost (gelenkig oder eingespannte Verbindung), welche von ihrer Steifigkeit und der konstruktiven Ausbildung abhängig sind, sollten mit der gewählten Art der Lastübertragung übereinstimmen. Beispiele hierfür werden in Bild 7-1 und Bild 7-2 gezeigt, siehe auch EN 1994.

ANMERKUNG Eine direkte Verbindung eines Stahltragwerks mit Tragpfählen ist ebenfalls möglich, siehe Bild 7-3.

(3) Bei der Bemessung der Verbindungen zwischen Pfahl und Pfahlrost sollten Dauerhaftigkeitsaspekte berücksichtigt werden.

(4) Verbindungen zwischen zwei Pfahlabschnitten sollten nach EN 1993-1-8 bemessen werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Informationen zur Bemessung von Pfahlverbindungsstücken enthalten.

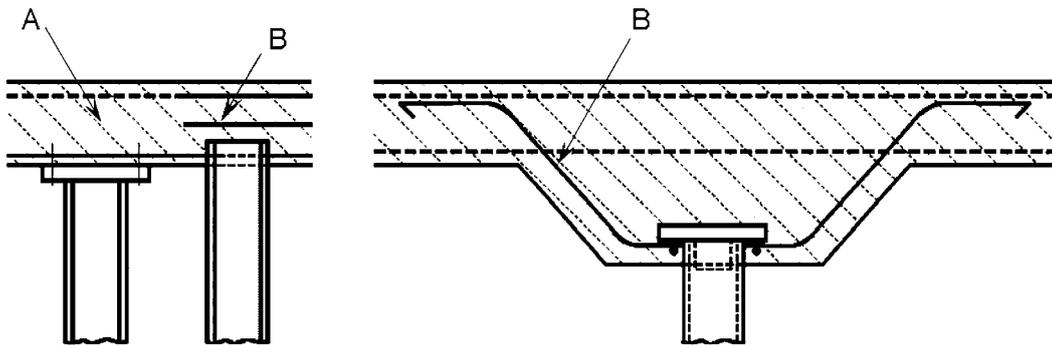


Legende

A Betonplatte / Pfahlrost
 B Bewehrung

C Betonfüllung
 D Stahlpfahl

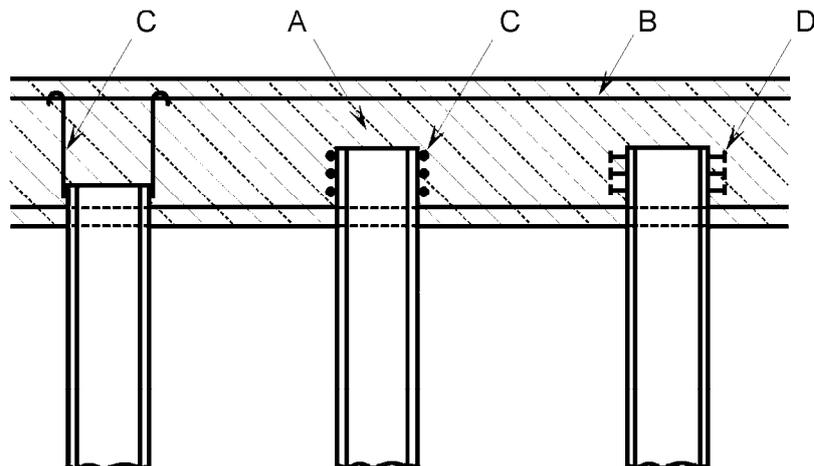
Bild 7-1 — Rohr- und Kastenpfähle, Beispiele für die Verbindung mit dem Pfahlrost



Legende

- A Pfahlrost
- B Bewehrung entsprechend der Art der Lastübertragung in die Betonplatte angeordnet

a) Druckbelastung



Legende

- A Pfahlrost
- B Bewehrung entsprechend der Art der Lastübertragung in die Betonplatte angeordnet
- C am Pfahl angeschweißter Betonrippenstahl
- D Kopfbolzendübel oder an Winkelprofil angeschweiß

b) Druck- und Zugbelastung

Bild 7-2 — Beispiele für Tragpfahlanschlüsse an einen Betonträgerrost

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

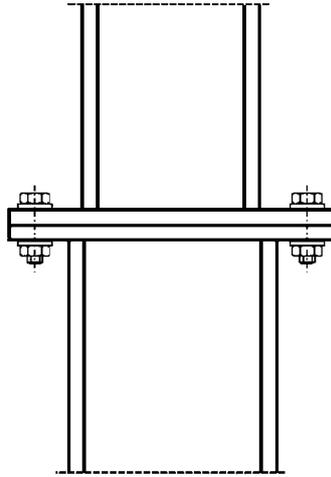


Bild 7-3 — Beispiel für eine Verbindung des Tragpfahls an eine Stahlkonstruktion oberhalb der Gründung

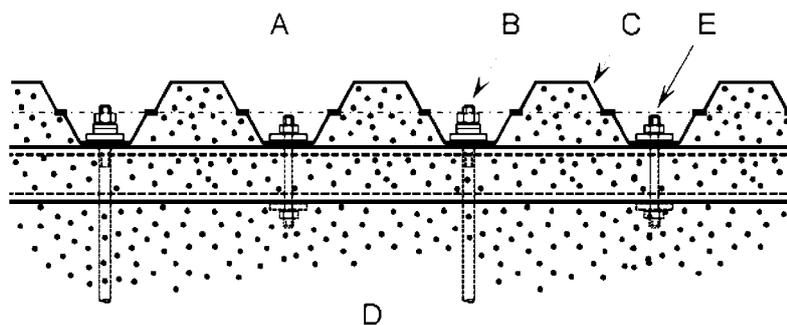
7.4.3 Verankerung

(1)P Es ist der Widerstand der Spundbohle gegen die Einleitung der Ankerkraft in den Flansch mittels Ankerplatte nachzuweisen, wenn der Ankeranschluss über eine Gurtung hinter der Wand (siehe Bild 7-4) oder ohne Einsatz einer Gurtung (siehe Bild 7-5a) erfolgt.

ANMERKUNG Ein mögliches Verfahren für diesen Nachweis ist in Absatz (3) angegeben.

(2)P Es ist der Widerstand der Spundbohle gegen die Einleitung der Anker- oder Aussteifungskraft in den Steg mittels Gurtung (siehe Bild 7-6) oder mittels Ankerplatte (siehe Bild 7-5b) nachzuweisen.

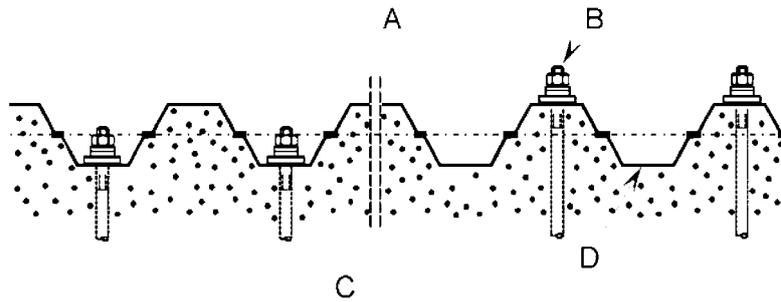
ANMERKUNG Ein mögliches Verfahren für diesen Nachweis ist in Absatz (4) und Absatz (5) angegeben.



Legende

A	Aushub	D	Boden
B	Anker	E	Bolzen
C	Spundwand		

Bild 7-4 — Beispiel einer Verankerung mit Gurtung hinter der Spundwand



a) Anker befindet sich im Wellental der Spundwand

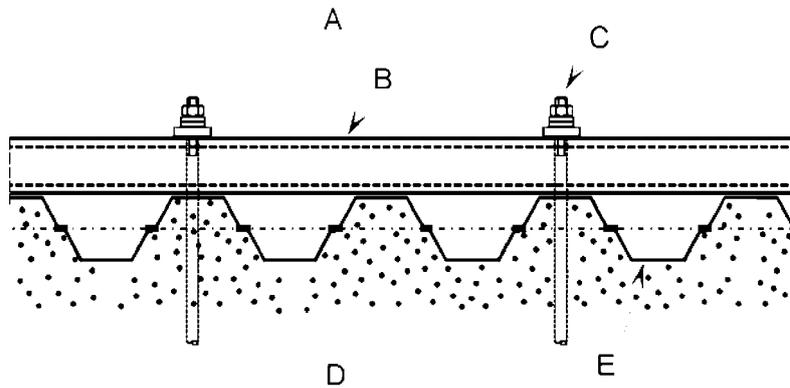
b) Anker befindet sich am Wellenberg der Spundwand

Legende

A Aushub
B Anker

C Boden
D Spundwand

Bild 7-5 — Beispiel einer Verankerung ohne Gurtung



Legende

A Aushub
B Gurtung
C Anker

D Boden
E Spundwand

Bild 7-6 — Beispiel einer Gurtung vor der Spundwand

(3) Der Widerstand der Spundwand mit einer Gurtung hinter der Wand (siehe Bild 7-4) oder ohne Gurtung (siehe Bild 7-5a) gegen die Ankerkraft, die über die Flansche durch eine Ankerplatte eingeleitet wird, darf wie folgt nachgewiesen werden:

a) Schubwiderstand des Flansches:

$$F_{Ed} \leq R_{Vf,Rd} \tag{7.4}$$

Dabei ist

F_{Ed} der Bemessungswert der lokalen quergerichteten Kraft, die in den Flansch eingeleitet wird;
 $R_{Vf,Rd}$ der Bemessungswert des Schubwiderstandes des Flansches unter der Ankerplatte definiert durch

$$R_{Vf,Rd} = 2,0 (b_a + h_a) t_f \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \tag{7.5}$$

Dabei ist

b_a die Ankerplattenbreite;

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- f_y die Streckgrenze der Spundwand;
 h_a die Ankerplattenlänge, jedoch $\leq 1,5 b_a$;
 t_f die Flanschdicke.

b) Zugwiderstand des Steges:

$$F_{Ed} \leq R_{tw,Rd} \quad (7.6)$$

Dabei ist

$R_{tw,Rd}$ der Bemessungswert des Zugwiderstandes von 2 Stegen, definiert durch

$$R_{tw,Rd} = 2,0 h_a t_w f_y / \gamma_{M0} \quad (7.7)$$

mit

t_w Stegdicke;

c) Breite der Ankerplatte:

$$b_a \geq 0,8 b \quad (7.8)$$

Dabei ist

b_a die Breite der Ankerplatte;

b die Flanschbreite, siehe Bild in Tabelle 5-1;

ANMERKUNG Es darf ein kleinerer Wert für b angesetzt werden, unter der Voraussetzung, dass die Flanschbiegung überprüft wurde.

d) Dicke der Ankerplatte:

Die Ankerplatte sollte für Biegung nachgewiesen werden und eine Mindestdicke von $2t_f$ haben.

(4) Der Widerstand der Spundbohle gegen den Teil der Anker- oder Steifenkraft, der in die Stege über eine Gurtung (siehe Bild 7-6) eingeleitet wird, darf wie folgt bestimmt werden:

Bei $F_{Ed} \leq 0,5 R_{c,Rd}$: kein weiterer Nachweis ist notwendig.

Bei $F_{Ed} > 0,5 R_{c,Rd}$: lautet der Nachweis:

$$\frac{F_{Ed}}{R_{c,Rd}} + 0,5 \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (7.9)$$

Dabei ist

F_{Ed} Bemessungswert der lokalen quergerichteten Kraft je Steg, die über die Gurtung eingeleitet wird;

$R_{c,Rd}$ der Widerstand gegen die lokale Kraft. $R_{c,Rd}$ sollte als der kleinste Wert von $R_{e,Rd}$ und $R_{p,Rd}$ für jeden Steg angesetzt werden. Dieser lautet:

$$R_{e,Rd} = \frac{\varepsilon}{4e} (s_S + 4,0 s_{ec}) \sin \alpha \left(t_w^2 + t_f^2 \right) f_y / \gamma_{M0} \quad (7.10)$$

oder

$$R_{p,Rd} = \chi R_{p0} / \gamma_{M0} \quad (7.11)$$

Dabei ist

$$\chi = 0,06 + \frac{0,47}{\lambda} \leq 1,0 \quad (7.12)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{p0}}{R_{cr}}} \quad (7.13)$$

$$R_{cr} = 5,42 E \frac{t_w^3}{c} \sin \alpha \quad (7.14)$$

$$R_{p0} = \sqrt{2} \varepsilon f_y t_w \sin \alpha \left(s_S + t_f \sqrt{\frac{2b \sin \alpha}{t_w}} \right) \quad (7.15)$$

b die Flanschbreite, siehe Bild in Tabelle 5-1;

c die Steglänge, siehe Bild 5-1;

e die Exzentrizität der Lasteinleitung in den Steg, gegeben durch

$$r_0 \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) - \frac{t_w}{2 \sin \alpha}, \text{ jedoch nicht weniger als 5 mm;} \quad (7.16)$$

f_y die Streckgrenze der Spundbohle;

r_0 der Außenradius der Ecke zwischen Flansch und Steg;

$$s_{ec} = 2,0 \pi r_0 \left(\frac{\alpha}{180} \right) \text{ mit } \alpha \text{ in Grad;} \quad (7.17)$$

s_S die Länge der Lasteinleitungsbreite, bestimmt nach EN 1993-1-5, 6.3. Wenn die Gurtung aus zwei Teilen besteht, z. B. bei zwei U-Profilen, ist s_S die Summe beider Teile zuzüglich des kleinsten Wertes aus dem Abstand zwischen den zwei Teilen oder der Länge s_{ec} ;

t_f die Flanschdicke;

t_w die Stegdicke;

α der Stegwinkel, siehe Bild 5-1;

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} \text{ mit } f_y \text{ in N/mm}^2;$$

M_{Ed} der Bemessungswert des Biegemoments an der Stelle der Anker- oder Aussteifungskraft;

$M_{c,Rd}$ der Bemessungswert des Biege widerstandes der Spundbohle nach 5.2.2 (2).

(5) Wenn eine Ankerplatte für die Einleitung einer Ankerkraft in die Stege nach Bild 7-5 b) verwendet wird, darf der in Absatz (4) angegebene Nachweis verwendet werden, vorausgesetzt, die Ankerplattenbreite ist größer als die Flanschbreite, um eine zusätzliche Exzentrizität e , wie in Absatz (4) angegeben, zu vermeiden.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

8 Ausführung

8.1 Allgemeines

- (1) Die Gründungsarbeiten sind in der Regel in der Weise durchzuführen, wie sie für das Projekt festgelegt wurden.
- (2) Wenn zwischen der Ausführung auf der Baustelle und dem, was für das Projekt festgelegt wurde, Unterschiede auftreten, sollten die Auswirkungen untersucht und, falls notwendig, Änderungen vorgenommen werden.
- (3) Die Anforderungen an die Ausführung sollten EN 1997-1 entsprechen.
- (4) Sonderanforderungen sollten im Einzelfall angegeben werden.

8.2 Stahlspundwände

- (1)P Stahlspundwände müssen nach EN 12063 ausgeführt werden.
- (2) Die Toleranzen für die Positionierung und die Vertikalität von Spundwänden sollten EN 12063, Tabelle 2 entsprechen.
- (3) Um die Nennwerte der Widerstands- und Steifigkeitseigenschaften der Spundwand sicherzustellen, sollten die Einbringtoleranzen mit EN 12063, 8.5 übereinstimmen.

8.3 Tragpfähle

- (1)P Die Ausführung von Tragpfählen muss EN 1997-1, Abschnitt 4 entsprechen.
- (2)P Die Ausführung von Tragpfählen muss ebenfalls in Übereinstimmung mit EN 12699 und EN 14199 stehen.
- (3) Die Toleranzen für die Position und die lotrechte Lage von Tragpfählen sollten so sein, wie sie in EN 12699 und EN 14199 angegeben sind.

8.4 Verankerungen

- (1) Die Ausführung von Verankerungen sollte, soweit anwendbar, in Übereinstimmung mit EN 1997-1 und EN 1537 stehen.

8.5 Gurtungen, Steifen und Verbindungen

- (1)P Für die Ausführung von Tragwerkskomponenten muss EN 1090-2 beachtet werden.

Anhang A

(normativ)

Dünnwandige Stahlspundwände

A.1 Allgemeines

A.1.1 Geltungsbereich

- (1) Dieser Anhang dient der Bestimmung des Widerstandes und der Steifigkeit von Stahlspundwänden mit Berücksichtigung der Besonderheiten von kaltgeformten Stahlspundwänden, alle mit Querschnitten der Klasse 4. Zur Bestimmung der Einwirkungen und Schnittgrößen wird auf Abschnitt 2 verwiesen.
- (2) Zur Querschnittsklassifizierung wird in der Regel auf 5.2 verwiesen.
- (3) Die Bemessungsmethoden werden in diesem Anhang für kaltgeformte Spundbohlen dargestellt, dürfen aber auch für warmgewalzte Klasse-4-Profile angewendet werden.
- (4) Die hier dargestellte Bemessung mit Berechnungen setzt voraus, dass die Querschnitte keine Zwischensteifen haben. Diese Einschränkungen brauchen bei versuchsgestützter Bemessung nicht berücksichtigt zu werden, siehe A.7. Bei Profilen, die aus Elementen mit Zwischensteifen bestehen und rechnerisch bemessen werden sollen, sollte EN 1993-1-3 beachtet werden.
- (5) Bei dünnwandigen Stahlspundbohlen führt die Bemessung mit Berechnungen nicht immer zu wirtschaftlichen Lösungen. Es ist daher oft sinnvoll, Versuche zur Bestimmung der Widerstände durchzuführen.

ANMERKUNG Anleitungen für die Versuchsdurchführung befinden sich in Anhang B.

- (6) Einschränkungen für die Abmessungen oder den Werkstoff gelten nur für die rechnerische Bemessung.

A.1.2 Form von kaltgeformten Stahlspundbohlen

- (1) Kaltgeformte Stahlspundbohlen sind Produkte, die aus warmgewalzten Blechen nach EN 10249 hergestellt werden. Sie bestehen aus geraden und abgerundeten Wandstücken. Über ihre gesamte Länge haben sie innerhalb der spezifizierten Toleranzen einen konstanten Querschnitt und eine Dicke, die nicht weniger als 2 mm beträgt.
- (2) Diese Spundbohlen werden ausschließlich durch Kaltverformung (Walzen oder Abkanten) hergestellt.
- (3) Die Querschnittsränder einer Spundbohle dürfen aus Schlössern bestehen.
- (4) Einige Beispiele von kaltgeformten Bohlenquerschnitten, die in diesem Anhang behandelt werden, sind in Tabelle A.1 angegeben.

A.1.3 Begriffe

- (1) Es gelten die Begriffe für die Querschnittsabmessungen in EN 1993-1-3, 1.5.3.
- (2) Für kaltgeformte Spundbohlen gilt die Achsenvereinbarung in 1.9.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle A.1 — Beispiele für kaltgeformte Spundbohlen

	Querschnittsbeispiel
Ω-Profil	
Z-Profil	
Kanalprofil	

A.2 Grundlagen für Entwurf, Bemessung und Konstruktion

A.2.1 Grenzzustände der Tragfähigkeit

(1) Soweit nicht anders in diesem Anhang geregelt, gelten die allgemeinen Regelungen in 2.2 und 5.1 auch für kaltgeformte Profile.

A.2.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

(1) Soweit nicht anders in diesem Anhang geregelt, gelten die allgemeinen Regelungen in 2.3, 6.1 und 6.2 auch für kaltgeformte Profile.

(2) Für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise ist EN 1993-1-3, Abschnitt 7 zu beachten.

A.3 Werkstoff- und Querschnittseigenschaften

A.3.1 Werkstoffeigenschaften

(1) Zu Werkstoffeigenschaften ist für diesen Anhang Abschnitt 3 zu beachten.

(2) Die Regelungen in diesem Anhang gelten für Klasse-4-Stahlspundbohlen nach EN 10248 und EN 10249.

(3) Diese Regelungen dürfen auch auf andere Baustähle mit ähnlichen Festigkeits- und Zähigkeits-eigenschaften angewendet werden, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- der Stahl erfüllt die Anforderungen an die chemische Zusammensetzung, mechanischen Prüfungen und andere Prüfverfahren nach Umfang und Methode wie in EN 10248 und EN 10249 beschrieben;
- es wird ein Mindestwert der Duktilität gefordert, ausgedrückt durch Grenzwerte von
 - f_u / f_y ;
 - die Bruchverformung bezogen auf die Länge $5,65 \sqrt{A_0}$ (wobei A_0 die Ausgangsquerschnittsfläche ist);
 - die Grenzdehnung ϵ_u , wobei sich ϵ_u auf die Zugfestigkeit f_u bezieht;

ANMERKUNG Die Grenzwerte dürfen im Nationalen Anhang angegeben sein. Folgende Werte werden empfohlen:

- $f_u / f_y \geq 1,1$;
- die Bruchdehnung ≥ 15 %;
- $\epsilon_u \geq 15 \epsilon_y$;

wobei sich ϵ_y auf die Streckgrenze f_y bezieht.

- die Stahllieferung erfolgt:
 - entweder nach einer anderen anerkannten Norm für Baustahl, oder
 - mit mechanischen Eigenschaften und einer chemischen Zusammensetzung, die einer der Stahlgüten in Tabelle 3-1 oder Tabelle 3-2 entsprechen.

(4) Der Nennwert der Streckgrenze f_{yb} des Grundmaterials in Tabelle 3-1 und Tabelle 3-2 sollte als charakteristischer Wert für die Bemessung angesetzt werden. Bei anderen Stählen sollte der charakteristische Wert anhand von Zugversuchen entsprechend EN 10002-1 bestimmt werden.

(5) Es darf angenommen werden, dass die Stahleigenschaften unter Druck dieselben sind wie unter Zug.

(6) Für die in diesem Anhang erfassten Stähle, sollten die weiteren Werkstoffeigenschaften für die Bemessung wie folgt angenommen werden:

- Elastizitätsmodul: $E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$;
- Schubmodul: $G = E / [2(1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$;
- Querkontraktionszahl: $\nu = 0,3$;
- Temperaturexpansionskoeffizient: $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$;
- Dichte: $\rho = 7\,850 \text{ kg/m}^3$.

(7) Die Verfestigung infolge Kaltverformung darf anhand von Versuchen nach A.7 berücksichtigt werden.

(8) Wenn in diesem Anhang oder in der EN 1993-1-3 die Streckgrenze mit dem Symbol f_y bezeichnet wird, ist entweder die Streckgrenze des Grundwerkstoffes f_{yb} nach Tabelle 3-2 oder die Streckgrenze nach Tabelle 3-1 zu verwenden.

ANMERKUNG Hier besteht ein Unterschied zu den in EN 1993-1-3 verwendeten Vereinbarungen.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

(9) Die Regelungen für den rechnerischen Nachweis in diesem Anhang sind nur anwendbar, wenn die Nennwerte der Erzeugungsdicke in den folgenden Grenzen liegen:

$$2,0 \text{ mm} \leq t \leq 15,0 \text{ mm}.$$

(10) Für dickere oder dünnere Klasse-4-Querschnitte von Spundwänden sollte die Tragfähigkeit nach A.7 Versuchsgestützte Bemessung bestimmt werden.

A.3.2 Querschnittseigenschaften

(1) Querschnittseigenschaften sollten, unter gebührender Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Gesamtquerschnittes gegenüber Näherungsberechnungen, siehe EN 1993-1-3, 5.1, und deren Einfluss auf die vorhergesagte Festigkeit von Bauteilen, berechnet werden.

(2) Die Effekte des lokalen Beulens sollten durch die Verwendung von effektiven Querschnittswerten nach A.4 berücksichtigt werden

(3) Die Eigenschaften des Bruttoquerschnitts sollten mit den angegebenen Nennabmessungen bestimmt werden. Bei der Berechnung der Bruttoquerschnittseigenschaften brauchen kleine Löcher nicht angerechnet zu werden, große Öffnungen sollten jedoch berücksichtigt werden.

(4) Die Nettofläche eines Bohlenquerschnittes oder eines Teilquerschnittes sollte aus dem Bruttoquerschnitt durch Abzug aller Löcher und Öffnungen berechnet werden.

(5) Der Einfluss von ausgerundeten Ecken auf die Querschnittseigenschaften sollte nach EN 1993-1-3, 5.1(4) berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für einen idealisierten Spundbohlenquerschnitt mit ausgerundeten Ecken ist in Bild A.1 angegeben.

(6) Für den rechnerischen Nachweis sollte das Breiten-zu-Dicken-Verhältnis die Werte der Tabelle A.2 nicht überschreiten.

(7) Die Verwendung von Breiten-zu-Dicken-Verhältnissen, die diese Werte überschreiten, ist nicht ausgeschlossen. Dann sollten jedoch die Tragfähigkeit der Bohle und ihr Gebrauchstauglichkeitsverhalten durch Versuche nach A.7 nachgewiesen werden.

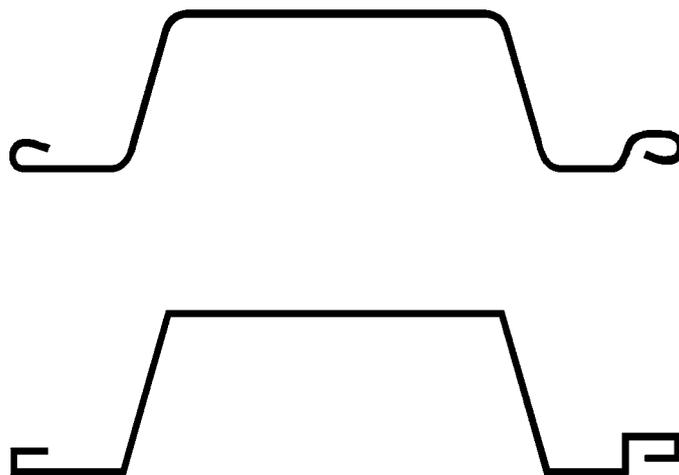
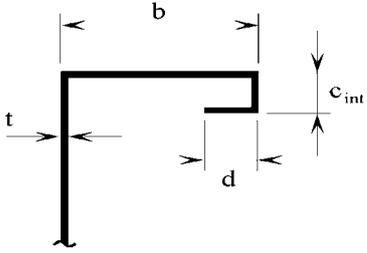
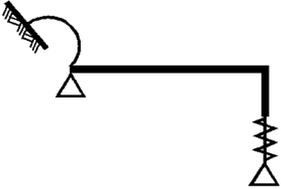
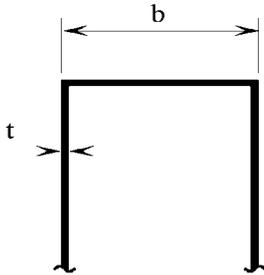
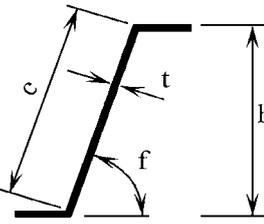
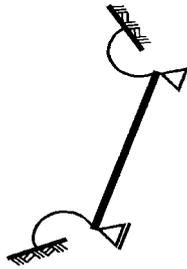


Bild A.1 — Beispiel eines idealisierten Querschnitts

Tabelle A.2 — Maximale Breiten-zu-Dicken-Verhältnisse; Modellierung des statischen Verhaltens

Teil des Querschnitts	Modellierung des statischen Verhaltens	
	$b/t \leq 90$	
	$b/t \leq 200$	
	$45^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $c/t \leq 200$	

A.4 Lokales Beulen

- (1) Wenn nicht anders in diesem Anhang geregelt, sollten die Effekte des lokalen Beulens auf den Widerstand und die Steifigkeit von Klasse-4-Stahlspundbohlenquerschnitten nach EN 1993-1-3, 5.5 berücksichtigt werden.
- (2) Unausgesteifte flache Elemente von Spundbohlenquerschnitten werden in EN 1993-1-3, 5.5.2 behandelt.
- (3) Flache Elemente mit Schlössern, die als Eckaussteifung wirken, sollten nach EN 1993-1-3, 5.5.3.2 berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Bild A.2 zeigt ein Beispiel für die Idealisierung der Schlossgeometrie, die als Eckaussteifung wirkt.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

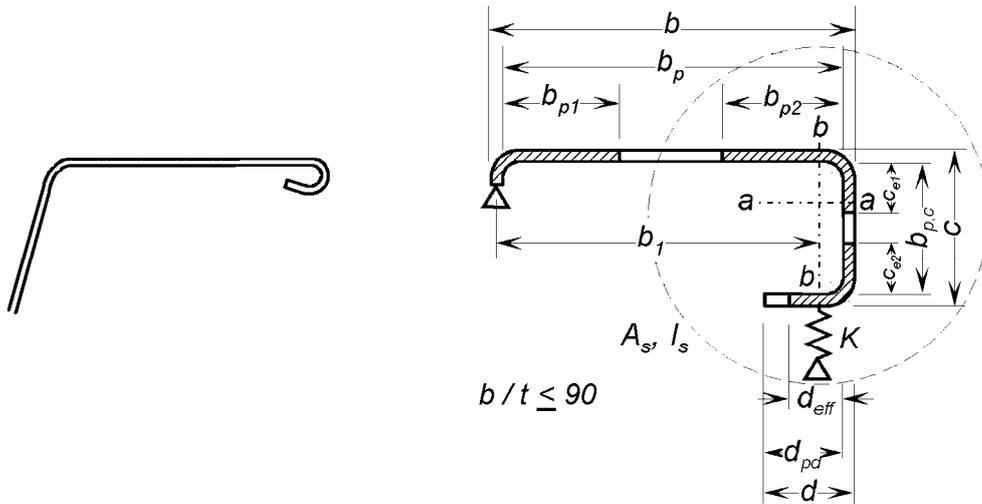


Bild A.2 — Schloss, das als Eckaussteifung betrachtet wird

- (4) Flache druckbeanspruchte Elemente mit Schlössern, die als Eckaussteifung wirken, sollten nach dem Grundsatz in EN 1993-1-3, 5.5.3.1 (1) bemessen werden.
- (5) Die Federsteifigkeit des Schlosses, das als Eckaussteifung wirkt, sollte nach EN 1993-1-3, Gleichung (5.10) bestimmt werden.
- (6) EN 1993-1-3, Gleichung (5.9) darf für Spundbohlen, nämlich für Z-Bohlen nach Bild A.3 und Bild A.4, angewendet werden, indem für die Plattensteifigkeit $(E t^3) / 12 / (1 - \nu^2)$ angesetzt wird. Die Steifigkeit der Drehfeder, die den Steg abbildet, siehe Bild A.4, darf bestimmt werden mit:

$$EI_w \theta = \frac{1}{2} \times 1 \times 1 \times s_w \quad (\text{A.1})$$

$$C_\theta = \frac{1}{\theta} = \frac{2EI_w}{c} \quad (\text{A.2})$$

$$I_w = \frac{t^3}{12(1-\nu^2)} \quad (\text{A.3})$$

Das tatsächliche Biegemoment, das in der Drehfeder infolge der Einheitslast wirkt, ist $u \times b_p$ und die dazugehörige Verdrehung ist:

$$\theta = \frac{u b_p}{C_\theta} = \frac{u b_p c}{2EI_w} \quad (\text{A.4})$$

Somit lautet EN 1993-1-3, Gleichung (5.10):

$$\delta = \frac{2u b_p^2 (1-\nu^2)}{E t^3} (3c + 2b_p) \quad (\text{A.5})$$

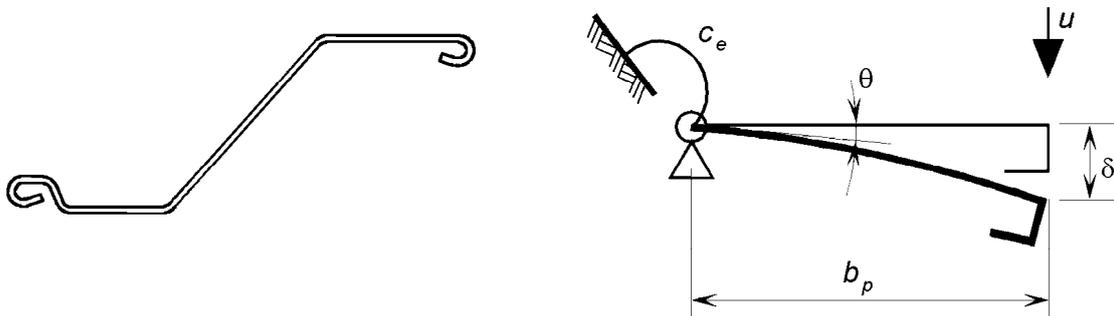


Bild A.3 — Bestimmung der Federsteifigkeit des Flansches

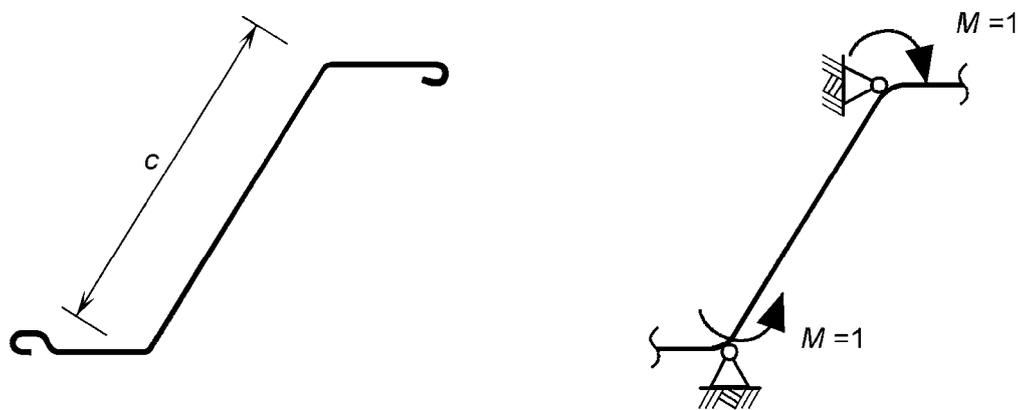


Bild A.4 — Bestimmung der Federsteifigkeit des Steges

A.5 Querschnittswiderstand

A.5.1 Allgemeines

- (1)P Die Bemessungswerte der Schnittgrößen in jedem Querschnitt dürfen den Bemessungswert des zugehörigen Widerstandes nicht überschreiten.
- (2) Der Bemessungswert des Widerstandes des Querschnitts sollte entweder mit den in diesem Anhang beschriebenen Berechnungsmethoden, oder durch versuchsgestützte Bemessung nach A.7 bestimmt werden.
- (3) Die Regelungen in A.5 sollten nur bei einachsiger Biegung mit $M_z = 0$ verwendet werden.
- (4) Es darf angenommen werden, dass eine der Hauptachsen der Spundbohle parallel zur Systemachse der Stützwand verläuft.
- (5) Beim rechnerischen Nachweis sollte der Querschnittswiderstand nachgewiesen werden für:
 - das Biegemoment unter Berücksichtigung der lokalen Querbiegung;
 - lokale quer einwirkende Kräfte;
 - die Kombination von Biegemoment und Querkraft;

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- die Kombination von Biegemoment und Normalkraft;
- die Kombination von Biegemoment und lokaler quer einwirkender Kraft.

