

DIN EN 1090-2

ICS 91.080.13

Ersatz für
DIN EN 1090-2:2011-10**Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken –
Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken;
Deutsche Fassung EN 1090-2:2018**

Execution of steel structures and aluminium structures –
Part 2: Technical requirements for steel structures;
German version EN 1090-2:2018

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium –
Partie 2: Exigences techniques pour les structures en acier;
Version allemande EN 1090-2:2018

Gesamtumfang 214 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)
DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)



Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1090-2:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl und aus Aluminium“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SN (Norwegen) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-14 AA „Stahlbauten; Herstellung (SpA zu CEN/TC 135 und ISO/TC 167)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) verantwortlich.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 10005	siehe	DIN ISO 10005
ISO 17123-1	siehe	DIN ISO 17123-1
ISO 17123-3	siehe	DIN ISO 17123-3
ISO 17123-4	siehe	DIN ISO 17123-4
ISO/TR 20172	siehe	DIN SPEC 1097
ISO/TR 20173	siehe	DIN SPEC 1116
ISO/TR 20174	siehe	DIN-Fachbericht CEN ISO/TR 20174

Dieses Dokument enthält Nationale Fußnoten in 6.5.4, 7.5.8.2, 11.2.3.4 und Anhang B.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1090-2:2011-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Das Dokument wurde vollständig überarbeitet.
- b) Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente und dünnwandige Profilbleche aus Stahl sowie tragende, kaltgeformte Bauteile aus Stahl für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen wurden aus diesem Teil der Normenreihe EN 1090 entfernt, da diese in EN 1090-4 gegeben werden.
- c) Der informative Anhang B, der Hilfestellung für die Bestimmung der Ausführungsklasse gab, wurde entfernt, da die normativen Anforderungen an die Auswahl der Ausführungsklasse in EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Anhang C integriert wurden.
- d) Es wurde ein neuer informativer Anhang D aufgenommen, der Hilfestellung für ein Verfahren zur Überprüfung der Eignung automatisierter thermischer Schneidprozesse gibt.
- e) Es wurde ein neuer informativer Anhang I aufgenommen, der Hilfestellung bei der Bestimmung der Vorspannkraftverluste infolge dicker Beschichtungen auf Kontaktoberflächen in vorgespannten Verbindungen gibt.
- f) Der normative Anhang J „Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern“ wurde entfernt.
- g) Es wurde ein neuer informativer Anhang L aufgenommen, der Hilfestellung bei der Auswahl der Schweißnahtklassen gibt.
- h) Andere Anhänge wurden entsprechend neu nummeriert: Anhang D wird zu Anhang B; Anhang K wird zu Anhang J; Anhang L wird zu Anhang K.
- i) Die Anhänge A, C, E, F, G, H und M wurden nicht neu nummeriert. Es wurden einige Ergänzungen in diesen Anhängen vorgenommen.

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, 2011-10
DIN EN 1090-2/A1: 2011-03

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN-Fachbericht CEN ISO/TR 20174, *Schweißen — Werkstoffgruppeneinteilung — Japanische Werkstoffe*

DIN ISO 10005, *Qualitätsmanagementsysteme — Leitfaden für Qualitätsmanagementpläne*

DIN ISO 17123-1, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 1: Theorie*

DIN ISO 17123-3, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 3: Theodolite*

DIN ISO 17123-4, *Optik und optische Instrumente — Feldprüfverfahren geodätischer Instrumente — Teil 4: Elektrooptische Distanzmesser (EDM-Messungen mit Reflektoren)*

DIN SPEC 1097, *Schweißen — Werkstoffgruppeneinteilung — Europäische Werkstoffe*

DIN SPEC 1116, *Schweißen — Werkstoffgruppeneinteilung — Amerikanische Werkstoffe*

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 22. Januar 2018 angenommen.

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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

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



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	8
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen.....	12
2.1 Ausgangsprodukte	12
2.1.1 Stähle.....	12
2.1.2 Stahlguss.....	14
2.1.3 Schweißzusätze	14
2.1.4 Mechanische Verbindungsmittel.....	15
2.1.5 Hochfeste Zugglieder.....	16
2.1.6 Lager im Bauwesen.....	16
2.2 Bearbeitung.....	16
2.3 Schweißen.....	17
2.4 Prüfungen.....	18
2.5 Montage.....	19
2.6 Korrosionsschutz.....	19
2.7 Verschiedenes.....	20
3 Begriffe	20
4 Ausführungsunterlagen und Dokumentation.....	23
4.1 Ausführungsunterlagen	23
4.1.1 Allgemeines	23
4.1.2 Ausführungsklassen	23
4.1.3 Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung für den Korrosionsschutz.....	23
4.1.4 Geometrische Toleranzen	24
4.2 Herstellerdokumentation	24
4.2.1 Qualitätsdokumentation.....	24
4.2.2 Qualitätsmanagementplan.....	24
4.2.3 Arbeitssicherheit.....	25
4.2.4 Ausführungsdokumentation	25
5 Ausgangsprodukte	25
5.1 Allgemeines	25
5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit.....	26
5.3 Stahlprodukte	27
5.3.1 Allgemeines	27
5.3.2 Grenzabmaße der Dicke.....	28
5.3.3 Oberflächenbeschaffenheit.....	29
5.3.4 Zusätzliche Eigenschaften	29
5.4 Stahlguss.....	30
5.5 Schweißzusätze	30
5.6 Mechanische Verbindungsmittel.....	32
5.6.1 Allgemeines	32
5.6.2 Bezeichnungsweise.....	32
5.6.3 Garnituren für nicht vorgespannte Schraubenverbindungen.....	32
5.6.4 Garnituren für vorgespannte Schraubenverbindungen	33
5.6.5 Direkte Kraftanzeiger	33

5.6.6	Wetterfeste Garnituren.....	34
5.6.7	Ankerschrauben	34
5.6.8	Sicherungselemente	34
5.6.9	Scheiben.....	34
5.6.10	Niete zum Warmnieten.....	35
5.6.11	Besondere Verbindungsmittel	35
5.6.12	Lieferung und Kennzeichnung.....	35
5.7	Bolzen und Kopfbolzen	35
5.8	Betonstahl mit Schweißverbindung zu Baustahl.....	35
5.9	Vergussmaterial.....	35
5.10	Dehnfugen bei Brücken.....	36
5.11	Hochfeste Zugglieder, Stäbe und Endverbindungen	36
5.12	Lager im Bauwesen.....	36
6	Vorbereitung und Zusammenbau	36
6.1	Allgemeines	36
6.2	Identifizierbarkeit	37
6.3	Handhabung und Lagerung.....	37
6.4	Schneiden	39
6.4.1	Allgemeines	39
6.4.2	Scherschneiden und Nibbeln.....	39
6.4.3	Thermisches Schneiden	39
6.4.4	Härte freier Schnittflächen	40
6.5	Formgebung	40
6.5.1	Allgemeines	40
6.5.2	Warmumformen	41
6.5.3	Flammrichten.....	41
6.5.4	Kaltumformen	42
6.6	Lochen	44
6.6.1	Maße von Löchern.....	44
6.6.2	Toleranzen von Lochdurchmessern bei Schrauben und Bolzen.....	45
6.6.3	Ausführung von Löchern	46
6.7	Ausschnitte	47
6.8	Oberflächen von Kontaktstößen.....	47
6.9	Zusammenbau	48
6.10	Überprüfung des Zusammenbaus	48
7	Schweißen.....	48
7.1	Allgemeines	48
7.2	Schweißplan.....	49
7.2.1	Erfordernis eines Schweißplanes.....	49
7.2.2	Inhalt eines Schweißplans	49
7.3	Schweißprozesse	50
7.4	Qualifizierung des Schweißverfahrens und des Schweißpersonals.....	50
7.4.1	Qualifizierung des Schweißverfahrens	50
7.4.2	Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen	53
7.4.3	Schweißaufsicht.....	53
7.5	Vorbereitung und Ausführung von Schweißarbeiten.....	55
7.5.1	Schweißnahtvorbereitung	55
7.5.2	Lagerung und Handhabung von Schweißzusätzen	56
7.5.3	Witterungsschutz	56
7.5.4	Zusammenbau für das Schweißen	56
7.5.5	Vorwärmen.....	57
7.5.6	Montagehilfen.....	57
7.5.7	Heftnähte	57
7.5.8	Kehlnähte	58

7.5.9	Stumpfnähte	59
7.5.10	Schweißen wetterfester Stähle.....	60
7.5.11	Rohrabzweigungen in Hohlprofilfachwerken.....	60
7.5.12	Bolzenschweißen.....	60
7.5.13	Schlitz- und Lochnähte.....	60
7.5.14	Andere Schweißnahtarten	61
7.5.15	Wärmebehandlung nach dem Schweißen	61
7.5.16	Ausführung von Schweißarbeiten.....	61
7.5.17	Schweißen von orthotropen Brückenfahrbahnen	61
7.6	Abnahmekriterien.....	61
7.6.1	Routineanforderungen.....	61
7.6.2	Anforderungen bezüglich Ermüdung.....	62
7.6.3	Orthotrope Brückenfahrbahnen.....	62
7.7	Schweißen nichtrostender Stähle	62
8	Mechanisches Verbinden.....	63
8.1	Allgemeines	63
8.2	Einsatz von Schraubengarnituren	63
8.2.1	Allgemeines	63
8.2.2	Schrauben.....	63
8.2.3	Muttern.....	64
8.2.4	Scheiben	64
8.3	Anziehen nicht vorgespannter Schraubengarnituren	65
8.4	Vorbereitung von Kontaktflächen für gleitfeste Verbindungen	66
8.5	Anziehen vorgespannter Schraubengarnituren.....	67
8.5.1	Allgemeines	67
8.5.2	Referenz-Drehmomente	69
8.5.3	Drehmomentverfahren	69
8.5.4	Kombiniertes Vorspannverfahren.....	70
8.5.5	Verfahren für HRC-Schrauben	70
8.5.6	Verfahren mit direkten Kraftanzeigern	71
8.6	Passschrauben.....	72
8.7	Warmnieten.....	72
8.7.1	Niete.....	72
8.7.2	Einbau von Nieten	72
8.7.3	Abnahmekriterien.....	73
8.8	Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden	73
8.9	Verschleiß und Fressen bei nichtrostenden Stählen.....	74
9	Montage.....	74
9.1	Allgemeines	74
9.2	Baustellenbedingungen	74
9.3	Montageverfahren.....	75
9.3.1	Bemessungsgrundlagen für das Montageverfahren.....	75
9.3.2	Montageverfahren des Herstellers	76
9.4	Vermessung	77
9.4.1	Bezugssystem.....	77
9.4.2	Positionspunkte	77
9.5	Abstützungen, Verankerungen und Lager	78
9.5.1	Inspektion von Abstützungen	78
9.5.2	Ausrichten und Eignung von Abstützungen.....	78
9.5.3	Aufrechterhaltung der Gebrauchsfähigkeit der Abstützungen.....	78
9.5.4	Temporäre Abstützungen.....	78
9.5.5	Vergießen und Abdichten.....	79
9.5.6	Verankerungen.....	80
9.6	Montage- und Baustellenarbeiten.....	80

9.6.1	Montagepläne	80
9.6.2	Kennzeichnung.....	80
9.6.3	Handhabung und Lagerung auf der Baustelle.....	80
9.6.4	Probemontage	81
9.6.5	Montagearbeiten	81
10	Oberflächenbehandlung	83
10.1	Allgemeines	83
10.2	Vorbereitung von Stahloberflächen für organische Beschichtungen	84
10.3	Wetterfeste Stähle.....	84
10.4	Kontaktkorrosion.....	85
10.5	Feuerverzinken	85
10.6	Fugenabdichtung.....	85
10.7	Oberflächen in Kontakt mit Beton	86
10.8	Unzugängliche Oberflächen.....	86
10.9	Reparaturen nach dem Schneiden oder Schweißen.....	86
10.10	Reinigung von nichtrostenden Stahlbauteilen nach der Montage	86
11	Geometrische Toleranzen	86
11.1	Toleranzkategorien.....	86
11.2	Grundlegende Toleranzen	87
11.2.1	Allgemeines	87
11.2.2	Herstelltoleranzen	87
11.2.3	Montagetoleranzen.....	88
11.3	Ergänzende Toleranzen	89
11.3.1	Allgemeines	89
11.3.2	Tabellierte Werte	90
11.3.3	Alternative Kriterien.....	90
12	Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen.....	90
12.1	Allgemeines	90
12.2	Ausgangsprodukte und Bauteile.....	91
12.2.1	Ausgangsprodukte	91
12.2.2	Bauteile	91
12.2.3	Nichtkonforme Produkte.....	91
12.3	Fertigung: geometrische Abmessungen von hergestellten Bauteilen	91
12.4	Schweißen	93
12.4.1	Allgemeines	93
12.4.2	Inspektion nach dem Schweißen.....	93
12.4.3	Inspektion und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton.....	97
12.4.4	Arbeitsprüfungen beim Schweißen.....	97
12.4.5	Inspektion und Prüfung beim Schweißen von Betonstahl.....	97
12.5	Mechanisches Verbinden.....	97
12.5.1	Inspektion nicht vorgespannter Schraubverbindungen.....	97
12.5.2	Inspektion und Prüfung vorgespannter Schraubverbindungen.....	98
12.5.3	Inspektion, Prüfung und Reparatur von warmgenieteten Nieten.....	101
12.5.4	Besondere Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden	102
12.6	Oberflächenbehandlung und Korrosionsschutz.....	102
12.7	Montage.....	103
12.7.1	Inspektion der Probemontage.....	103
12.7.2	Inspektion des errichteten Tragwerks.....	103
12.7.3	Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten	103
12.7.4	Sonstige Abnahmeprüfungen.....	105
Anhang A (normativ) Zusatzangaben, Auswahlmöglichkeiten und auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen		106
A.1	Zusatzangaben.....	106

A.2	Auswahlmöglichkeiten	110
A.3	Auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen	115
Anhang B (normativ) Geometrische Toleranzen		120
B.1	Allgemeines	120
B.2	Herstelltoleranzen	120
B.3	Montagetoleranzen	143
Anhang C (informativ) Checkliste für den Inhalt eines Qualitätsmanagementplans		158
C.1	Allgemeines	158
C.2	Inhalt	158
C.2.1	Management	158
C.2.2	Spezifikationsbewertung	158
C.2.3	Dokumentation	158
C.2.4	Inspektions- und Prüfverfahren	160
Anhang D (informativ) Verfahren zum Prüfen der Eignung automatisierter thermischer Schneidverfahren		161
D.1	Allgemeines	161
D.2	Beschreibung des Verfahrens	162
D.2.1	Allgemeines	162
D.2.2	Gemittelte Rautiefe Rz_5	162
D.2.3	Rechtwinkligkeits- und Neigungstoleranz	163
D.2.4	Härteprüfung	164
D.3	Qualifizierungsbereich	164
D.3.1	Werkstoffgruppen	164
D.3.2	Werkstoffdicke	165
D.3.3	Gasdrücke	165
D.3.4	Schneidgeschwindigkeit und Schnitthöhe	165
D.3.5	Vorwärmtemperatur	165
D.4	Prüfbericht	165
Anhang E (informativ) Geschweißte Hohlprofilverbindungen		168
E.1	Allgemeines	168
E.2	Regeln für Nahtanfangs- und -endstellen	168
E.3	Schweißnahtvorbereitung	168
E.4	Zusammenbau für das 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 oder Metallspritzen	179
F.2.2	Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Feuerverzinken	179
F.3	Schweißnähte und Oberflächen zum Schweißen	179
F.4	Oberflächen bei vorgespannten Verbindungen	179
F.5	Behandlung von Verbindungsmitteln	180
F.6	Korrosionsschutzverfahren	180
F.6.1	Organische Beschichtung	180
F.6.2	Metallspritzen	180
F.6.3	Feuerverzinken	181
F.7	Inspektion und Überprüfung	181
F.7.1	Allgemeines	181
F.7.2	Routineüberprüfungen	181

F.7.3	Kontrollflächen	182
F.7.4	Feuerverzinkte Bauteile	182
Anhang G (normativ) Bestimmung der Haftreibungszahl.....		183
G.1	Allgemeines	183
G.2	Maßgebende Kenngrößen.....	183
G.3	Prüfkörper	183
G.4	Prüfverfahren und Auswertung der Ergebnisse	186
G.5	Erweitertes Kriechprüfverfahren und Auswertung	188
G.6	Prüfergebnisse	189
Anhang H (normativ) Kalibrierprüfung für vorgespannte Schraubengarnituren unter Baustellenbedingungen		190
H.1	Allgemeines	190
H.2	Symbole und Einheiten.....	190
H.3	Prinzip der Prüfung.....	191
H.4	Prüfapparatur.....	191
H.5	Prüfgarnituren	191
H.6	Prüfaufbau	191
H.7	Prüfverfahren	192
H.8	Auswertung der Prüfergebnisse	193
H.9	Prüfbericht.....	194
Anhang I (informativ) Bestimmung der Vorspannkraftverluste bei dicken Oberflächenbeschichtungen.....		195
I.1	Allgemeines	195
I.2	Prüfdurchführung.....	196
Anhang J (informativ) Harz-Injektions-Schrauben.....		198
J.1	Allgemeines	198
J.2	Lochmaße.....	198
J.3	Schrauben.....	198
J.4	Scheiben.....	199
J.5	Muttern.....	200
J.6	Harz	200
J.7	Anziehen	200
J.8	Installation.....	200
Anhang K (informativ) Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer Schweißanweisung (WPS).....		202
Anhang L (informativ) Leitfaden für die Auswahl von Schweißnahtklassen.....		203
L.1	Allgemeines	203
L.2	Auswahlkriterien	203
L.3	Umfang der ergänzenden Prüfungen	205
Anhang M (normativ) Sequentielles Verfahren zur Inspektion von Verbindungsmitteln.....		206
M.1	Allgemeines	206
M.2	Anwendung.....	207
Literaturhinweise.....		208

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 1090-2:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl und aus Aluminium“ erarbeitet, dessen Sekretariat von SN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1090-2:2008+A1:2011.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben.

Dieses Dokument ist Teil der Normenreihe EN 1090, die aus den folgenden Teilen besteht:

- EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*
- EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*
- EN 1090-3, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 3: Technische Anforderungen an Aluminiumtragwerke*
- EN 1090-4, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*
- EN 1090-5, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 5: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Aluminium und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*

Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente und dünnwandige Profilbleche aus Stahl sowie tragende, kaltgeformte Bauteile aus Stahl für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen wurden aus diesem Teil der Normenreihe EN 1090 entfernt, da diese in EN 1090-4 angegeben werden.

Der informative Anhang B, der Hilfestellung für die Bestimmung der Ausführungsklasse gab, wurde entfernt, da die normativen Anforderungen an die Auswahl der Ausführungsklasse in EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Anhang C integriert wurden.

Es wurde ein neuer informativer Anhang D aufgenommen, der Hilfestellung für ein Verfahren zur Überprüfung der Eignung automatisierter thermischer Schneidprozesse gibt.

Es wurde ein neuer informativer Anhang I aufgenommen, der Hilfestellung bei der Bestimmung der Vorspannkraftverluste infolge dicker Beschichtungen auf Kontaktoberflächen in vorgespannten Verbindungen gibt.

Der normative Anhang J „Einsatz von Scheiben mit direkten Kraftanzeigern“ wurde entfernt.

Es wurde ein neuer informativer Anhang L aufgenommen, der Hilfestellung bei der Auswahl der Schweißnahtklassen gibt.

Andere Anhänge wurden entsprechend neu nummeriert:

- Anhang D wird zu Anhang B;
- Anhang K wird zu Anhang J;
- Anhang L wird zu Anhang K.

Die Anhänge A, C, E, F, G, H und M wurden nicht neu nummeriert.

Es wurden einige Ergänzungen in diesen Anhängen vorgenommen.

Der Haupttext enthält einige Änderungen. Er enthält aktualisierte Verweisungen auf unterstützende Normen und einige Korrekturen.

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

Einleitung

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

Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Ausführung von Stahltragwerken fest, insbesondere derer, die nach der Normenreihe EN 1993 bemessen wurden, und von Stahlteilen in Verbundtragwerken aus Stahl und Beton, die nach der Normenreihe EN 1994 bemessen wurden.

Diese Europäische Norm setzt voraus, dass die Arbeiten mit der notwendigen Fachkunde sowie mit der angemessenen technischen Ausrüstung und den angemessenen technischen 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 Bauteilen fest, die hergestellt sind aus:

- warmgewalzten Baustahlerzeugnissen bis einschließlich Sorte S700;
- kaltgeformten Bauteilen und dünnwandigen Profilblechen bis einschließlich Sorte S700 (außer innerhalb des Anwendungsbereichs von EN 1090-4);
- warmgeformten oder kaltgeformten austenitischen, austenitisch-ferritischen und ferritischen nicht-rostenden Stahlerzeugnissen;
- warmgeformten oder kaltgeformten Hohlprofilen, einschließlich standardisierter und sondergefertigter Walzerzeugnisse sowie geschweißter Hohlprofile.

Bei Bauteilen aus kaltgeformten Komponenten und kaltgeformten Hohlprofilen, die im Anwendungsbereich von EN 1090-4 liegen, haben die Anforderungen von EN 1090-4 Vorrang vor den entsprechenden Anforderungen in dieser Europäischen Norm.

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

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

Diese Europäische Norm gilt für Tragwerke, die nach dem entsprechenden Teil von EN 1993 bemessen wurden. Es ist vorgesehen, dass nach EN 1993-5 bemessene Spundwände, Verdrängungspfähle und Mikropfähle nach EN 12063, EN 12699 bzw. nach EN 14199 ausgeführt werden. Diese Europäische Norm gilt nur für die Ausführung von Gurtungen, Aussteifungen und Verbindungen.

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 die Anforderungen an das Schweißen von Betonstahl an Baustahl. Diese Europäische Norm enthält keine Anforderungen an Betonstähle für Stahlbetonanwendungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

2.1 Ausgangsprodukte

2.1.1 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, *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 thermo-mechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetter-feste 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 — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10034, *I- und H-Profile aus Baustahl; Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10048, *Warmgewalzter Bandstahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10051, *Kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech abgelängt aus Warmbreitband aus unlegierten und legierten Stählen — 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 Form-toleranzen*

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 10088-4:2009, *Nichtrostende Stähle — Teil 4: Technische Lieferbedingungen für Blech und Band aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen*
- EN 10088-5:2009, *Nichtrostende Stähle — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für Stäbe, Walzdraht, gezogenen Draht, Profile und Blankstahlerzeugnisse aus korrosionsbeständigen Stählen für das Bauwesen*
- EN 10131, *Kaltgewalzte Flacherzeugnisse ohne Überzug und mit elektrolytischem Zink- oder Zink-Nickel-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 (alle Teile), *Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen*
- EN 10163 (alle Teile), *Lieferbedingungen für die Oberflächenbeschaffenheit von warmgewalzten Stahlerzeugnissen (Blech, Breitflachstahl und Profile)*
- EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10169, *Kontinuierlich organisch beschichtete (bandbeschichtete) Flacherzeugnisse aus Stahl — Technische Lieferbedingungen*
- 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 Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*
- EN 10279, *Warmgewalzter U-Profilstahl — Grenzabmaße, Formtoleranzen und Grenzabweichungen der Masse*

EN 10296-2:2005, *Geschweißte kreisförmige Stahlrohre für den Maschinenbau und allgemeine technische Anwendungen — Technische Lieferbedingungen — Teil 2: Nichtrostende Stähle*

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 zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10365, *Warmgewalzter U-Profilstahl, I- und H-Träger — Maße und Masse*

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

EN ISO 9444-2, *Kontinuierlich warmgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen — Teil 2: Warmbreitband und Blech (ISO 9444-2)*

EN ISO 9445 (alle Teile), *Kontinuierlich kaltgewalzter nichtrostender Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen (Normenreihe ISO 9445)*

EN ISO 18286, *Warmgewalztes Blech aus nichtrostendem Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen (ISO 18286)*

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

2.1.2 Stahlguss

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

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

EN 10340, *Stahlguss für das Bauwesen*

2.1.3 Schweißzusätze

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

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

EN ISO 3581, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 3581)*

EN ISO 13918, *Schweißen — Bolzen und Keramikringe für das Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918)*

EN ISO 14171, *Schweißzusätze — Massivdrahtelektroden, Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornstählen — Einteilung (ISO 14171)*

EN ISO 14174, *Schweißzusätze — Pulver zum Unterpulverschweißen und Elektroschlackeschweißen — Einteilung (ISO 14174)*

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

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

EN ISO 14343, *Schweißzusätze — Drahtelektroden, Bandelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen — Einteilung (ISO 14343)*

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

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

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

EN ISO 18275, *Schweißzusätze — Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung (ISO 18275)*

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

EN ISO 26304, *Schweißzusätze — Massivdrahtelektroden, Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von hochfesten Stählen — Einteilung (ISO 26304)*

2.1.4 Mechanische Verbindungsmittel

EN 14399 (alle Teile), *Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau*

EN 15048 (alle Teile), *Garnituren für nicht vorgespannte Schraubverbindungen im Metallbau*

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)*

EN ISO 898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-2)*

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

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

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

EN ISO 6789 (alle Teile), *Schraubwerkzeuge — Handbetätigte Drehmoment-Schraubwerkzeuge (ISO 6789)*

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

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

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

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

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

EN ISO 7094, *Flache Scheiben — Extra große Reihe — Produktklasse C (ISO 7094)*

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

EN ISO 21670, *Mechanische Verbindungselemente — Sechskant-Schweißmuttern mit Flansch (ISO 21670)*

2.1.5 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 Zinklegierungen*

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*

2.1.6 Lager im Bauwesen

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 Festhaltekonstruktionen*

2.2 Bearbeitung

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

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

CEN/TR 10347, *Guidance for forming of structural steels in processing*

2.3 Schweißen

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

EN 1011-2, *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 ISO 3834 (alle Teile), *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 3834)*

EN ISO 4063, *Schweißen und verwandte Prozesse — Liste der Prozesse und Ordnungsnummern (ISO 4063)*

EN ISO 5817:2014, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:2014)*

EN ISO 9606-1:2017, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle (ISO 9606-1:2017)*

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

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

EN ISO 11970, *Anforderungen und Anerkennung von Schweißverfahren für das Produktionsschweißen von Stahlguss (ISO 11970)*

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

EN ISO 14554 (alle Teile), *Schweißtechnische Qualitätsanforderungen — Widerstandsschweißen metallischer Werkstoffe (Normenreihe ISO 14554)*

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

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

EN ISO 14732, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern und Einrichtern zum mechanischen und automatischen Schweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14732)*

EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607)*

CEN ISO/TR 15608, *Schweißen — Richtlinien für eine Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen*

EN ISO 15609 (alle Teile), *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung (ISO 15609)*

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

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

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

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

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)*

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

EN ISO 15614-12, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 12: Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißen (ISO 15614-12)*

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

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

EN ISO 17652-1, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (ISO 17652-1)*

EN ISO 17652-2, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 2: Schweißeigenschaften von Fertigungsbeschichtungen (ISO 17652-2)*

EN ISO 17652-3, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 3: Thermisches Schneiden (ISO 17652-3)*

EN ISO 17652-4, *Schweißen — Prüfung von Fertigungsbeschichtungen für das Schweißen und für verwandte Prozesse — Teil 4: Emission von Rauchen und Gasen (ISO 17652-4)*

EN ISO 17660 (alle Teile), *Schweißen — Schweißen von Betonstahl (Normenreihe ISO 17660)*

2.4 Prüfungen

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

EN ISO 3452-1, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen (ISO 3452-1)*

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

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

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712)*

EN ISO 17635, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Allgemeine Regeln für metallische Werkstoffe (ISO 17635)*

EN ISO 17636 (alle Teile), *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung (Normenreihe ISO 17636)*

EN ISO 17637, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Sichtprüfung von Schmelzschweißverbindungen (ISO 17637)*

EN ISO 17638, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung (ISO 17638)*

EN ISO 17640, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Techniken, Prüfklassen und Bewertung (ISO 17640)*

EN ISO 23279, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Charakterisierung von Inhomogenitäten in Schweißnähten (ISO 23279)*

2.5 Montage

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

ISO 4463 (alle Teile), *Measurement methods for building; setting-out and measurement*

2.6 Korrosionsschutz

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

EN ISO 2063 (alle Teile), *Thermisches Spritzen — Zink, Aluminium und ihre Legierungen (Normenreihe ISO 2063)*

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

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

EN ISO 8502 (alle Teile), *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Prüfungen zum Beurteilen der Oberflächenreinheit (ISO 8502)*

EN ISO 8503 (alle Teile), *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen (ISO 8503)*

EN ISO 8504 (alle Teile), *Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen — Verfahren für die Oberflächenvorbereitung (ISO 8504)*

EN ISO 12670, *Thermisches Spritzen — Bauteile mit thermisch gespritzten Schichten — Technische Lieferbedingungen (ISO 12670)*

EN ISO 12679, *Thermisches Spritzen — Empfehlungen für das thermische Spritzen (ISO 12679)*

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

EN ISO 14713-1:2017, *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion — Teil 1: Allgemeine Konstruktionsgrundsätze und Korrosionsbeständigkeit (ISO 14713-1)*

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

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*

2.7 Verschiedenes

EN 1090-4, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 4: Technische Anforderungen an tragende, kaltgeformte Bauelemente aus Stahl und tragende, kaltgeformte Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen*

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

EN 1993-1-9:2005, *Eurocode 3 Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

EN 1993-2:2006, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 2: Stahlbrücken*

EN 13670, *Ausführung von Tragwerken aus Beton*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Bauwerk

alles, was gebaut ist oder aus baulicher Tätigkeit resultiert

Anmerkung 1 zum Begriff: 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 auf nichttragende Teile.

3.2

Stahltragwerk

stahlbaulicher Teil des Bauwerks

3.3

Stahlkonstruktion

Tragwerksteile oder hergestellte Bauteile aus Stahl, die im Bauwerk das Stahltragwerk bilden

3.4

Hersteller

Person oder Organisation, die das Stahltragwerk ausführt

3.5

Tragwerk

planmäßige Anordnung miteinander verbundener Bauteile, die so entworfen sind, dass sie ein bestimmtes Maß an Tragfähigkeit und Steifigkeit aufweisen

[QUELLE: EN 1990:2002, 1.5.1.6]

3.6

Herstellung

jegliche Tätigkeit, die zur Produktion und Lieferung eines Bauteils erforderlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Je nach vorliegenden Gegebenheiten gehören dazu z. B. Materialbeschaffung, Vorbereitung und Zusammenbau, Schweißen, mechanisches Verbinden, Transportieren, Oberflächenschutz und die zugehörige Inspektion und Dokumentation.

3.7

Ausführung

jegliche Tätigkeit zur Fertigstellung von Bauwerken

Anmerkung 1 zum Begriff: D. h. Herstellen, Montage und die zugehörige Inspektion 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 zum Begriff: Ausführungsunterlagen schließen Anforderungen ein, wo diese Europäische Norm festzulegende Punkte durch die Bereitstellung zusätzlicher Informationen oder die Annahme zulässiger Optionen ausweist (siehe Anhang A).

3.7.2

Ausführungsklasse

als Klasse zusammengefasste Anforderungen, die für die Ausführung des Stahltragwerks als Ganzes, eines einzelnen Bauteils oder eines Details eines Bauteils festgelegt sind

3.8

Ausgangsprodukt

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

3.9

Bauteil

Teil des Stahltragwerks, der seinerseits aus mehreren kleineren Bauteilen zusammengesetzt sein kann

3.9.1

kaltgeformtes Bauteil

Langerzeugnisse unterschiedlicher Formen mit einem jeweils über die gesamte Länge gleich bleibenden, offenen oder wieder zusammengefügteten Querschnitt aus warm- oder kaltgewalzten Flacherzeugnissen mit oder ohne Oberflächenveredelung ohne wesentliche Änderung der Dicke durch Kaltumformverfahren (z. B. Walzprofilieren, Ziehen, Pressen, Abkanten) hergestellt

[QUELLE: EN 10079:2007, 3.4.9]

3.10

Bearbeitung

jegliche Tätigkeit, die an Ausgangsprodukten aus Stahl durchgeführt wird, um die Teile für den Zusammenbau und für das Einfügen in Bauteilen fertigzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Je nach vorliegenden Gegebenheiten gehören dazu z. B. Identifizierbarkeit, Handhabung und Lagerung, Schneiden, Formgebung und Lochen.

3.11

Montagekonzept

Erläuterung zur Tragwerksmontage, die Grundlage für die Bemessung ist

3.11.1

Montageanweisung

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

3.12

Inspektions- und Prüfplan

ITP (en: inspection and test plan)

Plan, der Inspektionen und/oder Prüfungen von Dokumenten und/oder Werkstoffen und/oder Verarbeitungen beinhaltet

3.13

Nichtkonformität

Nichterfüllung einer Anforderung

[QUELLE: EN ISO 9000:2015, 3.6.9, modifiziert]

3.14

ergänzende ZfP

ergänzende zerstörungsfreie Prüfung

ZfP-Verfahren, das ergänzend zur Sichtprüfung (VT) erfolgt, z. B. Magnetpulver- (MT), Eindring- (PT), Wirbelstrom- (ET), Ultraschall- (UT) oder Durchstrahlungsprüfung (RT)

3.15

Toleranz

Unterschied zwischen dem oberen Grenzmaß und dem unteren Grenzmaß

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Toleranz ist ein absoluter Wert ohne Vorzeichen.

[QUELLE: ISO 1803:1997, 3.11, Anmerkungen 2 und 3 wurden gelöscht.]

3.15.1

grundlegende Toleranz

grundlegende Grenzwerte für geometrische Toleranzen, deren Einhaltung notwendig ist, um den Annahmen der Tragwerksbemessung im Hinblick auf die mechanische Festigkeit und Standsicherheit zu genügen

3.15.2

ergänzende Toleranz

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

3.15.3

besondere Toleranz

geometrische Toleranz, die nicht Bestandteil der in dieser Europäischen Norm enthaltenen tabellierten Typen und Werte ist und die im Einzelfall festgelegt werden muss

3.15.4

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 des Stahltragwerks müssen die notwendigen Informationen und technischen Anforderungen vor Beginn der Ausführungsarbeiten vereinbart und vollständig sein. Es muss auch geregelt werden, wie bei Änderungen bereits vereinbarter Ausführungsunterlagen zu verfahren ist. Nachstehende Punkte müssen, je nach vorliegenden Gegebenheiten, in den Ausführungsunterlagen berücksichtigt werden:

- a) Zusatzangaben, nach Auflistung in A.1;
- b) Optionen, 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 des Stahltragwerks betreffen, siehe 4.2.3.

4.1.2 Ausführungsklassen

Es gibt die vier Ausführungsklassen 1 bis 4, bezeichnet als EXC1 bis EXC4, wobei die Anforderungen von EXC1 bis EXC3 ansteigen und EXC4 auf EXC3 basiert und weitere projektspezifische Anforderungen abdeckt (z. B. siehe 7.6.1, 12.4.2.3 und 12.4.2.4).

Die Ausführungsunterlagen müssen die relevante Ausführungsklasse bzw. die relevanten Ausführungsklassen spezifizieren.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Basis für die Auswahl der Ausführungsklassen sind in EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Anhang C, angegeben.

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

4.1.3 Anforderungen an die Oberflächenvorbereitung für den Korrosionsschutz

Hinsichtlich der Vorbereitung von Schweißnähten, Kanten und anderen Bereichen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten für das Aufbringen von Beschichtungsstoffen gibt es drei Vorbereitungsgrade, die nach EN ISO 8501-3 mit P1 bis P3 bezeichnet werden und deren Anforderungen von P1 bis P3 ansteigen.

ANMERKUNG Vorbereitungsgrade klassifizieren sichtbare Unregelmäßigkeiten hinsichtlich der Eignung für das Aufbringen von Beschichtungsstoffen.

Die Ausführungsunterlagen müssen gegebenenfalls die relevanten Vorbereitungsgrade spezifizieren.

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 und in Anhang B 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) Organigramm und die für jeden Aspekt der Ausführung jeweils zuständigen Personen;
- b) die zur Anwendung kommenden Arbeitsprozesse, Verfahren und Arbeitsanweisungen;
- c) an das Stahltragwerk angepasster Inspektions- und Prüfplan;
- d) die Vorgehensweise bei Abänderungen;
- e) die Vorgehensweise beim Auftreten von Nichtkonformitäten;
- f) festgelegte Produktionsprüfstoppes oder Anforderungen an die Beaufsichtigung von Inspektionen und Prüfungen, sowie das Festlegen der dazu notwendigen Zugänglichkeitsbedingungen.

4.2.2 Qualitätsmanagementplan

Es muss festgelegt sein, ob ein Qualitätsmanagementplan für die Ausführung des Stahltragwerks erforderlich ist.

Ein Qualitätsmanagementplan muss Folgendes enthalten:

- a) ein allgemeines Managementdokument, das folgende Punkte behandeln muss:
 - 1) Bewertung der vorgegebenen Anforderungen anhand der Produktionsmöglichkeiten;
 - 2) die Zuordnung von Aufgaben und Befugnissen in den verschiedenen Stufen der Projektausführung;
 - 3) Grundsätze und organisatorische Regelungen für Inspektionen, einschließlich Zuordnung der Verantwortlichkeiten für jede einzelne Inspektionsaufgabe;
- b) Qualitätsdokumente vor der Ausführung. Die Dokumente müssen vor der Ausführung des Herstellungsprozesses erstellt sein, für den sie relevant sind;
- c) Ausführungsbelege, in denen die ausgeführten Inspektionen und Überprüfungen aufgezeichnet sind oder in denen Qualifikationen, Zertifikate oder Prüfbescheinigungen für verwendete Produktionsmittel nachgewiesen sind.

Anhang C enthält eine Checkliste für die empfohlene Gestaltung eines Qualitätsmanagementplans für die Ausführung von Stahltragwerken.

4.2.3 Arbeitssicherheit

Verfahrensbeschreibungen, die genaue Arbeitsanweisungen enthalten, müssen die technischen Anforderungen im 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 das Stahltragwerk den Ausführungsunterlagen entsprechend ausgeführt wurde.

5 Ausgangsprodukte

5.1 Allgemeines

Im Allgemeinen müssen die Ausgangsprodukte, die bei der Ausführung von Stahltragwerken verwendet werden, aus den einschlägigen, in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführten Europäischen Normen ausgewählt werden.

Sollen Ausgangsprodukte verwendet werden, die nicht durch die aufgeführten Normen abgedeckt sind, müssen deren Eigenschaften festgelegt werden. Die relevanten, festzulegenden Eigenschaften müssen folgende sein:

- a) Festigkeit (Streckgrenze und Zugfestigkeit);
- b) Bruchdehnung;
- c) Anforderungen an die Brucheinschnürung, falls erforderlich;
- d) Toleranzen bezüglich Abmessungen und Form;
- e) Kerbschlagarbeit oder -zähigkeit, falls erforderlich;
- f) Lieferzustand hinsichtlich Wärmebehandlung;
- g) Anforderungen an die Verformungseigenschaften in Dickenrichtung (Z-Güte), falls erforderlich;
- h) Höchstgrenzen für innere Inhomogenitäten oder Risse in zu schweißenden Zonen, falls erforderlich.

Wenn der Stahl geschweißt werden soll, muss seine Schweißseignung außerdem wie folgt angegeben werden:

- i) Klassifizierung in Übereinstimmung mit dem in CEN ISO/TR 15608 definierten System für die Gruppeneinteilung von metallischen Werkstoffen; oder
- j) eine Höchstgrenze für das Kohlenstoffäquivalent des Stahles; oder
- k) eine ausreichend detaillierte Angabe seiner chemischen Zusammensetzung, um das Kohlenstoffäquivalent berechnen zu können.

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

5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit

Die Eigenschaften von gelieferten Ausgangsprodukten 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. Prüfbescheinigungen vom Typ 3.2 sind auch geeignet, wenn Prüfbescheinigungen vom Typ 3.1 in Tabelle 1 aufgeführt sind.

Für Schraubengarnituren und andere Verbindungsmittel dürfen Prüfbescheinigungen nach der Norm EN ISO 16228 anstelle der Prüfbescheinigungen nach EN 10204 verwendet werden.

Tabelle 1 — Prüfbescheinigungen für metallische Erzeugnisse

Ausgangsprodukte	Prüfbescheinigungen
Baustähle (Tabellen 2 und 3)	
Baustahlsorte ≤ S275	2.2 ^{a,b}
Baustahlsorte > S275	3.1 ^b
Nichtrostende Stähle (Tabelle 4)	
Mindestwert der 0,2 %-Dehngrenze ≤ 240 MPa	2.2
Mindestwert der 0,2 %-Dehngrenze > 240 MPa	3.1
Stahlguss	3.1 ^c
Schweißzusätze (Tabelle 5)	2.2
Schraubengarnituren nach Normenreihe EN 14399	3.1 ^{d,e}
Schraubengarnituren nach Normenreihe EN 15048	2.1
Schrauben ^f , Muttern ^f oder Scheiben ^f	2.1
Niete zum Warmnieten	2.1
Selbstschneidende und selbstbohrende Blechschrauben und Blindniete	2.1
Bolzen zum Lichtbogenbolzenschweißen	3.1
Dehnfugen bei Brücken	3.1
Hochfeste Zugglieder	3.1
Lager im Bauwesen	3.1

^a Prüfbescheinigung 3.1, wenn die festgelegte Mindest-Streckgrenze 275 MPa beträgt und die festgelegte Kerbschlagarbeit bei einer niedrigeren Temperatur als 0 °C geprüft wurde.

^b EN 10025-1:2004 fordert, dass die in der CEV-Formel enthaltenen Elemente in der Prüfbescheinigung anzugeben sind. Die Angabe weiterer, nach EN 10025-2 geforderter, zugefügter Elemente muss Al, Nb, und Ti enthalten.

^c Prüfbescheinigung 2.2, wenn die festgelegte Mindest-Streckgrenze ≤ 355 MPa beträgt und die festgelegte Kerbschlagarbeit bei einer Temperatur von 20 °C geprüft wurde.

^d Wenn Garnituren mit einer Fertigungs-Chargennummer gekennzeichnet sind und der Hersteller die gemessenen charakteristischen Werte von den Aufzeichnungen der internen (werkseigenen) Produktionskontrolle auf Basis dieser Nummer rückverfolgen kann, darf auf die Prüfbescheinigung 3.1 nach EN 10204 verzichtet werden.

^e Die Prüfbescheinigungen müssen die Ergebnisse der Eignungsprüfungen enthalten.

^f Gilt, wenn Schrauben, Muttern oder Scheiben zur Verwendung in nicht vorgespannten Schraubverbindungen und nicht als Komponente von Schraubengarnituren nach den Normenreihen EN 14399 oder EN 15048 bereitgestellt werden.

Bei EXC3 und EXC4 muss die Rückverfolgbarkeit für Ausgangsprodukte in allen Stadien von der Lieferung bis zur Übergabe nach dem Einbau in das Stahltragwerk gegeben sein.

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

Enthalten Bauteile bei EXC2, EXC3 und EXC4 gleichzeitig Ausgangsprodukte verschiedener Stahlsorten und/oder Gütegruppen, muss jedes einzelne Ausgangsprodukt so gekennzeichnet sein, dass die jeweilige Sorte und die Gütegruppe erkennbar sind.

Die Kennzeichnung muss der Kennzeichnung von Bauteilen nach 6.2 entsprechen.

Falls eine Kennzeichnung gefordert wird, gelten ungekennzeichnete Ausgangsprodukte als nichtkonforme Produkte.

5.3 Stahlprodukte

5.3.1 Allgemeines

Stahlprodukte 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	Maße	Abweichungen
I- und H-Profile	EN 10025-1 und EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6	EN 10365	EN 10034
Warmgewalzte I-Profile mit geneigten inneren Flanschnflächen		EN 10365	EN 10024
U-Profile		EN 10365	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	Je nach Anwendungsfall	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. EN 10027-2 angegeben.			

