

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



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

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 Heftnähte	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

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	Ⓐ Mechanisches Verbinden Ⓐ	59
8.1	Allgemeines	59
8.2	Ⓐ Einsatz von Schraubengarnituren Ⓐ	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	Ⓐ Montage- und Baustellenarbeiten Ⓐ	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 Nieten.....	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

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 A1 Grundlegende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen von offenen Profilen und Kastenprofilen. A1	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 — A1 Stützen einstöckiger Gebäude A1	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 A1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter offener Profile A1	136
D.2.4 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile	137
D.2.5 A1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Stege von geschweißten offenen Profilen und Kastenprofilen A1	139
D.2.6 A1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen geschweißter offener Profile und Kastenprofile A1	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 -schienen	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 Versuchsapparatur	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

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.

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 denjenigen, 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 Baustahlsorten 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*

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*

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*

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

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

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*

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* ^{A1}

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* ^{A1} (ISO 2560:2009) ^{A1}

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 ^{A1} Lichtbogenschweißen von korrosionsbeständigen und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 14343:2009) ^{A1}*

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* ^{A1} (ISO 17633:2010) ^{A1}

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, *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau — Teil 9: System HR oder HV — Garnituren aus Schrauben und Muttern mit direkten Kraftanzeigern*

EN 14399-10, *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: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1:2009)*

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 (ISO 3506-1:2009)*

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

EN ISO 4042, *Verbindungselemente — Galvanische Überzüge (ISO 4042:1999)*

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)*

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)* 

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**

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 Abbreinstumpfschweißen (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 aufgetragene 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)*

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

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 ^{A1}, *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 **A1** EN 1090-1 **A1** 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

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 Produktionsprüfstopp **A1** oder Anforderungen an die Beaufsichtigung von Kontrollen und Prüfungen, sowie das Festlegen der dazu notwendigen Zugänglichkeitsbedingungen.

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.

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 Flanschflächen		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-Ungänzen 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-Ungänzen 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.

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

- a) Prüfung von Konstruktionsmaterialien auf innere Inhomogenitäten oder Risse in Bereichen, wo geschweißt wird, außer bei nichtrostenden Stählen;
- b) verbesserte Verformungseigenschaften senkrecht zur Oberfläche der Konstruktionsmaterialien nach EN 10164, außer bei nichtrostenden Stählen;
- c) 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;
- d) 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 $\sqrt{A_1}$ 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 $\sqrt{A_1}$.

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	Option3
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**

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 $\overline{A_1}$ Garnituren $\overline{A_1}$.

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 14399-5 EN 14399-6
EN 14399-4	
EN 14399-7	
EN 14399-8	
$\overline{A_1}$ EN 14399-10 $\overline{A_1}$	

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 A_1 EN 14399-9 A_1 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 A_1 [51] A_1 .

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 A_1 Scheiben A_1

5.6.9.1 A_1 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. A_1

5.6.10 Niete

Niete müssen in Übereinstimmung mit der betreffenden Produktnorm sein.

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  die begleitende Dokumentation muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Produktnorm sein und sollte  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 wirk-samer 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 zu-treffend.
- c)  Die Kennzeichnung der Verbindungsmittel muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Produktnorm erfolgen .

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.

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 unverteilter Kanten an Hebestellen infolge gegenseitiger Bauteilberührungen oder in anderen Bereichen, wo ein wesentlicher Anteil des Gesamtgewichts des Bündels auf eine einzelne unverteifte 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

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 Mindesttiefe 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:

- Aus den Verfahrensprüfungen der Konstruktionsmaterialien einschließlich des Bereichs der bearbeiteten Konstruktionsmaterialien, der hinsichtlich lokaler Aufhärtungen am anfälligsten ist, müssen vier Proben hergestellt werden;
- 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 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.

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

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

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.

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 verschiebbliche 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 hervorsteht. 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:

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

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 Bauteilnennstärke nicht größer ist als der Nenn Durchmesser 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.

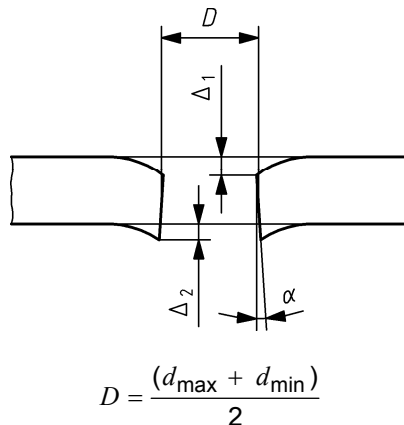
Die Eignung der Lochungsprozesse muss regelmäßig folgendermaßen überprüft werden: **A1**.

- 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.



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

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

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 zusammengeklebte Teile gebohrt, die nach dem Bohren nicht getrennt werden, ist das Entgraten nur an den außenliegenden Lochrändern erforderlich.

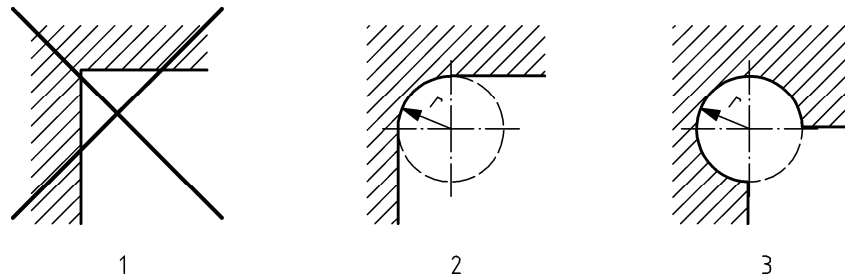
6.7 Ausschnitte

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.

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;

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).

Punktdurchmesser 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 Stumpfnahat 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 (Nenn Dicke + Toleranz) durchgeführt werden.
- c) Ist eine Qualifizierung des Schweißverfahrens bei querbeanspruchten Kehlnähte 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	Laserstralschweißen	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:

- 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

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 Schweißignung.

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.

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, aufrecht-erhalten 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 $a = a_{\text{nom}} + 0,7h$ 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, $\overline{A_1}$ sind in den Ausführungsunterlagen festzulegen $\overline{A_1}$.

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 Schweißbeignung 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.

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 (Kehl-naht 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-nähte 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 Minstdurchmesser 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.

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
Wurzelnückfall (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 Wurzelnversatz 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.

— 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 Anreicherungsseffekte 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.



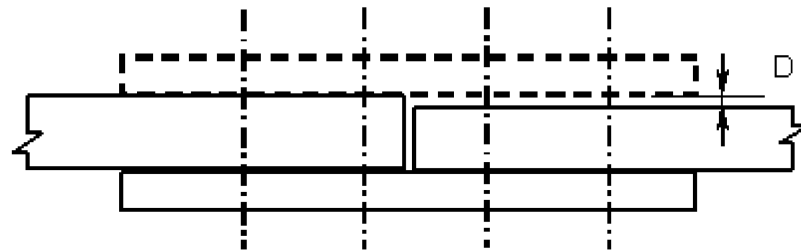




Bild 3 — Dickenunterschied von Bauteilen in der gleichen Lage

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.

⚠️ 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 Mutter- 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.

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.

Ⓐ) Sowohl beim ersten als auch beim letzten Anziehschritt muss das Anziehen Ⓐ) 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 Vorspannkkräfte zu erzielen.

Verwendete Anziehgeräte müssen bei allen Anziehschritten des Drehmomentverfahrens eine Genauigkeit von $\pm 4\%$ nach EN ISO 6789 besitzen. Ⓐ) 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. Ⓐ) 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 Ⓐ) Tabelle 18 Ⓐ), 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) $M_{r,2} = k_m d F_{p,C}$ mit k_m für k -Klasse K2.
 - 2) $M_{r,1} = k_m d F_{p,C}$ mit k_m für k -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)

Gesamtnennweite „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		

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 $\langle A_1 \rangle$ bis zum abschließenden Anziehschritt $\langle A_1 \rangle$ 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;
- $\langle A_1 \rangle$ Beim abschließenden Anziehschritt $\langle A_1 \rangle$, 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 abscheret.

Die festgelegten Anforderungen an die Vorspannung werden durch die HRC-Schraube anhand von geometrischen und mechanischen Torsionseigenschaften zusammen mit dem Schmierzustand 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, $\langle A_1 \rangle$ muss die Vorgehensweise beim Anziehen in Übereinstimmung mit dem Drehmomentverfahren sein $\langle A_1 \rangle$, 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 $\langle A_1 \rangle$ EN 14399-9 $\langle A_1 \rangle$, 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 $\langle A_1 \rangle$ EN 14399-9 $\langle A_1 \rangle$ 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.

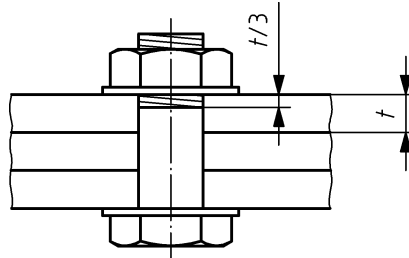


Bild 4 — Gewindeanteil des Schraubenschaftes im auf Lochleibung beanspruchten Blech bei Passschrauben

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.

8.7.3 Abnahmekriterien

Die Nietköpfe müssen zentriert sein. Die Kopfxzentrität 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 Niete 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 Senkniete 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 Niete 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 Produktherstellers 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.

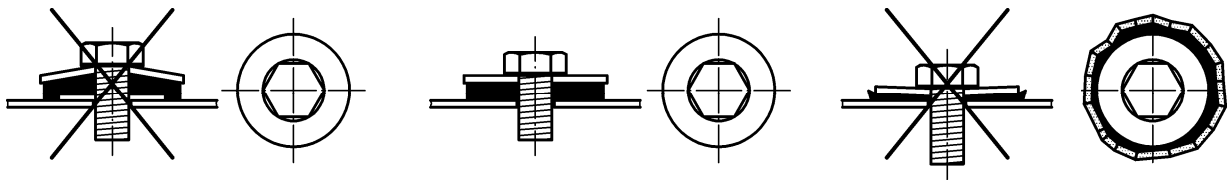


Bild 5 — Anleitung für die Eindrückung von Dichtscheiben

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 Kopfabstreichmoment 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 Aufsetzstücks 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 Minstdurchmesser 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.

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;

- 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 Abstützungen.

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 Abstützungen, Verankerungen und Lager

9.5.1 Kontrolle von Abstützungen

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

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

9.5.2 Ausrichten und Eignung von Abstützungen

Alle Fundamente, Ankerschrauben und andere Abstützungen 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 Abstützungen, 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 Abstützungspositionen 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.

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.

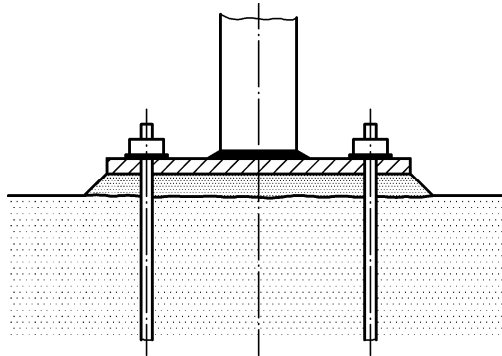


Bild 6 — Vergießen unter einer Fußplatte

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 Sollage der Auflager und das Referenzniveau. Fundamentpläne müssen die Stützenfußauflagerung und andere konstruktive Lagereinzelheiten einschließen.

Höhenkoten müssen die geforderten Höhenniveaus der Geschossdecken und/oder des Tragwerks anzeigen.

Pläne müssen die notwendigen Details zur Befestigung von Stahl oder Schrauben an den Fundamenten, das Verfahren zum Einstellen durch Unterfüttern 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 auf-tretenden 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 Montagelastzustände geeignet sind.

Wenn das Montageverfahren das Verschieben oder andere Bewegungen des Tragwerks oder eines Trag-werksteils in die endgültige Lage nach dem Zusammenbau vorsieht, müssen Vorkehrungen getroffen werden,

um die bewegten Massen kontrolliert abzubremsen. Es kann notwendig sein, Vorkehrungen für eine Richtungsumkehr 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 Fachwerkbauanteilen 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 **A1** 6.6 **A1** 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]**



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.



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 Abwittern 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 Abwittern 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).

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 Steggeometrie, 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.

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 A_1 anderen Blechen A_1 , 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 A_1 D.1.11 bis D.1.12 A_1 entsprechen.

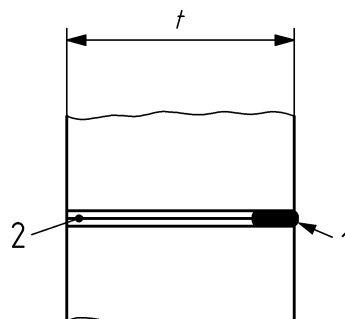
Bei Gruppen benachbarter Stützen (außer bei solchen in Rahmentragwerken oder bei Kranbahnstützen), die gleichartige Vertikallasten abtragen, müssen die zulässigen Abweichungen wie folgt sein:

- das arithmetische Mittel der horizontalen Abweichung infolge unplanmäßiger Schiefstellung von sechs verbundenen, benachbarten Stützen muss den zulässigen Abweichungen in den Tabellen A_1 D.1.11 bis D.1.12 A_1 entsprechen;
- die zulässigen Abweichungen bei der Schiefstellung einer einzelnen Stütze innerhalb dieser Gruppe, dürfen zwischen benachbarten Stockwerken auf $\Delta = \pm h/100$ A_1 erhöht A_1 werden.

11.2.3.5 Kontaktstöße

Werden Kontaktstöße festgelegt, muss die Passung zwischen den Oberflächen der montierten Bauteile nach Ausrichtung der Tabelle A_1 D.1.13 A_1 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. A_1 Die Zwischenlagen dürfen aus Flacherzeugnissen aus weichen Stählen mit einer maximalen Dicke von 3 mm sein A_1 . An keiner Stelle dürfen mehr als drei Zwischenlagen verwendet werden. Nötigenfalls können die Zwischenlagen entweder durch Kehlnähte oder durch eine teildurchgeschweißte Stumpfnah fixiert werden, die sich, wie in Bild 7 gezeigt, über die Zwischenlagen erstreckt.



Legende

- Teildurchgeschweißte Stumpfnah oder Kehlnah
- 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 **A1** D.2.20 **A1** sollte die hervorstehende Länge einer vertikalen Ankerschraube (in deren Solllage, 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.

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, Werkzeugezeugnisse, 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 $\boxed{A_1}$ dürfen $\langle A_1 \rangle$ die reparierten Produkte unter der Voraussetzung, dass $\boxed{A_1}$ sie $\langle A_1 \rangle$ den für das Originalprodukt festgelegten Nenneigenschaften $\boxed{A_1}$ entsprechen $\langle A_1 \rangle$, 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 $\boxed{A_1}$ Abmessungen von hergestellten Bauteilen $\langle A_1 \rangle$

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.

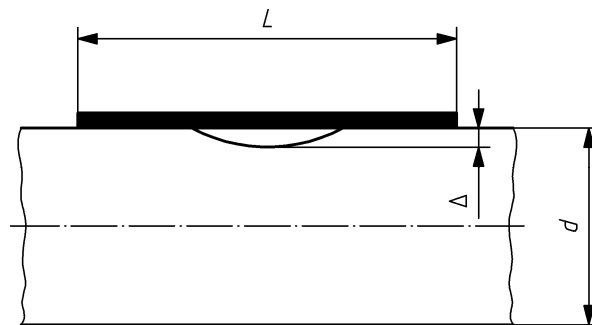
Anzahl und Stellen der Messungen müssen im Kontrollplan festgelegt werden.

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 $L \geq 2 d$ 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.

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_{11} S460 A_{11}	A_{11} Oberhalb von S460 A_{11}
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_{11} 24 A_{11}	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 Prüflös gehandhabt werden. Die Prozentsätze gelten für den Umfang der ergänzenden ZfP, betrachtet als kumulierter Gesamtbetrag innerhalb jedes Prüflöses.

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 Prüflös $\times 900$ 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.

Tabelle 24 — Umfang der ergänzenden ZfP

Schweißnahtart	Werkstatt- und Baustellennähte		
	EXC2	EXC3	EXC4
Zugbeanspruchte querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in zugbeanspruchten Stumpfstoßen: $U \geq 0,5$ $U < 0,5$	10 % 0 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte: in Kreuzstoßen in T-Stößen	10 % 5 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Zug- oder scherbeanspruchte querverlaufende Kehlnähte: mit $a > 12$ mm oder $t > 20$ mm mit $a \leq 12$ mm und $t \leq 20$ mm	5 % 0 %	10 % 5 %	20 % 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.

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) $\boxed{A_1}$ der erste Anziehschritt $\boxed{A_1}$ 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 $\boxed{A_1}$ des ersten Anziehschritts $\boxed{A_1}$ 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.

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 $\bar{A}_1$ dem 1,05fachen Referenz-Drehmoment $\bar{A}_1 M_{r,i}$ (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

Ausführungsklasse	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 Anziehmomentes 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

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss der erste Anziehschritt durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese vollständig zusammengezogen sind.

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

Nach dem ersten Anziehschritt 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:

- 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 Verbindungsmittelherstellers 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 Gärten, 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 Blindnietes 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**

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
Ⓐ 6.5.4 c) Ⓐ	Mindestinnenbiegeradien bei anderen, als den genannten, nichtrostenden Stahlsorten
Ⓐ 6.5.4 d) Ⓐ	Schutzvliese für kaltgeformte dünnwandige Bauteile
6.6.1	Besondere Maße für verschiebbliche 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
Ⓐ 7.5.9.1	Die Stellen von Stumpfnähten, die in Stumpfstößen eingesetzt werden Ⓐ
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	Minstdurchmesser 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

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?

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?
6.5.4 e) A ₁	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?
8.2.1	Werden für planmäßig vorgespannte Garnituren zusätzliche Sicherungselemente benötigt? $\langle A_1 \rangle$
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 $M_{r,1} = 0,13 \cdot F_{p,C}$ 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?
9.5.5 c)	Muss Stampfen und Verdichten mit ordnungsgemäß fixierten Abstützungen erfolgen? $\langle A_1 \rangle$
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 $\langle A_1 \rangle$ an die Oberflächenreinheit $\langle A_1 \rangle$ von nichtrostendem Stahl gestellt?
10.2	Gilt für EXC2, EXC3 und EXC4 ein anderer Vorbereitungsgrad als P1? $\langle A_1 \rangle$

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 Herstellerdokumentation				
4.2.1 Qualitätsdokumentation	Nein (keine Anforderung)	Ja	Ja	Ja
5 — Konstruktionsmaterialien				
5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit				
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 Vorprodukte für den Stahlbau				
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 Schneiden				
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 Formgebung				
6.5.3 Flammrichten	Nein	Nein	Ein geeignetes Verfahren ist zu entwickeln.	Ein geeignetes Verfahren ist zu entwickeln.

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 CC_i ($i = 1, 2$ 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	— 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	— 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*
* DCL, DCM, DCH: Duktilitätsklassen nach EN 1998-1 ** Zur Klassifizierung von Ermüdungseinwirkungen von Kranen siehe EN 1991-3 und EN 13001-1	

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	— Nicht geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten aller Stahlsorten — Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten unter S355
PC2	— 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.

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.