(6) Für alle diese Querschnittswiderstände darf die versuchsgestützte Bemessung anstatt des rechnerischen Nachweises angewendet werden.

ANMERKUNG Die versuchsgestützte Bemessung ist besonders vorteilhaft bei Querschnitten mit relativ hohem b_p/t -Verhältnis, zum Beispiel in Verbindung mit unelastischem Verhalten oder Stegkrüppeln.

(7) Beim rechnerischen Nachweis sollte lokales Beulen anhand von effektiven Querschnittswerten nach A.4 berücksichtigt werden.

(8) Die in diesem Abschnitt gegebenen Regelungen gehen nicht auf globales Stabilitätsversagen von Spundbohlen ein. Für Spundbohlen, bei denen Stabilitätsversagen infolge von Druckkräften auftreten kann, wird in der Regel auf EN 1993-1-3, 6.2 verwiesen.

(9) Die in 5.2.3 (1) angegebenen Kriterien sollten eingehalten werden. Größere Normalkräfte, die zu Gesamtknicken führen können, sollten bei Klasse-4-Querschnitten vermieden werden.

(10) Gurtungen sollten vor oder hinter der Spundwand verwendet werden, um Kräfte von Ankern oder Steifen (siehe Bild A.5a)) mit einer Umverteilung der Kräfte einzuleiten. Wenn Ankerplatten verwendet werden, um die Last aus einem Zuganker direkt in die Spundbohle nach Bild A.5b) einzuleiten, sollten Versuche nach 2.6 durchgeführt werden, wenn die Dicke der Spundwandprofile ≤ 6 mm ist.

(11) Bei iterativen Berechnungen sollte eine genügende Anzahl von Iterationen durchgeführt werden, um die erforderliche Genauigkeit zu erreichen.

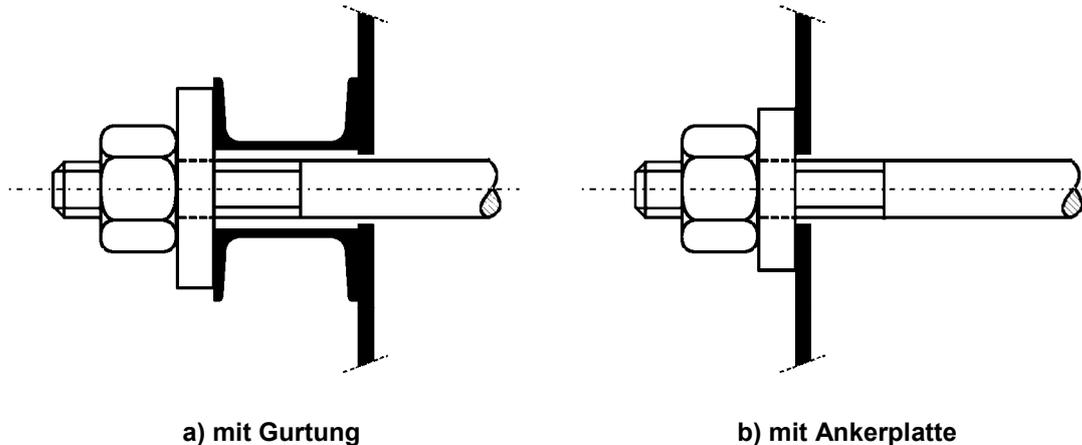


Bild A.5 — Einleitung von Ankerkräften

A.5.2 Biegemoment

(1) Wenn nicht anders in diesem Anhang geregelt, sollte der Momentenwiderstand von Klasse-4-Querschnitten nach EN 1993-1-3, 6.1.4 bestimmt werden.

(2) Die Einschränkung der mitwirkenden Breiten zur Berücksichtigung der Schubverzerrung darf bei Stahlspundwandbohlen vernachlässigt werden.

(3) Bei Stützwänden aus Klasse-4-Querschnitten sollte keine plastische Momentenumlagerung angesetzt werden.

(4) Wenn der Momentenwiderstand des Profils bei positiven und negativen Biegemomenten unterschiedlich ist, sollte dies bei der Bemessung berücksichtigt werden.

A.5.3 Querkräfte

- (1) Wenn nicht anders in diesem Anhang geregelt, sollte der Querkraftwiderstand des Steges nach EN 1993-1-3, 6.1.5 bestimmt werden.
- (2) Die Schubbeulfestigkeit f_{bv} sollte für Stege ohne Aussteifung am Auflager mit EN 1993-1-3, Tabelle 6-1 bestimmt werden.

A.5.4 Lokale Einleitung quergerichteter Kräfte

A.5.4.1 Allgemeines

- (1) Wenn sich die Gurtung auf der Aushubseite, siehe Bild 7-6, befindet, sollte der Nachweis nach A.5.4.2 durchgeführt werden.
- (2) Wenn sich die Gurtung auf der Landseite, siehe Bild 7-4, befindet, sollte der Nachweis nach A.5.4.3 durchgeführt werden.

A.5.4.2 Stege mit quergerichteten Druckkräften

- (1) Um Stauchen, Krüppeln oder Beulen des Steges infolge der Auflagerreaktionen aus der Gurtung zu vermeiden, sollte für die quergerichtete Kraft F_{Ed} gelten:

$$F_{Ed} \leq R_{w,Rd}$$

Dabei ist

$R_{w,Rd}$ der Widerstand des Steges gegen lokale quergerichtete Kräfte.

- (2) Wenn nicht anders in diesem Anhang geregelt, sollte für einen unausgesteiften Steg der Widerstand $R_{w,Rd}$ gegen lokal quergerichtete Kräfte aus EN 1993-1-3, 6.1.7.3 entnommen werden.

ANMERKUNG (2) gilt auch für Z-Bohlen, indem eine Doppelbohle aus zwei Z-Bohlen betrachtet wird.

- (3) Für Gurtungen, die als Auflager wirken, gilt:

- der Wert der effektiven Auflagerlänge l_a in EN 1993-1-3, Gleichung (6.18) sollte nach EN 1993-1-3, 6.1.7.3 (4) bestimmt werden;
- der Wert des Koeffizienten α in EN 1993-1-3, Gleichung (6.18) sollte wie folgt angenommen werden:
 - für Kategorie 1: $\alpha = 0,075$;
 - für Kategorie 2: $\alpha = 0,15$.

ANMERKUNG Die Kategorie 1 gilt, wenn der Abstand zwischen Gurtung und dem Bohlenende $\leq 1,5 h_w$ ist, wobei h_w die Höhe des Profils ist. Sonst gilt Kategorie 2, siehe EN 1993-1-3, Bild 6-9.

A.5.4.3 Stege mit quergerichteten Zugkräften

- (1) Für Stege mit quergerichteten Zugkräften sollte der Nachweis nach 7.4.3 (3) geführt werden.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

A.5.5 Kombination aus Querkraft und Biegemoment

(1) Für die Kombinationen aus Querkraft und Biegemoment sollte der Nachweis nach EN 1993-1-3, Gleichung (6.27) durchgeführt werden.

A.5.6 Kombination aus Biegemoment und lokalen quergerichteten Kräften

(1) Für die Kombination von Biegemoment und Lasteinleitung für lokale quergerichtete Kräfte sollte der Nachweis nach EN 1993-1-3, 6.1.11 durchgeführt werden.

A.5.7 Kombination aus Biegemoment und Normalkraft

(1) Die Kombination von Biegemoment und Zugkraft sollte ohne Berücksichtigung der Biegung um die z-z-Achse nach EN 1993-1-3, 6.1.8 nachgewiesen werden.

(2) Der Nachweis für die Kombination von Biegemoment und Druckkraft sollte ohne Berücksichtigung der Biegung um die z-z-Achse nach EN 1993-1-3, 6.1.9 durchgeführt werden.

A.5.8 Lokale Querbiegung

(1) Bei Wasserdruckbelastung, die 1 m Wasserspiegelunterschied überschreitet, sind in der Regel die Effekte des Wasserdrucks auf die Plattenquerbiegung bei Ermittlung des globalen Biege widerstand zu berücksichtigen.

(2) Vereinfachend kann dieser Nachweis mit dem folgenden Verfahren durchgeführt werden:

- die Querschnittsnachweise brauchen nur an den Stellen mit dem maximalen Moment durchgeführt zu werden, bei denen die Wasserdruckbelastung mehr als 1 m beträgt;
- die Effekte der Wasserdruckbelastung sollten durch eine reduzierte Plattendicke $t_{\text{red}} = \rho_P t$ mit ρ_P nach Tabelle A.3 berücksichtigt werden;
- bei der Bestimmung von ρ_P nach Tabelle A-3 sollte die wirkende Wasserdruckbelastung an den Stellen des maximalen Momentes berücksichtigt werden.

Tabelle A.3 — Abminderungsfaktor ρ_P für Plattendicken bei Wasserdruckbelastung

w	$(b/t_{\text{min}}) \varepsilon = 40,0$	$(b/t_{\text{min}}) \varepsilon = 60,0$	$(b/t_{\text{min}}) \varepsilon = 80,0$	$(b/t_{\text{min}}) \varepsilon = 100,0$
1,0	0,99	0,98	0,96	0,94
2,5	0,98	0,94	0,88	0,78
5,0	0,95	0,86	0,67	0,00
7,5	0,92	0,75	0,00	0,00
10,0	0,88	0,58	0,00	0,00

Erläuterung:

b Flanschbreite, jedoch sollte b nicht kleiner angesetzt werden als $c/\sqrt{2}$, wobei c die Steglänge ist;

t_{min} kleinster Wert der Dicken von Flansch oder Steg;

w Höhe des Wasserdruckunterschieds in m;

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}, \text{ mit } f_y \text{ in N/mm}^2$$

ANMERKUNG Diese Werte gelten für Z-Bohlen und sind konservativ für Ω - und U-Bohlen anwendbar. Eine Erhöhung von ρ_P ist möglich (z. B. wenn die Schlösser verschweißt sind), jedoch sind dann zusätzliche Untersuchungen notwendig.

A.6 Rechnerischer Nachweis

- (1) Das folgende Verfahren darf für die Bemessung von Stützwänden aus Spundbohlen mit Klasse-4-Querschnitten angewendet werden.
- (2) Die Schnittgrößen in der Bohle im Grenzzustand der Tragfähigkeit dürfen unter Verwendung eines elastischen Balkenmodells und eines geeigneten Modells für den Boden nach EN 1997-1 bestimmt werden.
- (3) Falls erforderlich, sollten Schätzwerte als Eingangsdaten für das Balkenmodell gewählt werden.
- (4) Bei Druckkräften sollte nachgewiesen werden, ob Knicken vernachlässigt werden kann.
- (5) Um einen rechnerischen Nachweis möglich zu machen, sollte vorab nachgewiesen werden, dass die dafür notwendigen Kriterien nach diesem Anhang von der geplanten Stahlspundbohle erfüllt werden.
- (6) Der gewählte Bohlenquerschnitt sollte unter Verwendung von Querschnittswiderständen nach Herstellerangaben nach A.5 nachgewiesen werden, falls erforderlich mit Berücksichtigung der Effekte aus Korrosion.

ANMERKUNG Die Querschnittswiderstände, die vom Hersteller unter Berücksichtigung der Stahlgüte und einer reduzierten Dicke infolge Korrosion angegeben werden sollten, sind: $M_{c,Rk}$, N_{Rk} , $V_{b,Rk}$, $R_{w,Rk}$.

- (7) Falls erforderlich, sollte die effektive Steifigkeit des Querschnitts im Grenzzustand der Tragfähigkeit mit dem Balkenmodell iterativ bestimmt werden.

ANMERKUNG Die Steifigkeitsdaten des Querschnitts im Grenzzustand der Tragfähigkeit dürfen durch den Hersteller in Querschnittswerttabellen bereitgestellt werden.

- (8) Wenn Gebrauchstauglichkeitsnachweise gefordert sind, darf ein elastisches Balkenmodell kombiniert mit einem passenden Bodenmodell in Übereinstimmung mit EN 1997-1 verwendet werden.
- (9) Zur Bestimmung der Querschnittssteifigkeitsdaten im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit wird auf EN 1993-1-3, 7.1 verwiesen

A.7 Versuchsgestützte Bemessung

A.7.1 Grundlagen

- (1) Das folgende Verfahren sollte verwendet werden, um die Grundsätze für die versuchsgestützte Bemessung nach EN 1990, Abschnitt 5 auf die speziellen Anforderungen von kaltgeformten Stahlspundbohlen anzuwenden.
- (2) Obwohl die nachfolgenden Regelungen für kaltgeformte Profile entwickelt wurden, dürfen sie auch für warmgewalzte Profile angewendet werden.
- (3) Versuche dürfen unter den nachfolgenden Umständen durchgeführt werden:
 - a) wenn die Eigenschaften des Stahls unbekannt sind;
 - b) falls die tatsächlichen Eigenschaften des kaltgeformten Profils berücksichtigt werden sollen;
 - c) wenn ausreichende analytische Verfahren zur rechnerischen Bemessung eines Spundbohlenprofils nicht zur Verfügung stehen;
 - d) wenn realistische Daten für die Bemessung nicht anders beschafft werden können;
 - e) wenn das Verhalten einer bestehenden Konstruktion überprüft werden muss;

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

- f) wenn eine Serie von ähnlichen Konstruktionen oder Komponenten auf der Grundlage eines Prototyps gebaut werden soll;
 - g) wenn die Übereinstimmungsbestätigung für die Herstellung gefordert ist;
 - h) zur Bestätigung der Gültigkeit und Eignung eines Berechnungsverfahrens;
 - i) zur Erstellung von Tabellen für die Widerstände auf der Grundlage von Versuchen oder der Kombination von Versuchen und Berechnungen;
 - j) wenn Erfahrungsbeiwerte berücksichtigt werden sollen, die in den Berechnungsmodellen nicht vorgesehen sind, aber das Verhalten der Konstruktion verändern.
- (4) Versuche als Grundlage für Tabellen für die Tragfähigkeit sollten nach A.7.3 ausgeführt werden.

ANMERKUNG Informationen zu Verfahren mit dünnwandigen Stahlspundwänden sind in Anhang B zu finden.

(5) Zugversuche für Stahl sollten nach EN 10002-1 durchgeführt werden. Versuche an anderen Stahleigenschaften sollten in Übereinstimmung mit den entsprechenden Europäischen Normen durchgeführt werden.

A.7.2 Bedingungen

- (1) Falls nicht anders in diesem Anhang geregelt, sollten die in EN 1993-1-3, A.3.1 angegebenen Regelungen angewendet werden.
- (2) Bis zum Erreichen der Gebrauchslast darf beim Versuch entlastet und wiederbelastet werden. Zu diesem Zweck kann die Gebrauchslast mit 30 % der Grenztragfähigkeit abgeschätzt werden. Oberhalb der Gebrauchslast sollte die Last in jedem Schritt konstant gehalten werden, bis die zeitabhängige Verformung infolge plastischen Verhaltens auf vernachlässigbare Werte abgeklungen ist.

A.7.3 Querschnittswerte auf der Grundlage von Versuchen

- (1) Der Querschnittswiderstand und die effektive Steifigkeit einer kaltgeformten Stahlspundbohle dürfen nach EN 1993-1-3, A.4.2 bestimmt werden.

Anhang B (informativ)

Versuche mit dünnwandigen Spundbohlen

B.1 Allgemeines

(1) Um eine gleichmäßig verteilte Belastung zu erreichen, darf die Belastung über Luftkissen oder Balkensysteme aufgebracht werden. Um Querschnittsverformungen an den Lasteinleitungsstellen oder an den Auflagern zu vermeiden, dürfen querlaufende Zugbänder und/oder Aussteifungen (z. B. mit Holzbalken oder Stahlplatten) verwendet werden.

(2) Für Versuche an Z-Bohlen sollte mindestens eine Doppelbohle verwendet werden.

(3) Bei Ω -Bohlen sollte mindestens eine Bohle verwendet werden.

(4) Die Genauigkeit der Messungen sollte sich nach der Größenordnung der Messwerte richten und im Bereich von $\pm 1\%$ der zu bestimmenden Werte liegen.

(5) Die Querschnittsvermessung eines Versuchskörpers sollte die folgenden geometrischen Eigenschaften erfassen:

- die Gesamtabmessungen (Breite, Höhe und Länge) auf $\pm 1,0$ mm;
- die Breite der flachen Querschnittsteile auf $\pm 1,0$ mm;
- Biegeradien auf $\pm 1,0$ mm;
- die Neigung zwischen zwei Blechen (Winkel zwischen zwei Oberflächen) auf $\pm 2^\circ$;
- die Werkstoffdicke auf $\pm 0,1$ mm.

(6) Es sollte sichergestellt sein, dass die Wirkungsrichtung der Belastung während des Versuchs gleich bleibt.

B.2 Versuche mit Einfeldträgern

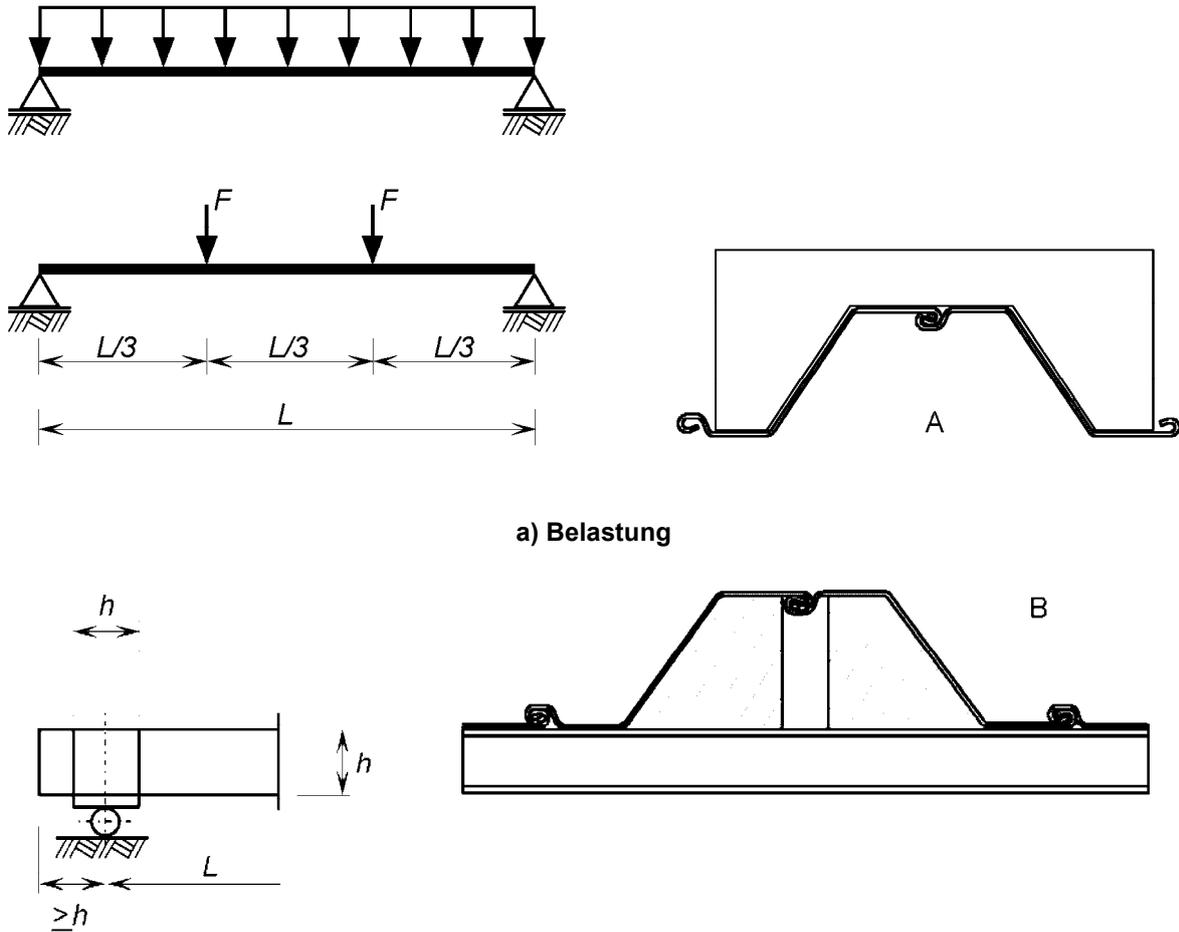
(1) Der in Bild B.1 gezeigte Versuchsaufbau sollte verwendet werden, um den Momentenwiderstand (wenn die Querkraft vernachlässigbar ist) und die effektive Biegesteifigkeit zu ermitteln.

(2) In diesem Versuch sollten mindestens zwei Lasteinleitungspunkte, wie in Bild B.1 dargestellt, vorgesehen werden.

(3) Die Spannweite sollte so gewählt werden, dass die Versuchsergebnisse den Momentenwiderstand der Spundbohle wiedergeben. Die Durchbiegungen sollten in der Feldmitte auf beiden Seiten des Profils (ohne Berücksichtigung der Auflagerverformung) gemessen werden.

(4) Die auf den Prüfkörper aufgebrachte maximale Last zum Zeitpunkt des Versagens oder kurz davor sollte für die Ermittlung des Biegemomentenwiderstandes aufgezeichnet werden. Die Biegesteifigkeit darf aus der Lastverformungskurve ermittelt werden.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)



a) Belastung

b) Vermeidung von Querschnittsverformungen

Legende

- A am Lasteinleitungspunkt
B am Auflager

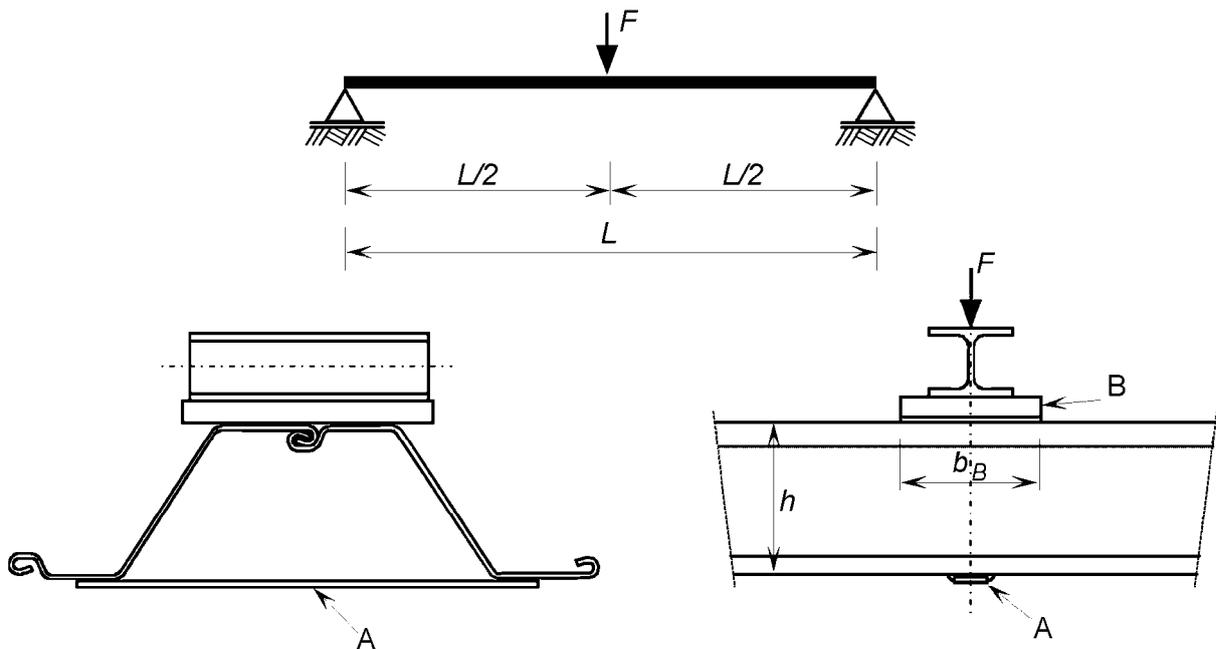
ANMERKUNG Bei unsymmetrischen Querschnitten kann es notwendig sein, auch mit umgekehrter Lastrichtung zu prüfen.

Bild B.1 — Versuchsaufbau zur Bestimmung des Momentenwiderstandes**B.3 Versuche am Zwischenlager**

- (1) Der in Bild B.2 gezeigte Versuchsaufbau darf verwendet werden, um an Zwischenauflagern von Spundbohlen den Querschnittswiderstand für die Kombination von Biegemoment und Querkraft als auch die Interaktion zwischen Moment und Lagerreaktion für eine vorgegebene Lagerbreite (Gurtung) zu ermitteln.
- (2) Um den abfallenden (instabilen) Ast der Lastverformungskurve ausreichend zu erfassen, sollte der Versuch nach Erreichen der Maximallast über eine geeignete Dauer fortgesetzt werden.
- (3) Die Spannweite L im Versuch sollte so gewählt werden, dass sie dem Bohlenabschnitt zwischen den Momentennullpunkten auf beidseits des Auflagers entspricht.
- (4) Die Lasteinleitungsbreite b_B sollte der Breite der verwendeten Gurtung entsprechen.

(5) Die Verformungen des Prüfkörpers sollten auf beiden Seiten gemessen werden (ohne Berücksichtigung der Auflagerverformung).

(6) Die auf den Prüfkörper aufgebrachte maximale Last zum Zeitpunkt des Versagens oder kurz davor sollte als Grenzlast aufgezeichnet werden. Diese liefert das Stützmoment und die Lagerkraft für die verwendete Lagerbreite. Um Informationen zur Interaktion zwischen Moment und Lagerkraft zu erhalten, sollten Versuche mit verschiedenen Spannweiten durchgeführt werden.



Legende

- A Zugband
B Platte

Bild B.2 — Lasteinleitung für die Bestimmung des Momenten- und Querkraftwiderstandes an einer Zwischenstütze (Gurtung)

B.4 Versuche mit Zweifeldträgern

(1) Alternativ zu B.3 dürfen auch Versuche an Zweifeldträgern durchgeführt werden, um den Grenzwiderstand von kaltgeformten Spundbohlen zu bestimmen. Die Belastung sollte vorzugsweise gleichmäßig verteilt (z. B. durch Luftkissen) aufgebracht werden.

(2) Diese Belastung darf durch eine beliebige Anzahl von Punktlasten ersetzt werden, wenn diese Lastverteilung die Gleichlast ausreichend wiedergibt (siehe Bild B.3).