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

Produkte	Technische Lieferbedingungen	Abweichungen
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 (alle Teile), EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140
Weiche Stähle zum Kaltumformen	ISO 4997	EN 10131
Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band	EN 10346	EN 10143
Kontinuierlich organisch beschichtete Flacherzeugnisse	EN 10169	EN 10169
Schmalband	EN 10139	EN 10048 EN 10140

Tabelle 4 — Produktnormen für nichtrostende Stähle

Produkte	Technische Lieferbedingungen	Abweichungen
Feinblech, Grobblech und Band	EN 10088-4	EN ISO 9444-2, EN ISO 9445 (alle Teile), EN ISO 18286
Rohre (geschweißt)	EN 10296-2	EN ISO 1127
Rohre (nahtlos)	EN 10297-2	
Stäbe, Walzdraht und Profile	EN 10088-5	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Stahlbezeichnungen durch Kurzname und Nummernsystem sind in EN 10088-1 angegeben.		

Für andere Stahlprodukte als diejenigen nach den in den Tabellen 2, 3 und 4 aufgelisteten relevanten Europäischen Produktnormen müssen die Angaben ihrer Eigenschaften mit den in den Ausführungsunterlagen geforderten Eigenschaften (siehe 5.1) verglichen werden.

Die Grundlagen für die Ermittlung der deklarierten Eigenschaften müssen angegeben werden.

ANMERKUNG Beispielsweise Bezugsnormen für Prüfverfahren, die zur Ermittlung von Werten für deklarierte Eigenschaften verwendet wurden, ob die Eigenschaften spezifisch für eine bestimmte Charge oder Schmelze sind und ob chemische Eigenschaften auf einer Schmelz- oder Stückanalyse basieren.

5.3.2 Grenzabmaße der Dicke

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen die Grenzabmaße der Dicke von Flacherzeugnissen aus Baustahl in Übereinstimmung mit EN 10029 für warmgewalztes Stahlblech und mit EN ISO 18286 für warmgewalztes Blech aus nichtrostendem Stahl der Klasse A entsprechen.

5.3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Für Baustähle sind die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit wie folgt:

- a) Klasse A1 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 Unregelmäßigkeiten wie z. B. Risse, Schalen und Schalenstreifen ausgebessert werden müssen.

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

- a) Feinblech, Grobblech und Band: in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10088-4;
- b) Stäbe, Walzdraht und Profile: in Übereinstimmung mit den Anforderungen von EN 10088-5.

Die Ausführungsunterlagen müssen zusätzliche Anforderungen in Bezug auf die folgenden Punkte festlegen: Besondere Einschränkungen für Oberflächenunregelmäßigkeiten oder für das Ausbessern von Oberflächenfehlern durch Schleifen nach Normenreihe EN 10163 oder nach EN 10088-4 und EN 10088-5 bei nichtrostendem Stahl, falls erforderlich.

Für andere Erzeugnisse müssen die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit unter Bezugnahme auf einschlägige europäische oder internationale Regelungen festgelegt werden.

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

5.3.4 Zusätzliche Eigenschaften

Wenn nicht anders festgelegt, 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 verwendet 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 Ausgangsprodukten auf innere Inhomogenitäten oder Risse in Bereichen, wo geschweißt wird, außer bei nichtrostenden Stählen;
- b) verbesserte Verformungseigenschaften senkrecht zur Oberfläche der Ausgangsprodukte nach EN 10164, außer bei nichtrostenden Stählen;
- c) besondere Lieferbedingungen für nichtrostende Stähle, z. B. das Lochfraßbeständigkeits-Äquivalent (PREN, en: pitting resistance equivalent number) oder die beschleunigte Korrosionsprüfung. Das PREN ist gegeben durch $(1 \times \%Cr + 3,3 \times \%Mo + 16 \times \%N)$, wobei die Elemente als Massenanteil in Prozent angegeben sind, sofern nichts anderes festgelegt wird;

d) Verarbeitungsbedingungen, falls die Ausgangsprodukte 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. Die technischen Lieferbedingungen (Sorten, Gütegruppen und gegebenenfalls Oberflächenbeschaffenheiten) müssen 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. Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen die Eigenschaften der gelieferten Gussteile experimentell ermittelt werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen die Prüfungen Folgendes umfassen:

- a) 100 % Sichtprüfung;
- b) die folgenden zerstörenden Prüfungen an zufällig während der Produktion entnommenen Prüfelementen. Die Ausführungsunterlagen müssen angeben, ob die Prüfelemente zu zerstörende Probeprodukte, spezielle Anhangstücke oder separate Probestücke, die gleichzeitig gegossen werden, sein müssen:
 - 1) Zugfestigkeits- und Bruchdehnungsversuche (ein Element pro Schmelze);
 - 2) Kerbschlagbiegeversuche (drei Elemente pro Schmelze);
 - 3) Brucheinschnürungsversuche (ein Element pro Schmelze, falls zutreffend);
 - 4) chemische Analyse (ein Element pro Schmelze);
 - 5) mikroskopische Untersuchung von Schnitten (ein Element pro Schmelze).
- c) die folgenden zerstörungsfreien Prüfungen an zufällig aus jedem Herstellungslos entnommenen Prüfelementen:
 - 6) Magnetpulver- oder Eindringprüfung von oberflächenoffenen Inhomogenitäten an 10 % jedes Herstellungsloses, und;
 - 7) Ultraschall- oder Durchstrahlungsprüfung zur Erkennung von inneren Inhomogenitäten an 10 % jedes Herstellungsloses.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, sind die Abnahmekriterien für Gussstahlteile:

- SM2 und LM3/AM3 nach EN 1369 für Magnetpulverprüfungen;
- Gütestufe 2 nach EN 12680-1 für Ultraschallprüfungen;
- Gütestufe 3 für Durchstrahlungsprüfungen.

5.5 Schweißzusätze

Alle Schweißzusätze müssen den Anforderungen der entsprechenden Europäischen Produktnorm 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
Massivdrahtelektroden, Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen zum Unterpulverschweißen von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen	EN ISO 14171
Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von hochfesten Stählen	EN ISO 18275
Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit und ohne Schutzgas von unlegierten Stählen und Feinkornbaustählen	EN ISO 17632
Pulver zum Unterpulverschweißen	EN ISO 14174
Umhüllte Stabelektroden zum Lichtbogenhandschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen	EN ISO 3581
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, 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
Draht- und Fülldrahtelektroden und Draht-Pulver-Kombinationen für das Unterpulverschweißen von hochfesten Stählen	EN ISO 26304
Fülldrahtelektroden zum Metall-Lichtbogenschweißen mit oder ohne Schutzgas von nichtrostenden und wärmebeständigen 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.

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

Tabelle 6 — Schweißzusätze für Stähle nach EN 10025-5

Prozess	Option 1	Option 2	Option 3
111	Abgestimmte Legierung	2,5 % Ni	1 % Ni 0,5 % Mo
135	Abgestimmte Legierung	2,5 % Ni	1 % Ni 0,5 % Mo
121,122	Abgestimmte Legierung	2 % Ni	1 % Ni 0,5 % Mo
Abgestimmte Legierung: $\geq 0,4$ % Cu und andere Legierungselemente			
ANMERKUNG Siehe auch 7.5.10.			

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

5.6 Mechanische Verbindungsmittel

5.6.1 Allgemeines

Die Korrosionsbeständigkeit von Schraubengarnituren, anderen Verbindungsmitteln und Dichtscheiben muss vergleichbar mit der für das anzuschließende Bauteil festgelegten Korrosionsbeständigkeit sein.

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

Galvanische Überzüge von Verbindungselementen müssen EN ISO 4042 entsprechen.

Nichtelektrolytisch aufgetragene Zinklamellenüberzüge von Verbindungselementen müssen EN ISO 10683 entsprechen.

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

ANMERKUNG Augenmerk ist auf die Gefährdung durch Wasserstoffversprödung während des Galvanisierens oder des Feuerverzinkens von Schraubengarnituren der Festigkeitsklasse 10.9 zu richten.

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 vorgespannte Schraubenverbindungen

Garnituren für nicht vorgespannte Schraubenverbindungen aus unlegierten Stählen, legierten Stählen und nichtrostenden Stählen müssen den Anforderungen der Normenreihe EN 15048 entsprechen.

Garnituren nach EN 14399 dürfen auch für nicht 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 technischen Lieferbedingungen müssen festgelegt werden für:

- a) Garnituren aus unlegiertem Stahl oder legiertem Stahl mit größeren als in EN ISO 898-1 und EN ISO 898-2 festgelegten Durchmessern;
- b) Garnituren aus austenitischem oder austenitisch-ferritischem nichtrostendem Stahl mit größeren als in EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2 festgelegten Durchmessern;
- c) wetterfeste Garnituren (siehe 5.6.6).

Sofern nichts anderes festgelegt wird, dürfen Verbindungsmittel nach EN ISO 898-1 und EN ISO 898-2 nicht zur Verbindung nichtrostender Stähle nach EN 10088-4 und EN 10088-5 verwendet werden. Werden Isolierelemente eingesetzt, müssen umfassende Details für deren Einsatz festgelegt werden.

Die Schäfte von Bolzen müssen der Toleranzklasse h13 nach EN ISO 286-2 entsprechen (b11 falls beschichtet oder mit Überzug versehen).

ANMERKUNG Diese Werte sind die gleichen Werte wie für Passschrauben nach EN 14399-8.

5.6.4 Garnituren für vorgespannte Schraubenverbindungen

Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubenverbindungen umfassen das System HR, das System HV und HRC-Schraubengarnituren. Sie müssen den Prüfanforderungen von EN 14399-2 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 hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubenverbindungen

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

Schraubengarnituren aus nichtrostendem Stahl dürfen nicht in vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden, es sei denn, dies wird festgelegt. Sofern verwendet, sind sie als besondere Verbindungsmittel zu betrachten (siehe 5.6.11).

5.6.5 Direkte Kraftanzeiger

Direkte Kraftanzeiger und zugehörige mutterseitige und schraubenkopfseitige HN/HB-Scheiben müssen in Übereinstimmung mit EN 14399-9 sein.

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

5.6.6 Wetterfeste Garnituren

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

ANMERKUNG „Type 3 Grade A“-Verbindungsmittel nach ASTM-Norm A325 wären geeignet.

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 EN ISO 898-1 entsprechen. Ersatzweise dürfen Ankerschrauben aus warmgewalztem Stahl nach EN 10025-2 bis EN 10025-4 gefertigt werden.

Wenn nicht anders festgelegt, dürfen Betonstähle nicht eingesetzt werden. Falls ihr Einsatz festgelegt ist, müssen sie EN 10080 entsprechen, und die Sorte muss festgelegt werden.

ANMERKUNG EN 13670 legt Anforderungen für Betonstahlstäbe fest, die als Ankerschrauben oder Anker verwendet werden.

5.6.8 Sicherungselemente

Sofern gefordert, sind Sicherungselemente festzulegen, die bei Stoßbelastung, erheblicher Schwingungsbeanspruchung oder zyklischer Beanspruchung das Losdrehen der Garnitur oder den Verlust der Vorspannkraft wirksam verhindern.

Sofern nicht anders festgelegt, dürfen zur Verhinderung des Lösens (als Verliersicherung) selbstsichernde Muttern nach EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719 und EN ISO 10511 eingesetzt und die Leistungsanforderungen nach EN ISO 2320 angewendet werden.

5.6.9 Scheiben

5.6.9.1 Flache Scheiben

Scheiben, die als Teil einer Verbindungsmittelgarnitur bereitgestellt werden, müssen der für diese Garnitur relevanten Produktnorm entsprechen.

Scheiben, die nicht als Teil einer Verbindungsmittelgarnitur bereitgestellt werden, dürfen in nicht vorgespannten Verbindungen eingesetzt werden, und müssen im Falle unlegierter Stähle EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7091, EN ISO 7092, EN ISO 7093-1 oder EN ISO 7094 entsprechen. Im Falle nichtrostender Stähle müssen Scheiben nach EN ISO 7089, EN ISO 7090, EN ISO 7092 oder EN ISO 7093-1 verwendet werden.

5.6.9.2 Keilscheiben

Keilscheiben müssen die Anforderungen an die Härte und die anderen Anforderungen erfüllen, die für flache Scheiben in 5.6.9.1 angegeben sind, mit Ausnahme der formbezogenen Abmessungen, die festzulegen sind.

5.6.9.3 Unterlegbleche

Unterlegbleche müssen mit Nennlochspielen nach Tabelle 11 und mit Maßen festgelegt werden, die sicherstellen, dass das Unterlegblech das verbundene Bauteil um mindestens so viel überlappt, wie es bei einer standardmäßigen flachen Scheibe, die auf einem normalen runden Loch eingesetzt wird, der Fall wäre.

5.6.10 Niete zum Warmnieten

Niete zum Warmnieten müssen der betreffenden, festzulegenden Produktnorm entsprechen.

5.6.11 Besondere Verbindungsmittel

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

ANMERKUNG Zum Einsatz besonderer Verbindungsmittel siehe 8.8.

Harz-Injektions-Schrauben sind als besondere Verbindungsmittel einzustufen.

5.6.12 Lieferung und Kennzeichnung

Verbindungsmittel nach 5.6.3 bis 5.6.5 sind in Übereinstimmung mit den Anforderungen der maßgebenden Produktnorm zu liefern und zu kennzeichnen.

Verbindungsmittel nach 5.6.6 bis 5.6.11 sind in Übereinstimmung mit den folgenden Vorgaben zu liefern und zu kennzeichnen:

- 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 Form enthalten:
 - 1) Herstellerkennzeichen und, falls zutreffend, Los-Nummern;
 - 2) Art des Verbindungsmittels und Werkstoffs und gegebenenfalls dessen Zusammenbau;
 - 3) Oberflächenausführung.
- c) Die Kennzeichnung der Verbindungsmittel muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Produktnorm erfolgen.

5.7 Bolzen und Kopfbolzen

Bolzen zum Lichtbogenbolzenschweißen müssen den Anforderungen von EN ISO 13918 genügen.

Andere Bolzen oder Kopfbolzen als die Bolzentypen nach EN ISO 13918 müssen als besondere Verbindungsmittel eingestuft werden und 5.6.11 entsprechen.

5.8 Betonstahl mit Schweißverbindung zu Baustahl

Betonstahl, der an Baustahl geschweißt werden soll, muss nach EN 10080 schweißgeeignet sein.

5.9 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 bis 25 mm: unvermischter Portlandzement;
- b) bei Nenndicken zwischen 25 mm 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.

5.10 Dehnfugen bei Brücken

Anforderungen an Ausführungsart und Eigenschaften von Dehnfugen müssen festgelegt werden.

5.11 Hochfeste Zugglieder, Stäbe und Endverbindungen

Stahlstäbe 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 sind festzulegen.

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

Drahtseile aus Stahldraht müssen den Anforderungen von EN 12385-1 und EN 12385-10 genügen. Die Mindestbruchkraft und der Stahlseldurchmesser und gegebenenfalls Anforderungen in Bezug auf den Korrosionsschutz sind festzulegen.

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 fortschreitendes Kriechen der Litze unter Belastung durch die Endverbindung verhindert wird.

5.12 Lager im Bauwesen

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 und Lochen von Ausgangsprodukten sowie an ihren Zusammenbau zu Bauteilen.

ANMERKUNG Schweißen und mechanisches Verbinden werden in den Abschnitten 7 und 8 behandelt.

Stahltragwerke sind unter Berücksichtigung der Anforderungen in Abschnitt 10 und innerhalb der in Abschnitt 11 festgelegten Toleranzen zu fertigen.

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.

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

Sofern nichts anderes festgelegt wird, gelten die folgenden Anforderungen an Hartprägungen, gestanzte oder gebohrte Markierungen, die zur Kennzeichnung einzelner Teile oder der Verpackung gleichartiger Teile verwendet werden:

- a) zulässig nur bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs bis S500;
- b) nicht zulässig bei nichtrostenden Stählen;
- c) 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.

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

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

6.3 Handhabung und Lagerung

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

Ausgangsprodukte 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 Traversen
3	Bündeln von Leichtbauteilen, die besonders zu Beschädigung der Kanten, Verwindung und Verdrehung neigen, wenn sie als Einzelteile gehandhabt werden. Zum Vermeiden örtlicher Schädigungen unversteifter Kanten an Hebestellen infolge gegenseitiger Bauteilberührungen oder in anderen Bereichen, wo ein wesentlicher Anteil des Gesamtgewichts des Bündels auf eine einzelne unversteifte Kante einwirken kann, ist Sorgfalt aufzuwenden.
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.
Nichtrostende Stähle	
9	Handhabung und Lagerung von nichtrostendem Stahl derart, dass keine Verunreinigung durch Spann- oder Schwenkvorrichtungen usw. erfolgt. Sorgfältige Lagerung von nichtrostendem Stahl, so dass die Oberflächen vor Schäden und Schmutz geschützt sind
10	Falls angebracht, Einsatz einer Schutzschicht oder einer anderen Beschichtung, die so lange wie nötig verbleibt
11	Vermeiden der Lagerung in einem salzhaltigen feuchten Klima
12	Schutz von Lagergestellen durch Holz-, Gummi- oder Kunststoffleisten oder Schutzhüllen, um Kontakt mit unlegiertem Stahl, kupfer- und bleihaltigen Materialien usw. zu vermeiden
13	Kein Einsatz von Markierungen, die Chlorid oder Sulfid enthalten ANMERKUNG Alternativ dazu wird ein Schutzfilm verwendet, auf den die Markierungen aufgebracht werden.
14	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
15	Vermeiden von Kontakt mit Chemikalien, einschließlich Farbstoffen, Klebstoffen, Klebeband, übermäßigen Mengen von Öl und Fett ANMERKUNG Falls es erforderlich ist, diese zu verwenden, ist deren Eignung mit dem Produkthersteller zu klären.
16	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	
17	Besondere Maßnahmen, die zum Schutz vorgefertigter Stahlbauteile beim Transport erforderlich sind

6.4 Schneiden

6.4.1 Allgemeines

Schneiden muss so erfolgen, dass die in dieser Europäischen Norm festgelegten Anforderungen an die geometrischen Toleranzen sowie an die maximale Härte und die Glattheit freier Schnittkanten erfüllt sind.

Bekannte und anerkannte Schneidverfahren sind: Sägen, Scherschneiden, Schneiden mittels Trennscheibe, Wasserstrahlschneidverfahren und thermisches Schneiden. Manuelles thermisches Schneiden sollte nur verwendet werden, wenn maschinelles thermisches Schneiden nicht praktikabel ist. Bei einigen Schneidverfahren sollten Vorkehrungen getroffen werden, wenn die Schnittkanten freie Schnittkanten (d. h. Kanten, die anschließend nicht verschweißt werden sollen) für ermüdungsbeanspruchte Bauteile sind (siehe 6.4.4).

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 Ausgangsprodukten 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 Profiblechen behindern, müssen entfernt werden.

6.4.2 Scherschneiden und Nibbeln

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

6.4.3 Thermisches Schneiden

Die Eignung automatisierter thermischer Schneidprozesse muss wie unten angegeben jährlich überprüft werden.

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

- a) ein gerader Schnitt des dicksten Ausgangsproduktes;
- b) ein gerader Schnitt des dünnsten Ausgangsproduktes;
- c) eine scharfkantige Ecke aus einer repräsentativen Dicke;
- d) ein kurvenförmiger Bogen aus einer repräsentativen Dicke.

An den geraden Prüfkörpern müssen Messungen über jeweils mindestens 200 mm Länge erfolgen und anhand der geforderten Qualität der Schnittfläche überprüft werden. Die scharfkantige Ecke und der kurvenförmige Prüfkörper sind einer Sichtprüfung zu unterziehen, um festzustellen, dass sie Schnittkanten von gleichwertiger Qualität wie die geraden Schnitte ergeben.

Alternativ darf der in Anhang D gegebene Leitfaden verwendet werden, um die Eignung der automatisierten thermischen Schneidverfahren zu prüfen.

Die Qualitätsanforderungen für Schnittflächen, die als freie Schnittkanten verbleiben sollen (d. h. später nicht in eine Schweißnaht integriert werden), müssen Tabelle 9 entsprechen, wenn sie in Übereinstimmung mit EN ISO 9013 bewertet werden, sofern nichts anderes festgelegt wurde.

Tabelle 9 — Qualität der Schnittflächen

Ausführungsklassen	Rechtwinkligkeits- oder Neigungstoleranz u	Gemittelte Rautiefe Rz5
EXC1	Schnittkanten dürfen keine signifikanten Unregelmäßigkeiten aufweisen, und die Schlacke muss entfernt werden	
EXC2	Bereich 5	Bereich 4
EXC3 und EXC4	Bereich 4	Bereich 4

6.4.4 Härte freier Schnittflächen

Schneidprozesse, bei denen lokale Aufhärtungen zu erwarten sind, müssen auf ihre Eignung hin überprüft werden.

Bei Baustählen \geq S460 darf die Härte freier Schnittflächen nicht mehr als 450 (HV10) betragen.

Für die Härte der freien Schnittflächen dürfen andere Anforderungen in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Diese festgelegten Anforderungen können notwendig sein, wenn die freie Schnittkante ermüdungs- oder stoßbeansprucht oder empfindlich gegenüber Wasserstoffversprödung ist oder um sicherzustellen, dass die Schnittfläche für die Vorbereitung nach 10.2 vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen geeignet ist. Für freie Schnittkanten, die feuerverzinkt werden, siehe EN ISO 14713-2.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, ist die Eignungsüberprüfung der Prozesse folgendermaßen durchzuführen:

- a) Mit Verfahrensprüfungen am Ausgangsprodukt sind vier Proben herzustellen, wobei der Bearbeitungsbereich, der hinsichtlich lokaler Aufhärtungen am anfälligsten ist, mit erfasst werden muss;
- b) an jeder Probe sind vier Härteprüfungen an wahrscheinlich betroffenen Stellen durchzuführen. Diese Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit der Normenreihe EN ISO 6507 erfolgen.

ANMERKUNG 2 Die Anforderungen an die Überprüfung der Härte nach dem Schweißen sind Bestandteil der schweißtechnischen Verfahrensprüfung (siehe 7.4.1).

Für das automatisierte thermische Schneiden wird in Anhang D ein Leitfadens gegeben.

Um die Härte freier Schnittflächen zu begrenzen, muss gegebenenfalls ein Vorwärmen des Werkstoffs erfolgen.

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 festgelegten Eigenschaften erreicht werden.

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

Formgebung durch kontrollierte Wärmebehandlung darf 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. Sofern nicht anders festgelegt, ist das Warmumformen von nichtrostenden Stählen nicht zulässig.

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, die Anforderungen von EN 10025-6 werden erfüllt.

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

Bei Stahlsorten im Festigkeitsbereich bis S355 muss der Warmumformprozess im rot-glühenden Zustand (600 °C bis 650 °C) 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 sowie 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 geliefert werden.

6.5.3 Flammrichten

6.5.3.1 Allgemeines

Wenn Verzug durch Flammrichten zu korrigieren ist, muss dies durch örtliche Wärmeinbringung ausgeführt werden.

Bei Stahlsorten des Festigkeitsbereichs oberhalb S355 und sofern für andere Stahlsorten festgelegt, ist ein dokumentiertes Verfahren zu entwickeln. Dieses Verfahren muss mindestens Folgendes umfassen:

- a) maximale Stahltemperatur und zulässiges Abkühlverfahren;
- b) Methode der Wärmeinbringung;
- c) eingesetzte Temperaturmessmethode;
- d) Benennung der zur Anwendung des Prozesses befugten Arbeitskräfte.

Das Verfahren muss auf der Grundlage von Ergebnissen von Zug-, Kerbschlagbiege- und Härteprüfungen qualifiziert werden. Für den durch die Flamme erwärmten Bereich müssen die Stelle für die Temperaturmessung sowie die Stellen und die Ausrichtung für die zu verwendenden Probekörper festgelegt werden.

6.5.3.2 Zusätzliche Anforderungen an nichtrostende Stähle

Das Flammrichten von nichtrostenden Stählen sollte insbesondere bei Duplex-, austenitischen mit geringem Nickelanteil und martensitischen Sorten vermieden werden. Wenn nicht vermeidbar, müssen die maximale Temperatur so gering wie möglich und die Dauer der Wärme-Exposition so kurz wie möglich gehalten werden. Außerdem müssen folgende Bedingungen beachtet werden:

- a) die Oberfläche muss frei von schwefelhaltigen Mitteln und anderen Verunreinigungen wie Markierungen, Eisenstaub und Fett sein;
- b) die Acetylen-Sauerstoff-Flamme muss auf neutral oder leicht sauerstoffüberschüssig eingestellt werden;
- c) die thermische Expositionsdauer (Vorwärmzeit + Zeit bei Temperatur + Abkühlzeit) sollte so kurz wie möglich sein. Das Abkühlen muss mithilfe von Wasser oder Druckluft erfolgen;
- d) die Bedingungen in Tabelle 10 sind einzuhalten;
- e) Feststellvorrichtungen oder Schlagwerkzeuge sowie andere Werkzeuge sollten aus CrNi-Stahl gefertigt oder verchromt sein.

Nach dem Richten sind Glühfarben und Zunder vollständig mithilfe geeigneter Maßnahmen zu entfernen.

Das Flammrichten darf nur von sachkundigen Mitarbeitern in Anwesenheit der Schweißaufsichtsperson durchgeführt werden.

Es sollte beachtet werden, dass das vom Flammrichten verursachte Erweichen bei kaltverfestigten nichtrostenden Stählen die mechanischen Eigenschaften beeinträchtigen kann.

Tabelle 10 — Flammrichtbedingungen für nichtrostende Stähle

Stahlsorte	Temperatur des Flammrichtens °C	Glühfarbe	Maximale Expositionsdauer min
ferritische Stähle	500 bis 600	blaugrau bis Beginn dunkelrot	4
austenitische Stähle	650 bis 750	rotbraun bis dunkelrot	12
austenitische ferritische Stähle	500 bis 600	blaugrau bis Beginn dunkelrot	8

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 angewendet werden.

ANMERKUNG Kaltumformen führt zu einer Verringerung der Duktilität. Es wird darauf hingewiesen, dass die Gefahr einer Wasserstoffversprödung infolge nachfolgender Prozesse wie z. B. einer Säurebehandlung während des Aufbringens eines Überzugs oder des Feuerverzinkens, besteht.

- a) Erfolgt bei Baustählen und legierten 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.
- b) Bei Baustählen und legierten Stahlsorten kann das Spannungsarmglühen bei mehr als 580 °C oder länger als eine Stunde 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;
- c) Bei lösungsgeglühten nichtrostenden Stählen mit einer Dicke bis 3 mm müssen, sofern nichts anderes festgelegt wird, die Mindestinnenbiegeradien r wie folgt sein:
- 1) $r = 0$ für austenitische Stahlsorten;
 - 2) $r = t$ für austenitisch-ferritische und ferritische Stahlsorten;

wobei t die Materialdicke oder der Stabdurchmesser ist.

- d) Bei anderen nichtrostenden Stählen und Dicken müssen, sofern nichts anderes festgelegt wird, die Mindestinnenbiegeradien r wie folgt sein:

$r = (4,2 - A_5/10) t$ für auf 42 begrenzte Werte von A_5 , wobei t die Materialdicke oder der Stabdurchmesser ist.

- e) A_5 ist die Mindestbruchdehnung in Prozent entsprechend der Bezugsnorm, die für den vorliegenden geblühten bzw. kaltverfestigten Zustand des Werkstoffes maßgebend ist;
- f) Wenn die Bruchdehnungswerte A_5 in Querrichtung niedriger sind, muss dies beim Biegen in Querrichtung berücksichtigt werden, indem diese Werte in die obige Gleichung eingesetzt werden;

ANMERKUNG 1 EN 10088 enthält Werte für die Bruchdehnung A_5 . Um dem Zurückfedern entgegenzuwirken, muss nichtrostender Stahl etwas stärker überbogen werden als unlegierter Stahl.

ANMERKUNG 2 Aufgrund der Verfestigung ist der Kraftbedarf, der zum Biegen von nichtrostendem Stahl benötigt wird, höher als zum Biegen geometrisch ähnlicher Bauteile aus unlegiertem Stahl (der Unterschied beträgt etwa 50 % bei austenitischem Stahl und ist bei austenitisch-ferritischen Stählen sogar noch größer).

Sofern nicht in prEN 1090-4^{N1)} für kaltgeformte Bauteile und Profibleche anderweitig festgelegt:

- g) Kaltgeformte Profile dürfen je nach Eignung des verwendeten Werkstoffs durch Kröpfen, Biegen oder Falzen umgeformt werden;
- h) Bei kaltgeformten Bauteilen und Profiblechen 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;

N1) Nationale Fußnote: Veraltete Verweisung. EN 1090-4 wurde bereits veröffentlicht.

- 2) es muss festgelegt werden, ob Ausgangsprodukte das Aufbringen von Schutzvliesen vor dem Umformen erfordern.

ANMERKUNG 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.

- i) Kaltumformbiegen von Hohlprofilbauteilen darf durchgeführt werden, wenn die Härte und die Geometrie der gebogenen Ausgangsprodukte überprüft werden;

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

- j) 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 $1,5d$ oder $d + 100$ mm, wobei d der Profilaußendurchmesser ist;
- 3) Längsschweißnähte 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 Schraubengarnituren unterschieden werden. Diese Begriffe dürfen auch zur Bezeichnung des Lochspiels nicht vorgespannter Schraubengarnituren verwendet werden.

Für verschiebbliche Anschlüsse müssen die besonderen Maße in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden.

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

- a) die Differenz zwischen dem Nenndurchmesser des Lochs und dem Schraubennendurchmesser bei runden Löchern;
- b) die Differenz zwischen der Lochlänge oder -breite und dem Schraubennendurchmesser bei Langlöchern.

Tabelle 11 — Nennlochspiel bei Schrauben und Bolzen (mm)

Nenndurchmesser d der Schraube oder des Bolzens (mm)	12 ^a	14	16	18	20	22	24	27 bis 36 ^b
Normale runde Löcher ^c	1 ^{d, e}		2				3	
Übergroße runde Löcher	3		4			6		8
Kurze Langlöcher (in der Länge) ^f	4		6			8		10
Lange Langlöcher (in der Länge) ^f	1,5 d							
^a Gilt auch für Durchmesser von weniger als 12 mm, sofern nichts anderes festgelegt wird. ^b Gilt auch für Durchmesser von mehr als 36 mm, sofern nichts anderes festgelegt wird. ^c 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. ^d Bei beschichteten Verbindungsmitteln kann das Nennlochspiel von 1 mm um die Überzugdicke des Verbindungsmittels erhöht werden. ^e Schrauben mit Nenndurchmessern von 12 mm und 14 mm oder Senkschrauben dürfen auch mit 2 mm Lochspiel eingesetzt werden, sofern entsprechend festgelegt. ^f 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 zum Warmnieten muss der Nennlochdurchmesser festgelegt werden.

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

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

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

6.6.2 Toleranzen von Lochdurchmessern bei Schrauben und Bolzen

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

- a) Löcher für Passschrauben und Passbolzen: Klasse H11 nach EN ISO 286-2;
- b) thermisch geschnittene Löcher und sonstige Löcher: $-0,5 \text{ mm}/+0,5 \text{ mm}$;

wobei der Lochdurchmesser als der Mittelwert von maximalem und minimalem Durchmesser angenommen wird (siehe Bild 1).

6.6.3 Ausführung von Löchern

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

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

Stanzen ist zulässig, sofern die Bauteilnenndicke nicht größer ist als das 1,4-Fache des Nenndurchmessers des Lochs bzw. bei einem nicht runden Loch von dessen kleinster Abmessung. Außerhalb dieser maßbezogenen Grenzen dürfen, sofern nicht anders festgelegt, die Löcher durch Stanzen hergestellt werden.

Wo unbehandelte Stanzlöcher nicht zulässig sind, dürfen Löcher mit mindestens 2 mm Untermaß des vollen Durchmessers gestanzt und dann aufgerieben oder aufgebohrt werden, bis sämtliche Spuren der ursprünglichen gestanzten Oberfläche beseitigt wurden.

ANMERKUNG Allgemein ist ein Stanzen ohne nachfolgendes Aufreiben oder Bohren bei Schraubverbindungen nicht geeignet, wenn eine der folgenden Gegebenheiten zutrifft:

- die Verbindung unterliegt zyklischen oder seismischen Beanspruchungen; oder
- es handelt sich um eine Überlappverbindung mit Schrauben oberhalb der Festigkeitsklasse 8.8; oder
- es handelt sich um eine gleitfeste Verbindung.

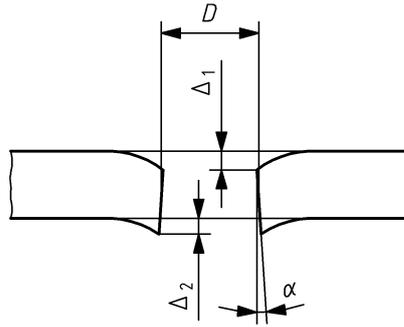
Die Eignung des Stanzprozesses zum Lochen muss jährlich wie folgt überprüft werden:

- a) aus Verfahrensprüfungen an Ausgangsprodukten einschließlich des Bereichs der bearbeiteten Lochdurchmesser, Produktdicken und Stahlsorten muss eine repräsentative Anzahl an Proben hergestellt werden;
- b) die Lochabmessungen müssen an beiden Enden jedes Lochs mit Hilfe von Grenzlehren oder anderen geeigneten Verfahren überprüft werden. Löcher müssen mit den in 6.6.2 festgelegten, geeigneten Abweichungen übereinstimmen.

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

Durch Stanzen oder thermisches Schneiden hergestellte Löcher müssen auch dem Folgenden entsprechen:

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



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

$$\max(\Delta_1 \text{ oder } \Delta_2) \leq \max(D/10; 2 \text{ mm})$$

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

Bild 1 — Zulässiger Verzug bei gestanzten oder thermisch geschnittenen Löchern

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 Loch erfolgen.

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

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

Sofern nicht anders festgelegt, müssen einspringende Ecken und Ausklinkungen mit einem Mindestradius von 5 mm ausgerundet werden.

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

6.8 Oberflächen von Kontaktstößen

Werden Oberflächen von Kontaktstößen festgelegt, müssen die Schnittlänge, Rechtwinkligkeit der Endquerschnitte und Ebenheit der Oberflächen 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 muss vermieden werden.

Ein Aufdornen von Löchern zum Zwecke des Ausrichtens, ausgenommen Löcher für Passschrauben und Passbolzen, muss derart durchgeführt werden, dass die Vergrößerung den in Tabelle B.8 angegebenen Wert für Klasse 1 nicht überschreitet.

Wird dieser Wert 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 wo erforderlich festzulegen sind.

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

6.10 Überprüfung des Zusammenbaus

Die Passung zwischen hergestellten Bauteilen, die an Mehrfachverbindungs-Schnittstellen miteinander zu verbinden sind, ist mit Hilfe von Schablonen oder von genauen dreidimensionalen Messungen oder durch probeweisen Zusammenbau zu überprüfen. Anforderungen, ob und in welchem Umfang ein probeweiser Zusammenbau durchgeführt 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 der Normenreihe EN ISO 3834 oder, wenn zutreffend, der Normenreihe EN ISO 14554 durchgeführt werden.

ANMERKUNG Ein Leitfaden zur Einführung der Normenreihe EN ISO 3834 über Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen metallischer Werkstoffe ist in CEN ISO/TR 3834-6 gegeben.

Das Schweißen von Betonstahl an Baustahl muss in Übereinstimmung mit den Empfehlungen in der Normenreihe EN ISO 17660 erfolgen.

Das Lichtbogenschweißen ferritischer Stähle und nichtrostender Stähle muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen und Empfehlungen in EN 1011-1, EN 1011-2 bzw. EN 1011-3 erfolgen, je nach Relevanz.

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

- EXC1: EN ISO 3834-4 „Elementare Qualitätsanforderungen“;
- EXC2: EN ISO 3834-3 „Standard-Qualitätsanforderungen“;
- EXC3 und EXC4: EN ISO 3834-2 „Umfassende Qualitätsanforderungen“.

Der Anwendungsbereich von EXC1 kann aufgrund nationaler Bestimmungen nach EN 1993-1-1:2005/A1:2014, Anhang C, eingeschränkt sein (siehe 4.1.2).

7.2 Schweißplan

7.2.1 Erfordernis eines Schweißplanes

Ein Schweißplan muss als Bestandteil der im maßgebenden Teil der Normenreihe EN ISO 3834 geforderten Fertigungsplanung vorliegen.

7.2.2 Inhalt eines Schweißplans

Der Schweißplan muss je nach vorliegenden Gegebenheiten beinhalten:

- a) die Schweißanweisungen bezogen auf die Qualifizierung des jeweiligen Schweißverfahrens 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) Maßnahmen zur Steuerung der Wärmeeinbringung, um lokale Aufhärtungen bei kleinen Schweißraupen zu vermeiden;
- i) Spezialausrüstung für Schweißzusätze (geringer Wasserstoffgehalt, Aufbereitung usw.);
- j) Nahtquerschnitt und Oberflächenbehandlungszustand bei nichtrostenden Stählen;
- k) Anforderungen an Abnahmekriterien von Schweißverbindungen nach 7.6;
- l) Verweisung auf 12.4 hinsichtlich Inspektions- und Prüfplan;
- m) Anforderungen an die Schweißnahtidentifizierung;
- n) Anforderungen an die Oberflächenbehandlung 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 inspizieren bzw. zu prüfen, bevor eine zweite Schweißnaht ausgeführt wird oder bevor abdeckende Bauteile eingebaut werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, sollten die Bedingungen für das Schweißen kaltgeformter Bereiche EN 1993-1-8:2005, 4.14, entsprechen.

7.3 Schweißprozesse

Die Schweißprozesse, die angewendet werden dürfen, sowie ihre zugehörigen Verweisnummern sind in EN ISO 4063 festgelegt.

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, en: welding procedure specification) entsprechend dem maßgeblichen Teil der Normenreihe EN ISO 15609, EN ISO 14555, EN ISO 15620 oder der Normenreihe EN ISO 17660 vorliegen muss.

Sofern festgelegt, müssen besondere Schweißlagebedingungen für Heftnähte in der WPS enthalten sein. Bei Anschlüssen in Hohlprofilfachwerken sind die Nahtanfangs- und Nahtendbereiche und das anzuwendende Verfahren festzulegen, mit denen die Positionen eingehalten werden können, an denen die Schweißung um den Anschluss herum von einer Kehlnaht zu einer Stumpfnahnt übergeht (siehe Anhang E).

Anweisung und Qualifizierung der Schweißverfahren müssen EN ISO 15607 entsprechen.

Obwohl es in EN ISO 3834-4 keine speziellen Anforderungen für Schweißanweisungen nach EN ISO 15607 gibt, darf in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden, dass für EXC1 angemessene Arbeitsanweisungen bereitzustellen sind, welche die zu verwendenden Schweißverfahren, -zusätze und -parameter festlegen.

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

Die Qualifizierung des Schweißverfahrens für die Prozesse 111, 114, 12, 13 und 14 ist abhängig von der Ausführungsklasse, dem Grundwerkstoff und dem Mechanisierungsgrad nach Tabelle 12.

Tabelle 12 — Methoden zur Qualifizierung der Schweißverfahren für die Prozesse 111, 114, 12, 13 und 14

Methoden zur Qualifizierung		EXC2	EXC3 EXC4
Schweißverfahrensprüfung	EN ISO 15614-1 ^a EN ISO 17660-1/ EN ISO 17660-2 ^b	X	X
Vorgezogene Arbeitsprüfung	EN ISO 15613 EN ISO 17660-1/ EN ISO 17660-2 ^b	X	X
Standardschweißverfahren	EN ISO 15612	X	X ^c
Vorliegende schweißtechnische Erfahrung	EN ISO 15611	X	—
Einsatz von geprüften Schweißzusätzen	EN ISO 15610		
X zulässig — nicht zulässig			
^a Die Qualifizierung der Schweißverfahren nach EN ISO 15614-1:2017 muss der Stufe 2 entsprechen. ^b Nur bei Verbindungen zwischen Betonstahl und anderen Stahlbauteilen zu verwenden. ^c Sofern nach den Ausführungsunterlagen zulässig.			

Wird die Qualifizierung eines Schweißverfahrens für Kehlnähte an Stahlsorten $\geq S460$ gefordert, ist ein Zugversuch am Doppel-T-Stoß („Kreuzzugversuch“) nach EN ISO 9018 durchzuführen. Alternativ – und sofern nach den Ausführungsunterlagen zulässig – ist, falls die Kehlnahtdicke bei Stahlsorten $\geq S460$ zwecks Kompensation für einen Schweißzusatz mit zu geringer Festigkeit erhöht wird, anstelle einer Prüfung nach EN ISO 9018 ein Zugversuch an einer reinen Schweißmetallprobe durchzuführen und mit der deklarierten Zugfestigkeit des Schweißzusatzes zu vergleichen.

Hinsichtlich des Kreuzzugversuches sind drei Kreuzzugproben zu prüfen. Wenn der Bruch im Grundwerkstoff auftritt, muss mindestens die Nennzugfestigkeit des Grundwerkstoffs erreicht werden. Wenn der Bruch im Schweißgut auftritt, muss die Bruchfestigkeit des vorhandenen Nahtquerschnitts bestimmt werden. Bei Prozessen mit tiefem Einbrand muss der tatsächliche Wurzeleinbrand berücksichtigt werden. Die ermittelte mittlere Bruchfestigkeit muss $\geq 0,8 R_m$ betragen (mit R_m = Nennzugfestigkeit des verwendeten Grundwerkstoffs).

Bei der ersten Lage einer ein- oder mehrlagigen Kehlnaht mit tiefem Einbrand mithilfe eines vollmechanisierten Prozesses muss eine Schweißverfahrensprüfung nach EN ISO 15614-1 durchgeführt werden, wobei jede während der Produktion auftretende Kehlnahtdicke zu untersuchen ist. Die Untersuchung muss drei Makroschliffe umfassen, einen vom Anfang, einen von der Mitte und einen vom Ende eines Prüfstücks. Der Mindestwert des tiefen Einbrands ist zu bestimmen, indem die tatsächlichen Werte in den Makroschliffen gemessen werden.

Wenn auf Fertigungsbeschichtungen (Shop Primern) geschweißt wird, müssen Verfahrensprüfungen mit der maximal zulässigen Beschichtungsdicke (Nennstärke + Toleranz) durchgeführt werden. Bei Fertigungsbeschichtungen (Shop Primern) muss die Schweißeignung nach EN ISO 17652-1 bis EN ISO 17652-4 nachgewiesen werden. Das Schweißverfahren gilt als qualifiziert, wenn die Unregelmäßigkeiten im Prüfstück innerhalb der festgelegten Grenzwerte der Bewertungsgruppe B nach EN ISO 5817 liegen, mit Ausnahme der Porosität, die wie folgt sein muss:

- a) keine lineare Porosität (Porennest mit Abstand zwischen Poren \leq Durchmesser der Poren);
- b) maximal 8 % nach EN ISO 5817:2014, Anhang A, für Bauteile allgemein, maximal 4 % für Bauteile, die als ermüdungsbeansprucht gelten.

Bei nichtrostenden Stählen müssen Schweißverfahrensprüfungen nach EN ISO 15614-1 durchgeführt werden, mit Ausnahme der Stahlsorten im nicht-kaltverfestigten Zustand mit den Werkstoffnummern 1.4301, 1.4307, 1.4541, 1.4401, 1.4404 und 1.4571 sowie der Schweißnähte zwischen diesen Werkstoffen und mit Baustählen.

Erfolgt die Qualifizierung des Schweißverfahrens nach EN ISO 15613 oder EN ISO 15614-1, dann gelten, sofern nichts anderes festgelegt wird, die folgenden Bedingungen:

- a) Sind Kerbschlagbiegeprüfungen eine Anforderung von EN ISO 15614-1, dann sind diese, und zwar für EN ISO 15613 ebenfalls, bei der niedrigsten Temperatur durchzuführen, die für die Kerbschlagbiegeprüfung der zu verbindenden Werkstoffsorten gefordert wird, einschließlich der Prüfoption mit der niedrigsten Temperatur, wenn solche Wahlmöglichkeiten für eine bestimmte Charpy-Qualität bestehen.
- b) 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.