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)

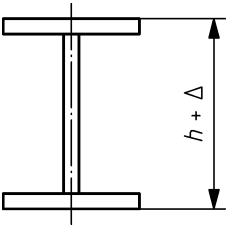
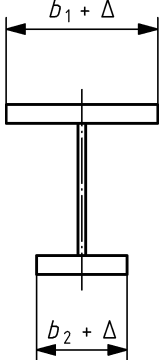
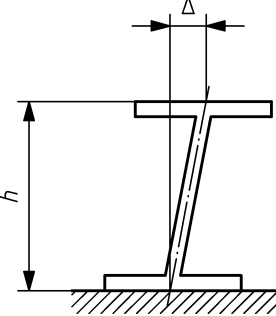
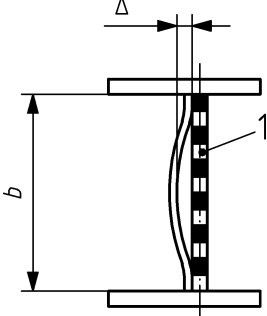
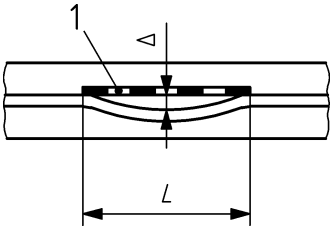
Geometrische Toleranzen

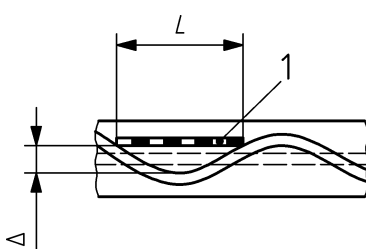
D.1 Grundlegende Toleranzen

Zulässige Abweichungen für grundlegende Toleranzen sind tabelliert in:

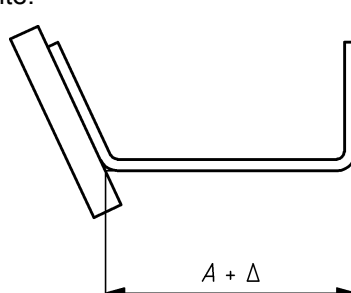
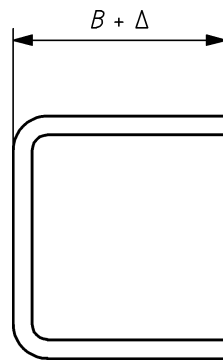
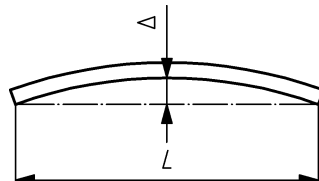
- D.1.1: Grundlegende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile
- D.1.2: Grundlegende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile
- D.1.3: Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile
- D.1.4: Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Kastenprofile
- D.1.5: Grundlegende 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 —  Stützen einstöckiger Gebäude 
- 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

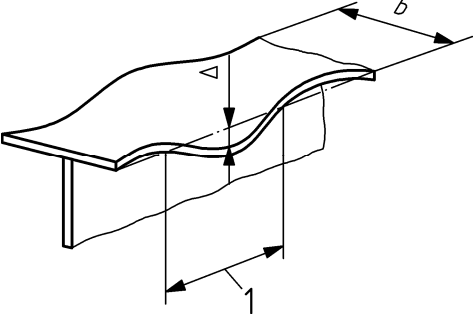
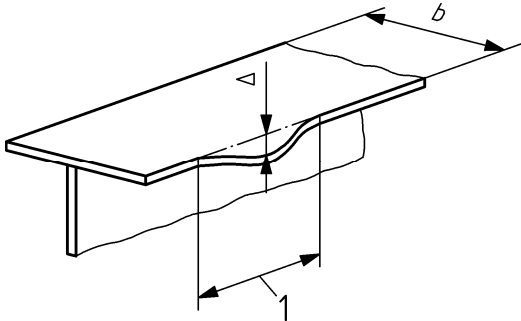
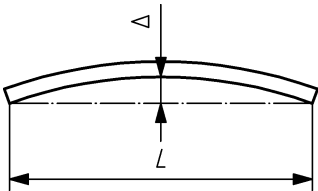
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Höhe: 	Gesamthöhe h :	$\Delta = -h/50$ (keine Plustoleranz angegeben)
2	Flanschbreite: 	Breite $b = b_1$ oder b_2 :	$\Delta = -b/100$ (keine Plustoleranz angegeben)
3	Rechtwinkligkeit bei Lagern: 	Stegvertikalität an Auflagern bei Bauteilen ohne Auflagersteifen:	$\Delta = \pm h/200$ Δ_1 aber $ \Delta \geq t_w \Delta_1$ (t_w = Stegdicke)
4	Stegkrümmung: 	Abweichung Δ über Steghöhe b :	$\Delta_1 \Delta = \pm b/200$, 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) Δ_1
5	Stegverwölbung: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der Δ_1 Steghöhe b (siehe (4)) Δ_1 :	$\Delta_1 \Delta = \pm b/100 \Delta_1$ aber $ \Delta \geq t$ (t = Blechdicke)

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 Δ der größere der beiden Werte $d/100$ und t ist. $\overline{A_1}$			

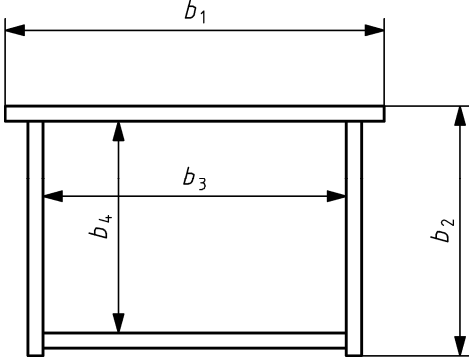
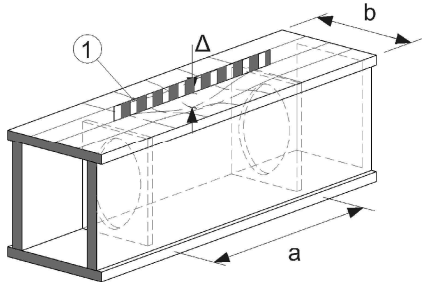
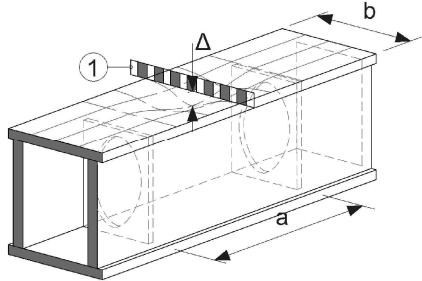
D.1.2 Grundlegende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Durch Kantungen ausgesteifte Blechbreite: 	Breite A zwischen zwei Kantungen:	$-\Delta = A/50$ (keine Plustoleranz angegeben)
2	Unausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite B zwischen einer Abkantung und einer freien Kante:	$-\Delta = B/80$ (keine Plustoleranz angegeben)
3	Geradheit bei Bauteilen (seitlich nicht gehalten): 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$

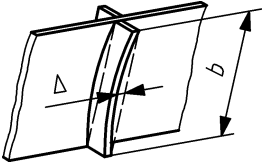
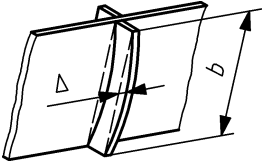
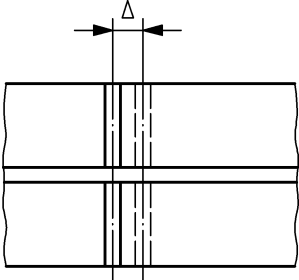
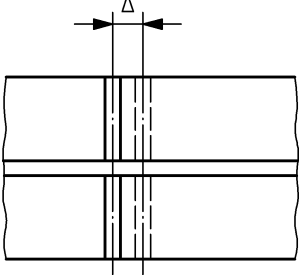
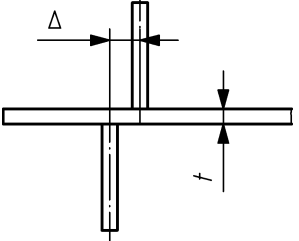
D.1.3 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile

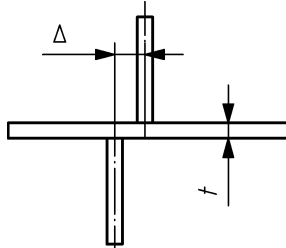
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Verformung der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge L wobei L = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/150$, wenn $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$, wenn $b/t > 20$ t = Flanschdicke $\sqrt{A_1}$
2	Welligkeit der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge L wobei L = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/150$, wenn $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$, wenn $b/t > 20$ t = Flanschdicke $\sqrt{A_1}$
3	Geradheit bei Bauteilen (seitlich nicht gehalten): 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$
Legende 1 Messlänge			

D.1.4 Grundlegende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Kastenprofile

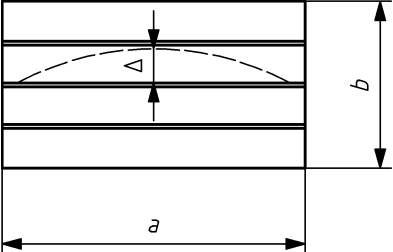
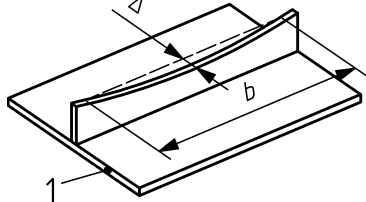
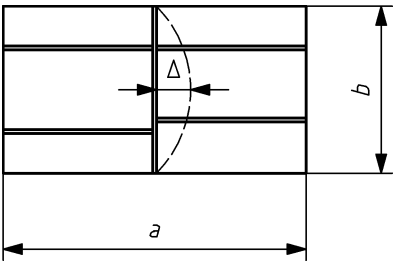
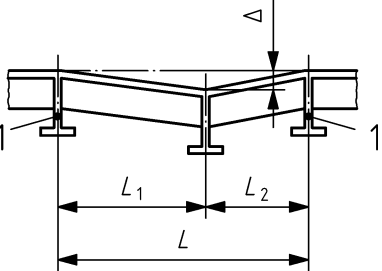
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Profilabmessungen: 	Innere und. äußere $\boxed{A_1}$ Abmessungen $\langle A_1 \rangle$: wobei: $b = b_1, b_2, b_3$ oder b_4	$-\Delta = b/100$ (kein positiver Wert gegeben)
2	Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, allgemeiner Fall: $\boxed{A_1}$  Legende 1 Messlänge a $\langle A_1 \rangle$	Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $a \leq 2b$: falls $a > 2b$:	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$
3	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): $\boxed{A_1}$  Legende 1 Messlänge b $\langle A_1 \rangle$	Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $b \leq 2a$: falls $b > 2a$:	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$

D.1.5 [A₁] Grundlegende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen von offenen Profilen und Kastenprofilen. [A₁]

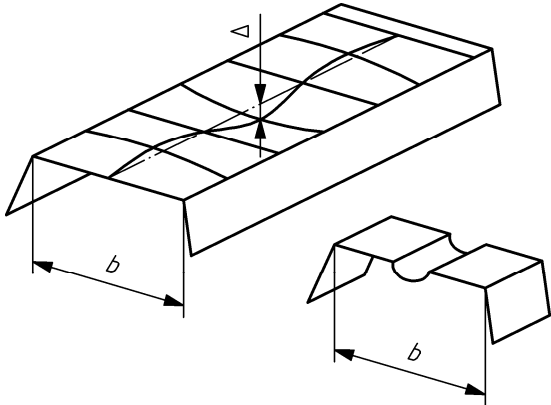
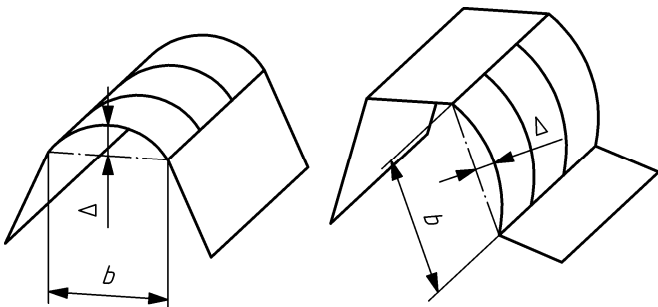
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Geradheit in der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit in der Stegebene:	$\Delta = \pm b/250$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
2	Geradheit aus der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit senkrecht zur Stegebene:	$\Delta = \pm b/500$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ 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:	$\Delta = \pm t_w/2$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
6	Exzentrizität der Stegaussteifungen an den Auflagern 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar:	$\Delta = \pm t_w/3$
ANMERKUNG $\boxed{A_1}$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $\Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass Δ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. $\boxed{A_1}$			

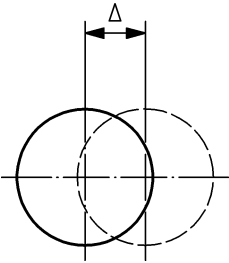
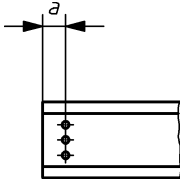
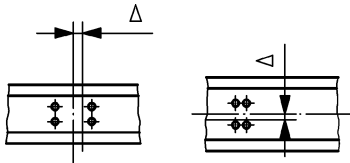
D.1.6 Grundlegende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten

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	Abweichung Δ $\langle A_1 \rangle$ parallel zur Platte, gemessen relativ zu einer Messlänge, die der Blechbreite b entspricht $\langle A_1 \rangle$: 	$\Delta = \pm b/400$
3	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)
4		Abweichung Δ parallel zur Platte:	$\Delta = \pm b/400$
5	Höhenlage von Querträgern bei ausgesteiften Platten: Legende 1 $\langle A_1 \rangle$ Quersteifen $\langle A_1 \rangle$	$\langle A_1 \rangle$ Lage $\langle A_1 \rangle$ relativ zum benachbarten Querträger: 	$\Delta = \pm L/400$

D.1.7 Grundlegende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profilbleche

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Ebenheit von unausgesteiften oder ausgesteiften Flanschen oder Stegen: 	Abweichung Δ von der Ebenheit planmäßig ebener Teile	$\Delta \leq \pm b/50$
2	Steg- oder Flanschkrümmung: 	Abweichung Δ von der planmäßigen Form des Steges oder Flansches über das Bogenmaß b	$\Delta \leq \pm b/50$

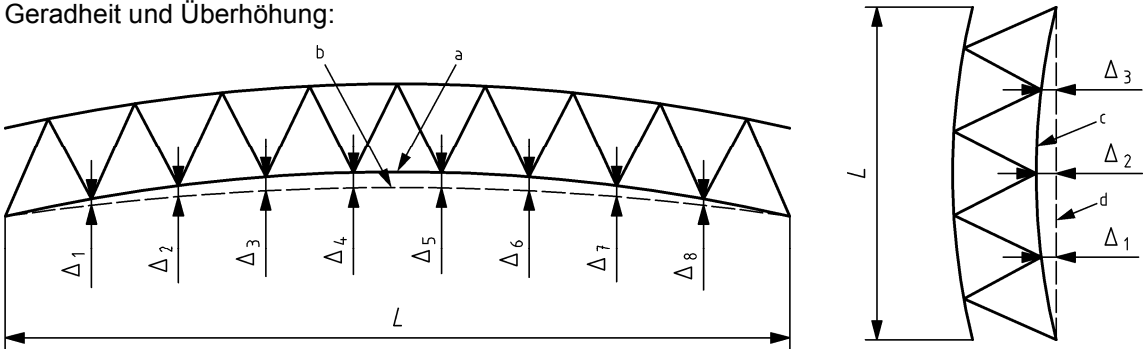
D.1.8 Grundlegende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten

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:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

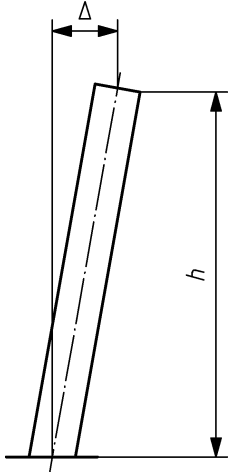
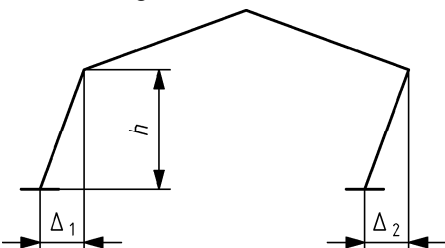
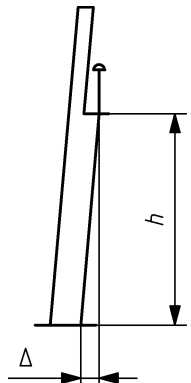
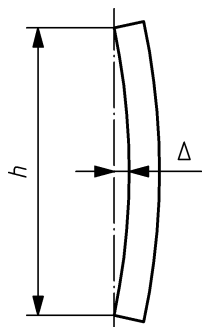
D.1.9 Grundlegende Herstelltoleranzen — Zylindrische und konische Schalen

Nr	Merkmale und Details			
1	Unrundheit: a) abgeflacht	Verhältnis zwischen der Differenz aus den gemessenen Höchst- und Mindestwerten des Innendurchmessers und dem Nennwert des Innendurchmessers: $\Delta = \frac{(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\text{nom}}}$		
	 b) unsymmetrisch			
	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	$\Delta = \pm 0,030$	$\Delta = \pm [0,015 + 0,020 \cdot 0(1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,015$	
ANMERKUNG d ist der innere Nenndurchmesser d_{nom} in Meter.				
2	Versatz: Unplanmäßige Exzentrizität von Blechen bei einem horizontalen Stoß. An einem Dickensprung bleibt der planmäßige Anteil der Exzentrizität unberücksichtigt.	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}$			
An einem Dickensprung: $t = (t_1 + t_2)/2$ $\Delta = e_{\text{tot}} - e_{\text{int}}$ Dabei ist t_1 die größere Dicke t_2 die kleinere Dicke		 Legende 1 Geometrie des planmäßigen Stoßes		
3	Vertiefungen (Vorbeulen): a) entlang eines Meridians: $L = 4 (rt)^{0,5}$ b) entlang einer Umfangslinie (Referenzradius = r): $L = 4 (rt)^{0,5}$ $L = 2,3 (h^2rt)^{0,25}$ aber $L \leq r$ Dabei ist h die Meridianlänge des Schalensegmentes c) Zusätzlich über Schweißnähte hinweg: $L = 25t$ aber $L \leq 500 \text{ mm}$ ANMERKUNG An einem Dickensprung: $t = t_2$ Legende 1 innen	 1		
	Toleranzen			
	Klasse	Zulässige Abweichung Δ		
	Klasse A	$\Delta = \pm 0,006L$		
Klasse B	$\Delta = \pm 0,010L$			
Klasse C	$\Delta = \pm 0,016L$			
ANMERKUNG In Bezug auf die Herstelltoleranz-Qualitätsklassen in EN 1993-1-6, Klasse A = Exzellente, Klasse B = Hoch und Klasse C = Normal.				