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

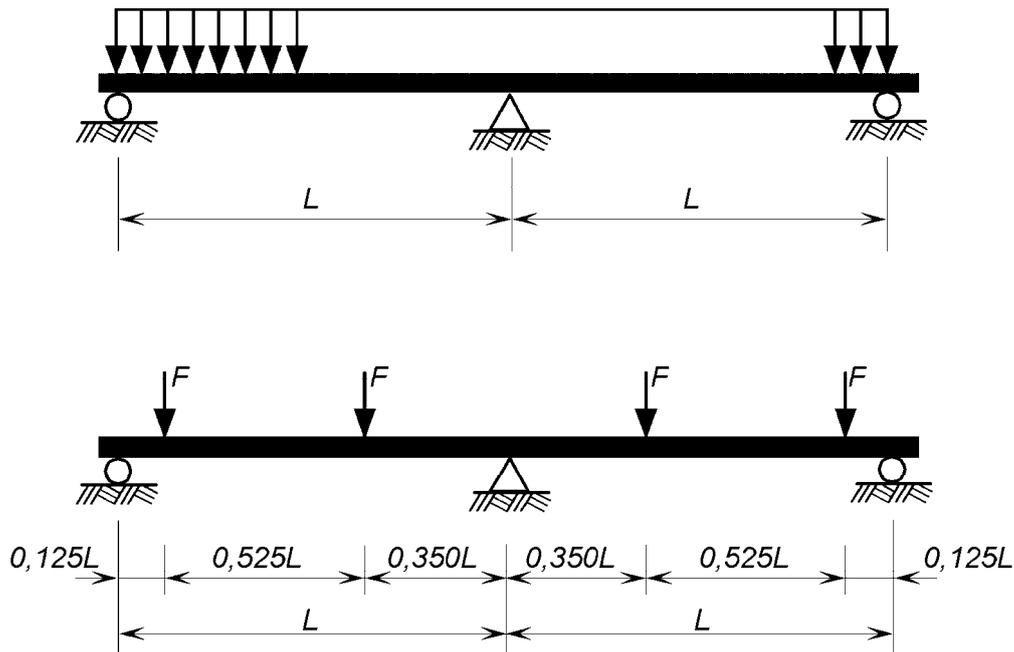


Bild B.3 — Versuchsaufbau bei Zweifeldträgern

B.5 Auswertung der Versuchsergebnisse

B.5.1 Allgemeines

(1) Als Versagen eines Versuchskörpers gilt der Punkt, bei dem die aufgebrauchte Versuchslast ihren Maximalwert erreicht hat oder bei dem die Verformungen die festgelegten Grenzwerte überschreiten, siehe EN 1993-1-3, A.6.1.

B.5.2 Anpassung von Versuchsergebnissen

(1) Die Anpassung der Versuchsergebnisse sollte nach EN 1993-1-3, A.6.2 erfolgen.

B.5.3 Charakteristische Werte

(1) Die charakteristischen Werte R_k dürfen aus den Versuchsergebnissen nach EN 1993-1-3, A.6.3 bestimmt werden.

B.5.4 Bemessungswerte

(1) Der Bemessungswert R_d des Widerstandes sollte aus dem dazugehörigen charakteristischen Wert R_k abgeleitet werden, unter Verwendung von:

$$R_d = R_k / \gamma_M / \eta_{\text{sys}} \quad (\text{B.1})$$

Dabei ist

γ_M der Teilsicherheitsbeiwert des Widerstands nach 5.1.1 (4);

η_{sys} der Faktor zur Erfassung des Unterschieds zwischen Test- und Einsatzbedingungen.

ANMERKUNG 1 Der Wert η_{sys} darf im Nationalen Anhang angegeben werden. Für die genau definierten standardisierten Versuchsverfahren in B.2, B.3 und B.4 wird ein Wert von $\eta_{\text{sys}} = 1,0$ empfohlen.

ANMERKUNG 2 Der Wert für γ_M kann durch statistische Auswertung einer Versuchsreihe mit mindestens vier Versuchen bestimmt werden. Hierzu sollte EN 1990, Anhang D beachtet werden.

Anhang C **(informativ)**

Anleitung zur Bemessung von Stahlspundwänden

C.1 Bemessung von Spundbohlenquerschnitten für den Grenzzustand der Tragfähigkeit

C.1.1 Allgemeines

- (1) Die Bemessungswerte der Schnittgrößen sollten den Bemessungswert des Querschnittswiderstandes nicht überschreiten.
- (2) Die Bemessungswerte sollten nach 2.5 unter Berücksichtigung eines sorgfältig gewählten Bemessungsmodells für das Tragwerk bestimmt werden.
- (3) Falls erforderlich, sollte nach Abschnitt 4 die Verminderung der Querschnittswiderstände infolge Dickenverlust durch Korrosion berücksichtigt werden.
- (4) Bei U-Bohlen sollte eine mögliche verminderte Schubkraftübertragung im Schloss nach 5.2.2 (2) berücksichtigt werden.
- (5) Wenn die Spundbohle Querbiegung infolge unterschiedlichen Wasserdrucks erfährt, sollten die Effekte des Wasserdrucks nach 5.2.4 berücksichtigt werden.
- (6) Der Widerstand des Querschnitts gegenüber der Einleitung einer Ankerkraft in den Flansch der Spundbohle über eine Ankerplatte sowie einer Anker- oder Steifenkraft in den Steg einer Bohle über die Gurtung sollte nach 7.4.3 bestimmt werden.
- (7) Wenn die Querschnittseigenschaften, die für die Bestimmung der Schnittgrößen gewählt wurden, nicht den Kriterien in den Absätzen (1) bis (4) genügen, sollte ein anderes Profil (oder eine andere Stahlgüte) gewählt und die Berechnung wiederholt werden.
- (8) Plastische Tragfähigkeiten dürfen für Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitte angesetzt werden.
- (9) Wenn keine Momentenumlagerung und daher auch keine plastische Rotation für Klasse-1- oder Klasse-2-Querschnitte angesetzt wird, darf die Bestimmung der Schnittgrößen für die Querschnittsnachweise mit einem elastischen Balkenmodell durchgeführt werden.
- (10) Wenn die Momentenumlagerung und daher auch die plastische Rotation bei der Bemessung ausgenutzt wird, sollten die folgenden Bemessungsannahmen erfüllt sein:
 - es sollten nur Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitte in Kombination mit einem Rotationsnachweis, wie in dem folgenden Abschnitt angegeben, verwendet werden;
 - der Querschnittsnachweis sollte unter Verwendung eines Balkenmodells durchgeführt werden, die plastische Rotation ermöglicht (z. B. anhand des Fließzonenverfahrens oder Fließgelenkverfahrens).

C.1.2 Nachweis von Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitten

(1) Die Klassifizierung von Querschnitten darf nach den b/t_f -Verhältnissen nach einem der nachfolgenden Verfahren durchgeführt werden:

- Klassifizierung nach Tabelle 5-1: b/t_f -Verhältnis für den vollen plastischen Momentenwiderstand.
- Klassifizierung nach Tabelle C.1, in der das b/t_f -Verhältnis für 85 % bis 100 % des vollen plastischen Momentenwiderstandes in 5 %-Schritten angegeben ist.

(2) Wenn die Klassifizierung für einen Klasse-1- oder Klasse-2-Querschnitt mit einem reduziertem Niveau des vollen plastischen Momentenwiderstandes abhängig vom Abminderungsfaktor $\rho_C = 0,85$ bis $0,95$ erfolgt, dann sollte der Bemessungswert des Querschnittswiderstandes mit der reduzierten Fließgrenze $f_{y,red} = \rho_C f_y$ bestimmt werden.

Tabelle C.1 — Klassifizierung von Querschnitten für Biegung auf einem reduzierten $M_{pl,Rd}$ -Niveau

Profilart	$M_{pl,Rd}$	100 %	95 %	90 %	85 %
	Abminderungsfaktor ρ_C	1,0	0,95	0,90	0,85
U-Bohle	Klasse 1 oder 2	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 37$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 40$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 46$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 49$
Z-Bohle	Klasse 1 oder 2	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 45$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 50$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 60$	$\frac{b/t_f}{\varepsilon} \leq 66$

(3) Eine plastische Bemessung mit Momentenumlagerung darf für Klasse-1- und Klasse-2-Querschnitte durchgeführt werden, vorausgesetzt, dass gezeigt werden kann:

$$\phi_{Cd} \geq \phi_{Ed} \quad (C.1)$$

Dabei ist

ϕ_{Cd} der Bemessungswert der plastischen Rotationskapazität, die vom Querschnitt bereitgestellt wird, siehe Bild C.1 und Bild C.2;

ϕ_{Ed} der maximale Bemessungswert der Rotationsanforderung, die für den jeweiligen Bemessungsfall bestimmt wird.

(4) Die plastische Rotationskapazität ϕ_{Cd} , die in Bild C.1 für verschiedene $M_{pl,Rd}$ -Niveaus gegeben ist, hängt vom $b/t_f\varepsilon$ -Verhältnis des Querschnitts ab. Diese Diagramme basieren auf Biegeversuchen mit Stahlspundwänden, siehe Bild C.2.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

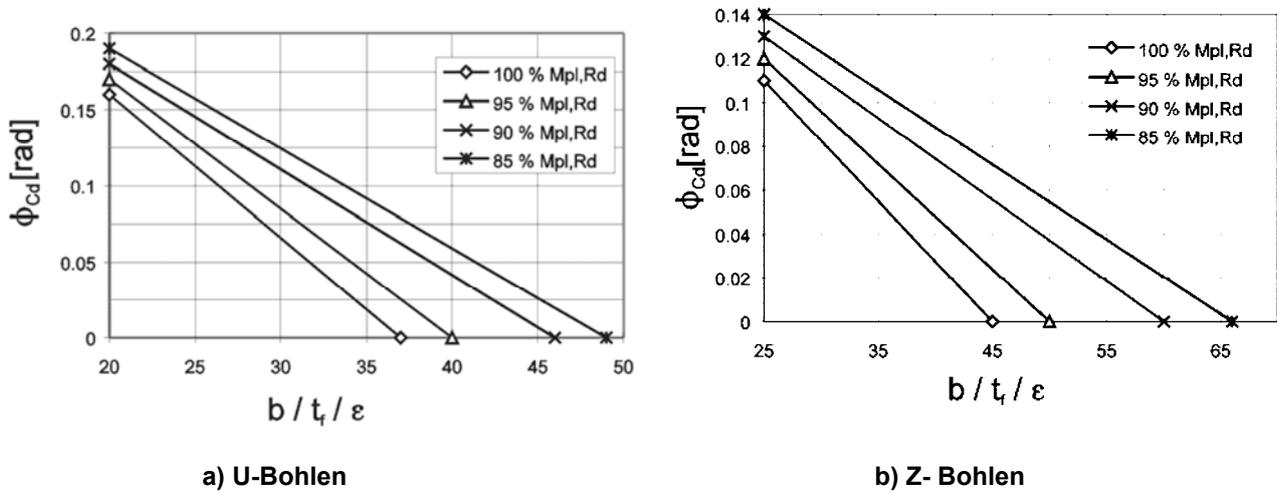


Bild C.1 — Plastische Rotationskapazität ϕ_{Cd} von Querschnitten abhängig von verschiedenen $M_{pl,Rd}$ -Niveaus

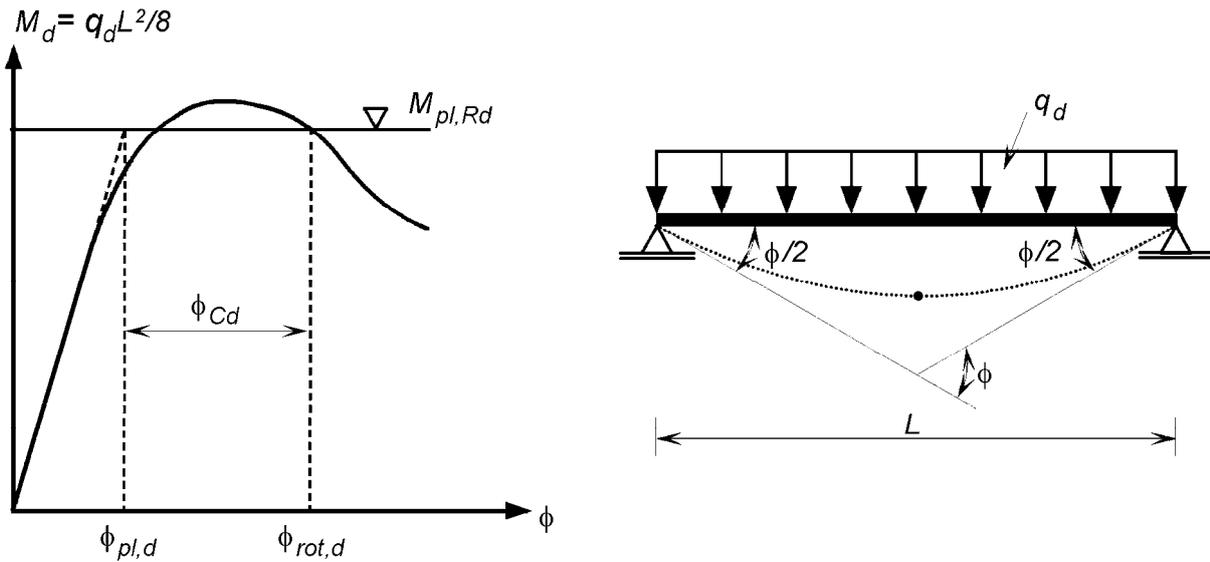


Bild C.2 — Definition der plastischen Rotationskapazität als Winkel ϕ_{Cd}

(5) Der Bemessungswert ϕ_{Ed} der plastischen Rotationsanforderung darf für den jeweiligen Bemessungsfall mit einem der folgenden Verfahren bestimmt werden:

a) mit dem Fließgelenkmodell:

ϕ_{Ed} ist der maximale Bemessungswinkel in einem der Fließgelenke;

b) alternativ mit dem Fließgelenkmodell und dem Fließzonenmodell:

$$\phi_{Ed} = \phi_{rot,Ed} - \phi_{pl,Ed} \tag{C.2}$$

Dabei ist

$\phi_{\text{rot,Ed}}$ der Gesamtwert des Rotationswinkels im Grenzzustand der Tragfähigkeit, gemessen zwischen den Momentennullpunkten (siehe Bild C.3);

$\phi_{\text{pl,Ed}}$ der elastische Rotationswinkel, zugehörig zu dem plastischen Momentenwiderstand M_{pl} .

ANMERKUNG Vereinfacht darf $\phi_{\text{pl,Ed}}$ wie folgt bestimmt werden:

$$\phi_{\text{pl,Ed}} = \frac{2}{3} \frac{M_{\text{pl,Rd}} L}{\beta_{\text{D}} EI} \quad (\text{C.3})$$

Dabei ist

L der Abstand zwischen den Momentennullpunkten im Grenzzustand der Tragfähigkeit, siehe Bild C.3;

EI die elastische Biegesteifigkeit der Spundbohle;

β_{D} der Faktor nach 6.4 (3).

c) mit dem Fließgelenk- oder dem Fließzonenmodell werden die Rotationswinkel aus den berechneten Wandverformungen, wie in Bild C.4 gezeigt, bestimmt:

$$\phi_{\text{Ed}} = \phi_{\text{rot,Ed}} - \phi_{\text{pl,Ed}} \quad (\text{C.4})$$

Dabei ist

$$\phi_{\text{rot,Ed}} = \frac{w_2 - w_1}{L_1} + \frac{w_2 - w_3}{L_2} \quad (\text{C.5})$$

$$\phi_{\text{pl,Ed}} = \frac{5}{12} \frac{M_{\text{pl,Rd}} L}{\beta_{\text{D}} EI} \quad (\text{C.6})$$

ANMERKUNG Wenn das verwendete Berechnungsprogramm nach der Berechnung eine „Entlastung“ der Spundbohle zulässt, kann ϕ_{Ed} aus den verbleibenden plastischen Verformungen direkt bestimmt werden.

C.2 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

(1) Bei U-Bohlen sollte eine mögliche Verminderung der Schubkraftübertragung im Schloss nach 6.4 berücksichtigt werden.

DIN EN 1993-5:2010-12
 EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

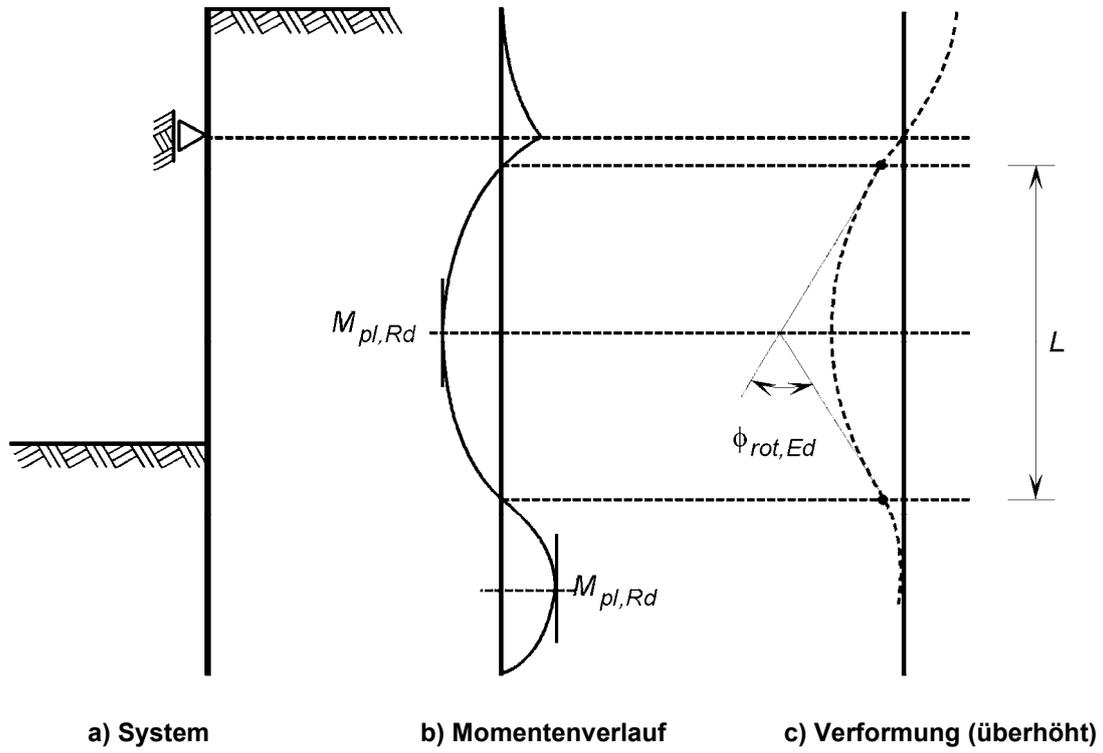


Bild C.3 — Beispiel für die Bestimmung des gesamten Rotationswinkels $\phi_{rot,Ed}$

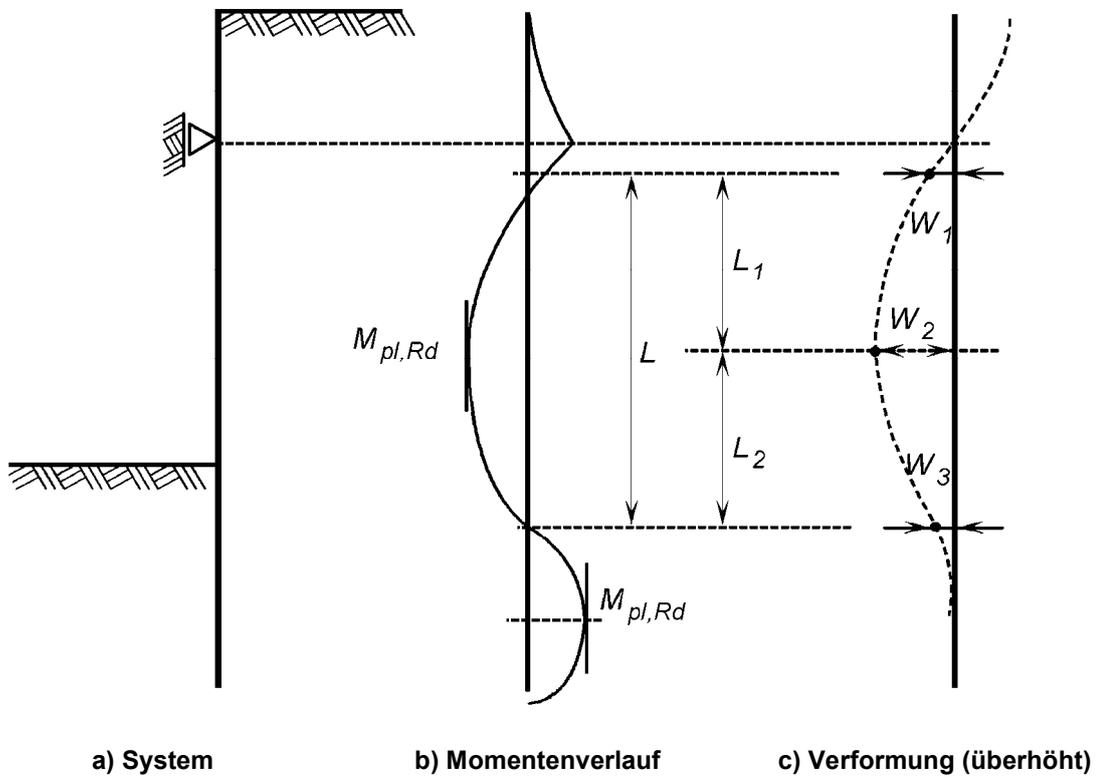


Bild C.4 — Bezeichnungen für die Bestimmung des gesamten Rotationswinkels $\phi_{rot,Ed}$ aus den Wandverformungen

Anhang D (informativ)

Tragelemente bei kombinierten Spundwänden

D.1 I-Profile als Tragelemente

D.1.1 Allgemeines

(1) I-Profile, die als Tragelemente in kombinierten Wänden eingesetzt werden, siehe Bild 1-5, und Klasse-1-, Klasse-2- oder Klasse-3-Querschnitten nach EN 1993-1-1, Tabelle 5-2 entsprechen, dürfen nach D.1.2 nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Klasse-4-Querschnitte sollten nach EN 1993-1-3 und nach EN 1993-1-7 nachgewiesen werden.

(2) Wenn das Kriterium (5.1) in EN 1993-1-1 nicht erfüllt ist, sollten die Schnittgrößen mit einem Balkenmodell nach Theorie II. Ordnung bestimmt werden. Bei der Bestimmung der Knicklänge sollte 5.2.3 beachtet werden.

(3) Falls erforderlich, sollten lokale Plattenbiegespannungen infolge der Lasteinleitung aus Anschlüssen der Füllelemente nach 5.5.4 berücksichtigt werden, siehe Bild D.1.

D.1.2 Nachweismethode

(1) Wenn keine genauere Bemessungsmethode verwendet wird, erlaubt die nachfolgende vereinfachte Methode den Nachweis von I-Profilen unter Berücksichtigung der Interaktion zwischen Biegemomenten, Normalkräften und lokaler Plattenbiegung in Flanschen infolge der Lasteinleitung aus den Füllelementen.

ANMERKUNG Die Verwendung einer genaueren Berechnungsmethode, die für Werkstoff und Geometrie ein nicht lineares Verhalten berücksichtigt, kann zu einer wirtschaftlicheren Bemessung führen. Dieser Ansatz wird auch zur Behandlung von hohen Wasserdruckbelastungen über 10 m Höhe empfohlen.

(2) Für Wasserdrücke (oder äquivalente Erddrücke in sehr weichen Böden) bis zu 10 m Höhe darf die Interaktion zwischen den Schnittgrößen und der lokalen Plattenbiegung wie folgt berücksichtigt werden:

— Die Querschnittsnachweise der Tragelemente sollten nach EN 1993-1-1, 6.2.9.2 und 6.2.10 mit einer verminderten Fließgrenze durchgeführt werden:

— für $h = 10$ m : $f_{y,red} = 0,9 f_y$

— für $h \leq 4$ m : $f_{y,red} = 1,0 f_y$

— für $4 \text{ m} < h < 10 \text{ m}$: lineare Interpolation

— die lokale Plattenbiegung der Flansche wird nach Absatz (3) nachgewiesen.

(3) Die lokale Flanschbiegung sollte am Beginn der Ausrundung zwischen Flansch und Steg nachgewiesen werden. Für die Einleitung der Füllbohlenbelastung (siehe Bild D.1) ist nachzuweisen:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} + \left(\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (D.1)$$

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Dabei ist

M_{Ed} und N_{Ed} die Bemessungswerte der Schnittgrößen für die Plattenbiegung aus

$$M_{Ed} = m_{Ed} + w_{z,Ed} d \quad \text{und} \quad N_{Ed} = w_{y,Ed} \tag{D.2}$$

M_{Rd} und N_{Rd} die Bemessungswerte des Widerstandes für die Plattenbiegung:

$$M_{Rd} = 0,2875 t^2 f_y / \gamma_{M0} \quad \text{und} \quad N_{Rd} = t f_y / \gamma_{M0}$$

t die Flanschdicke am Anfang der Ausrundung.

ANMERKUNG 1 M_{Ed} , N_{Ed} , M_{Rd} und N_{Rd} sind je laufenden Meter anzusetzen.

ANMERKUNG 2 Die Querkraftinteraktion darf vernachlässigt werden.

- (4) Für den Schubbeulnachweis im Steg ist EN 1993-1-5 zu beachten.
- (5) Für den Knicknachweis des Gesamtsystems ist in der Regel EN 1993-1-1, 6.3.3 zu beachten.

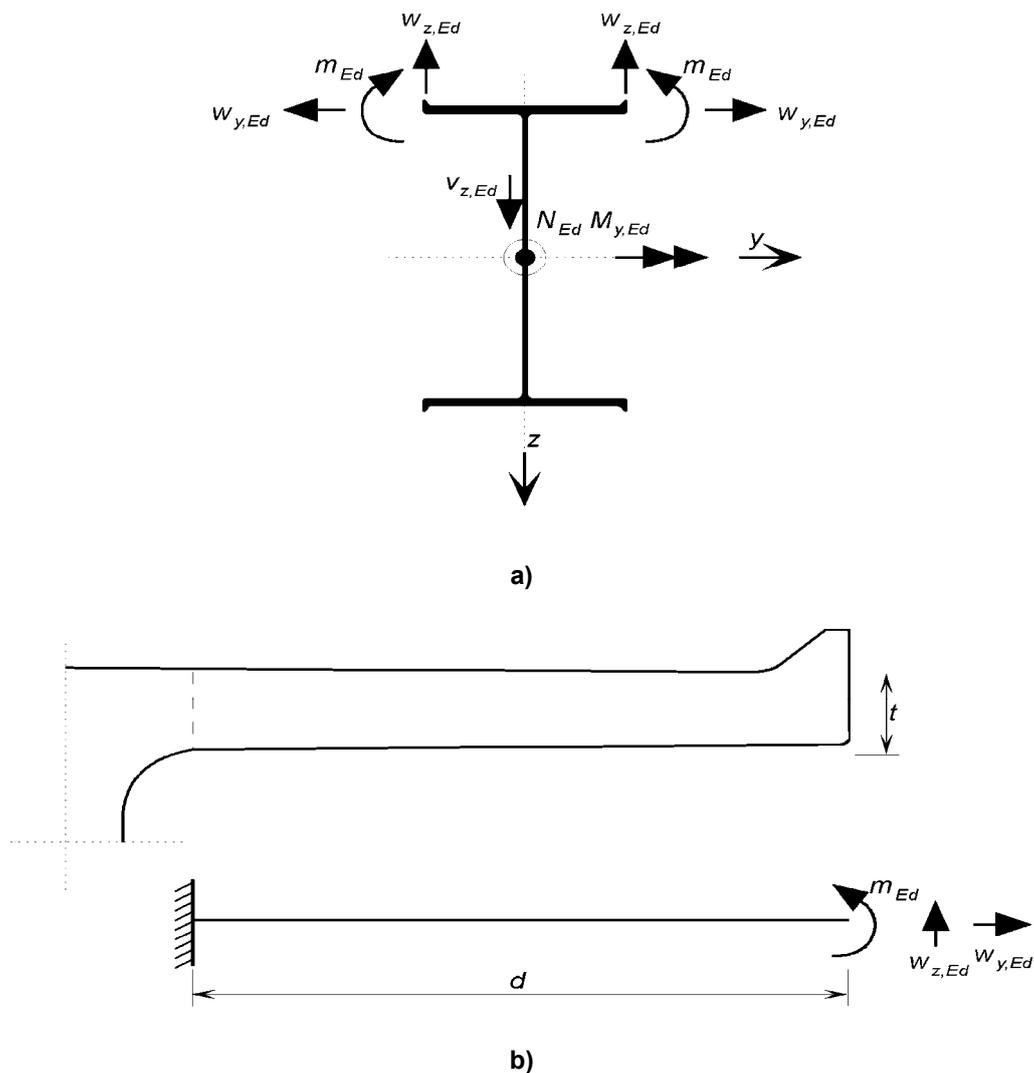


Bild D.1 — I-Profil mit Biegung und Plattenbiegung

D.2 Rohrfähle als Tragelemente

D.2.1 Allgemeines

(1) Rohrfähle, die in kombinierten Spundwänden als Tragelemente eingesetzt werden und Klasse-4-Querschnitten nach EN 1993-1-1, Tabelle 5-2 entsprechen, dürfen wie folgt nachgewiesen werden.

(2) Wenn das Kriterium (5.1) in EN 1993-1-1 nicht erfüllt ist, sollten die Schnittgrößen mit einem Balkenmodell nach Theorie II. Ordnung bestimmt werden. Bei der Bestimmung der Knicklänge sollte 5.2.3 beachtet werden.

ANMERKUNG Bei der Berechnung von F_{cr} sollten die Effekte der Ovalisation auf das Flächenträgheitsmoment berücksichtigt werden. Siehe 5.2.3 für die Bestimmung der Knicklänge.

(3) Falls nach 5.5.4 erforderlich, können die lokalen Schalenbiegespannungen und Schalenverformungen infolge der Lasteinleitung aus Anschlüssen der Füllelemente nach Tabelle D.1 abgeschätzt werden.

ANMERKUNG 1 Die vertikalen Lagerreaktionen in Bild 5-9 dürfen für die Bestimmung der lokalen Schalenbiegespannungen vernachlässigt werden.

ANMERKUNG 2 Als Vereinfachung darf die horizontale Kraft $w_{y,Ed}$ nur als Zugkraft angesetzt werden.

(4) Die Wirkung der Ovalisation der Röhre infolge lokaler Schalenbiegung auf das Flächenträgheitsmoment bezogen auf die Wandachse, siehe Bild D.2, darf mit dem folgenden Abminderungsfaktor abgeschätzt werden:

$$\beta_{o,1} = 1 - 1,5 (e / r) \quad (D.3)$$

ANMERKUNG Die Wirkung der Ovalisierung auf das Widerstandsmoment darf vernachlässigt werden.