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, 784 und 786

Schweißprozesse (nach EN ISO 4063)		Schweißanweisung (WPS)	Qualifizierung des Schweißverfahrens
Ordnungsnummer	Liste der Prozesse		
21	Widerstandspunktschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-12
22	Rollennahtschweißen		
23	Buckelschweißen		
24	Abbrennstumpfschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Reibschweißen	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Laserstrahlschweißen	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	EN ISO 14555	EN ISO 14555
784	Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung		
786	Kondensatorentladungs-Bolzenschweißen mit Spitzenzündung		

7.4.1.4 Gültigkeit der Qualifizierung des Schweißverfahrens

Die Gültigkeit eines Schweißverfahrens ist abhängig von den Anforderungen der für die Qualifizierung angewendeten Norm. Falls festgelegt, müssen Arbeitsprüfungen in Übereinstimmung mit der maßgeblichen Qualifizierungsnorm, z. B. EN ISO 14555, EN ISO 11970, EN ISO 17660-1, EN ISO 17660-2, EN ISO 17652-2, durchgeführt werden.

7.4.2 Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen

7.4.2.1 Allgemeines

Schweißer müssen nach EN ISO 9606-1 und Bediener von Schweißeinrichtungen nach EN ISO 14732 qualifiziert werden.

Für das Schweißen von Bauteilen nach EXC1 in Einrichtungen, die nach ISO 3834-4 arbeiten, sind die Qualifikationen von Schweißern in Übereinstimmung mit EN ISO 9606-1:2017, 9.3 a) oder 9.3 b) zu verlängern und die Bediener von Schweißeinrichtungen sind nach EN ISO 14732:2013, 5.3 a) oder 5.3 b) erneut zu validieren.

Schweißer von Betonstahl müssen nach EN ISO 17660-1 oder EN ISO 17660-2 qualifiziert werden.

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

7.4.2.2 Hohlprofilanschlüsse

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen Schweißer von Hohlprofilanschlüssen mit Abzweigwinkeln kleiner als 60° wie in EN 1993-1-8 definiert folgendermaßen qualifiziert sein:

- a) Die Maße der Prüfstücke, die Einzelheiten und Position der Schweißnähte müssen typisch für die in der Herstellung verwendeten sein;
- b) zur Qualifizierung des Schweißens von Hohlprofilen mit rundem Querschnitt an Hohlprofile mit rundem Querschnitt sind die zu überprüfenden Prüfstücke an jeder der vier Positionen A, B, C und D, wie in Anhang E, Bild E.2 und Bild E.3 dargestellt, zu entnehmen;
- c) zur Qualifizierung des Schweißens von Hohlprofilen mit rundem Querschnitt an Hohlprofile mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt sind die zu überprüfenden Prüfstücke an jeder der zwei Positionen C und D, wie in Anhang E, Bild E.4 und Bild E.5 dargestellt, zu entnehmen;
- d) die Prüfstücke sind durch Sichtprüfung und makroskopische Prüfung nach EN ISO 17639 zu untersuchen;
- e) die Qualifizierung muss den Anforderungen von EN ISO 9606-1 genügen.

7.4.3 Schweißaufsicht

Bei EXC1 muss für eine ausreichende Aufsicht während der Ausführung der Schweißarbeiten gesorgt werden, wie in EN ISO 3834-4 festgelegt.

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 muss die Schweißaufsicht während der Ausführung der Schweißprozesse 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; hierin entsprechen B, S und C den technischen Basiskenntnissen, speziellen technischen Kenntnissen und umfassenden technischen Kenntnisse, wie in EN ISO 14731 beschrieben.

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

Die technischen Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals mit Verantwortung für die Koordinierung des Schweißens von Betonstahl müssen EN ISO 17660-1 entsprechen.

Das Schweißaufsichtspersonal ist verantwortlich für die Qualifizierungsverfahren der Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen. Schweißaufsichtspersonen dürfen als Prüfer agieren. Wenn die Qualifizierung durch externe Prüfer/Prüfstellen vorgenommen wird, sollte dies in Übereinstimmung mit den Verfahren nach EN ISO/IEC 17024 oder EN ISO/IEC 17020 geschehen.

Tabelle 14 — Technische Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals — Baustähle

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Dicke 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 Für Stähle bis einschließlich S275 ist Kenntnisstufe S ausreichend.
^d Für Stähle N, NL, M und ML ist Kenntnisstufe S ausreichend.

Tabelle 15 — Technische Kenntnisse des Schweißaufsichtspersonals — Nichtrostende Stähle

EXC	Stähle (Gruppe)	Bezugsnormen	Dicke (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenitische (8) Ferritische (7.1)	EN 10088-4:2009, Tabelle 3 EN 10088-5:2009, Tabelle 4 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 2	B	S	C
	Austenitisch- ferritische (10)	EN 10088-4:2009, Tabelle 4 EN 10088-5:2009, Tabelle 5 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 3	S	C	C
EXC3	Austenitische (8) Ferritische (7.1)	EN 10088-4:2009, Tabelle 3 EN 10088-5:2009, Tabelle 4 EN 10296-2:2005, Tabelle 1 EN 10297-2:2005, Tabelle 2	S	C	C
	Austenitisch- ferritische (10)	EN 10088-4:2009, Tabelle 4 EN 10088-5:2009, 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.

Toleranzen für die Schweißnahtvorbereitung und die Passgenauigkeit müssen in der WPS angegeben sein.

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

Wenn Freischnitte (Durchschweißöffnungen) vorgesehen werden, um die Zugänglichkeit sicherzustellen, müssen diese einen Mindestradius von 40 mm haben, sofern nichts anderes festgelegt ist.

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 unzulässige Kerben oder andere Fehler in der Nahtgeometrie durch Schweißen ausgebessert, muss ein qualifiziertes Schweißverfahren verwendet werden, und der Bereich muss nachfolgend blechen bearbeitet 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 Zink).

Bei EXC1 dürfen Fertigungsbeschichtungen (Shop Primer) nur dann auf den Nahtflanken belassen werden, wenn sie den Schweißprozess nicht beeinträchtigen. Bei EXC2, EXC3 und EXC4 dürfen Fertigungsbeschichtungen nicht auf den Nahtflanken oder auf der Wärmeeinflusszone belassen werden, es sei denn, Schweißverfahrensprüfungen nach EN ISO 15614-1 bzw. EN ISO 15613 sind unter Benutzung solcher Fertigungsbeschichtungen erfolgreich abgeschlossen worden.

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

7.5.1.2 Hohlprofile

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

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

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 einzuhalten.

Schweißzusätze, die Anzeichen von Beschädigungen aufweisen, sind auszusondern.

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 (siehe EN 1011-1).

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, wenn gefordert, in Übereinstimmung mit EN ISO 13916, EN 1011-2 und/oder EN 1011-3 durchgeführt werden.

Sofern erforderlich, muss das Vorwärmen auf der Grundlage der entsprechenden WPS erfolgen, und die Vorwärmtemperatur muss während des Schweißvorgangs, einschließlich des Heftens und des Anschweißens von Montagehilfen, aufrechterhalten werden.

7.5.6 Montagehilfen

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

Bei EXC3 und EXC4 sind mögliche Einschränkungen bezüglich der Verwendung von geschweißten Montagehilfen in den Ausführungsunterlagen festzulegen.

Das Entfernen geschweißter Montagehilfen durch Abschneiden, Abhobeln oder Abmeißeln muss so erfolgen, dass der Grundwerkstoff nicht beschädigt wird, und die Oberfläche muss anschließend sorgfältig gleichmäßig bearbeitet werden. Die Stellen, von denen die Montagehilfen entfernt wurden, sind einer Sichtprüfung und bei Stahlsorten \geq S355 einer ZfP zu unterziehen. Sofern nichts anderes festgelegt wurde, sind Abhobeln und Abmeißeln bei Stahlsorten \geq S460 oder auf Bauteilen, die ermüdungsbeansprucht sind, nicht gestattet.

Nach dem Entfernen muss eine Inspektion durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Oberfläche der Ausgangsprodukte an der Stelle der Schweißung nicht gerissen ist.

7.5.7 Heftnähte

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 müssen Heftnähte mit einer Schweißanweisung basierend auf einem geeigneten qualifizierten Schweißverfahren ausgeführt werden. Als Mindestlänge der Heftung gilt der kleinere Wert von einerseits dem Vierfachen der Dicke des dickeren zu verbindenden Teils und andererseits 50 mm. Diese Mindestlänge darf unterschritten werden, falls sich durch eine Prüfung belegen lässt, 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 frei von Ansatzfehlern sein und vor dem endgültigen Schweißen gründlich gereinigt sein. Heftnähte mit unzulässigen Fehlern, wie z. B. Rissen, sind zu entfernen.

7.5.8 Kehlnähte

7.5.8.1 Allgemeines

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

- a) die volle Nahtdicke, die sich bei Anwendung der WPS für Schweißprozesse 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 $a = a_{\text{nom}} + 0,7 h$ ausgeglichen werden darf, wobei a_{nom} die festgelegte Sollnahtdicke ist. Für die Unregelmäßigkeit „Schlechte Passung bei Kehlnähten“ (617 nach EN ISO 5817:2014) gelten die Bewertungsgruppen unter der Voraussetzung, dass die Nahtdicke entsprechend Ordnungsnummer (5213 nach EN ISO 5817:2014) eingehalten ist;
- c) dass für Brückenfahrbahnen besondere Fertigungsanforderungen gelten, z. B. für die Nahtdicke von Kehlnähten, siehe 7.5.17 und Tabelle B.21.

7.5.8.2 Kehlnähte an Bauteilanschlüssen

Kehlnähte, die an den Enden oder Seiten von Bauteilen enden, 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 oder sofern hierzu andere Festlegungen vorliegen.

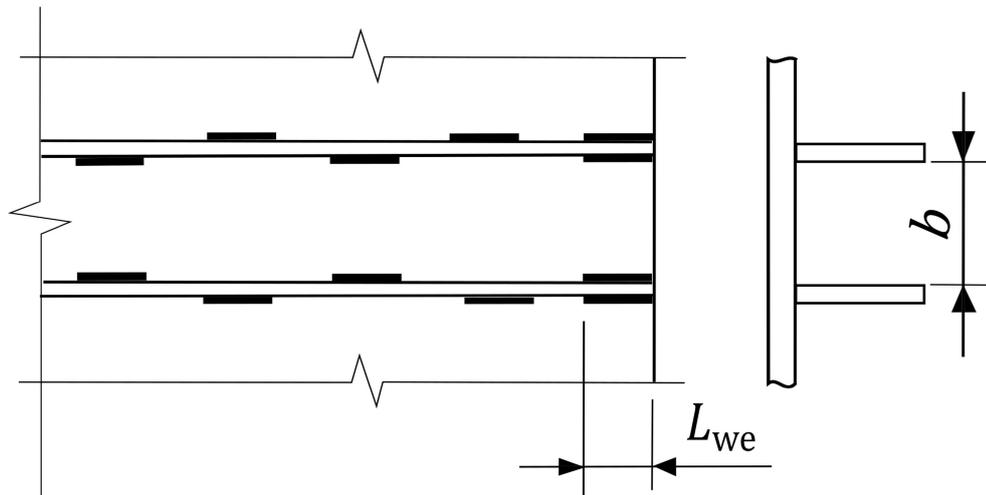
Die Mindestlänge einer Lage einer Kehlnaht, ausgenommen Endumschweißungen, muss mindestens das Vierfache der Schenkellänge der Schweißnaht betragen^{N2)}.

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. Eine einzelne Kehlnaht darf nicht verwendet werden, wenn die verbundenen Teile nicht so eingespannt sind, dass ein Öffnen des Anschlusses ausgeschlossen ist.

Wenn das Ende eines Bauteils nur durch Längskehlnähte angeschlossen ist, darf die Länge jeder Schweißnaht (L_{we}) nicht kleiner sein als 75 % des Abstands zwischen diesen (b) (siehe Bild 2).

N2) Nationale Fußnote: Die vierfache Schenkellänge entspricht der sechsfachen Nahtdicke.



$$L_{we} \geq 0,75 b$$

Bild 2 — Unterbrochene Kehlnähte

7.5.9 Stumpfnähte

7.5.9.1 Allgemeines

Die Lage von Stumpfnähten, die als Bedarfsstöße zum Anpassen der verfügbaren Längen von Ausgangsprodukten an die Länge des Bauteils eingesetzt werden, ist in den Ausführungsunterlagen festzulegen.

ANMERKUNG Dies ermöglicht den Nachweis der Übereinstimmung mit der Bemessung.

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

Bei EXC3 und EXC4, sowie bei EXC2 falls festgelegt, müssen für voll durchgeschweißte Quer-Stumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche verwendet werden. Sofern bei EXC2, EXC3 und EXC4 festgelegt, müssen auch für voll durchgeschweißte Längs-Stumpfnähte oder für teilweise durchgeschweißte (Quer- oder Längs-) Stumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche verwendet werden. Die Schweißseignung solcher Anlauf- und Auslaufbleche darf nicht geringer als die des Grundwerkstoffs sein.

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

Die Ausführungsunterlagen müssen festlegen, ob die Nahtüberhöhung bis zum Erreichen einer blechebenen Oberfläche entfernt werden muss.

7.5.9.2 Einseitige Schweißnähte

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

Falls nichts anderes festgelegt wird, dürfen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Stahl eingesetzt werden. Die Anforderungen an 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 die gesamte Länge des Anschlusses durchlaufen. Bei EXC3 und EXC4 müssen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Metall zwecks vollständiger Durchschweißung der Stumpfnähte ununterbrochen ausgeführt werden. Hefnähte 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

Das Ausfugen muss bis zu einer genügenden Tiefe erfolgen, um unzulässige Imperfektionen im Schweißgut zu eliminieren.

Beim Ausfugen muss eine gleichbleibende U-förmige Fugenform entstehen, deren Nahtflanken zum Schweißen leicht zugänglich 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 bei Mittellagen von mehrlagigen Kehl- oder Stumpfnähten eingesetzt werden, vorausgesetzt, dass die Kapplagen und/oder die Oberflächenschicht mit geeigneten Schweißzusätzen geschweißt werden.

7.5.11 Rohrabzweigungen in Hohlprofilfachwerken

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

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.

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 hindurch erfordern.

7.5.13 Schlitz- und Lochnähte

Die Abmessungen der Löcher für Schlitz- und Lochnähte müssen so beschaffen sein, dass ein ausreichender Zugang für das Schweißen sichergestellt ist. Maße müssen festgelegt werden.

ANMERKUNG Ausreichende Maße sind:

- 1) Breite: mindestens 8 mm mehr als die Dicke des anzuschließenden Teils;
- 2) Länge des Langlochs: der kleinere Wert von 70 mm oder das Fünffache der Blechdicke.

Vollständig mit Schweißgut ausgefüllte Loch- oder Schlitznähte dürfen nur ausgeführt werden, wenn die Kehlnaht im Loch oder Schlitz vorher mit zufriedenstellendem Ergebnis überprüft worden ist. Vollständig mit Schweißgut ausgefüllte Loch- oder Schlitznähte ohne Kehlnaht im Loch oder Schlitz sind nicht zulässig, sofern nicht anderweitig festgelegt.

7.5.14 Andere Schweißnahtarten

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

7.5.15 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 EN ISO 17663.

7.5.16 Ausführung von Schweißarbeiten

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Zündstellen zu vermeiden. Falls Zündstellen außerhalb der Schweißnahtflanken auftreten, muss die Stahloberfläche leicht geschliffen und überprüft werden. Die Sichtprüfung bei Stahlsorten $\geq S460$ sowie, sofern festgelegt, auch bei anderen Stahlsorten sollte durch eine Eindringprüfung oder eine Magnetpulverprüfung ergänzt werden.

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um Schweißspritzer zu minimieren. Sofern nicht anders festgelegt, müssen diese bei Stahlsorten $\geq S460$ 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.

7.5.17 Schweißen von orthotropen Brückenfahrbahnen

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

Für Längsrippen-Deckblech-Nähte und für lokale Schweißungen, z. B. an Fensterstößen, sind die Nahtansätze und -enden zu entfernen.

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

7.6.1 Routineanforderungen

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

Sofern nicht anders festgelegt, müssen die Abnahmekriterien für Schweißnahtunregelmäßigkeiten für EXC1, EXC2 und EXC3 unter Bezugnahme auf EN ISO 5817:2014 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:

- a) EXC1 Bewertungsgruppe D, mit Ausnahme von Bewertungsgruppe C für „zu kleine Kehlnahtdicke“ (5213);
- b) EXC2 Bewertungsgruppe C mit Ausnahme von Bewertungsgruppe D für „Schweißgutüberlauf“ (506), Zündstelle (601), „Offener Endkraterlunker“ (2025) und Bewertungsgruppe B für "zu kleine Kehlnahtdicke" (5213);
- c) EXC3 Bewertungsgruppe B.

ANMERKUNG Schweißnähte, die nach EN 1993-1-8 bemessen wurden, erfordern im Allgemeinen die für EXC2 festgelegte Bewertungsgruppe.

Bei EXC4 müssen die Schweißnähte mindestens die Anforderungen für EXC3 erfüllen. Zusätzliche Anforderungen für einzelne Schweißnähte müssen festgelegt werden.

7.6.2 Anforderungen bezüglich Ermüdung

Sofern nicht anders festgelegt, müssen bei nach EN 1993-1-9 gegen Ermüdung bemessenen Schweißnähten die Ausführungsunterlagen die maßgeblichen Abnahmekriterien in Form des Kerbfalls (DC, en: detail category) für den betreffenden geschweißten Anschluss festlegen.

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 dürfen zusätzlich zu den in 7.6.1 festgelegten Kriterien die Abnahmekriterien für Schweißnähte nach EN ISO 5817:2014, Anhang C, wie folgt festgelegt werden:

- a) DC nicht über 63: Bewertungsgruppe C 63;
- b) DC oberhalb 63 und nicht über 90: Bewertungsgruppe B 90;
- c) DC oberhalb 90 und nicht über 125: Bewertungsgruppe B 125.

Die Ausführungsunterlagen müssen diejenigen Ausführungsanforderungen festlegen, die den in EN 1993-1-9:2005, Tabelle 8.1 bis 8.8, und/oder EN 1993-2:2006, Anhang C, angegebenen Ausführungsanforderungen entsprechen sollen.

7.6.3 Orthotrope Brückenfahrbahnen

Sofern in den Ausführungsunterlagen festgelegt, müssen Schweißnähte in orthotropen Brückenfahrbahnen wie in EN 1993-1-9:2005, Tabelle 8.8, dargestellt, die Anforderungen von 7.6.1 zusammen mit den Anforderungen von EN 1993-2:2006 erfüllen.

7.7 Schweißen nichtrostender Stähle

Die Anforderungen an das Schweißen zwischen unterschiedlichen Arten von nichtrostendem Stahl oder zwischen nichtrostendem Stahl und anderen Stählen, wie z. B. Baustahl, müssen festgelegt werden.

Die Schweißaufsicht muss geeignete Schweißverfahren, Schweißprozesse und Schweißzusätze in Betracht ziehen. Verunreinigungen von nichtrostendem Stahl sowie Kontaktkorrosion sollten sorgfältig vermieden werden.

8 Mechanisches Verbinden

8.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt Anforderungen an in der Werkstatt und auf der Baustelle ausgeführte Verbindungen und Befestigungen mithilfe mechanischer Verbindungsmittel.

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

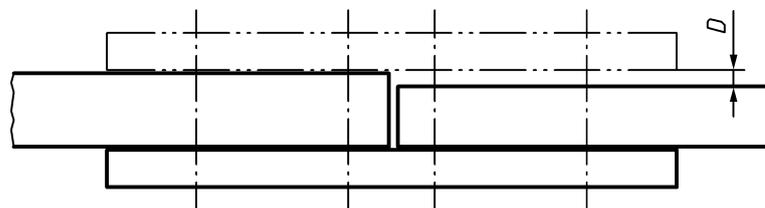


Bild 3 — Dickenunterschied von Bauteilen in der gleichen Lage

Futterbleche müssen Korrosionseigenschaften und mechanische Festigkeit aufweisen, die mit den anliegenden Anschlussbauteilen verträglich 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 Sicherung der Schraubengarnitur zusätzlich zum Anziehen andere Maßnahmen oder Elemente zu verwenden sind.

Bei Schraubenverbindungen, die einer erheblichen Schwingungsbeanspruchung ausgesetzt sind, wie z. B. bei Lagerregalen, und ein geringes Verhältnis der Klemmlänge zum Schraubendurchmesser besitzen, muss ein Sicherungselement verwendet werden.

Sofern nicht anders festgelegt, erfordern vorgespannte Garnituren keine zusätzlichen Sicherungselemente.

An Schrauben und Muttern darf nicht geschweißt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. Diese Einschränkung gilt nicht für spezielle Schweißmuttern z. B. nach EN ISO 21670 oder für schweißgeeignete Bolzen.

8.2.2 Schrauben

Der Nenndurchmesser des Verbindungsmittels muss bei Stahlbauverschraubungen mindestens M12 sein, sofern nichts anderes, zusammen mit den zugehörigen Anforderungen, festgelegt wird.

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 vorgespannte und nicht vorgespannte Garnituren muss die Länge des Gewindeüberstandes mindestens einen Gewindegang betragen, gemessen von der Außenseite der Muttern oder der zusätzlichen Sicherungselemente zum Schraubenende.

Ist beabsichtigt, die Schertragfähigkeit der Verbindung im gewindefreien Teil des Schraubenschaftes auszunutzen, dann müssen die Schraubenabmessungen so festgelegt werden, dass die Toleranzen der Länge des gewindefreien Teils berücksichtigt sind.

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

Bei vorgespannten Schrauben nach der Normenreihe EN 14399 müssen die Klemmlängen und Paketdicken in Übereinstimmung mit den relevanten Produktnormen gewählt werden.

Die tabellierten Nennklemmlängen und Nennpaketdicken in der Normenreihe EN 14399 berücksichtigen, dass zwischen der Auflagerfläche der Mutter und dem gewindefreien Teil des Schraubenschaftes bei Garnituren nach EN 14399-4 und EN 14399-8 nominell mindestens zwei volle Gewindegänge und bei Garnituren nach EN 14399-3, EN 14399-7 und EN 14399-10 nominell mindestens vier volle Gewindegänge frei bleiben müssen.

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, darf eine der beiden folgenden Überprüfungen angewendet werden:

- a) bei jedem neuen Los von Schraubengarnituren darf deren Zusammenpassen vor dem Einbau durch Zusammenbau von Hand überprüft werden;
- b) bei verschraubten Garnituren dürfen vor dem Anziehen Muttern von Hand nach einem anfänglichen Losdrehen auf freies Drehen überprüft werden.

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

8.2.4 Scheiben

Sofern nicht anders festgelegt, sind Scheiben beim Einsatz von nicht vorgespannten Schraubengarnituren 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, sofern nichts anderes festgelegt wird.

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 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 werden soll;
- b) bei 10.9-Schrauben in Bauteilen aus Stahlsorten S235 muss sowohl kopfseitig als auch mutterseitig eine Scheibe angeordnet werden;
- c) sofern nicht die Anordnung einer Scheibe sowohl kopfseitig als auch mutterseitig festgelegt ist, muss bei 10.9-Schrauben in Bauteilen aus Stahlsorten über S235 entweder kopfseitig oder mutterseitig eine Scheibe angeordnet werden, je nachdem auf welcher Seite gedreht werden soll.

Die zulässige Anpassung der Klemmlänge für vorgespannte und nicht vorgespannte Schraubengarnituren ist in Tabelle 16 festgelegt.

Bei Anschlüssen mit Langlöchern und übergroßen Löchern müssen Unterlegbleche nach 5.6.9.3 eingesetzt werden, sofern nichts anderes festgelegt wurde.

Tabelle 16 — Zulässige Anpassung der Klemmlängen für vorgespannte und nicht vorgespannte Schraubengarnituren

Vorgespannte Schraubengarnituren ^a	Nicht vorgespannte Schraubengarnituren
Zusätzlich zur Mindestanzahl der vorgeschriebenen Scheiben dürfen bis zu zwei Scheiben ^b oder ein Unterlegblech oder eine Scheibe ^b und ein Unterlegblech angeordnet werden. Die Gesamtdicke der zusätzlichen Scheiben ^b darf 12 mm nicht überschreiten.	Zusätzlich zur Mindestanzahl der vorgeschriebenen Scheiben dürfen bis zu drei Scheiben oder zwei Scheiben und ein Unterlegblech oder eine Scheibe und ein Unterlegblech oder ein Unterlegblech angeordnet werden. Die Gesamtdicke der zusätzlichen Scheiben darf 12 mm nicht überschreiten.
^a Bei vorgespannten Garnituren, die mit dem Drehmomentverfahren angezogen werden (einschließlich HRC-Garnituren), darf auf der Seite, auf der gedreht wird, nur ein zusätzliches Unterlegblech angeordnet werden. Auf der Seite, auf der nicht gedreht wird, darf ein zusätzliches Unterlegblech oder eine zusätzliche Scheibe angeordnet werden. ^b Scheiben nach EN 14399-5 oder EN 14399-6, je nach Relevanz. Scheiben nach EN 14399-5 dürfen nicht für Garnituren nach EN 14399-4 und EN 14399-8 verwendet werden.	

Wenn zusätzliche Scheiben oder Unterlegbleche angeordnet werden, sollte das Verbindungsdetail überprüft werden, um sicherzustellen, dass sich die Scherebene bei Schrauben mit Schaft nicht in den Gewindeteil der Schraube verschoben hat.

Abmessungen und Stahlsorten von Unterlegblechen müssen festgelegt werden. Unterlegbleche dürfen nicht dünner als 4 mm sein.

Keilscheiben müssen eingesetzt werden, wenn die Oberfläche der Ausgangsprodukte 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.

8.3 Anziehen nicht vorgespannter Schraubengarnituren

Die verbundenen Bauteile sind so zusammenzuziehen, dass sie eine weitgehend flächige Anlage erreichen.

Futterbleche 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 Ausgangsprodukten mit $t \geq 4$ mm bei Blechen und Profilblechen und mit $t \geq 8$ mm bei Profilquerschnitten bis zu 4 mm große Spalte zwischen den Kanten verbleiben.

Jede Schraubengarnitur 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.

8.4 Vorbereitung von Kontaktflächen für gleitfeste Verbindungen

Dieser Abschnitt gilt nicht für nichtrostende Stähle, für die sämtliche Anforderungen, die die Kontaktflächen betreffen, 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 vorgespannten gleitfesten Verbindungen muss festgelegt werden.

Arten von Oberflächenbehandlungen, für die ohne Versuch angenommen werden darf, dass damit mindestens die Haftreibungszahlen der festgelegten Reibflächenklassen erzielt werden, sind in Tabelle 17 angegeben.

Tabelle 17 — Für Reibflächen anzunehmende Einstufungen

Oberflächenbehandlung	Klasse ^a	Haftreibungszahl μ^b
Oberflächen mit Kugeln oder mit kantigem Strahlmittel gestrahlt, loser Rost entfernt, nicht körnig.	A	0,50
Oberflächen feuerverzinkt nach EN ISO 1461 und sweepgestrahlt (gesweept) ^c und mit Alkali-Zink-Silikat-Beschichtung mit einer Nenndicke von 60 μm^d .	B	0,40
Oberflächen mit Kugeln oder mit kantigem Strahlmittel gestrahlt: a) mit Alkali-Zink-Silikat-Beschichtung mit einer Nenndicke von 60 μm^d ; b) thermisch spritzaluminisiert oder spritzverzinkt oder beides kombiniert auf eine Nenndicke von nicht mehr als 80 μm .	B	0,40
Oberflächen feuerverzinkt nach EN ISO 1461 und sweepgestrahlt (gesweept) (oder gleichwertiger Abrasionsprozess) ^c	C	0,35
Oberflächen mittels Drahtbürsten oder Flammstrahlen gereinigt, loser Rost entfernt	C	0,30
Oberflächen im Walzzustand	D	0,20
^a Reibflächenklassen wie in G.6 gegeben. ^b Der potentielle Vorspannkraftverlust gegenüber dem Ausgangswert wird in den hier angegebenen Haftreibungszahlen berücksichtigt. ^c Sofern für einen alternativen Abrasionsprozess nicht eine gleichwertige Leistungsfähigkeit nachgewiesen werden kann, muss das Sweepstrahlen (Sweepen) von feuerverzinkten Oberflächen entsprechend den in EN 15773 beschriebenen Verfahren und Bedingungen durchgeführt werden. Nach dem Sweepstrahlen bedeutet eine matte Oberfläche, dass eine weiche Oberflächenschicht aus unlegiertem Zink entfernt wurde. ^d Die Trockendicke muss zwischen 40 μm und 80 μm liegen.		

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

Andernfalls muss die Haftreibungszahl durch eine Prüfung nach Anhang G bestimmt werden, und die Kontaktoberflächen müssen in Übereinstimmung mit den geprüften Prüfstücken vorbereitet werden.

Vor dem Zusammenbau sind die folgenden Vorsichtsmaßnahmen zu treffen:

- a) die Kontaktflächen müssen 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;
- b) unbeschichtete Kontaktflächen müssen vollständig von Flugrost und anderem losem 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 Inspektionsmaßnahmen für die Verbindung abgeschlossen sind;
- c) zwischen Scheiben und anliegenden Oberflächen sollten keine dicken Oberflächenbeschichtungen vorliegen (siehe Anhang I).

8.5 Anziehen vorgespannter Schraubengarnituren

8.5.1 Allgemeines

Sofern nichts anderes festgelegt wird, ist für den in Tabelle 18 festgelegten Nennwert der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ anzusetzen:

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s \quad (1)$$

Dabei ist

f_{ub} die Nennfestigkeit des Schraubenwerkstoffs, wie in EN 1993-1-8 festgelegt;

A_s die Spannungsquerschnittsfläche der Schraube.

Dieses Vorspannkraftniveau muss für alle gleitfest vorgespannten Verbindungen und für alle anderen vorgespannten Verbindungen angesetzt werden, falls nicht ein geringeres Vorspannkraftniveau festgelegt wird. Im letztgenannten Fall müssen die Schraubengarnituren, das Anziehverfahren, die Anziehparameter und die Inspektionsanforderungen 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 18 — Nennwerte der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ in [kN]

Festigkeits- klasse	Schraubendurchmesser									
	mm									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
8.8	47	65	88	108	137	170	198	257	314	458
10.9	59	81	110	134	172	212	247	321	393	572

Sofern keine Einschränkungen hinsichtlich der Anwendung vorliegen, darf jedes der in 8.5.3 bis 8.5.6 angegebenen Anziehverfahren eingesetzt werden. Hinsichtlich des angewendeten Anziehverfahrens muss die *k*-Klasse der Garnituren (Anlieferungszustand nach EN 14399) Tabelle 19 entsprechen.

Tabelle 19 — *k*-Klassen für Anziehverfahren

Anziehverfahren	<i>k</i>-Klassen
Drehmomentverfahren (siehe 8.5.3)	K2
Kombiniertes Vorspannverfahren (siehe 8.5.4)	K2 oder K1
HRC-Anziehverfahren (siehe 8.5.5)	K0 nur mit HRD-Muttern oder K2
Verfahren mit direkten Kraftanzeigern (DTI, en: direct tension indicator) (siehe 8.5.6)	K2, K1 oder K0

Beim Drehmomentverfahren und HRC-Anziehverfahren muss der Variationskoeffizient für den *k*-Faktor der Schraubengarnituren (V_k nach EN 14399-1) oder für den *Fr*-Faktor der Schraubengarnituren (V_{Fr} nach EN 14399-10) $\leq 0,06$ betragen.

Als Alternative darf 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 nach EN 14399-2 durchgeführt werden.

Vor Beginn des Vorspannverfahrens müssen die Schrauben einer Schraubengruppe 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 Vorspannkraft zu erzielen.

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

Eine Überprüfung muss nach jeglichem Vorfall erfolgen, der während des Einsatzes auftritt (erheblicher Stoß, Herunterfallen, Überlastung, usw.) 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 Schraubengarnituren zum 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 (siehe Tabelle 18) angezogen worden ist, später gelöst, muss sie entfernt werden, und die komplette Garnitur muss ausgesondert werden.

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

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

Der mögliche Vorspannkraftverlust im Vergleich zum Ursprungswert aufgrund verschiedener Ursachen, z. B. Relaxieren, Kriechen der Oberflächenbeschichtungen, ist bei den nachfolgend festgelegten Anziehverfahren berücksichtigt, außer für dicke Beschichtungen. Bei diesen darf der mögliche Vorspannkraftverlust nach Anhang I beurteilt werden. Im Falle von dicken Oberflächenbeschichtungen ist festzulegen, ob zusätzliche Maßnahmen zum Ausgleich eines möglichen nachträglichen Verlustes der Vorspannkraft erforderlich sind.

8.5.2 Referenz-Drehmomente

Beim Drehmomentverfahren und bei dem beim Voranziehen verwendeten Drehmoment beim kombinierten Vorspannverfahren werden die Referenz-Drehmomente $M_{r,i}$, die zum Erreichen des erforderlichen Nennwertes der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ eingesetzt 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 der Normenreihe EN 14399 deklarierten k -Klasse:

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

$$2) \quad M_{r,1} = 0,125 d F_{p,C} \quad \text{für } k\text{-Klasse K1.}$$

b) Werte, ermittelt nach Anhang H:

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

8.5.3 Drehmomentverfahren

Die Schraubengarnituren müssen mit einem Anziehgerät angezogen werden, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Handbetriebene oder automatische Drehschrauber dürfen verwendet werden. Schlag-schrauber 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) erster Anziehschritt: Der Drehschrauber ist auf ein Anziehmoment von etwa $0,75 M_{r,i}$ einzustellen, 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) zweiter Anziehschritt: Der Drehschrauber ist auf ein Anziehmoment von $1,10 M_{r,i}$ einzustellen, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,\text{test}}$ entspricht.

ANMERKUNG Die Verwendung des Faktors 1,10 zusammen mit $M_{r,2}$ ist gleichwertig zu $1/(1 - 1,65 V_k)$, mit V_k oder $V_{Fr} = 0,06$ für k -Klasse K2 in Kombination mit $V_{k,\text{tools}}$. Siehe EN 14399-1 hinsichtlich der Variationskoeffizienten V_k und V_{Fr} . $V_{k,\text{tools}}$ ist der Variationskoeffizient bei der Kalibrierung der Geräte, die für die jeweilige Anziehmethode verwendet werden.

8.5.4 Kombiniertes Vorspannverfahren

Das Anziehen unter Anwendung des kombinierten Vorspannverfahrens besteht aus zwei Schritten:

- a) ein erster Anziehschritt mit einem Anziehgerät, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Der Drehschrauber ist auf ein Anziehmoment von etwa $0,75 M_{r,i}$ einzustellen, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,1}$ oder $M_{r,test}$ entspricht. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird. Wenn $M_{r,1}$ verwendet wird, darf, sofern nichts anderes festgelegt wird, vereinfachend $0,75 M_{r,1} = 0,094 d F_{p,C}$ angesetzt werden, wie in Tabelle 20 angegeben;

Tabelle 20 — Drehmoment $0,75 M_{r,1}$ [Nm] für den ersten Schritt des kombinierten Verfahrens

Festigkeits- klasse	Schraubendurchmesser									
	mm									
	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36
8.8	53	85	132	182	258	351	446	652	886	1 548
10.9	67	106	165	227	322	439	557	815	1 107	1 935

- 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 — Weiterdrehwinkel für den zweiten Schritt des kombinierten Verfahrens (8.8- und 10.9-Schrauben)

Gesamttenndicke „t“ der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) <i>d</i> = Schraubendurchmesser	Während des zweiten Anziehschrittes aufzubringender Weiterdrehwinkel	
	Grad	Drehung
$t < 2d$	60	1/6
$2d \leq t < 6d$	90	1/4
$6d \leq t \leq 10d$	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 bis zum abschließenden Anziehschritt 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;
- beim abschließenden Anziehschritt, d. h. wenn das Torsionsfestigkeitsplateau der Sollbruchstelle erreicht ist, dreht sich der innere Einsatz entgegen dem Uhrzeigersinn, während der äußere Einsatz auf der Mutter ohne Drehbewegung reagiert;
- der Einbau der Garnitur ist abgeschlossen, wenn das Abscherende an der Sollbruchstelle abschert.

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

Um sicherzustellen, dass in Verbindungen die Vorspannungen von vollständig eingebauten Schraubgarnituren die Anforderung an die festgelegte Mindestvorspannung erfüllen, umfasst der Einbauprozess für die Schraubgarnituren 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, muss das Anziehen nach dem Drehmomentverfahren (siehe 8.5.3) mit Hilfe der Angaben für die *k*-Klasse K2 oder einer Prüfung nach Anhang I oder mittels eines direkten Kraftanzeigers (siehe 8.5.6) erfolgen.

8.5.6 Verfahren mit direkten Kraftanzeigern

Dieser Abschnitt gilt für direkte Kraftanzeiger in Übereinstimmung mit EN 14399-9, 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 EN 14399-9 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 Schraubgarnituren in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird.

Der zweite Anziehschritt muss nach EN 14399-9 erfolgen. Die an der anzeigenden Scheibe gemessenen Spalte dürfen bei der Beurteilung einer Garnitur gemittelt werden.

8.6 Passschrauben

Es gelten die zutreffenden Anforderungen von 8.1 bis 8.5, und die folgenden Zusatzanforderungen.

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

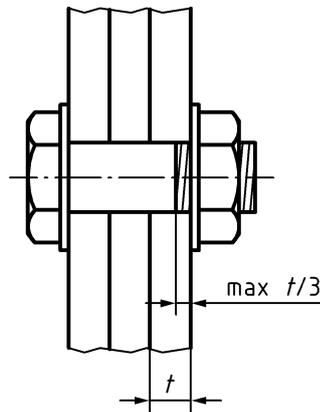


Bild 4 — Gewindeanteil des Schraubenschaftes im auf Lochleibung beanspruchten Blech bei Passschrauben

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

8.7 Warmnieten

8.7.1 Niete

Jeder für das Warmnieten vorgesehene 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 Exzentrizität zwischen den für einen Niet gemeinsamen Löchern 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 Kopfexzentrizität 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 darf akzeptiert werden, falls in der Nietgruppe nur eine geringe Anzahl an Nieten betroffen ist.

Für die äußeren Blechoberflächen darf in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden, dass sie frei von Eindrückungen durch das Nieten 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 Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden

Besondere Verbindungsmittel müssen verwendet und besondere Verbindungsmethoden müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Herstellers und den zutreffenden Abschnitten von 8.1 bis 8.7 ausgeführt werden. Dies gilt auch für Schrauben, die ein Stahltragwerk mit anderen Konstruktionswerkstoffen verbinden, einschließlich chemisch verdübelter Ankerschrauben.

ANMERKUNG 1 Beispiele für besondere Verbindungsmethoden sind besondere Gewindebohrungen oder Gewindebolzen.

Solche Methoden dürfen nur verwendet werden, falls dies festgelegt ist. Alle für den Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden 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, darf auf weitere Prüfungen verzichtet werden.

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

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

ANMERKUNG 2 Anhang J enthält Angaben zur Bereitstellung und zum Einsatz von Harz-Injektions-Schrauben.

8.9 Verschleiß und Fressen bei nichtrostenden Stählen

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

Folgende Vorgehensweisen dürfen angewendet werden, um Verschleißprobleme zu vermeiden:

- a) unterschiedliche, genormte Sorten von nichtrostendem Stahl, die sich hinsichtlich Kaltverfestigungsgrad und Härte voneinander unterscheiden, dürfen verwendet werden (z. B. folgende Kombinationen von Schraube und Mutter: A4-50/A4-80 nach EN ISO 3506-1 und EN ISO 3506-2);
- b) in besonderen Fällen darf eines der Bauteile aus einer nichtrostenden Stahllegierung mit eigener hoher Kaltverfestigung bestehen, oder es darf eine harte Oberflächenbeschichtung aufgebracht werden, so dass die Härte der Kontaktflächen sich um mindestens 30 HV10 unterscheidet, z. B. durch Nitrieren oder Hartverchromung;
- c) Einsatz von Mitteln, die den Verschleiß hemmen, wie z. B. eine aufgesprühte PTFE-Trockenschicht.
- d) Verwendung einer verschleißarmen nichtrostenden Stahlsorte (wie z. B. S21800) für eine oder beide der zusammentreffenden Oberflächen.

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

ANMERKUNG Das Schmieren 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 Fundamentvergießen und diejenigen, die die Eignung der Baustelle im 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 Oberflächenbehandlung müssen nach den Abschnitten 6, 7, 8 und 10 durchgeführt werden.

Inspektion 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, wenn die Baustelle den technischen Anforderungen im 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, der Angaben zu Abmessungen und Höhenlage der Zufahrt, zur Höhenlage der für den Baustellenverkehr und die Geräte vorgesehenen Arbeitsbereiche und zu verfügbaren Lagerplätzen enthält.

Wenn die Stahlbauarbeiten mit anderen Gewerken verbunden sind, müssen die technischen Anforderungen in Bezug auf die Arbeitssicherheit auf ihre Verträglichkeit mit denen für andere Bauwerksteile überprüft werden. Diese Überprüfung muss die folgenden Elemente berücksichtigen, falls zutreffend:

- i) Kooperationsvereinbarungen mit anderen Auftragnehmern;
- j) Verfügbarkeit der Baustellenversorgung;
- k) zulässige Höchstbelastungen aus Bauausführung und Lagerung auf dem 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 und Gewichte 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 nach der Werkstattfertigung vorhandenen;
- j) Einsatz dünnwandiger Profilbleche zur Sicherstellung 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, den Einbau und das Vorspannen von Abspannseilen;
- s) Einzelheiten zu allen temporären Stahlkonstruktionen und Hilfseinrichtungen am permanenten Stahltragwerk mit Anweisungen zu deren Entfernen.

9.3.2 Montageverfahren des Herstellers

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

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

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

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

- a) Erfahrungen aus allen nach 9.6.4 durchgeführten Probemontagen;
- b) Haltevorrichtungen zur Sicherstellung der Standsicherheit beim Schweißen und zur Überwachung örtlicher Verschiebungen des Stoßes;
- c) notwendige Hebezeuge;

- d) Notwendigkeit, auf 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 Schiebe- und Umkipppkräften, insbesondere derer infolge vorhergesagter Windlasten auf der Baustelle während der Montage, und detaillierte Maßnahmen zur Erhaltung eines angemessenen Schiebe- und Umkippwiderstandes;
- 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:

- 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;
- Stahlprofilbleche sollten für das Schweißen von Kopfbolzen nicht begangen werden, es sei denn, die Profilbleche sind bereits durch geeignete Verbindungsmittel gesichert;
- 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

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen sich Vermessungen des Stahltragwerks auf der Baustelle 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 und zur Verfügung gestellt werden, das als Bezugssystem zum Ausrichten des Stahltragwerks und zum Feststellen von Abweichungen der Lager verwendet wird. Die in diesem Vermessungsprotokoll angegebenen Koordinaten des Sekundärsystems sind unter der Voraussetzung, dass sie die in ISO 4463-1 festgelegten Abnahmekriterien erfüllen, 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 Inspektion 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 sind für das Stahltragwerk auf geeignete Weise vorzubereiten. Der Einbau von Lagern muss den Anforderungen von EN 1337-11 genügen.

Die Montage darf erst dann begonnen werden, wenn Position und Höhenlage der Abstützungen, Verankerungen und Lager den Abnahmekriterien in 11.2 entsprechen, oder eine geeignete Ergänzung der festgelegten Anforderungen vorgenommen worden ist.

Die zur Überprüfung der Einhaltung der Abstützungspositionen durchgeführte Vermessung ist zu dokumentieren.