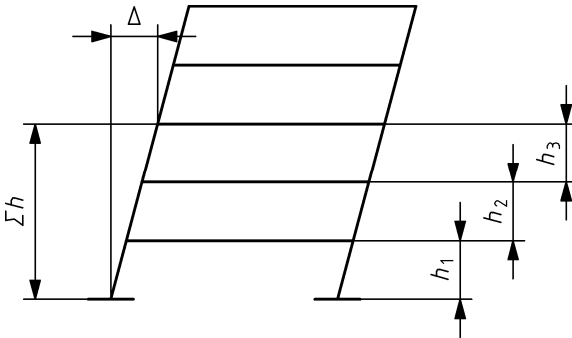
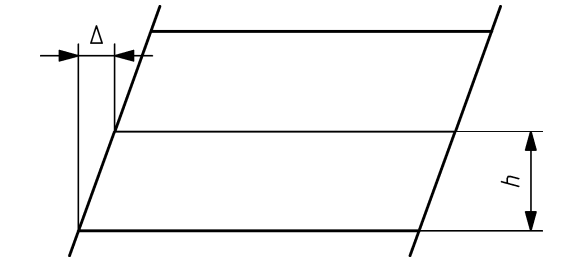
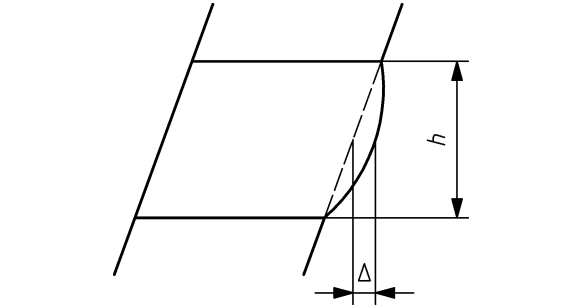
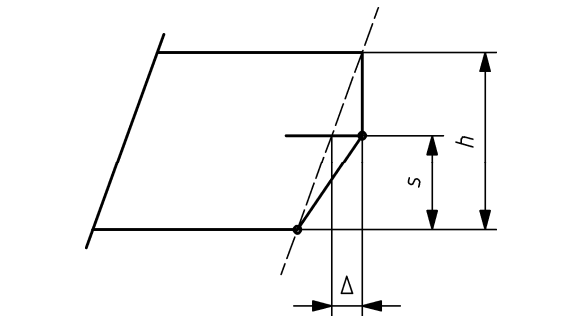
D.1.10 Grundlegende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
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 Fachwerk-knotens relativ zu einer geraden Linie — bzw. zur planmäßigen Überhöhung oder Vorkrümmung.	$\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \geq 12 \text{ mm}$
2	Geradheit von Fachwerkstreben:	$\langle A_1 \rangle$ Abweichung der Geradheit von Fachwerkstreben von der Länge L_1: $\langle A_1 \rangle$	$\langle A_1 \rangle \Delta = \pm L_1/750 \langle A_1 \rangle$ aber $\Delta \geq 6 \text{ mm}$
ANMERKUNG $\langle A_1 \rangle$ 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. $\langle A_1 \rangle$			

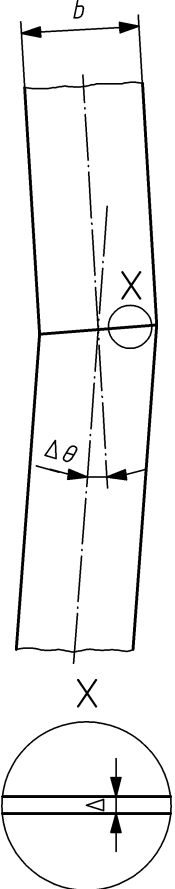
D.1.11 Grundlegende Montagetoleranzen — $\boxed{A_1}$ Stützen einstöckiger Gebäude $\boxed{A_1}$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	$\boxed{A_1}$ Schiefstellung von Stützen einstöckiger Gebäude: $\boxed{A_1}$ 	Gesamtschiefstellung innerhalb der Stockwerkshöhe h:	$\Delta = \pm h/300$
2	Schiefstellung einstöckiger Stützen in Rahmentragwerken: 	Mittlere Schiefstellung Δ aller Stützen eines Rahmentragwerks: [bei zwei Stützen: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]	$\Delta = \pm h/500$
3	Schiefstellung einer Kranbahnstütze: 	Schiefstellung zwischen $\boxed{A_1}$ Fußbodenoberkante $\boxed{A_1}$ und Lager des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm h/1000$
4	Geradheit einer einstöckigen Stütze: 	Lage der Stütze im $\boxed{A_1}$ Aufriss $\boxed{A_1}$ 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	Lage jeder Stockwerksebene relativ zur Basis-ebene: 	Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in Basishöhenlage:	$\Delta = \pm \sum h / (300 \sqrt{n})$
2	Stützenschiefstellung zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in der nächst niedrigeren Ebene:	$\Delta = \pm h / 500$
3	Geradheit einer ungestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:	$\Delta = \pm h / 750$
4	Geradheit einer gestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im $\overline{A_1}$ Aufriss $\overline{A_1}$ in Stoß-ebene relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:	$\Delta = \pm s / 750$ 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. $\overline{A_1}$			

D.1.13 Grundlegende Montagetoleranzen — Kontaktstöße

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1		$\square A_1$ örtlicher Winkelversatz (Knick) $\square A_1$ $\Delta\theta$, gleichzeitig auftretend als Spaltweite Δ an der Stelle „X“	$\square A_1$ $\Delta\theta = \pm 1/500$ rad und: — $\Delta = 0,5$ mm über mindestens 2/3 des Bereichs, und — $\Delta = 1,0$ mm örtlich maximal $\square A_1$

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_1			

D.1.15 Grundlegende Montagetoleranzen für Balken und druckbeanspruchte Bauteile

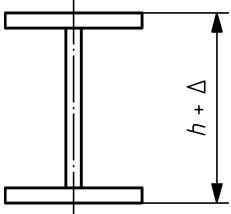
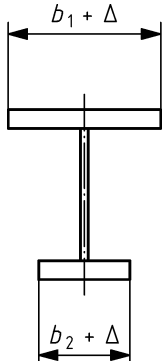
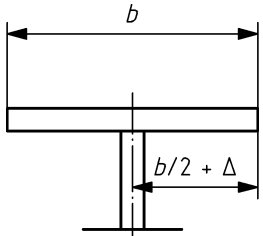
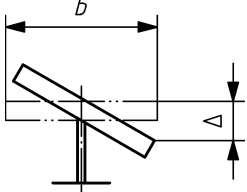
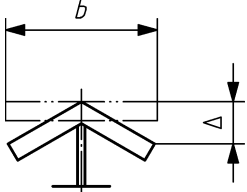
Nr.	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung
1	Geradheit von Balken und druckbeanspruchten Bauteilen, sofern seitlich nicht gehalten.	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$

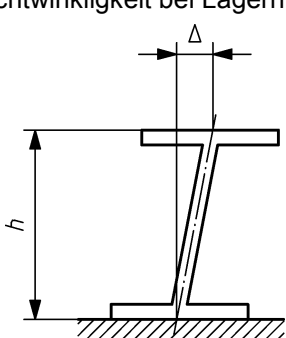
D.2 Ergänzende Toleranzen

Zulässige Abweichungen für ergänzende Toleranzen sind tabelliert in:

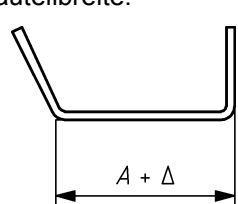
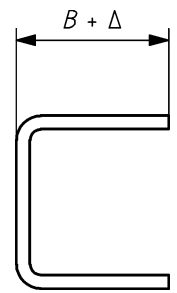
- D.2.1: Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile
- D.2.2: Ergänzende Herstelltoleranzen — Gekantete kaltgeformte Profile
- D.2.3: Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter Profile
- D.2.4: Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile
- D.2.5: Ergänzende Herstelltoleranzen — 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 -schienen
- D.2.20: Ergänzende Montagetoleranzen — Betonfundamente und Abstützungen
- 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

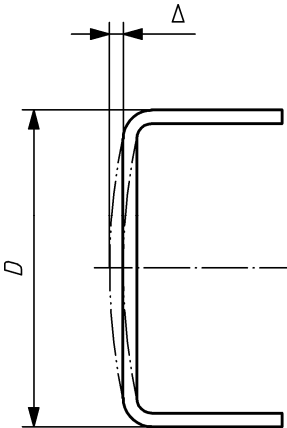
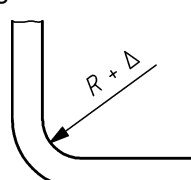
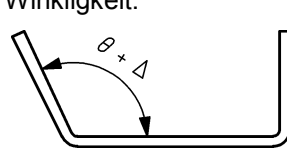
D.2.1 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Profile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe: 	Gesamthöhe h : $h \leq 900 \text{ mm}$ $900 < h \leq 1\,800 \text{ mm}$ $h > 1\,800 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h/300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h/450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	Flanschbreite: 	Breite b_1 oder b_2	$+ \Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$+ \Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
3	Stegexzentrizität: 	Lage des Stags: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit dem Auflager	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
4	Rechtwinkligkeit der Flansche: 	Abweichung von der Rechtwinkligkeit: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit der $\square A_1$ Lasteinleitung $\square A_1$	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/400$
5	Ebenheit der Flansche: 	Abweichung von der Ebenheit: — allgemeiner Fall — Flanschteile in Kontakt mit der $\square A_1$ Lasteinleitung $\square A_1$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/400$

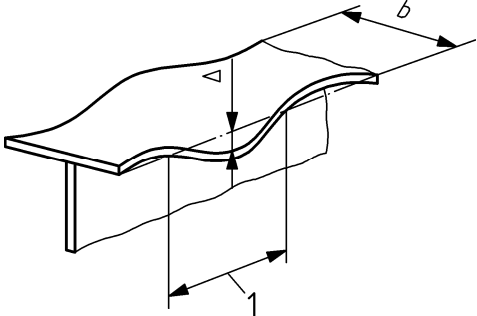
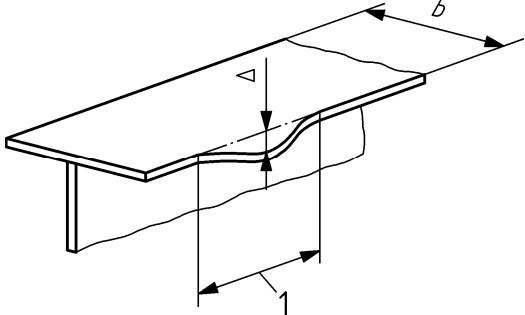
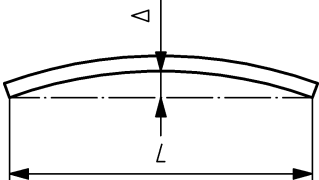
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Rechtwinkligkeit bei Lagern: 	Stegvertikalität an $\boxed{A_1}$ Lasteinleitung $\boxed{A_1}$ bei Bauteilen ohne Auflagersteifen	$\Delta = \pm h/300$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm h/500$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
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

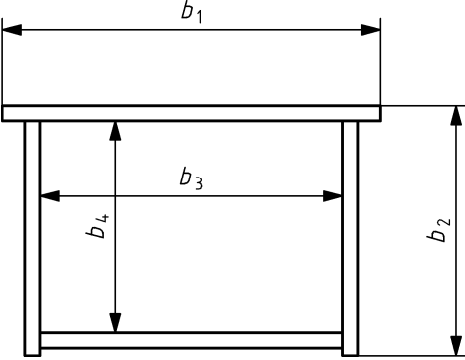
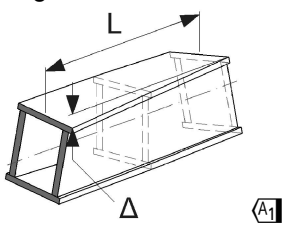
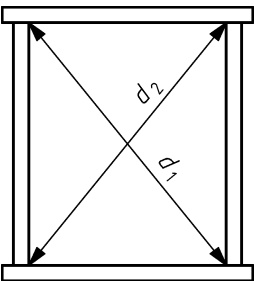
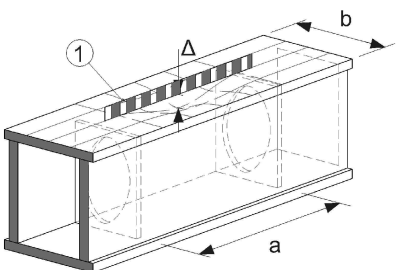
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Ausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite A zwischen zwei Kantungen: $t < 3 \text{ mm}$: Länge $< 7 \text{ m}$ Länge $\geq 7 \text{ m}$ $\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm}$ $\boxed{A_1}$: Länge $< 7 \text{ m}$ Länge $\geq 7 \text{ m}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = -5 \text{ mm}/+9 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$
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: $t < 3 \text{ mm}$ $\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm}$ $\boxed{A_1}$	$\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$ $\Delta = -5 \text{ mm}/+7 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+6 \text{ mm}$	$\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm}/+5 \text{ mm}$ $\Delta = -1 \text{ mm}/+3 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm}/+4 \text{ mm}$

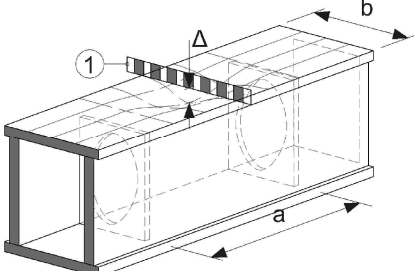
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	Ebenheit: 	Konvexität oder Konkavität	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
4	Biegeradien: 	Innerer Biegeradius R	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	Winkligkeit: 	Winkel θ zwischen benachbarten Bauteilen	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

D.2.3 $\boxed{A_1}$ Ergänzende Herstelltoleranzen — Flansche geschweißter offener Profile $\boxed{A_1}$

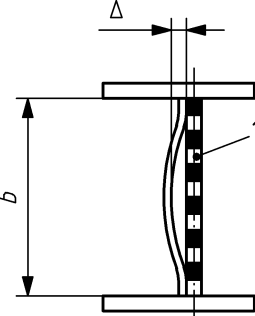
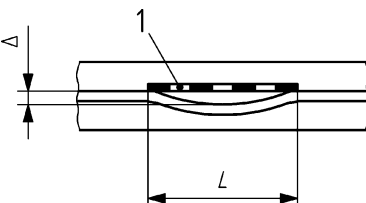
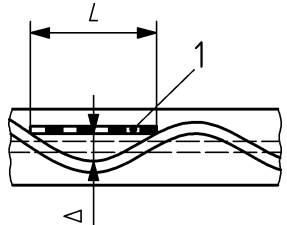
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Verformung der Flansche von I-Profilen: 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
2	Welligkeit der Flansche von I-Profilen 	Verformung Δ innerhalb der Messlänge = Flanschbreite b	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
3	Geradheit der $\boxed{A_1}$ Flansche $\boxed{A_1}$: 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\boxed{A_1}$ $\Delta = \pm L/750$ $\boxed{A_1}$	$\Delta = \pm L/1\ 000$
Legende 1 Messlänge				

D.2.4 Ergänzende Herstelltoleranzen — Geschweißte Kastenprofile

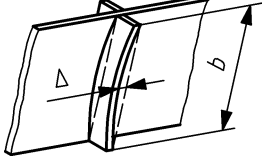
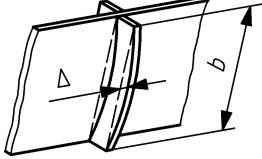
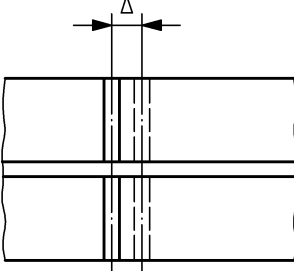
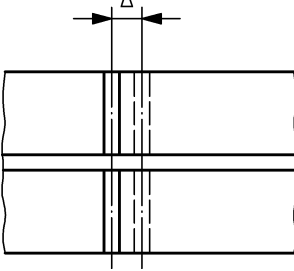
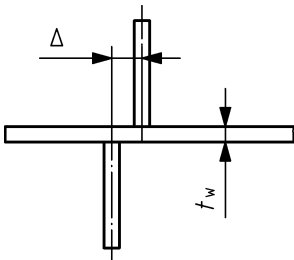
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Blechbreiten: 	Innere und. äußere Abmessungen: $\langle A_1 \rangle b \leq 900 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$ $\langle A_1 \rangle 900 \text{ mm} < b \leq 1\,800 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$ $b > 1\,800 \text{ mm}$ wobei $b = b_1, b_2, b_3 \text{ oder } b_4$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	Verdrehung: $\langle A_1 \rangle$ 	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L	$\Delta = \pm L/700$ 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	Rechtwinkligkeit: 	Längendifferenz Δ zwischen Diagonalen bei Querschotts: $\Delta = d_1 - d_2$	$\Delta = (d_1 + d_2)/400$ aber $\Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = (d_1 + d_2)/600$ aber $\Delta \geq 4 \text{ mm}$
		Falls sich d_1 und d_2 erheblich voneinander unterscheiden: $\Delta = (d_1 - d_2)_{\text{Istwert}} - (d_1 - d_2)_{\text{Sollwert}} $		
4	Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, allgemeiner Fall: $\langle A_1 \rangle$  Legende 1 Messlänge $a \langle A_1 \rangle$	Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $a \leq 2b$ falls $a > 2b$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$

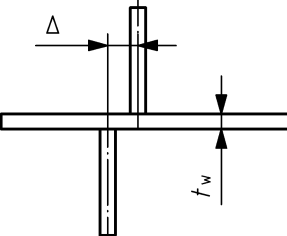
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Unvollkommenheiten des Blechfeldes aus der Ebene zwischen Stegen oder Steifen, (besonderer Fall mit Druckbeanspruchung in Querrichtung — der allgemeine Fall gilt, außer wenn dieser besondere Fall festgelegt ist):  Legende 1 Messlänge b 	Verformung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $b \leq 2a$ falls $b > 2a$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$
ANMERKUNG  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. 				