(5) Die Ovalisierung e infolge lokaler Schalenbiegung, siehe Bild D.2 und Tabelle D.1, darf wie folgt abgeschätzt werden:

$$e = 0,068 \cdot 4 w_{y,Ed} \frac{r^3}{EI} \text{ jedoch } e \leq 0,1 r \quad (D.4)$$

Dabei ist

EI die Biegesteifigkeit des Rohres, gegeben durch:

$$EI = E t^3 / 12;$$

r der Radius der Mittellinie der Rohrwandung;

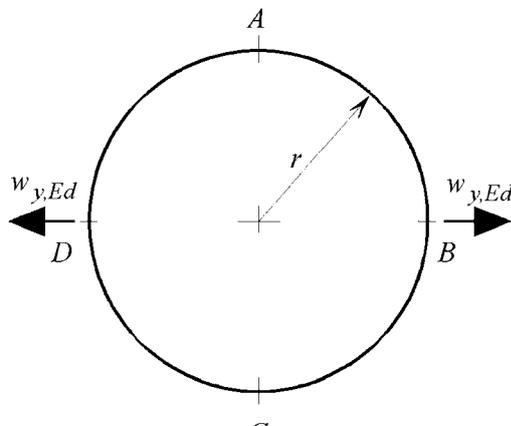
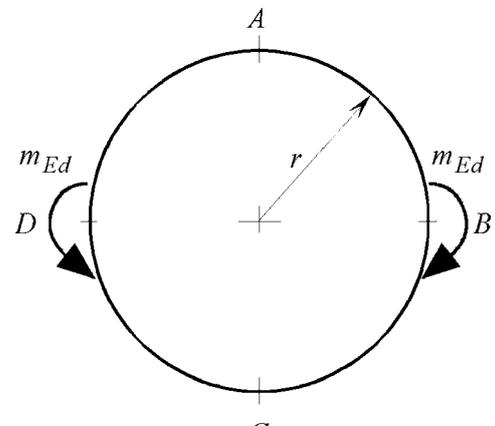
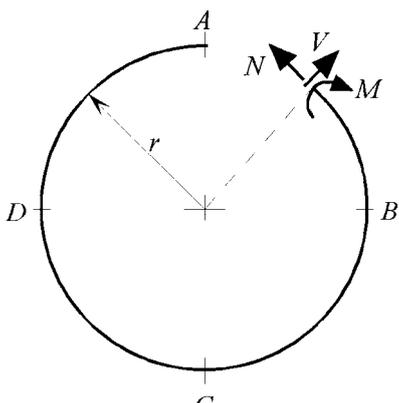
$w_{y,Ed}$ die Lagerkraft je Längeneinheit nach 5.2.2 (3), siehe Bild 5-9.

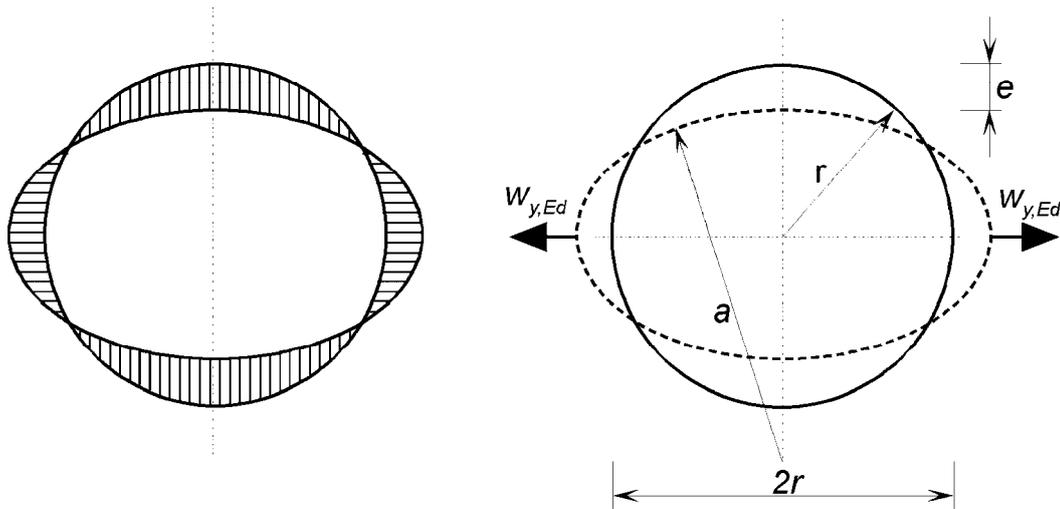
(6) Der Krümmungsradius a an der Ovalisierung, siehe Bild D.2, darf wie folgt angenommen werden:

$$a = \frac{r}{1 - \frac{3e}{r}} \quad (D.5)$$

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle D.1 — Lokale Schalenbiegung infolge der Anschlusskräfte aus den Füllelementen

	
<p> $M_A = 0,182 w_{y,Ed} r$ $N_A = 0,5 w_{y,Ed}$ $V_A = 0$ $M_B = -0,318 w_{y,Ed} r$ $N_B = 0$ $V_B = \pm 0,5 w_{y,Ed}$ $\Delta D_{BD} = 0,1488 w_{y,Ed} r^3 / EI$ $\Delta D_{AC} = -0,1368 w_{y,Ed} r^3 / EI$ </p>	<p> $M_A = 0,137 m_{Ed}$ $N_A = 0,637 m_{Ed} / r$ $V_A = 0$ $M_B = \pm 0,5 m_{Ed}$ $N_B = 0$ $V_B = -0,637 m_{Ed} / r$ $\Delta D_{BD} = 0$ $\Delta D_{AC} = 0$ </p>
<p>Dabei ist</p> <p>M, N und V die Schnittgrößen aus der Schalenbiegung nach den im Bild angegebenen Definitionen</p> <p>$w_{y,Ed}$ und m_{Ed} die Anschlusskräfte eingeleitet aus den Füllelementen</p> <p>ΔD_{BD} und ΔD_{AC} die Durchmesseränderungen infolge der aufgebrauchten Kräfte (Ovalisation)</p> <p>r der Radius der Mittellinie der Rohrwandung</p> <p>EI die Schalenbiegesteifigkeit des Rohres</p>	<p>Definition der Schnittgrößen bei Schalenbiegung:</p> 

**Legende**

- a Krümmungsradius an der Ovalisation
 e Ovalisation infolge lokaler Schalenbiegung
 r Radius der Mittellinie der Rohrwandung
 t Wanddicke des Rohrs
 $w_{y,Ed}$ Kraft, eingeleitet aus dem Füllelement

Bild D.2 — Rohrpfahl: geometrische Daten und lokale Schalenbiegung**D.2.2 Nachweismethode**

(1) Das nachfolgende Verfahren darf für den Nachweis der Rohrpfähle unter Berücksichtigung des Schalenbeulens, der Interaktion zwischen Biegemomenten, Normalkräften, lokaler Schalenbiegung und Knicken verwendet werden.

ANMERKUNG Alternativ darf der Nachweis auch nach EN 1993-1-6, 8.6 oder 8.7 mit einem Modell, das für diese Art der Berechnung geeignet ist und die Effekte aus der Bodensteifigkeit berücksichtigt, durchgeführt werden.

(2) Der Beulnachweis sollte wie für zylindrische Schalen, jedoch mit einem Radius entsprechend dem Radius der Krümmung a an der Ovalisation durchgeführt werden.

(3) Für den Beulnachweis wird auf EN 1993-1-6, 8.5 verwiesen.

(4) Vorausgesetzt, dass die Lasteinleitungspunkte durch eine Betonfüllung oder entsprechend bemessene Steifen ausgesteift sind, darf Schubbeulen an den Punkten der Lasteinleitung vernachlässigt werden.

(5) Wenn der Rohrpfahl über eine gewisse Höhe mit dichtem Sand oder steifem Ton gefüllt ist, dürfen in diesem Rohrteil die Umfangsdruckspannungen infolge externen Erd- und Wasserdrucks für den Beulnachweis vernachlässigt werden.

ANMERKUNG Informationen zu der erforderlichen Dichte oder Steifigkeit dürfen auf der Grundlage von örtlichen Erfahrungen im Nationalen Anhang angegeben werden.

(6) Die kritische Beulspannung sollte bestimmt werden:

— für Axialspannungen nach EN 1993-1-6, D.1.2.1 mit $C_x = 1,0$ auch für lange Zylinder;

— für Schubspannungen nach EN 1993-1-6, D.1.4.1;

— für Umfangsdruckspannungen nach EN 1993-1-6, D.1.3.1 unter Verwendung der Randbedingungen in Fall 3 in Tabelle D.3 oder D.4.

DIN EN 1993-5:2010-12
EN 1993-5:2007 + AC:2009 (D)

(7) Die Beulparameter sollten nach EN 1993-1-6, D.1.2.2, D.1.4.2 und D.1.3.2 bestimmt werden. Dabei darf für neue Rohre Qualität B angesetzt werden.

(8) Die Bemessungswerte der Spannungen sollten mit der Membrantheorie nach EN 1993-1-6, Anhang A berechnet werden.

(9) Für den Nachweis der Beulfestigkeit wird in der Regel auf EN 1993-1-6, 8.5.3 verwiesen.

ANMERKUNG 1 Wenn die Umfangsdruckspannungen für den Beulnachweis berücksichtigt werden müssen, sollte eine ungleichmäßige Manteldruckverteilung durch eine gleichmäßige mit dem Höchstwert ersetzt werden.

ANMERKUNG 2 Schub darf vernachlässigt werden, wenn die Interaktion nach EN 1993-1-6, 8.5.3 (3) geprüft wurde.

(10) Die allgemeinen Querschnittsnachweise sollten nach EN 1993-1-1, 6.2.1 mit dem in EN 1993-1-6, 6.2 angegebenen Verfahren durchgeführt werden. Bei diesem Nachweis sollten die Spannungen infolge globaler Biegung und infolge lokaler Schalenbiegung nach Tabelle D.1 berücksichtigt werden. Der Effekt der Ovalisierung darf vernachlässigt werden und die vollen elastischen Querschnittseigenschaften dürfen in diesem Nachweis verwendet werden. Bei der Bestimmung der kritischen Punkte für die Überprüfung des Fließkriteriums sollten sowohl der maßgebende Querschnitt als auch die maßgebenden Punkte (Punkte A, B, C und D in Tabelle D.1) auf diesem Querschnitt betrachtet werden.

(11) Für den Nachweis gegen Biegeknicken ist EN 1993-1-1, 6.3.3 zu beachten. Dabei sollten die voll-elastischen Querschnittseigenschaften unter Berücksichtigung der Ovalisierung nach D.2.1 (4) verwendet werden.

(12) Dieser Nachweis ist erbracht, wenn das folgende Interaktionskriterium erfüllt wird:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi N_{Rk}} + 1,5 \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}} \leq 1,0 \quad (D.6)$$

Dabei ist

N_{Ed} und M_{Ed} die Bemessungswerte der Druckkräfte und Biegemomente im maßgebenden Querschnitt;

N_{Rk} und M_{Rk} die charakteristischen Widerstände nach Absatz (11);

χ der Abminderungsfaktor infolge Biegeknickens aus EN 1993-1-1, 6.3.1.2, dem die Knicklänge nach 5.2.3 zugrunde liegt.

ANMERKUNG Die Schlankheit sollte nach EN 1993-1-1, 6.3.1.3 unter Beachtung von D.2.1 (2) bestimmt werden.

DIN EN 1993-5/NA

ICS 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für
DIN EN 1993-5/NA:2008-10

**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 5: Pfähle und Spundwände**

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 5: Piling

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 5: Pieux et palplanches

Gesamtumfang 12 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1993-5/NA:2010-12**Inhalt**

Seite

Vorwort	3
NA 1 Anwendungsbereich	4
NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-5:10-12	4
NA 2.1 Allgemeines	4
NA 2.2 Nationale Festlegungen	5
NCI Zu 1.2 Normative Verweisungen	5
NDP Zu 3.7 (1)	5
NDP Zu 3.9 (1)P	5
NDP Zu 4.4 (1)	5
NDP Zu 5.1.1 (4)	6
NCI Zu 5.2.1 (1)P und 5.2.1 (2)P	6
NDP Zu 5.2.2 (2)	6
NDP Zu 5.2.2 (13)	6
NCI Zu 5.2.2 (15)	6
NDP Zu 5.2.5 (7)	6
NDP Zu 5.5.4 (2)	6
NDP Zu 6.4 (3)	7
NDP Zu 7.1 (4)	8
NDP Zu 7.2.3 (2)	8
NCI Zu 7.2.5 (1)	9
NCI Zu 7.2.5 (2)	9
NDP Zu 7.4.2 (4)	9
NCI Zu 7.4.3 (3)	9
NDP Zu A.3.1 (3)	11
NDP Zu B.5.4 (1)	11
NCI Zu C.1.1 (10)	11
NDP Zu D.2.2 (5)	11

Vorwort

Dieses Dokument (DIN EN 1993-5/NA) wurde im NABau-Spiegelausschuss NA 005-08-19 AA „Stahlpundwände und Stahlpfähle (Sp CEN/TC 250/SC 3/PT 5)“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-5:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*.

Die Europäische Norm EN 1993-5 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: Nationally determined parameters, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-5:2010-12 (en: non-contradictory complementary information, NCI).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1993-5/NA:2008-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) datierte Verweisungen aktualisiert;
- b) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1993-5/NA: 2008-10

DIN EN 1993-5/NA:2010-12**NA 1 Anwendungsbereich**

Dieser nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für den Entwurf, die Bemessung und Konstruktion von Pfählen und Spundwänden aus Stahl, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-5:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-5:2010-12.

NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-5:10-12**NA 2.1 Allgemeines**

DIN EN 1993-5:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: Nationally determined parameters).

- | | |
|--------------|-------------|
| — 3.7 (1) | — 6.4 (3) |
| — 3.9 (1)P | — 7.1 (4) |
| — 4.4 (1) | — 7.2.3 (2) |
| — 5.1.1 (4) | — 7.4.2 (4) |
| — 5.2.2 (2) | — A.3.1 (3) |
| — 5.2.2 (13) | — B.5.4 (1) |
| — 5.2.5 (7) | — D.2.2 (5) |
| — 5.5.4 (2) | |

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-5:2010-10. Diese sind durch ein vorangestelltes "NCI" (en: non-contradictory complementary information) gekennzeichnet.

- 1.2
- 5.2.1(1)P und 5.2.1(2)P
- 5.2.2(15)
- 7.2.5(1)
- 7.2.5(2)
- 7.4.3(3)
- C.1.1(10)
- Literaturhinweise

NA 2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-5:2010-12 bzw. ergänzt diese.

NCI Zu 1.2 Normative Verweisungen

NA DIN EN 1537, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Verpressanker*

NA DIN EN 1993-1-10:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung; Deutsche Fassung EN 1993-1-10:2005 + AC:2009*

NA DIN EN 1993-1-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

NA DIN EN 1993-5:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände; Deutsche Fassung EN 1993-5:2007 + AC:2009*

NA E DIN EN 10248-1:2006-05, *Warmgewalzte Spundbohlen aus unlegierten Stählen — Teil 1: Technische Lieferbedingungen; Deutsche Fassung EN prEN 10248-1:2006*

NA DIN EN 12063, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Spundwandkonstruktionen*

NA DIN EN ISO 12944 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme*

NDP Zu 3.7 (1)

Bei Anker aus hochfestem Stahl gilt $f_{y,spec,max} \geq 500 \text{ N/mm}^2$.

Es sollte DIN EN 1537 beachtet werden, sofern sie in Deutschland bauaufsichtlich eingeführt ist; andernfalls gelten die entsprechenden bauaufsichtlichen Zulassungen bzw. die bauaufsichtlich eingeführten Normen. Dies gilt insbesondere mit Blick auf DIN EN 1993-5:2010-12, 7.2.2 (3) bezüglich nicht vorgespannter Anker.

NDP Zu 3.9 (1)P

Die niedrigste Betriebstemperatur von -30 °C wird in der Regel in Deutschland nicht maßgebend. Im Regelfall ist eine Betriebstemperatur von -15 °C in Deutschland anzunehmen. Davon abweichende Betriebstemperaturen sind im Einzelfall festzulegen.

Bei Anwendung der DIN EN 1993-1-10:2010-12, Tabelle 2.1 ist die Spalte für $\sigma_{ed} = 0,75 f_y(t)$ anzuwenden.

NDP Zu 4.4 (1)

Der durchschnittliche Dickenverlust infolge Korrosion von Stahlspundwänden in unterschiedlichen Böden und Gewässern ist von örtlichen Randbedingungen abhängig, die vor allem durch regional gesammelte Erfahrungen beschrieben werden können. Die in EN 1993-5:2010-12, Tabelle 4-1 und Tabelle 4-2 angegebenen Dickenverluste sind nur als informative Werte anzusehen, das Gleiche gilt auch für die ausführlicheren Werte aus der EAU [1]. Der Auftraggeber sollte die Anforderungen an die Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer, die Wanddickenverluste und die Anforderungen am Ende der Nutzungs- bzw. Lebensdauer vorgeben.

Sollten örtliche Erfahrungswerte vorliegen, die die maximalen Abrostungsraten des in [1] angegebenen Streubereiches erreichen, ist eine Kombination aus kathodischem Korrosionsschutz in der Niedrigwasserzone

DIN EN 1993-5/NA:2010-12

mit einem Schutz durch Beschichtung in der Spritzwasserzone oder eine Kombination mit Stahlsorten, die durch entsprechende Zusätze eine höhere Korrosionsbeständigkeit in der Spritzwasserzone erlangen, oft die wirtschaftlichste Lösung. Beschichtungen können nach bisherigen Erfahrungen den Korrosionsbeginn um mehr als 20 Jahre verzögern. Angaben zur Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten sowie zur Instandsetzung von Beschichtungssystemen finden sich in der Normenreihe DIN EN ISO 12944.

NDP Zu 5.1.1 (4)

Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{M0} , γ_{M1} und γ_{M2} sind DIN EN 1993-1-1/NA zu entnehmen.

NCI Zu 5.2.1 (1)P und 5.2.1 (2)P

Ob und gegebenenfalls wie eine plastisch-plastische Bauteilbemessung durchgeführt wird, ist mit dem Bauherren abzustimmen.

NDP Zu 5.2.2 (2)

Der Faktor β_B , der die Tragfähigkeitsabminderung für U-Bohlen, deren Schlossverbindungen in der Wandachse liegen, berücksichtigt, wird im NDP zu 6.4(3) dieses Nationalen Anhangs angegeben.

NDP Zu 5.2.2 (13)

Die Schlossverschweißung ist so auszuführen, dass eine kontinuierliche Aufnahme der Schubkräfte erreicht wird. Am Kopf- und Fußende sind die Schlösser auf größerer Länge beidseitig zu verschweißen. In [1] werden für diese Kopf- und Fußverschweißung Mindestwerte in Abhängigkeit von der Rammbeanspruchung mit Längen $\geq 3\,000$ mm empfohlen.

NCI Zu 5.2.2 (15)

Zum Nachweis der Schubkraftübertragung in werkseitig verpressten Schlössern von U-Profilen ist die Beanspruchung des einzelnen Verpresspunktes V_{ed} nach den Regeln der Festigkeitslehre zu ermitteln. Der charakteristische Wert des Schubwiderstandes an einem Verpresspunkt R_k ist von den Herstellern der Verpresspunkte nach E DIN EN 10248-1:2006-05 zu ermitteln und anzugeben.

NDP Zu 5.2.5 (7)

Der Abminderungsfaktor β_R für den Schlosswiderstand wird mit 0,8 als empfohlener Wert übernommen.

NDP Zu 5.5.4 (2)

Bei einer Wasserüberdruckbelastung von $\leq 4,0$ m ist eine Reduzierung der Gesamttragfähigkeit der Tragelemente nicht erforderlich.

Bei einer Wasserüberdruckbelastung von 10,0 m ist der Nennwert der Stahlstreckgrenze um 10 % auf $f_{y,red} = 0,9 f_y$ zu reduzieren.

Bei einer Wasserüberdruckbelastung zwischen 4,0 m und 10,0 m ist der Reduktionsfaktor linear zu interpolieren. Nach DIN EN 1993-5:2010-12, D.1.2(2) kann $f_{y,red}$ zur Abminderung der Grenztragfähigkeit der Tragföhle infolge Wasserüberdruck entsprechend der nachfolgenden Formeln bestimmt werden.

$$w \leq 4,0 \text{ m} \quad \rightarrow \quad f_{y,\text{red}} = f_y$$

$$4,0 \text{ m} < w \leq 10,0 \text{ m} \quad \rightarrow \quad f_{y,\text{red}} = f_y \cdot \left(\frac{16 - \frac{w}{4}}{15} \right)$$

NDP Zu 6.4 (3)

(1) Die Abminderungsfaktoren β_D (Biegesteifigkeit) und β_B (Biegetragfähigkeit) für Bohlen mit Schlossverbindungen in der Wandachse (U-Bohlen) sind in Tabelle NA.1 in Abhängigkeit von der Bodenart, der Form des Einbringelementes (E-, D-Bohle) und dem statischem System aufgeführt.

(2) Diese Tabellenwerte sind als empirisch gewonnene Pauschalwerte für die vereinfachte Bemessung erlaubt. In [4] und [5] werden verfeinerte und aufwendigere Methoden zur Ermittlung von β_D und β_B vorgestellt, die bei Anwendung dieser Norm ebenfalls zulässig sind.

(3) Unabhängig von der gewählten Methode zur Bestimmung der Abminderungsfaktoren ist es stets notwendig, $\beta_D \leq 1,0$ und $\beta_B \leq 1,0$ zu wählen, wenn der Bauteilnachweis für U-Bohlen, die in Klasse 2 oder 1 fallen, unter Ausnutzung der plastischen Grenztragfähigkeit des Querschnittes erfolgen soll (elastisch-plastisch oder plastisch-plastisch).

Werden U-Bohlen einer elastisch-elastischen Bemessung unterworfen, ist eine Abminderung nicht erforderlich. Voraussetzung hierfür ist, dass die U-Bohlen nach [1] zumindest in jedem zweiten, auf der Wandachse liegendem Schloss schubfest verbunden sind und der Nachweis der Schubkraftübertragung erbracht werden kann.

(4) Ein Verschweißen der Fädelschlösser von U-Bohlen auf der Baustelle mit einer durchlaufenden oder unterbrochenen Naht ist die wirkungsvollste Maßnahme, um ein gegenseitiges Verschieben der Einzelemente zu vermeiden. Die bauseitige Verschweißung sollte nach DIN EN 12063 erfolgen. Nur im verschweißten Bereich darf $\beta_D = \beta_B = 1,0$ angesetzt werden.

(5) Sollten die Fädelschlösser zur Verringerung der Schlossreibung beim Einbringen der Bohlen mit Schmier- bzw. Gleitmitteln bearbeitet werden, führt dies zu einer Verringerung der in diesen Schlössern übertragbaren Schubkräfte. Dies ist bei der Bestimmung des β_D - und β_B -Wertes angemessen zu berücksichtigen.

DIN EN 1993-5/NA:2010-12

Tabelle NA.1 — Abminderungsfaktoren β_B (Biegetragfähigkeit) und β_D (Biegesteifigkeit) für U-Bohlen

Typ U-Bohle	Anzahl Anker/Steifen	Bodenart Festigkeit/Konsistenz	Abminderungsfaktoren	
			β_B	β_D
Einzelbohle (oder Mehrfachbohle ohne Schlossverbund)			0,6	0,4
Doppelbohle (im Mittelschloss auf ganzer Länge schubfest ^a verbunden)	0	locker bis mitteldicht breiig bis weich ^b	0,7	0,6
		dicht bis sehr dicht steif bis fest ^c	0,8	0,7
	1	locker bis mitteldicht breiig bis weich ^b	0,8	0,7
		dicht bis sehr dicht steif bis fest ^c	0,9	0,8
	≥ 2	locker bis mitteldicht breiig bis weich ^b	0,9	0,8
		dicht bis sehr dicht steif bis fest ^c	1,0	0,9

^a Zur schubfesten Verbindung zählen alle Schlossverriegelungsarten, die ein gegenseitiges Verschieben der U-Bohlen in den Schlossleisten unter Belastung vermeiden (z. B.: werkseitiges Verpressen, werk- oder bauseitiges Verschweißen). Eine auf der Baustelle ausgeführte Schlossverriegelung, die nach dem Einbringen der Spundwand erfolgt, kann in ihrer Wirkungsweise nur für die Belastungsphasen in Ansatz gebracht werden, die sich erst nach Ausführung der Schubverbindung einstellen werden, siehe 3.12(4). Unterhalb der Baugrubensohle ist in der Regel eine Verriegelung der Schlösser durch bauseitige Verfahren nicht möglich, was beim Tragfähigkeitsnachweis des Bauteiles in diesem Bereich dann zu berücksichtigen ist.

^b Lockere bis mitteldichte bzw. breiige bis weiche Böden werden wie folgt definiert:

- nichtbindige Böden: $q_c \leq 10 \text{ MN/m}^2$ (CPT, en: cone penetration test);
- bindige Böden: $q_c \leq 0,75 \text{ MN/m}^2$ (CPT);
- Erdaufschüttungen;
- Wasser.

^c Für mindestens dicht gelagerte bzw. steife Böden oberhalb des Grundwassers dürfen die Tabellenwerte um 0,1 angehoben werden. Der Ansatz unterschiedlicher Abminderungsfaktoren in den sich über die Spundwandlänge ergebenden jeweiligen Bodenschichten (mehrschichtigen Böden) ist durchaus erlaubt. Vereinfachend empfiehlt es sich jedoch, mit den geringsten Abminderungsfaktor der vorhandenen Bodenschichten die Bauteilbemessung durchzuführen.

NDP Zu 7.1 (4)

Der angegebenen Empfehlung wird gefolgt.

NDP Zu 7.2.3 (2)

$k_t = 0,55$, siehe [1].

Durch umfangreiche Vergleichsberechnungen im Zuge der Ausarbeitung der EAU [1] konnte sichergestellt werden, dass mit Wahl eines Kerbfaktors $k_t = 0,55$ der bewährte Sicherheitsstandard auch bei den Nachweisen nach dem Teilsicherheitskonzept erhalten bleibt. Somit ist bei der Bemessung von Rundstahlankern auch weiterhin der Nachweis für den Kernquerschnitt maßgebend. Eine Abminderung der Stahlstreckgrenzen und -zugfestigkeiten für Erzeugnisdicken $\varnothing > 40 \text{ mm}$ ist hierdurch weiterhin nicht erforderlich.

NCI Zu 7.2.5 (1)

Siehe NDP zu 3.7(1) dieses Nationalen Anhanges.

NCI Zu 7.2.5 (2)

Für Anforderungen an Korrosionsverluste, die Lebens- bzw. Nutzungsdauer sollte NDP zu 4.4(1) dieses Nationalen Anhanges berücksichtigt werden.

NDP Zu 7.4.2 (4)

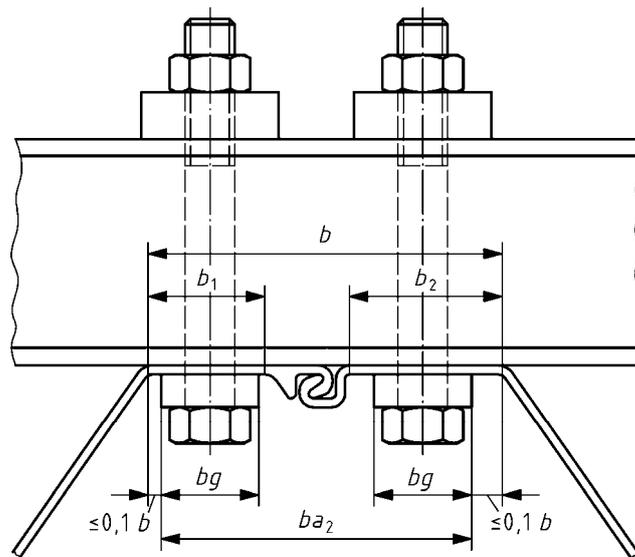
Es gilt die angegebene Empfehlung.

NCI Zu 7.4.3 (3)

Bei Z-Bohlen kann ein doppelter Gurtbolzenanschluss mit Lasteinleitungsplatten gleicher Abmessung in den Flanschen jeder Einzelbohle vorgenommen werden (siehe Bild NA.1). Auch der Anschluss eines Ankers oder eines Einzelgurtbolzens mit einer schlossüberbrückenden Anschlussplatte, die auf in den Flanschrändern liegenden Distanzleisten ruht, ist ausführbar (siehe Bild NA.2). Für beide Fälle sind die Nachweise nach DIN EN 1993-5:2010-12, 7.4.3 (3) a) bis c) wie folgt vorzunehmen:

- Ergänzung zu 7.4.3 (3) a) Schubwiderstand des Flansches:
Der Nachweis für die einzelne Lasteinleitungsplatte eines Anschlusses nach Bild 1 ist nach DIN EN 1993-5:2010-12, Gleichung (7.4) mit halber Kraft je Doppelbohle auf der Einwirkungsseite F_{Ed} zu führen. Bei der Ermittlung des Bemessungswertes des Schubwiderstandes nach DIN EN 1993-5:2010-12, Gleichung (7.5) ist anstelle von b_a dann nur die Breite b_g einer Einzelplatte anzusetzen. Beim Anschluss nach Bild 2 ist der Nachweis mit voller Kraft je Doppelbohle zu führen und bei der Ermittlung des Schubwiderstandes nach DIN EN 1993-5:2010-12, Gleichung (7.5) ist für b_a die Ersatzbreite b_{a2} anzusetzen.
- Ergänzung zu 7.4.3 (3) b) Zugwiderstand des Steges:
Der Nachweis nach DIN EN 1993-5:2010-12, Gleichung (7.6) bleibt unverändert und ist mit der vollen Kraft je Doppelbohle auf der Einwirkungsseite F_{Ed} zu führen.
- Ergänzung zu 7.4.3 (3) c) Breite der Ankerplatte:
Für den Nachweis der Plattenbreite nach DIN EN 1993-5:2010-12, Gleichung (7.8) ist für b_a die Ersatzbreite b_{a2} nach Bild 1 und Bild 2 einzusetzen.

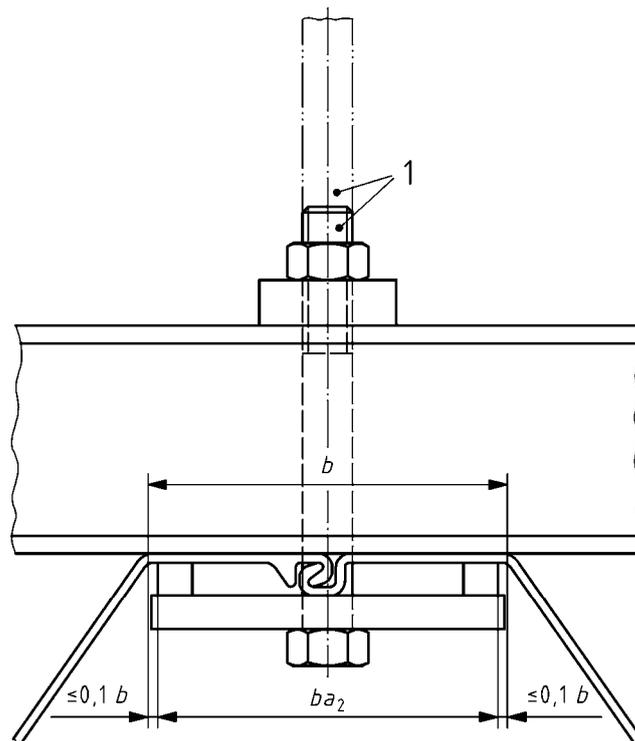
DIN EN 1993-5/NA:2010-12



Legende

$b_1 \neq b_2$

Bild NA.1 — Gurtanschluss an Z-Bohlen mittels Doppelbolzen



Legende

1 Rundstahlanker oder Gurtbolzen

Bild NA.2 — Anschluss eines Bolzens oder Ankers mit schlossüberbrückender Anschlussplatte auf Distanzleisten

NDP Zu A.3.1 (3)

Es gilt die angegebene Empfehlung.

NDP Zu B.5.4 (1)

Es gilt die angegebene Empfehlung.