Sollen Ankerschrauben gegen einen unten im Fundament liegenden Stahlprofilrost vorgespannt werden, ist dafür Sorge zu tragen, dass sie über ihre gesamte Länge nicht mit dem Beton in Berührung kommen.

Für Ankerschrauben, die sich planmäßig in Schutzhülsen bewegen sollen, sollten Hülsen mit dem Dreifachen des Ankerschraubendurchmessers, jedoch mit einem Durchmesser von mindestens 75 mm, verwendet werden.

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.

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 von Auflagersetzungen akzeptabel. Dies muss durch Vergießen oder mit Hilfe von zwischen Stahltragwerk und Abstützung angeordneten Futterblechen erfolgen.

ANMERKUNG Das Ausgleichen erfolgt im Allgemeinen unterhalb der Lager.

9.5.4 Temporäre Abstützungen

Futterbleche 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 Futterblechstapel, 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 Ausgleichmuttern 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 Tragfähigkeit der Ankerschrauben im späteren Betrieb zu gefährden.

9.5.5 Vergießen und Abdichten

Erfolgt ein Verguss unter Fußplatten, muss frisches Material nach 5.9 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 im 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 wird;
- 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 werden, 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 der Betonoberflächen vor dem Vergießen erforderlich, muss dies festgelegt werden.

Es ist darauf zu achten, dass die äußere Form des Vergusses so ist, dass Wasser von den Stahlbauteilen ablaufen kann.

Besteht die Gefahr, dass während der späteren Nutzung Wasser oder korrosive Flüssigkeit eingeschlossen wird, darf der Verguss um die Fußplatten herum nicht über die tiefstliegende Fußplattenoberfläche hinausstehen.

Wird kein Vergießen benötigt, und die Kanten der Fußplatte sollen abgedichtet werden, muss das Verfahren festgelegt werden.

Der Beton und das Vergießen müssen nach 5.9 und EN 13670 ausgeführt werden.

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.

9.6 Montage- und Baustellenarbeiten

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 sind, 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, sowie alle Bauteile, die sich in direktem Kontakt mit den Fundamenten befinden, deren Lagerposition und Höhenlage, die Solllage der Auflager und das Referenzniveau. Fundamentpläne müssen die Stützenfußauflagerung und andere konstruktive Lagereinzelheiten einschließen.

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

Pläne müssen die notwendigen Details zur Befestigung von Stahl oder Schrauben an den Fundamenten, das Verfahren zum Ausrichten durch Unterfüttern und Verkeilen und Anforderungen an den Verguss sowie Details zur Befestigung des Stahltragwerks und der Lager auf deren Unterstützungen enthalten.

Die Pläne müssen alle Einzelheiten und Anordnungen jeder Stahlkonstruktion oder anderer temporärer Konstruktionen zeigen, die zu Montagezwecken benötigt werden, um die Standsicherheit des Tragwerks und die Arbeitssicherheit sicherzustellen.

Die Pläne müssen die Gewichte aller Bauteile oder Montageeinheiten über 5 t und die Schwerpunkte aller großen unregelmäßigen Teile enthalten.

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, ist die Einbauausrichtung auf dem Bauteil anzugeben.

Kennzeichnungsmaßnahmen müssen 6.2 entsprechen.

9.6.3 Handhabung und Lagerung auf der Baustelle

Die Handhabung und Lagerung auf der Baustelle müssen den Anforderungen von 6.3 und den nachfolgend genannten entsprechen.

Bauteile müssen so gehandhabt und gestapelt werden, dass die Wahrscheinlichkeit einer Beschädigung möglichst gering ist. Besondere Beachtung muss 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

Eine Probemontage sollte in Erwägung gezogen werden:

- a) um die Passung zwischen Bauteilen nachzuweisen;
- b) um die geplante Vorgehensweise zu erproben, falls die Montagereihenfolge zur Aufrechterhaltung der Standsicherheit während der Montage im Voraus bewertet werden muss;
- c) um die Dauer der Arbeiten zu erproben, falls durch eine begrenzte zur Verfügung stehende Zeit die Baustellenbedingungen eingeschränkt sind.

Probemontagen auf der Baustelle müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen von 6.10 durchgeführt werden.

9.6.5 Montagearbeiten

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 seitlich nicht 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 werden.

Als Anhalt für den Hochbau gilt, dass mindestens ein Drittel der endgültigen Schrauben in jeder Verbindung eingebaut sein sollte, 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 dem Montagefortschritt zu lösen, um sie von auftretenden Kräften aus vertikalen Lasten zu entlasten, muss dies feldweise fortschreitend durchgeführt werden. Während dieses Lösens müssen andere ausreichende Aussteifungen vorhanden sein, um die Standsicherheit sicherzustellen. Nötigenfalls müssen zu diesem Zweck zusätzliche Hilfsverbände angeordnet werden.

Alle Verbindungen der Montagehilfskonstruktionen müssen in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Europäischen Norm ausgeführt werden und dürfen das endgültige Tragwerk nicht schwächen oder dessen Gebrauchstauglichkeit beeinträchtigen.

Werden Schweißbadsicherungen und Schraubzwingen zur Unterstützung des Tragwerks beim Schweißen eingesetzt, muss sichergestellt werden, dass diese für die Montagelastzustände geeignet sind.

Wenn das Montageverfahren das Verschieben oder andere Bewegungen des Tragwerks oder eines Tragwerksteils in die endgültige Lage nach dem Zusammenbau vorsieht, müssen Vorkehrungen getroffen werden, 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 durch Lagerung von Bauteilen des Stahltragwerks oder durch Montagelasten bleibend verformt oder überbeansprucht wird.

Jeder 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 verbunden worden ist, um sicherzustellen, dass sich die Bauteile während der nachfolgenden Montage oder Ausrichtung der übrigen Tragwerksteile nicht verschieben können.

Zum Ausrichten des Tragwerks und zur Erzielung der Passung in Verbindungen dürfen Futterbleche eingesetzt werden. Futterbleche müssen gesichert werden, wenn die Gefahr besteht, dass sie sich lösen könnten.

Futter müssen aus Stahlflacherzeugnissen hergestellt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. Futterbleche müssen eine dem Tragwerk vergleichbare Dauerhaftigkeit aufweisen. Bei nichtrostenden Stahltragwerken müssen sie aus nichtrostendem Stahl bestehen.

Werden Futterbleche zum Ausrichten von Tragwerken, die aus beschichteten Bauteilen zusammengesetzt sind, eingesetzt, müssen sie in gleichwertiger Art geschützt werden, um die festgelegte Dauerhaftigkeit sicherzustellen.

Spalte bei nicht vorgespannten Schraubengarnituren müssen 8.3 genügen. Vor dem Vorspannen müssen Spalte bei vorgespannten Schraubengarnituren 8.5.1 genügen.

Wenn die mangelnde Passung zwischen montierten Bauteilen nicht durch den Einsatz von Futterblechen 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 Arbeiten dürfen 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 nichts anderweitig festgelegt 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 Falle von Passungenauigkeiten von Schraubenlöchern muss das Korrekturverfahren auf Übereinstimmung mit den Anforderungen von Abschnitt 12 überprüft werden.

Für nachträglich angepasste Löcher darf nachgewiesen werden, dass sie den in 6.6 festgelegten Anforderungen an übergroße Löcher oder Langlöcher entsprechen, vorausgesetzt, dass die Lastabtragung überprüft worden ist.

Die Korrektur von Passungenauigkeiten von Schraubenlöchern durch Aufreiben oder Hohlfräsen ist vorzuziehen. Wenn aber der Einsatz anderer Schneidverfahren unvermeidlich ist, muss die damit erzielte innenseitige Oberfläche 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 die Anforderungen an die Behandlung von Oberflächen, einschließlich geschweißter und bearbeiteter und solcher Oberflächen, auf denen Unregelmäßigkeiten vorhanden sind, fest, so dass diese für das Aufbringen organischer Beschichtungen oder metallischer Überzüge durch thermisches Spritzen oder Feuerverzinken geeignet sind. Die Anforderungen an das konkret vorgesehene Oberflächenschutzsystem müssen festgelegt werden.

Detaillierte Anforderungen an Korrosionsschutzsysteme sind in den nachfolgenden aufgeführten Normen und in Anhang F festgelegt, diese sind je nach Bedarfsfall anzuwenden:

- a) Oberflächen, auf die organische Beschichtungen aufgebracht werden sollen: Normenreihe EN ISO 12944 und Anhang F;
- b) Oberflächen, auf die ein metallischer Überzug durch thermisches Spritzen aufgebracht werden soll: EN ISO 12679, EN ISO 12670 und Anhang F;
- c) Oberflächen, auf die ein metallischer Überzug durch Feuerverzinken aufgebracht werden soll: EN ISO 1461, EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 und Anhang F.

Wenn das Tragwerk nur für eine kurze Nutzungsdauer bestimmt ist, oder bei Umgebungsbedingungen mit vernachlässigbarer Korrosivität (z. B. Kategorie C1 oder Beschichtung nur aus ästhetischen Gründen), oder bei einer Auslegung, die das Auftreten von Korrosion erlaubt, dann gibt es aus Gründen der mechanischen Festigkeit und Standsicherheit keine Notwendigkeit für einen Korrosionsschutz.

ANMERKUNG 1 Ein Jahr kann allgemein als kurze Nutzungsdauer erachtet werden.

Wird sowohl ein Brandschutzsystem als auch ein Korrosionsschutzsystem 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 Stahloberflächen für organische Beschichtungen

Die folgenden Anforderungen gelten nicht für Bauteile, die feuerverzinkt oder metallisch gespritzt werden sollen oder für nichtrostende Stähle, unter Ausnahme jeglicher Anforderungen in Bezug auf die Oberflächenreinheit nichtrostender Stähle, die festgelegt werden muss.

Stahloberflächen (einschließlich Schweißnähten und Kanten von Stahlbauteilen), auf die organische Beschichtungen aufzubringen sind, müssen mithilfe der in der Normenreihe EN ISO 8504 beschriebenen Verfahren vorbereitet werden.

Hinsichtlich Reinheit, Rauigkeit und Vorbereitungsgrad müssen Stahloberflächen so vorbereitet werden, dass sie die Kriterien für die Produkte erfüllen, die aufgetragen werden sollen. Werden die Schutzdauer des Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie festgelegt, muss der Vorbereitungsgrad nach EN ISO 8501-3 der Tabelle 22 entsprechen. Andernfalls gilt Vorbereitungsgrad P1, sofern nicht anders festgelegt.

Tabelle 22 — Vorbereitungsgrad

Schutzdauer des Korrosionsschutzes^a	Korrosivitätskategorie^a	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 Schutzdauer des Korrosionsschutzes und Korrosivitätskategorie nach Normenreihe EN ISO 12944.

Thermisch geschnittene Oberflächen, Kanten und Schweißnähte müssen ausreichend eben sein und nach dem Strahlen das Erreichen der festgelegten Rauheit ermöglichen (siehe Anhang F).

Thermisch geschnittene Oberflächen sind manchmal für das Strahlmittel zu hart, um eine ausreichende Oberflächenrauheit zu erzielen. Die in 6.4.4 festgelegte Verfahrensprüfung darf zur Feststellung der Oberflächenhärte, und ob Schleifen erforderlich ist, verwendet werden.

10.3 Wetterfeste Stähle

Falls sichergestellt werden soll, dass die Oberflächen von unbeschichteten wetterfesten Stählen nach dem Abwittern optisch annehmbar sind, müssen die Ausführungsunterlagen anwendbare Verfahren festlegen, die gegebenenfalls auch Vorbeugungsmaßnahmen gegen Verunreinigungen (z. B. durch Öl, Fett, Farbe, Beton oder Asphalt) umfassen müssen.

ANMERKUNG Beispielsweise können exponierte Bereiche Strahlen 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 Ausgangsprodukten, 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).

10.5 Feuerverzinken

Hinweise und Empfehlungen hinsichtlich Konstruktion, Lagerung und Transport von Bauteilen, die feuerverzinkt werden sollen, werden in EN ISO 14713-2 gegeben. Insbesondere:

- a) erfolgt Beizen vor dem Feuerverzinken, 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;
- b) enthält ein vorgefertigtes Bauteil eingeschlossene Hohlräume, müssen Lüftungs- und Entwässerungslöcher vorgesehen werden.

Eingeschlossene Hohlräume müssen im Allgemeinen innenseitig feuerverzinkt werden, aber falls nicht, muss festgelegt werden, ob diese eingeschlossenen Hohlräume nach dem Feuerverzinken abgedichtet werden müssen, und wenn ja, mit welchem Produkt.

Rückstände von vorherigen Prozessen (z. B. Farbe, Öl, Fett, Schweißschlacke) müssen entfernt werden. Sofern nichts anderes festgelegt wurde, ist vor dem Feuerverzinken im Allgemeinen kein Strahlen erforderlich. Wenn Strahlen gefordert wird, darf die Normenreihe EN ISO 8503 verwendet werden, um die Oberflächenrauheit zu beurteilen.

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 nach den Ausführungsunterlagen zulässigen Schweißnahtunregelmäßigkeiten ein Abdichten durch Aufbringen eines geeigneten Dichtmaterials erfordern, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Werden Schweißnähte ausschließlich zu Abdichtzwecken eingesetzt, dann müssen diese einer Sichtprüfung unterzogen werden. Erforderlichenfalls müssen weitere Inspektionen festgelegt werden.

ANMERKUNG Es ist zu beachten, dass Schweißnahtunregelmäßigkeiten, die bei einer Sichtprüfung nicht erkennbar sind, dazu führen können, dass Wasser in die abgedichteten Bereiche eindringen kann.

Werden geschlossene Querschnitte feuerverzinkt, dann darf vor dem Feuerverzinken nicht abgedichtet werden. In Fällen mit überlappenden Oberflächen mit umlaufenden 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 Feuerverzinkungsprozesses 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 mindestens auf den ersten 50 mm der eingebetteten Länge mit dem Korrosionsschutzsystem des Stahltragwerkes, ausgenommen nicht zu Schutzzwecken dienende Überzüge, versehen sein, sofern nichts anderes festgelegt wird, und die verbleibenden Oberflächen brauchen nicht geschützt zu werden, es sei denn, dies wird festgelegt. Solche ungeschützten Oberflächen müssen gestrahlt oder manuell oder maschinell gereinigt 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 die festgelegte Oberflächenbehandlung entsprechen (siehe 8.4). Andere vorgespannte Verbindungen dürfen nicht mit übermäßiger Beschichtung auf den Stoßflächen ausgeführt werden. Stoßflächen und Oberflächen unter Scheiben dürfen höchstens mit einer Grundbeschichtung und einer Zwischenbeschichtung 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 oder nach dem Schweißen erforderlich sind.

Werden vorbeschichtete Ausgangsprodukte geschweißt, müssen die Verfahren und der Umfang von Reparaturen festgelegt werden, die an der Beschichtung notwendig sind.

Wurde die Feuerverzinkung von Oberflächen entfernt oder durch Schweißen beschädigt, müssen die Oberflächen gereinigt, vorbereitet und mit einer zinkhaltigen Grundbeschichtung und einem Beschichtungssystem, das bei der vorhandenen Korrosivitätskategorie einen gleichwertigen Korrosionsschutz wie die Feuerverzinkung bietet, behandelt werden (siehe EN ISO 1461 für zusätzliche Hinweise).

10.10 Reinigung von nichtrostenden Stahlbauteilen nach der Montage

Reinigungsverfahren müssen auf die Stahlsorte der Ausgangsprodukte, den Oberflächenbehandlungszustand, die Bauteilfunktion und die Korrosionsgefährdung abgestimmt sein. Die Reinigungsverfahren, Anforderungen an die Reinigung und der Reinigungsumfang müssen festgelegt werden.

11 Geometrische Toleranzen

11.1 Toleranzkategorien

Dieser Abschnitt definiert Arten geometrischer Abweichungen, die aus Sicht sowohl funktioneller als auch statisch essentieller Kriterien relevant sind, und enthält quantitative Werte für die entsprechenden zwei Kategorien zulässiger Abweichungen (Toleranzen):

- a) diejenigen, deren Einhaltung für die mechanische Beanspruchbarkeit und die Standsicherheit des fertigen Tragwerks unverzichtbar ist, 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.

Die angegebenen zulässigen Abweichungen berücksichtigen keine elastischen Verformungen, die durch das Eigengewicht der Bauteile verursacht werden.

Zusätzlich dürfen besondere Toleranzen festgelegt werden, entweder für geometrische Abweichungen, für die es bereits quantitative festgelegte Werte gibt, oder für andere Arten von geometrischen Abweichungen. Werden besondere Toleranzen gefordert, müssen die folgenden Angaben vorgegeben werden, soweit zutreffend:

- c) geänderte Werte für bereits definierte ergänzende Toleranzen;
- d) festgelegte Parameter und zulässige Werte für die zu überwachenden geometrischen Abweichungen;
- e) ob diese besonderen Toleranzen für alle maßgeblichen Bauteile oder nur für bestimmte ausgewählte Bauteile gelten.

In jedem der Fälle gelten die Anforderungen bei der abschließenden 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 Anhang B 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 behandeln.

ANMERKUNG EN ISO 5817 enthält ebenfalls geometrische Toleranzen, die für die Passung von Schweißverbindungen relevant sein können.

In bestimmten Fällen kann es möglich sein, dass eine nicht korrigierte Überschreitung einer grundlegenden Toleranz in Übereinstimmung mit der Tragwerksberechnung akzeptiert werden kann, wenn die Toleranzüberschreitung in einer 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 Toleranzen genügen, die in den entsprechenden Produktnormen festgelegt sind. Diese Toleranzen gelten fort für aus solchen Erzeugnissen hergestellte Bauteile, solange diese nicht durch andere, in Anhang B festgelegte, strengere Merkmale ersetzt werden.

11.2.2.2 Geschweißte Profile

Geschweißte Bauteile, die aus Flacherzeugnissen hergestellt sind, müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle B.1 und den Tabellen B.3 bis B.6 genügen.

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 B.1 sein sollten.

11.2.2.3 Kaltgeformte Profile

Bauteile, die durch Kanten kaltgeformt sind, müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle B.2 genügen. Bei Bauteilen, die aus kaltgewalzten Profilen gefertigt sind, gilt 11.2.2.1.

Beispielsweise gelten Querschnittstoleranzen nach EN 10162 für durch kaltes Walzprofilieren hergestellte Profile, wohingegen Tabelle B.2 für durch Kantung umgeformte Profile gilt.

11.2.2.4 Ausgesteifte Platten

Ausgesteifte Platten müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle B.7 genügen.

11.2.2.5 Schalen

Schalentragwerke müssen den zulässigen Abweichungen in Tabelle B.11 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 Normenreihe ISO 4463). Ist kein Positionspunkt festgelegt, müssen Abweichungen relativ zum Sekundärsystem gemessen werden.

ANMERKUNG ISO 4463-1 bezieht sich wie folgt auf die Einrichtung und Anwendung von Bezugssystemen:

- 1) das Primärsystem, das normalerweise die gesamte Baustelle abdeckt;
- 2) das Sekundärsystem, das als Hauptbezugssystem oder Raster für die Montage eines bestimmten Gebäudes dient;
- 3) Positionspunkte, welche die Lage der einzelnen Elemente markieren, beispielsweise Stützen.

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.

Die Ausführungsunterlagen müssen besondere Toleranzen, sofern gefordert, für kontinuierlich gestützte Schalen angeben (z. B. für die Ebenheit oder die örtliche Neigung der Fundamente oder anderen Unterstützungen).

11.2.3.3 Stützenfußpunkte

Löcher in Fußplatten und anderen Blechen, die zur Befestigung an Auflagern verwendet werden, sollten mit solch einem Lochspiel ausgelegt werden, dass sie ein Anpassen der zulässigen Abweichungen der Lagerungen an die des Stahltragwerks gestatten. Dies kann den Einsatz von Unterlegblechen zwischen den Muttern auf den Ankerschrauben und der Oberseite der Fußplatte erfordern.

11.2.3.4 Stützen

Die Abweichungen von errichteten Stützen müssen den zulässigen Abweichungen in den Tabellen B.15, B.17 und B.18 entsprechen.

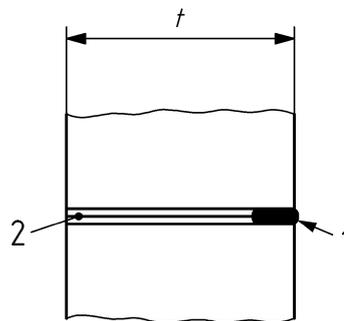
Bei Gruppen benachbarter Stützen (außer bei solchen in Rahmentragwerken oder bei Kranbahnstützen), die ähnliche Vertikalkräfte abtragen, müssen die zulässigen Abweichungen wie folgt sein:

- a) das arithmetische Mittel der Abweichungen infolge Schiefstellung von sechs miteinander verbundenen, benachbarten Stützen muss der zulässigen Abweichung in Tabelle B.15^{N3)} entsprechen;
- b) die zulässige Abweichung für die Schiefstellung einer einzelnen Stütze innerhalb dieser Gruppe darf zwischen benachbarten Stockwerken auf $\Delta = \pm h/100$ erhöht werden.

11.2.3.5 Kontaktstöße

Werden Kontaktstöße festgelegt, muss die Passung zwischen den Oberflächen der montierten Bauteile nach dem Ausrichten der Tabelle B.19 genügen.

Bei geschraubten Stößen dürfen Futterbleche 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. Die Futterbleche dürfen aus Flacherzeugnissen nach EN 10025-2 mit einer maximalen Dicke von 3 mm bestehen. Es dürfen an keiner Stelle mehr als drei Futterbleche verwendet werden. Nötigenfalls dürfen die Futterbleche entweder durch Kehlnähte oder durch eine teildurchgeschweißte Stumpfnah fixiert werden, die, wie in Bild 5 gezeigt, die Futterbleche umfasst.



Legende

- 1 teildurchgeschweißte Stumpfnah oder Kehlnah
- 2 Futterbleche

Bild 5 — Möglichkeit zum Sichern von Futterblechen bei geschraubten Kontaktstößen

11.3 Ergänzende Toleranzen

11.3.1 Allgemeines

Ergänzende Toleranzen in Form von akzeptierten (zulässigen) geometrischen Abweichungen müssen einer der folgenden zwei Optionen entsprechen:

- a) den in 11.3.2 beschriebenen tabellierten Werten, oder

N3) Nationale Fußnote: Die Verweisung auf „Tabelle B.15“ ist nicht korrekt und müsste „Tabelle B.17“ lauten.

b) den in 11.3.3 beschriebenen alternativen Kriterien.

Wenn keine Option festgelegt ist, sind die tabellierten Werte anzuwenden.

11.3.2 Tabellierte Werte

Tabellierte Werte für ergänzende Toleranzen sind in Anhang B angegeben, im Allgemeinen für zwei Klassen.

Toleranzklasse 1 gilt, es sei denn, die Ausführungsunterlagen legen etwas anderes fest. In diesem Fall müssen die Ausführungsunterlagen die Toleranzklasse für einzelne Bauteile oder ausgewählte Teile eines errichteten Tragwerks angeben.

ANMERKUNG Die Entscheidung, Toleranzklasse 2 für einen Teil des Tragwerks heranzuziehen, kann jedoch z. B. notwendig sein, um bei einer einzupassenden verglasten Fassade die an der Übergangsstelle zu fordernde Mindestspaltweite und die Justierbarkeit zu reduzieren.

Bei der Anwendung von Tabelle B.23 sollte die hervorstehende Länge einer vertikalen Ankerschraube (in deren Sollage, sofern einstellbar) je 20 mm Länge nur um höchstens 1 mm aus dem Lot sein. Eine gleichartige Anforderung würde für die Ausrichtung einer horizontal oder unter einem Winkel angeordneten Schraube gelten.

11.3.3 Alternative Kriterien

Sofern festgelegt, dürfen die folgenden alternativen Kriterien angewendet werden:

- a) für geschweißte Tragwerke die folgenden Klassen nach EN ISO 13920:
 - 1) Klasse C für Längen- und Winkelmaße;
 - 2) Klasse G für Geradheit, Ebenheit und Parallelität.
- b) für nicht geschweißte Bauteile gelten die gleichen Kriterien wie unter (a);
- c) in Fällen außerhalb des Anwendungsbereichs von EN ISO 13920 ist für eine Abmessung d eine zulässige Abweichung $\pm\Delta$ erlaubt, die dem größeren Wert von $d/500$ oder 5 mm entspricht.

12 Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen

12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an Inspektion 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.

Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen müssen am Stahltragwerk in Bezug zu den Ausführungsunterlagen und unter Berücksichtigung der in dieser Europäischen Norm festgelegten Qualitätsanforderungen unternommen werden.

Im Falle von Nichtkonformität mit den Anforderungen dieser Europäischen Norm darf jeder Fehler einzeln bewertet werden. Eine solche Bewertung sollte auf der Funktion des Bauteils, in dem der Fehler auftritt, und den Merkmalen der Unregelmäßigkeiten (Typ, Größe, Ort) basieren, um entscheiden zu können, ob der Fehler akzeptabel ist oder repariert werden muss.

Alle Inspektions- und Prüfmaßnahmen müssen nach einem vorabgestimmten Plan mit dokumentierten Verfahren durchgeführt werden.

12.2 Ausgangsprodukte und Bauteile

12.2.1 Ausgangsprodukte

Dokumente, die mit Ausgangsprodukten nach den Anforderungen von Abschnitt 5 geliefert werden, müssen überprüft werden, um sicherzustellen, dass die mit den Produkten mitgelieferten Angaben mit den Bauteilspezifikationen übereinstimmen.

ANMERKUNG 1 Zu diesen Dokumenten gehören je nach vorliegenden Gegebenheiten Prüfbescheinigungen, Prüfberichte, Übereinstimmungserklärungen 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 Inspektion der Oberfläche der Produkte auf Fehler, die während der Oberflächenvorbereitung aufgedeckt werden, muss in den Inspektions- und Prüfplan aufgenommen werden.

Werden Oberflächenfehler an Stahlprodukten, die während der Oberflächenvorbereitung aufgedeckt werden, mit Hilfe von Verfahren nach dieser Europäischen Norm repariert, dann dürfen die reparierten Produkte unter der Voraussetzung, dass sie den für das Originalprodukt festgelegten Nenneigenschaften entsprechen, weiterverwendet werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, bestehen keine Anforderungen hinsichtlich einer besonderen Prüfung von Ausgangsprodukten.

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 Bauteile, die beim Stahlbauausführenden (Hersteller) zur Weiterverarbeitung vorgesehen sind (z. B. geschweißte I-Profile zum Einfügen in Blechträger), und für Bauteile, die zur Montage auf der Baustelle vom Stahlbauausführenden (Hersteller) entgegengenommen werden, jedoch nicht von ihm hergestellt wurden.

12.2.3 Nichtkonforme Produkte

Wenn die mitgelieferte Dokumentation keine Erklärung des Herstellers enthält, die die Konformität der Produkte mit der Produktspezifikation bescheinigt, müssen diese als nichtkonforme Produkte behandelt werden, solange bis nachgewiesen ist, dass sie die Anforderungen des Inspektions- und Prüfplans erfüllen.

Werden Produkte zunächst als nichtkonform identifiziert und wird ihre Konformität durch Prüfung oder Wiederholungsprüfung nachträglich nachgewiesen, müssen die Prüfergebnisse aufgezeichnet werden.

12.3 Fertigung: geometrische Abmessungen von hergestellten Bauteilen

Der Kontroll- und Prüfplan muss die Anforderungen und die notwendigen Überprüfungen für vorbereitete Stahlausgangsprodukte und hergestellte Bauteile berücksichtigen.

Messungen der Bauteilabmessungen müssen immer erfolgen.

Für die Anwendung geeignete Verfahren und Messinstrumente dürfen aus den in ISO 7976-1 und ISO 7976-2 enthaltenen ausgewählt werden. Die Genauigkeit darf nach dem entsprechenden Teil von ISO 17123 beurteilt werden.

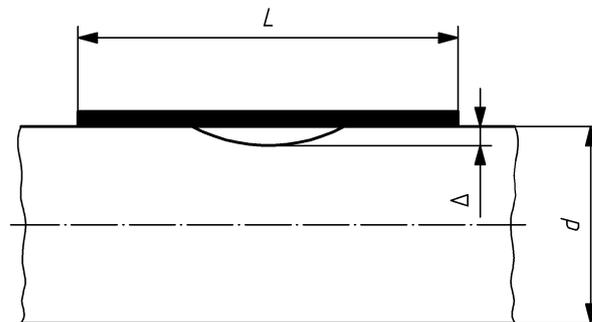
Anzahl und Stellen der Messungen müssen im Kontroll- und Prüfplan festgelegt werden.

Die Abnahmekriterien müssen mit 11.2 übereinstimmen. Die Abweichungen müssen unter Berücksichtigung aller festgelegten Überhöhungen oder Voreinstellungen gemessen werden.

Wird bei der Abnahmeinspektion eine Nichtkonformität festgestellt, müssen folgende Maßnahmen getroffen werden:

- a) falls durchführbar, muss die Nichtkonformität mit Hilfe von Verfahren, die in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm sind, korrigiert und erneut überprüft werden;
- b) alternativ muss die Nichtkonformität nach 12.1 auf Annehmbarkeit überprüft werden;
- c) sind a) und/oder b) nicht erfolgreich, dürfen zum Ausgleich der Nichtkonformität Änderungen am Stahltragwerk vorgenommen werden, vorausgesetzt, diese Änderungen sind in Übereinstimmung mit einem Verfahren zur Handhabung von Nichtkonformitäten;
- d) andernfalls darf das Bauteil nicht verwendet werden.

Lokale Dellen in der Oberfläche von Hohlprofilen infolge einer Beschädigung sind zu bewerten. Das in Bild 6 gezeigte Verfahren darf verwendet werden.



Legende

- d charakteristische Querschnittsabmessung des Profils
- L Länge des Lineals $L \geq 2d$
- Δ Tiefe der Delle $\Delta \leq$ größerer Wert aus $d/100$ oder 2 mm

Bild 6 — Verfahren zur Beurteilung des Oberflächenprofils und zulässige Abweichung eines verbeulten Bauteils

Überschreitet die Tiefe der lokalen Delle die zulässige Abweichung, dann darf eine Reparatur durch vollständiges Aufschweißen einer örtlichen Decklasche der gleichen Dicke wie das Originalprofil ausgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Dieses Reparaturverfahren sollte bevorzugt eingesetzt werden gegenüber jeglicher Warmumformmaßnahme nach 6.5.

Erfolgt ein probeweiser Zusammenbau nach 6.10, dann müssen die Inspektionsanforderungen im Inspektions- und Prüfplan enthalten sein.

12.4 Schweißen

12.4.1 Allgemeines

Die Inspektion und Prüfung vor, während und nach dem Schweißen müssen im Inspektions- und Prüfplan enthalten sein und die Anforderungen des maßgebenden Teils der Normenreihe EN ISO 3834 erfüllen.

Der Inspektions- und Prüfplan muss die Musterprüfung (siehe 12.4.2.2), die routinemäßige Inspektion und Prüfung (siehe 12.4.2.3) und die projektspezifische Kontrolle und Prüfung (siehe 12.4.2.4) enthalten. Der Inspektions- und Prüfplan muss Schweißverbindungen, bei denen sich Schwierigkeiten bei Erreichen der festgelegten Passgenauigkeit ergeben können, für eine spezifische Inspektion der Passung ausweisen.

Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) sind in Übereinstimmung mit EN ISO 17635 als Basis für den im Schweißplan geforderten Inspektions- und Prüfplan auszuwählen.

Die ZfP muss, mit Ausnahme von Sichtprüfungen, durch Personal ausgeführt werden, das nach EN ISO 9712 qualifiziert ist.

12.4.2 Inspektion 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. Die Wartezeiten nach Tabelle 23 sollten auch eingehalten werden, wenn festgelegt wurde, dass der Grundwerkstoff neben einer Schweißzone nach dem Schweißen auf Werkstofftrennung zu untersuchen ist.

Tabelle 23 — Mindestwartezeiten

		Wartezeit (Stunden) ^a	
Bei Vorwärmen nach Verfahren A von EN 1011-2:2001, Anhang C			
Nahtgröße ^b mm	Wärme- einbringen Q kJ/mm	S275 - S460	Über S460
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	24	48
Bei Vorwärmen nach Verfahren B von EN 1011-2:2001, Anhang C			
Nahtgröße ^b mm		S275 - S690	Über S690
a oder $s \leq 20$		Nur Abkühlzeit	24
a oder $s > 20$		24	48
^a Die Zeit zwischen Fertigstellung der Schweißnaht und dem Beginn der ZfP muss im ZfP-Bericht festgehalten werden. Im Falle von „Nur Abkühlzeit“ dauert dies solange, bis die Schweißnaht genügend abgekühlt ist, um mit der ZfP zu beginnen. ^b 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 .			

Bei Schweißnähten, die ein Vorwärmen erfordern, dürfen diese Zeiten reduziert werden, sofern die Schweißung nach Beendigung des Schweißens eine gewisse Zeit nachgewärmt wird.

Wird eine Schweißnaht durch nachfolgende Arbeiten unzugänglich, muss sie vor der Durchführung nachfolgender Arbeiten inspiziert werden.

In Bereichen, in denen unzulässige Verformungen korrigiert worden sind, müssen alle Schweißnähte erneut inspiziert werden.

12.4.2.2 Musterprüfung

Für die ersten fünf Anschlüsse, die nach einer WPS geschweißt werden, welche aus einem neuen Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR, en: welding procedure qualification record) oder aus einem beim Hersteller neu eingeführten WPQR nach dem zutreffenden Teil der Normenreihe EN ISO 15609 erstellt wurde, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) zum Nachweis der WPS unter Fertigungsbedingungen ist die Bewertungsgruppe B erforderlich;
- b) die zu inspizierende Mindestlänge beträgt 900 mm.

Wenn die Inspektion fehlerbehaftete Ergebnisse liefert, muss eine Untersuchung erfolgen, um die Ursache herauszufinden. Dabei sollte die Anleitung nach EN ISO 17635 befolgt werden.

ANMERKUNG Der Zweck der vorstehend beschriebenen Musterprüfung 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 K.

12.4.2.3 Routinemäßige Inspektion und Prüfung

Alle Schweißnähte müssen über ihre gesamte Länge hinweg einer Sichtprüfung unterzogen werden. Wenn dabei oberflächenoffene Unregelmäßigkeiten erkannt werden, muss an der inspizierten Naht eine Oberflächenprüfung mittels Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung durchgeführt werden.

Für Nähte in den Ausführungsklassen EXC1, EXC2 und EXC3 ist der Umfang der ergänzenden ZfP in Tabelle 24 festgelegt.

Für Nähte in der Ausführungsklasse EXC4 muss der Umfang der ergänzenden ZfP für jede einzelne Naht individuell festgelegt werden.

Der Umfang der ZfP umfasst, wenn anwendbar, sowohl die Prüfung der Oberflächenunregelmäßigkeiten als auch der inneren Unregelmäßigkeiten.

Die für die ergänzende ZfP zu verwendenden Verfahren müssen vom zuständigen Schweißaufsichtspersonal aus den in 12.4.2.6 aufgeführten Verfahren ausgewählt werden.

Sobald nachgewiesen ist, dass die Schweißnahtfertigung nach einer WPS die Qualitätsanforderungen nach 12.4.2.2 erfüllt, muss der erforderliche Umfang der ergänzenden ZfP Tabelle 24 entsprechen, wobei weitere Anschlüsse, die nach derselben WPS geschweißt sind, als ein einzelnes fortlaufendes Prüflos gehandhabt werden. Die Prozentsätze gelten für den Umfang der ergänzenden ZfP, betrachtet als kumulierter Gesamtbetrag innerhalb jedes Prüfloses.

Der prozentuale Prüfumfang (p %) nach Tabelle 24 ist nach den folgenden Regeln als Teil eines Prüfloses definiert, sofern nichts anderes angegeben wird:

- a) jede Schweißnaht im Prüflos muss über eine Länge von mindestens p % der individuellen Länge geprüft werden. Der zu prüfende Bereich ist zufällig auszuwählen;

- b) wenn die Gesamtlänge aller Schweißnähte in einem Prüflös weniger als 900 mm beträgt, muss unabhängig von p % mindestens eine Naht entlang ihrer gesamten Länge geprüft werden;
- c) wenn ein Prüflös aus mehreren identischen Schweißnähten mit individueller Länge von weniger als 900 mm besteht, müssen zufällig ausgewählte Nähte mit einer Mindestgesamtlänge von p % der Gesamtlänge aller Nähte im Prüflös entlang ihrer gesamten Länge geprüft werden.

Bei der Auswahl der nach Tabelle 24 der routinemäßigen Inspektion zu unterziehenden Schweißnähte muss sichergestellt werden, dass die Probenahme die folgenden Variablen soweit wie möglich abdeckt: die Anschlussart, die Stahlsorte der Ausgangsprodukte, die Schweißausrüstung und die Arbeitsweise der Schweißer. Der Prüfumfang in Tabelle 24 bezieht sich auf die laufende Schweißnahtfertigung über einen Jahreszeitraum.

Wenn in einer Werkstatt die routinemäßige Inspektion der Schweißnahtfertigung auf jährlicher Basis oder unter Anwendung elektronischer Verfahren zur Überwachung von Schweißparametern kontinuierlich eine annehmbare Qualität für Nähte eines bestimmten Typs ergibt (d. h. Nahtart, Stahlsorte der Ausgangsprodukte und Schweißausrüstung), darf der Umfang der routinemäßigen ergänzenden ZfP in dieser Werkstatt nach Ermessen des zuständigen Schweißaufsichtspersonals auf kleinere Prozentsätze als in Tabelle 24 reduziert werden, vorausgesetzt, dass für die Fertigung ein Programm für regelmäßige fertigungsbegleitende Probeschweißungen im Abstand von 3 Monaten eingeführt und dokumentiert wird.

Tabelle 24 — Umfang der routinemäßigen ergänzenden ZfP

Schweißnahtart	Werkstatt- und Baustellennähte		
	EXC1	EXC2	EXC3 ^a
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte in Stumpfstoßen:	0 % ^b	10 %	20 %
Querverlaufende Stumpfnähte und teilweise durchgeschweißte Nähte:			
— in Doppel-T-Stößen	0 % ^b	10 %	20 %
— in T-Stößen	0 %	5 %	10 %
Querverlaufende Kehlnähte ^c :			
mit $a > 12$ mm oder $t > 30$ mm	0 %	5 %	10 %
mit $a \leq 12$ mm und $t \leq 30$ mm	0 %	0 %	5 %
Vollständig durchgeschweißte Längsnähte ^d zwischen Steg und Obergurt bei Kranbahnträgern	0 %	10 %	20 %
Andere Längsnähte ^d , Nähte angeschweißter Steifen und Nähte, die in den Ausführungsunterlagen als druckbeansprucht spezifiziert sind	0 %	0 %	5 %
^a Bei EXC4 muss der prozentuale Umfang mindestens dem von EXC3 entsprechen. ^b 10 % für Nähte, die in Stahl \geq S420 ausgeführt werden. ^c Die Bezeichnungen a bzw. t beziehen sich auf die Kehlnahtdicke und den dicksten verbundenen Grundwerkstoff. ^d Längsnähte verlaufen parallel zur Bauteilachse. Alle anderen Nähte werden als querverlaufende Nähte betrachtet.			

Die Ausführungsunterlagen dürfen bestimmte Anschlüsse für die Inspektion benennen, zusammen mit dem Prüfumfang und dem Prüfverfahren (siehe 12.4.2.4). Diese Prüfungen dürfen innerhalb des Umfangs der routinemäßigen Inspektion entsprechend angerechnet werden.

Wenn die Inspektion fehlerbehaftete Ergebnisse liefert, muss eine Untersuchung erfolgen, um die Ursache herauszufinden. Dabei sollte die Anleitung in EN ISO 17635:2016, Anhang C, befolgt werden.

12.4.2.4 Projektspezifische Inspektion und Prüfung

Bei EXC1, EXC2 und EXC3 dürfen die Ausführungsunterlagen Anforderungen an Prüfungen während der Fertigung (Arbeitsprüfungen) festlegen sowie bestimmte zu inspizierende Anschlüsse einschließlich des Umfangs der Prüfung benennen.

Bei EXC4 müssen die Ausführungsunterlagen bestimmte Anschlüsse für die Inspektion benennen, zusammen mit dem Prüfumfang, der mindestens dem für EXC3 festgelegten Umfang entsprechen muss.

Sofern festgelegt, dürfen Schweißnahtklassen (WIC, en: weld inspection classes) zur Klassifizierung bestimmter Schweißnähte für die Inspektion und zum Festlegen des prozentualen Umfangs der ergänzenden ZfP und der anzuwendenden Prüfverfahren, je nach Kritikalität der Schweißnaht, verwendet werden (siehe die Hinweise in Anhang L). Sofern Schweißnahtklassen verwendet werden, muss die Schweißnahtklasse für jede relevante Schweißnaht anhand der Ausführungsunterlagen identifiziert werden können.

12.4.2.5 Sichtprüfung von Schweißnähten

Die Sichtprüfung muss nach Fertigstellung des Schweißens in einem Bereich erfolgen und bevor jegliche andere ZfP-Inspektion durchgeführt wird.

Die Sichtprüfung muss beinhalten:

- a) das Vorhandensein und die Stellen aller Schweißnähte;
- b) Inspektion der Schweißnähte nach EN ISO 17637;
- c) Zündstellen und Bereiche mit Schweißspritzern.

Bei geschweißten Rohrabzweigungen von Hohlprofilen müssen bei der Inspektion der Nahtform und der Oberfläche von Schweißnähten die folgenden Stellen besonders beachtet werden:

- d) bei Kreishohlprofilen: die vordere und hintere Achsposition und die zwei seitlichen Flankenmitten;
- e) bei quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen: die vier Ecken.

12.4.2.6 Ergänzende ZfP-Verfahren

Die folgenden ZfP-Verfahren müssen in Übereinstimmung mit den in EN ISO 17635 gegebenen allgemeinen Prinzipien und mit den Anforderungen der für das jeweilige Verfahren geltenden Norm durchgeführt werden:

- a) Eindringprüfung (PT) nach EN ISO 3452-1;
- b) Magnetpulverprüfung (MT) nach EN ISO 17638;
- c) Ultraschallprüfung (UT) nach EN ISO 17640 und EN ISO 23279 oder EN ISO 13588;
- d) Durchstrahlungsprüfung (RT) nach der Normenreihe EN ISO 17636.

Die Anwendungsbereiche der ZfP-Verfahren sind in den jeweils geltenden Normen festgelegt.

12.4.2.7 Korrigieren von Schweißverbindungen

Bei EXC2, EXC3 und EXC4 müssen Ausbesserungen durch Schweißen mit den in der Fertigung verwendeten Schweißverfahren durchgeführt werden.

Ausgebesserte Schweißnähte müssen überprüft werden und müssen die Anforderungen an die ursprünglichen Schweißnähte erfüllen.

12.4.3 Inspektion und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton

Inspektion und Prüfung geschweißter Kopfbolzen für Verbundtragwerke aus Stahl und Beton müssen nach EN ISO 14555 durchgeführt 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 eines Prototyps 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 Rippen und Deckblech, die mittels vollmechanischen Schweißprozessen geschweißt werden, müssen einer Anzahl von Arbeitsprüfungen nach 2) unterzogen werden, mindestens jedoch einer Arbeitsprüfung je Brücke, und durch Makroschliff-Untersuchung inspiziert werden. Makroschliffe müssen am Nahtanfang oder Nahtende und in Nahtmitte erstellt werden;
 - 2) Anzahl von Stellen für Arbeitsprüfungen an Schweißnähten zwischen Rippen und Deckblech: drei Stellen für eine Deckoberfläche bis zu 1 000 m², zwei zusätzliche Stellen für jede zusätzlichen 1 000 m² (oder Teile davon) bei einer Gesamtfläche von bis zu 5 000 m², eine zusätzliche Stelle für jede zusätzlichen 1 000 m² (oder Teile davon) bei einer Gesamtfläche von mehr als 5 000 m²;
 - 3) Rippenstöße mit Laschen müssen einer Arbeitsprüfung unterzogen werden.