D.2.5 [A1] Ergänzende Herstelltoleranzen — Stege von geschweißten offenen Profilen und Kastenprofilen [A1]

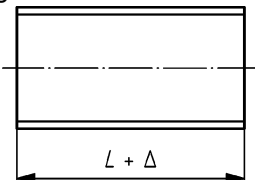
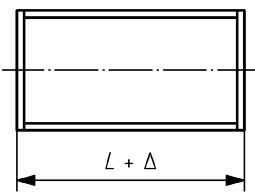
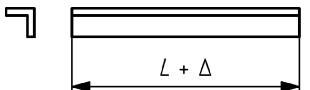
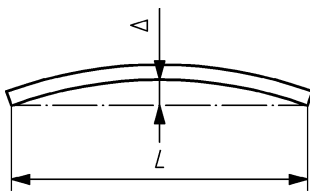
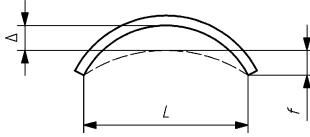
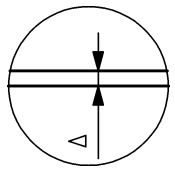
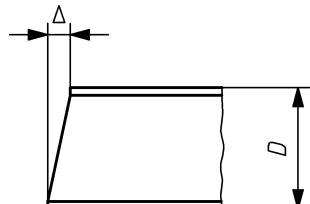
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Stegkrümmung: 	Abweichung Δ über die Steghöhe b	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
2	Stegverwölbung: 	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge $L =$ Steghöhe b	$\Delta = \pm b/100$ 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 Steg-bleche: — über die Dicke — Überstand bei Löchern der Nenngröße 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]				

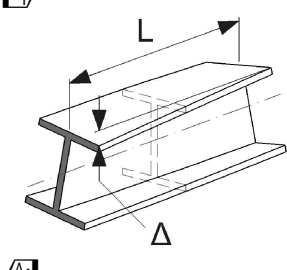
D.2.6 **A1** Ergänzende Herstelltoleranzen — Stegaussteifungen geschweißter offener Profile und Kastenprofile **A1**

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 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/375$ aber $ \Delta \geq 2 \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}$	$\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
3	Lage der Stegaussteifungen: 	Abstand von planmäßiger Stelle	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
4	Lage der Stegaussteifungen an den Auflagern: 	Abstand von planmäßiger Stelle	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
5	Exzentrizität der Stegaussteifungen: 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/3$

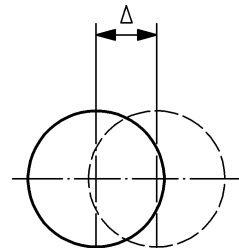
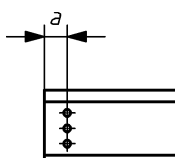
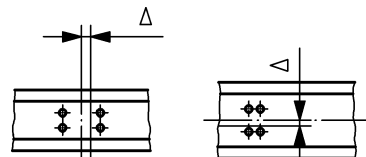
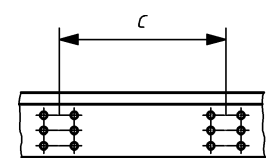
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Exzentrizität der Stegaussteifungen an den Auflagern 	Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/4$
ANMERKUNG A_1 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $\Delta \geq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass Δ der größere der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist. A_1				

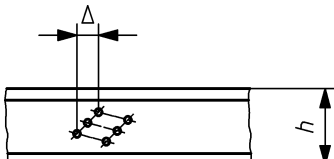
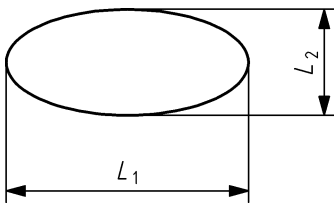
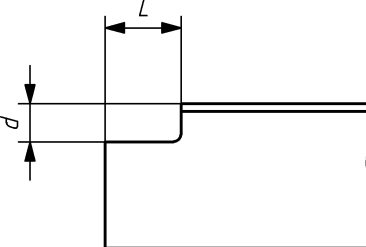
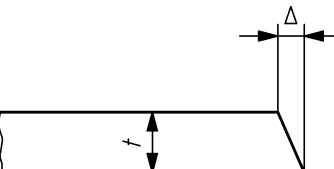
D.2.7 Ergänzende Herstelltoleranzen — Bauteile

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Länge:   	$\overline{A_1}$ Bauteillänge $\overline{A_1}$, gemessen an der Mittelachse (oder bei Winkelprofilen an der Ecke): — allgemeiner Fall — für Kontaktstöße vorbereitete Enden: ANMERKUNG Länge L wird einschließlich geschweißter Stirnbleche gemessen, falls vorhanden.	$\Delta = \pm (L/5\,000 + 2) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm (L/10\,000 + 2) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Länge, wobei ein ausreichender Ausgleich mit $\overline{A_1}$ den angrenzenden Bauteilen $\overline{A_1}$ möglich ist:	Schnittlänge, gemessen an der Mittelachse:	$\Delta = \pm 50 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 50 \text{ mm}$
3	Geradheit: 	Abweichung Δ von den rechtwinkligen Achsen eines vorgefertigten oder gekanteten Profils: ANMERKUNG Bei Walzprofilen oder warmgeformten Profilen siehe maßgebende Produktnorm.	$\overline{A_1} \Delta = \pm L/750 \overline{A_1}$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/750$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	Überhöhung oder planmäßige Vorkrümmung: 	Überhöhung f in Bauteilmittte: ANMERKUNG Die vertikale Überhöhung sollte mit dem Bauteil auf der Seite liegend gemessen werden.	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1000$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
5	Oberflächenbehandlung für Kontaktstöße: 	Spaltweite Δ zwischen den Kontaktflächenstirnseiten: ANMERKUNG Ein Merkmal für die Oberflächenrauigkeit ist nicht festgelegt.	$\Delta = 0,5 \text{ mm}$ Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,5 mm überstehend.	$\Delta = 0,25 \text{ mm}$ Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,25 mm überstehend.
6	Rechtwinkligkeit der Enden: 	Rechtwinkligkeit zur Längsachse: — 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 \text{ mm}$

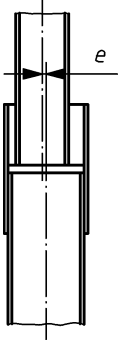
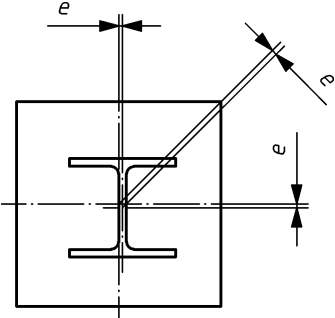
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
7	Verdrehung: 	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L : ANMERKUNG 1 Bei Kastenprofilen siehe Tabelle D.2.4. ANMERKUNG 2 Bei Hohlprofilen siehe maßgebende Produktnorm.	$\Delta = \pm L/700$ aber $4 \text{ mm} \leq \Delta \leq 20 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $3 \text{ mm} \leq \Delta \leq 15 \text{ mm}$
ANMERKUNG  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. 				

D.2.8 Ergänzende Herstelltoleranzen — Löcher, Ausklinkungen und Schnittkanten

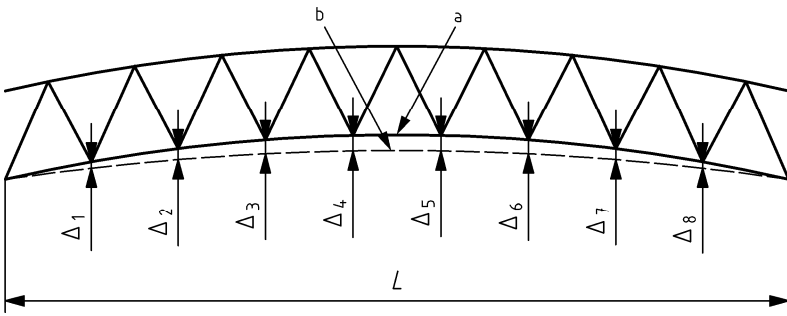
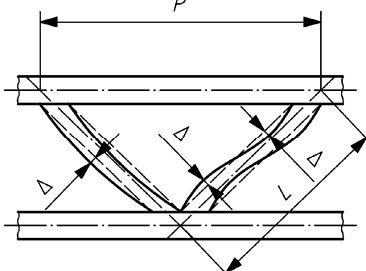
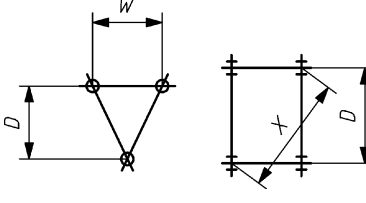
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ der Mittelachse eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Lage der Schraubenlöcher: 	Abweichung Δ des 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:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

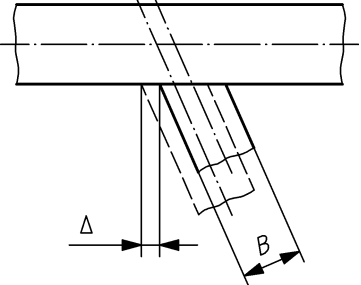
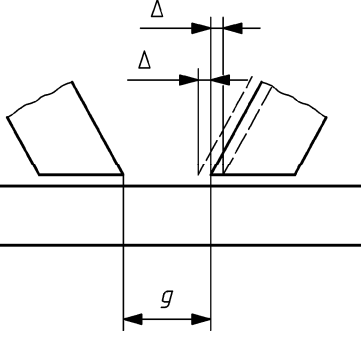
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Verdrehung einer Lochgruppe: 	Verdrehung Δ : — falls $h \leq 1\,000\text{ mm}$ — falls $h > 1\,000\text{ mm}$	$\Delta = \pm 2\text{ mm}$ $\Delta = \pm 4\text{ mm}$	$\Delta = \pm 1\text{ mm}$ $\Delta = \pm 2\text{ mm}$
6	Ovalisierung von Löchern: 	$\Delta = L_1 - L_2$	$\Delta = \pm 1\text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5\text{ mm}$
7	Ausklinkungen: 	Abweichung Δ von den Ausklinkungs- maßen: — Tiefe d — Länge L	$-\Delta = 0\text{ mm}$ $+\Delta \leq 3\text{ mm}$ $-\Delta = 0\text{ mm}$ $+\Delta \leq 3\text{ mm}$	$-\Delta = 0\text{ mm}$ $+\Delta \leq 2\text{ mm}$ $-\Delta = 0\text{ mm}$ $+\Delta \leq 2\text{ mm}$
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

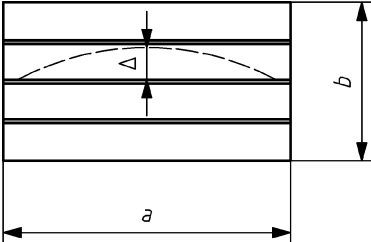
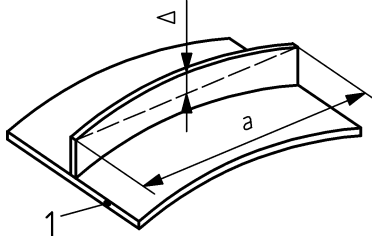
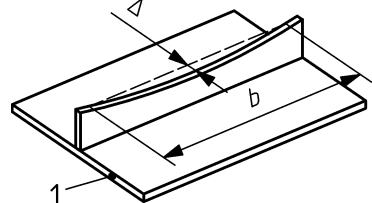
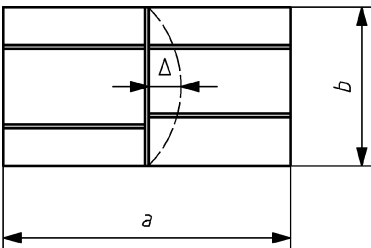
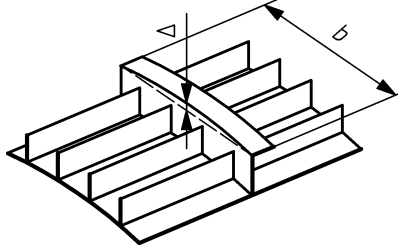
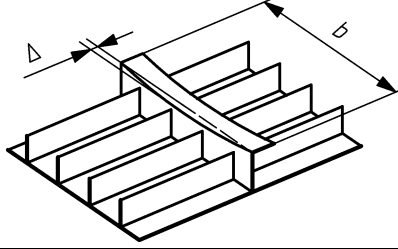
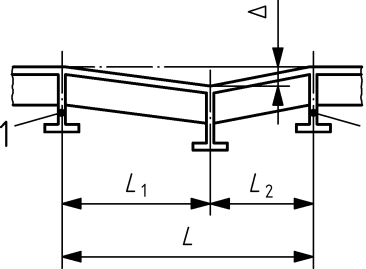
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Stützenstoß: 	Unplanmäßige Exzentrizität e (bezüglich einer der beiden Achsen):	5 mm	3 mm
2	Fußplatte: 	Unplanmäßige Exzentrizität e (in jeder Richtung):	5 mm	3 mm

D.2.10 Ergänzende Herstelltoleranzen — Fachwerkbauteile

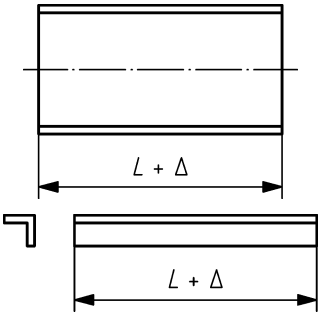
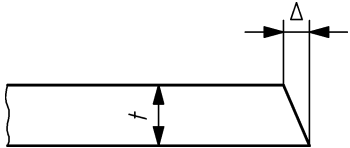
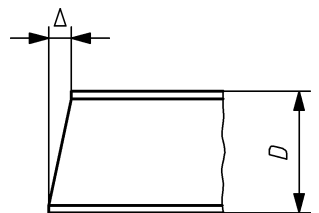
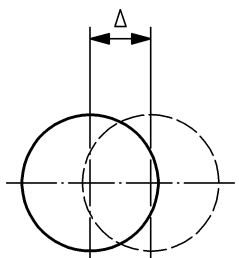
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit und Überhöhung:  ANMERKUNG Abweichungen werden nach dem Schweißen gemessen, mit dem Bauteil flach auf der Seite liegend.			
	Legende a tatsächliche Überhöhung b planmäßige Überhöhung c tatsächliche Mittellinie d planmäßige Mittellinie	Abweichung jedes Fachwerkknotsens relativ zu einer geraden Linie — bzw. zur planmäßigen Überhöhung oder Vorkrümmung.	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 12 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$
2	A1 Fachwerkabmessungen A1: 	Abweichung einzelner Abstände p zwischen Schnittpunkten der Mittellinien bei Fachwerkknotten: Kumulierte Abweichung Σp der Lage des Fachwerkknotts:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
3	Geradheit von A1 Fachwerkstreben mit Länge L_1: A1	Abweichung von der Geradheit bei Fachwerkstreben:	A1 $\Delta = \pm L_1/500$ A1 aber $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$	A1 $\Delta = \pm L_1/1\,000$ A1 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.	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$

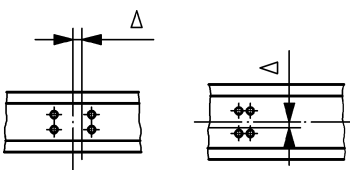
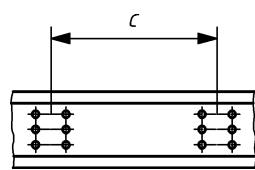
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Überschneidende Fachwerkanschlüsse: 	Exzentrizität (relativ zu einer planmäßigen Exzentrizität):	$\Delta = \pm (B/20 + 5) \text{ mm}$	$\Delta = \pm (B/40 + 3) \text{ mm}$
6	Fachwerkanschlüsse mit Spalt: 	Spaltweite g zwischen Streben: $\boxed{A_1} g \geq (t_1 + t_2) \boxed{A_1}$, wenn $\boxed{A_1} t_1$ und $t_2 \boxed{A_1}$ die Wanddicken der Streben sind	$\boxed{A_1}$ gestrichener Text $\boxed{A_1}$ $\Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\boxed{A_1}$ gestrichener Text $\boxed{A_1}$ $\Delta \leq 3 \text{ mm}$
ANMERKUNG $\boxed{A_1}$ Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \geq 6 \text{ mm}$ bedeuten, dass Δ der größere der beiden Werte $L/500$ und 6 mm ist. $\boxed{A_1}$				

D.2.11 Ergänzende Herstelltoleranzen — Ausgesteifte Platten

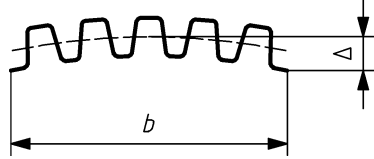
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit von Steifen: Längssteifen in längsausgesteiften Platten: 	Abweichung Δ senkrecht zur Platte: 	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
2	Legende 1 Platte	Abweichung Δ  parallel zur Platte, gemessen relativ zu einer Messlänge, die der Breite b der Platte entspricht  : 	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/500$
3	Geradheit von Steifen: 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)	$\Delta = \pm a/500$ oder $\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$ (Der kleinere Wert ist maßgebend)
4		Abweichung Δ parallel zur Platte: 	$\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/500$
5	Höhenlage von Querträgern bei ausgesteiften Platten: Legende 1 Querträger	Höhenlage relativ zum benachbarten Querträger 	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$

D.2.12 Ergänzende Herstelltoleranzen — Türme und Maste

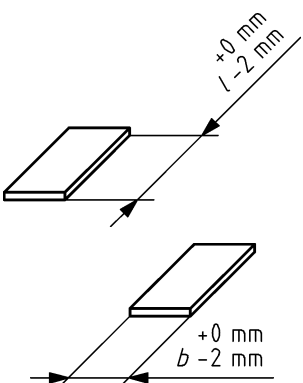
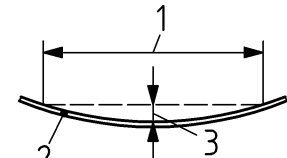
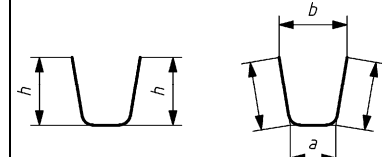
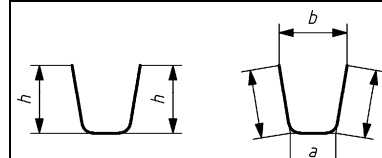
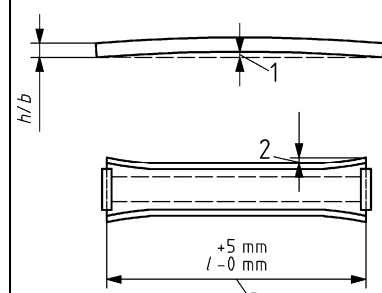
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Bauteillänge: 	Schnittlänge, gemessen an der Mittelachse (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Länge oder Zwischenraum:	Falls Mindestabmessungen festgelegt werden:	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$
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:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

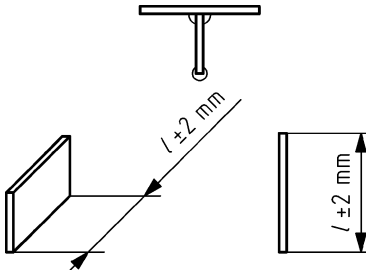
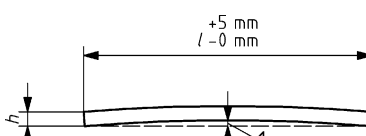
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
8	Lage der Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
9	Abstand von Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Schraubengruppenmittelpunkten:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
ANMERKUNG  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. 				