NCI Zu C.1.1 (10)

Vor Durchführung einer plastisch-plastischen Bauteilbemessung ist mit dem Bauherrn abzuklären, ob und unter welchen Randbedingungen und Annahmen diese erlaubt ist.

NDP Zu D.2.2 (5)

Bei Tragrohren kann der Nachweis der Sicherheit gegen Beulen nur entfallen, wenn die Tragrohre mit nicht-bindigem Material oder Beton bis obenhin aufgefüllt werden, siehe [1].

DIN EN 1993-5/NA:2010-12

NCI

Literaturhinweise

- [1] EAU 2004: Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, 10. Auflage, 2004, Ernst&Sohn, Berlin
- [2] C. Houyoux: Influence of corrosion on the design rules of steel structures in the marine environment: A probabilistic approach, Port & Terminal Technology 2004, Millennium Conferences International
- [3] D. Alberts, A. Heeling: Wanddickenmessungen an korrodierten Stahlspundwänden, Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau Nr. 75, 1997
- [4] CUR Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving: Damwandconstructies, Publicatie 166, 2005
- [5] D. A. Kort: Steel sheet pile walls in soft soil, Thèse de doctorat, Delft University of Technology, 2002

DIN EN 1993-6**DIN**

ICS 53.020.20; 91.010.30; 91.080.10

Ersatzvermerk
siehe unten**Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 6: Kranbahnen;
Deutsche Fassung EN 1993-6:2007 + AC:2009**Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 6: Crane supporting structures;
German version EN 1993-6:2007 + AC:2009Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 6: Chemins de roulement;
Version allemande EN 1993-6:2007 + AC:2009**Ersatzvermerk**Ersatz für DIN EN 1993-6:2007-07;
mit DIN EN 1993-6/NA:2010-12 Ersatz für DIN 4132:1981-02 und DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02;
Ersatz für DIN EN 1993-6 Berichtigung 1:2009-09

Gesamtumfang 47 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1993-6:2010-12

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1993-6:2007 + AC:2009) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-08-01 AA „Kranbahnen“ begleitet.

Die Europäische Norm (EN 1993-6:2007) wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

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

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

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

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

Änderungen

Gegenüber DIN V ENV 1993-6:2001-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Stellungnahmen der nationalen Normungsinstitute wurden eingearbeitet;
- b) der Vornormcharakter wurde aufgehoben;
- c) der Text wurde vollständig überarbeitet.

Gegenüber DIN EN 1993-6:2007-07, DIN EN 1993-6 Berichtigung 1:2009-09, DIN 4132:1981-02 und DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02 und wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) auf europäisches Bemessungskonzept umgestellt;
- b) Ersatzvermerke korrigiert;
- c) Vorgänger-Norm mit der Berichtigung 1 konsolidiert;
- d) redaktionelle Änderungen durchgeführt.

Frühere Ausgaben

DIN 120-1: 1936-11xxxx

DIN 120-2: 1936-11

DIN 4132: 1981-02

DIN 4132 Beiblatt 1: 1981-02

DIN V ENV 1993-6: 2001-02

DIN EN 1993-6: 2007-07

DIN EN 1993-6 Berichtigung 1: 2009-09

EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE

EN 1993-6

April 2007

+AC

Juli 2009

ICS 53.020.20; 91.010.30; 91.080.10

Ersatz für ENV 1993-6:1999

Deutsche Fassung

**Eurocode 3 —
Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten —
Teil 6: Kranbahnen**

Eurocode 3 —
Design of steel structures —
Part 6: Crane supporting structures

Eurocode 3 —
Calcul des structures en acier —
Partie 6: Chemins de roulement

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 12. Juni 2006 angenommen.

Die Berichtigung tritt am 1. Juli 2009 in Kraft und wurde in EN 1996-6:2006 eingearbeitet.

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

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

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



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

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Inhalt

Seite

Vorwort	5
1 Allgemeines	9
1.1 Anwendungsbereich	9
1.2 Normative Verweisungen	9
1.3 Annahmen	10
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	10
1.5 Begriffe	10
1.5.1 Horizontale Kranlasten (en: crane surge)	11
1.5.2 Elastomerunterlage (en: elastomeric bearing pad)	11
1.5.3 Horizontalverbindungen (en: surge connector)	11
1.5.4 Horizontalträger (en: surge girder)	11
1.5.5 Prellbock (en: structural end stop).....	11
1.6 Symbole	11
2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung	11
2.1 Anforderungen	11
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	11
2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit	11
2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit	11
2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	12
2.3 Grundlegende Kenngrößen	12
2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	12
2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften.....	12
2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	12
2.5 Versuchsgestützte Bemessung	13
2.6 Lichtraumprofil von Brückenlaufkränen	13
2.7 Hängekrane und Unterflansch-Laufkatzen	13
2.8 Kranprüfungen	13
3 Werkstoffe	13
3.1 Allgemeines	13
3.2 Baustähle	13
3.2.1 Werkstoffeigenschaften	13
3.2.2 Anforderungen an die Duktilität	13
3.2.3 Bruchzähigkeit	13
3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung	14
3.2.5 Toleranzen	14
3.2.6 Bemessungswerte der Materialkonstanten	14
3.3 Nichtrostende Stähle	14
3.4 Schrauben, Bolzen, Nieten und Schweißnähte	14
3.5 Lager	14
3.6 Weitere Produkte für Kranbahnen	15
3.6.1 Allgemeines	15
3.6.2 Schienenstähle.....	15
3.6.3 Besondere Verbindungsmittel für Kranschienen	15
4 Dauerhaftigkeit	15
5 Tragwerksberechnung	16
5.1 Statisches System für Tragwerksberechnungen	16
5.1.1 Statisches System und grundlegende Annahmen	16
5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse	16
5.1.3 Bauwerk-Boden Interaktion	16
5.2 Untersuchung von Gesamttragwerken.....	16
5.2.1 Einflüsse der Tragwerksverformung	16
5.2.2 Stabilität von Tragwerken	16

	Seite
5.3	Imperfektionen 16
5.3.1	Grundlagen 16
5.3.2	Imperfektionen für die Tragwerksberechnung 16
5.3.3	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme 16
5.3.4	Bauteilimperfektionen 17
5.4	Berechnungsmethoden 17
5.4.1	Allgemeines 17
5.4.2	Elastische Tragwerksberechnung 17
5.4.3	Plastische Tragwerksberechnung 17
5.5	Klassifizierung von Querschnitten 17
5.6	Kranbahnträger 17
5.6.1	Beanspruchungen aus Kranlasten 17
5.6.2	Tragsystem 17
5.7	Lokale Spannungen im Steg infolge Radlasten auf dem Oberflansch 18
5.7.1	Lokale vertikale Druckspannungen 18
5.7.2	Lokale Schubspannungen 21
5.7.3	Lokale Biegespannungen im Steg infolge exzentrischer Radlasten 21
5.8	Lokale Biegespannungen im Untergurt infolge Radlasten 22
5.9	Sekundäre Biegemomente in fachwerkartigen Bauteilen 25
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit 26
6.1	Allgemeines 26
6.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten 27
6.3	Stabilitätsnachweise von Bauteilen 27
6.3.1	Allgemeines 27
6.3.2	Biegedrillknicken 27
6.4	Mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile 27
6.5	Beanspruchbarkeit des Steges gegen Radlasten 28
6.5.1	Allgemeines 28
6.5.2	Länge der starren Lasteinleitung 28
6.6	Plattenbeulen 28
6.7	Beanspruchbarkeit des Unterflansches bei Radlasteinleitung 28
7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 32
7.1	Allgemeines 32
7.2	Berechnungsmodelle 32
7.3	Begrenzung der Verformungen und Verschiebungen 32
7.4	Begrenzung des Stegblechatmens 34
7.5	Elastisches Verhalten 35
7.6	Schwingung des Unterflansches 36
8	Verbindungen und Kranschienen 36
8.1	Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen 36
8.2	Schweißverbindungen 36
8.3	Horizontalverbindungen 36
8.4	Kranschienen 37
8.4.1	Schienenmaterial 37
8.4.2	Nutzungsdauer 38
8.4.3	Auswahl der Schienen 38
8.5	Schienenbefestigung 38
8.5.1	Allgemeines 38
8.5.2	Starre Befestigungen 38
8.5.3	Bewegliche Befestigungen 39
8.6	Schienenverbindungen 39
9	Ermüdungsnachweis 40
9.1	Anforderungen an den Ermüdungsnachweis 40
9.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdung 40
9.3	Spannungsspektren infolge Ermüdungsbelastung 40
9.3.1	Allgemeines 40

**DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)**

	Seite
9.3.2 Vereinfachte Ansätze	41
9.3.3 Lokale Spannungen infolge Radlasten am Obergurt.....	41
9.3.4 Lokale Spannungen infolge Hängekrane	42
9.4 Ermüdungsnachweis.....	42
9.4.1 Allgemeines.....	42
9.4.2 Beanspruchung aus mehreren Kranen	42
9.5 Ermüdungsfestigkeit	43
Anhang A (informativ) Alternative Nachweisverfahren für Biegedrillknicken	44
A.1 Allgemeines	44
A.2 Interaktionsformeln.....	44

Vorwort

Diese Europäische Norm EN 1993-6 + AC:2009, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Kranbahnen* wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird. Das CEN/TC 250 ist für alle Eurocodes für den Konstruktiven Ingenieurbau zuständig.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2007, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis März 2010 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm ersetzt ENV 1993-6:1999.

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

Hintergrund des Eurocode-Programms

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

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

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerungskomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 1980er Jahren führte.

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

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

- EN 1990 Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
- EN 1991 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
- EN 1992 Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten
- EN 1993 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten

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

DIN EN 1993-6:2010-12 EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

EN 1994	Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten
EN 1995	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
EN 1996	Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten
EN 1997	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
EN 1998	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
EN 1999	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen

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

Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

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

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

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

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle

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

- 3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument:
- a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden;
 - b) die Methode zur Verbindung dieser Klassen oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln etc.;
 - c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

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

Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

Nationale Fassungen der Eurocodes

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

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

- Zahlenwerte und/oder Beanspruchungsgruppen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen,
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben,
- landesspezifische (geographische, klimatische usw.) Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- die Vorgehensweise, wenn der Eurocode mehrere zur Wahl anbietet;
- Verweise zur Anwendung der Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

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

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

Besondere Hinweise zu EN 1993-6

EN 1993-6 gibt als einer von insgesamt sechs Teilen von EN 1993 „Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten“ Prinzipien und Anwendungsregeln für die Sicherheit, die Gebrauchstauglichkeit sowie die Dauerhaftigkeit von Kranbahnen.

EN 1993-6 gibt Bemessungsregeln, die die allgemeinen Regeln der EN 1993-1 ergänzen.

EN 1993-6 ist für Auftraggeber, Tragwerksplaner, Bauausführende sowie Behörden vorgesehen.

EN 1993-6 ist gemeinsam mit EN 1990, EN 1991 und EN 1993-1 zu nutzen. Aspekte, die bereits in diesen Dokumenten behandelt wurden, werden nicht wiederholt.

Die Zahlenwerte für Teilsicherheitsbeiwerte und andere Zuverlässigkeitsparameter gelten als Empfehlungen für die Erzielung eines akzeptablen Zuverlässigkeitsniveaus. Es werden dabei angemessene Fachkenntnisse und Qualitätssicherung vorausgesetzt.

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

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Nationaler Anhang zu EN 1993-6

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen für Beanspruchungsgruppen mit Hinweisen, an welchen Stellen nationale Festlegungen getroffen werden dürfen. Jede nationale Ausgabe von EN 1993-6 sollte einen Nationalen Anhang mit den national festzulegenden Parametern erhalten, mit dem die Bemessung und Konstruktion von Kranbahnen, die in dem jeweiligen Land gebaut werden sollen, möglich ist.

Nationale Festlegungen sind bei folgenden Regelungen in EN 1993-6 vorgesehen:

- 2.1.3.2(1)P Nutzungsdauer
- 2.8(2)P Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F, \text{test}}$ für Kranprüflasten
- 3.2.3(1) Niedrigste Betriebstemperatur bei Hallenkranbahnen
- 3.2.3(2)P Wahl der Zähigkeit für druckbeanspruchte Bauteile
- 3.2.4(1) Tabelle 3.2 Sollwerte Z_{Ed} für Eigenschaften in Dickenrichtung
- 3.6.2(1) Informationen über geeignete Schienen und Schienenstahl
- 3.6.3(1) Informationen über besondere Verbindungsmittel für Schienen
- 6.1(1) Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit
- 6.3.2.3(1) Alternative Bemessungsmethoden für Biegedrillknicken
- 7.3(1) Begrenzungen der Durchbiegungen und Verformungen
- 7.5(1) Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{M, \text{ser}}$ für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- 8.2(4) Beanspruchungsgruppen unter "hoher Ermüdungsbelastung"
- 9.1(2) Begrenzung der Lastwechselzahl C_0 ohne Ermüdungsnachweis
- 9.2(1)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ff} für Ermüdungsbelastung
- 9.2(2)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} für Ermüdungsfestigkeit
- 9.3.3(1) Beanspruchungsgruppen, bei denen Biegung aus Exzentrizität vernachlässigt werden kann
- 9.4.2(5) Schädigungsäquivalente Beiwerte λ_{dup} für Beanspruchung aus mehreren Kranen

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) Dieser Teil 6 von EN 1993 stellt Regeln für den Entwurf und die Bemessung von Kranbahnträgern und anderen Kranbahnen bereit.

(2) Die Regelungen in Teil 6 ergänzen, modifizieren oder ersetzen die entsprechenden Regelungen in EN 1993-1.

(3) Dieser Teil 6 von EN 1993 behandelt Kranbahnen innerhalb und außerhalb von Gebäuden. Dazu gehören Kranbahnen, die durch

a) Brückenlaufkrane, die:

- den Kranbahnträger von oben belasten,
- an den Kranbahnträger angehängt sind oder

b) Unterflansch-Laufkatzen beansprucht werden.

(4) Zusätzlich werden Regeln für Kranbahnausstattungen wie Kranschienen, Prellböcke, Halteklammern, Horizontalträger und Befestigungen festgelegt. Kranschienen, die nicht auf Stahlkonstruktionen montiert sind, und Kranschienen, die für andere Zwecke verwendet werden, werden nicht behandelt.

(5) Krane und alle anderen beweglichen Teile sind ausgeschlossen. Regelungen für Krane sind in prCEN/TS 13001-3-3 gegeben.

(6) Bemessung infolge Erdbeben, siehe EN 1998.

(7) Für die Tragwerksbemessung für den Brandfall, siehe EN 1993-1-2.

1.2 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).

EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

EN 1337, *Lager im Bauwesen*

EN ISO 1461, *Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrauchte Zinküberzüge (Stückverzinken) — Anforderungen und Prüfungen*

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-1, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

EN 1991-1-5, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen — Temperatureinwirkungen*

EN 1991-1-6, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen — Einwirkungen während der Bauausführung*

EN 1991-1-7, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen — Außergewöhnliche Einwirkungen*

EN 1991-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und anderen Maschinen*

EN 1993-1-1, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-2, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-2: Allgemeine Regeln — Tragwerksbemessung für den Brandfall*

EN 1993-1-4, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*

EN 1993-1-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenbeulen*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*

EN 1993-1-9, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

EN 1993-1-10, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-10: Stahlsortenauswahl in Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung*

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

EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

prCEN/TS 13001-3-3, *Krane — Konstruktion allgemein — Teil 3-3: Grenzzustände und Nachweise; Laufrad/Schiene-Kontakt*

ISO 11660-5, *Krane — Zugänge, Geländer und Schutzabdeckungen — Teil 5: Brücken- und Portalkrane*

1.3 Annahmen

(1) Zusätzlich zu den Grundlagen von EN 1990 wird vorausgesetzt, dass  Herstellung und Ausführung  von Stahlbauten nach EN 1090-2 erfolgen.

1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1) Es gelten die Regelungen nach EN 1990, 1.4.

1.5 Begriffe

(1) Es gelten die Begriffe von EN 1993-1-1, 1.5.

(2) Ergänzend zu EN 1991-3 werden in diesem Teil 6 folgende Begriffe verwendet:

1.5.1 Horizontale Kranlasten (en: crane surge)

aus dem Kranbetrieb auf den Kranbahnträger horizontal wirkende dynamische Kräfte in Längs- und/oder Querrichtung

ANMERKUNG Quergerichtete Einwirkungen aus Kranen entsprechen Seitenlasten auf Kranbahnträgern.

1.5.2 Elastomerunterlage (en: elastomeric bearing pad)

Bettungsmaterial aus Elastomer (bewehrtes Material mit großer elastischer Verformungsfähigkeit), das unter Kranschienen verwendet wird

1.5.3 Horizontalverbindungen (en: surge connector)

Verbindung zur Übertragung der horizontalen Krankräfte vom Kranbahnträger oder Horizontalträger zum Auflager

1.5.4 Horizontalträger (en: surge girder)

Träger oder Fachwerkträger zur Aufnahme und Weiterleitung der horizontalen Krankräfte

1.5.5 Prellbock (en: structural end stop)

Bauteil zum Anhalten eines Krans oder eines Hubwerks als Abschluss einer Kranbahn

1.6 Symbole

(1) Die Symbole werden in EN 1993-1-1 und in den entsprechenden Abschnitten dieser EN 1993-6 definiert.

ANMERKUNG Die verwendeten Symbole basieren auf ISO 3898:1987.

2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung

2.1 Anforderungen

2.1.1 Grundlegende Anforderungen

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.1.1.

2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.1.2.

2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit

2.1.3.1 Allgemeines

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.1.3.1.

2.1.3.2 Nutzungsdauer

(1)P Die Nutzungsdauer einer Kranbahn muss als der Zeitraum angegeben werden, in dem die Kranbahn voll funktionsfähig ist. Die Nutzungsdauer sollte festgelegt werden (z. B. in einem Inspektions- bzw. Wartungsplan).

DIN EN 1993-6:2010-12 EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf die maßgebende Nutzungsdauer festlegen. Für Kranbahnen wird eine Nutzungsdauer von 25 Jahren empfohlen. Für Kranbahnen, die keiner intensiven Nutzung unterliegen, ist eine Nutzungsdauer von 50 Jahre angemessen.

(2)P Bei temporären Kranbahnen muss die Nutzungsdauer zwischen dem Bauherren und der zuständigen Behörde abgestimmt werden. Dabei muss eine mögliche Wiederverwendung berücksichtigt werden.

(3) Bauteile, die nicht für die gesamte Nutzungsdauer der Kranbahn ausgelegt werden können, siehe Abschnitt 4(6).

2.1.3.3 Dauerhaftigkeit

(1)P Kranbahnen müssen gegen Umwelteinflüsse, Korrosion, Verschleiß und Ermüdung durch geeignete Materialwahl (siehe EN 1993-1-4 und EN 1993-1-10), geeignete bauliche Durchbildung (siehe EN 1993-1-9), redundantes Tragverhalten und geeigneten Korrosionsschutz bemessen werden.

(2)P Bei Bauteilen, die während der Bemessungsdauer ausgetauscht oder neu ausgerichtet werden müssen (z. B. infolge zu erwartender Bodensetzungen), muss dieser Vorgang bei der Bemessung durch geeignete bauliche Durchbildung berücksichtigt und als vorübergehende Bemessungssituation nachgewiesen werden.

2.2 Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.2.

2.3 Grundlegende Kenngrößen

2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse

(1)P Die charakteristischen Werte der Kraneinwirkungen sind nach EN 1991-3 zu ermitteln.

ANMERKUNG 1 EN 1991-3 enthält Regeln zur Ermittlung der Kraneinwirkungen nach den Festlegungen in EN 13001-1 und EN 13001-2, um den Informationsaustausch mit Kranherstellern zu erleichtern.

ANMERKUNG 2 EN 1991-3 erläutert verschiedene Methoden zur Ermittlung charakteristischer Einwirkungen, abhängig davon, ob während des Zeitpunkts der Bemessung der Kranbahn vollständige Informationen zur Kranspezifikation vorhanden sind oder nicht.

(2)P Andere Einwirkungen auf Kranbahnen sind nach EN 1991-1-1, EN 1991-1-2, EN 1991-1-4, EN 1991-1-5, EN 1991-1-6 oder EN 1991-1-7 zu ermitteln.

(3)P Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsregeln müssen EN 1991-3, Anhang A entnommen werden.

(4) Für Einwirkungen während der Bauzustände siehe EN 1991-1-6.

(5) Für Einwirkungen infolge Bodensetzung siehe EN 1993-1-1, 2.3.1(3) und (4).

2.3.2 Werkstoff- und Produkteigenschaften

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.3.2.

2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.4.

(2) EN 1991-3, Anhang A enthält Teilsicherheitsbeiwerte für den Nachweis der Lagesicherheit und den Nachweis gegen Abheben von Lagern.

2.5 Versuchsgestützte Bemessung

(1) Siehe EN 1993-1-1, 2.5.

2.6 Lichtraumprofil von Brückenlaufkränen

(1) Das Lichtraumprofil zwischen Brückenlaufkran und Kranbahn sowie die Abmessungen aller Zugangsmöglichkeiten zu den Kränen für die Kranführer und das Wartungspersonal sollten ISO 11660-5 entsprechen.

2.7 Hängekrane und Unterflansch-Laufkatzen

(1) \square_{AC} Bei Unterflanschen \square_{AC} von Kranbahnträgern, die direkt durch Radlasten aus Hängekränen oder Unterflansch-Laufkatzen belastet sind, ist in der Regel auch ein Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, siehe 7.5, zu führen.

(2) Für solche Flansche sind die Spannungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit in der Regel nach 6.7 nachzuweisen.

2.8 Kranprüfungen

(1) Wird nach der Montage eine Kranprüfung von Brückenlaufkatze oder Unterflansch-Laufkatze auf dem Kranbahnträger durchgeführt, ist in der Regel für alle betroffenen tragenden Bauteile ein Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (siehe 7.5) mit den Kranprüflasten nach EN 1991-3, 2.10 zu führen.

(2)P Für die Kranprüflasten ist an den entsprechenden Stellen ein Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach Abschnitt 6 zu führen. Hierbei ist der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,test}$ für die Kranprüflasten zu verwenden.

ANMERKUNG Der Wert für \square_{AC} $\gamma_{F,test}$ \square_{AC} kann im Nationalen Anhang festgelegt werden. Es wird der Wert 1,1 empfohlen.

3 Werkstoffe

3.1 Allgemeines

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.1.

3.2 Baustähle

3.2.1 Werkstoffeigenschaften

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.1.

3.2.2 Anforderungen an die Duktilität

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.2.

3.2.3 Bruchzähigkeit

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.3(1) und (2).

DIN EN 1993-6:2010-12 EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

ANMERKUNG Die niedrigste Betriebstemperatur für Kranbahnen innerhalb von Gebäuden darf im Nationalen Anhang festgelegt werden.

(2) Für druckbeanspruchte Bauteile ist ein angemessener Mindestwert der Zähigkeit zu wählen.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Informationen zur Wahl der Zähigkeitseigenschaften für druckbeanspruchte Bauteile geben. Es wird empfohlen, in diesem Fall Tabelle 2.1 in EN 1993-1-10 für $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ anzuwenden.

(3) Bei der Verwendung von kaltverformten Bauteilen (z. B. infolge Überhöhungen) mit nachträglicher Feuerverzinkung ist bei der Stahlsortenauswahl EN 1461 zu beachten.

3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.4(1).

ANMERKUNG 1 Besondere Beachtung sollte geschweißten Träger-Stützen-Verbindungen sowie angeschweißten Kopfplatten mit Zugspannung in Dickenrichtung geschenkt werden.

ANMERKUNG 2 Der Nationale Anhang darf die maßgebende Zuordnung der Sollwerte Z_{Ed} nach EN 1993-1-10, 3.2(3) zu den Qualitätsklassen der EN 10164 angeben. Für Kranbahnen wird eine Zuordnung nach Tabelle 3.2 empfohlen.

Tabelle 3.2 — Stahlgütewahl nach EN 10164

Sollwert Z_{Ed} nach EN 1993-1-10	Sollwert Z_{Rd} nach EN 10164
≤ 10	-
11 bis 20	Z 15
21 bis 30	Z 25
> 30	Z 35

3.2.5 Toleranzen

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.5.

3.2.6 Bemessungswerte der Materialkonstanten

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.2.6.

3.3 Nichtrostende Stähle

(1) Für nichtrostende Stähle sind die entsprechenden Regelungen in EN 1993-1-4 zu beachten.

3.4 Schrauben, Bolzen, Nieten und Schweißnähte

(1) Siehe EN 1993-1-1, 3.3.

3.5 Lager

(1) Lager sollten EN 1337 entsprechen.

3.6 Weitere Produkte für Kranbahnen

3.6.1 Allgemeines

(1) Teilvorgefertigte oder komplett vorgefertigte Produkte, die bei der Bemessung einer Kranbahn verwendet werden, haben in der Regel der entsprechenden EN-Produktnorm, ETAG oder ETA zu entsprechen.

3.6.2 Schienenstähle

(1) Sowohl speziell angefertigte Kranschienen als auch Eisenbahnschienen sollten aus speziellen Schienenstählen mit genormten Mindestzugfestigkeiten zwischen 500 N/mm^2 und $1\,200 \text{ N/mm}^2$ hergestellt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Informationen über geeignete Schienen und Schienenstähle, abhängig von der Ausgabe der entsprechenden Produktregelungen (EN-Produktnormen, ETAG und ETA) geben.

(2) Flachstahlschienen und andere Schienenquerschnitte dürfen auch aus Baustählen nach 3.2 bestehen.

3.6.3 Besondere Verbindungsmittel für Kranschienen

(1) Besondere Verbindungsmittel für Kranschienen, einschließlich speziell angefertigter Befestigungen und Elastomerunterlagen, sollten nach den entsprechenden Produktnormen für ihre Verwendung geeignet sein.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Informationen über besondere Verbindungsmittel geben, wenn für diese keine passenden Produktregelungen (EN-Produktnorm, ETAG und ETA) existieren.

4 Dauerhaftigkeit

(1) Die Dauerhaftigkeit von Stahlbauten ist allgemein in EN 1993-1-1, 4(1), 4(2) und 4(3) geregelt.

(2) Die Ermüdungsnachweise für Kranbahnen sind in der Regel nach Abschnitt 9 durchzuführen.

(3) Wird zur Berechnung der Festigkeit oder Steifigkeit des Kranbahnträgers die Kranschiene als mittragender Teilquerschnitt berücksichtigt, sind in der Regel bei der Ermittlung der Eigenschaften dieser zusammengesetzten Querschnitte geeignete Toleranzen für den Verschleiß anzunehmen, siehe **5.6.2(2)** und **5.6.2(3)**.

(4) Bei zu erwartenden Einwirkungen durch Bodensetzungen oder Erdbeben sollten Toleranzen für vertikale und horizontale Zwangsverformungen mit dem Kranhersteller vereinbart sowie in den Inspektions- und Wartungsplänen dokumentiert werden.

(5) Die erwarteten Zwangsverformungen sollten durch eine geeignete bauliche Durchbildung mit Möglichkeiten der Nachjustierbarkeit berücksichtigt werden.

(6) Bauteile, die nicht mit ausreichender Sicherheit für die Nutzungsdauer nachgewiesen werden können, sollten austauschbar sein. Solche Bauteile können sein:

- Dehnfugen;
- Kranschienen und ihre Befestigungen;
- Elastomerunterlagen;
- Verbindungen zur Übertragung von horizontalen Krankräften.

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

5 Tragwerksberechnung

5.1 Statisches System für Tragwerksberechnungen

5.1.1 Statisches System und grundlegende Annahmen

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.1.1(1), (2) und (3).
- (2) Zur Berücksichtigung von Schubverzerrungen bzw. Plattenbeulen siehe EN 1993-1-5.

5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.1.2(1), (2) und (3).
- (2) Die Berechnung von ermüdungsbeanspruchten Anschlüssen sollte so ausgeführt werden, dass eine ausreichende Lebensdauer nach EN 1993-1-9 nachgewiesen werden kann.

ANMERKUNG Bei Kranbahnen sollten wechselnd auf Schub beanspruchte Schraubenverbindungen entweder mit Passschrauben ausgeführt werden oder mit vorgespannten Schrauben, die gleitfest im Grenzzustand der Tragfähigkeit bemessen sind, siehe Kategorie C nach EN 1993-1-8.

5.1.3 Bauwerk-Boden Interaktion

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.1.3.

5.2 Untersuchung von Gesamttragwerken

5.2.1 Einflüsse der Tragwerksverformung

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.2.1.

5.2.2 Stabilität von Tragwerken

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.2.2.

5.3 Imperfektionen

5.3.1 Grundlagen

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.3.1.

5.3.2 Imperfektionen für die Tragwerksberechnung

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.3.2.
- (2) Die Imperfektionen für die Tragwerksberechnung müssen nicht mit den Exzentrizitäten nach EN 1991-3, 2.5.2.1(2) kombiniert werden.

5.3.3 Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.3.3.

5.3.4 Bauteilimperfectionen

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.3.4.
- (2) Die Bauteilimperfectionen müssen nicht mit den Exzentrizitäten nach EN 1991-3, 2.5.2.1(2) kombiniert werden.

5.4 Berechnungsmethoden

5.4.1 Allgemeines

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.4.1.
- (2) Für Kranbahnen, bei denen der Ermüdungsnachweis zu führen ist, wird eine elastische Tragwerksberechnung empfohlen. Für Kranbahnträger, die im Grenzzustand der Tragfähigkeit auf Grundlage einer plastischen Tragwerksberechnung bemessen werden, ist in der Regel auch ein Spannungsnachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen, siehe 7.5.

5.4.2 Elastische Tragwerksberechnung

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.4.2.

5.4.3 Plastische Tragwerksberechnung

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.4.3 und 5.6.

5.5 Klassifizierung von Querschnitten

- (1) Siehe EN 1993-1-1, 5.5.

5.6 Kranbahnträger

5.6.1 Beanspruchungen aus Kranlasten

- (1) Bei der Bemessung von Kranbahnträgern sollten die folgenden Schnittgrößen aus Kranlasten berücksichtigt werden:

- zweiachsige Biegung aus vertikalen Einwirkungen und horizontalen Seitenlasten;
- einachsiger Druck oder Zug aus längsgerichteten horizontalen Einwirkungen;
- Torsion infolge von horizontalen Seitenlasten, die bezogen auf den Schubmittelpunkt des Trägerquerschnitts exzentrisch wirken;
- vertikale und horizontale Querkräfte aus vertikalen Einwirkungen und Seitenlasten.

- (2) Außerdem sind in der Regel lokale Spannungen infolge Radlasten zu berücksichtigen.

5.6.2 Tragsystem

- (1) Werden Kranschiene unter Verwendung von Passschrauben, vorgespannten Schrauben bei Anschlüssen der Kategorie C (gleitfest bemessen im Grenzzustand der Tragfähigkeit, siehe EN 1993-1-8, 3.4.1) oder Schweißnähten schubstarr am Oberflansch befestigt, darf die Kranschiene als Querschnittsteil bei der Berechnung des Querschnittswiderstands berücksichtigt werden. Die Schrauben oder Schweißnähte sollten so bemessen werden, dass sie die durch Biegemomente infolge der vertikalen und horizontalen

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Einwirkungen entstehenden Längsschubkräfte zusammen mit den Kräften infolge horizontaler Kraneinwirkungen aufnehmen können.