12.4.5 Inspektion und Prüfung beim Schweißen von Betonstahl

Inspektion und Prüfung beim Schweißen von Betonstahl in Verbundtragwerken aus Stahl und Beton müssen nach EN ISO 17660-1 oder EN ISO 17660-2 durchgeführt werden.

12.5 Mechanisches Verbinden

12.5.1 Inspektion nicht vorgespannter Schraubverbindungen

Alle Verbindungen mit nicht vorgespannten mechanischen Verbindungsmitteln müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden, nachdem sie am örtlich ausgerichteten Tragwerk verschraubt wurden.

Verbindungen, bei denen beim Kontrollieren festgestellt wurde, dass die vorhandene Anzahl der Schraubengarnituren unvollständig ist, müssen hinsichtlich ihrer Passung überprüft werden, nachdem die fehlenden Schraubengarnituren 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 an die Überprüfung des Einbaus auch festgelegt werden.

12.5.2 Inspektion und Prüfung vorgespannter Schraubverbindungen

12.5.2.1 Allgemeines

Werden vorgespannte Schraubengarnituren in Verbindungen von nichtrostendem Stahl eingesetzt, müssen die Anforderungen an die Inspektion und Prüfung festgelegt werden.

12.5.2.2 Inspektion der Reibflächen

Bei gleitfesten Verbindungen müssen die Stoßflächen unmittelbar vor dem Zusammenbau einer Sichtprüfung unterzogen werden. Die Abnahmekriterien müssen 8.4 entsprechen. Nichtkonformitäten müssen nach 8.4 korrigiert werden.

12.5.2.3 Inspektion vor dem Anziehen

Alle Verbindungen mit 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 erfolgt 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 des kombinierten Vorspannverfahrens, muss die Kalibrierbescheinigung für das Anziehgerät zum Nachweis der Genauigkeit nach 8.5.1 überprüft werden.

12.5.2.4 Inspektion während und nach dem Anziehen

Zusätzlich zu den folgenden allgemeinen Inspektionsanforderungen, 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 Inspektion während und nach dem Anziehen folgendermaßen durchgeführt werden:

- a) die Inspektion der eingebauten Verbindungsmittel und/oder Einbauverfahren muss in Abhängigkeit vom verwendeten Anziehverfahren erfolgen. Die zu inspizierenden Stellen müssen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Stichprobe die folgenden

Parameter, sofern zutreffend, erfasst: Anschlussart, Schraubengruppe, Los, Art und Größe der Verbindungsmittel, verwendete Ausrüstung und die Arbeitskräfte;

- b) zu Inspektionszwecken werden Schraubengarnituren mit gleicher Herkunft, Größe und Festigkeitsklasse in ähnlichen Verbindungen (Verbindungstypen) zu einer Schraubengruppe zusammengefasst. Eine große Schraubengruppe darf zu Inspektionszwecken in mehrere Untergruppen unterteilt werden;
- c) die Gesamtanzahl der in einem Tragwerk inspizierten Schraubengarnituren muss wie folgt sein:
 - 1) EXC2: 5 % für den zweiten Anziehschritt des Drehmomentverfahrens oder des kombinierten Vorspannverfahrens und für das DTI-Verfahren;
 - 2) EXC3 und EXC4:
 - i) 5 % für den ersten Anziehschritt und 10 % für den zweiten Anziehschritt des kombinierten Verfahrens;
 - ii) 10 % für den zweiten Anziehschritt des Drehmomentverfahrens und für das DTI-Verfahren;
- d) sofern nichts anderes festgelegt wird, muss die Inspektion mit Hilfe eines sequentiellen Stichprobenplans nach Anhang M für eine ausreichende Anzahl von Schraubengarnituren 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:
 - 1) EXC2 und EXC3: sequentieller Typ A;
 - 2) EXC4: sequentieller Typ B;
- e) der erste Anziehschritt muss durch Sichtprüfung der Verbindungen überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese vollständig zusammengezogen sind;
- f) bei der Inspektion des ersten Anziehschritts ist nur das Merkmal des zu geringen Anziehens zu überprüfen;
- g) bei der Inspektion des abschließenden Anziehens ist die gleiche Garnitur für die Überprüfung in Bezug auf zu geringes Anziehen und bei Anwendung des Drehmomentverfahrens, falls festgelegt, ebenfalls für die Überprüfung in Bezug auf Überanziehen zu verwenden;
- h) die Kriterien, die die Nichtkonformität einer Garnitur und die Anforderungen in Bezug auf Korrekturmaßnahmen definieren, sind für jedes Anziehverfahren im Folgenden festgelegt;
- i) ergibt die Inspektion eine „Rückweisung“, müssen alle Garnituren in der Schrauben-Untergruppe überprüft werden, und Korrekturmaßnahmen müssen erfolgen. Nach der Fertigstellung ist eine erneute Inspektion erforderlich. Falls das Inspektionsergebnis bei Anwendung des sequentiellen Typs A negativ ist, darf die Inspektion auf den sequentiellen Typ B erweitert werden.

Werden Verbindungsmittel nicht entsprechend den festgelegten Verfahren eingesetzt, müssen das Entfernen und der erneute Einbau der gesamten Schraubengruppe beaufsichtigt werden.

12.5.2.5 Drehmomentverfahren

Die Inspektion einer Schraubengarnitur 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 dem 1,05-fachen Referenz-Drehmoment $M_{r,i}$ (d. h. $M_{r,2}$ oder $M_{r, \text{test}}$) entspricht. Auf ein möglichst geringes Weiterdrehen ist dabei zu achten. Es gelten die folgenden Bedingungen:

- a) das bei den Inspektionen eingesetzte Anziehgerät muss korrekt kalibriert sein und eine Genauigkeit von $\pm 4 \%$ aufweisen;
- b) die Inspektion muss innerhalb von 12 h bis 72 h nach endgültiger Beendigung des Anziehens in der betreffenden Schrauben-Untergruppe durchgeführt werden;

Falls die zu inspizierenden Schraubengarnituren aus unterschiedlichen Garniturenlosen stammen und die Inspektionsanziehmomente verschieden sind, müssen die Einbauorte jedes Garniturenloses festgehalten werden.

- c) ist das Ergebnis „Rückweisung“, muss die Genauigkeit des eingesetzten Anziehgerätes überprüft werden.

Tabelle 25 — Inspektion des Anziehens mit dem Drehmomentverfahren

Ausführungsklasse	Zum Beginn des Anziehens	Nach dem Anziehen
EXC2	Identifizierung der Einbauorte verschiedener Garniturenlose	Inspektion des zweiten Anziehschrittes
EXC3 und EXC4	Identifizierung der Einbauorte verschiedener Garniturenlose Überprüfung des Anziehverfahrens für jede Schraubengruppe	Inspektion des zweiten Anziehschrittes
ANMERKUNG Zur Definition eines Garniturenloses siehe EN 14399-1.		

Eine Garnitur, bei der sich die Mutter beim Aufbringen des Inspektionsanziehmoments um mehr als 15° weiterdreht, wird als nicht vollständig vorgespannt ($< 100 \%$) bewertet und muss erneut mit dem geforderten Anziehmoment angezogen werden.

Wird eine Überprüfung auf Überanziehen gefordert, sind die Anforderungen festzulegen. Zu fest angezogene Schraubengarnituren sind zu entfernen und zu verwerfen.

12.5.2.6 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 Mutter, die sich beim Aufbringen des Inspektionsanziehmoments um mehr als 15° weiterdreht, 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 aufgebrauchten 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 inspiziert und angepasst werden, falls erforderlich, durch Neu-Zusammenbau der Verbindung nach 8.5.1 und erneutes Vorspannen.

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 inspiziert werden:

- a) ist der Weiterdrehwinkel mehr als 15° kleiner als der festgelegte Wert, muss er korrigiert werden;
- b) ist der Weiterdrehwinkel mehr als 30° über dem festgelegten Wert oder tritt Schrauben- oder Mutterversagen auf, muss die Garnitur durch eine neue ersetzt werden.

12.5.2.7 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 Inspektion muss durch Sichtprüfung an 100 % der Garnituren durchgeführt werden. Vollständig angezogene Garnituren sind durch das weggebrochene Abscherende gekennzeichnet. Garnituren, bei denen das Abscherende übrigbleibt, werden 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, inspiziert werden.

12.5.2.8 Verfahren mit direkten Kraftanzeigern

Nach dem ersten Anziehschritt müssen die Verbindungen inspiziert 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 nach 12.5.2.3 zur Inspektion ausgewählten Garnituren überprüft werden, um sicherzustellen, dass die abschließenden Belastungsanzeigen den Anforderungen in EN 14399-9 genügen. Die Sichtprüfung muss eine Überprüfung beinhalten, bei der alle Anzeiger, die eine vollständige Eindrückung des Anzeigers aufweisen, festgestellt werden.

Werden Verbindungsmittel nicht in Übereinstimmung mit EN 14399-9 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 inspiziert 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 Inspektion, Prüfung und Reparatur von warmgenieteten Nieten

12.5.3.1 Inspektion

Die Gesamtanzahl der in einem Tragwerk inspizierten Nieten muss mindestens 5 %, jedoch nicht weniger als fünf betragen.

Die Köpfe gesetzter Nieten müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden und die Abnahmekriterien nach 8.7.3 erfüllen.

Die Inspektion des genügenden Kontakts muss anhand eines Klangtests durch leichtes Anschlagen des Nietkopfes mit einem 0,5 kg schweren Niethammer erfolgen. Die Inspektion 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:

- a) EXC2 und EXC3: sequentieller Typ A;

b) EXC4: sequentieller Typ B.

Ergibt die Inspektion 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 inspiziert werden. Im Falle 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 Besondere Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden

12.5.4.1 Allgemeines

Anforderungen an die Inspektion von Verbindungen bei Verwendung besonderer Verbindungsmittel oder besonderer Verbindungsmethoden nach 8.8 müssen festgelegt werden.

Werden Gewindebohrungen in Gusswerkstoffen eingesetzt, müssen ZfP-Prüfungen im Bereich der Gewindebohrungen durchgeführt werden, um die Werkstoffhomogenität sicherzustellen.

12.5.4.2 Andere mechanische Verbindungsmittel

Inspektion von Verbindungen mit anderen mechanischen Verbindungsmitteln (wie z. B. Hakenschrauben, besondere Verbindungsmittel) müssen nach nationalen Produktnormen/Empfehlungen, Hersteller-richtlinien oder festgelegten Verfahren erfolgen.

12.6 Oberflächenbehandlung und Korrosionsschutz

Ist für das Tragwerk ein Korrosionsschutz vorgesehen, muss vor Aufbringen des Korrosionsschutzes eine Inspektion des Tragwerks anhand der Anforderungen von Abschnitt 10 durchgeführt werden.

Alle zu schützenden Stahloberflächen (d. h. Produktoberflächen, Schweißnähte und Kanten von Stahlbauteilen) müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden.

Die Qualität von Stahloberflächen, auf die organische Beschichtungen nachträglich aufgebracht werden sollen, muss wie folgt beurteilt werden:

- a) Oberflächenreinheit: Beurteilung nach EN ISO 8501-1 und Prüfung nach Normenreihe EN ISO 8502;
- b) Oberflächenrauheit: Beurteilung nach Normenreihe EN ISO 8503;
- c) Vorbereitungsgrad von Nähten, Kanten und anderen Bereichen mit Oberflächenunregelmäßigkeiten: Beurteilung nach EN ISO 8501-3.

Nichtkonforme Bauteile müssen erneut behandelt, überprüft und anschließend einer Inspektion unterzogen werden.

Die Inspektion des Korrosionsschutzes muss nach Anhang F durchgeführt werden.

12.7 Montage

12.7.1 Inspektion der Probemontage

Anforderungen an die Inspektion jeglicher Probemontage müssen nach 9.6.4 festgelegt werden.

12.7.2 Inspektion des errichteten Tragwerks

Der Zustand des errichteten Tragwerks muss auf jegliche Anzeichen hin inspiziert 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. Sofern nichts anderes festgelegt wurde, besteht bei der Abnahme des Tragwerks keine Pflicht zur Aufzeichnung genauer spezifischer Abmessungsüberprüfungen.

Bei der Auswahl des Vermessungsverfahrens muss seine Eignung in Bezug auf die Genauigkeit im Verhältnis zu den Abnahmekriterien berücksichtigt werden. Es dürfen Cloud-Point-Vermessungsverfahren verwendet werden.

Verwendete Verfahren und Messeinrichtungen dürfen aus den in ISO 7976-1 und ISO 7976-2 enthaltenen ausgewählt werden.

Gegebenenfalls muss die Vermessung in Bezug auf Temperatureinflüsse und die Genauigkeit der Messungen im Verhältnis zu den in 9.4.1 genannten korrigiert werden.

Die notwendigen Korrekturen dürfen mit Hilfe des entsprechenden Teils von ISO 17123 abgeschätzt werden.

12.7.3.2 Messsystem

Das System der zulässigen Abweichungen ist aufgebaut auf Positionspunkten in Basishöhenlage, einem Bereich für die Vertikalität von Stützen und einer 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 Lage 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

Für jedes zu prüfende Bauteil müssen die Montagetoleranzen im Allgemeinen relativ zu den folgenden Bezugspunkten 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 Mittellinie liegen müssen.

Alternative Bezugspunkte dürfen zur Vereinfachung ersatzweise festgelegt werden, vorausgesetzt sie bieten eine vergleichbare Aussage wie die oben festgelegten.

12.7.3.4 Stellen und Häufigkeit

Sofern nichts anderes festgelegt wird, werden nur Messungen der Lage von an Baustellen-Verbindungsstellen angrenzenden Bauteilen wie nachfolgend festgelegt durchgeführt. Anzahl und Stellen der Messungen müssen im Inspektions- und Prüfplan festgelegt werden.

Spezielle Überprüfungen der Abmessungen des fertiggestellten Tragwerks, die im Zusammenhang mit besonderen Toleranzen notwendig werden, sollten festgelegt und in den Inspektions- und Prüfplan aufgenommen werden.

Sofern nichts anderes festgelegt wird, sollte die Lagegenauigkeit des errichteten Stahltragwerks nur unter Eigengewicht des Stahltragwerks gemessen werden. 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 Streuungen von Messergebnissen bei den in 12.7.3.1 zugrunde gelegten Vermessungsverfahren berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 ISO 3443-1 bis ISO 3443-3 geben Hinweise auf Toleranzen im Hochbau und auf die Auswirkungen von Streuungen (einschließlich Herstellungs-, Ausrichtungs- und Montageabweichungen) auf die Passung zwischen Bauteilen.

Die Bauwerksgenauigkeit muss im Verhältnis zu den erwartenden Auslenkungen, Überhöhungen, Vorverformungen, elastischen Verschiebungen und thermischen Ausdehnungen von Bauteilen bewertet werden.

ANMERKUNG 2 EN 10088-1 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), muss ein Bereich zulässiger Positionen 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, Auswahlmöglichkeiten und auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen

A.1 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 an die Ausführung von Stahltragwerken umfassend festgelegt sind, um in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm zu sein (d. h. überall dort, wo der Ausdruck „muss festgelegt werden“ bzw. „ist festzulegen“ oder „die Ausführungsunterlagen müssen festlegen“ verwendet wird).

Tabelle A.1 — Zusatzangaben

Absatz	Erforderliche Zusatzangaben
4.2 - Herstellerdokumentation	
4.2.1	Produktionsprüfstopp oder Anforderungen an die Beaufsichtigung von Inspektionen und Prüfungen, sowie das Festlegen der dazu notwendigen Zugänglichkeitsbedingungen
5 - Ausgangsprodukte	
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 Oberflächenungänzen oder für das Ausbessern von Oberflächenfehlern durch Schleifen nach EN 10163 bzw. nach EN 10088-4 oder EN 10088-5 bei nichtrostendem Stahl Anforderungen an den Behandlungszustand der Oberflächen für andere Erzeugnisse.
5.3.4	Anforderungen für folgende Punkte: <ul style="list-style-type: none"> — Prüfung von Ausgangsprodukten; — verbesserte Verformungseigenschaften senkrecht zur Oberfläche; — besondere Lieferbedingungen für nichtrostende Stähle; — Bearbeitungsbedingungen.
5.4	Sorten, Zusatzsymbole und Behandlungszustände von Stahlguss
5.6.3	Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und Oberflächenbehandlungszustände bei Garnituren für nicht vorgespannte Schraubenverbindungen Technische Lieferbedingungen für bestimmte Garnituren Umfassende Details für den Einsatz von Isolierelementen

Absatz	Erforderliche Zusatzangaben
5.6.4	Festigkeitsklassen von Schrauben und Muttern und Oberflächenbehandlungszustände bei Garnituren für vorgespannte Schraubenverbindungen
5.6.6	Chemische Zusammensetzung wetterfester Garnituren
5.6.7	Stahlsorte von Betonstählen
5.6.9.2	Maße für Keilscheiben
5.6.10	Niete zum Warmnieten
5.6.11	Besondere Verbindungsmittel, die nicht in CEN- oder ISO-Normen enthalten sind, ebenso alle notwendigen Prüfungen
5.9	Zu verwendendes Vergussmaterial
5.10	Anforderungen an Ausführungsart und Eigenschaften von Dehnfugen
5.11	Mindestzugfestigkeit und Überzugsklasse von Drähten Bezeichnungen und Klasse von Litzen Mindestbruchkraft und Durchmesser von Stahldrahtseilen und Anforderungen in Bezug auf den Korrosionsschutz
6 – Vorbereitung und Zusammenbau	
6.2	Bereiche, wo die Kennzeichnungsmethode keinen Einfluss auf das Ermüdungsverhalten hat Bereiche, wo Markierungen nicht zulässig sind oder nach dem Zusammenbau nicht sichtbar sein dürfen
6.5.3.1	Anordnung der Temperaturmessstellen und Probekörper für durch die Flamme erwärmte Bereiche
6.6.1	Besondere Maße für verschiebliche Anschlüsse Nennlochdurchmesser für Niete zum Warmnieten Maße einer Senkung
6.9	Besondere Anforderungen an Verbindungen temporärer Bauteile, einschließlich der ermüdungsrelevanten
6.10	Anforderungen, ob und in welchem Umfang ein probeweiser Zusammenbau durchgeführt werden soll
7 – Schweißen	
7.4.1.1	Nahtanfangs- und Nahtendbereiche und Verfahren bei Anschlüssen in Hohlprofilfachwerken
7.5.6	Bereiche, wo das Anschweißen von Montagehilfen nicht zulässig ist Verwendung von Montagehilfen bei EXC3 und EXC4
7.5.9.1	Lage von Stumpfnähten, die als Bedarfsstöße eingesetzt werden, um die verfügbaren Längen von Ausgangsprodukten anzupassen
7.5.13	Abmessungen der Löcher für Schlitz- und Lochnähte
7.5.14	Anforderungen für andere Schweißnahtarten

Absatz	Erforderliche Zusatzangaben
7.5.16	Angabe, ob die Sichtprüfung von Zündstellen bei Stahlsorten < S460 durch PT oder MT zu ergänzen ist. Anforderungen an das Schleifen und Nachbearbeiten der fertigen Schweißnahtoberflächen
7.6.1	Schweißnahtqualität für einzelne Schweißnähte bei EXC4
7.6.2	Abnahmekriterien in Form des Kerbfalls (DC) für ermüdungsbeanspruchte Schweißnahtstellen Anwendung der Ausführungsanforderungen nach EN 1993-1-9: 2005, Tabellen 8.1 bis 8.8 Anwendung der Ausführungsanforderungen nach EN 1993-2:2006, Anhang C
7.7	Anforderungen an das Schweißen zwischen unterschiedlichen Arten von nichtrostendem Stahl oder zwischen nichtrostendem Stahl und anderen Stählen, wie z. B. Baustahl
8 – Mechanisches Verbinden	
8.2.2	Schraubenabmessungen, wenn die Schertragfähigkeit der Verbindung im gewindefreien Teil des Schraubenschaftes ausgenutzt wird
8.2.4	Festlegung, ob Scheiben, falls gefordert, unter der Mutter oder unter dem Schraubenkopf, je nachdem auf welcher Seite gedreht wird, oder unter beiden anzuordnen sind Abmessungen und Stahlsorten von Unterlegblechen
8.4	Anforderungen in Bezug auf Kontaktflächen in gleitfesten Verbindungen bei nichtrostenden Stählen Bereich und erforderliche Klasse von Kontaktflächen in vorgespannten Verbindungen
8.8	Anforderungen und alle für den Einsatz besonderer Verbindungsmittel und Verbindungsmethoden erforderlichen Verfahrensprüfungen Anforderungen an den Einsatz von Harz-Injektions-Schrauben
9 – Montage	
9.3.1	Erforderliche Überhöhungen und Voreinstellungen im Verhältnis zu den im Fertigungsstadium vorgesehenen
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 – Oberflächenbehandlung	
10.1	Anforderungen an das konkret vorgesehene Korrosionsschutzsystem
10.3	Nötigenfalls Maßnahmen, um sicherzustellen, dass die Oberflächen von unbeschichteten wetterfesten Stählen nach dem Abwittern optisch annehmbar sind Anforderungen die Oberflächenbehandlung beim Kontakt von nicht-wetterfesten und wetterfesten Stählen
10.6	Innenseitiges Schutzsystem, falls eingeschlossene Hohlräume durch Schweißnähte abgedichtet oder einer innenseitigen Schutzbehandlung unterzogen werden Maßnahmen zum Abdichten der Wandung von abgedichteten eingeschlossenen Hohlräumen, wenn mechanische Verbindungsmittel die Wandung durchdringen
10.9	Verfahren und Umfang von Reparaturen vorbeschichteter Ausgangsprodukte nach dem Schneiden oder Schweißen
10.10	Verfahren, Grad und Umfang der Reinigung von nichtrostenden Stählen

Absatz	Erforderliche Zusatzangaben
11 – Geometrische Toleranzen	
11.1	Zusatzangaben für besondere Toleranzen, falls diese Toleranzen festgelegt sind
11.2.3.2	Besondere Toleranzen für kontinuierlich gestützte Schalen
11.3.2	Toleranzklassen für einzelne Bauteile oder ausgewählte Teile eines Tragwerks
12 – Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen	
12.3	Stellen und Anzahl der Messungen im Inspektions- und Prüfplan
12.4.2.3	Umfang der ergänzenden ZfP für jede einzelne EXC4-Schweißnaht
12.4.2.4	Besondere EXC4-Schweißnähte für die Inspektion zusammen mit dem Prüfumfang
12.5.1	Anforderungen an die Überprüfung des Einbaus von Isolierelementen
12.5.2.1	Anforderungen an die Inspektion und Prüfung von vorgespannten Schraubengarnituren bei Verbindungen von nichtrostendem Stahl
12.5.4.1	Anforderungen an die Inspektion von Verbindungen bei Verwendung besonderer Verbindungsmittel oder besonderer Verbindungsmethoden
12.7.1	Anforderungen an die Inspektion der Probemontage
Anhang B – Geometrische Toleranzen	
B.2	Art der Vorbeulenüberprüfung entlang einer Umfangslinie (siehe Tabelle B.11)
Anhang C – Checkliste für den Inhalt eines Qualitätsmanagementplans	
C.2.3.4	Anforderung, die Aufzeichnungen für mehr als zehn Jahre aufzubewahren
Anhang F – Korrosionsschutz	
F.1.2	Leistungsspezifikation für den Korrosionsschutz
F.1.3	Vorgeschriebene Anforderungen an den Korrosionsschutz
F.4	Anforderungen an die Reibflächen und Gleitflächenklasse oder erforderliche Prüfungen 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 Anforderungen an die Inspektion, Überprüfung oder Qualifizierung der Vorbereitung, die vor einem nachfolgenden Beschichten bei feuerverzinkten Bauteilen durchzuführen ist
F.7.3	Kontrollflächen bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im 1 bis Im 3
F.7.4	Bauteile, für die keine Inspektion nach dem Feuerverzinken erforderlich ist Bauteile oder bestimmte Stellen, die einer ergänzenden ZfP unterzogen werden müssen, sowie deren Umfang und das anzuwendende Verfahren

A.2 Auswahlmöglichkeiten

Dieser Anhang listet die Elemente auf, die in den Ausführungsunterlagen festgelegt werden dürfen, um Anforderungen an die Ausführung der Arbeiten zu definieren, wo in dieser Europäischen Norm Auswahlmöglichkeiten gegeben sind (d. h. überall dort, wo Ausdrücke wie „sofern nichts anderes festgelegt wurde“ oder „muss festgelegt werden, falls“ verwendet werden).

Tabelle A.2 — Auswahlmöglichkeiten

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
4 - Ausführungsunterlagen und Dokumentation	
4.2.2	Ist ein Qualitätsmanagementplan für die Ausführung des Stahltragwerks erforderlich?
5 - Ausgangsprodukte	
5.2	Wird Rückverfolgbarkeit für jedes einzelne Ausgangsprodukt verlangt?
5.3.1	Sind Stahlprodukte außer den in den Tabellen 2, 3 und 4 angegebenen einzusetzen?
5.3.2	Sind andere Grenzabmaße der Dicke von Baustahlflacherzeugnissen festgelegt?
5.3.3	Müssen Unregelmäßigkeiten wie z. B. Risse, Schalen und Schalenstreifen ausgebessert werden?
5.3.4	Wird die Qualitätsklasse S1 für innere Inhomogenitäten bei geschweißten Kreuzstößen festgelegt? Werden Bereiche in der Umgebung von Aussteifungsschottblechen oder Aussteifungen hinsichtlich des Vorhandenseins von inneren Inhomogenitäten überprüft?
5.4	Welche Auswahlmöglichkeiten für den Stahlguss werden festgelegt? Sind andere Auswertungen als Prüfungen erforderlich? Sind andere Abnahmekriterien erforderlich?
5.5	Sind andere Auswahlmöglichkeiten als die in Tabelle 6 zu verwenden?
5.6.3	Dürfen Verbindungsmittel nach EN ISO 898-1 und EN ISO 898-2 zur Verbindung nicht-rostender Stähle nach EN 10088-4 oder EN 10088-5 verwendet werden?
5.6.4	Dürfen Schraubengarnituren aus nichtrostendem Stahl in vorgespannten Anwendungen eingesetzt werden?
5.6.7	Dürfen Betonstähle mit festgelegter Stahlsorte für Ankerschrauben eingesetzt werden?
5.6.8	Sind Sicherungselemente gefordert? Sind andere als den genannten Normen entsprechende Produkte einzusetzen?
6 - Vorbereitung und Zusammenbau	
6.2	Gelten andere Anforderungen für Hartprägungen, gestanzte oder gebohrte Markierungen? Dürfen Weichprägungen verwendet werden? Dürfen Weichprägungen bei nichtrostenden Stählen nicht verwendet werden?
6.4.3	Gelten für Schnittflächen andere Qualitätsanforderungen als diejenigen in Tabelle 9?
6.4.4	Ist bei Baustählen die Härte freier Schnittflächen festgelegt? Sind andere Anforderungen für die Eignungsüberprüfung der Schneidprozesse festgelegt?
6.5.2	Ist das Warmumformen von nichtrostendem Stahl zulässig?
6.5.3.1	Ist ein dokumentiertes Verfahren zum Flammrichten bei Stahlsorten der Festigkeit S355 und geringer erforderlich?

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
6.5.4	Sind bei nichtrostenden Stählen der genannten Stahlsorten andere Mindestinnenbiegeradien festgelegt? Gelten andere Bedingungen für das Kaltumformbiegen von Kreishohlprofilen?
6.6.1	Gelten andere Nennlochspiele für Schrauben oder Bolzen mit Durchmessern von weniger als 12 mm oder mehr als 36 mm? Gilt bei Anwendungsfällen, wie z. B. bei Türmen und Masten, ein anderes Nennlochspiel für normale runde Löcher? Dürfen Schrauben mit Nenndurchmessern von 12 mm und 14 mm oder Senkschrauben auch mit 2 mm Lochspiel eingesetzt werden?
6.6.2	Gelten andere Toleranzen von Lochdurchmessern?
6.6.3	Dürfen Löcher außerhalb der festgelegten Grenzen nicht durch Stanzen hergestellt werden?
6.7	Dürfen einspringende Ecken oder Ausklinkungen mit anderen Mindeststradien abgerundet werden? Sind gestanzte Ausschnitte nicht zulässig?
6.8	Sind Oberflächen von Kontaktstößen festgelegt?
7 - Schweißen	
7.2.2	Sind die Bedingungen für das Schweißen kaltgeformter Bereiche nach EN 1993-1-8:2005, 4.14, nicht erforderlich?
7.4.1.1	Werden besondere Schweißlagebedingungen für Heftnähte gefordert? Sind Arbeitsanweisungen für ECX1 anzuwenden?
7.4.1.2	Dürfen Standardschweißverfahren für EXC3 oder EXC4 angewendet werden (siehe Tabelle 12)? Gelten Alternative zum Prüfen nach EN ISO 9018?
7.4.2.2	Gelten alternative Qualifizierungsverfahren für Schweißer von Hohlprofilanschlüssen mit Abzweigwinkeln?
7.5.1.1	Dürfen Freischnitte (Durchschweißöffnungen) einen Radius von weniger als 40 mm besitzen?
7.5.4	Gelten andere Festlegungen für den Zusammenbau von geschweißten Hohlprofilbauteilen als die nach Anhang E?
7.5.6	Ist Abhobeln und Abmeißeln bei Stahlsorten \geq S460 oder auf Bauteilen, die ermüdungsbeansprucht sind, gestattet?
7.5.8.2	Dürfen Endumschweißungen von Kehlnähten nicht vollständig ausgeführt sein?
7.5.9.1	Sind bei EXC2 Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Querstumpfnähte erforderlich? Sind bei EXC2, EXC3 und EXC4 Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte erforderlich? Wird eine blechebene Oberfläche gefordert?
7.5.9.2	Dürfen verbleibende Schweißbadsicherungen aus Stahl bei einseitigen Schweißnähten nicht eingesetzt werden? Ist blechebenes Schleifen von einseitigen Stumpfnähten in Hohlprofilanschlüssen, die ohne Schweißbadsicherung ausgeführt werden, zulässig?
7.5.13	Dürfen Loch- oder Schlitznähte ohne vorherige Kehlnaht im Loch oder Schlitz vollständig mit Schweißgut gefüllt werden?

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
7.5.16	Müssen beim Schweißen von Stahlsorten \geq S460 Schweißspritzer nicht entfernt werden?
7.6.1	Welche anderen Abnahmekriterien werden bei EXC1, EXC2 und EXC3 für Schweißnahtunregelmäßigkeiten festgelegt?
7.6.2	Alternative Kriterien, wenn die Abnahmekriterien für gegen Ermüdung bemessene Schweißnähte nicht in Form eines Kerbfalls (DC) festgelegt werden. Sind die Abnahmekriterien nach EN ISO 5817:2014, Anhang C, anzuwenden?
7.6.3	Sind andere Anforderungen für das Schweißen von orthotropen Brückenfahrbahnen festgelegt?
8 - Mechanisches Verbinden	
8.2.1	Sind zur Mutternsicherung zusätzlich zum Anziehen andere Maßnahmen oder Hilfsmittel zu verwenden? Werden für vorgespannte Garnituren zusätzliche Sicherungselemente benötigt? Darf an Schrauben und Muttern geschweißt werden?
8.2.2	Darf der Nenndurchmesser des Verbindungsmittels bei Stahlbauverschraubungen kleiner als M12 sein?
8.2.4	Sind Scheiben in Verbindungen mit nicht vorgespannten Schrauben erforderlich? Sind Scheiben weder unter dem Schraubenkopf noch unter der Mutter in einschnittigen Verbindungen mit nur einer Schraubenreihe erforderlich? Sind bei Anschlüssen mit Langlöchern und übergroßen Löchern keine Unterlegbleche erforderlich?
8.3	Sind planmäßige Kontaktstöße festgelegt?
8.5.1	Gilt ein anderer Nennwert der Mindestvorspannkraft in Verbindung mit den betreffenden Garnituren, Anziehverfahren, Anziehparametern und Inspektionsanforderungen? Ist ein geringeres Vorspannkraftniveau vorgegeben? Bestehen Einschränkungen hinsichtlich der Anziehverfahren nach Tabelle 19? Ist die Kalibrierung nach Anhang H zur Bestimmung des Anziehdrehmoments zulässig? Müssen zusätzliche Maßnahmen zum Ausgleich möglicher nachfolgender Vorspannkraftverluste ergriffen werden?
8.5.4	Werden andere Werte für das Drehmoment im ersten Schritt als die in Tabelle 20 angegebenen festgelegt? Sind andere Werte für den Weiterdrehwinkel als die in Tabelle 21 angegebenen für den zweiten Schritt erforderlich?
8.5.5	Muss der erste Anziehschritt für das Verfahren 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 gefordert?
8.7.3	Müssen die äußeren Blechoberflächen frei von Eindrückungen durch das Nietgerät sein?

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
9 – Montage	
9.4.1	Sollen sich Vermessungen des Stahltragwerks auf der Baustelle auf ein anderes System beziehen, als das für das Ausrichten und die Vermessung des Bauwerks erstellte?
9.5.3	Ist ein Ausgleichen der Auflagersetzung nicht akzeptabel?
9.5.4	Dürfen Futterbleche, die nachträglich vergossen werden, so angeordnet werden, dass sie vom Verguss nicht vollständig umschlossen werden? Dürfen bei Brücken Futterbleche verbleiben? Sind die Ausgleichsmuttern auf den Ankerschrauben unter der Fußplatte zu entfernen?
9.5.5	Muss Stopfen und Verdichten mit ordnungsgemäß fixierten Abstütungen erfolgen? Ist eine Behandlung des Stahltragwerks, der Lager und der Betonoberflächen vor dem Vergießen erforderlich?
9.6.5.2	Ist es erforderlich, Verbände im Hochbau entsprechend dem Montagefortschritt zu lösen?
9.6.5.3	Sollen Futter aus anderen Erzeugnissen als Stahlflacherzeugnissen hergestellt werden? Dürfen keine Dorne zum Ausrichten von Verbindungen verwendet werden?
10 – Oberflächenbehandlung	
10.2	Werden Anforderungen an die Oberflächenreinheit von nichtrostendem Stahl gestellt? Gilt ein anderer Vorbereitungsgrad als P1? Ist der Vorbereitungsgrad P2 oder P3 für Korrosivitätskategorien oberhalb von C3 anzuwenden, wenn die Schutzdauer des Korrosionsschutzes 15 Jahre übersteigt?
10.5	Müssen eingeschlossene Hohlräume nach dem Feuerverzinken abgedichtet werden, und wenn ja, mit welchem Produkt? Ist vor dem Feuerverzinken ein Strahlen erforderlich und, wenn ja, welche Anforderungen gelten dafür?
10.6	Erfordern die nach den Ausführungsunterlagen zulässigen Schweißnahtunregelmäßigkeiten ein Abdichten durch Aufbringen eines geeigneten Hartlotes, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern? Sind reine Abdicht-Schweißnähte nach der Sichtprüfung weiteren Inspektionen zu unterziehen?
10.7	Wird für Oberflächen in Kontakt mit Beton ein besonderer Schutz gefordert?
10.8	Dürfen Stoßflächen und Oberflächen unter Scheiben mit mehr als Fertigungsbeschichtung und Zwischenschicht behandelt bleiben? Dürfen Schraubenverbindungen einschließlich der Umgebung um eine solche Verbindung anders als 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	
11.1	Sind besondere Toleranzen gefordert?
11.2.3.5	Dürfen Futterbleche bei geschraubten Kontaktstößen zur Verringerung der Spaltweite nicht verwendet werden?
11.3.1	Gelten für die ergänzenden Toleranzen alternative Kriterien nach 11.3.3?

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
11.3.2	Einzelne oder ausgewählte Bauteile eines errichteten Tragwerks, die der Toleranzklasse 2 genügen.
11.3.3	Welche anderen alternativen Kriterien sollen angewendet werden?
12 – Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen	
12.2.1	Bestehen Anforderungen an eine besondere Prüfung von Ausgangsprodukten?
12.3	Sind zur Reparatur von lokalen Dellen in der Oberfläche von Hohlprofilen infolge einer Beschädigung andere Verfahren festgelegt?
12.4.2.1	Ist der Grundwerkstoff nach dem Schweißen auf Werkstofftrennung zu untersuchen?
12.4.2.3	Gelten andere Regeln für die Definition des prozentualen Prüfumfangs?
12.4.2.4	Werden für EXC1, EXC2 und EXC3 bestimmte Anschlüsse für die Inspektion benannt, zusammen mit dem Umfang und dem Prüfverfahren? Sollen Schweißnahtklassen zum Festlegen des prozentualen Umfangs der ergänzenden ZfP und der anzuwendenden Prüfverfahren verwendet werden? Wenn ja, Angabe der Schweißnahtklasse für jede relevante Schweißnaht?
12.4.4	Sind für EXC3 und EXC4 Arbeitsprüfungen durchzuführen?
12.5.2.4	Soll die Vorgehensweise bei der Inspektion vorgespannter Schraubenverbindungen anders sein als mithilfe eines sequentiellen Stichprobenplans nach Anhang M? Ist eine Überprüfung in Bezug auf Überanziehen bei Anwendung des Drehmomentverfahrens erforderlich?
12.5.2.5	Ist eine Überprüfung in Bezug auf Überanziehen bei Anwendung des Drehmomentverfahrens erforderlich? Wenn ja, welche Anforderungen gelten für die Überprüfung?
12.7.3.1	Werden genaue spezifische Abmessungsüberprüfungen bei der Abnahme gefordert?
12.7.3.4	Soll die geometrische Lage auch anderer Knotenpunkte als nur der Montage-Verbindungspunkte vermessen werden, und wenn ja, in welchem Umfang? Darf die Lagegenauigkeit unter anderen Bedingungen als nur unter dem Eigengewicht des Stahltragwerks gemessen werden?
12.7.3.6	Sind erhebliche Verschiebungen des Tragwerks zu erwarten, die einen Einfluss auf die Überprüfung der Abmessungen haben könnten, und wenn ja, welches ist der Bereich der zulässigen Lagen?
12.7.4	Sind Bauteile des Tragwerks unter Anforderungen für eine bestimmte Belastung zu montieren, und wenn ja, welches ist der Toleranzbereich für die Belastung?
Anhang D – Verfahren zum Prüfen der Eignung automatisierter thermischer Schneidverfahren	
D.1	Darf die Überprüfung der Qualität der Schnittflächen nicht unter der Leitung der verantwortlichen Schweißaufsichtsperson erfolgen?
Anhang E – Geschweißte Hohlprofilverbindungen	
E.4(d)	Muss der verborgene Vorderbereich geschweißt werden?

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
Anhang F – Korrosionsschutz	
F.1.2	Soll eine Leistungsspezifikation angewendet werden?
F.2.2	Gelten andere Anforderungen für die Oberflächenvorbereitung von Baustählen als die in der Normenreihe EN ISO 8501 und in EN ISO 1461 festgelegten?
F.5	Müssen die unteren eingebetteten Teile von Ankerschrauben geschützt sein?
F.7.2	Sind andere Anforderungen für den Prüfumfang für die Beschichtungsbehandlung festgelegt?
F.7.3	Sind Kontrollflächen bei Korrosionsschutzsystemen in den Korrosivitätskategorien C3 bis C5 und Im1 bis Im3 festgelegt?
F.7.4	Müssen feuerverzinkte Bauteile einer Inspektion nach dem Verzinken unterzogen werden (LMAC)?
Anhang G – Prüfung zur Bestimmung der Haftreibungszahl	
G.5	Beträgt die geplante Nutzungsdauer des Tragwerks einen anderen Zeitraum als 50 Jahre?
G.6	Ist eine erweiterte Kriechprüfung erforderlich?
Anhang I - Bestimmung der Vorspannkraftverluste bei dicken Oberflächenbeschichtungen	
I.1	Ist es erforderlich, Vorspannkraft für Schraubengarnituren festzulegen, die mit dem Drehmomentverfahren angezogen und nachgezogen werden (siehe Tabelle I.1)?

A.3 Auf die Ausführungsklassen bezogene Anforderungen

Dieser Abschnitt führt 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 [PC] gekennzeichnet sind, beziehen sich auf das allgemeine Kontrollsystem für die Ausführung und sind offen für eine einfache Auswahl der Ausführungsklasse für das gesamte Stahltragwerk (oder für einen Abschnitt des Stahltragwerks). Die anderen Elemente mit der Kennzeichnung [PS] erfordern im Allgemeinen die bauteilweise oder bei Verbindungen die detailweise projektspezifische 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 [PC]	Nein (keine Anforderung)	Ja	Ja	Ja
5 - Ausgangsprodukte				
5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit				
Rückverfolgbarkeit [PC]	Nein (keine Anforderung)	Ja (durch Kennzeichnung)	Ja (von der Lieferung bis zur Übergabe)	Ja (von der Lieferung bis zur Übergabe)
Kennzeichnung [PC]	Nein	Ja	Ja	Ja
6 - Vorbereitung und Zusammenbau				
6.4 Schneiden				
6.4.3 Thermisches Schneiden [PC]	Siehe Tabelle 9	Siehe Tabelle 9	Siehe Tabelle 9	Siehe Tabelle 9
7 - Schweißen				
7.1 Allgemeines				
7.1 Allgemeines [PC]	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 von Schweißverfahren				
7.4.1.1 Allgemeines [PC]	Angemessene Arbeitsanweisungen (sofern festgelegt)	Siehe EN ISO 3834-3	Siehe EN ISO 3834-2	Siehe EN ISO 3834-2
7.4.1.2 Qualifizierung des Schweißverfahrens [PC]	Nein	Siehe Tabelle 12	Siehe Tabelle 12	Siehe Tabelle 12
7.4.2.1 Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen [PC]	Festlegung der Häufigkeit der Verlängerung	Siehe EN ISO 3834-3	Siehe EN ISO 3834-2	Siehe EN ISO 3834-2
7.4.3 Schweißaufsicht [PC]	Hinreichende Aufsicht	Technische Kenntnisse nach Tabelle 14 bzw. 15	Technische Kenntnisse nach Tabelle 14 bzw. 15	Technische Kenntnisse nach Tabelle 14 bzw. 15

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
7.5 Vorbereitung und Ausführung von Schweißarbeiten				
7.5.1 Schweißnahtvorbereitung				
7.5.1.1 Allgemeines [PC]	Nein	Belassene Fertigungsbeschichtungen nicht zulässig, außer wenn geprüft	Belassene Fertigungsbeschichtungen nicht zulässig, außer wenn geprüft	Belassene Fertigungsbeschichtungen nicht zulässig, außer wenn geprüft
7.5.6 Montagehilfen [PS]	Nein	Nein	Einschränkungen bei der Verwendung können festgelegt werden	Einschränkungen bei der Verwendung können festgelegt werden
7.5.7 Heftnähte [PC]	Nein	Qualifiziertes Schweißverfahren	Qualifiziertes Schweißverfahren	Qualifiziertes Schweißverfahren
7.5.9 Stumpfnähte				
7.5.9.1 Allgemeines [PC]	Nein	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Querstumpfnähte (falls festgelegt) Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte (falls festgelegt)	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Querstumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte (falls festgelegt)	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Querstumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche für voll durchgeschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte (falls festgelegt)
7.5.9.2 Einseitige Schweißnähte [PC]	Nein	Nein	Verbleibende Schweißbad-sicherung ununterbrochen	Verbleibende Schweißbad-sicherung ununterbrochen
7.6 Abnahmekriterien				
7.6.1 Routinemäßige Anforderungen [PC] [PS bei EXC4]	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe D im Allgemeinen	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe C im Allgemeinen	EN ISO 5817 Bewertungsgruppe B	EN ISO 5817 Mindestens EXC3 mit zusätzlichen Anforderungen für einzelne Nähte
7.6.2 Anforderungen hinsichtlich Ermüdung [PC]	Nicht anwendbar	EN ISO 5817:2014 Anhang C (sofern die Anwendung festgelegt wird)	EN ISO 5817:2014 Anhang C (sofern die Anwendung festgelegt wird)	EN ISO 5817:2014 Anhang C (sofern die Anwendung festgelegt wird)

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
9 – Montage				
9.6 Montage- und Baustellenarbeiten				
9.6.3 Handhabung und Lagerung auf der Baustelle [PC]	Nein	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen	Dokumentierte Reparaturmaßnahmen
12 – Inspektion, Prüfung und Korrekturmaßnahmen				
12.4 Schweißen				
12.4.2 Inspektion nach dem Schweißen				
12.4.2.3 Routinemäßige Inspektion [PC]	ZfP: Siehe Tabelle 24	ZfP: Siehe Tabelle 24	ZfP: Siehe Tabelle 24	ZfP: Mindestens EXC3 nach Tabelle 24
12.4.2.4 Projektspezifische Inspektion [PS]	Siehe Tabelle A.2	Siehe Tabelle A.2	Siehe Tabelle A.2	Für die Inspektion benannte Schweißnähte, zusammen mit dem Prüfumfang
12.4.2.7 Korrigieren von Schweißverbindungen [PC]	Keine Anforderung	Nach WPS	Nach WPS	Nach WPS
12.5 Mechanische Verbindungen				
12.5.2 Inspektion und Prüfung vorgespannter Schraubenverbindungen				
12.5.2.3 Vor dem Anziehen [PC]	Nein	Überprüfung des Anziehverfahrens	Überprüfung des Anziehverfahrens	Überprüfung des Anziehverfahrens
12.5.2.4 Während und nach dem Anziehen [PC]	Nein	5 % des zweiten Anziehschritts mit Hilfe vom sequentiellen Typ A (sofern nichts anderes festgelegt wird)	5 % des ersten Anziehschritts und 10 % des zweiten Anziehschritts mit Hilfe des sequentiellen Typs A (sofern nichts anderes festgelegt wird)	5 % des ersten Anziehschritts und 10 % des zweiten Anziehschritts mit Hilfe des sequentiellen Typs B (sofern nichts anderes festgelegt wird)
12.5.2.5 Drehmomentverfahren [PC]	Nein	Siehe Tabelle 25	Siehe Tabelle 25	Siehe Tabelle 25
12.5.2.6 Kombiniertes Vorspannverfahren [PC]	Nein für Inspektion des ersten Anziehschritts	Nein für Inspektion des ersten Anziehschritts	Inspektion des ersten Anziehschritts vor der Kennzeichnung	Inspektion des ersten Anziehschritts vor der Kennzeichnung
12.5.2.7 Verfahren für HRC-Schrauben [PC]	Nein	Inspektion des ersten Anziehschritts	Inspektion des ersten Anziehschritts	Inspektion des ersten Anziehschritts

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
12.5.3.1 Inspektion, Prüfung und Reparatur von Nieten für das Warmnieten [PC]	Nein	Klangtest Sequentieller Typ A	Klangtest Sequentieller Typ A	Klangtest Sequentieller Typ B
12.7 Montage				
12.7.3.1 Vermessung der geometrischen Lage von Verbindungsknotenpunkten [PC]	Nein	Nein	Aufzeichnung der Vermessung	Aufzeichnung der Vermessung

Anhang B (normativ)

Geometrische Toleranzen

B.1 Allgemeines

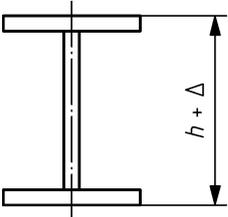
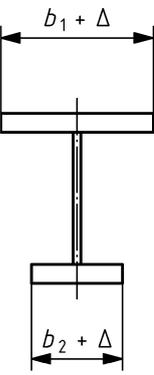
Zulässige Abweichungen für grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen sind in den Tabellen B.1 bis B.14 aufgeführt.