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

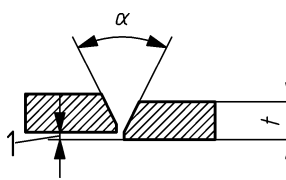
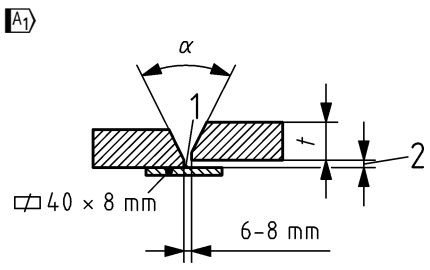
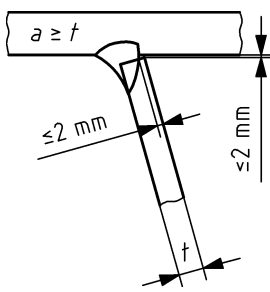
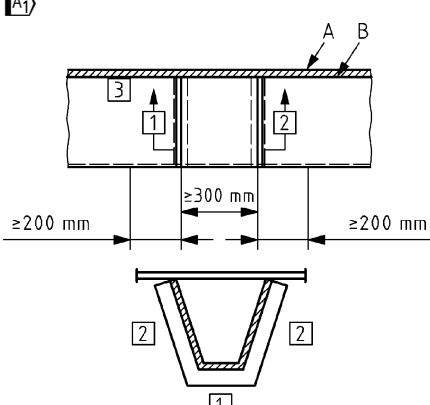
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Länge/Dicke/Breite des Fahrbahnblechs: 	Gesamtabmessungen l , b nach Zugschnitt und Richtwalzen einschließlich Schrumpfung und nach Anarbeiten der endgültigen Nahtvorbereitung	Keine Anforderung	$0 \geq \Delta \geq -2 \text{ mm}$ (kein 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	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
3	Trapezprofile für Querträgerausnehmungen:	Höhe h , Breiten a und b		
	mit Freischnitt 	Zu beachten für a und b : Bei Überschreitung dieser Toleranzen müssen die Querträgerausschnitte auf die maximal zulässigen Spaltbreiten angepasst werden, gemessen im Abstand von mindestens 500 mm vom Ende	$\Delta h = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 3 \text{ mm}$	$+2 \text{ mm} \geq \Delta(h \text{ oder } a \text{ oder } b) \geq -1 \text{ mm}$
	für volle Umschweißung 	Zu beachten für b : Bei Überschreitung dieser Toleranzen müssen die Querträgerausschnitte auf die maximal zulässigen Spaltbreiten angepasst werden, gemessen im Abstand von mindestens 500 mm vom Ende	$\Delta h = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 2,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
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	$\Delta_1 = \pm L/500$ $\Delta_2 = 5 \text{ mm}$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 0,20 r$ $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta_1 = \pm L/1000$ $\Delta_2 = 1 \text{ mm}$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$

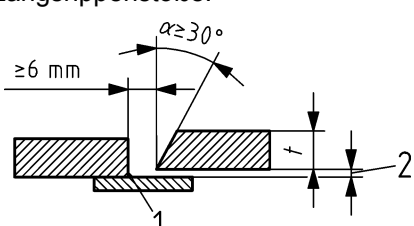
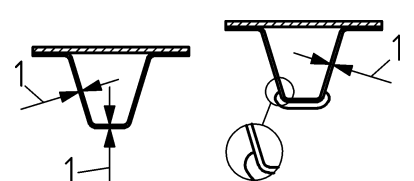
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
5	Länge/Breite eines Flachprofils für beidseitiges Schweißen: 	Gesamtabmessungen l, h	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Geradheit eines Flachprofils für beidseitiges Schweißen: 	Legende 1 max. Spalt Δ_1 Länge Δ_1	$\Delta_1 = \pm L/1\,000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_1 \geq 0$	$\Delta_1 = \pm L/1\,000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_1 \geq 0$

D.2.15 Ergänzende Montagetoleranzen — Brücken

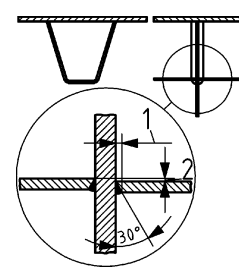
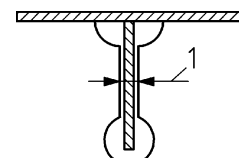
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Spannweite:	Abweichung Δ des Abstands L zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auflagern, gemessen auf der Oberseite des Obergurts:	$\Delta = \pm (30 + L/10\,000)$
2	Brücke im Aufriss oder im Grundriss:	Abweichung Δ von der angepassten Solllage, bezogen auf die Lage der fertig eingebauten Lager: $L \leq 20 \text{ m}$: $L > 20 \text{ m}$:	$\Delta = \pm (L/1\,000)$ $\boxed{A_1} \Delta = (L/2\,000 + 10 \text{ mm}) \leq 35 \text{ mm} \boxed{A_1}$

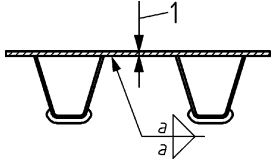
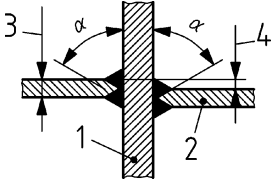
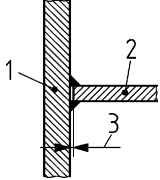
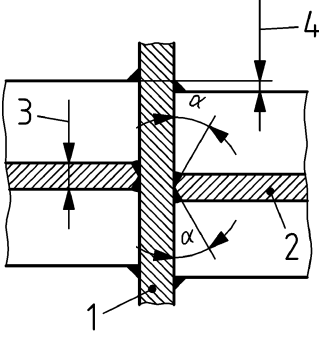
D.2.16 Ergänzende Montagetoleranzen — Brückenfahrbahnen (Teil 1/3)

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 $\square A_1$ Wurzellage $\square A_1$ 2 Versatz Δ vor dem Schweißen Spaltbreite Δ_g zwischen Blech und Schweißbadsicherung nach dem Schweißen	$\square A_1 \Delta = 2 \text{ mm} \square A_1$ $\Delta_g = 1 \text{ mm}$
3	Längssteifen-Deckblechnaht: 	Wurzeleinbrand Spalt	$\square A_1 \Delta = 2 \text{ mm} \square A_1$
4	Längsrippenstoß mit Fenster: 	Kantenversatz Δ zwischen Längsrippe und Fenster vor dem Schweißen	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

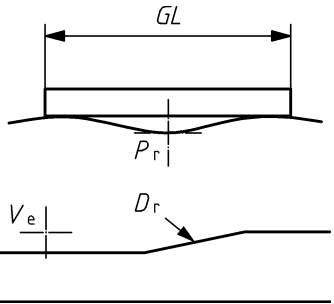
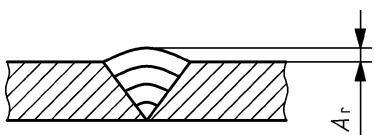
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
5	Längsrippenstöße: 	Legende 1 durchgehende $\square A_1$ Wurzellage $\triangle A_1$ 2 Versatz Δ vor dem Schweißen	$\square A_1 \Delta = 2 \text{ mm } \triangle A_1$
6	Verbindung von durchgeführten Trapezprofilen und Querträgern mit oder ohne Freischnitt 	Legende 1 max. Spalt Δ_1 Mindestnahtdicke a: bei Spaltweiten $s \leq 2 \text{ mm}$: $a = a_{\text{nom}}$ nach statischer Erfordernis bei Spaltweiten $s > 2 \text{ mm}$: $a = a_{\text{nom}} + (s - 2)$ jedoch $a \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta_1 = 3 \text{ mm}$

D.2.17 Ergänzende Montagetoleranzen– Brückenfahrbahnen (Teil 2/3)

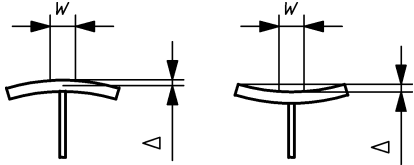
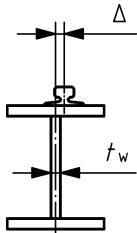
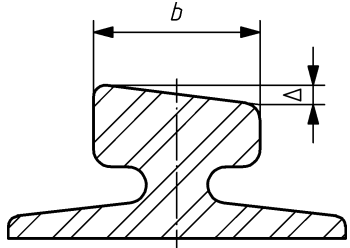
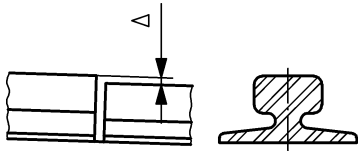
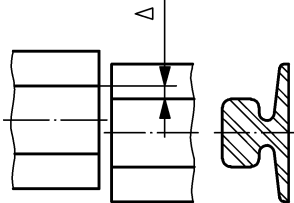
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Verbindung von Trapezprofilen und Querträgern ohne Querträgerausnehmung $\square A_1$  $\triangle A_1$	Legende 1 max. Spalt Δ_1 2 Versatz Δ_2 vor dem Schweißen	$\Delta_1 = 2 \text{ mm}$ $\Delta_2 = \pm 2 \text{ mm}$
2	Verbindung von durchgeführten Flachstäben und Querträgern $\square A_1$  $\triangle A_1$	Legende 1 max. Spalt Δ	$\Delta = 1 \text{ mm}$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
3	Anschluss der Querträgerstege an das Deckblech (mit oder ohne Freischnitt)  	Legende 1 max. Spalt Δ	$\Delta = 1 \text{ mm}$
4	Anschluss der Querträgerstege an das Hauptträgerstegblech a) bei durchgehenden Querträgern   b) bei nicht durchgehenden Querträgern  	Legende 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 in Bild a) $t_{w, \text{crossb}}$ 3 in Bild b) Spalt Δ_b 4 Versatz Δ_a vor dem Schweißen	a) $\Delta_a = \pm 0,5 t_{w, \text{crossb}}$ b)  $\Delta_b = 2 \text{ mm}$ 
5	Anschluss der Querträgergurte an das Hauptträgerstegblech  	Legende 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 $t_{w, \text{crossb}}$ 4 Versatz Δ vor dem Schweißen	$\Delta = \pm 0,5 t_{w, \text{crossb}}$

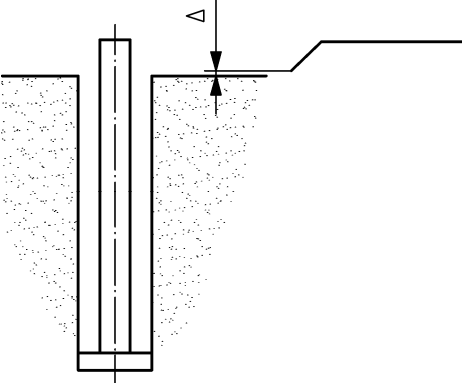
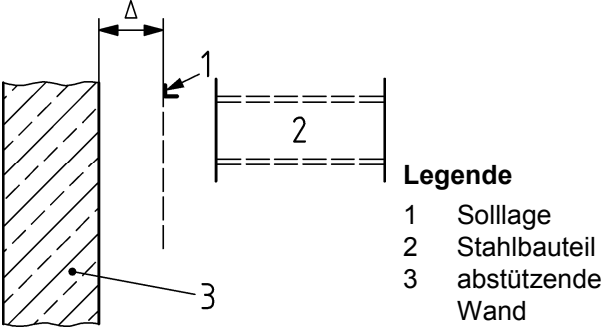
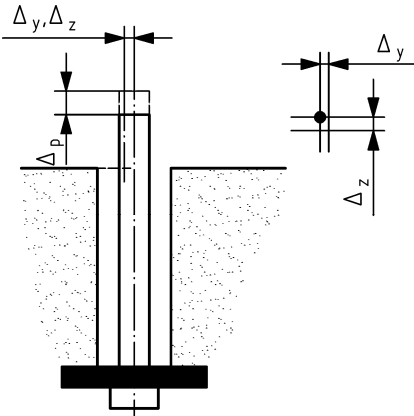
D.2.18 Ergänzende Montagetoleranzen– Brückenfahrbahnen (Teil 3/3)

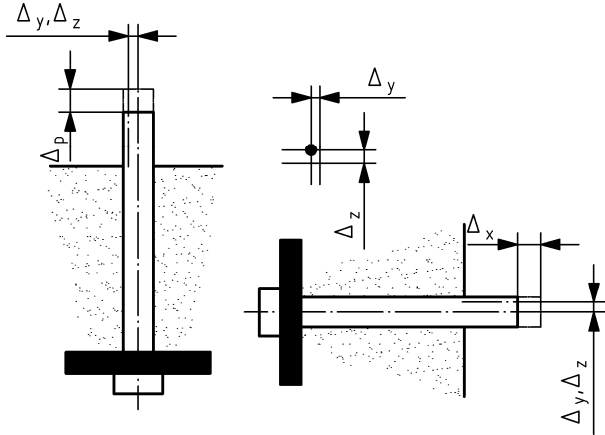
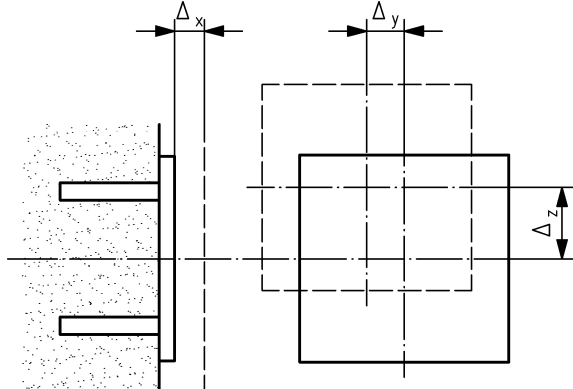
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Passgenauigkeit orthotroper Fahrbahnplatten der Blechdicke t nach der Montage:  Legende GL Messlänge P_r Abweichung V_e Versatz D_r Neigung	Differenz der Höhenlage am Übergang an einem Blechdensprung: $t \leq 10$ mm: $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm: $t > 70$ mm: Neigung am Kreuzungspunkt: $t \leq 10$ mm: $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm: $t > 70$ mm: Ebenheit in allen Richtungen: $t \leq 10$ mm: $t > 70$ mm: Allgemeiner Fall: In Längsrichtung: ANMERKUNG Werte P_r dürfen interpoliert werden für $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm.	$V_e = 2$ mm $V_e = 5$ mm $V_e = 8$ mm $D_r = 8$ % $D_r = 9$ % $D_r = 10$ % $P_r = 3$ mm über Messlänge 1 m $P_r = 4$ mm über Messlänge 3 m $P_r = 5$ mm über Messlänge 5 m $P_r = 5$ mm über Messlänge 3 m $P_r = 18$ mm über Messlänge 3 m
2	Schweißen orthotroper Fahrbahnplatten: 	Nahtüberhöhung A_r über die umgebende Oberfläche:	$A_r = -0 \text{ mm}/+ 1 \text{ mm}$

D.2.19 Ergänzende Herstell- und Montagetoleranzen — Kranbahnträger und -schienen

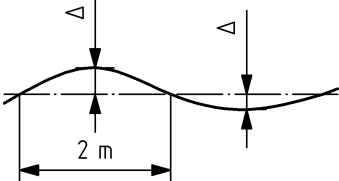
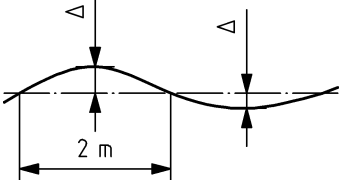
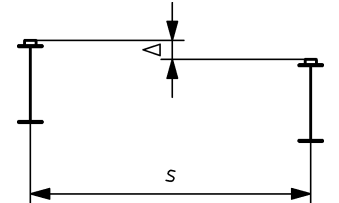
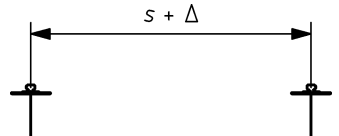
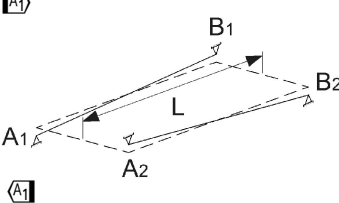
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Unebenheit des Obergurts eines Kranbahnträgers: 	Unebenheit über eine mittlere Breite w, entspricht der Schienenbreite plus 10 mm auf jeder Seite der Schiene von der Solllage:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	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 Schienenquerschnittsoberseite:	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/100$
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:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

D.2.20 Ergänzende Montagetoleranzen — Betonfundamente und Abstützungen

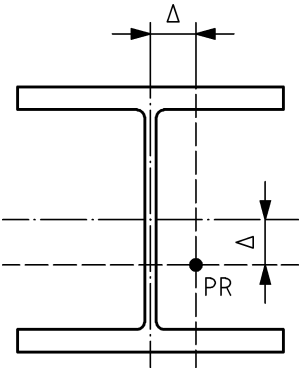
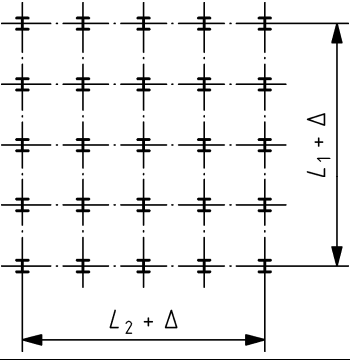
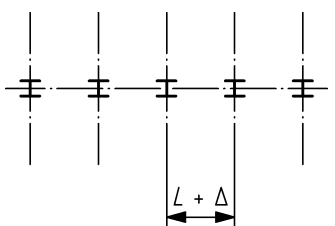
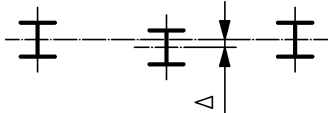
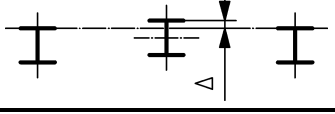
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Höhenlage des Fundaments: 	Abweichung Δ von der Sollage:	$-15 \text{ mm} \leq \Delta \leq +5 \text{ mm}$
2	Lotrechte Wand:  Legende 1 Sollage 2 Stahlbauteil 3 abstützende Wand	Abweichung Δ von der Sollage am Auflagerpunkt des Stahlbauteils:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$
3	Voreingestellte Ankerschraube mit Reguliermöglichkeit: 	Abweichung Δ von der Sollage und dem Sollüberstand: — Lage der Spitze: — Überstand Δ_p: ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage eines Schraubengruppenmittelpunkts ist 6 mm.	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq +25 \text{ mm}$

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
4	Voreingestellte Ankerschraube ohne Reguliermöglichkeit: 	Abweichung Δ von der Sollage, Sollhöhenlage und dem Sollüberstand: — Lage bzw. Höhenlage der Spitze: — vertikaler Überstand Δ_p: — horizontaler Überstand Δ_x: ANMERKUNG Die zulässige Abweichung gilt auch für die Lage eines Schrauben-gruppenmittelpunkts	$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq 45 \text{ mm}$ $-5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq 45 \text{ mm}$
5	Eingebettete Stahlankerplatte: 	Abweichungen $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ von der Sollage und der Sollhöhenlage:	$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$

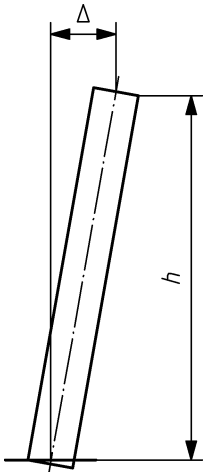
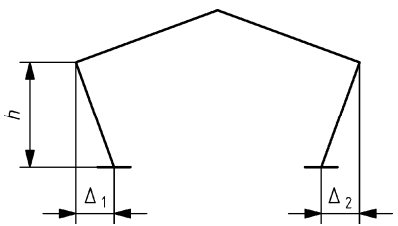
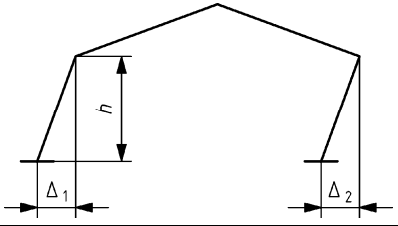
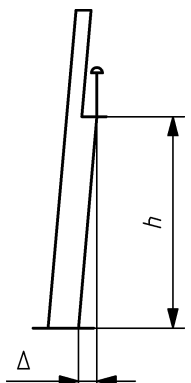
D.2.21 Ergänzende Montagetoleranzen — Kranbahnen

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage der Schiene im Grundriss:	Relativ zur Sollage:	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
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 Sollage:	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
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	$\Delta = L/500$	$\Delta = L/1\,000$