(2) Zur Berücksichtigung der Kranschieneabnutzung sollte bei der Berechnung der Querschnittswerte die Nennhöhe der Kranschiene reduziert werden. Diese Abminderung sollte im Allgemeinen 25 % der in Bild 5.1 definierten Mindestnennstärke t_r unterhalb der Abnutzungsfläche betragen, sofern im Wartungsplan keine anderweitigen Angaben angegeben sind, siehe 4(3).

(3) Beim Ermüdungsnachweis braucht nur die Hälfte der in Absatz (2) gegebenen Abminderung berücksichtigt zu werden.

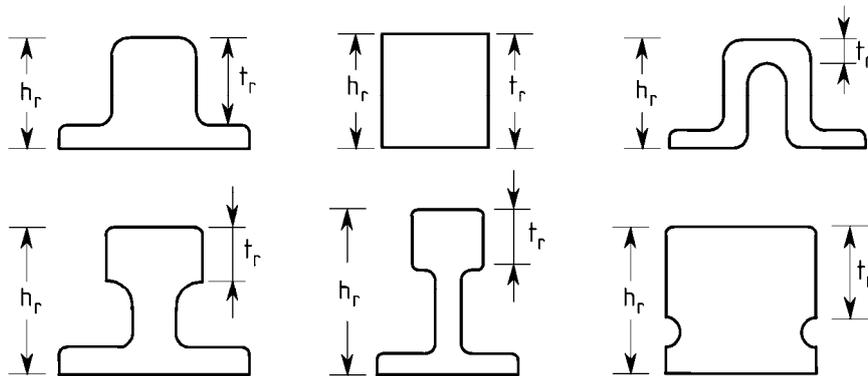


Bild 5.1 — Mindestdicke t_r unterhalb der Abnutzungsfläche der Kranschiene

- (4) Es darf angenommen werden, dass Kranlasten wie folgt abgetragen werden (gilt nicht für Kastenträger):
- vertikale Radlasten werden durch den unter der Kranschiene liegenden Kranbahn-/ Hauptträger aufgenommen;
 - Seitenlasten aus aufgesetzten Brückenlaufkränen werden durch den Oberflansch des Kranbahnträgers oder einen Horizontalträger aufgenommen;
 - Seitenlasten aus Hängekränen oder Unterflansch-Laufkatzen werden vom Unterflansch aufgenommen;
 - Torsionsmomente werden in ein horizontales Kräftepaar umgewandelt, das auf den Ober- und Unterflansch wirkt.
- (5) Alternativ zu Absatz (4) können die Torsionseinwirkungen wie in EN 1993-1-1 berücksichtigt werden.
- (6) Windlasten im Betrieb F_W^* und horizontale Kranlasten $H_{T,3}$ infolge Anfahren oder Bremsen der Laufkatze oder der Unterflansch-Laufkatzen sollten bei Spurkranzführung des Krans im Verhältnis der Seitensteifigkeiten der Kranbahnträger aufgeteilt werden. Bei Laufrollenführung hingegen sollten sie dem Kranbahnträger auf nur einer Seite zugeteilt werden.

5.7 Lokale Spannungen im Steg infolge Radlasten auf dem Oberflansch

5.7.1 Lokale vertikale Druckspannungen

(1) Die lokale vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ im Steg infolge Radlasten auf dem Oberflansch, siehe Bild 5.2, kann wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} t_w} \quad (5.1)$$

Dabei ist

- $F_{z,Ed}$ der Bemessungswert der Radlast;
 l_{eff} die effektive Lastausbreitungslänge;
 t_w die Dicke des Stegblechs.

(2) Die effektive Lastausbreitungslänge l_{eff} über die die vertikale Druckspannung $\sigma_{oz,Ed}$ infolge einer einzelnen Radlast gleichmäßig verteilt angenommen werden darf, kann unter Verwendung der Tabelle 5.1 ermittelt werden. Die Kranschieneabnutzung ist in der Regel nach **5.6.2(2)** und **5.6.2(3)** zu berücksichtigen.

(3) Wenn der Abstand x_w zwischen den Mittelpunkten benachbarter Kranräder kleiner als l_{eff} ist, sollten die Spannungen aus beiden Rädern überlagert werden.

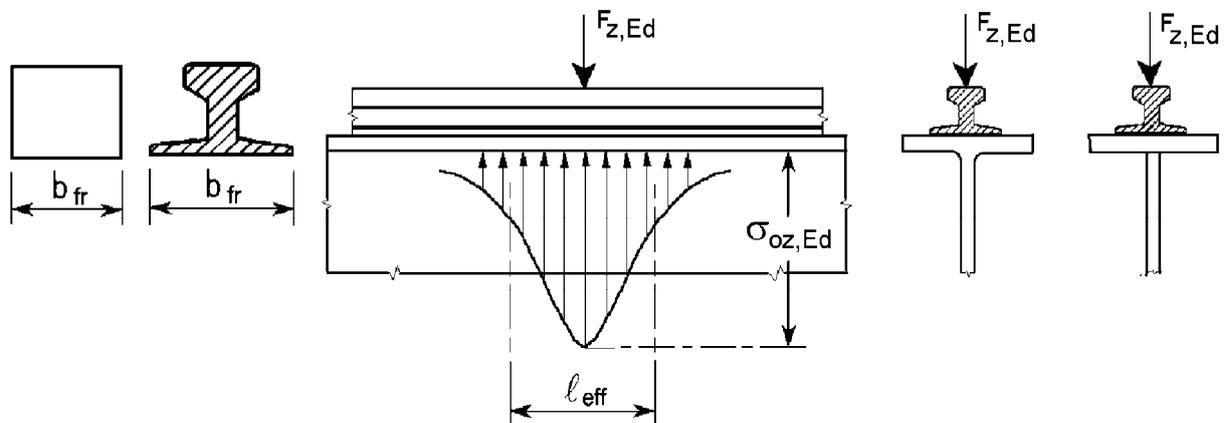


Bild 5.2 — Effektive Lastausbreitungslänge l_{eff}

(4) Bei der Berechnung der vertikalen lokalen Spannung $\sigma_{oz,Ed}$ in horizontalen Schnitten des Steges kann für jede Radlast, ausgehend von der wirksamen Lastausbreitungslänge l_{eff} an der Unterkante des Oberflansches, ein Lastausbreitungswinkel von 45° angenommen werden, siehe Bild 5.3. Wenn die gesamte Lastausbreitungslänge den Abstand x_w zwischen zwei benachbarten Rädern überschreitet, sind die Spannungen der beiden Räder entsprechend zu überlagern.

(5) Außerhalb des Auflagerbereiches sollte die mit dieser Länge berechnete vertikale lokale Spannung $\sigma_{oz,Ed}$ mit dem Reduktionsfaktor $[1 - (z/h_w)^2]$ multipliziert werden. Dabei ist h_w die Gesamthöhe des Steges und z der Abstand unterhalb der Unterkante des Oberflansches, siehe Bild 5.3.

(6) In Auflagernähe sollte die vertikale Druckspannung der Auflagerkraft in einer ähnlichen Weise ermittelt und der größere Wert der Spannung $\sigma_{oz,Ed}$ verwendet werden.

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 5.1— Effektive Lastausbreitungslänge l_{eff}

Fall	Beschreibung	Effektive Lastausbreitungslänge l_{eff}
(a)	Kranschiene schubstarr am Flansch befestigt	$l_{\text{eff}} = 3,25 [I_{\text{rf}} / t_{\text{w}}]^{1/3}$
(b)	Kranschiene nicht schubstarr am Flansch befestigt	$l_{\text{eff}} = 3,25 [(I_{\text{r}} + I_{\text{f,eff}}) / t_{\text{w}}]^{1/3}$
(c)	Kranschiene auf einer mind. 6mm dicken nachgiebigen Elastomerunterlage	$l_{\text{eff}} = 4,25 [(I_{\text{r}} + I_{\text{f,eff}}) / t_{\text{w}}]^{1/3}$
$I_{\text{f,eff}}$	Flächenmoment zweiten Grades um die horizontale Schwerlinie des Flansches mit der effektiven Breite b_{eff}	
I_{r}	Flächenmoment zweiten Grades um die horizontale Schwerlinie der Schiene	
I_{rf}	Flächenmoment zweiten Grades um die horizontale Schwerlinie des zusammengesetzten Querschnitts einschließlich der Schiene und des Flansches mit der effektiven Breite b_{eff}	
t_{w}	Stegdicke	
$b_{\text{eff}} = b_{\text{fr}} + h_{\text{r}} + t_{\text{f}}$ aber $b_{\text{eff}} \leq b$ Dabei ist b die Gesamtbreite des Obergurtes; b_{fr} die Breite des Schienenfußes, siehe Bild 5.2; h_{r} die Schienenhöhe, siehe Bild 5.1; t_{f} die Flanschdicke.		
ANMERKUNG Der Verschleiß der Kranschiene wird bei der Bestimmung von I_{r} , I_{rf} und h_{r} berücksichtigt, siehe 5.6.2(2) und 5.6.2(3).		

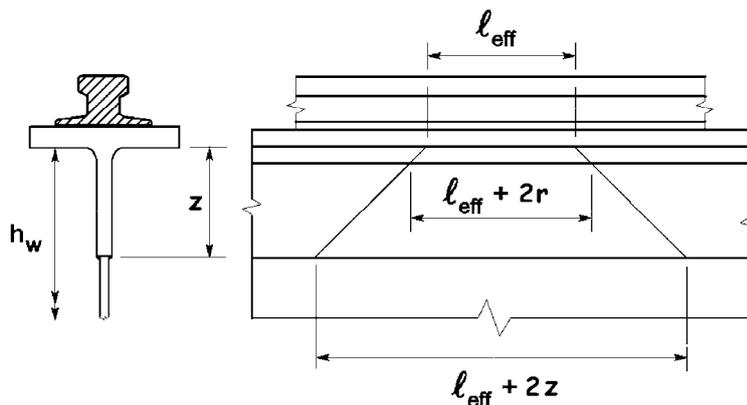


Bild 5.3 — Ausbreitung der effektiven Lastausbreitungslänge l_{eff} unter 45°

5.7.2 Lokale Schubspannungen

(1) Infolge Radlast entsteht die maximal wirkende lokale Schubspannung auf beiden Seiten der Radlast, die maximale vertikale lokale Spannung entsteht im Steg direkt unterhalb der Radlast. Diese maximal wirkende lokale Schubspannung $\tau_{\text{oxz,Ed}}$ darf zu 20 % der im Steg wirkenden maximalen vertikalen lokalen Spannung $\sigma_{\text{oz,Ed}}$ angenommen werden.

(2) Die lokale Schubspannung $\tau_{\text{oxz,Ed}}$ sollte an allen Punkten zusätzlich zu der globalen Schubspannung aus derselben Radlast berücksichtigt werden, siehe Bild 5.4. Die zusätzliche Schubspannung $\tau_{\text{oxz,Ed}}$ darf in horizontalen Schnitten im Steg unterhalb $z = 0,2h_w$ vernachlässigt werden, mit h_w und z wie in **5.7.1(5)** definiert.

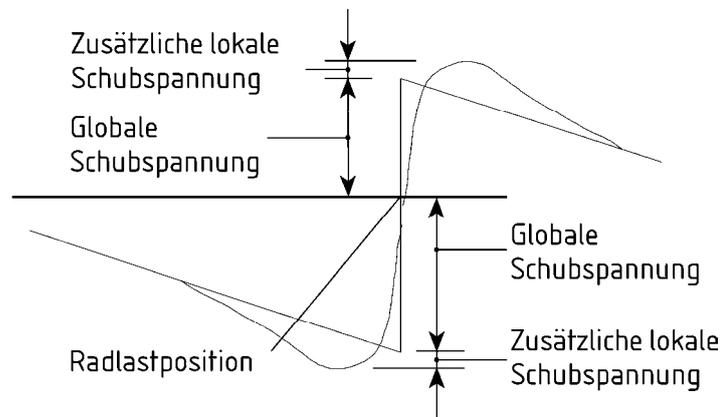


Bild 5.4 — Lokale und globale Schubspannungen infolge einer Radlast

5.7.3 Lokale Biegespannungen im Steg infolge exzentrischer Radlasten

(1) Bei querausgesteiften Stegblechen dürfen die Biegespannungen $\sigma_{T,Ed}$ aus dem Torsionsmoment infolge seitlicher Exzentrizität der Radlast wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{T,Ed} = \frac{6T_{Ed}}{at_w^2} \eta \tanh(\eta) \quad (5.2)$$

mit:

$$\eta = \left[\frac{0,75at_w^3}{I_t} \times \frac{\sinh^2(\pi h_w / a)}{\sinh(2\pi h_w / a) - 2\pi h_w / a} \right]^{0,5} \quad (5.3)$$

Dabei ist

a der Abstand der Quersteifen im Steg;

h_w die Gesamthöhe des Steges als lichter Abstand zwischen den Flanschen;

I_t das Torsionsträgheitsmoment des Flansches (einschließlich der Schiene, falls sie schubstarr befestigt ist).

(2) Das Torsionsmoment T_{Ed} infolge seitlicher Exzentrizität e_y der Radlast $F_{z,Ed}$ (siehe Bild 5.5) sollte wie folgt ermittelt werden:

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

$$T_{Ed} = F_{z,Ed} \cdot e_y \quad (5.4)$$

Dabei ist

e_y die Exzentrizität e der Radlast nach EN 1991-3, 2.5.2.1(2), wobei $e_y \geq 0,5 t_w$;

t_w die Blechdicke des Stegs.

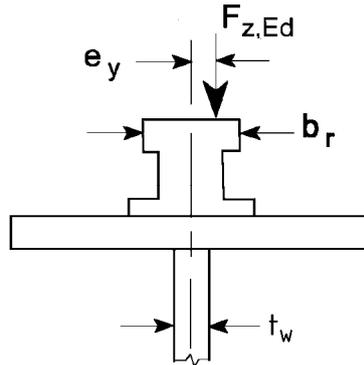


Bild 5.5 — Torsion des Obergurtes

5.8 Lokale Biegespannungen im Untergurt infolge Radlasten

(1) Zur Ermittlung der lokalen Biegespannungen infolge Radlasteinleitung im Unterflansch eines I-Trägers kann das folgende Berechnungsverfahren angewendet werden.

(2) Erfolgt die Lasteinleitung in einem Abstand größer als b vom Trägerende (dabei ist b die Flanschbreite), können die Biegespannungen an den folgenden drei, in Bild 5.6 markierten Stellen ermittelt werden:

- Stelle **0**: am Übergang vom Steg zum Flansch;
- Stelle **1**: in der Schwerlinie der Lasteinleitung;
- Stelle **2**: an der äußeren Flanschseite.

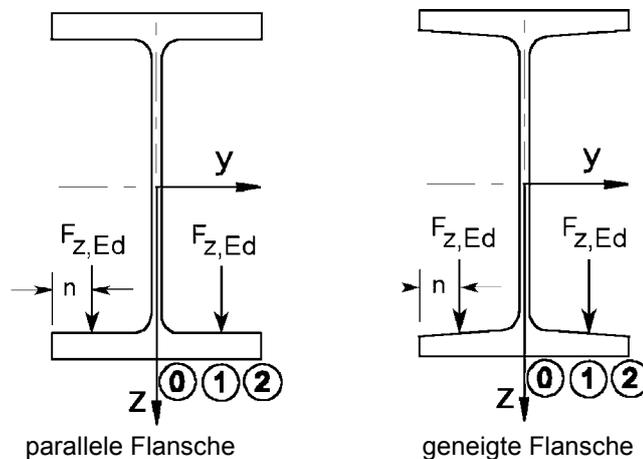


Bild 5.6 — Stellen zur Bestimmung der Spannungen infolge Radlasten

(3) Erfolgt die Radlasteinleitung in einem Abstand größer b vom Trägerende, und ist der Abstand x_w zwischen benachbarten Rädern nicht kleiner als $1,5b$, dann sollten die lokale Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$ und die Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$ im Unterflansch wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{ox,Ed} = c_x F_{z,Ed} / t_l^2 \quad (5.5)$$

$$\sigma_{oy,Ed} = c_y F_{z,Ed} / t_l^2 \quad (5.6)$$

Dabei ist

$F_{z,Ed}$ die vertikale Radlast;

t_l die Blechdicke des Flansches in der Schwerlinie der Lasteinleitung.

(4) Im Allgemeinen dürfen die Koeffizienten c_x und c_y zur Bestimmung der Längs- und Querbiegespannungen an den drei in Bild 5.6 festgelegten Stellen **0**, **1** und **2** mit Hilfe von Tabelle 5.2 bestimmt werden. Dies erfolgt in Abhängigkeit davon, ob der Träger parallele oder geneigte Flansche hat, sowie von dem Verhältniswert μ :

$$\mu = 2n / (b - t_w) \quad (5.7)$$

Dabei ist

n der Abstand der Schwerlinie der Last zur äußeren Flanschseite;

t_w die Blechdicke des Steges.

Tabelle 5.2 — Koeffizienten c_{xi} und c_{yi} zur Bestimmung der Spannungen an den Stellen 0, 1 und 2

Spannung	Parallele Flansche	Geneigte Flansche (siehe Anmerkung)
Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$	$c_{x0} = 0,050 - 0,580\mu + 0,148e^{3,015\mu}$	$c_{x0} = -0,981 - 1,479\mu + 1,120e^{1,322\mu}$
	$c_{x1} = 2,230 - 1,490\mu + 1,390e^{-18,33\mu}$	$c_{x1} = 1,810 - 1,150\mu + 1,060e^{-7,700\mu}$
	$c_{x2} = 0,730 - 1,580\mu + 2,910e^{-6,000\mu}$	$c_{x2} = 1,990 - 2,810\mu + 0,840e^{-4,690\mu}$
Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$	$c_{y0} = -2,110 + 1,977\mu + 0,0076e^{6,530\mu}$	$c_{y0} = -1,096 + 1,095\mu + 0,192e^{-6,000\mu}$
	$c_{y1} = 10,108 - 7,408\mu - 10,108e^{-1,364\mu}$	$c_{y1} = 3,965 - 4,835\mu - 3,965e^{-2,675\mu}$
	$c_{y2} = 0,0$	$c_{y2} = 0,0$
Vorzeichenkonvention: c_{xi} und c_{yi} sind positiv bei Zugspannungen an der Flanschunterseite.		
ANMERKUNG Die Koeffizienten für geneigte Flansche gelten für eine Neigung von 14 % oder 8°. Für Träger mit größerer Flanschneigung liegen sie auf der sicheren Seite. Für Träger mit geringerer Neigung ist eine konservative Annahme, die Koeffizienten für Träger mit parallelen Flanschen zu verwenden. Als Alternative darf linear interpoliert werden.		

(5) Alternativ dürfen bei Radlasten, die nahe der äußeren Flanschseite eingeleitet werden, die in Tabelle 5.3 angegebenen Werte der Koeffizienten c_x und c_y verwendet werden.

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 5.3 — Koeffizienten zur Berechnung der Spannungen nahe der äußeren Flanschseite

Spannung	Koeffizient	Parallele Flansche		Geneigte Flansche (siehe Anmerkung)
		$\mu = 0,10$	$\mu = 0,15$	
Längsbiegespannung $\sigma_{ox,Ed}$	c_{x0}	0,2	0,2	0,2
	c_{x1}	2,3	2,1	2,0
	c_{x2}	2,2	1,7	2,0
Querbiegespannung $\sigma_{oy,Ed}$	c_{y0}	-1,9	-1,8	-0,9
	c_{y1}	0,6	0,6	0,6
	c_{y2}	0,0	0,0	0,0

Vorzeichenkonvention: c_{xi} und c_{yi} sind positiv bei Zugspannungen an der Flanschunterseite.

ANMERKUNG Die Koeffizienten für geneigte Flansche gelten für eine Neigung von 14% oder 8°. Für Träger mit größerer Flanschneigung liegen sie auf der sicheren Seite. Für Träger mit geringerer Neigung ist eine konservative Annahme, die Koeffizienten für Träger mit parallelen Flanschen zu verwenden. Als Alternative darf linear interpoliert werden.

(6) Sofern keine genaueren Werte bekannt sind, sollte die lokale Biegespannung $\sigma_{oy,end,Ed}$ infolge Radlasteinleitung in einem unverstärkten Unterflansch an einem rechtwinkligen Trägerende wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{oy,end,Ed} = (5,6 - 3,225\mu - 2,8\mu^3) \frac{Fz,Ed}{t_f^2} \quad (5.8)$$

Dabei ist t_f die mittlere Nenndicke des Flansches.

(7) Alternativ darf angenommen werden, dass die lokale Biegespannung $\sigma_{oy,end,Ed}$ die Werte von $\sigma_{ox,Ed}$ und $\sigma_{oy,Ed}$ aus Absatz (3) oder Absatz (5) nicht übersteigt, wenn der Unterflansch am Trägerende durch ein aufgeschweißtes Blech ähnlicher Dicke verstärkt ist, das über die Breite b des Flansches und in Trägerlängsrichtung mindestens über eine Länge b hinausreicht, siehe Bild 5.7.

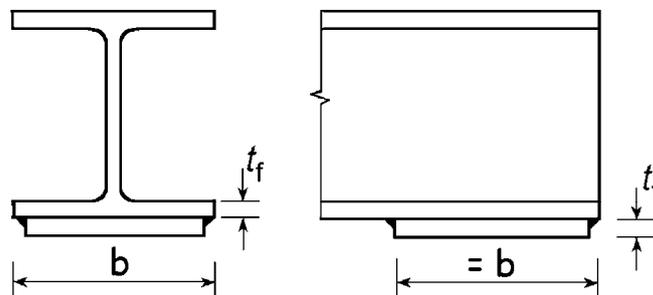


Bild 5.7 — Mögliche Verstärkung des Unterflansches am Trägerende

(8) Wenn der Abstand x_w zwischen zwei benachbarten Radlasten kleiner als $1,5b$ ist und keine besonderen Maßnahmen zur Bestimmung der lokalen Spannungen durchgeführt werden (z. B. Versuche, siehe 2.5), dürfen als konservativer Ansatz die für jedes Rad getrennt berechneten Spannungen überlagert werden.

5.9 Sekundäre Biegemomente in fachwerkartigen Bauteilen

(1) In Fachwerkträgern, fachwerkartigen Horizontalträgern und sonstigen fachwerkartigen Aussteifungssystemen dürfen die Wirkungen von sekundären Anschlussmomenten aus der Steifigkeit der Verbindungen durch die k_1 -Faktoren nach EN 1993-1-9, 4(2) berücksichtigt werden.

(2) Bei Stäben mit offenem Querschnitt dürfen die k_1 -Faktoren aus Tabelle 5.4 verwendet werden.

(3) Bei Stäben aus Hohlprofilen mit geschweißten Knoten dürfen die k_1 -Faktoren aus EN 1993-1-9, Tabellen 4.1 und 4.2 verwendet werden.

Tabelle 5.4 — Beiwerte k_1 zur Berücksichtigung sekundärer Spannungen in Stäben mit offenem Querschnitt

(a) Fachwerkträger, die nur an den Knoten belastet sind			
Wertebereich von L/y	$L/y \leq 20$	$20 < L/y < 50$	$L/y \geq 50$
Gurtstäbe Rand- und Füllstäbe	1,57	$\frac{1,1}{0,5 + 0,01L/y}$	1,1
Hilfsstäbe, siehe Anmerkung	1,35	1,35	1,35
(b) Fachwerkträger mit Gurtstäben, die zwischen den Knoten belastet sind			
Wertebereich von L/y	$L/y < 15$	$L/y \geq 15$	
Belastete Gurtstäbe	$\frac{0,4}{0,25 + 0,01L/y}$	1,0	
Unbelastete Gurtstäbe Hilfsstäbe, siehe Anmerkung	1,35	1,35	
Randstäbe	2,50	2,50	
Füllstäbe	1,65	1,65	
Legende			
L	Länge des Stabes zwischen den Knoten;		
y	In der Fachwerkebene der senkrechte Abstand zwischen der Schwerlinie des Stabes und der maßgebenden Stabaußenkante, der wie folgt anzunehmen ist:		
	– Druckgurt:	gegen Krafrichtung;	
	– Zuggurt:	in Krafrichtung;	
	– andere Teile:	der größere der beiden Abstände.	
ANMERKUNG Als Hilfsstäbe werden hier Stäbe bezeichnet, die verwendet werden, um die Knicklänge anderer Bauteile zu reduzieren oder äußere Lasten zu den Knoten weiterzuleiten. Bei einer Schnittgrößenberechnung unter der Annahme gelenkiger Knoten werden die Kräfte in den Hilfsstäben nicht durch an anderen Knoten angreifende Lasten beeinflusst, obwohl sie in der Praxis durch sekundäre Anschlussmomente aus der Steifigkeit der Verbindungen und der Durchlaufwirkung des Gurtstabes beeinflusst werden.			

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

6 Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.1 Allgemeines

(1) Die zu verwendenden Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für die verschiedenen charakteristischen Werte der Beanspruchbarkeit im Teil 6 sind in Tabelle 6.1 aufgeführt.

Tabelle 6.1 — Teilsicherheitsbeiwerte für die Beanspruchbarkeit

(a) Beanspruchbarkeit von Bauteilen und Querschnitten	
Querschnittswiderstand bei ausgeprägtem Fließen einschließlich lokalem Beulen	γ_{M0}
Bauteilwiderstand bei Stabilitätsversagen (bei Anwendung von Bauteilnachweisen)	γ_{M1}
Querschnittswiderstand bei Bruchversagen infolge Zugbeanspruchung	γ_{M2}
(b) Beanspruchbarkeit von Verbindungen	
Beanspruchbarkeit von Schrauben	
Beanspruchbarkeit von Nieten	
Beanspruchbarkeit von Bolzen im Grenzzustand der Tragfähigkeit	
Beanspruchbarkeit von Schweißnähten	
Beanspruchbarkeit von Blechen auf Lochleibung	γ_{M2}
Gleitwiderstand:	
– im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C)	γ_{M3}
– im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B)	$\gamma_{M3,ser}$
Lochleibungsbeanspruchbarkeit einer Injektionsschraube	γ_{M4}
Beanspruchbarkeit von Knotenanschlüssen in Fachwerken mit Hohlprofilen	γ_{M5}
Beanspruchbarkeit von Bolzen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	$\gamma_{M6,ser}$
Vorspannung hochfester Schrauben	γ_{M7}

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf die Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für die Beanspruchbarkeit von Kranbahnen festlegen. Folgende Werte werden empfohlen.

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_{M3} = 1,25$$

$$\gamma_{M3,ser} = 1,10$$

$$\gamma_{M4} = 1,00$$

$$\gamma_{M5} = 1,00$$

$$\gamma_{M6,ser} = 1,00$$

$$\gamma_{M7} = 1,10$$

6.2 Beanspruchbarkeit von Querschnitten

(1) Siehe EN 1993-1-1, 6.2.

6.3 Stabilitätsnachweise von Bauteilen

6.3.1 Allgemeines

(1) Siehe EN 1993-1-1, 6.3.

6.3.2 Biegedrillknicken

6.3.2.1 Allgemeines

(1) Beim Biegedrillknicknachweis eines Kranbahnträgers sollten die Torsionsmomente infolge von vertikalen Einwirkungen und horizontalen Seitenkräften, die, bezogen auf den Schubmittelpunkt, exzentrisch angreifen, berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die Verfahren nach EN 1993-1-1, 6.3 berücksichtigen keine Torsionsmomente.

6.3.2.2 Rechnerischer Ansatz der Radlasten beim Biegedrillknicknachweis

(1) Bei Kranbahnträgern, bei denen die Lasten über eine Kranschiene ohne elastische Unterlage eingeleitet werden, darf die stabilisierende Wirkung infolge einer Querschnittsverdrehung berücksichtigt werden. Diese Querschnittsverdrehung entsteht durch die horizontale Verschiebung des Lastenleitungs punktes auf der Kranschiene. Bei Trägern mit unverstärktem oder verstärktem I-Querschnitt darf auf eine genauere Berechnung verzichtet werden, wenn auf der sicheren Seite liegend angenommen wird, dass die vertikale Radlast im Schubmittelpunkt angreift.

(2) Erfolgt die Radlastenleitung über Schienen auf einer elastischen Unterlage oder direkt auf den Obergurt des Kranbahnträgers, dann sollte die in Absatz (1) beschriebene Vereinfachung nicht angesetzt werden. In diesen Fällen sollte der Lastenleitungs punkt für die vertikalen Radlasten in Höhe der Flanschoberkante angenommen werden.

(3) Bei Unterflansch-Laufkatzen und Hängekränen sollte die stabilisierende Wirkung der Radlastenleitung in den Unterflansch berücksichtigt werden. Aufgrund möglicher Einflüsse von schwingenden Hublasten sollte, ohne genauere Untersuchungen, der Lastenleitungs punkt der vertikalen Radlast nicht unterhalb der Oberseite des Untergurtes angenommen werden.

6.3.2.3 Nachweisverfahren

(1) Der Biegedrillknicknachweis eines als Einfeldträger gelagerten Kranbahnträgers darf als Nachweis gegen Biegeknicken eines Druckstabes mit einer Querschnittsfläche aus Druckgurt und einem Fünftel des Steges geführt werden. Die nachzuweisende Drucknormalkraft berechnet sich aus dem Biegemoment infolge vertikaler Einwirkungen dividiert durch den Abstand zwischen den Flanschschwerpunkten. Das Biegemoment infolge horizontaler Seitenlasten sollte zusammen mit den Torsionseinwirkungen ebenfalls berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf alternative Nachweisverfahren festlegen. Es wird das im Anhang A angegebene Verfahren empfohlen.

6.4 Mehrteilige druckbeanspruchte Bauteile

(1) Siehe EN 1993-1-1, 6.4.

DIN EN 1993-6:2010-12 EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

6.5 Beanspruchbarkeit des Steges gegen Radlasten

6.5.1 Allgemeines

- (1) Für den Steg eines Kranbahnträgers mit aufgesetztem Brückenlaufkran ist in der Regel ein Nachweis für die Querlasten aus Radlasten zu führen.
- (2) Bei diesem Nachweis dürfen die Einwirkungen aus der seitlichen Ausmitte der Radlasten vernachlässigt werden.
- (3) Die Beanspruchbarkeit eines Trägersteges für Querlasten, die über $\overline{\text{AC}}$ Oberflansche $\overline{\text{AC}}$ eingeleitet werden, sollte für gewalzte und geschweißte Träger nach EN 1993-1-5, Abschnitt 6 bestimmt werden.
- (4) Bei Interaktion zwischen Querlasten und Momenten sowie Normalkräften, siehe EN 1993-1-5, 7.2.

6.5.2 Länge der starren Lasteinleitung

- (1) Infolge einer Radlast, die über eine Schiene eingeleitet wird, kann die sich an der Oberkante des Obergurtes ergebende Länge der starren Lasteinleitung s_s , nach EN 1993-1-5, wie folgt bestimmt werden:

$$s_s = l_{\text{eff}} - 2 t_f \quad (6.1)$$

Dabei ist

l_{eff} die wirksame Lastausbreitungslänge an der Unterkante des Obergurtes nach Tabelle 5.1;

t_f die Flanschdicke.