Zulässige Abweichungen für grundlegende und ergänzende Montagtoleranzen sind in den Tabellen B.15 bis B.25 aufgeführt.

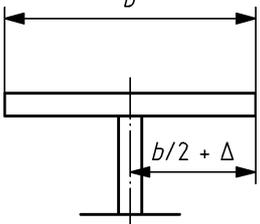
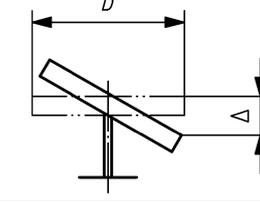
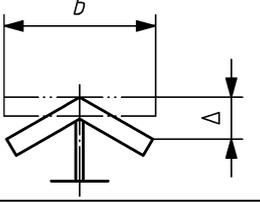
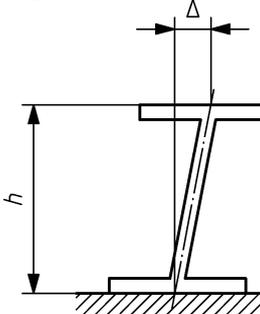
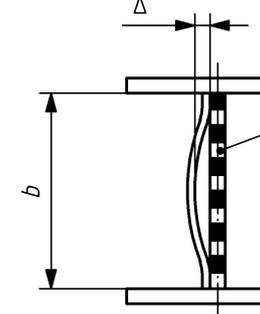
ANMERKUNG Siehe prEN 1090-4^{N4)} hinsichtlich der Herstelltoleranzen für kaltgeformte Profiltafeln und der Montagtoleranzen für Profiltafeln.

B.2 Herstelltoleranzen

Tabelle B.1 — Herstelltoleranzen - Geschweißte Profile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe 	Gesamthöhe h : $h \leq 900 \text{ mm}$ $900 < h \leq 1\,800 \text{ mm}$ $h > 1\,800 \text{ mm}$	$-\Delta = h/50$ (Minuszeichen beachten)	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h/300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm h/450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	Flanschbreite: 	Breite $b = b_1$ oder b_2 :	$-\Delta = b/100$ (Minuszeichen beachten)	$+\Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$+\Delta = b/100$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$

N4) Nationale Fußnote: Veraltete Verweisung. EN 1090-4 wurde bereits veröffentlicht.

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
3	<p>Stegexzentrizität:</p> 	<p>Lage des Stegs:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern: 	Keine Anforderungen	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
4	<p>Rechtwinkligkeit der Flansche:</p> 	<p>Abweichung von der Rechtwinkligkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern: 	Keine Anforderung	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
5	<p>Ebenheit der Flansche:</p> 	<p>Abweichung von der Ebenheit:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern: 	Keine Anforderung	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
6	<p>Rechtwinkligkeit bei Lagern:</p> 	<p>Stegvertikalität an Lasteinleitung bei Bauteilen ohne Auflagersteifen:</p>	$\Delta = \pm h/200$ aber $ \Delta \geq t_w$ ($t_w = \text{Stegdicke}$)	$\Delta = \pm h/300$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm h/500$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
7	<p>Stegkrümmung:</p> 	<p>Abweichung Δ über Steghöhe b:</p>	$\Delta = \pm b/200$ falls $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2 / (16\,000 t)$ falls $80 < b/t \leq 200$ $\Delta = \pm b/80$ falls $b/t > 200$ aber $ \Delta \geq t$ ($t = \text{Stegdicke}$)	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$

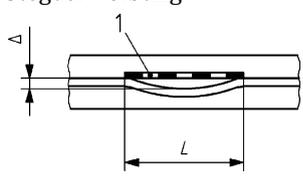
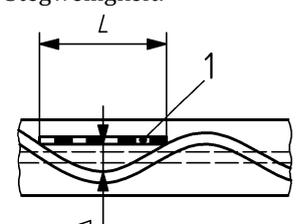
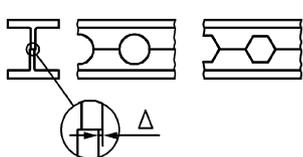
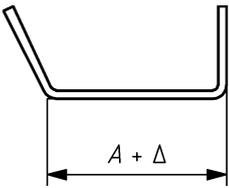
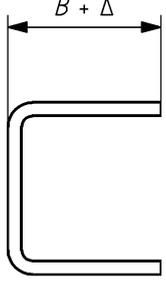
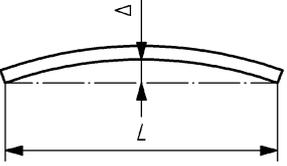
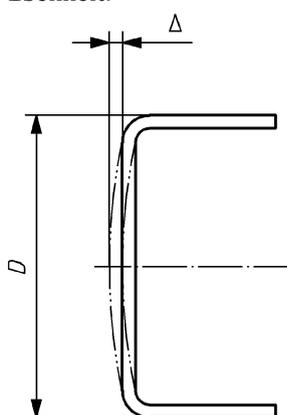
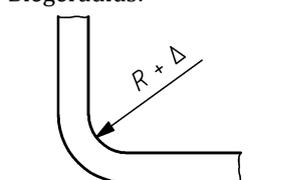
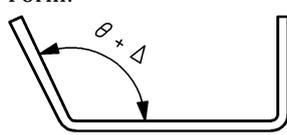
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
8	<p>Stegverwölbung:</p> 	<p>Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der Steghöhe b (siehe (7)): ANMERKUNG Bei Bauteilen mit Vouten oder variabler Steghöhe b bezieht sich die zulässige Abweichung auf die mittlere Steghöhe innerhalb der Messlänge.</p>	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq t$ ($t = \text{Stegdicke}$)	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
9	<p>Stegwelligkeit:</p> 	<p>Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der Steghöhe b (siehe (7)): ANMERKUNG Bei Bauteilen mit Vouten oder variabler Steghöhe b bezieht sich die zulässige Abweichung auf die mittlere Steghöhe innerhalb der Messlänge.</p>	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq t$ ($t = \text{Stegdicke}$)	$\Delta = \pm b/100$ aber $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
10	<p>Lochstegträger, einwandig oder als Kastenträger [entweder aus Blechen oder aus warmgewalzten Profilen gefertigt], mit Löchern mit einbeschriebenem Nenndurchmesser D:</p> 	<p>Versatz im Stegpfosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> — in Dickenrichtung: — Überlappung in Stegebene bei Löchern mit dem Nennradius r: <p>$r = D/2 < 200 \text{ mm}$ $r = D/2 \geq 200 \text{ mm}$</p>	<p>Keine Anforderungen</p>	$\Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = r/100$ und $\Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = r/100$ und $\Delta \leq 5 \text{ mm}$
Legende					
1 Messlehre					
ANMERKUNG Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq t$ bedeuten, dass $ \Delta $ der <i>größere</i> der beiden Werte $d/100$ und t ist.					

Tabelle B.2 — Herstelltoleranzen – Gekantete Profile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Ausgesteifte Bauteilbreite:</p> 	<p>Breite A zwischen zwei Kantungen (Bauteil mit Dicke t):</p> <p>$t < 3$ mm: Länge < 7 m Länge ≥ 7 m</p> <p>$t \geq 3$ mm: Länge < 7 m Länge ≥ 7 m</p>	<p>$-\Delta = A/50$ (Minuszeichen beachten)</p>	<p>$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3$ mm/+5 mm</p> <p>$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = -5$ mm/+9 mm</p>	<p>$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = -2$ mm/+4 mm</p> <p>$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3$ mm/+6 mm</p>
2	<p>Unausgesteifte Bauteilbreite:</p> 	<p>Breite B zwischen einer Kantung und einer freien Kante (Bauteile mit Dicke t):</p> <p>Walzkanten: $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm</p> <p>Schnittkanten: $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm</p>	<p>$-\Delta = B/80$ (Minuszeichen beachten)</p>	<p>$\Delta = -3$ mm/+6 mm $\Delta = -5$ mm/+7 mm</p> <p>$\Delta = -2$ mm/+5 mm $\Delta = -3$ mm/+6 mm</p>	<p>$\Delta = -2$ mm/+4 mm $\Delta = -3$ mm/+5 mm</p> <p>$\Delta = -1$ mm/+3 mm $\Delta = -2$ mm/+4 mm</p>
3	<p>Geradheit bei seitlich nicht gehaltenen Bauteilen:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Geradheit:</p>	<p>$\Delta = \pm L / 1000$</p>	<p>Keine Anforderung</p>	<p>Keine Anforderung</p>

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
4	Ebenheit: 	Konvexität oder Konkavität:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
5	Biegeradius: 	Innerer Biegeradius R :	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
6	Form: 	Winkel θ zwischen benachbarten Elementen:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

SNV / licensed to 51711-Konsolen AG / 82929_DOW_2020-11-24_09:16 / DIN EN 1090-2:2018-09

Tabelle B.3 — Herstelltoleranzen – Flansche geschweißter Profile

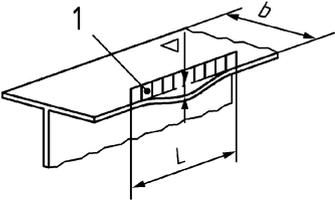
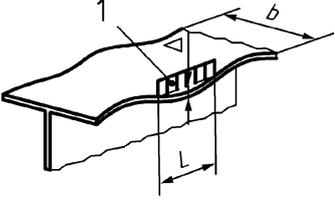
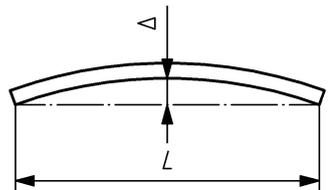
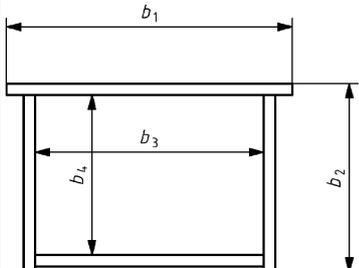
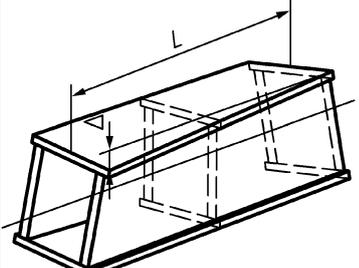
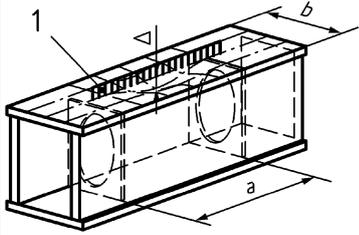
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Lokale Beule der Flansche von I-Profilen:</p>  <p>Legende 1 Messlehre</p>	<p>Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L, wobei L = Flanschbreite b:</p>	$\Delta = \pm b/150$ falls $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\ 000\ t)$ falls $b/t > 20$ t = Flanschdicke	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
2	<p>Welligkeit der Flansche von I-Profilen:</p>  <p>Legende 1 Messlehre</p>	<p>Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L, wobei L = Flanschbreite b:</p>	$\Delta = \pm b/150$ falls $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\ 000\ t)$ falls $b/t > 20$ t = Flanschdicke	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/150$
3	<p>Geradheit von seitlich nicht gehaltenen Bauteilen:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Geradheit:</p>	$\Delta = \pm L/1\ 000$	$\Delta = \pm L/1\ 000$	$\Delta = \pm L/1\ 000$

Tabelle B.4 — Herstelltoleranzen - Flansche geschweißter Kastenprofile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Profilabmessungen: 	Abweichung von inneren oder äußeren Abmessungen: $b < 900 \text{ mm}$ $900 \text{ mm} \leq b < 1\,800 \text{ mm}$ $b \geq 1\,800 \text{ mm}$ Dabei ist: $b = b_1, b_2, b_3 \text{ oder } b_4$	$-\Delta = b/100$ (Minuszeichen beachten)	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b/450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	Verdrillung: 	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L :	Keine Anforderung	$\Delta = \pm L/700$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$ und $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ und $ \Delta \leq 8 \text{ mm}$
3	Ebenheitsabweichungen von Blechfeldern zwischen Stegen oder Steifen, allgemeiner Fall:  Legende 1 Lineal mit Messlänge L	Abweichung Δ senkrecht zur Blechebene: falls $a \leq 2b$: $L = a$ falls $a > 2b$: $L = 2b$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$

SNV / licensed to 51711-Konsolen AG / 82929_DOW_2020-11-24_09:16 / DIN EN 1090-2:2018-09

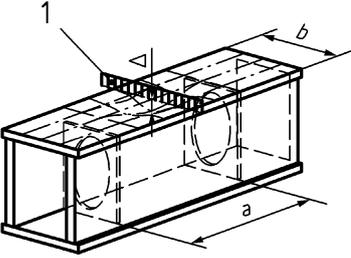
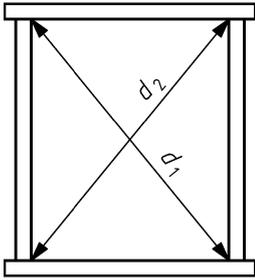
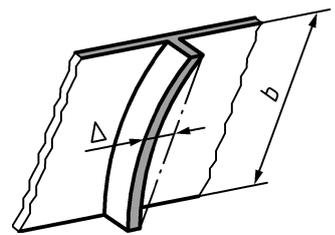
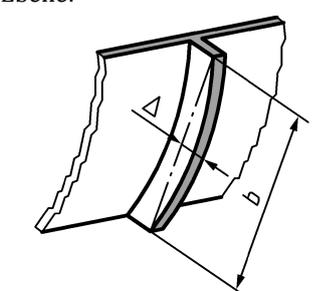
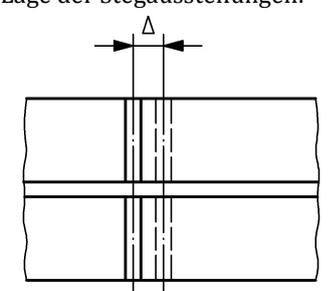
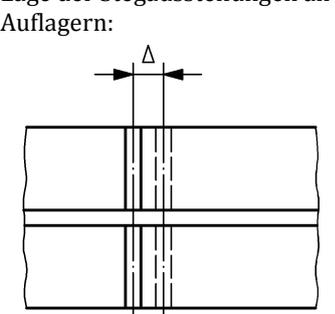
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
4	<p>Ebenheitsabweichungen von Blechfeldern zwischen Stegen oder Steifen (besonderer Fall mit Druckbeanspruchung in Querrichtung – der allgemeine Fall gilt, außer wenn dieser besondere Fall festgelegt ist):</p>  <p>Legende 1 Lineal mit Messlänge L</p>	<p>Abweichung Δ senkrecht zur Blechebene:</p> <p>falls $b \leq 2a$: $L = b$</p> <p>falls $b > 2a$: $L = 2a$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>
5	<p>Rechtwinkligkeit:</p>  <p>$(d_1 + d_2)_{act}$ = Istwert von $(d_1 + d_2)$ $(d_1 + d_2)_{nom}$ = Sollwert von $(d_1 + d_2)$</p>	<p>Differenz Δ zwischen Diagonallängen bei Querschotten: $\Delta = (d_1 - d_2)_{act} - (d_1 - d_2)_{nom}$</p> <p>(daher gilt $\Delta = d_1 - d_2 _{act}$ falls d_1 und d_2 nominell gleich sind)</p>	Keine Anforderung	<p>$\Delta = \frac{(d_1 + d_2)_{nom}}{400}$ aber $\Delta \geq 6$ mm</p>	<p>$\Delta = \frac{(d_1 + d_2)_{nom}}{600}$ aber $\Delta \geq 4$ mm</p>

Tabelle B.5 — Herstelltoleranzen – Stegaussteifungen und Kreuzstöße von Profilen oder Kastenprofilen

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	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}$	$\Delta = \pm b/250$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/375$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
2	Geradheit senkrecht zur Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit senkrecht zur Stegebene:	$\Delta = \pm b/500$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/500$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
3	Lage der Stegaussteifungen: 	Abstand von planmäßiger Stelle:	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
4	Lage der Stegaussteifungen an Auflagern: 	Abstand von planmäßiger Stelle:	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

SNV / licensed to 51711-Konsolen AG / 82929_DOW_2020-11-24_09:16 / DIN EN 1090-2:2018-09

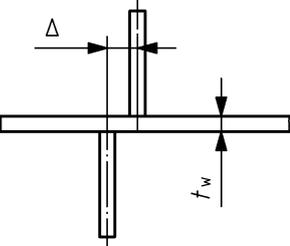
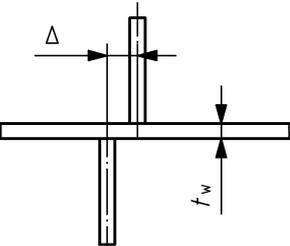
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
5	<p>Exzentrizität der Stegaussteifungen:</p> 	<p>Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar:</p> <p>ANMERKUNG Bei Kreuzstößen ist die Versatzexzentrizität auf $\pm t/2$ beschränkt, wobei t der größere der Dickenwerte der zwei Platten ist, die auf beiden Seiten des Stegs befestigt sind, siehe Tabelle B.21 (10) und (11).</p>	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/2$	$\Delta = \pm t_w/3$
6	<p>Exzentrizität der Stegaussteifungen an den Auflagern:</p> 	<p>Exzentrizität zwischen einem Steifenpaar:</p> <p>ANMERKUNG Bei Kreuzstößen ist die Versatzexzentrizität auf $\pm t/2$ beschränkt, wobei t der größere der Dickenwerte der zwei Platten ist, die auf beiden Seiten des Stegs befestigt sind, siehe Tabelle B.21 (10) und (11).</p>	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/3$	$\Delta = \pm t_w/4$
<p>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.</p>					

Tabelle B.6 — Herstelltoleranzen - Bauteile

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Länge:</p>	<p>Schnittlänge gemessen an der Mittellinie (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):</p> <p>— allgemeiner Fall:</p> <p>— mit für Kontaktstöße vorbereiteten Enden:</p> <p>ANMERKUNG Länge L wird einschließlich geschweißter Stirnbleche gemessen, falls vorhanden.</p>	$\Delta = \pm(L/5\ 000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm(L/10\ 000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm
2	<p>Länge, wenn ein ausreichender Ausgleich mit den angrenzenden Bauteilen möglich ist:</p>	<p>Schnittlänge, gemessen an der Mittellinie:</p>	$\Delta = \pm 50$ mm	$\Delta = \pm 50$ mm
3	<p>Geradheit:</p>	<p>Abweichung Δ von der Mittellinie in Richtung der rechtwinkligen Querschnittsachsen eines gefertigten oder gekanteten Profils:</p>	$\Delta = \pm L/1\ 000$ aber $ \Delta \geq 5$ mm	$\Delta = \pm L/1\ 000$ aber $ \Delta \geq 3$ mm
4	<p>Überhöhung oder planmäßige Vorkrümmung:</p>	<p>Überhöhung f in Bauteilmitte:</p> <p>ANMERKUNG Die vertikale Überhöhung sollte mit dem Bauteil auf der Seite liegend gemessen werden.</p>	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 6$ mm	$\Delta = \pm L/1\ 000$ aber $ \Delta \geq 4$ mm
5	<p>Oberflächenbehandlung für Kontaktstöße:</p>	<p>Spaltweite Δ zwischen einem Lineal und der Oberfläche:</p> <p>ANMERKUNG Ein Merkmal für die Oberflächenrauigkeit ist nicht festgelegt.</p>	$\Delta = 0,5$ mm Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,5 mm überstehend.	$\Delta = 0,25$ mm Hervorstehende Stellen nicht um mehr als 0,25 mm überstehend.

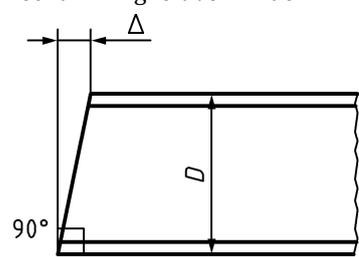
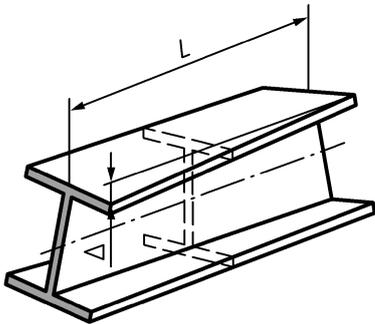
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
6	Rechtwinkligkeit von Enden: 	Rechtwinkligkeit zur Längsachse: <ul style="list-style-type: none"> — Enden für Kontaktstöße vorgesehen: — Enden für Kontaktstöße nicht vorgesehen: 	$\Delta = \pm D/1\,000$ $\Delta = \pm D/100$	$\Delta = \pm D/1\,000$ $\Delta = \pm D/300$ aber $ \Delta \leq 10\text{ mm}$
7	Verdrillung: 	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L : ANMERKUNG Bei Kastenprofilen siehe Tabelle B.4.	$\Delta = \pm L/700$ aber $ \Delta \geq 4\text{ mm}$ und $ \Delta \leq 20\text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $ \Delta \geq 3\text{ mm}$ und $ \Delta \leq 15\text{ mm}$
^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.				
ANMERKUNG Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $ \Delta \geq 5\text{ mm}$ bedeuten, dass $ \Delta $ der <i>größere</i> der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist.				

Tabelle B.7 — Herstelltoleranzen - Ausgesteifte Platten

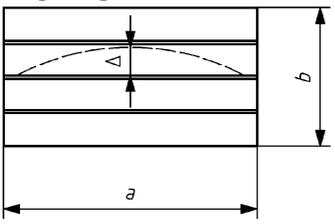
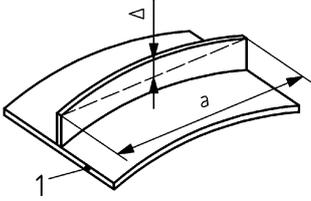
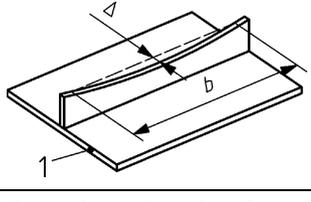
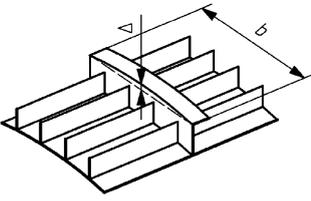
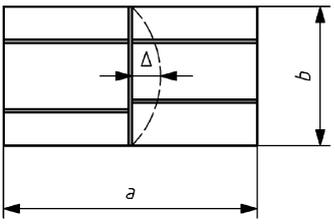
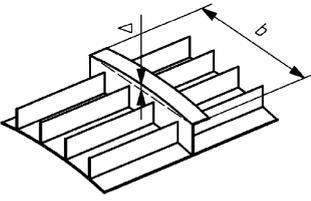
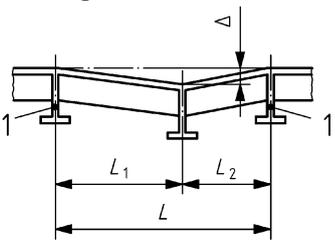
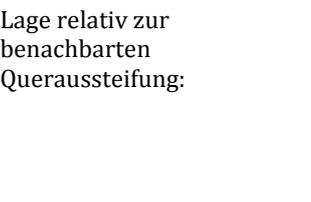
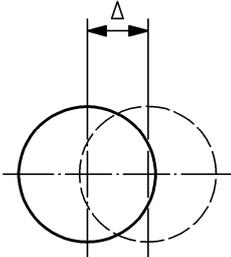
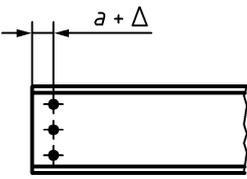
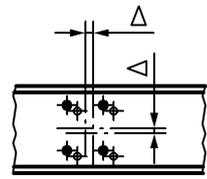
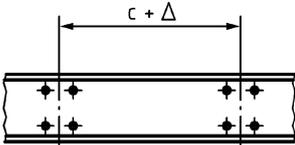
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit von Längssteifen in längsausgesteiften Platten: 	Abweichung Δ senkrecht zur Platte: 	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm a/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
		Abweichung Δ parallel zur Platte, gemessen relativ zu einer Messlänge, die der Blechbreite b entspricht: 			
2	Legende 1 Platte	Abweichung Δ senkrecht zur Platte: 	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/500$ oder $\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
3	Geradheit von Quersteifen in quer- und längsausgesteiften Platten: 	Abweichung Δ senkrecht zur Platte: 	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/400$ oder $\Delta = \pm b/400$	Der kleinere Wert von: $\Delta = \pm a/500$ oder $\Delta = \pm b/750$ aber $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
4	Lage von Queraussteifungen bei ausgesteiften Platten: 	Lage relativ zur benachbarten Queraussteifung: 	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/400$	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$

Tabelle B.8 — Herstelltoleranzen - Löcher, Ausklünnungen und Schnittkanten

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Lage von Schraubenlöchern: 	Abweichung Δ der Mittellinie eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Lage von Schraubenlöchern: 	Abweichung Δ des Abstands a zwischen einem einzelnen Loch mit Durchmesser d_0 und einem Blechrand: falls $a < 3 d_0$ falls $a \geq 3 d_0$	$-\Delta = 0$ (Minuszeichen beachten) $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
3	Lage von Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Lochgruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
4	Abstand zwischen Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Lochgruppenmittelpunkten: — allgemeiner Fall: — bei einem Einzelteil, das durch die Verbindung zweier Schraubengruppen entsteht:	Keine Anforderungen	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

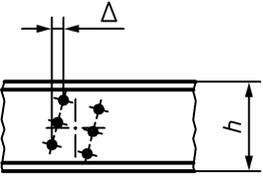
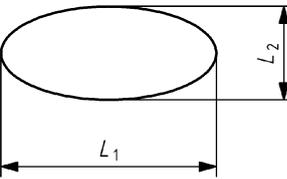
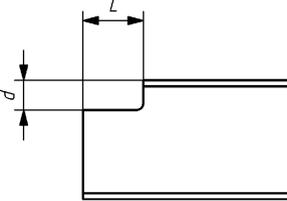
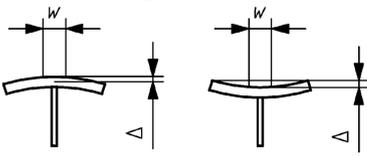
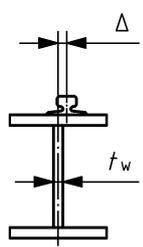
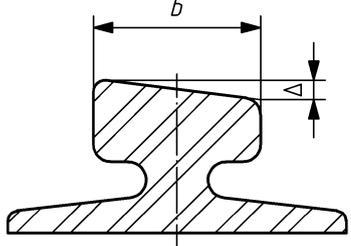
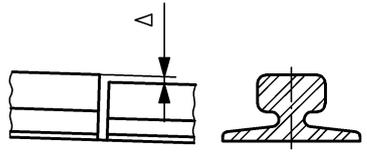
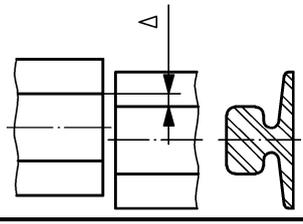
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
5	Verdrehung einer Lochgruppe: 	Verdrehung Δ : falls $h \leq 1\,000$ mm falls $h > 1\,000$ mm	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
6	Ovalisierung von Löchern: 	$\Delta = L_1 - L_2$	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
7	Ausklinkungen: 	Abweichung Δ von den Ausklinkungsmaßen: Tiefe d Länge L	Keine Anforderung	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 3$ mm	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm $-\Delta = 0$ mm $+\Delta \leq 2$ mm

Tabelle B.9 — Herstelltoleranzen - Kranbahnträger

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Ebenheit des Obergurts eines Kranbahnträgers:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Ebenheit über eine Breite w entsprechend der Schienenbreite in Solllage plus 10 mm auf jeder Seite:</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	<p>Exzentrizität der Schiene zum Steg:</p> 	<p>bei $t_w \leq 10 \text{ mm}$</p> <p>bei $t_w > 10 \text{ mm}$</p>	$\Delta = 5 \text{ mm}$	$\Delta = 5 \text{ mm}$
3	<p>Neigung der Schiene:</p> 	<p>Neigung der Schienenquerschnitts- oberseite:</p>	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/100$
4	<p>Höhenlage der Schiene:</p> 	<p>Versatz der Oberkante am Schienenstoß:</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5	<p>Seitenlage der Schiene:</p> 	<p>Versatz der Seitenkante am Schienenstoß:</p>	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

Tabelle B.10 — Herstelltoleranzen - Stützenstöße und Fußplatten

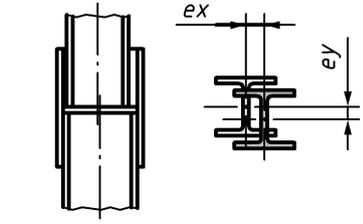
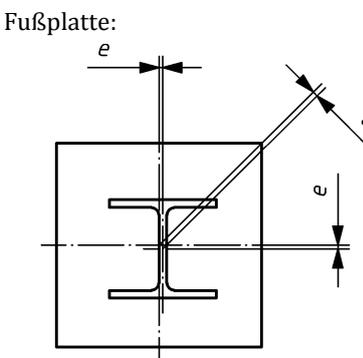
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Stützenstoß:</p> 	<p>Unplanmäßige Exzentrizität e bezüglich einer der beiden Achsen:</p>	Keine Anforderung	5 mm	3 mm
2	<p>Fußplatte:</p> 	<p>Unplanmäßige Exzentrizität e in jeder Richtung:</p>	Keine Anforderung	5 mm	3 mm

Tabelle B.11 — Herstelltoleranzen - Zylindrische und konische Schalen

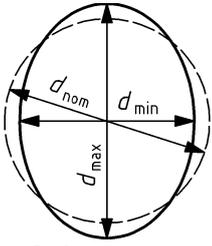
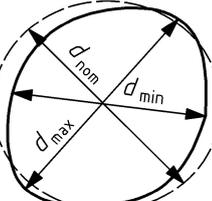
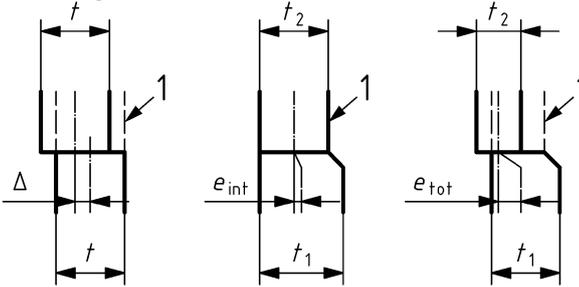
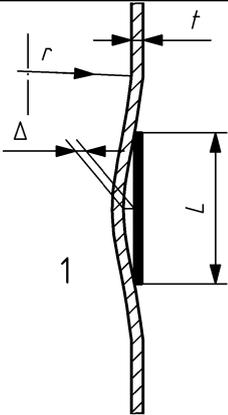
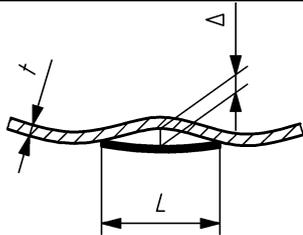
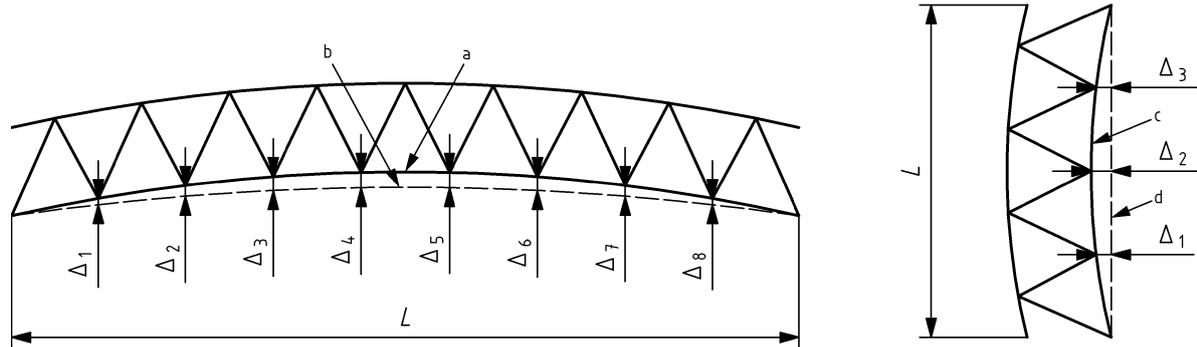
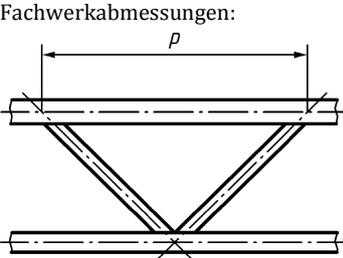
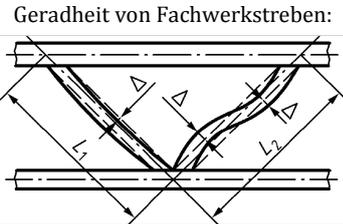
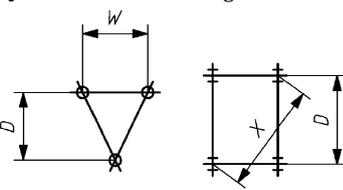
Nr.	Merkmale und Details											
1	Unrundheit: 	Verhältnis zwischen der Differenz aus den gemessenen Höchst- und Mindestwerten des Innendurchmessers und dem Nennwert des Innendurchmessers: $\Delta = \frac{1\,000(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\text{nom}}}$										
	a) abgeflacht	Grundlegende Toleranzen^a										
		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	$\Delta = 14$	$\Delta = 7 + 9,3 (1,25 - d)$	$\Delta = 7$							
	Klasse B	$\Delta = 20$	$\Delta = 10 + 13,3 (1,25 - d)$	$\Delta = 10$								
	Klasse C	$\Delta = 30$	$\Delta = 15 + 20,0 (1,25 - d)$	$\Delta = 15$								
	ANMERKUNG d ist der innere Nenndurchmesser d_{nom} in Meter.											
2	Versatz der Wandbleche: Unplanmäßige (versehentliche) Exzentrizität an Stößen senkrecht zu Membrandruckkräften An einem Dickensprung bleibt der planmäßige Anteil der Exzentrizität unberücksichtigt.		Grundlegende Toleranzen^a									
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Klasse</th> <th>Zulässige Abweichung Δ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Klasse A</td> <td>$\Delta = \pm 0,14 t$ und $\Delta \leq 2 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>$\Delta = \pm 0,20 t$ und $\Delta \leq 3 \text{ mm}$</td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>$\Delta = \pm 0,30 t$ und $\Delta \leq 4 \text{ mm}$</td> </tr> </tbody> </table>		Klasse	Zulässige Abweichung Δ	Klasse A	$\Delta = \pm 0,14 t$ und $ \Delta \leq 2 \text{ mm}$	Klasse B	$\Delta = \pm 0,20 t$ und $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$	Klasse C	$\Delta = \pm 0,30 t$ und $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$
	Klasse	Zulässige Abweichung Δ										
	Klasse A	$\Delta = \pm 0,14 t$ und $ \Delta \leq 2 \text{ mm}$										
Klasse B	$\Delta = \pm 0,20 t$ und $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$											
Klasse C	$\Delta = \pm 0,30 t$ und $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$											
Legende 1 planmäßige Geometrie des Stoßes		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.										
3	Einbeulungen (Vorbeulen) ^b : Entlang eines Meridians: $L = 4 (rt)^{0,5}$. Entlang einer Umfangslinie (Radius der Lehre = r = Nennradius der mittleren Fläche der Schale): $L = 4 (rt)^{0,5}$, außerdem, sofern festgelegt: $L = 2,3 (h^2rt)^{0,25}$ mit $L \leq r$, dabei ist h die Meridianlänge des Schalensegments. Zusätzlich über Schweißnähte ^c hinweg: $L = 25 t$ aber $L \leq 500 \text{ mm}$											
	ANMERKUNG An einem Dickensprung entspricht t der kleineren Dicke.		Legende 1 innen	Grundlegende Toleranzen^a								
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Klasse</th> <th>Zulässige Abweichung Δ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Klasse A</td> <td>$\Delta = +0,006L$</td> </tr> <tr> <td>Klasse B</td> <td>$\Delta = +0,010L$</td> </tr> <tr> <td>Klasse C</td> <td>$\Delta = +0,016L$</td> </tr> </tbody> </table>	Klasse	Zulässige Abweichung Δ	Klasse A	$\Delta = +0,006L$	Klasse B	$\Delta = +0,010L$	Klasse C	$\Delta = +0,016L$
	Klasse	Zulässige Abweichung Δ										
Klasse A	$\Delta = +0,006L$											
Klasse B	$\Delta = +0,010L$											
Klasse C	$\Delta = +0,016L$											
^a Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.												
^b Die Vorbeulen werden mit Lehren der Länge L gemessen (gerade bei Messungen entlang eines Meridians und gekrümmt bei Messungen entlang einer Umfangslinie); der Umfang der Überprüfung ist in den Ausführungsunterlagen anzugeben.												
^c Die Messung über die Schweißnähte hinweg wird in EN 1993-1-6:2007, Bild 8.4, dargestellt.												
ANMERKUNG In Bezug auf die Herstelltoleranz-Qualitätsklassen in EN 1993-1-6, Klasse A = Exzellent, Klasse B = Hoch und Klasse C = Normal.												