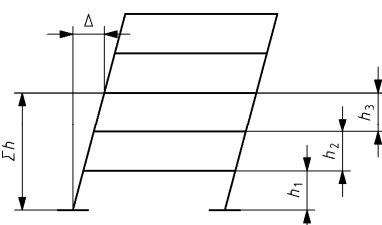
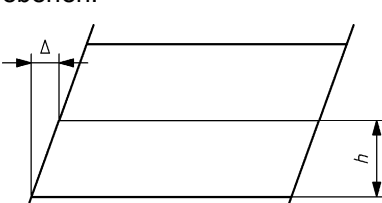
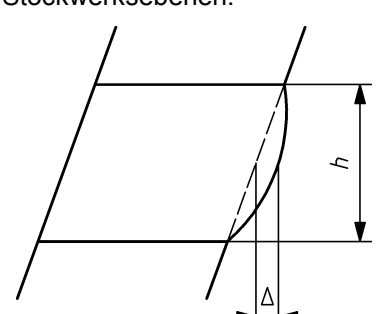
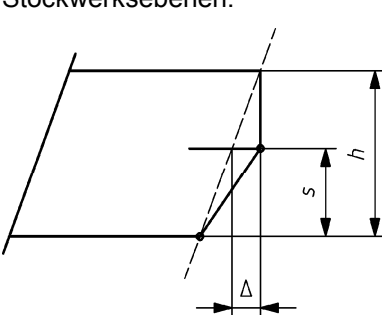
D.2.22 Ergänzende Montagetoleranzen — Stützenpositionen

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 Verbindungsline der Außenseiten benachbarter Stützen	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$

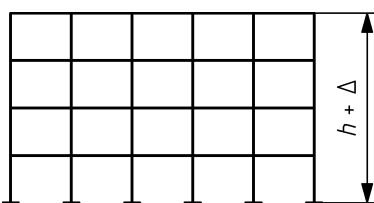
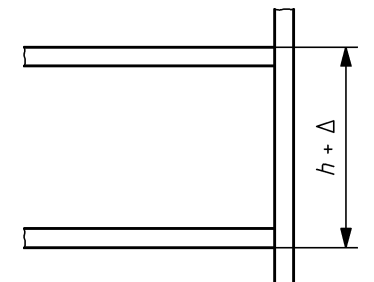
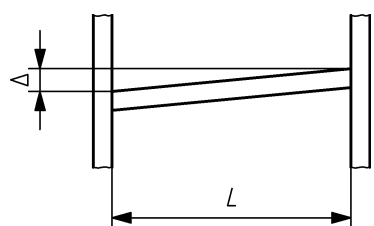
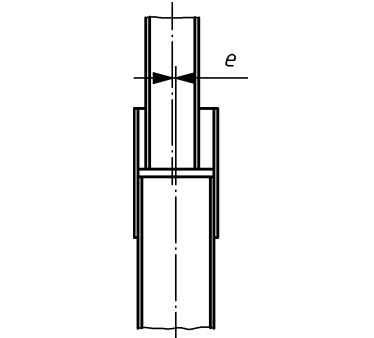
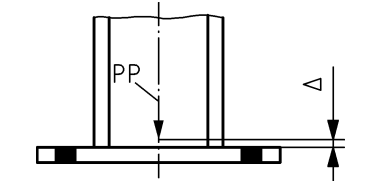
D.2.23 Ergänzende Montagetoleranzen — Δ_1 Stützen einstöckiger Gebäude Δ_1

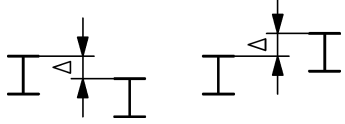
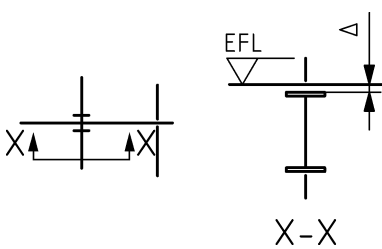
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Δ_1 Stützen einstöckiger Gebäude im Allgemeinen: Δ_1 	Gesamtschiefstellung	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
2	Schiefstellung einstöckiger Stützen in Rahmentragwerken: 	Schiefstellung Δ jeder einzelnen Stütze: $\Delta = \Delta_1$ oder Δ_2	$\Delta = \pm h/150$	$\Delta = \pm h/300$
3	Schiefstellung eines einstöckigen Rahmentragwerks: 	Mittlere Schiefstellung Δ aller Stützen eines Rahmentragwerks: [bei zwei Stützen: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$
4	Schiefstellung einer Kranbahnstütze: 	Schiefstellung zwischen Fußboden und Lager des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$

D.2.24 Ergänzende Montagetoleranzen — Mehrstöckige Stützen

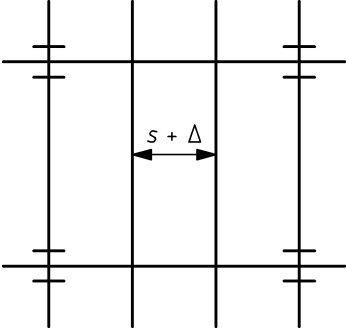
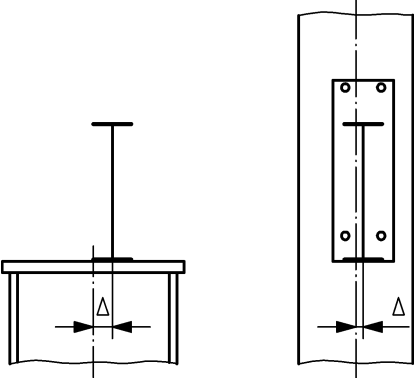
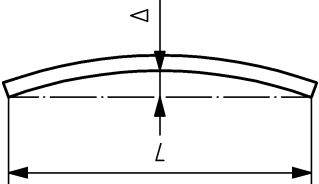
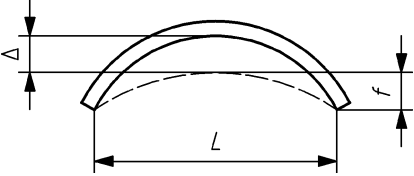
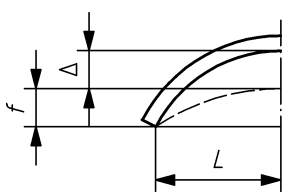
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage jeder Stockwerksebene relativ zur Basisebene: 	Lage der Stütze im Grundriss relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in Basishöhenlage	$ \Delta = \sum h / (300\sqrt{n})$	$ \Delta = \sum h / (500\sqrt{n})$
2	Stützenschiefstellung zwischen benachbarten Stockwerkebenen: 	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	Geradheit einer ungestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerkebenen: 	Lage der Stütze im Grundriss relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerkebenen	$\Delta = \pm h / 750$	$\Delta = \pm h / 1\,000$
4	Geradheit einer gestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerkebenen: 	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 $s \leq h/2$
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.				

D.2.25 Ergänzende Montagetoleranzen — Gebäude

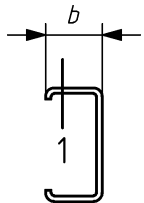
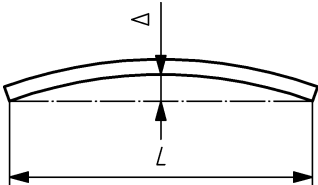
Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe: 	Gesamthöhe, bezogen auf die Basishöhenlage: $h \leq 20 \text{ m}$ $20 \text{ m} < h < 100 \text{ m}$ $h \geq 100 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,5(h+20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2(h+200) \text{ mm}$ [h in Meter]	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(h+20) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(h+200) \text{ mm}$ [h in Meter]
2	Stockwerkshöhe: 	Höhendifferenz zwischen benachbarten Höhenlagen	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
3	Neigung: 	Höhendifferenz zwischen den Trägerenden	$\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1000$ aber $\Delta \leq 5 \text{ mm}$
4	Stützenstoß 	Unplanmäßige Exzentrizität e (bezüglich einer der beiden Achsen):	5 mm	3 mm
5	Fußplatte: 	Höhenlage des Stützenfußpunktes bezogen auf die festgelegte Höhenlage des zugehörigen Positionspunkts (PP)	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$

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  Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \leq 5 \text{ mm}$ bedeuten, dass Δ der kleinere der beiden Werte $L/500$ und 5 mm ist. 				

D.2.26 Ergänzende Montagetoleranzen — Träger in Gebäuden

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Abstand: 	Abweichung Δ vom Sollabstand zwischen benachbarten Trägern, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	Lage an Stützen: 	Abweichung Δ von der Sollage eines Träger-Stützen-Anschlusses, gemessen relativ zur Stütze	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
3	Geradheit im Grundriss: 	Abweichung Δ von der Geradheit eines errichteten Trägers oder Kragarms der Länge L	$\Delta = \pm L/500$	$\Delta = \pm L/1\,000$
4	Überhöhung: 	Abweichung Δ in Trägermitte von der Sollüberhöhung f eines Trägers oder Fachwerkträgers der Länge L:	$\Delta = \pm L/300$	$\Delta = \pm L/500$
5	Vorverformung eines Kragarms: 	Abweichung Δ von der Sollvorverformung des Kragarmendes eines Trägers der Länge L:	$\Delta = \pm L/200$	$\Delta = \pm L/300$

D.2.27 Ergänzende Montagetoleranzen– Bedachungselemente als Schubfeld

Nr	Merkmal	Parameter	Zulässige Abweichung Δ
1	Abweichung einer Befestigung (von der Solllinie einer Befestigung: 1) 	Flanschbreite der Pfette: b	$\Delta = \pm b/10$ $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$
2	Geradheit der abstützenden Pfette (in der Ebene der Bedachungselemente): 	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.

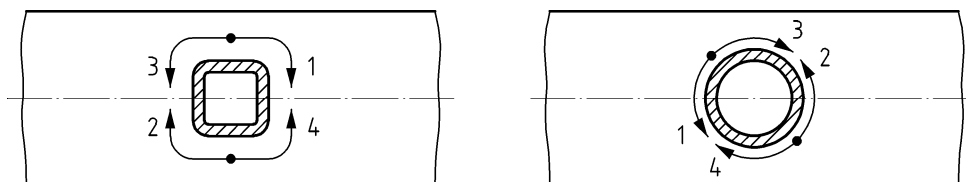


Bild E.1 — Nahtanfangs- und Endstellen und Schweißfolge

E.3 Schweißnahtvorbereitung

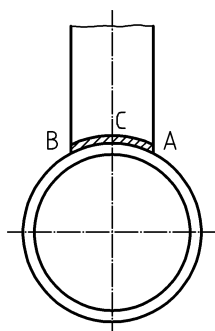
Die Bilder E.2 bis E.5 stellen Beispiele zur Anwendung von EN ISO 9692-1 für Gurt-Streben-Anschlüsse zwischen Hohlprofilen dar, mit Bezugnahme auf 7.5.1.2.

Für gekehrte Stumpfstöße 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.

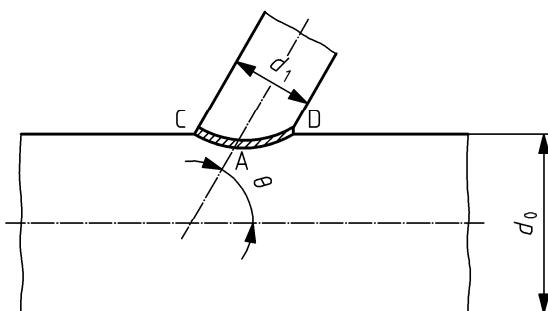
E.4 Zusammenbau zum Schweißen

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.

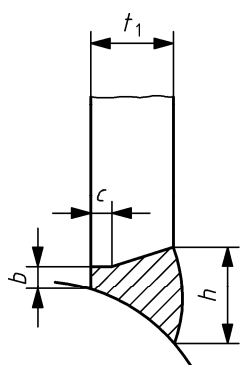


Detail A, B:



Detail C:

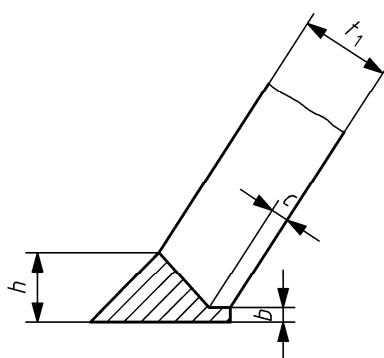
Detail D:



wobei $d_1 < d_0$

$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

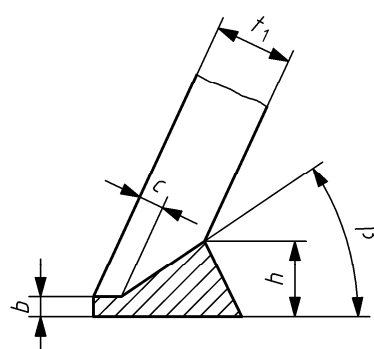
$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$



$\theta = 60^\circ \text{ bis } 90^\circ$

$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

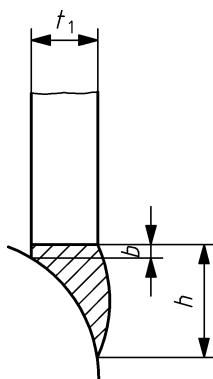
$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$



$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$

Für $\theta < 60^\circ$ sollte ein Kehlnahtdetail (wie in Bild E.3) am Detail D im vorderen Bereich ausgeführt werden.

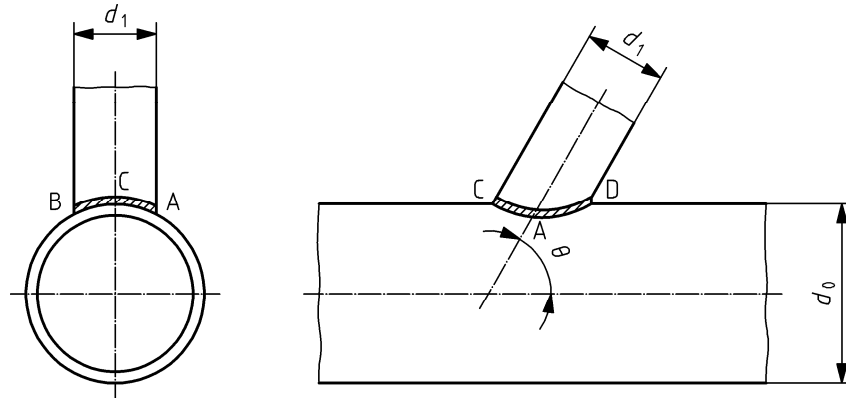


wobei $d_1 = d_0$

$b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 1.4 auf Kreishohlprofile.

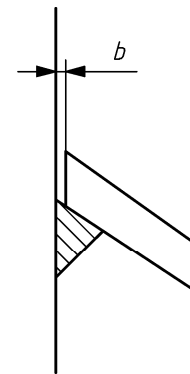
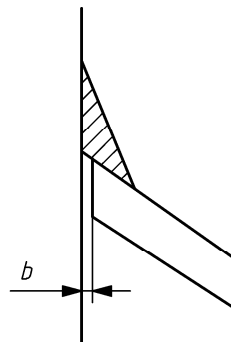
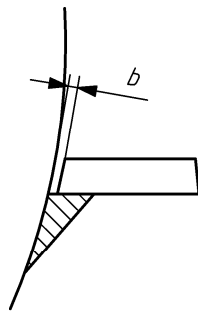
**Bild E.2 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Stumpfnähten
bei Gurt-Streben-Anschlüssen von kreisförmigen Hohlprofilen**



Detail A, B:

Detail C:

Detail D:



$$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$$

$$30^\circ \leq \theta < 90^\circ$$

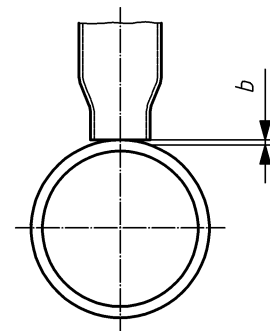
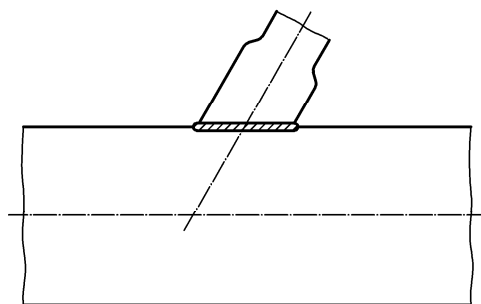
$b = \max. 2 \text{ mm}$

$b = \max. 2 \text{ mm}$

$b = \max. 2 \text{ mm}$

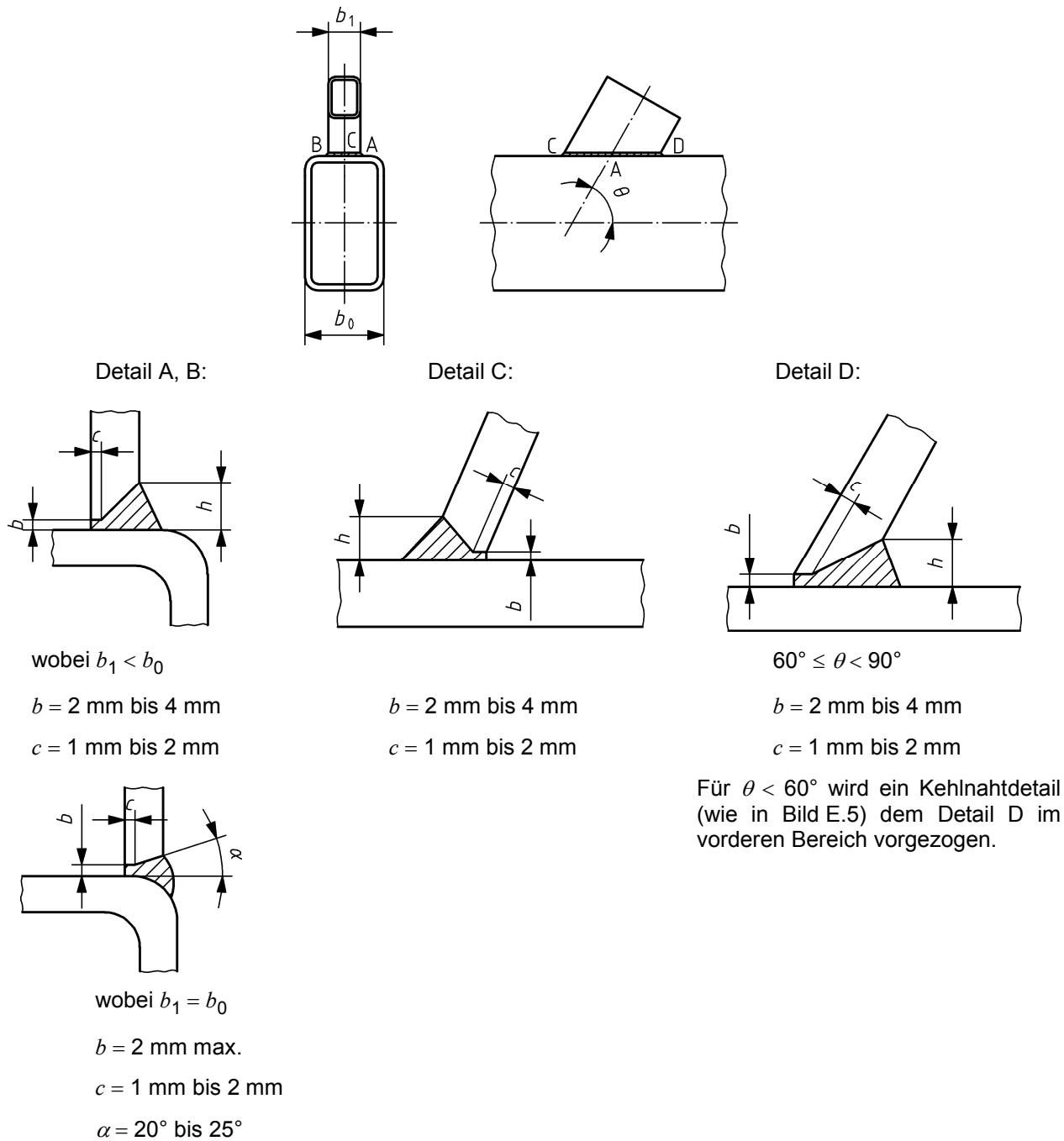
Für $\theta < 60^\circ$ sollte im Übergangsbereich bei C das Stupfnahtdetail (wie in Bild E.2) ausgeführt werden

Für kleinere Winkel ist voller Einbrand unter der Voraussetzung angemessener Schweißnahtdicke nicht erforderlich.