6.6 Plattenbeulen

- (1) Bei $\overline{\text{AC}}$ Profilen $\overline{\text{AC}}$ sind in der Regel für das Plattenbeulen die Regelungen der EN 1993-1-5 anzuwenden.
- (2) Im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist der Beulnachweis in der Regel unter Verwendung eines der folgenden Verfahren zu führen:
 - Verfahren der wirksamen Querschnitte zur getrennten Bemessung bei Normalspannungen, Schubspannungen und Querkräften nach den jeweiligen Abschnitten 4, 5 oder 6 in EN 1993-1-5 sowie unter Verwendung der entsprechenden Interaktionsformeln aus der EN 1993-1-5, Abschnitt 7,
 - Verfahren der reduzierten Spannungen zur Bemessung als Querschnitte der Klasse 3, unter Berücksichtigung der Grenzspannungen für das Beulen, nach EN 1993-1-5, Abschnitt 10.
- (3) In ausgesteiften Beulfeldern darf die Stabilität der Steifen unter Druckbeanspruchung, die zusätzliche Biegemomente aus Lasten senkrecht zur Beulfeldebene erhalten, nach EN 1993-1-1, 6.3.3 nachgewiesen werden.

6.7 Beanspruchbarkeit des Unterflansches bei Radlasteinleitung

- (1) Die Beanspruchbarkeit $F_{f,Rd}$ des Unterflansches eines Trägers bei Radlasteinleitung $F_{z,Ed}$ aus einem Hängekran oder einer Unterflansch-Laufkatze sollte wie folgt ermittelt werden, siehe Bild 6.1:

$$F_{f,Rd} = \frac{l_{\text{eff}} t_f^2 f_y / \gamma_{M0}}{4 m} \left[1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \right] \quad (6.2)$$

Dabei ist

l_{eff} die effektive Länge des Flansches, siehe (3);

m der Hebelarm von der Radlast zum Übergang Flansch-Steg, siehe (2);

t_f die Flanschdicke;

$\sigma_{f,Ed}$ die Spannung in der Schwerachse des Flansches infolge Biegebeanspruchung des Trägers.

(2) Der Hebelarm m von der Radlast zum Übergang Flansch-Steg sollte wie folgt bestimmt werden:

– bei einem Walzprofil

$$m = 0,5(b - t_w) - 0,8r - n \quad (6.3)$$

bei einem geschweißten Profil

$$m = 0,5(b - t_w) - 0,8\sqrt{2} a - n \quad (6.4)$$

Dabei ist

a die Kehlnahtdicke;

b die Flanschbreite;

n der Abstand der Schwerlinie der Last zur äußeren Flanschkante;

r der Walzradius;

t_w die Stegblechdicke.

(3) Die effektive Länge l_{eff} des Flansches sollte in Abhängigkeit von der Position der Radlast nach Tabelle 6.2 bestimmt werden.

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 6.2 — Effektive Länge l_{eff}

Fall	Position Radlast	l_{eff}
(a)	Rad an einem ungestützten Flanschende	$2(m+n)$
(b)	Rad außerhalb der Trägerendbereiche	$4\sqrt{2}(m+n)$ für $x_w \geq 4\sqrt{2}(m+n)$
		$2\sqrt{2}(m+n) + 0,5x_w$ für $x_w < 4\sqrt{2}(m+n)$
(c)	Rad im Abstand $x_e \leq 2\sqrt{2}(m+n)$ von einem Prellbock, am Trägerende	$2(m+n) \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right]$ aber $\leq \sqrt{2}(m+n) + x_e$ für $x_w \geq 2\sqrt{2}(m+n) + x_e$
		$2(m+n) \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right]$ aber $\leq \sqrt{2}(m+n) + \frac{x_w + x_e}{2}$ für $x_w < 2\sqrt{2}(m+n) + x_e$
(d)	Rad im Abstand $x_e \leq 2\sqrt{2}(m+n)$ am gestützten Flanschende, das entweder von unten oder durch eine angeschweißte Stirnplatte gelagert ist, siehe Bild 6.2	$2\sqrt{2}(m+n) + x_e + \frac{2(m+n)^2}{x_e}$ für $x_w \geq 2\sqrt{2}(m+n) + x_e + \frac{2(m+n)^2}{x_e}$
		$\sqrt{2}(m+n) + \frac{(x_e + x_w)}{2} + \frac{(m+n)^2}{x_e}$ für $x_w < 2\sqrt{2}(m+n) + x_e + \frac{2(m+n)^2}{x_e}$
Dabei ist		
x_e	der Abstand vom Trägerende zur Schwerlinie des Rades;	
x_w	der Radabstand.	

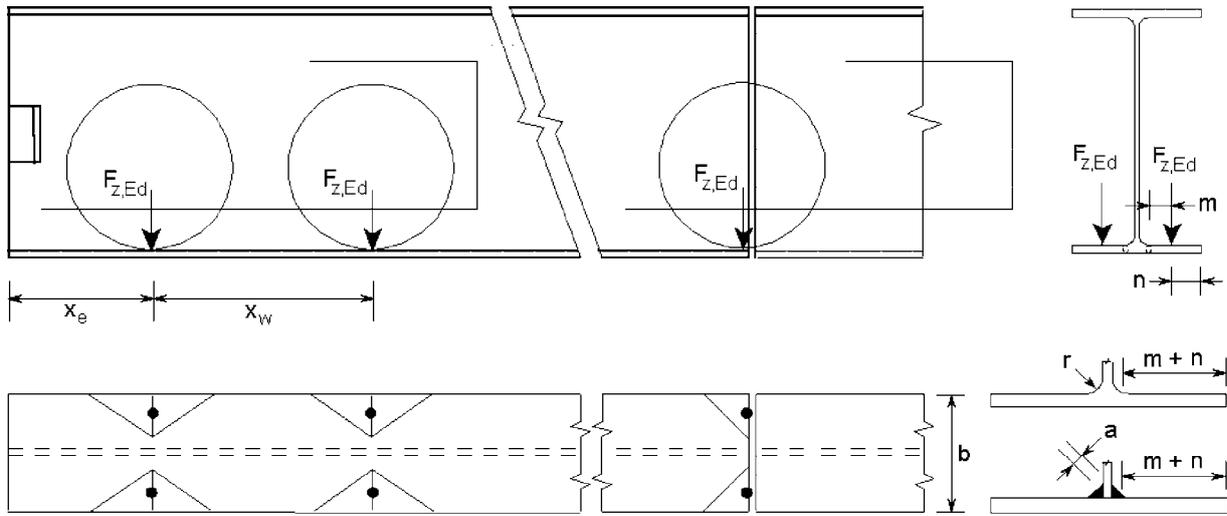


Bild 6.1 — Biegung eines Unterflansches entfernt vom Trägerende und am ungestützten Flanschenende

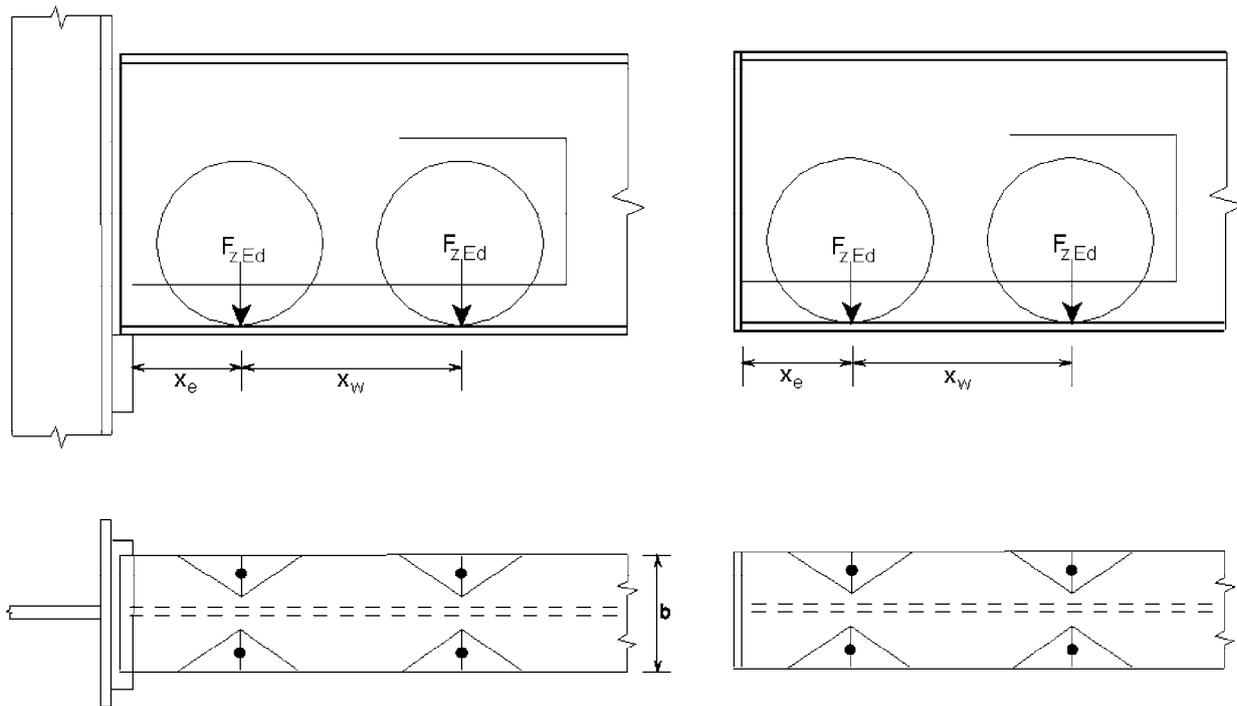


Bild 6.2 — Biegung des Unterflansches am gestützten Flanschenende

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

7.1 Allgemeines

(1) Neben den Nachweisen im Grenzzustand der Tragfähigkeit sollten die folgenden Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit erfüllt sein:

- a) Nachweis der Begrenzung von Verformungen und Verschiebungen, siehe **7.3**, dazu gehören:
- die vertikale Verformung des Kranbahnträgers, zur Vermeidung übermäßiger Schwingungen durch den Kran- bzw. Katzbetrieb;
 - die vertikale Verformung des Kranbahnträgers, zur Vermeidung einer zu starken Neigung der Kranbahn;
 - der Unterschied der vertikalen Verformungen von zusammengehörenden Kranbahnträgern, zur Vermeidung einer zu starken Neigung des Krans;
 - die horizontale Verformung von Kranbahnträgern, zur Vermeidung von Schräglauf des Krans;
 - die seitliche Verschiebung von Stützen oder unterstützenden Tragkonstruktionen in Höhe der Kranbahnauflagerung, zur Vermeidung übermäßiger Tragwerksschwingungen;
 - der Unterschied der horizontalen Verformungen von benachbarten Stützen oder unterstützenden Tragkonstruktionen, zur Vermeidung großer Abweichungen bei der horizontalen Ausrichtung der Kranschienen, die eine erhöhte Schiefstellung und eine mögliche Verdrehung der Kranbrücke verursachen können;
 - die seitlichen Bewegungen, die den Abstand zusammengehörender Kranbahnträger verändern, zur Vermeidung von Beschädigungen an Spurkränzen, Kranschienenbefestigungen oder Kranbahnen;
- b) Nachweis der Begrenzung der Plattenschlankheit, um sichtbares Beulen oder übermäßiges Stegblechatmen auszuschließen, siehe **7.4**;
- c) Nachweis der Begrenzung der Spannungen, um elastisches Verhalten zu gewährleisten, siehe **7.5**:
- bei direkter Radlasteinleitung in den Kranbahnträger, siehe **2.7**;
 - unter Kranprüflasten (nach EN 1991-3, 2.10), siehe **2.8(1)**;
 - bei plastischer Bemessung im Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit, siehe **5.4.1(2)**.

7.2 Berechnungsmodelle

(1) Spannungen und Verschiebungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sollten durch eine linear-elastische Berechnung bestimmt werden, siehe EN 1993-1-1.

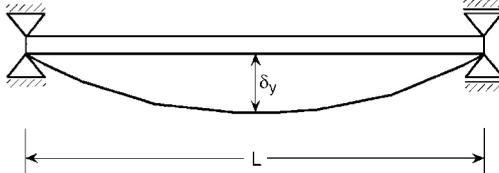
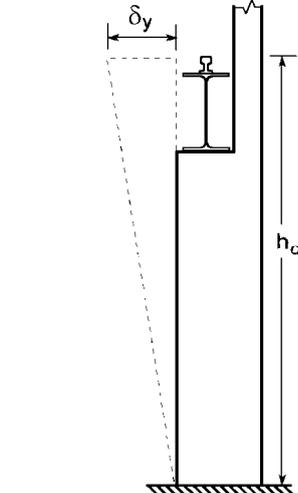
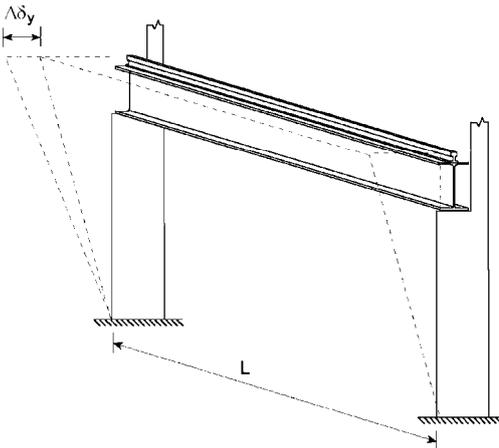
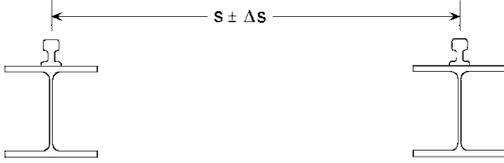
ANMERKUNG Für Spannungsberechnungen dürfen vereinfachte Berechnungsmodelle verwendet werden, wenn der Einfluss der Vereinfachungen auf der sicheren Seite liegt.

7.3 Begrenzung der Verformungen und Verschiebungen

(1) Grenzwerte für die Verformungen und Verschiebungen dürfen, zusammen mit der Lastfallkombination im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit, unter der sie nachzuweisen sind, für jedes Projekt im Einzelnen vereinbart werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf die Begrenzungen für vertikale und horizontale Durchbiegungen festlegen. Die Grenzwerte in Tabelle 7.1 werden für die Nachweise horizontaler Verformungen unter der charakteristischen Lastfallkombination empfohlen. Die Verwendung der Grenzwerte in Tabelle 7.2 wird für die Nachweise vertikaler Durchbiegungen unter der charakteristischen Lastfallkombination ohne Berücksichtigung der Schwingbeiwerte empfohlen.

Tabelle 7.1 — Grenzwerte für horizontale Verformungen

Beschreibung der Verformung (Durchbiegung oder Verschiebung)	Skizze
a) Horizontale Durchbiegung δ_y eines Kranbahnträgers in Höhe der Oberkante Kranschiene: $\delta_y \leq L/600$	
b) Horizontale Verschiebung δ_y eines Tragwerks (oder einer Stütze) in Höhe der Kranauflagerung: $\delta_y \leq h_c/400$ Dabei ist h_c der Abstand zu der Ebene, in der der Kran gelagert ist (auf einer Kranschiene oder auf einem Flansch)	
c) Differenz $\Delta\delta_y$ der horizontalen Verschiebungen benachbarter Tragwerke (oder Stützen), auf denen Träger einer innen liegenden Kranbahn lagern. $\Delta\delta_y \leq L/600$	
d) Differenz $\Delta\delta_y$ der horizontalen Verschiebungen benachbarter Stützen (oder Tragkonstruktionen), auf denen Träger einer außen liegenden Kranbahn lagern: – infolge der Lastfallkombination von seitlichen Krankräften und Windlast während des Betriebes: $\Delta\delta_y \leq L/600$ – infolge Windlast außer Betrieb: $\Delta\delta_y \leq L/400$	
e) Änderung des Abstandes Δ_s der Schwerlinien der Kranschiene, einschließlich der Auswirkungen von Temperaturänderungen: $\Delta_s \leq 10 \text{ mm} \quad [\text{siehe Anmerkung}]$	

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

Tabelle 7.1 (fortgesetzt)

<p>ANMERKUNG Horizontale Verformungen und Abweichungen von Kranbahnträgern werden bei der Berechnung von Kranbahnen gemeinsam berücksichtigt. Die zulässigen Verformungen und Toleranzen sind abhängig von der Detailausbildung und den Abständen der Kranführungsmittel. Unter der Voraussetzung, dass das Spiel c zwischen Spurkranz und Kranschiene (oder zwischen anderen Führungsmitteln und dem Kranbahnträger) ausreichend ist, um die erforderlichen Toleranzen aufzunehmen, können nach Vereinbarung zwischen dem Kranhersteller und dem Bauherrn auch größere Verformungsgrenzwerte für die einzelnen Projekte vereinbart werden.</p>	
--	--

Tabelle 7.2 — Grenzwerte für vertikale Verformungen

Beschreibung der Verformung (Durchbiegung und Verschiebung)	Skizze
<p>a) Vertikale Durchbiegung δ_z eines Kranbahnträgers:</p> $\delta_z \leq L/600 \text{ und } \delta_z \leq 25 \text{ mm}$ <p>Die vertikale Durchbiegung δ_z sollte als Gesamtdurchbiegung infolge vertikaler Lasten abzüglich möglicher Überhöhungen, analog zu δ_{\max} in EN 1990, Bild A1.1 bestimmt werden.</p>	
<p>b) Differenz Δh_c der vertikalen Durchbiegung zweier benachbarter Träger, die eine Kranbahn bilden:</p> $\Delta h_c \leq s/600$	
<p>c) Vertikale Durchbiegung δ_{pay} infolge der Nutzlast eines Kranbahnträgers bei einer Unterflansch-Laufkatze:</p> $\delta_{\text{pay}} \leq L/500$	

7.4 Begrenzung des Stegblechatmens

- (1) Die Schlankheit von Stegblechen sollte begrenzt werden, um übermäßiges Stegblechatmen, das zu Ermüdungsschäden an oder im Bereich von Steg-Flansch-Anschlüssen führen kann, zu vermeiden.
- (2) Übermäßiges Stegblechatmen darf in Stegblechen vernachlässigt werden, in denen unter der häufigen Lastkombination (siehe EN 1990) folgendes Kriterium erfüllt ist:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma}\sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1\tau_{Ed,ser}}{k_{\tau}\sigma_E}\right)^2} \leq 1,1 \quad (7.1)$$

Dabei ist

- b die kleinere Seitenlänge des Stegbleches;
 k_{σ}, k_{τ} linear-elastische Beulwerte nach EN 1993-1-5;

$$\sigma_E = 190\,000 / (b/t_w)^2 \quad [\text{N/mm}^2];$$

$\sigma_{x,Ed,ser}$ die Normalspannung im Steg;

$\tau_{Ed,ser}$ die Schubspannung im Steg.

(3) Übermäßiges Stegblechatmen kann in Stegblechen ohne Längssteifen vernachlässigt werden, wenn das Verhältnis b/t_w kleiner als 120 ist, wobei t_w die Stegblechdicke ist.

7.5 Elastisches Verhalten

(1) Um elastisches Verhalten sicherzustellen, sollten die Spannungen $\sigma_{Ed,ser}$ und $\tau_{Ed,ser}$ aus der maßgebenden charakteristischen Lastfallkombination oder der Prüflastkombination unter Berücksichtigung des Einflusses von Schubverzerrungen und örtlichen Spannungen (z. B. infolge sekundärer Anschlussmomente bei Fachwerkträgern), wie folgt begrenzt werden:

$$\sigma_{Ed,ser} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2a)$$

$$\tau_{Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M,ser}} \quad (7.2b)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2c)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{y,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser})(\sigma_{y,Ed,ser}) + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2d)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{z,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser})(\sigma_{z,Ed,ser}) + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2e)$$

Dabei ist

$\sigma_{x,Ed,ser}$ die Normalspannung in Längsrichtung;

$\sigma_{y,Ed,ser}$ die Normalspannung in Querrichtung;

$\sigma_{z,Ed,ser}$ die Normalspannung in vertikaler Richtung;

$\tau_{Ed,ser}$ die zugehörige Schubspannung.

ANMERKUNG Der Zahlenwert für $\gamma_{M,ser}$ darf im Nationalen Anhang festgelegt werden. Der empfohlene Wert ist $\gamma_{M,ser} = 1,00$.

(2) Bei Kranbahnträgern mit aufgesetzten Brückenkränen sollten die lokale Normalspannung $\sigma_{oz,Ed,ser}$ im Steg (siehe 5.7.1) sowie die globalen Spannungen $\sigma_{x,Ed,ser}$ und $\tau_{Ed,ser}$ berücksichtigt werden. Die Biegespannung $\sigma_{T,Ed}$ infolge Exzentrizität der Radlasten (siehe 5.7.3) kann vernachlässigt werden.

(3) Bei Kranbahnträgern von Einschienen-Unterflansch-Laufkatzen oder Hängekränen sollten die lokalen Spannungen $\sigma_{ox,Ed,ser}$ und $\sigma_{oy,Ed,ser}$ im Unterflansch (siehe 5.8) zusätzlich zu den globalen Spannungen $\sigma_{x,Ed,ser}$ und $\tau_{Ed,ser}$ berücksichtigt werden.

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

7.6 Schwingung des Unterflansches

- (1) Das mögliche Auftreten wahrnehmbarer seitlicher Schwingungen des Unterflansches eines gelenkig gelagerten Kranbahnträgers infolge Kranbetriebs sollte vermieden werden.
- (2) Es kann davon ausgegangen werden, dass dies erfüllt ist, wenn die Schlankheit L/i_z des Unterflansches kleiner als 250 ist. Dabei ist i_z der Trägheitsradius des Unterflansches und L die Länge zwischen den seitlichen Halterungen.

8 Verbindungen und Kranschienen

8.1 Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen

- (1) Siehe EN 1993-1-8, Abschnitt 3.
- (2) Wenn in einer Verbindung ein Moment wirkt, sollten die Schnittkräfte in dieser Verbindung linear proportional zum Abstand vom Drehpunkt verteilt werden.

8.2 Schweißverbindungen

- (1) Siehe EN 1993-1-8, Abschnitt 4.
- (2) Bei Kranbahnen sollten unterbrochene Kehlnähte nicht verwendet werden, wenn sie zu übermäßigen Korrosionserscheinungen führen können.

ANMERKUNG Sie können bei einem entsprechenden Witterungsschutz verwendet werden, z. B. innerhalb eines Kastenprofils.

- (3) Bei Kranbahnträgern sollten für Steg-Flansch-Verbindungen, bei denen die Schweißnähte durch lokale Spannungen infolge Radlasten beansprucht werden, unterbrochene Kehlnähte nicht verwendet werden.
- (4) Für Krane hoher Beanspruchungsgruppen sollten Steifen oder andere Anbauten nicht an den befahrenen Obergurt eines Kranbahnträgers angeschweißt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Beanspruchungsgruppen unter „hoher Ermüdungsbelastung“ spezifizieren. Die Beanspruchungsgruppen S7 bis S9 nach EN 1991-3, Anhang B werden empfohlen.

8.3 Horizontalverbindungen

- (1) Die Verbindungen zur Übertragung der Seitenlasten vom Oberflansch des Kranbahnträgers zum lastabtragenden Tragwerk sollten die nachfolgend aufgeführten Verformungen ermöglichen:

- die durch Endverdrehung des Kranbahnträgers infolge vertikaler Belastung verursachten Verformungen, siehe Bild 8.1;
- die durch die Endverdrehung des Oberflansches des Kranbahnträgers infolge Seitenlasten verursachten Verschiebungen, siehe Bild 8.2;
- die durch die Auflagersetzungen und vertikalen Stauchungen des Kranbahnträgers und der Auflager einschließlich Verschleiß entstehenden Verformungen.

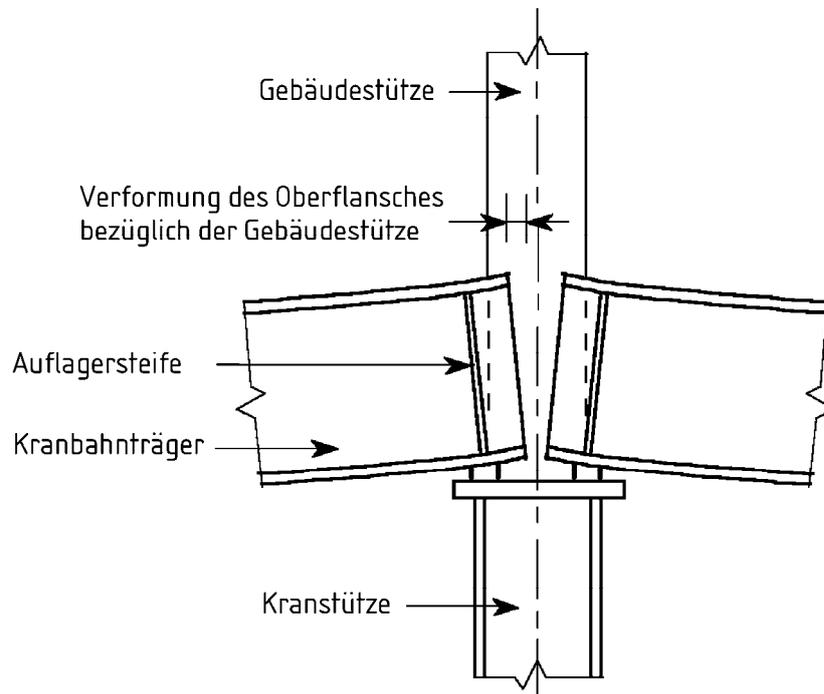


Bild 8.1 — Endverdrehung von Kranbahnträgern

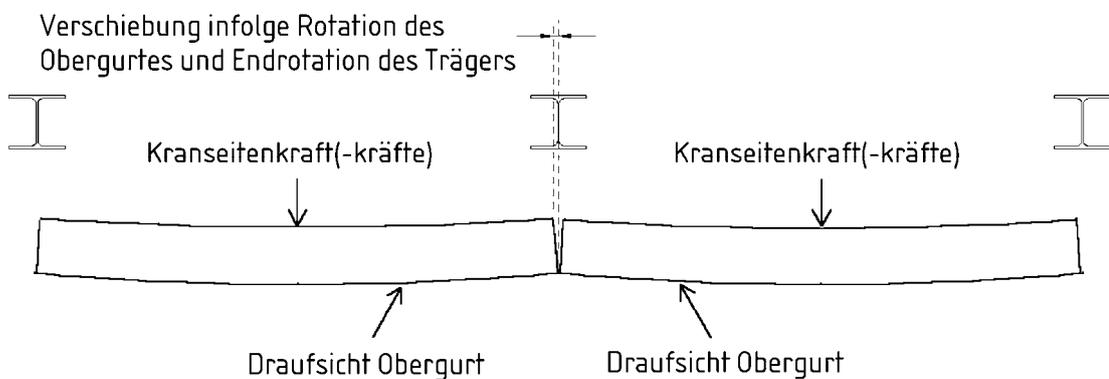


Bild 8.2 — Endverdrehung von Kranbahnträgern infolge Seitenlasten

(2) AC Horizontalverbindungen AC und Verbindungsmittel sollten derart ausgebildet werden, dass auch unter Berücksichtigung der Lagetoleranzen der Schiene bezüglich der Schwerlinie des Steges eine seitliche und vertikale Ausrichtungskorrektur des Kranbahnträgers möglich ist.

(3) An Auflagern ohne Horizontalverbindungen sind in der Regel die Kranbahnträger und die Verbindungsmittel so auszuführen, dass sie alle vertikalen und horizontalen Radlasten zum Auflager leiten.

8.4 Kranschiene

8.4.1 Schienenmaterial

(1) Der Schienenstahl sollte 3.6.2 entsprechen.

DIN EN 1993-6:2010-12

EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

8.4.2 Nutzungsdauer

(1) Im Allgemeinen sollte die Stahlsorte der Schiene so gewählt werden, dass sich für die Schiene eine geeignete Nutzungsdauer L_r ergibt. Ist die Nutzungsdauer der Schiene geringer als die des Kranbahnträgers (siehe **2.1.3.2**), sollte bei der Auswahl der Schienenbefestigung der erforderliche Austausch der Schienen berücksichtigt werden, siehe **8.5**.

8.4.3 Auswahl der Schienen

(1) Bei der Auswahl der Schienen sollte Folgendes berücksichtigt werden:

- das Schienenmaterial;
- die Radlast;
- das Radmaterial;
- der Raddurchmesser;
- die Krannutzung.

(2) Die Kontaktpressung (Hertz'sche Pressung) zwischen den Kranrädern und den Kranschienen sollte auf einen geeigneten Wert begrenzt werden, zur:

- Reduktion der Reibung;
- Vermeidung übermäßiger Abnutzung der Schiene;
- Vermeidung übermäßiger Abnutzung der Räder.

(3) Das Verfahren aus **AC** ISO 16881-1 **AC** sollte angewendet werden.

8.5 Schienenbefestigung

8.5.1 Allgemeines

(1) Kranschienenbefestigungen dürfen in Abhängigkeit von ihrer konstruktiven Durchbildung als starr oder frei beweglich eingestuft werden.

(2) Jede Kranschienenbefestigung sollte in der Regel so bemessen werden, dass sie die maximale Seitenkraft eines Kranrades aufnehmen kann. Ist der Radabstand geringer als der Abstand zwischen den Befestigungen, sollte die Beanspruchbarkeit der Schienenbefestigungen entsprechend erhöht werden.

8.5.2 Starre Befestigungen

(1) Folgende Schienenbefestigungen dürfen als starr angesehen werden:

- Schienen, die an den Kranbahnträger angeschweißt sind,
- Schienen, die mit Passschrauben, vorgespannten Schrauben oder Nieten durch den Flansch der Schiene am Kranbahnträger befestigt sind.

(2) Starr befestigte Kranschienen dürfen als Teil des Querschnitts des Kranbahnträgers angerechnet werden, vorausgesetzt, dass eine entsprechende Abnutzung berücksichtigt wird, siehe **5.6.2(2)** und **5.6.2(3)**.

(3) Starre Schienenbefestigungen sind in der Regel so zu bemessen, dass sie die Längskräfte, die zwischen Schiene und Kranbahnträger entstehen, und die Seitenkräfte auf die Schiene infolge Radlasteinleitung aufnehmen können.

(4) Bei starren Schienenbefestigungen ist in der Regel auch ein Ermüdungsnachweis zu führen.

8.5.3 Bewegliche Befestigungen

(1) Alle Kranschienenbefestigungen, die nicht starr sind, sind in der Regel als bewegliche Befestigungen zu klassifizieren.

(2) Bewegliche Befestigungen sind in der Regel so zu bemessen, dass sie die Seitenkräfte auf die Schienen infolge Radlasteinleitung aufnehmen können.

(3) Bei Kranschienen mit beweglichen Befestigungen können geeignete Elastomerunterlagen zwischen der Schiene und dem Träger verwendet werden.

8.6 Schienenverbindungen

(1) Schienen können entweder

- durchgehend über die Stöße der Kranbahnträger verlaufen,
- oder sie werden durch Dehnfugen unterbrochen.