Tabelle B.12 — Herstelltoleranzen - Fachwerkbauteile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	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 Linie d planmäßige Linie	Abweichung jedes Fachwerkknotens 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 12 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$
2	Fachwerkabmessungen: 	Abweichung einzelner Abstände p zwischen Schnittpunkten der Mittellinien an Fachwerkknoten:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
		Kumulierte Abweichung Σp der Lage von Fachwerkknoten:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
3	Geradheit von Fachwerkstreben: 	Abweichung von der Geradheit von Fachwerkstreben der Länge L_i (L_1 oder L_2):	$\Delta = \pm L_i/1\,000$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L_i/1\,000$ aber $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L_i/1\,000$ aber $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	Querschnittsabmessungen: 	Abweichung der Abstände D , W und X falls: $s \leq 300 \text{ mm}$ $300 < s < 1\,000 \text{ mm}$ $s \geq 1\,000 \text{ mm}$ wobei je nach Fall $s = D, W$ oder X .	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$

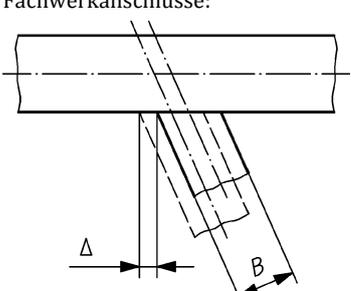
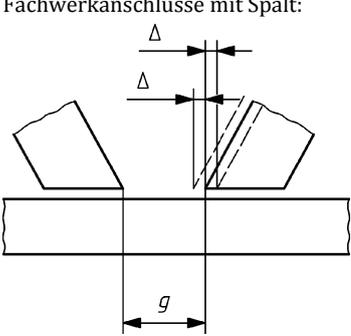
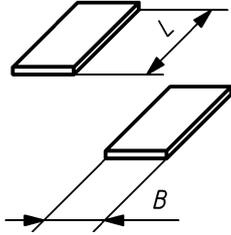
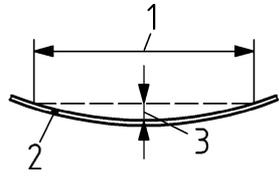
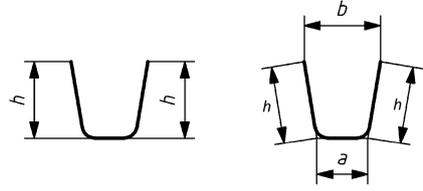
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
5	<p>Überschneidende Fachwerkanschlüsse:</p> 	Exzentrizität (relativ zu einer planmäßigen Exzentrizität):	Keine Anforderung	$\Delta = \pm(B/20 + 5)$ mm	$\Delta = \pm(B/40 + 3)$ mm
6	<p>Fachwerkanschlüsse mit Spalt:</p> 	<p>Spaltweite g zwischen Fachwerkstreben: $g \geq (t_1 + t_2)$ Dabei sind t_1 und t_2 die Wanddicken der Streben</p>	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
<p>ANMERKUNG Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm L/500$ aber $\Delta \geq 12$ mm bedeuten, dass Δ der <i>größere</i> der beiden Werte $L/500$ und 12 mm ist. Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = t_1 + t_2$ aber $\Delta \leq 5$ mm bedeuten, dass der <i>kleinere</i> der beiden Werte maßgebend ist.</p>					

Tabelle B.13 — Herstelltoleranzen – Brückenfahrbahnen

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Länge L Dicke/Breite B des Fahrbahnblechs:</p> 	<p>Gesamtabmessungen L und B nach Zuschnitt und Richtwalzen einschließlich Schrumpfungaben und nach Anarbeiten der endgültigen Nahtvorbereitung</p>	Keine Anforderung	$-\Delta = 2 \text{ mm}$ $+\Delta = 0 \text{ mm}$
2	<p>Ebenheit des Fahrbahnblechs:</p>  <p>Legende</p> <p>1 Messlänge 2 000 mm 2 Platte 3 Abweichung Δ</p>	<p>Nach Anarbeiten der endgültigen Nahtvorbereitung:</p>	Klasse S nach EN 10029	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
3	<p>Trapezprofile der Höhe h und der Breiten a und b zum Durchstecken durch Querträgerausnehmungen:</p> 	<p>mit Freischnitt: Δ ist die Abweichung von h oder a oder b</p> <p>Zu beachten für a oder b:</p> <p>Bei Überschreitung dieser Toleranzen müssen die Querträgerausnehmungen auf die maximal zulässigen Spaltbreiten angepasst werden, gemessen im Abstand von mindestens 500 mm vom Ende.</p>	$\Delta h = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 1 \text{ mm}$ $+\Delta = 2 \text{ mm}$
		<p>ohne Freischnitt: Δ ist die Abweichung von h oder a oder b</p> <p>Zu beachten für b: Bei Überschreitung dieser Toleranzen müssen die Querträgerausnehmungen auf die maximal zulässigen Spaltbreiten angepasst werden, gemessen im Abstand von mindestens 500 mm vom Ende.</p>	$\Delta h = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 2,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

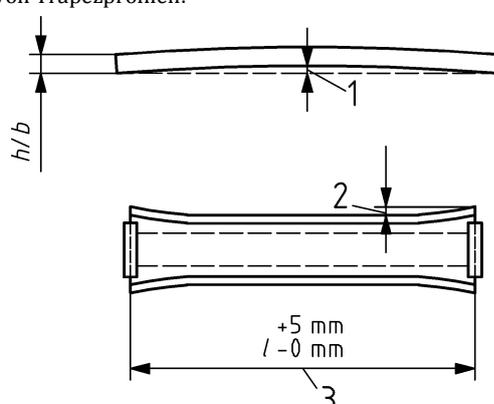
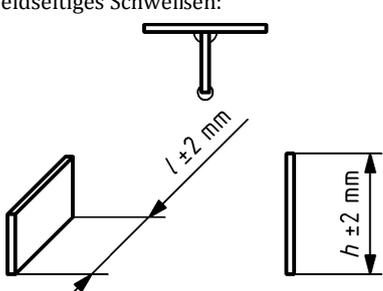
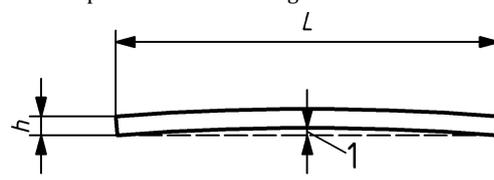
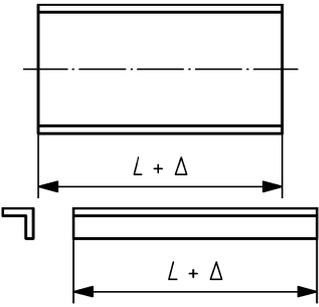
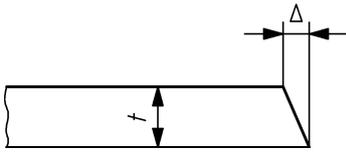
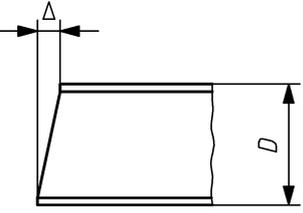
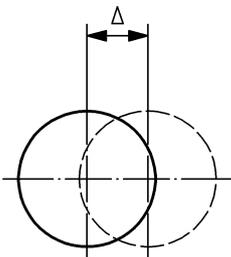
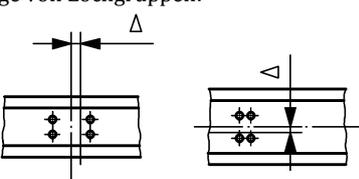
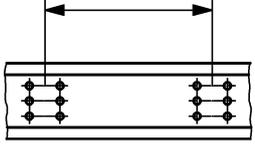
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
4	<p>Geradheit von Trapezprofilen:</p>  <p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ_1 2 max. Aufweitung Δ_2 3 bei Fensterstoß Δ_3</p> <p>Radius $r = r \pm \Delta_r$ Verdrehung Δ_φ, gemessen an einer ebenen Oberfläche über 4 m Länge Parallelität Δ_p</p>		$\Delta_1 = \pm L/500$ $\Delta_2 = 5 \text{ mm}$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 0,20 r$ $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta_1 = \pm L/1\,000$ $\Delta_2 = 1 \text{ mm}$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$ $\Delta_r = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta_\varphi = \pm 1^\circ$ $\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$
5	<p>Länge/Breite eines Flachprofils für beidseitiges Schweißen:</p>  <p>Gesamtabmessungen l, h</p>		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	<p>Geradheit von Flachprofilen für beidseitiges Schweißen:</p>  <p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ_1 Länge Δ_L</p>		$\Delta_1 = \pm L/1\,000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_L \geq 0$	$\Delta_1 = \pm L/1\,000$ $5 \text{ mm} \geq \Delta_L \geq 0$

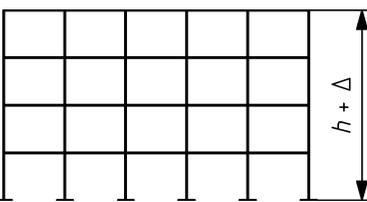
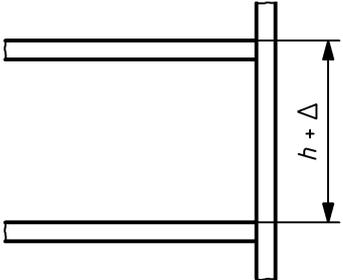
Tabelle B.14 — Herstelltoleranzen – Türme und Maste

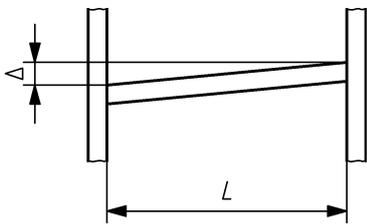
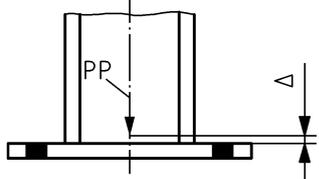
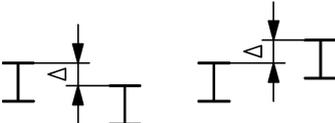
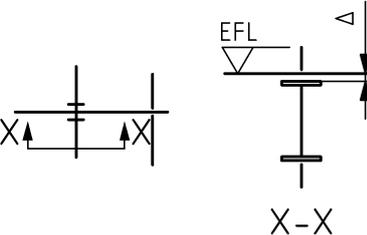
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranz ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Bauteillänge:</p> 	Schnittlänge gemessen an der Mittellinie (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Länge oder Abstand	Falls Mindestmaße festgelegt werden:	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta = 1 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta = 1 \text{ mm}$
3	Risslinien bei Winkelprofilen:	Abstand von der Eckkante des Winkelprofils zur Lochmitte:	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
4	<p>Rechtwinkligkeit von Schnittkanten:</p> 	Abweichung Δ einer Schnittkante von 90°:	$\Delta = \pm 0,05 t$	$\Delta = \pm 0,05 t$
5	<p>Rechtwinkligkeit von Enden:</p> 	<p>Rechtwinkligkeit zur Längsachse:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Enden für Kontaktstöße vorgesehen: — Enden nicht für Kontaktstöße vorgesehen: 	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/300$	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $\Delta = \pm D/300$
6	Oberflächen für Kontaktstöße:	Ebenheit:	1 in 1 500	1 in 1 500
7	<p>Lage von Schraubenlöchern:</p> 	Abweichung Δ der Mittellinie eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
8	<p>Lage von Lochgruppen:</p> 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranz ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
9	Abstand von Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Schraubengruppenmittelpunkten:	$\Delta = \pm 1,5$ mm	$\Delta = \pm 0,5$ mm
^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.				

B.3 Montagetoleranzen

Tabelle B.15 — Montagetoleranzen - Gebäude

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe: 	Gesamthöhe, bezogen auf die Basishöhenlage: $h \leq 20$ m $20 \text{ m} < h < 100$ m $h \geq 100$ m	$\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm 0,5 (h + 20)$ mm $\Delta = \pm 0,2 (h + 200)$ mm [h in Meter]	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm 0,25(h + 20)$ mm $\Delta = \pm 0,1 (h + 200)$ mm [h in Meter]
2	Stockwerkshöhe: 	Höhendifferenz zwischen benachbarten Höhenlagen (Geschossdecken):	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	<p>Horizontalität:</p> 	Höhendifferenz zwischen den Enden eines Trägers:	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \leq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1\ 000$ aber $ \Delta \leq 5$ mm
4	<p>Stützenstoß</p> 	Unplanmäßige Exzentrizität e bezüglich einer der beiden Achsen:	5 mm	3 mm
5	<p>Stützenfuß:</p> 	Höhenlage des Stützenfußpunktes bezogen auf die festgelegte Höhenlage des zugehörigen Positionspunktes (PP):	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
6	<p>Relative Höhenlagen:</p> 	Höhendifferenz benachbarter Träger, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden:	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
7	<p>Höhenlagen von Anschlüssen:</p> 	Höhendifferenz eines Trägerendes an einem Träger-Stützen-Anschluss, gemessen relativ zur festgelegten Deckenhöhe (EFL, en: established floor level):	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm

^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

Tabelle B.16 — Montagetoleranzen - Träger in Gebäuden

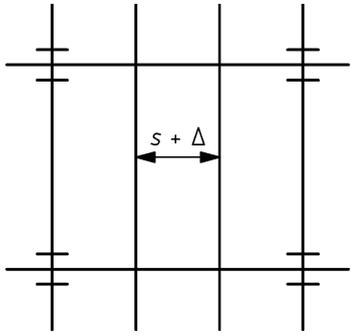
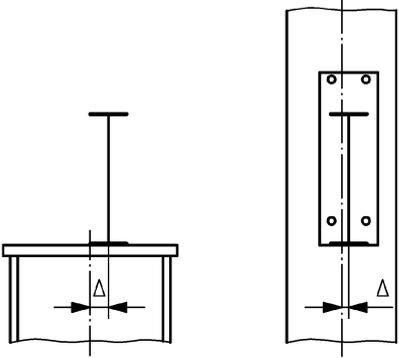
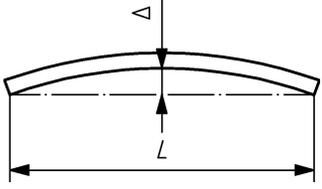
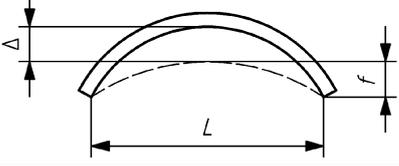
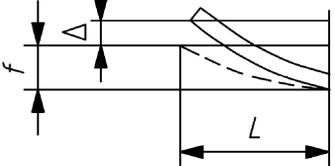
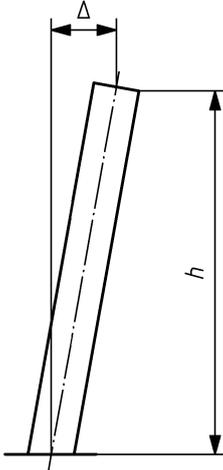
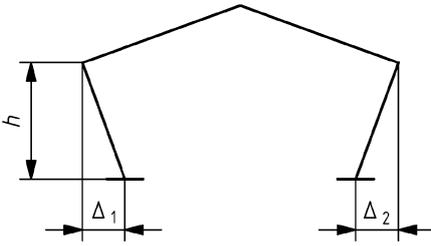
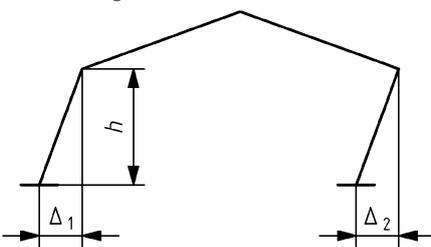
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Abstand zwischen Trägermittellinie:</p> 	<p>Abweichung Δ vom Sollabstand (s) zwischen benachbarten Trägern, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden:</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	<p>Lage an Stützen:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage eines Träger-Stützen-Anschlusses, gemessen relativ zur Stütze:</p>	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
3	<p>Geradheit im Grundriss:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Geradheit eines errichteten Trägers oder Kragarms der Länge L:</p>	$\Delta = \pm L/500$	$\Delta = \pm L/1\,000$
4	<p>Überhöhung:</p> 	<p>Abweichung Δ in Trägermitte von der Sollüberhöhung f eines montierten Trägers oder Fachwerkstabes der Länge L:</p>	$\Delta = \pm L/300$	$\Delta = \pm L/500$
5	<p>Vorverformung eines Kragarms:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Sollvorverformung am Ende eines montierten Kragarmträgers der Länge L:</p>	$\Delta = \pm L/200$	$\Delta = \pm L/300$
<p>^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.</p>				

Tabelle B.17 — Montagetoleranzen – Stützen einstöckiger Gebäude

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Schiefstellung von Stützen in einstöckigen Gebäuden:</p> 	<p>Gesamt-schiefstellung innerhalb der Stockwerkshöhe h:</p>	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
2	<p>Schiefstellung einzelner Stiele in einstöckigen Rahmentragwerken:</p> 	<p>Schiefstellung Δ jedes einzelnen Stieles: $\Delta = \Delta_1$ oder Δ_2</p>	Keine Anforderung	$\Delta = \pm h/150$	$\Delta = \pm h/300$
3	<p>Schiefstellung einstöckiger Rahmentragwerke:</p> 	<p>Mittlere Schiefstellung aller Stiele eines Rahmentragwerks: [bei zwei Stielen ist der Mittelwert: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]</p>	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$

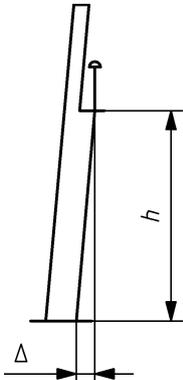
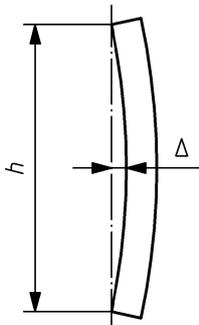
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
4	<p>Schiefstellung einer Kranbahnstütze:</p> 	<p>Schiefstellung zwischen Fußbodenoberkante und Lager des Kranbahnträgers:</p>	$\Delta = \pm h/1\ 000$	$\Delta = \pm 25\text{ mm}$	$\Delta = \pm 15\text{ mm}$
5	<p>Geradheit einer einstöckigen Stütze:</p> 	<p>Lage der Stütze im Aufriss relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten an Kopf und Fuß:</p>	$\Delta = \pm h/1\ 000$	Keine Anforderung	Keine Anforderung

Tabelle B.18 — Montagetoleranzen – Mehrstöckige Gebäude

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Lage auf der n -ten Stockwerksebene über der Basis, relativ zur Basisebene: 	Lage der Stütze im Aufriss relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in Basishöhenlage:	$\Delta = \pm \Sigma h / (300\sqrt{n})$	$\Delta = \pm \Sigma h / (300\sqrt{n})$	$\Delta = \pm \Sigma h / (500\sqrt{n})$
2	Stützenschiefstellung zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im Aufriss relativ zu einer Vertikalen durch deren Mittelpunkt in der nächst niedrigeren Ebene:	$\Delta = \pm h / 300$	$\Delta = \pm h / 300$	$\Delta = \pm h / 500$
3	Geradheit einer ungestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im Aufriss relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:	$\Delta = \pm h / 1\,000$	$\Delta = \pm h / 1\,000$	$\Delta = \pm h / 1\,000$
4	Geradheit einer gestoßenen Stütze zwischen benachbarten Stockwerksebenen: 	Lage der Stütze im Aufriss in Stoßebene relativ zu einer geraden Linie zwischen Positionspunkten benachbarter Stockwerksebenen:	$\Delta = \pm s / 1\,000$ mit $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s / 1\,000$ mit $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s / 1\,000$ mit $s \leq h/2$

ANMERKUNG Tabelle B.18 „Mehrstöckige Gebäude“ gilt für über mehr als ein Stockwerk durchlaufende Stützen. Tabelle B.17 gilt für stockwerkhohe Stützen in mehrstöckigen Gebäuden.

Tabelle B.19 — Montagetoleranzen - Kontaktstöße

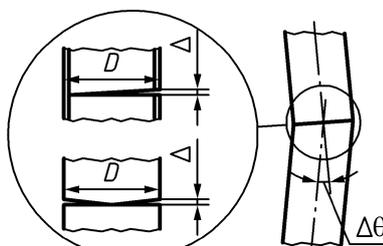
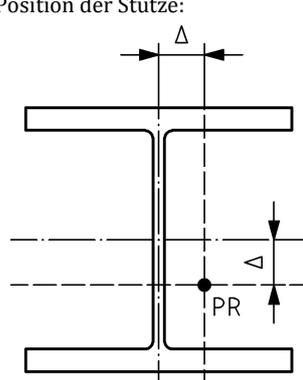
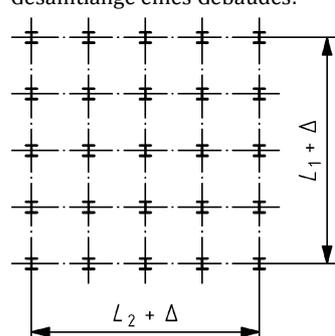
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ
			Klasse 1 und 2	Klasse 1 und 2
1	<p>Örtliche Winkelabweichung $\Delta\theta$, gleichzeitig auftretend als Spaltweite Δ an der Stelle „X“:</p> 		$\Delta\theta = \pm 1/500$ und $\Delta = 0,5 \text{ mm}$ über mindestens 2/3 des Bereichs und $\Delta = 1,0 \text{ mm}$ örtlich maximal	Keine Anforderung

Tabelle B.20 — Montagetoleranzen - Stützenpositionen

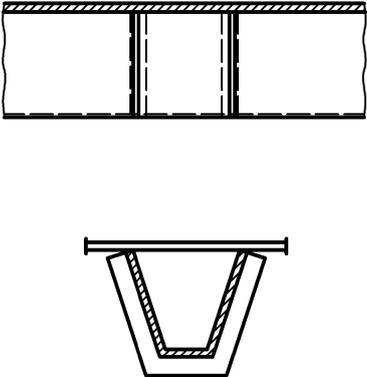
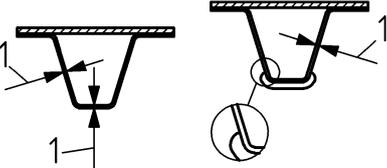
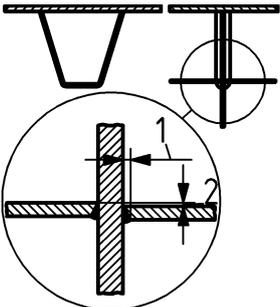
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	<p>Position der Stütze:</p> 	Ort der Mittellinie einer Stütze im Grundriss auf Basishöhenlage relativ zum Referenzpositionspunkt (PR):	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	<p>Gesamtlänge eines Gebäudes:</p> 	<p>Abstand zwischen Endstützen in jeder Reihe auf Basishöhenlage:</p> $L \leq 30 \text{ m}$ $30 \text{ m} < L < 250 \text{ m}$ $L \geq 250 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25(L + 50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1(L + 500) \text{ mm}$ [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]

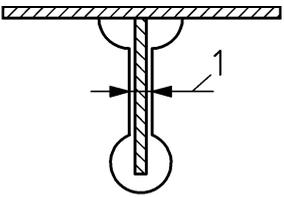
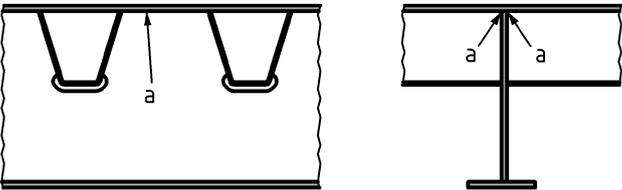
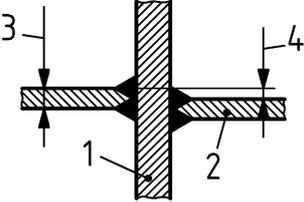
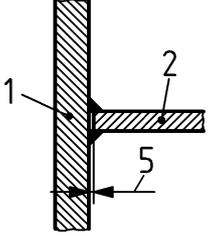
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	<p>Stützenabstand:</p>	<p>Abstand zwischen Mittellinien benachbarter Stützen auf Basishöhenlage:</p> <p>$L \leq 5 \text{ m}$</p> <p>$L > 5 \text{ m}$</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,2(L + 45) \text{ mm}$ [L in Meter]</p>	<p>$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 0,2(L + 30) \text{ mm}$ [L in Meter]</p>
4	<p>Stützensausrichtung - Achsen:</p>	<p>Lage der Mittellinie einer Stütze auf Basishöhenlage relativ zur vorgegebenen Achse der Stützenreihe (ECL, en: established column line):</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$</p>
5	<p>Stützensausrichtung - Außenseiten:</p>	<p>Lage der Außenseite einer Stütze auf Basishöhenlage relativ zur Verbindungslinie der Außenseiten benachbarter Stützen:</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$</p>

^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

Tabelle B.21 — Montagetoleranzen – Brückenfahrbahnen

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
1	<p>Fahrbahnblechstoß ohne Schweißbadsicherung, Querträger-Untergurtstoß oder Querträger-Stegstoß:</p>	<p>Versatz Δ vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta = 2 \text{ mm}$</p>
2	<p>Fahrbahnblechstoß mit Schweißbadsicherung, die nach dem Schweißen verbleibt:</p>	<p>Versatz Δ nach dem Heften und vor dem Schweißen:</p> <p>Spaltbreite Δ_g zwischen Blech und Schweißbadsicherung nach dem Schweißen (Schweißnaht nicht dargestellt):</p>	<p>$\Delta = 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta_g = 1 \text{ mm}$</p>
3	<p>Schweißnaht Längsrippe-Deckblech mit Sollnahtdicke a:</p>	<p>Fehlender Wurzeleinbrand Δ_p:</p> <p>Spalt Δ_g vor und nach dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta = 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = 2 \text{ mm}$</p>

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
4	<p>Längsrippenstoß mit Fenster:</p> 	<p>Kantenversatz Δ zwischen Längsrippe und Fenster vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p>
5	<p>Längsrippenstoß:</p> 	<p>Versatz Δ vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta = 2 \text{ mm}$</p>
6	<p>Verbindung von durchgeführten Trapezprofilen und Querträgern mit oder ohne Freischnitt</p>  <p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ</p>	<p>Spalte vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta = 3 \text{ mm}$</p>
7	<p>Verbindung von nicht durchgeführten, d.h. eingepassten Trapezprofilen und Querträgern</p>  <p>Legende</p> <p>1 max. Spalt Δ_1</p> <p>2 Versatz Δ_2 vor dem Schweißen</p>	<p>Spalte vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta_1 = 2 \text{ mm}$</p>
		<p>Versatz vor dem Schweißen:</p>	<p>$\Delta_2 = \pm 2 \text{ mm}$</p>

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
8	Verbindung von durchgeführten Flachstähen und Querträgern  Legende 1 max. Spalt Δ um den Flachstahl herum	Spalte vor dem Schweißen:	$\Delta = 1 \text{ mm}$
9	Verbindung von Querträgerstegen und Deckblech (mit oder ohne Freischnitt) Spalte vor dem Schweißen:  Legende a Verbindung der Querträgerstege an das Deckblech		$\Delta = 1 \text{ mm}$
10	Verbindung von Querträgerstegen und Hauptträgerstegblech: bei durchgehenden Querträgern 	Spalte vor dem Schweißen:	$\Delta_g = 2 \text{ mm}$
	bei endenden Querträgern  Legende 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 Dicke des Querträgerstegs, $t_{w,crossb}$ 4 Versatz der Querträgerstege Δ_w 5 Spalt Δ_g	Versatz vor dem Schweißen:	$\Delta_w = \pm 0,5 t_{w,crossb}$

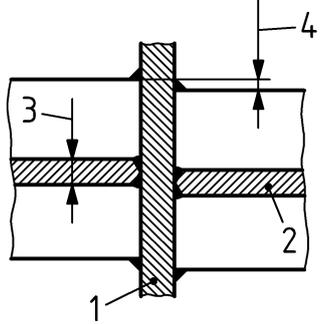
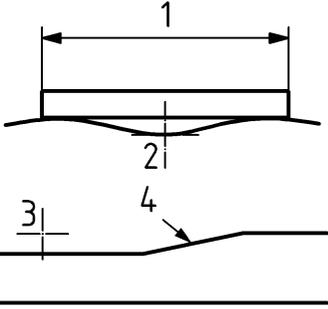
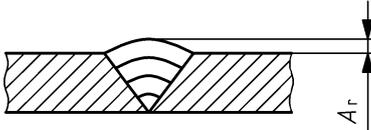
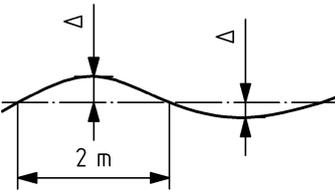
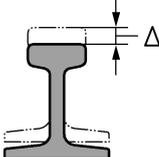
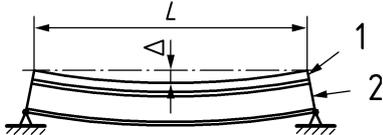
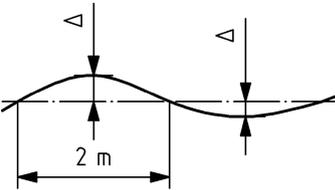
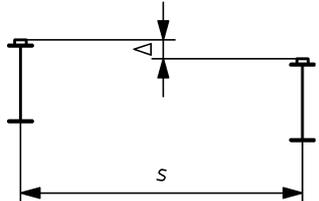
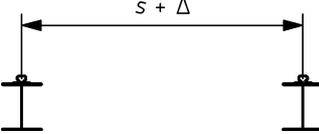
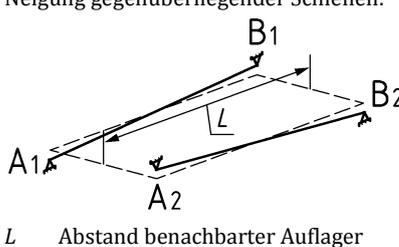
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
11	<p>Verbindung von Querträgergurten und Hauptträgerstegblech</p>  <p>Legende</p> <p>1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 Dicke des Querträgerstegs, $t_{w,crossb}$ 4 Versatz der Querträgerflansche Δ_f</p>	<p>Versatz vor dem Schweißen:</p> <p>Schweißnahtradius:</p>	<p>$\Delta = \pm 0,5 t_{w,crossb}$</p> <p>Der Radius r der Schweißnaht zwischen dem Flansch und dem Querträgersteg muss dem größeren Wert von 8 mm oder $0,5 \times$ der Dicke des Hauptträgerstegblechs $t_{w,maingirder}$ entsprechen</p>
12	<p>Ebenheit orthotroper Fahrbahnplatten der Blechdicke t nach der Montage:</p>  <p>Legende</p> <p>1 GL Länge des Lineals 2 P_r Abweichung 3 V_e Versatz (Höhenlagendifferenz) 4 D_r Neigung</p>	<p>Differenz der Höhenlage V_e an einem Stoß mit Blechdickensprung:</p> <p>$t \leq 10$ mm: 2 mm $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm: 5 mm $t > 70$ mm: 8 mm</p> <p>Neigung D_r des Übergangs an einem Stoß mit Blechdickensprung:</p> <p>$t \leq 10$ mm: 1/12,5 $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm: 1/11 $t > 70$ mm: 1/10</p> <p>Ebenheit P_r über die Referenzlänge GL in alle Richtungen:</p> <p>$t \leq 10$ mm: 3 mm für GL 1 m 4 mm für GL 3 m 5 mm für GL 5 m</p> <p>$t > 70$ mm: allgemeiner Fall: 5 mm für GL 3 m in Längsrichtung: 18 mm für GL 3 m</p> <p>Werte für P_r dürfen interpoliert werden für $10 \text{ mm} < t \leq 70$ mm.</p>	
13	<p>Stumpfnähte im Deckblech:</p> 	<p>Nahtüberhöhung A_r über die umgebende Oberfläche:</p>	<p>$-A_r = 0$ mm $+A_r = 2$ mm</p>
<p>^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.</p>			

Tabelle B.22 — Montagetoleranzen - Kranbahnen

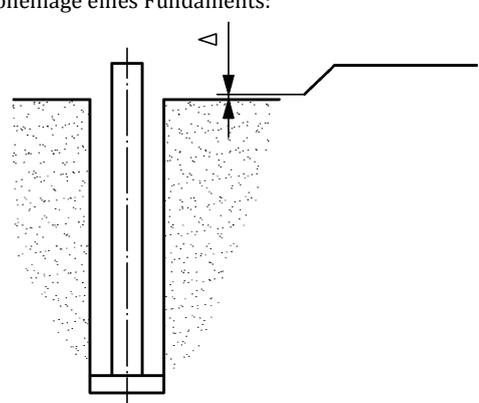
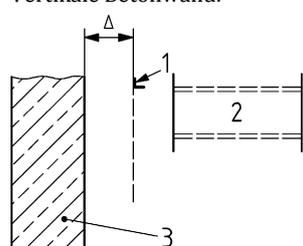
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Lage der Schiene im Grundriss:	Relativ zur Solllage:	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
2	Örtliche horizontale Ausrichtung der Schiene: 	Horizontale Außermittigkeit über 2 m Messlänge:	$\Delta = \pm 1,5$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
3	Höhenlage der Schiene: 	Relativ zur Solllage:	$\Delta = \pm 15$ mm	$\Delta = \pm 10$ mm
4	Vertikale Ausrichtung der Schiene: 	Vertikale Abweichung über Spannweite L des Kranbahnträgers:	$\Delta = \pm L/500$ aber $ \Delta \geq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1\ 000$ aber $ \Delta \geq 10$ mm
5	Örtliche vertikale Ausrichtung der Schiene: 	Örtliche vertikale Abweichung über 2 m Messlänge:	$\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm
6	Relative Höhenlage der beiden Schienen einer Kranbahn mit Abstand s: 	Abweichung der Höhenlage: bei $s \leq 10$ m bei $s > 10$ m	$\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm s/500$	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm s/1\ 000$
7	Abstand s zwischen Mittellinien der beiden Schienen einer Kranbahn: 	Abweichung des Abstands: bei $s \leq 16$ m bei $s > 16$ m	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm (10 + [s - 16]/3)$ mm [s in Meter]	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm (5 + [s - 16]/4)$ mm [s in Meter]

SNV / licensed to 51711-Konsolen AG / 82929_DOW_2020-11-24_09:16 / DIN EN 1090-2:2018-09

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
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:  L Abstand benachbarter Auflager	Verschränkung: $\Delta = N_1 - N_2 $ Dabei ist N_1 Neigung $A_1 B_1$ N_2 Neigung $A_2 B_2$	$\Delta = L/500$	$\Delta = L/1\ 000$

^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

Tabelle B.23 — Montagetoleranzen - Betonfundamente und Abstützungen

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
1	Höhenlage eines Fundaments: 	Abweichung von der Solllage:	$-\Delta = 15\text{ mm}$ (unterhalb) $+\Delta = 5\text{ mm}$ (oberhalb)
2	Vertikale Betonwand:  Legende 1 Solllage 2 Stahlbauteil 3 abstützende Wand	Abweichung von der Solllage am Auflagerpunkt des Stahlbauteils:	$\Delta = \pm 25\text{ mm}$

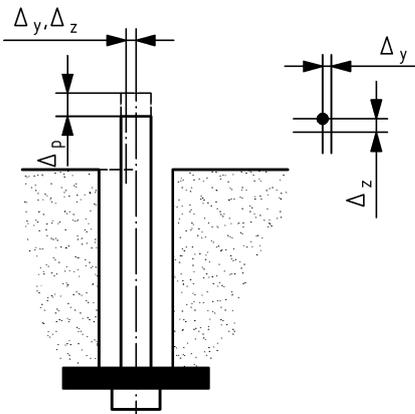
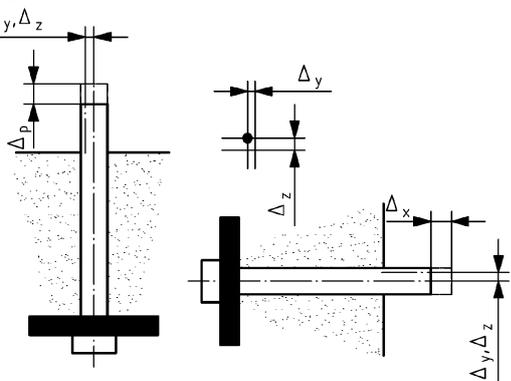
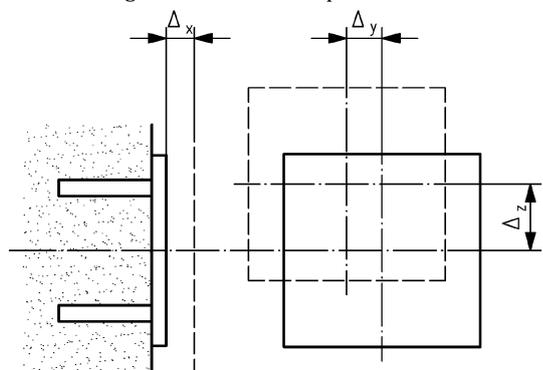
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
3	<p>Eingebaute Ankerschraube mit Reguliermöglichkeit:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage und dem Sollüberstand:</p> <p>Lage der Spitze:</p> <p>Vertikaler Überstand Δ_p:</p> <p>ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage eines Schraubengruppenmittelpunkts ist 6 mm.</p>	<p>$\Delta y, \Delta z = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>$-\Delta_p = 5 \text{ mm}$ (zu niedrig) $+\Delta_p = 25 \text{ mm}$ (zu hoch)</p>
4	<p>Eingebaute Ankerschraube ohne Reguliermöglichkeit:</p> 	<p>Abweichung Δ von der Solllage, der Sollhöhenlage und dem Sollüberstand:</p> <p>Lage bzw. Höhenlage der Spitze:</p> <p>Vertikaler Überstand Δ_p:</p> <p>Horizontaler Überstand Δ_x:</p> <p>ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage gilt auch für einen Schraubengruppenmittelpunkt.</p>	<p>$\Delta y, \Delta z = \pm 3 \text{ mm}$</p> <p>$-\Delta_p = 5 \text{ mm}$ (zu niedrig) $+\Delta_p = 45 \text{ mm}$ (zu hoch)</p> <p>$-\Delta_x = 5 \text{ mm}$ (zu wenig herausstehend) $+\Delta_x = 45 \text{ mm}$ (zu weit herausstehend)</p>
5	<p>In Beton eingebettete Stahlankerplatte:</p> 	<p>Abweichungen $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ von der Solllage und der Sollhöhenlage:</p>	<p>$\Delta x, \Delta y, \Delta z = \pm 10 \text{ mm}$</p>
<p>^a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.</p>			

Tabelle B.24 — Montagetoleranzen – Türme und Maste

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen ^a 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 an Eckstützenstößen:	Relative Position der beiden 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 ^b :	$\Delta = \pm 0,05$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm
6	Vertikalität bei Türmen:		$\Delta = \pm 0,20$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm
7	Verdrehung Δ über die gesamte Tragwerkshöhe [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerkshöhe < 150 m: Tragwerkshöhe ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 2,0^\circ$ $\Delta = \pm 1,5^\circ$
8	Verdrehung Δ zwischen benachbarten Tragwerkshöhen [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerkshöhe < 150 m: Tragwerkshöhe ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 0,10^\circ$ je 3 Meter $\Delta = \pm 0,05^\circ$ je 3 Meter
<p>^a Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.</p> <p>^b Die zulässigen Abweichungen für die Vertikalität sind Standardwerte, die durch andere, weniger strenge Werte in den Ausführungsunterlagen ersetzt werden dürfen, sofern diese mit den Vertikalitätsannahmen in der statischen Berechnung der Maste und Türme übereinstimmen.</p>			
ANMERKUNG 1 Das Merkmal der Verdrehung gilt nicht bei Türmen mit permanenter seitlicher Belastung.			
ANMERKUNG 2 Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm 0,10$ % aber $ \Delta \geq 5$ mm bedeuten, dass $ \Delta $ der <i>größere</i> der beiden Werte 0,10 % und 5 mm ist.			

Tabelle B.25 — Montagetoleranzen - Biegebeanspruchte Balken und druckbeanspruchte Bauteile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen ^a Zulässige Abweichung Δ
1	Geradheit von biegebeanspruchten Balken und druckbeanspruchten Bauteilen, sofern seitlich nicht gehalten	Abweichung Δ von der Geradheit:	$\Delta = \pm L/750$
<p>^a Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.</p>			

Anhang C (informativ)

Checkliste für den Inhalt eines Qualitätsmanagementplans

C.1 Allgemeines

In Übereinstimmung mit 4.2.2 enthält dieser Anhang die Liste empfohlener Elemente, die in einem projekt-spezifischen Qualitätsmanagementplan für die Ausführung von Stahltragwerken zu berücksichtigen sind. Er wurde mit Bezug auf die allgemeinen Richtlinien in ISO 10005 entwickelt.

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, der Weisungslinie und der Kommunikationswege;
- Vorkehrungen für die Planung und Koordinierung mit anderen Parteien innerhalb des Bauvorhabens und für die Beobachtung 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, Inspektionspersonal, Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen;
- Vorkehrungen für die Überwachung von Abweichungen und Änderungen, die sich im Verlauf des Bauvorhabens ereignen.

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 Ausführungsunterlagen, einschließlich Nennung des aktuellen Revisionsstandes und der Verhinderung des Einsatzes von unternehmens-internen Dokumenten 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:
 - 1) Bescheinigungen für Ausgangsprodukte einschließlich Verbrauchsmaterialien;
 - 2) Schweißanweisungen und Berichte über die Qualifizierung des Schweißverfahrens;
 - 3) Verfahrensbeschreibungen, einschließlich derjenigen für die Montage und das Vorspannen der Verbindungsmittel;
 - 4) statische Berechnungen für temporäre Stahltragwerke, die durch das Montageverfahren veranlasst sind;
 - 5) 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:
 - 1) Zurückverfolgung von Ausgangsprodukten bis zum fertiggestellten Bauteil;
 - 2) Inspektions- und Prüfberichte und bei Nichtkonformitäten getroffene Maßnahmen in Hinblick auf:
 - i) Vorbereitung der Nahtflanken vor dem Schweißen;
 - ii) Schweißen und fertiggestellte Schweißungen;
 - iii) geometrische Toleranzen von hergestellten Bauteilen;
 - iv) Oberflächenvorbereitung und -behandlung;
 - v) Kalibrierung der Ausrüstung, einschließlich der zur Vorspannkontrolle von Verbindungsmitteln verwendeten;
 - 3) Vermessungsergebnisse vor der Montage, die zur Abnahme der Baustelle für den Montagebeginn führen;
 - 4) Lieferpläne für Bauteile, die auf die Baustelle geliefert werden, mit Kennzeichnung der Einbaustellen zur Fertigstellung des Tragwerks;
 - 5) Vermessung des Tragwerks und bei Nichtkonformitäten getroffene Maßnahmen;
 - 6) Bescheinigung der Fertigstellung der Montage und der Übergabe.

C.2.3.4 Aufzeichnungen

- Vorkehrungen, um Aufzeichnungen für die Inspektion zur Verfügung zu stellen, und zur Aufbewahrung für eine Mindestdauer von zehn Jahren oder länger, falls es das Bauvorhaben erfordert.

C.2.4 Inspektions- und Prüfverfahren

- a) Identifizierung der durch diese Norm geforderten Prüfungen und Inspektionen, die für die Ausführung des Bauvorhabens erforderlich sind, sowie der im Qualitätssystem des Herstellers vorgegebenen Prüfungen und Inspektionen, einschließlich:
 - 1) Umfang der Inspektionen;
 - 2) Abnahmekriterien;
 - 3) Maßnahmen zum Umgang mit Nichtkonformitäten und Korrekturmaßnahmen;
 - 4) Verfahren zur Freigabe/Ablehnung.
- b) Projektspezifische Anforderungen an die Inspektion und Prüfung, einschließlich der Anforderungen zur Beaufsichtigung spezieller Prüfungen oder Inspektionen, oder von Stellen, bei denen eine benannte dritte Stelle eine Inspektion durchführt;
- c) Identifizierung von Produktionsprüfstops im Zusammenhang mit der Beaufsichtigung durch Zweit- oder Drittstellen, Genehmigung oder Annahme einer Prüfung oder von Inspektionsergebnissen.

Anhang D (informativ)

Verfahren zum Prüfen der Eignung automatisierter thermischer Schneidverfahren

D.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält eine Anleitung für ein Verfahren zum Prüfen und Beurteilen von automatisierten thermischen Schneidprozessen nach EN 1090-2 und EN ISO 9013.

Das Verfahren darf auf sämtliche automatisierten thermischen Schneidverfahren angewandt werden, einschließlich Laserstrahl- und Plasmaschneiden.

ANMERKUNG Beim Laserstrahl- und Plasmaschneiden können andere oder zusätzliche Parameter für die Steuerung benötigt werden.

Die Grundlage für die Prüfung der Eignung automatisierter thermischer Schneidverfahren folgt den allgemeinen Regeln für die Spezifikation und Qualifizierung von Schweißverfahren in EN ISO 15607.

Das Verfahren basiert auf der Erstellung einer vorläufigen Schneidanweisung (pCPS, en: preliminary cutting procedure specification) und der Verifizierung der Qualität der mit dieser pCPS erhaltenen Schnittflächen, um einen endgültigen Qualifizierungsbericht über das Schneidverfahren (CPQR, en: cutting procedure qualification record) zu erstellen. Dieser CPQR wird dann als Grundlage für die Kontrolle der Schneid-tätigkeiten in der Fertigung mit Hilfe von Schneidanweisungen (CPS, en: cutting procedure specifications) verwendet.

Tabelle D.3 enthält ein Beispiel eines CPQR. Tabelle D.4 enthält ein Beispiel einer pCPS und CPS.

Der CPQR enthält einen Qualifizierungsbereich, innerhalb dessen er verwendet werden darf. Bereiche werden für die folgenden Variablen angegeben:

- a) Werkstoffgruppe;
- b) Werkstoffdicke;
- c) Gasdrücke;
- d) Schneidgeschwindigkeit und -höhe;
- e) Vorwärmtemperatur.

Sofern nichts anderes festgelegt wurde, darf die Prüfung der Qualität der Schnittflächen unter der Leitung der verantwortlichen Schweißaufsichtsperson durchgeführt werden, die als Prüfer und Gutachter fungiert. Es muss ein Prüfbericht geschrieben werden, der die Ergebnisse der Prüfungen, auf denen der CPQR basiert, zusammenfasst.

ANMERKUNG Die in diesem Anhang verwendeten Begriffe werden in EN ISO 9013 erläutert.