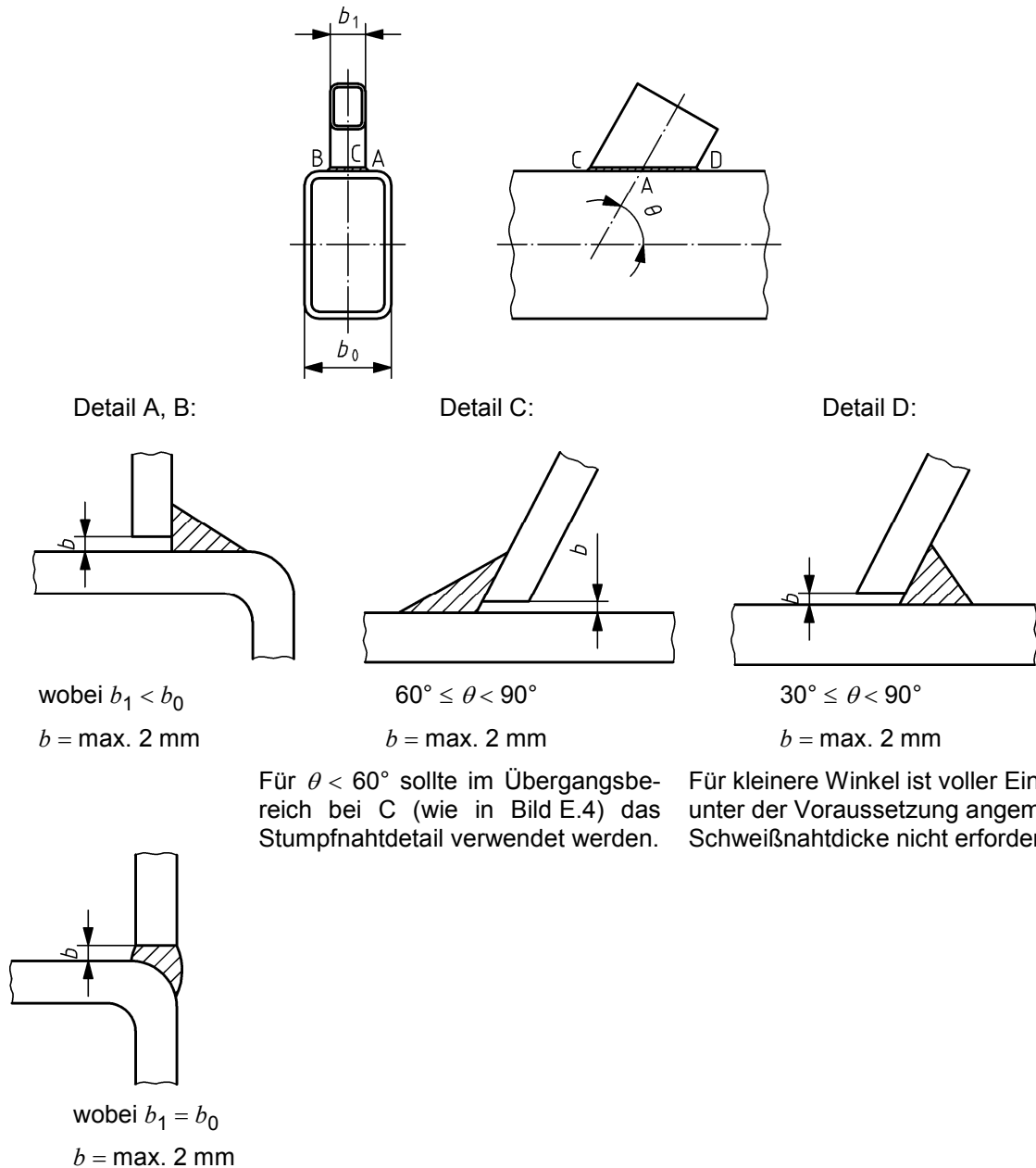
ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1 Fall 3.1.1 auf Kreishohlprofile.

Bild E.3 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Kehlnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von kreisförmigen Hohlprofilen



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

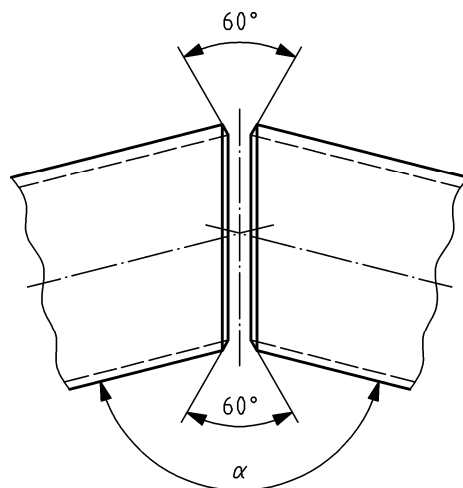
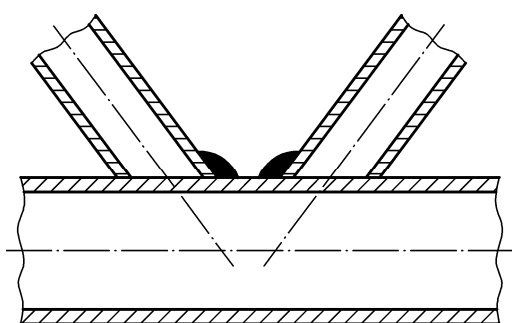


Bild E.6 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Hohlprofilanschlüssen mit Gehrung

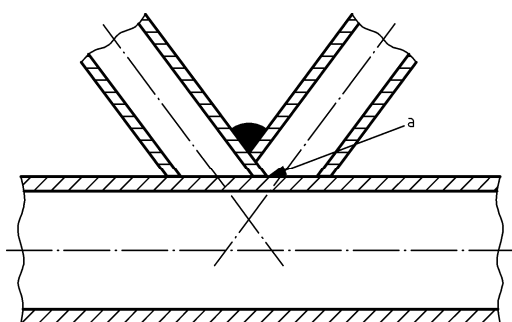


Getrennte Bauteile

Nicht überlappende Schweißnähte

EMPFOHLENE AUSFÜHRUNG

Fall A

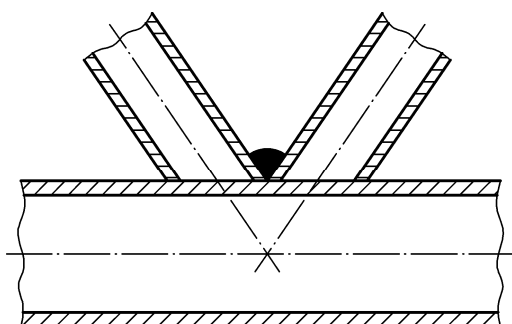


a = Verdeckter vorderer Bereich wird nicht geschweißt, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Überlappende Bauteile

AKZEPTABLE AUSFÜHRUNG

Fall B



Getrennte Bauteile

aber überlappende Schweißnähte

ZU VERMEIDENDE AUSFÜHRUNG

Fall C

Bild E.7 — Anschluss zweier Streben an einen Gurtstab

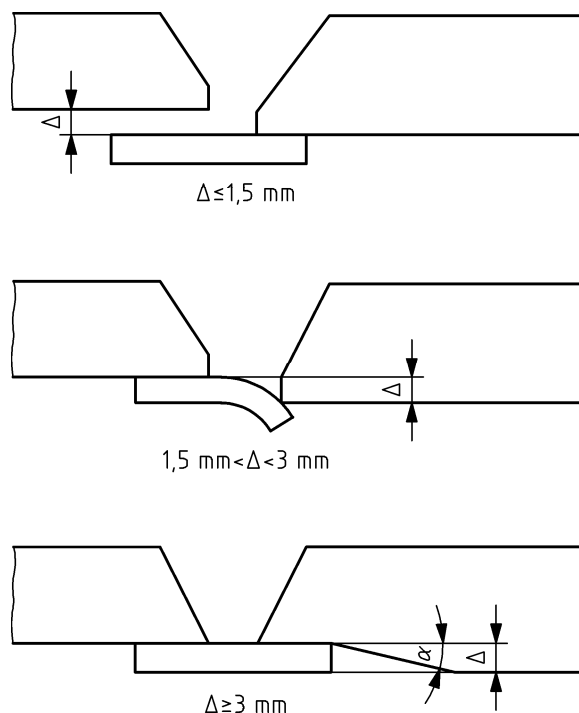
Bei nicht vorwiegend ermüdungsbeanspruchten Anschlüssen können die folgenden Abweichungen zur Anpassung zwischen den Wurzelpunkten oder Wurzelflächen von zentrischen Stumpfstößen zwischen Hohlprofilbauteilen zulässig sein:

- a) 25 % der Dicke der dünneren Konstruktionsmaterialien bei Materialdicken ≤ 12 mm;
- b) 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 Stumpfstöße von Hohlprofilen unterschiedlicher Dicke kann die Anpassung der Materialdicken mit folgenden Empfehlungen nach Bild E.8 durchgeführt werden:

- a) überschreitet der Materialdickenunterschied 1,5 mm nicht, dann sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich;
- b) überschreitet der Materialdickenunterschied 3 mm nicht, dann darf die Schweißbadsicherung zwecks Überbrückung verformt werden (örtliches Warmumformen der Schweißbadsicherung darf erfolgen);
- c) 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

Sind Teile der Stahlkonstruktion selbst nicht als Schweißbadsicherung geeignet, gibt Bild E.9 Empfehlungen für geeignete ring- oder bandförmige Badsicherungen.

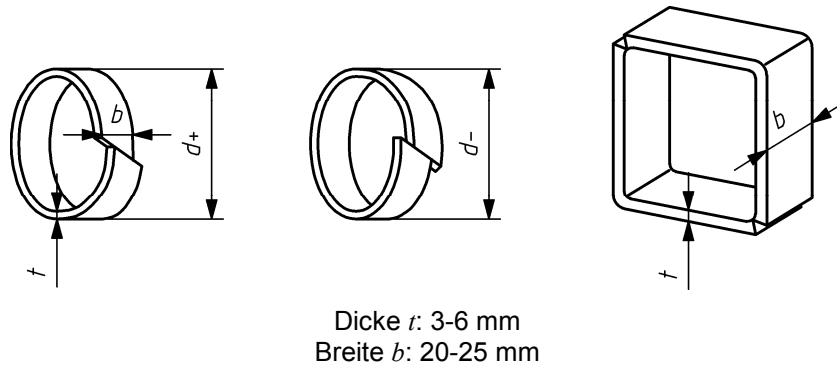


Bild E.9 — Geeignete ring- oder bandförmige Schweißbadsicherungen

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° .

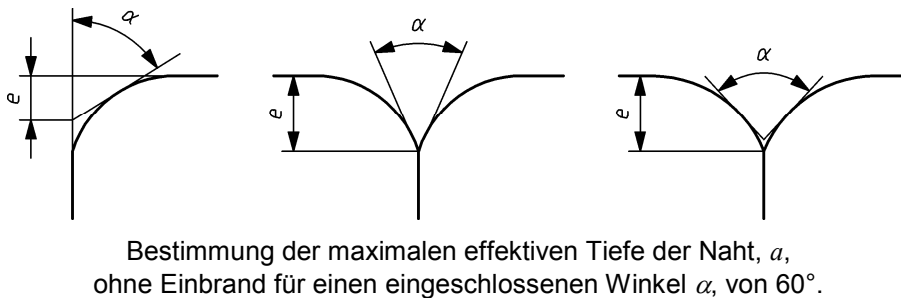


Bild E.10 — Kelch- oder Trichternaht zur Verbindung zweier quadratischer/rechteckiger Bauteile aus Hohlprofilen

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.

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.

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);

- 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 Entrosten 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 $[A_1]$ (siehe EN ISO 14713-2) $[A_1]$.

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.

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 Beschichtungsstoff nach F.6.1 mit einem geeigneten Versiegelungsmittel behandelt werden. Dieses Versiegelungsmittel muss mit dem nachfolgenden Beschichtungsstoff 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  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  ISO 19840; wenn jedoch der Korrosionsschutz durch Verzinken erfolgt, ist die Beschichtung nach EN ISO 2808 zu überprüfen. .
 - 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.

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  [54], [55] und [56] .

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.

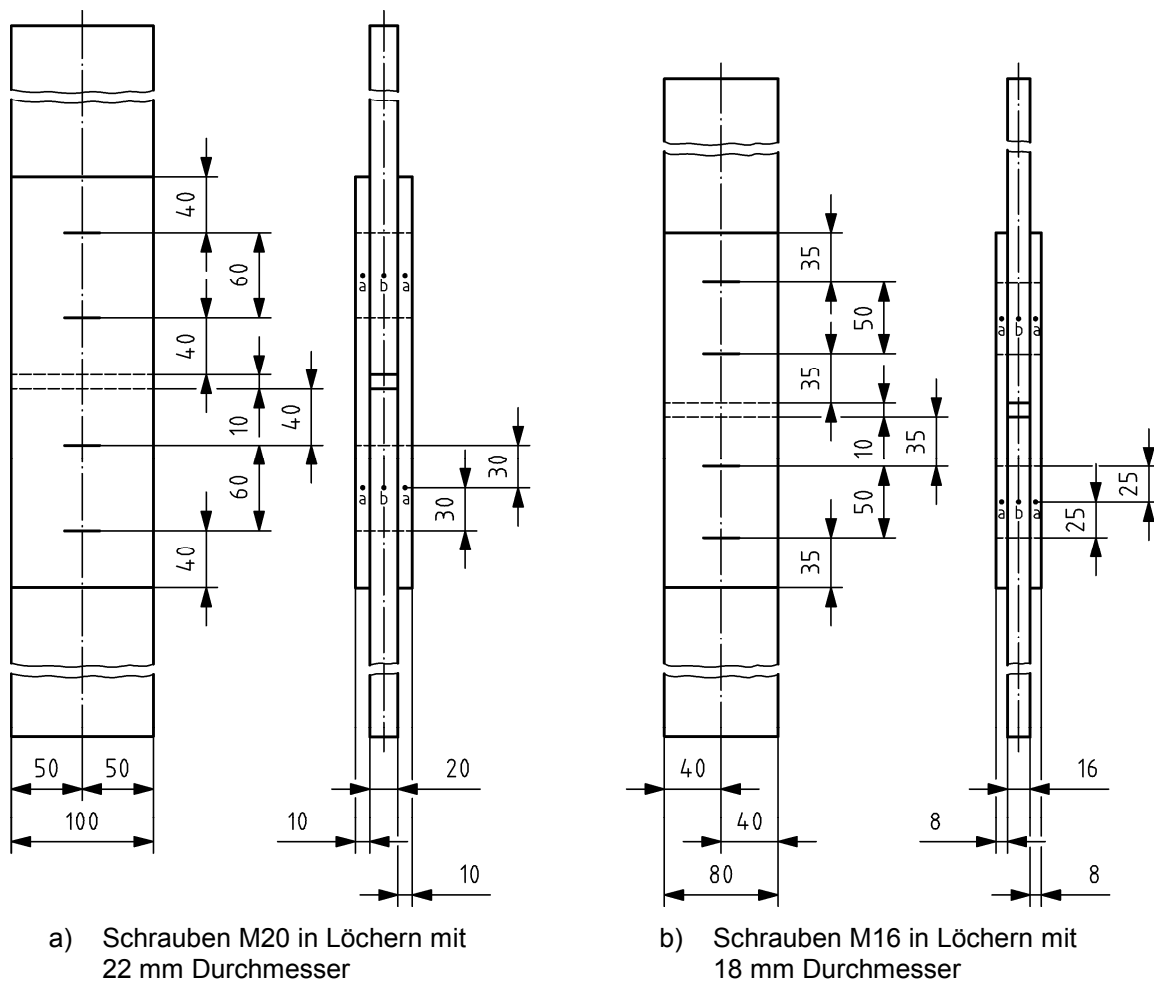


Bild G.1 — Standardprüfkörper zur Prüfung der Haftreibungszahl

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 $\boxed{A_1}$ Messunsicherheit von weniger als $\pm 4\%$ $\boxed{A_1}$ 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 aufgetragenen 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_{Sj} 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.

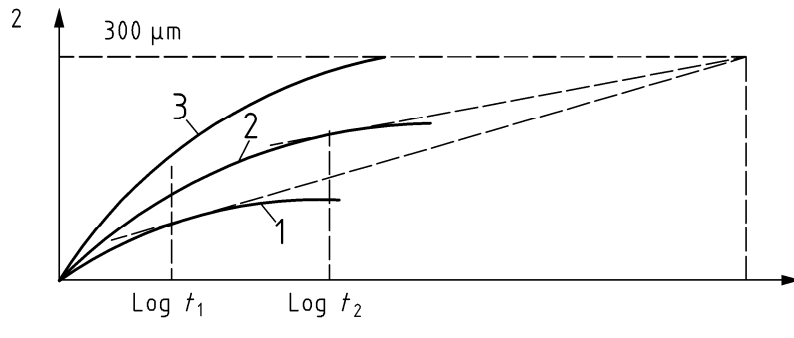
G.5 Erweitertes Kriechprüfungsverfahren und Auswertung

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.



- 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, (°)
θ_{1i}	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem die Schraubenkraft den Maximalwert $F_{bi,max}$ erreicht, (°)
θ_{2i}	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem der Versuch beendet wird, (°)
$\Delta\theta_{1i}$	individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{1i} - \theta_{pi}$), (°)
$\Delta\theta_{2i}$	individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{2i} - \theta_{pi}$), (°)
$\Delta\theta_{2\min}$	Mindestwert der Differenz der Drehwinkel $\Delta\theta_{2i}$, wie in der maßgebenden Produktnorm festgelegt, (°)

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 Drehschrauber 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.

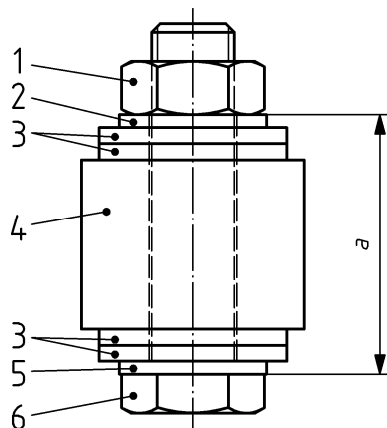
Repräsentative Garnituren müssen aus einer Anzahl von Schrauben, Muttern und Scheiben eines Prüfloses bestehen. Die Versuchsgarnituren dürfen weder für ergänzende Versuche noch im Tragwerk wiederverwendet werden.

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.