(2) Im Falle von durchgehenden Schienen sollten bei der Berechnung des Kranbahnträgers nachfolgende, aus der Schienenbefestigung und -bettung resultierende Anforderungen berücksichtigt werden:

- unterschiedliche Temperaturdehnungen und
- Übertragung von Beschleunigungs- und Bremskräften zwischen Schiene und Träger.

(3) Schienenverbindungen sind in der Regel so auszubilden, dass Stoßeinwirkungen minimiert werden. Es sollte wenigstens ein Schrägstoß mit überstehendem Schienenende verwendet werden (siehe Bild 8.3).

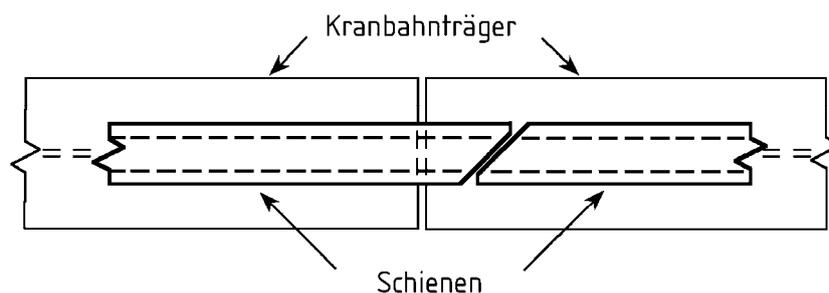


Bild 8.3 — Schrägstoß bei Kranschienen

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

9 Ermüdungsnachweis

9.1 Anforderungen an den Ermüdungsnachweis

- (1) Ein Ermüdungsnachweis sollte nach EN 1993-1-9 für alle ermüdungskritischen Stellen geführt werden.
- (2) Bei Kranbahnen ist kein Ermüdungsnachweis erforderlich, sofern die Anzahl der Lastwechsel mit mehr als 50 % der vollen Nutzlast C_0 nicht übersteigt.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf den Wert für C_0 festlegen. $C_0 = 10^4$ wird empfohlen.

- (3) Ein Ermüdungsnachweis ist grundsätzlich nur für diejenigen Bauteile der Kranbahn erforderlich, die Spannungsänderungen infolge vertikaler Radlasten ausgesetzt sind.

ANMERKUNG Spannungsänderungen infolge Seitenlasten sind in der Regel vernachlässigbar. In manchen Fällen sind jedoch auch Verbindungen zur Übertragung Seitenlasten einer sehr hohen Ermüdungsbeanspruchung ausgesetzt. Des Weiteren kann eine hohe Ermüdungsbeanspruchung bei bestimmten Kranbahnen auch durch häufig wiederkehrende Beschleunigungs- und Bremskräfte hervorgerufen werden.

- (4) Für Bauteile, die durch Wind-induzierte Schwingungen beansprucht werden, siehe EN 1991-1-4.

9.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdung

- (1)P Für Ermüdungslasten muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Ff} verwendet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf den Wert für γ_{Ff} festlegen. $\gamma_{Ff} = 1,0$ wird empfohlen.

- (2)P Für die Ermüdungsfestigkeit muss der Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf} verwendet werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Werte für γ_{Mf} festlegen. Es wird empfohlen, EN 1993-1-9, Tabelle 3.1 anzuwenden.

9.3 Spannungsspektren infolge Ermüdungsbelastung

9.3.1 Allgemeines

- (1) Der Ermüdungsnachweis sollte unter Verwendung der Nennspannungen σ_p und τ_p geführt werden, die auf Grundlage einer elastischen Schnittgrößen- und Spannungsermittlung (unter Berücksichtigung globaler und lokaler Effekte) berechnet werden.
- (2) Liegen zum Zeitpunkt der Bemessung vollständige Informationen über den Kranbetrieb vor, sollte der Spannungs-Zeit-Verlauf aus dem Kranbetrieb für jedes Konstruktionsdetail nach EN 1993-1-9, Anhang A bestimmt werden.
- (3) Liegen zum Zeitpunkt der Bemessung keine vollständigen Informationen über den Kranbetrieb vor oder ist die Anwendung eines vereinfachten Verfahren erforderlich, dann dürfen die Ermüdungslasten infolge Kranbetrieb EN 1991-3, 2.12.1(4) entnommen werden.
- (4) Sekundäre Anschlussmomente aus der Steifigkeit der Verbindungen und der Durchlaufwirkung von Gurtstäben in Fachwerkträgern, fachwerkartigen Horizontalträgern und fachwerkartigen Aussteifungssystemen sollten nach 5.9 berücksichtigt werden.

9.3.2 Vereinfachte Ansätze

(1) Bei Anwendung der in EN 1991-3, 2.12.1(4) angegebenen vereinfachten Ermüdungslasten kann für die Bemessung das nachfolgende Verfahren zur Ermittlung der Spannungsschwingbreiten angewendet werden.

ANMERKUNG Die in EN 1991-3 angegebenen vereinfachten Ermüdungslasten $\langle \text{AC} \rangle Q_e = \varphi_{\text{fat}} \cdot \lambda_i \cdot Q_{\text{max},i} \langle \text{AC} \rangle$ beziehen sich bereits auf 2×10^6 Lastwechsel.

(2) Die maximalen Spannungen $\sigma_{p,\text{max}}$ und $\tau_{p,\text{max}}$ und die minimalen Spannungen $\sigma_{p,\text{min}}$ und $\tau_{p,\text{min}}$ infolge der vereinfachten Ermüdungslasten Q_e sollten für das maßgebende Kerbdetail ermittelt werden.

(3) Die schädigungsäquivalenten Spannungsschwingbreiten bezogen auf 2×10^6 Lastwechsel $\Delta\sigma_{E2}$ und $\Delta\tau_{E2}$ können wie folgt bestimmt werden:

$$\Delta\sigma_{E2} = |\sigma_{p,\text{max}} - \sigma_{p,\text{min}}| \quad (9.1)$$

$$\Delta\tau_{E2} = |\tau_{p,\text{max}} - \tau_{p,\text{min}}| \quad (9.2)$$

(4) Ist die Anzahl der Spannungswechsel größer als die Anzahl der Kranspiele (siehe Bild 9.1), so sollte die in EN 1991-3, 2.12.1(4) angegebene vereinfachte Ermüdungslast Last Q_e entsprechend der höheren Anzahl der Spannungswechsel als Gesamtzahl der Kranspiele C nach EN 1991-3, Tabelle 2.11 angesetzt werden.

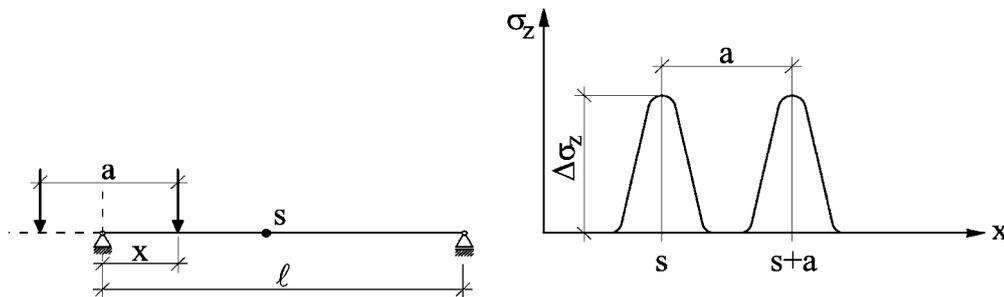


Bild 9.1 — Beispiel von zwei Spannungswechseln infolge eines Kranspiels

9.3.3 Lokale Spannungen infolge Radlasten am Obergurt

(1) Im Steg sollten folgende lokale Spannungen infolge Radlasten am Obergurt berücksichtigt werden:

- Druckspannungen $\sigma_{z,\text{Ed}}$ nach 5.7.1, $\langle \text{AC} \rangle$ ohne dass bei nicht vollständig durchgeschweißten Nähten ein Kontakt zwischen Flansch und Steg angenommen wird $\langle \text{AC} \rangle$,
- Schubspannungen $\tau_{xz,\text{Ed}}$ nach 5.7.2,
- sofern nicht anderweitig festgelegt, Biegespannungen $\sigma_{T,\text{Ed}}$ infolge seitlicher Exzentrizität e_y der Vertikallasten $F_{z,\text{Ed}}$ nach 5.7.3.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang darf Beanspruchungsgruppen bestimmen, für die die Biegespannungen $\sigma_{T,\text{Ed}}$ vernachlässigt werden können. Dies wird für die Beanspruchungsgruppen S_0 bis S_3 empfohlen.

(2) $\langle \text{AC} \rangle$ Bei teilweise durchgeschweißten Nähten und bei Kehlnähten sollte die für die Stegdicke berechnete Druck- und Schubspannung in die Spannung der Schweißnaht umgewandelt werden. Siehe EN 1993-1-9, Tabelle 8.10. $\langle \text{AC} \rangle$

DIN EN 1993-6:2010-12
EN 1993-6:2007 + AC:2009 (D)

(3) Bei an den Flansch angeschweißten Schienen sind in der Regel die lokalen Spannungen in den Schweißnähten der Verbindung Schiene-Flansch zu berücksichtigen, AC ohne dass ein Kontakt zwischen Flansch und Schiene angenommen wird. AC

9.3.4 Lokale Spannungen infolge Hängekrane

(1) Die lokalen Biegespannungen im Unterflansch infolge Radlasten aus Hängekranen (siehe 5.8) sind in der Regel zu berücksichtigen.

9.4 Ermüdungsnachweis

9.4.1 Allgemeines

(1) Siehe EN 1993-1-9, Abschnitt 8.

9.4.2 Beanspruchung aus mehreren Kranen

(1) Wenn ein Bauteil durch zwei oder mehrere Krane belastet wird, sollte die Gesamtschädigung folgenden Nachweis erfüllen:

$$\sum_i D_i + D_{\text{dup}} \leq 1 \quad (9.3)$$

Dabei ist

D_i die Schädigung infolge eines einzelnen unabhängig wirkenden Krans i ;

D_{dup} die zusätzliche Schädigung infolge der Kombination von zwei oder mehr Kranen, die zeitweise zusammenwirken.

(2) Die Schädigung D_i infolge eines einzelnen unabhängig wirkenden Krans i sollte mit der Spannungsschwingbreite der Längsspannung oder Schubspannung oder beidem in Abhängigkeit vom Konstruktionsdetail berechnet werden, siehe EN 1993-1-9:

$$D_i = \left[\frac{\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E2},i}}{\Delta \sigma_{\text{c}} / \gamma_{\text{Mf}}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E2},i}}{\Delta \tau_{\text{c}} / \gamma_{\text{Mf}}} \right]^5 \quad (9.4)$$

Dabei ist

$\Delta \sigma_{\text{E2},i}$ die schadensäquivalente Längsspannungsschwingbreite eines einzelnen Krans i ;

$\Delta \tau_{\text{E2},i}$ die schadensäquivalente Schubspannungsschwingbreite eines einzelnen Krans i .

(3) Die zusätzliche Schädigung D_{dup} infolge zwei oder mehr zeitweise zusammenwirkender Krane sollte in Abhängigkeit vom Konstruktionsdetail mit der Spannungsschwingbreite der Längsspannung oder Schubspannung oder beiden berechnet werden, siehe EN 1993-1-9:

$$D_{\text{dup}} = \left[\frac{\gamma_{\text{Ff}} \Delta \sigma_{\text{E2,dup}}}{\Delta \sigma_{\text{c}} / \gamma_{\text{Mf}}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{\text{Ff}} \Delta \tau_{\text{E2,dup}}}{\Delta \tau_{\text{c}} / \gamma_{\text{Mf}}} \right]^5 \quad (9.5)$$

Dabei ist

$\Delta\sigma_{E2,dup}$ die schadensäquivalente Längsspannungsschwingbreite zweier oder mehrerer zusammenwirkender Krane;

$\Delta\tau_{E2,dup}$ die schadensäquivalente Schubspannungsschwingbreite zweier oder mehrerer zusammenwirkender Krane.

(4) Werden zwei Krane in erheblichem Ausmaß zusammen betrieben (im Parallelbetrieb oder anderweitig), so sollten beide Krane zusammen als ein Kran behandelt werden.

(5) Falls keine genaueren Informationen vorhanden sind, dürfen die schadensäquivalenten Spannungsschwingbreiten $\Delta\sigma_{E2}$ aus zwei oder mehr zeitweise zusammenwirkenden Kranen mit Hilfe des Schadensäquivalenzfaktors λ_{dup} bestimmt werden.

ANMERKUNG Der Nationale Anhang kann Werte für λ_{dup} festlegen. Es wird empfohlen, für λ_{dup} die Werte für λ_i aus EN 1991-3, Tabelle 2.12 für die Beanspruchungsgruppe S_i wie folgt zu verwenden:

- bei 2 Kranen: 2 Beanspruchungsgruppen unter der Beanspruchungsgruppe des Krans mit der niedrigsten Beanspruchungsgruppe.
- bei 3 oder mehr Kranen: 3 Beanspruchungsgruppen unter der Beanspruchungsgruppe des Krans mit der niedrigsten Beanspruchungsgruppe.

9.5 Ermüdungsfestigkeit

(1) Siehe EN 1993-1-9, Tabellen 8.1 und 8.10.

Anhang A (informativ)

Alternative Nachweisverfahren für Biegedrillknicken

ANMERKUNG Dort, wo es im Nationalen Anhang erlaubt wird, darf das in diesem Anhang A angegebene Verfahren als Alternative zur Bemessung mit dem Verfahren nach 6.3.2.3(1) verwendet werden.

A.1 Allgemeines

(1) Dieses Verfahren darf für den Nachweis des Biegedrillknickens eines als Einfeldträger gelagerten Kranbahnträgers mit gleich bleibendem Querschnitt verwendet werden, wenn diese Kranbahnträger durch vertikale Einwirkungen und längsgerichtete horizontale Einwirkungen, die bezogen auf den Schubmittelpunkt exzentrisch sind, beansprucht werden.

(2) Die Einwirkungen sollten unter Berücksichtigung eines Wölbmomentes T_w als vertikale und horizontale Einwirkungen im Schubmittelpunkt angesetzt werden.

A.2 Interaktionsformeln

(1) Träger mit Beanspruchung durch Biegung und Torsion sollten folgenden Nachweis erfüllen:

$$\boxed{\text{AC}} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + \frac{C_{mz} M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} + \frac{k_w k_{zw} k_{\alpha} B_{Ed}}{B_{Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad \boxed{\text{AC}} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

C_{mz} der äquivalente Momentenbeiwert für Biegung um die Achse z-z, nach EN 1993-1-1, Tabelle B.3;

$$k_w = \boxed{\text{AC}} 0,7 - \frac{0,2 B_{Ed}}{B_{Rk} / \gamma_{M1}} \quad \boxed{\text{AC}}$$

$$k_{zw} = 1 - \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}}$$

$$k_{\alpha} = \frac{1}{1 - M_{y,Ed} / M_{y,cr}}$$

$M_{y,Ed}$ und $M_{z,Ed}$ der Bemessungswert der Maximalmomente bezüglich der Achsen y-y und z-z;

$M_{y,Rk}$ und $M_{z,Rk}$ der charakteristische Wert der Momentenbeanspruchbarkeit des Querschnitts bezüglich der Achsen y-y und z-z, nach EN 1993-1-1, Tabelle 6.7;

$M_{y,cr}$ das ideale Verzweigungsmoment bei Biegedrillknicken um die Achse y-y;

$\boxed{\text{AC}} B_{Ed} \quad \boxed{\text{AC}}$ der Bemessungswert des Wölbmomentes;

$\boxed{\text{AC}} B_{Rk} \quad \boxed{\text{AC}}$ der charakteristische Wert der Beanspruchbarkeit für Wölbkrafttorsion;

χ_{LT} der Abminderungsfaktor für Biegedrillknicken nach EN 1993-1-1, 6.3.2.

(2) Der Abminderungsfaktor χ_{LT} darf für gewalzte oder gleichartige geschweißte Querschnitte mit gleichen Flanschen oder bei ungleichen Flanschen mit dem Wert b für die Breite des Druckflansches nach EN 1993-1-1, 6.3.2.3 ermittelt werden, unter der Voraussetzung, dass gilt:

$$I_{z,t}/I_{z,c} \geq 0,2$$

Dabei ist

$I_{z,c}$ und $I_{z,t}$ das Flächenträgheitsmoment um die Achse z-z für den Druck- bzw. Zugflansch.

DIN EN 1993-6/NA

ICS 53.020.20; 91.010.30; 91.080.10

Mit DIN EN 1993-6:2010-12
Ersatz für
DIN 4132:1981-02 und
DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02

**Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter –
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten –
Teil 6: Kranbahnen**

National Annex –
Nationally determined parameters –
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 6: Crane supporting structures

Annexe Nationale –
Paramètres déterminés au plan national –
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 6: Chemins de roulement

Gesamtumfang 9 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

DIN EN 1993-6/NA:2010-12

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-08-01 AA „Kranbahnen“ erstellt.

Dieses Dokument bildet den Nationalen Anhang zu DIN EN 1993-6:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*.

Die Europäische Norm EN 1993-6 räumt die Möglichkeit ein, eine Reihe von sicherheitsrelevanten Parametern national festzulegen. Diese national festzulegenden Parameter (en: *Nationally determined parameters*, NDP) umfassen alternative Nachweisverfahren und Angaben einzelner Werte, sowie die Wahl von Klassen aus gegebenen Klassifizierungssystemen. Die entsprechenden Textstellen sind in der Europäischen Norm durch Hinweise auf die Möglichkeit nationaler Festlegungen gekennzeichnet. Eine Liste dieser Textstellen befindet sich im Unterabschnitt NA 2.1. Darüber hinaus enthält dieser nationale Anhang ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-6:2010-12 (en: *non-contradictory complementary information*, NCI).

Dieser Nationale Anhang ist Bestandteil von DIN EN 1993-6:2010-12.

DIN EN 1993-6:2010-12 und dieser Nationale Anhang DIN EN 1993-6/NA:2010-12 ersetzen DIN 4132:1981-02, DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02 und DIN-Fachbericht 126:2002.

Änderungen

Gegenüber DIN 4132:1981-02 und DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Festlegungen zur nationalen Anwendung von DIN EN 1993-6:2010-12 aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 120-1: 1936-11xxxx

DIN 120-2: 1936-11

DIN 4132: 1980-02, 1981-02

DIN 4132 Beiblatt 1:1981-02

NA 1 Anwendungsbereich

Dieser Nationale Anhang enthält nationale Festlegungen für Regeln für den Entwurf und die Bemessung von Kranbahnträgern, die bei der Anwendung von DIN EN 1993-6:2010-12 in Deutschland zu berücksichtigen sind.

Dieser Nationale Anhang gilt nur in Verbindung mit DIN EN 1993-6:2010-12.

NA 2 Nationale Festlegungen zur Anwendung von DIN EN 1993-6:2010-12

NA 2.1 Allgemeines

DIN EN 1993-6:2010-12 weist an den folgenden Textstellen die Möglichkeit nationaler Festlegungen aus (NDP, en: *Nationally determined parameters*):

- 2.1.3.2(1)P Nutzungsdauer
- 2.8(2)P Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,\text{test}}$ für Kranprüflasten
- 3.2.3(1) Niedrigste Betriebstemperatur bei Hallenkranbahnen
- 3.2.3(2)P Wahl der Zähigkeit für druckbeanspruchte Bauteile
- 3.2.4(1) Tabelle 3.2 Sollwerte Z_{Ed} für Eigenschaften in Dickenrichtung
- 3.6.2(1) Informationen über geeignete Schienen und Schienenstahl
- 3.6.3(1) Informationen über besondere Verbindungsmittel für Schienen
- 6.1(1) Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit
- 6.3.2.3(1) Alternative Bemessungsmethoden für Biegedrillknicken
- 7.3(1) Begrenzungen der Durchbiegungen und Verformungen
- 7.5(1) Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{M,\text{ser}}$ für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- 8.2(4) Beanspruchungsgruppen unter „hoher Ermüdungsbelastung“
- 9.1(2) Begrenzung der Lastwechselzahl C_0 ohne Ermüdungsnachweis
- 9.2(1)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ff} für Ermüdungsbelastung
- 9.2(2)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} für Ermüdungsfestigkeit
- 9.3.3(1) Beanspruchungsgruppen, bei denen Biegung aus Exzentrizität vernachlässigt werden kann
- 9.4.2(5) Schädigungsäquivalente Beiwerte λ_{dup} für Beanspruchung aus mehreren Kranen

DIN EN 1993-6/NA:2010-12

Darüber hinaus enthält NA 2.2 ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-6:2010-12. Diese sind durch ein vorangestelltes „NCI“ (en: *non-contradictory complementary information*) gekennzeichnet.

- 1.2 Normative Verweisungen
- 2.3.1 Reduzierte Schwingbeiwerte
- 2.3.1 Zusammenwirken von Kranen
- 2.3.1 Lastansatz in der Bemessungssituation Erdbeben
- 3.1 Stahlsorten bis S700
- 3.2.5 Maßabweichungen
- 5.8 Überlagerung mit lokaler Biegespannung im Untergurt infolge Radlasten
- 7.3 Einteilung der Einwirkungen – Ergänzung für Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
- 8.5.2 Kranklassen für starre Schienenbefestigungen
- 8.5.3 Dehnfugen

NA 2.2 Nationale Festlegungen

Die nachfolgende Nummerierung entspricht der Nummerierung von DIN EN 1993-6:2010-12 bzw. ergänzt diese.

NCI zu 1.2 Normative Verweisungen

- NA DIN 536-1, *Kranschienen; Maße, statische Werte, Stahlsorten für Kranschienen mit Fußflansch Form A*
- NA DIN EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*
- NA DIN EN 1991-3:2010-12, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 3: Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen*
- NA DIN EN 1993-1-1:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*
- NA DIN EN 1993-1-8/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen*
- NA DIN EN 1993-6:2010-12, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 6: Kranbahnen*

NDP zu 2.1.3.2(1)P Nutzungsdauer

Wenn keine Angaben über die Nutzungsdauer vorliegen, ist diese mit 25 Jahren anzusetzen. Inspektionsintervalle für Kranbahnen sind in Abhängigkeit der Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdungsfestigkeit nach NDP zu 9.2(2)P zu bestimmen.

ANMERKUNG 1 Unter Inspektion wird hier die Überprüfung der Kranbahnen auf Risse und die gegebenenfalls erforderliche Instandsetzung verstanden.

ANMERKUNG 2 Die Notwendigkeit der Wartung der Kranbahnen und die Bestimmungen anderer Regelwerke, z. B. Unfallverhütungsvorschriften, bleiben von diesen Festlegungen unberührt.

NCI zu 2.3.1 Reduzierte Schwingbeiwerte

Für den Nachweis der Unterstützungs- und Aufhängungskonstruktionen von Kranbahnen, die die Lasten von der Kranbahn bis in die Fundamente weiterleiten, dürfen Schwingbeiwerte $\varphi \geq 1,1$ um $\Delta\varphi = 0,1$ reduziert werden. Die Bemessung der Gründungen darf ohne Ansatz der Schwingbeiwerte erfolgen.

NCI zu 2.3.1 Zusammenwirken von Kranen

Bei der Berechnung von Spannungen aus dem gleichzeitigen Wirken mehrerer Krane ist für den Kran mit dem größten Wert $F_{z,Ed}$ (einschließlich Schwingbeiwert) mit dessen Schwingbeiwert und für die übrigen mit dem Schwingbeiwert der Hubklasse HC1 nach DIN EN 1991-3 zu rechnen.

NCI zu 2.3.1 Lastansatz in der Bemessungssituation Erdbeben

Nach DIN EN 1991-3:2010-12, A.2.3 ermittelt sich der Kombinationsbeiwert ψ_2 aus dem Verhältnis von Krangewicht zu Krangewicht plus Hublast des Krans. Das Krangewicht setzt sich in der Regel aus dem Brückengewicht und dem Katzgewicht zusammen.

Für die Ermittlung der Horizontallasten infolge Erdbeben sind lediglich das Krangewicht und gegebenenfalls geführte, mit ψ_2 multiplizierte Hublasten anzusetzen.

NDP zu 2.8(2)P Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{F,test}$ für Kranprüflasten

Es gilt die Empfehlung.

NCI zu 3.1 Stahlsorten bis S700

Die Erweiterung von DIN EN 1993 auf Stahlsorten bis S700 gilt auch für Kranbahnen.

NDP zu 3.2.3(1) Niedrigste Betriebstemperatur bei Hallenkranbahnen

Die niedrigste Betriebstemperatur für Kranbahnen innerhalb von Gebäuden beträgt -10 °C .

NDP zu 3.2.3(2)P Wahl der Zähigkeit für druckbeanspruchte Bauteile

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 3.2.4(1) Tabelle 3.2, Sollwerte Z_{Ed} für Eigenschaften in Dickenrichtung

Es gilt die Empfehlung.

DIN EN 1993-6/NA:2010-12**NCI zu 3.2.5 Maßabweichungen**

Maßabweichungen von Kranbahnen werden in DIN EN 1090-2 geregelt.

NDP zu 3.6.2(1) Informationen über geeignete Schienen und Schienenstahl

Solange keine harmonisierten Produktnormen oder europäischen technischen Zulassungen ETAs vorliegen, gilt für Schienen und Schienenstähle DIN 536-1.

NDP zu 3.6.3(1) Informationen über besondere Verbindungsmittel für Schienen

Kranschienenbefestigungen sind nach den Angaben der Hersteller zu montieren.

Bei der Querschnittstragfähigkeit des Kranbahnträgers berücksichtigte Kranschienen müssen mit Verbindungsmitteln angeschlossen werden, für die eine harmonisierte Produktnorm oder ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis vorliegt.

Für Injektionsschrauben ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

ANMERKUNG Als bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise gelten:

- europäische technische Zulassungen,
- allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen,
- die Zustimmung im Einzelfall.

NCI zu 5.8 Überlagerung mit lokaler Biegespannung im Untergurt infolge Radlasten

Bei der Überlagerung der lokalen Biegespannungen im Untergurt infolge Radlasten nach DIN EN 1993-6:2010-12, 5.8(3) mit den Normalspannungen aus der globalen Trägerbeanspruchung dürfen die lokalen Biegespannungen auf 75 % reduziert werden. Das gilt auch für den Ermüdungsnachweis, siehe DIN EN 1993-6:2010-12, 9.3.4.

NDP zu 6.1(1) Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Es gelten folgende Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mi} für die Beanspruchbarkeit von Kranbahnen:

- $\gamma_{M0} = 1,00$;
- $\gamma_{M1} = 1,10$;
- $\gamma_{M2} = 1,25$, unter Berücksichtigung der Ergänzungen in DIN EN 1993-1-8/NA;
- $\gamma_{M3} = 1,25$;
- $\gamma_{M3,ser} = 1,10$;
- γ_{M4} ist jeweils über den bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweis festzulegen;
- $\gamma_{M5} = 1,00$;
- $\gamma_{M6,ser} = 1,00$;
- $\gamma_{M7} = 1,10$.

NDP zu 6.3.2.3(1) Alternative Bemessungsmethoden für Biegedrillknicken

Es wird das in Anhang A angegebene Verfahren empfohlen.

NCI zu 7.3 Einteilung der Einwirkungen – Ergänzung für Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Ergänzend zu DIN EN 1991-3:2010-12, Tabelle 2.2 darf die angegebene Tabelle NA.1 verwendet werden.

Tabelle NA.1 — Zuordnung von Lastgruppen und dynamischen Faktoren, die als einzelne charakteristische Einwirkung anzusehen sind

1	2	3	4	5
Belastung	Symbol	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit		
		Lastgruppen		
		101	102	103
Eigengewicht des Krans	Q_c	1	1	1
Hublast	Q_H	1	1	1
Beschleunigen / Bremsen der Kranbrücke	H_L, H_T	-	-	1
Schräglauf der Kranbrücke	H_S	-	1	-
Wind in Betrieb	F_W^+	-	1	1

NDP zu 7.3(1) Begrenzungen der Durchbiegungen und Verformungen

Die Begrenzungen der vertikalen und horizontalen Durchbiegungen erfolgen nach DIN EN 1993-6:2010-12, Tabelle 7.1 und Tabelle 7.2 mit folgender Änderung:

- Für die Berechnung der Verformungen nach Tabelle 7.1, Zeile b) brauchen nur die Lasten aus Kranbetrieb berücksichtigt zu werden. Die Grenzwerte der Verformungen nach Tabelle 7.1, Zeile b) ergeben sich aus folgender Tabelle NA.2:

Tabelle NA.2 — Grenzwerte für Verformungen

Hubklasse	grenz δ_y
HC 1	$h_c / 250$
HC 2	$h_c / 300$
HC 3	$h_c / 350$
HC 4	$h_c / 400$

DIN EN 1993-6/NA:2010-12

- Für die Berechnung der Verformungen nach Tabelle 7.1, Zeile e) brauchen nur die Lasten aus Kranbetrieb berücksichtigt zu werden.
- In Tabelle 7.2, Zeile a) wird der Grenzwert für vertikale Verformungen auf $\delta_z \leq L/500$ und $\delta_z \leq 25$ mm erweitert.

NDP zu 7.5(1) Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{M,ser}$ für Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Es gilt die Empfehlung.

NCI zu 8.5.2 Krankklassen für starre Schienenbefestigungen

Starre Schienenbefestigungen sind nur bei Krankklassen S0 bis S3 zu empfehlen.

NDP zu 8.2(4) Beanspruchungsgruppen unter „hoher Ermüdungsbelastung“

Es gilt die Empfehlung mit folgender Ausnahme: Für das Anschweißen von Steifen an den befahrenen Obergurt sind die Beanspruchungsklassen S5 bis S9 nach DIN EN 1991-3:2010-06, Anhang B als hohe Ermüdungsbelastung zu spezifizieren.

NCI zu 8.5.3 Dehnfugen

Auch wenn die Kranbahnen Dehnfugen aufweisen, kann in lose verlegten Schienen (Befestigung mit Klemmplatten) auf Dehnfugen verzichtet werden.

NDP zu 9.1(2) Begrenzung der Lastwechselzahl C_0 ohne Ermüdungsnachweis

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 9.2(1)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Ff} für Ermüdungsbelastung

Es gilt die Empfehlung.

NDP zu 9.2(2)P Teilsicherheitsbeiwerte γ_{Mf} für Ermüdungsfestigkeit

Als Standardfall für Kranbahnen ist von einem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{Mf} = 1,15$ verbunden mit 3 Inspektionsintervallen auszugehen. Davon abweichende Teilsicherheitsbeiwerte sind an die Mindestanzahl der Inspektionsintervalle gemäß Tabelle NA.3 geknüpft.

Tabelle NA.3 — Erforderliche Anzahl der Inspektionsintervalle

Teilsicherheitsbeiwert γ_{Mf}	Anzahl der Inspektionsintervalle
1,00	4
1,15	3
1,35	2
1,60	1

NDP zu 9.3.3(1) Beanspruchungsgruppen, bei denen Biegung aus Exzentrizität vernachlässigt werden kann

Es gilt die Empfehlung für die Beanspruchungsgruppen S0 bis S2.

NDP zu 9.4.2(5) Schädigungsäquivalente Beiwerte λ_{dup} für Beanspruchung aus mehreren Kranen

Es gilt die Empfehlung.