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 $\boxed{A_1}$ Drehmomente M_i oder Schraubenkräfte $F_{b,i} \boxed{A_1}$, 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 Anziehmoments M_i , die zum Erreichen der Schraubenkraft erforderlich sind: $F_b = F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$.

$\boxed{A_1}$ Beim Drehmomentverfahren ist der Versuch zu beenden $\boxed{A_1}$, 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 **A1 das kombinierte Vorspannverfahren **A1****

Versuchsanzahl	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

Versuchsanzahl	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.

A1 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 $F_{b,i}$ $V_F \leq 0,10$.

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. 

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 Prüflös  ;
- Kalibrierzertifikate für Anziehgeräte und für Messgeräte zur Bestimmung der Kalibrierkräfte. 

Der Prüfbericht muss unterzeichnet und datiert sein.

Anhang J (normativ)

Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern

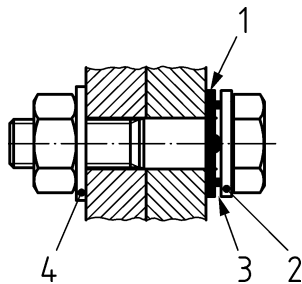
J.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Anforderungen an die Anbringung und Überprüfung von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern.

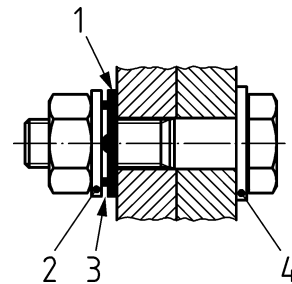
J.2 Anbringung

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)).











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 



Legende

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 kopfseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-6 (für Festigkeitsklasse 8.8 nicht erforderlich) 

ANMERKUNG Bei Anwendung von Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 wird eine gefaste Scheibe unter dem Schraubenkopf benötigt.

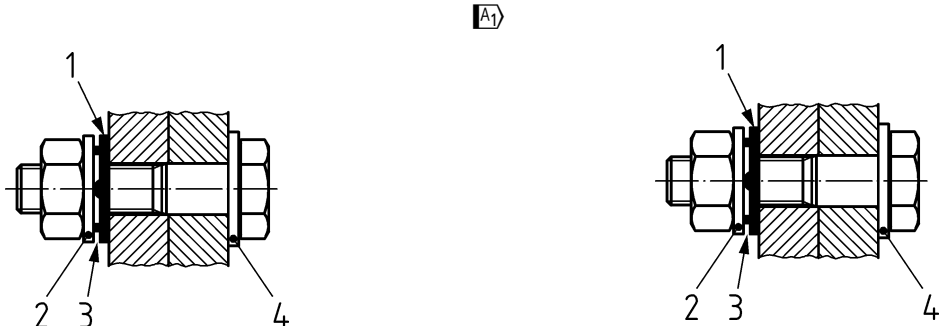
a) Anbringung unter dem Schraubenkopf,
vor dem Anziehen

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.

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 **A1** und der Stirnfläche des Schraubenkopfes angeordnet (siehe **A1** Bild J.2b)).



A1 Legende

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 mutterseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-6 **A1**

A1

A1 Legende

- 1 direkter Kraftanzeiger
- 2 mutterseitige Scheibe
- 3 Spalt
- 4 Scheibe nach EN 14399-5 oder EN 14399-6 **A1**

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)

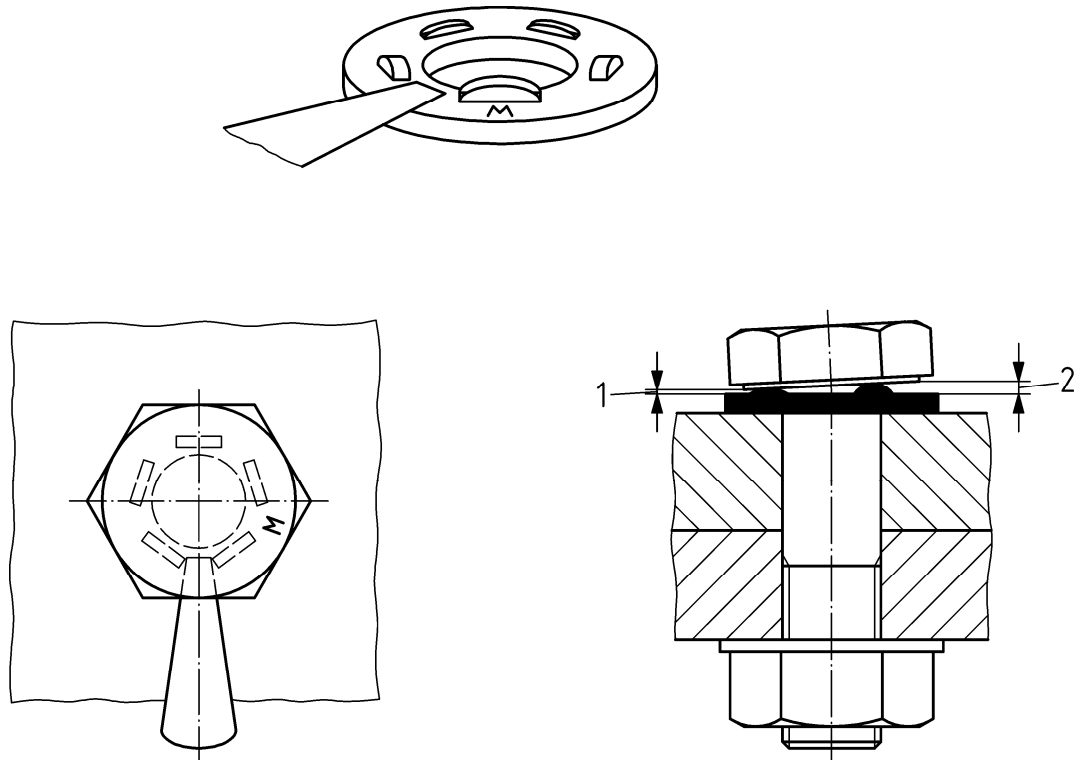
J.3 Überprüfung

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 **A1** EN 14399-9 **A1** 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.

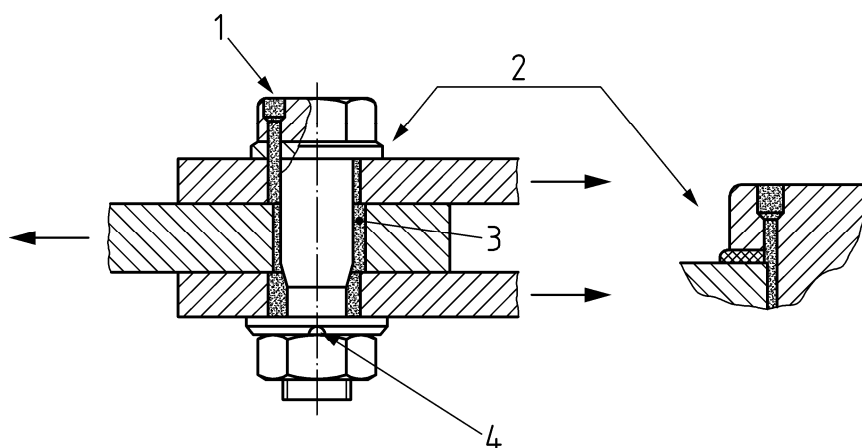
Anhang K (informativ)

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 zweischnittigen 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 [53] .

K.2 Lochmaße

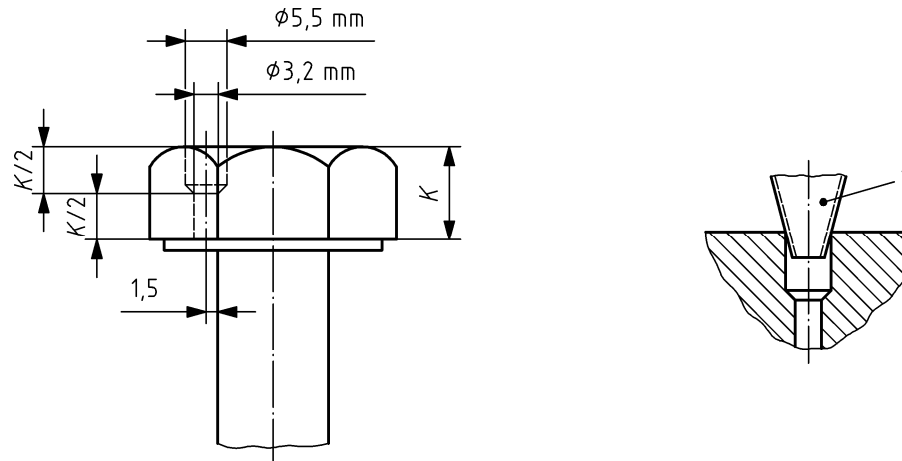
Das Nennspiel der Schraubenlöcher sollte 3 mm betragen. Für Schrauben kleiner als M27 kann das Spiel auf 2 mm abgemindert werden, entsprechend der Festlegung in 6.6 für normal runde Löcher.

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 fasen, 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.

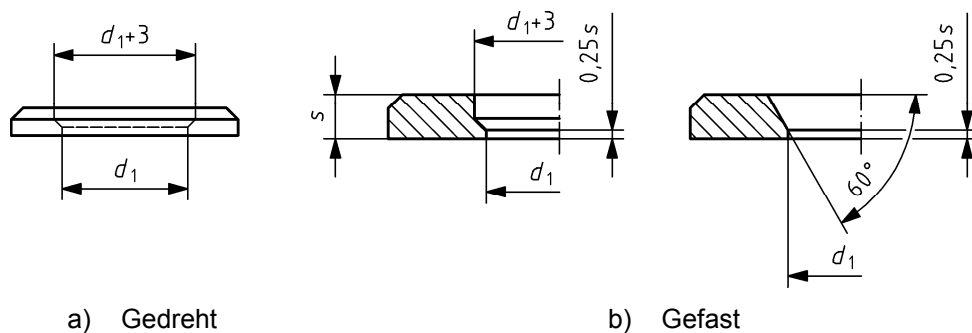
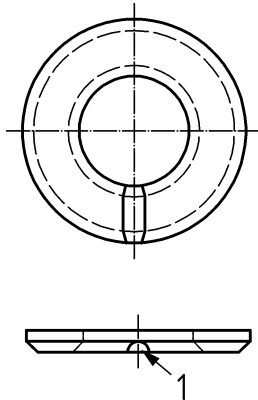


Bild K.3 — Vorbereitung der Scheibe zum Einsatz unter dem Schraubenkopf

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.



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

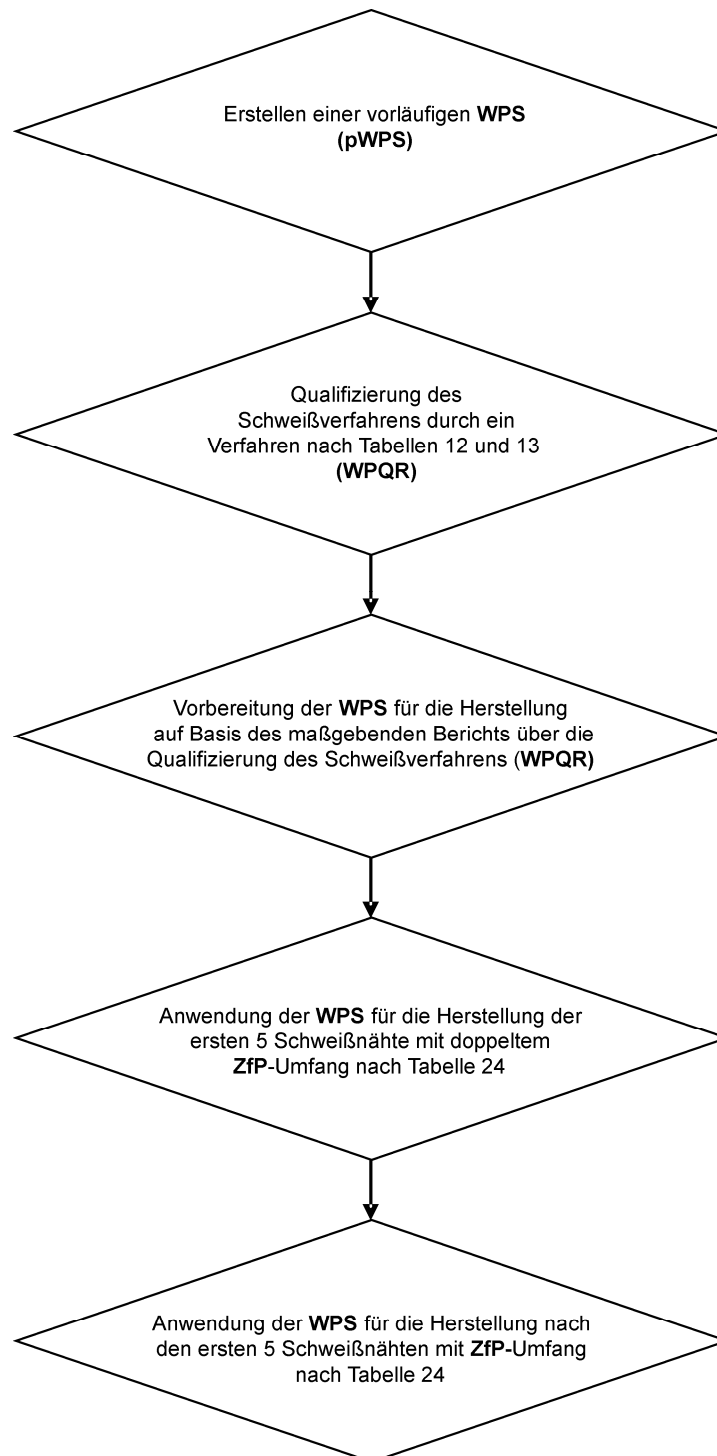


Bild L.1 — Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS

Anhang M (normativ)

Sequentielles Verfahren zur Kontrolle von Verbindungsmitteln

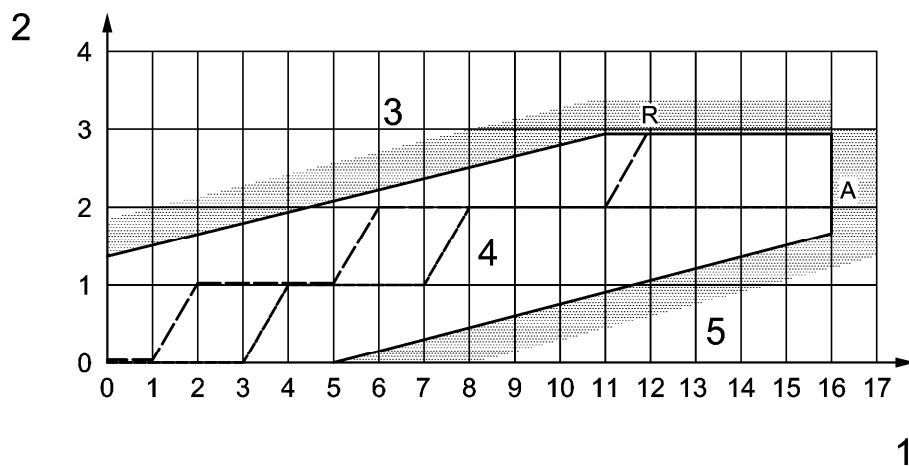
M.1 Allgemeines

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

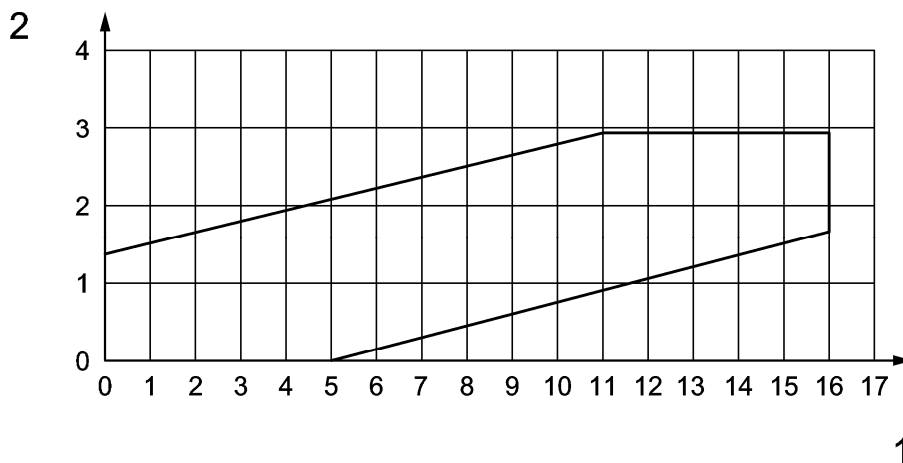
- | | |
|--------------------|--|
| Gepunktete Linie | Das vierte und das achte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Die Kontrolle wird fortgesetzt, bis die vertikale Begrenzungslinie gekreuzt wird. Das Ergebnis lautet „Annahme“. |
| Gestrichelte Linie | Das zweite, sechste und zwölfte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Der Austritt aus dem Unbestimmtheitsbereich erfolgt in den Rückweisungsbereich hinein. Das Ergebnis lautet „Rückweisung“. |

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



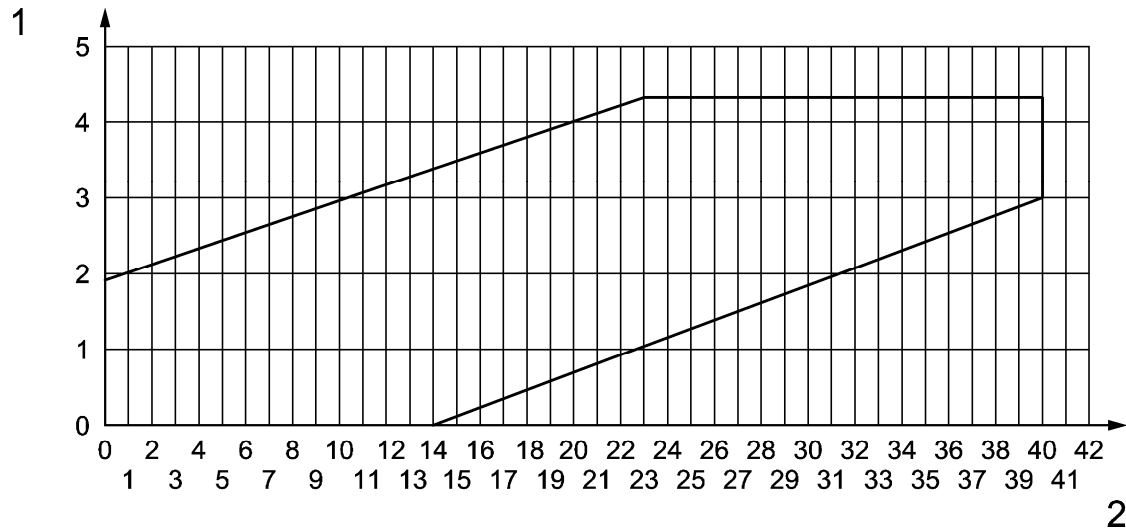
Legende

- 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

Literaturhinweise

- [1] **EN 1090-1**, *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 Querbelastrung*
- [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*
- Ⓐ
- [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* Ⓐ
- [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)*
- Ⓐ
- [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* Ⓐ
- [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)*

- [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]  DAST-Richtlinie 022 *Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen* 
- 
- [56] JRC *Scientific and technical reports. Hot-dip zinc coating of prefabricated structural steel components* 