D.2 Beschreibung des Verfahrens

D.2.1 Allgemeines

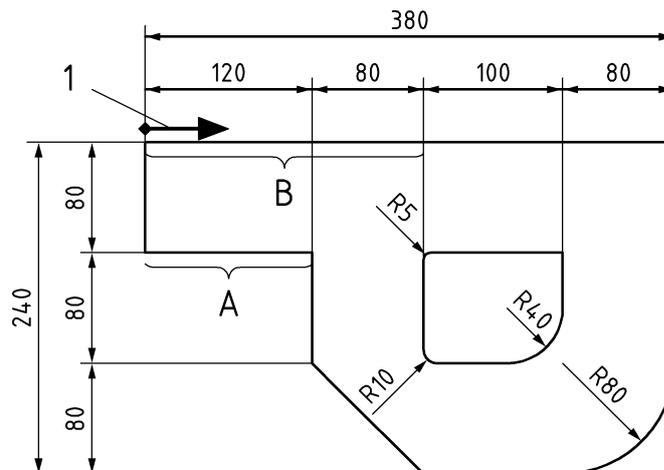
Das Schneiden der Prüfkörper muss unter Angabe sämtlicher für den Prozess relevanten Parameter und Einflussgrößen nach einer vorläufigen Schneidanweisung (pCPS) erfolgen.

Die Rechtwinkligkeits- und die Neigungstoleranz, die gemittelte Rautiefe sowie die Härte der Schnittkanten dürfen entsprechend EN 1090-2 bestimmt werden. Wenn das Schneidverfahren nur für Senkrechtschnitte verwendet werden soll, braucht die Neigungstoleranz nicht bestimmt zu werden. In diesem Fall wird die Verwendung eines Prüfkörpers wie in Bild D.1 gezeigt empfohlen. Wenn das Schneidverfahren für Fasenschnitte verwendet werden soll, muss die Neigungstoleranz bestimmt werden.

ANMERKUNG Bei Anwendung von Fasenschnitten zur Schweißvorbereitung dürfte die Neigungstoleranz eines Fasenschnitts nicht kritisch sein, wenn die Oberfläche nachfolgend behandelt/geschliffen wird.

Jeder Prüfkörper muss einen Gradschnitt, eine scharfkantige Ecke und einen kurvenförmigen Bogen haben. Die Schnittkanten in den Bereichen des kurvenförmigen Bogens und der scharfkantigen Ecke müssen bezüglich ihrer Rechtwinkligkeits- bzw. Neigungstoleranz und ihrer Oberflächenrauigkeit eine vergleichbare oder bessere Qualität als im Bereich des Gradschnitts aufweisen. Die oben genannten Parameter müssen in den Bereichen des Gradschnitts bestimmt werden, wobei die Härteprüfung insbesondere in den Bereichen mit der höchsten Schneid- bzw. Abkühlgeschwindigkeit durchgeführt werden muss.

Maße in mm



Legende

1 Ausgangspunkt (Schneidbeginn) und Schneidrichtung

ANMERKUNG Messungen werden im geraden Bereich B über eine Länge von mindestens 200 mm vorgenommen, und die Härte wird in den Bereichen A und B jedes Prüfkörpers gemessen und mit der geforderten Güteklasse verglichen. Die Prüfkörper mit scharfkantigen Ecken und kurvenförmigen Bögen sind einer Sichtprüfung zu unterziehen, um festzustellen, ob sie Schnittkanten von gleichwertiger Qualität wie die Gradschnitte ergeben.

Bild D.1 — Empfohlene Form des Prüfkörpers und Lage der Messstellen (Maße in mm)

D.2.2 Gemittelte Rautiefe R_{Z5}

Die gemittelte Rautiefe R_{Z5} muss in Übereinstimmung mit EN ISO 9013 bestimmt werden.

Die Rautiefe muss an einer Stelle, die repräsentativ für den geraden Brennschnitt ist, quer zum Rillenverlauf entlang einer Länge von höchstens 40 mm gemessen werden (siehe Bild D.2).

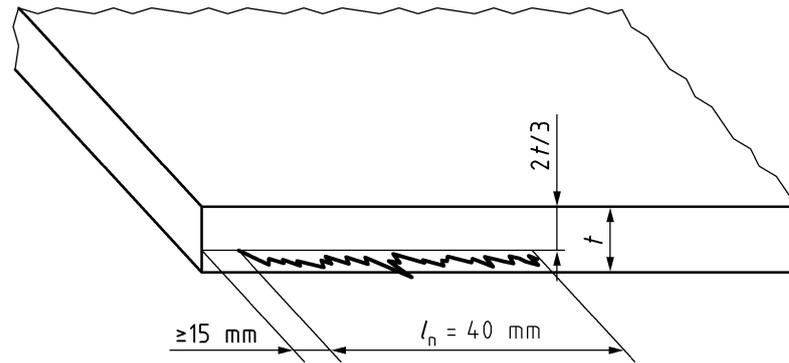


Bild D.2 — Messstelle für die gemittelte Rautiefe an geraden Brennschnitten

Das arithmetische Mittel der Einzelprofilelemente von fünf benachbarten Einzelmessungen (Z_{t1} bis Z_{t5} , wie in Bild D.3 dargestellt) muss zur Berechnung der gemittelten Rautiefe R_{Z5} verwendet werden.

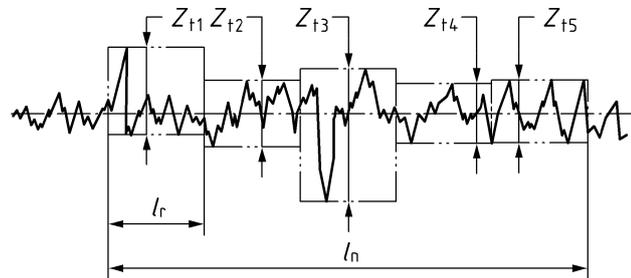


Bild D.3 — Bestimmung der gemittelten Rautiefe R_{Z5}

Um die mittlere Rautiefe R_{Z5} zu bestimmen, muss ein für hohe Rauheiten geeignetes Oberflächenprüfgerät verwendet werden. Es muss eine hinreichende und stabile Kontaktfläche des Geräts vorhanden sein.

Bei Blechdicken (t) < 6 mm müssen an den Seiten der Blechoberflächen des zu untersuchenden Prüfkörpers mit Hilfe einer Klemme zusätzliche Streifen mit einer glatten Oberfläche in einer Ebene mit der Schnittkante angebracht werden, um einen hinreichenden Kontakt sicherzustellen.

Der höchste Wert der gemittelten Rautiefe R_{Z5} mit dem entsprechenden Abstand von der Oberkante des Blechs muss bestimmt und aufgezeichnet werden.

D.2.3 Rechtwinkligkeits- und Neigungstoleranz

Die Rechtwinkligkeits- und Neigungstoleranz (u) muss nach EN ISO 9013 für Senkrechtschnitte und Fasenschnitte bestimmt werden. Bei Querschnitten darf auch ein Messmikroskop verwendet werden. Bei der Vorbereitung des Querschnitts muss eine Schnittkante gratfrei sein.

Die Rechtwinkligkeits- und Neigungstoleranz (u) ist an einer repräsentativen Stelle (höchster zu erwartender Messwert) des geraden Brennschnitts zu bestimmen.

Für einen besseren Kontrast während der Messung darf der Prüfkörper mit Hilfe eines geeigneten Ätzmittels geätzt werden. Je nach Blechdicke dürfen mehrere Expositionen zum Erzeugen eines Schnittbilds vorgenommen und gemessen werden. Die Schnittdickenverminderung (Δa), die die Messfläche begrenzt, muss aufgezeichnet werden.

D.2.4 Härteprüfung

Die Härteprüfung an der Brennschnittkante muss nach EN ISO 6507-1 durchgeführt werden.

Die Prüfkörper für die Messung der Härte müssen ebene parallele Kontaktflächen besitzen. Das Schleifen der Brennschnittkanten muss mit Hilfe von Schleifmitteln der Korngröße 600 vorgenommen werden. Die Brennschnittoberfläche muss so geschliffen werden, dass einige Vertiefungen auf der Brennschnittfläche sichtbar bleiben. Härteprüfungen müssen in Bereichen nahe der Ober- und Unterkanten sowie in der Mitte der Blechdicke erfolgen (siehe Bild D.4).

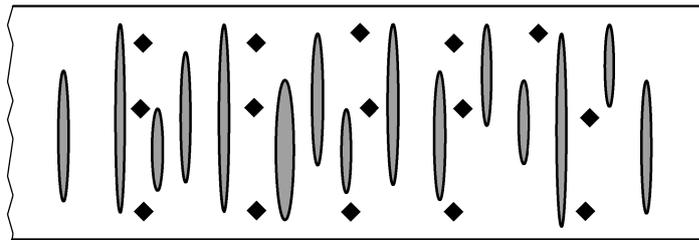


Bild D.4 — Messstellen auf der geschliffenen Brennschnittoberfläche

Je nach Plattendicke müssen entweder 5 oder 15 Härtemessungen über den Querschnitt verteilt vorgenommen werden (siehe Tabelle D.1). Bei der Härteprüfung nahe den Blechoberflächen müssen der Mindestabstand nach EN ISO 6507-1 sowie das Schmelzen der Oberflächen beachtet werden.

Tabelle D.1 — Anzahl und Bereich der Härtemessungen

Blechdicke <i>t</i> mm	Härtemessungen
$t \leq 5$	5, in der Mitte der Blechdicke
$t > 5$	5, nahe der Blechoberseite 5, nahe der Blechunterseite 5, in der Mitte der Blechdicke

D.3 Qualifizierungsbereich

D.3.1 Werkstoffgruppen

Aufgrund des Härtungsverhaltens der verschiedenen Werkstoffe muss Tabelle D.2 zur Bestimmung des Anwendungsbereichs verwendet werden.

Tabelle D.2 — Werkstoffgruppen

Prüfkörper Werkstoffgruppe aus CEN ISO/TR 15608	Bereich Werkstoffgruppen aus CEN ISO/TR 15608
1	1 ^a , 2 ^b
1.4	1 ^b , 2 ^b
2	1.1, 2 ^b
3	1 ^a , 2 ^b , 3 ^b

^a Mit Ausnahme von 1.4 und gültig für Stahl mit derselben oder einer niedrigeren bestimmten Mindeststreckgrenze.
^b Gültig für Stahl mit derselben oder einer niedrigeren bestimmten Mindeststreckgrenze.

Unabhängig von Tabelle D.2 kann es erforderlich sein, die Vorwärmtemperatur für Werkstoffe innerhalb des Bereichs, die ein höheres Kohlenstoffäquivalent als der Prüfkörper besitzen, anzupassen, um sicherzustellen, dass der Anstieg der Härte der Schnittfläche nicht unzulässig ist.

D.3.2 Werkstoffdicke

Die Prüfung des dünnsten und dicksten Prüfkörpers muss sämtliche Werkstoffdicken innerhalb dieses Dickenbereiches qualifizieren.

D.3.3 Gasdrücke

Die Qualifizierung gilt für folgende Bereiche:

- Sauerstoffdruck beim Erwärmen: +0 % / -20 %;
- Brenngasdruck: +/-5 %;
- Sauerstoffdruck beim Schneiden: +0 % / -15 %.

D.3.4 Schneidgeschwindigkeit und Schnitthöhe

Die Qualifizierung gilt für folgende Bereiche:

- Schneidgeschwindigkeit: +10 % / -0 %;
- Schnitthöhe zwischen der Spitze des Schneidkopfes und der Platte: +/-10 %.

D.3.5 Vorwärmtemperatur

Die Qualifizierung gilt für folgenden Bereich:

- Vorwärmtemperatur: +/-10 %.

D.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Angaben enthalten:

- Verweisung auf EN 1090-2 und EN ISO 9013;
- Nummer der vorläufigen Schneidanweisung pCPS;
- Kennzeichnung des Prüfkörpers;
- Werkstoff;
- Blechdicke;
- Art des Prüfkörpers;
- Skizze mit Prüfstellen auf der Brennschnittkante (falls notwendig);
- Messgeräte;
- durchgeführte Prüfungen und Bewertungskriterien;
- Prüfergebnisse;
- Bewertung der Prüfergebnisse.

Tabelle D.3 — Beispiel eines Berichts über die Qualifizierung eines Schneidverfahrens (CPQR)

Bericht über die Qualifizierung eines Schneidverfahrens					
(p)CPS-Nr.:		CPQR-Nr.:			
Hersteller der thermischen Schneidprobe:					
Adresse des Herstellers:		Anhänge:	1	Schneidparameter	Seite
Norm:			2	Werkstoffprüfbericht	Seite
Herstellungsdatum:			3	Überwachungsbescheinigung	Seite
Hersteller:					
Festlegungen des Berichts über die Qualifizierung des Schneidverfahrens					
Schneidverfahren:					
Hersteller der Schneidmaschine:					
Schnittart:					
Bezeichnung des Schneidbrenners:					
Bezeichnung der Schneiddüse:					
Hersteller des Schneidbrenners/der Schneiddüse:					
Norm:					
Werkstoffgruppe:					
Werkstoffdicke (mm):					
Art des Brenngases:					
Sauerstoffdruck beim Erwärmen:*					
Brenngasdruck:*					
Sauerstoffdruck beim Schneiden:*					
Einstellung der Heizflamme:					
Schneidgeschwindigkeit:					
Schnitthöhe:					
Vorwärmtemperatur:					
Thermische Nachbehandlung:					
Art des Vor-/Nachheizbrenners:					
Bezeichnung des Heizbrenners:					
Hersteller des Heizbrenners:					
Art des Brenngases:					
Sauerstoff-/Druckluftdruck:					
Brenngasdruck:					
* Am Einlass des Brenners gemessener Druck					
Dieser Bericht bestätigt, dass die Herstellung der thermischen Schneidprobe zufriedenstellend entsprechend den Anforderungen von EN 1090-2, 6.4.3 und 6.4.4, vorbereitet, durchgeführt und geprüft wurde: EXC2/EXC3/EXC4 (<i>Nichtzutreffendes streichen</i>).					
Ort und Datum der Ausstellung:					
Vertreter des Herstellers: Name, Datum und Unterschrift:					
Prüfer oder Prüfstelle: Name, Datum und Unterschrift (wenn von der zuständigen Schweißaufsichtsperson [RWC, en: responsible welding coordinator] des Herstellers abweichend):					

Tabelle D.4 — Beispiel einer vorläufigen Schneidanweisung (pCPS)

Schneidanweisung	
Schneidverfahren:	
Hersteller der Schneidmaschine:	
Schnittart:	
Bezeichnung des Schneidbrenners:	
Bezeichnung der Schneiddüse:	
Hersteller des Schneidbrenners/der Schneiddüse:	
Norm:	
Werkstoffgruppe:	
Werkstoffdicke (mm):	
Art des Brenngases:	
Sauerstoffdruck beim Erwärmen:*	
Brenngasdruck:*	
Sauerstoffdruck beim Schneiden:*	
Einstellung der Heizflamme:	
Schneidgeschwindigkeit:	
Schnitthöhe:	
Vorwärmtemperatur:	
Schnittwinkel (falls Fase nicht senkrecht):	
Thermische Nachbehandlung:	
Art des Vor-/Nachwärmebrenners:	
Bezeichnung des Heizbrenners:	
Hersteller des Heizbrenners:	
Art des Brenngases:	
Sauerstoff-/Druckluftdruck:	
Brenngasdruck:	
* am Einlass des Brenners gemessener Druck	

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 dürfen folgende Regeln angewendet werden:

- a) Nahtanfangs- und Nahtendstellen 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 Nahtendstellen von Schweißnähten zwischen zwei zentrischen quadratischen oder recht-eckigen Hohlprofilen sollten nicht bei oder in der Nähe einer Ecke angeordnet werden.

Für andere Anschlüsse dürfen folgende Regeln angewendet werden:

- c) Nahtanfangs- und Nahtendstellen 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 Nahtendstellen sollten bei einer Verbindung zwischen einer quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilstrebe und einem Hohlprofilgurtstab nicht bei oder in der Nähe einer Ecke angeordnet werden;
- e) sofern die zu verbindenden Hohlprofile nicht dieselbe Größe besitzen, ist die empfohlene Schweißfolge für das Schweißen von Gurt-Streben-Anschlüssen 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.

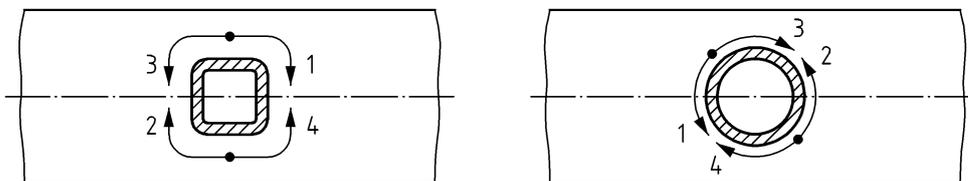


Bild E.1 — Nahtanfangs- und Nahtendstellen und Schweißfolge

E.3 Schweißnahtvorbereitung

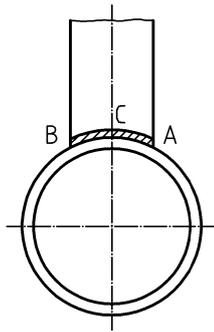
Die Bilder E.2 bis E.5 stellen Beispiele zur Anwendung von EN ISO 9692-1 für Gurt-Streben-Anschlüsse zwischen Hohlprofilen dar, mit Bezugnahme auf 7.5.1.2.

Für gekehrte Stumpfstöße gelten im Detail die gleichen Empfehlungen für die Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit wie für Stumpfnähte zwischen zwei zentrischen Bauteilen, was, wie in Bild E.6 gezeigt, eine Vergrößerung des Flankenwinkels in der Gehrung und eine Verringerung außerhalb erfordert.

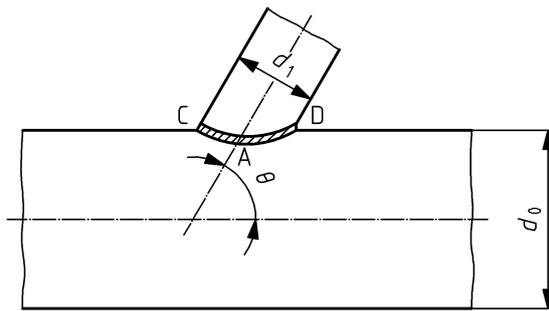
E.4 Zusammenbau für das Schweißen

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 festgelegt werden sowie welche der Bauteile zur Passung mit anderen Bauteilen zu schneiden sind;
- d) der verborgene Vorderbereich (wie in Fall B) ist zu schweißen, sofern nichts anderes festgelegt wird.

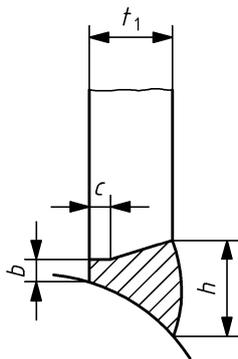


Detail A, B:



Detail C:

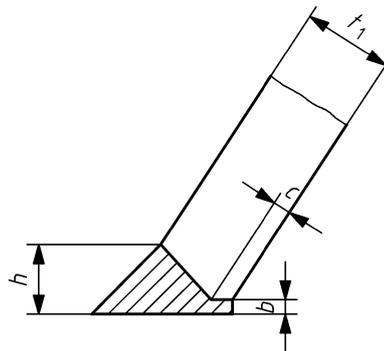
Detail D:



wobei $d_1 < d_0$

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

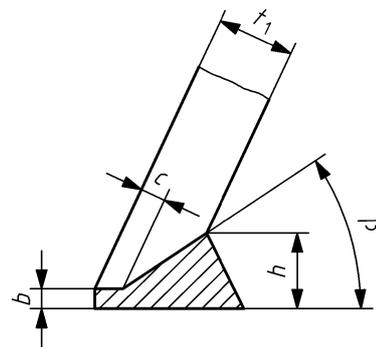
$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$



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

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

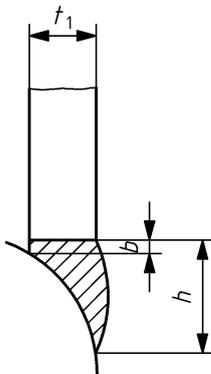
$c = 1 \text{ mm bis } 2 \text{ mm}$



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

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

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



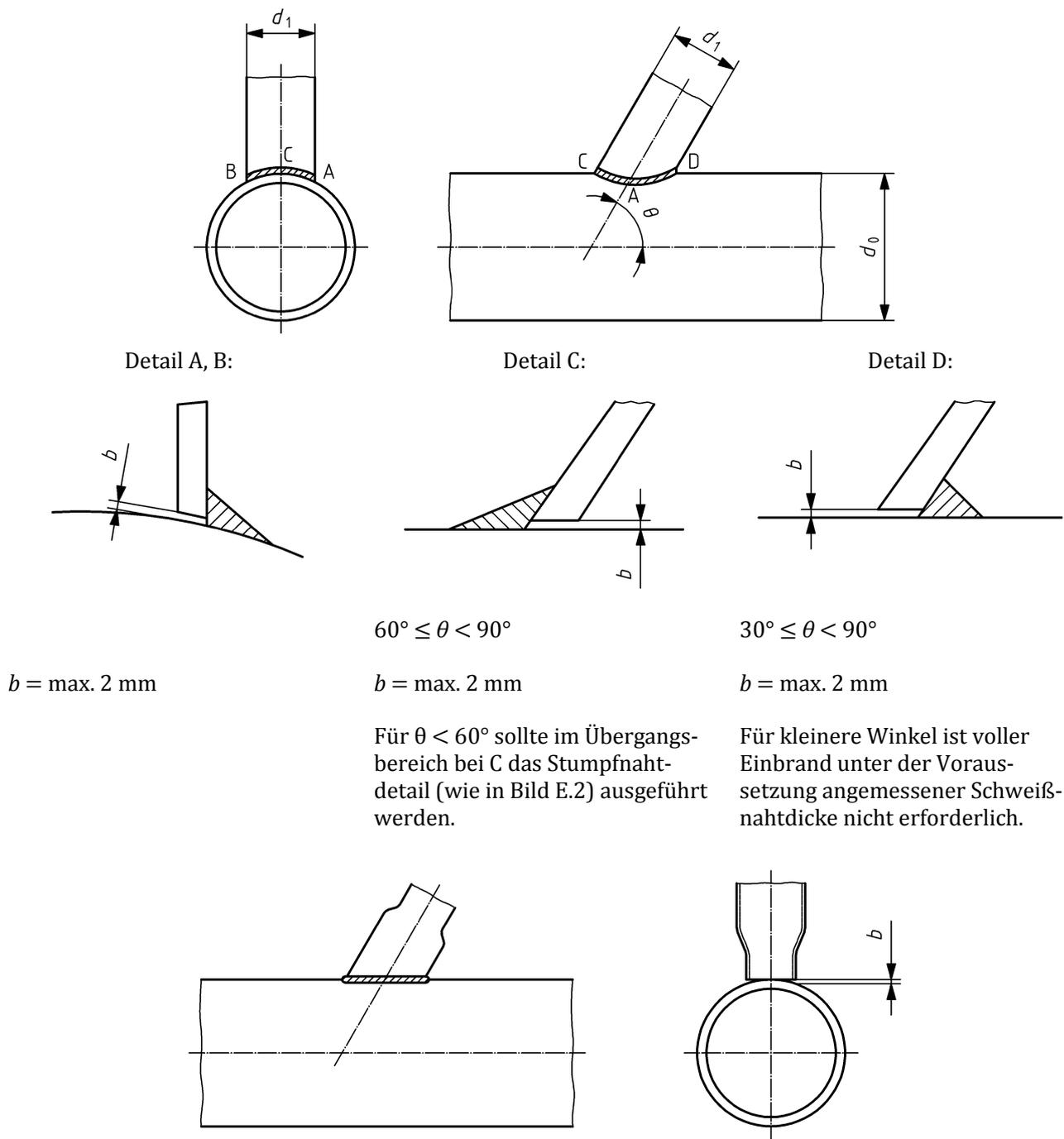
wobei $d_1 = d_0$

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

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

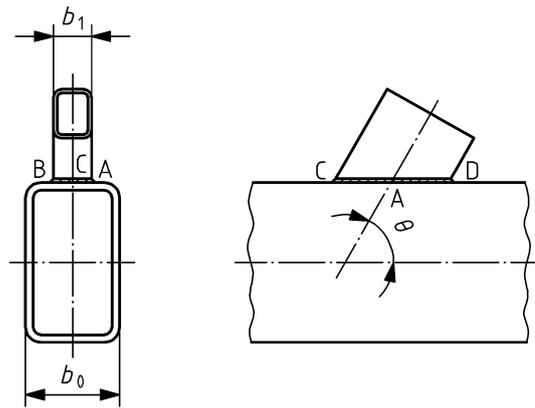
Für $\theta < 60^\circ$ sollte ein Kehlnahtdetail (wie in Bild E.3) am Detail D im vorderen Bereich ausgeführt werden.

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

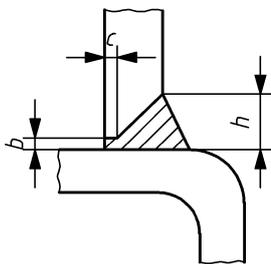


ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1, Fall 3.1.1, auf Kreishohlprofile.

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



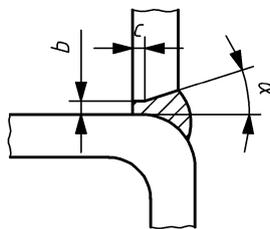
Detail A, B:



wobei $b_1 < b_0$

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

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



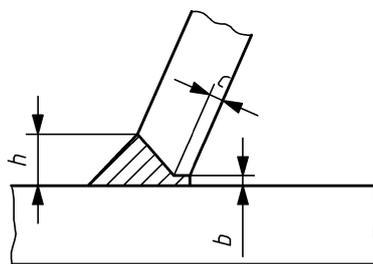
wobei $b_1 = b_0$

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

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

$\alpha = 20^\circ \text{ bis } 25^\circ$

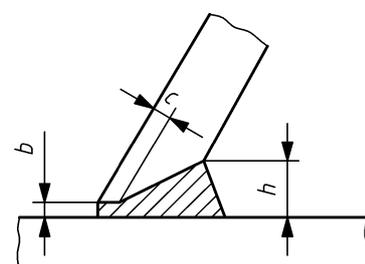
Detail C:



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

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

Detail D:



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

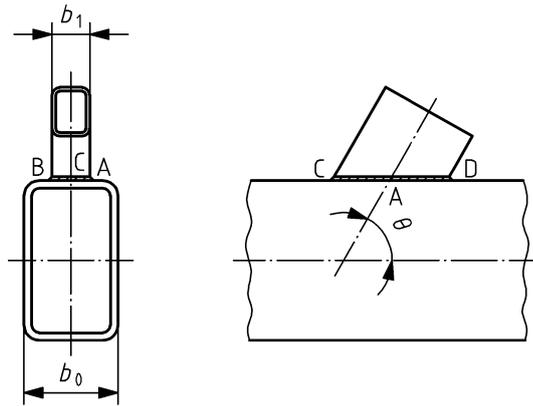
$b = 2 \text{ mm bis } 4 \text{ mm}$

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

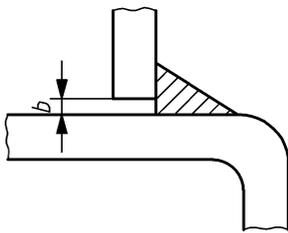
Für $\theta < 60^\circ$ wird ein Kehlnahtdetail (wie in Bild E.5) dem Detail D im vorderen Bereich vorgezogen.

ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1, Fall 1.4, auf quadratische oder rechteckige Hohlprofile

Bild E.4 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Stumpfnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen



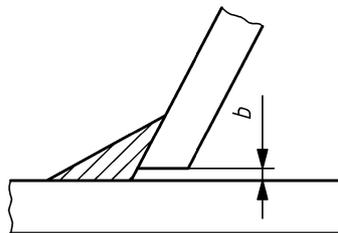
Detail A, B:



wobei $b_1 < b_0$

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

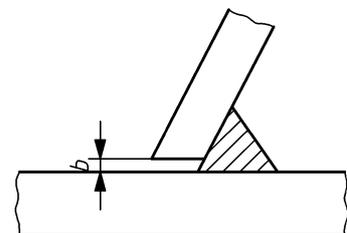
Detail C:



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

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

Detail D:

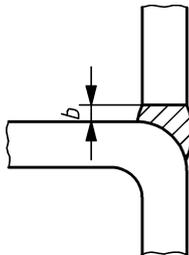


$30^\circ \leq \theta < 90^\circ$

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

Für $\theta < 60^\circ$ sollte im Übergangsbereich bei C (wie in Bild E.4) das Stumpfnahtdetail verwendet werden.

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



wobei $b_1 = b_0$

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

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

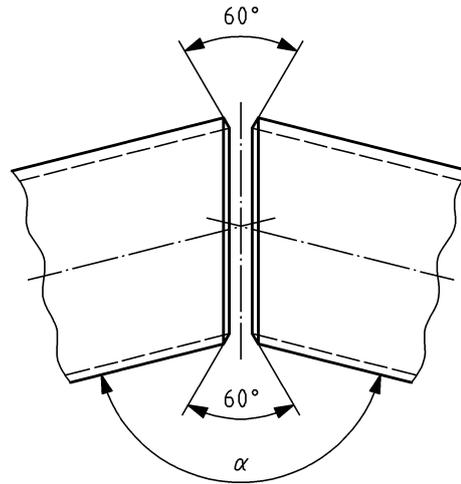
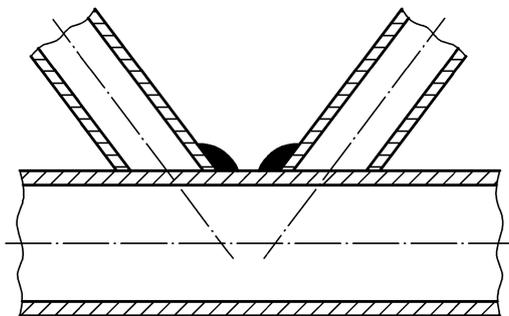
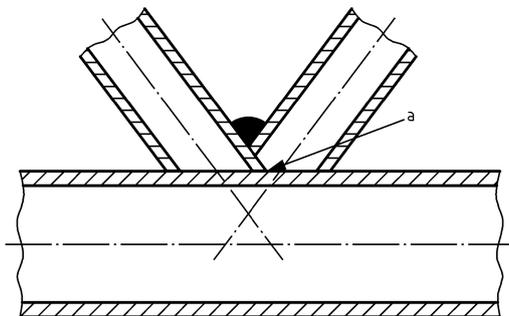


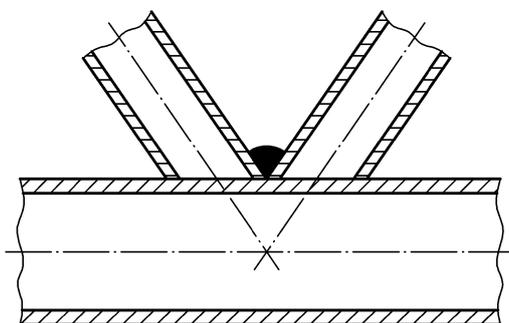
Bild E.6 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Hohlprofilstößen mit Gehrung



Getrennte Bauteile
 Nicht überlappende Schweißnähte
EMPFOHLENE AUSFÜHRUNG
 Fall A



a = Verdeckter vorderer Bereich.
 Verdeckter vorderer Bereich muss geschweißt werden, 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

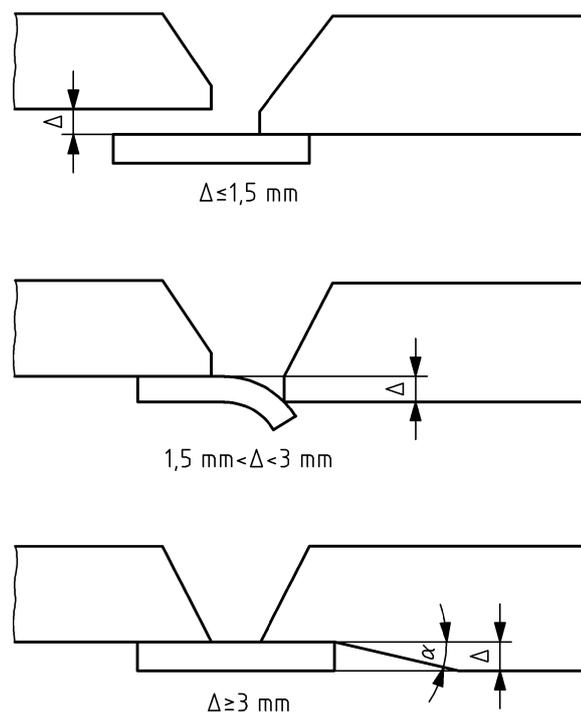
Bei nicht vorwiegend ermüdungsbeanspruchten Anschlüssen können die folgenden Abweichungen bei der Flucht zwischen den Wurzelpunkten oder Wurzelstegen von zentrischen Stumpfstoßen zwischen Hohlprofilbauteilen zulässig sein:

- 25 % der Dicke der dünneren Ausgangsprodukte bei Materialdicken ≤ 12 mm;
- 3 mm bei Materialdicken über 12 mm.

Die entsprechende Anpassung darf durch maschinelle Bearbeitung der Enden zwecks Korrektur der Unterschiede in der Wanddicke, der Ovalität oder der Abweichung von der Rechtwinkligkeit von Hohlprofilen erreicht werden, sofern die verbleibende Materialdicke den Mindestanforderungen entspricht.

Für zentrische Stumpfstoße von Hohlprofilen unterschiedlicher Dicke darf die Anpassung der Materialdicken mit folgenden Empfehlungen nach Bild E.8 durchgeführt werden:

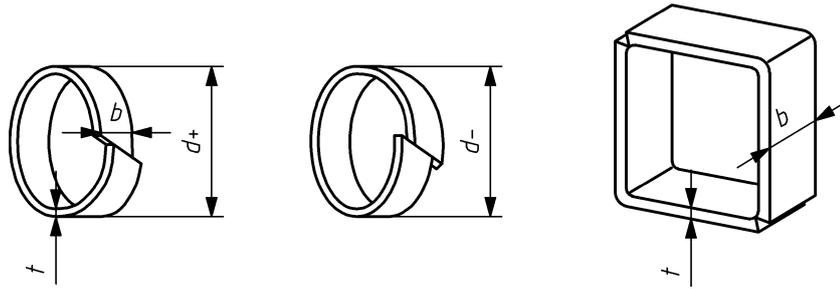
- a) überschreitet der Materialdickenunterschied 1,5 mm nicht, dann sind keine besonderen Maßnahmen erforderlich;
- b) überschreitet der Materialdickenunterschied 3 mm nicht, dann darf die Schweißbadsicherung zwecks Überbrückung verformt werden (örtliches Warmumformen der Schweißbadsicherung darf erfolgen);
- 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 des Stahltragwerks selbst nicht als Schweißbadsicherung geeignet, gibt Bild E.9 Hinweise für geeignete ring- oder bandförmige Badsicherungen.



Dicke t : 3-6 mm

Breite b : 20-25 mm

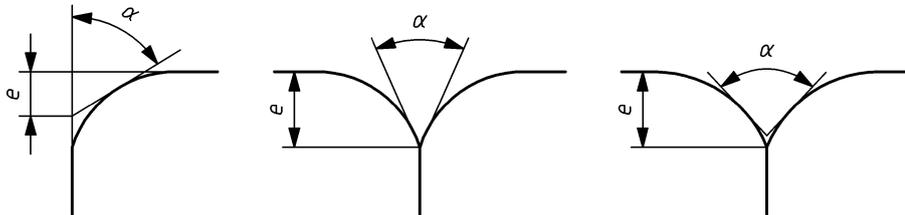
Bild E.9 — Geeignete ring- oder bandförmige Schweißbadsicherungen

E.5 Kehlnahtanschlüsse

Bei Gurt-Streben-Anschlüssen sollten das Schweißverfahren und das örtliche Profil des Nahtspalts so gewählt werden, dass ein gleichmäßiger Übergang zwischen den Abschnitten mit Stumpfnähten (die in Übereinstimmung mit den Bildern E.2 und E.4 sein sollten) und denen mit Kehlnähten (die in Übereinstimmung mit den Bildern E.3 und E.5 sein sollten) möglich ist.

Bei Kelch- oder Trichternähten nach Bild E.10 sollte der eingeschlossene Winkel der Nahtvorbereitung mindestens 60° betragen, um die effektive Tiefe der Naht zu erhalten.

Dabei bedeutet das Symbol α : eingeschlossener Winkel 60° .



Bestimmung der maximalen effektiven Tiefe der Naht, e , ohne Einbrand für einen eingeschlossenen Winkel α , von 60° .

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

Anhang F (normativ)

Korrosionsschutz

F.1 Allgemeines

F.1.1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang enthält Anforderungen und Hinweise in Bezug auf die Ausführung von Korrosionsschutz auf Stahlbauteilen in der Werkstatt und/oder auf der Baustelle mit Ausnahme nichtrostender Stähle. Der Anwendungsbereich umfasst den Korrosionsschutz im 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 Form einer Leistungspezifikation (wie in F.1.2) oder in Form von vorgeschriebenen Anforderungen an die zu verwendende Schutzbehandlung (wie in F.1.3) angegeben sein.

ANMERKUNG 1 EN ISO 12944-8 enthält Hinweise für die Erstellung von Korrosionsschutzspezifikationen mit Beschichtungen und verwandten Produkten, die auf unbehandelte oder feuerverzinkte Stahloberflächen (d. h. Duplexbeschichtungen) aufgetragen werden. EN ISO 1461, EN ISO 14713-1 und EN ISO 14713-2 enthalten Richtlinien zur Erstellung von Korrosionsschutzspezifikationen durch Feuerverzinken. EN 13438 und EN 15773 enthalten Hinweise zur Pulverbeschichtung von feuerverzinktem Stahl.

ANMERKUNG 2 EN ISO 2063 enthält Hinweise zum thermischen Spritzen.

Dieser Anhang beinhaltet nicht den Korrosionsschutz von Seilen und Pressstücken.

ANMERKUNG 3 Siehe EN 1993-1-11:2006, Anhang A.

F.1.2 Leistungsspezifikation

Wird eine Leistungsspezifikation verwendet, um die Anforderungen an den Korrosionsschutz anzugeben, muss sie Folgendes festlegen:

- a) die Schutzdauer des Korrosionsschutzes (siehe EN ISO 12944-1 und EN ISO 14713:2017, Tabelle 2); und
- b) die Korrosivitätskategorie (siehe EN ISO 12944-2 und EN ISO 14713:2017, Tabelle 1).

Die Leistungsspezifikation darf auch eine Bevorzugung für organisches Beschichten oder das Metallspritzen oder das Feuerverzinken benennen.

ANMERKUNG In Bezug auf die Leistung kann EN ISO 4628 zur Beurteilung der Verschlechterung des Zustands von Beschichtungen herangezogen werden.

F.1.3 Vorgeschriebene Anforderungen

Werden die Schutzdauer eines Korrosionsschutzes und die Korrosivitätskategorie nach F.1.2 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 ISO 12679 und F.2.1);
- c) Oberflächenvorbereitung für hergestellte Stahlbauteile zum Feuerverzinken (siehe F.2.2);
- d) Prozesse zur Oberflächenvorbereitung von Verbindungsmitteln (siehe F.5);
- e) Beschichtungssystem nach EN ISO 12944-5 und/oder Beschichtungsprodukte, deren Leistung nach EN ISO 12944-6 bewertet wurde. Dies kann Anforderungen an nachträgliche dekorative Beschichtungen oder Überzüge und Einschränkungen bei der Auswahl der Farbe von Beschichtungs- oder Überzugprodukten 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) Feuerverzinken (siehe F.6.3);
- i) besondere Anforderungen an Inspektion und Prüfung (siehe F.7);
- j) besondere Anforderungen an bimetallische Schnittstellen.

F.1.4 Arbeitsanweisung

Korrosionsschutz muss entsprechend den Arbeitsanweisungen durchgeführt werden, die auf einem Qualitätsmanagementplan, sofern gefordert, basieren und F.2 bis F.7 genügen, je nach vorliegenden Gegebenheiten. Sofern gefordert, muss der Qualitätsmanagementplan 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 und deren Topfzeit 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 nicht-metallisch sein.

Die Umgebungsbedingungen für die Arbeit müssen aufrechterhalten werden, damit die Beschichtung ausreichend aushärten kann und damit Korrosion metallischer Überzüge vermieden wird.

Handhabung, Lagerung und Transport dürfen nicht erfolgen, bevor das Beschichtungssystem ausreichend ausgehärtet ist.

Für Beschädigungen, die durch Handhabungs-, Lagerungs- und Montageverfahren verursacht sind, müssen die Reparaturmaßnahmen geeignet sein und den Empfehlungen des Produktherstellers entsprechen.

F.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen

F.2.1 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Beschichten oder Metallspritzen

Oberflächen müssen in Übereinstimmung mit 10.2 und 12.6 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 müssen 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 Handentrost und maschinelles 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 der Stahloberfläche 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.

F.2.2 Oberflächenvorbereitung von Baustählen vor dem Feuerverzinken

Oberflächen müssen in Übereinstimmung mit 10.5, EN ISO 14713-2 und EN ISO 1461 vorbereitet werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

ANMERKUNG Erfolgt Beizen vor dem Feuerverzinken, dann können hochfeste Stähle anfällig werden für wasserstoffinduzierte Rissbildung, dehnungsbedingte Alterungsversprödung, flüssigmetallinduzierte Rissbildung oder Flüssigmetallversprödung (siehe EN ISO 14713-2).

F.3 Schweißnähte und Oberflächen zum Schweißen

Soll ein Bauteil nachfolgend geschweißt werden, darf die Bauteiloberfläche innerhalb eines Abstands 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 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 vorgespannten Verbindungen, die nicht gleitfest ausgeführt werden, muss das Ausmaß der Oberflächen, die durch die vorgespannten Schraubengarnituren beansprucht werden, festgelegt werden. Werden die Kontaktflächen vor dem Zusammenbau beschichtet, darf nur eine Grundbeschichtung mit einer maximalen Trockenschichtdicke von 100 µm aufgebracht werden.

F.5 Behandlung von Verbindungsmitteln

Die Spezifikation für die Behandlung von Verbindungsmitteln muss Folgendes berücksichtigen:

- a) Korrosionsschutz-Klassifizierung, festgelegt für die Stahlkonstruktion oder Teile davon;
- b) Werkstoff und Art des Verbindungsmittels;
- c) benachbarte Werkstoffe, die mit dem Verbindungsmittel nach dem Einbau in Kontakt sind, und Beschichtungen oder Überzüge auf diesen Werkstoffen;
- d) Anziehverfahren der Verbindungsmittel;
- e) voraussichtlicher Reparaturbedarf der Verbindungsmittelbehandlung nach dem Anziehen.

Ist eine Oberflächenbehandlung für Verbindungsmittel nach dem Einbau erforderlich, darf diese erst dann ausgeführt werden, wenn die notwendige Inspektion 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 Korrosionsschutzverfahren

F.6.1 Organische Beschichtung

Die Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils muss unmittelbar vor der Beschichtung überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese den geforderten Festlegungen, EN ISO 12944-4, der Normenreihe EN ISO 8501, EN ISO 8503-2 und den Empfehlungen des Beschichtungsstoffherstellers für das aufzubringende Produkt entspricht.

Die Beschichtung muss in Übereinstimmung mit EN ISO 12944-7 erfolgen.

Werden zwei oder mehr Schichten aufgebracht, muss für jede Schicht eine unterschiedliche Farbschattierung verwendet werden.

Die Arbeit darf nicht fortgesetzt werden, wenn die Umgebungs- und Oberflächenbedingungen nicht den Empfehlungen des Herstellers des Produktes entsprechen. Beschichtete Oberflächen müssen nach dem Aufbringen der Beschichtung für einen Zeitraum, wie in den Empfehlungen des Herstellers des Produktes gefordert wird, geschützt werden.

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 Feuerverzinken

Das Feuerverzinken muss nach EN ISO 1461 erfolgen.

Wenn für kaltgeformte Bauteile Feuerverzinken nach der Fertigung festgelegt ist, muss dies nach EN ISO 1461 durchgeführt werden, und die Anforderungen an das Verfahren zur Qualifizierung des Schmelztauchprozesses müssen festgelegt werden.

Anforderungen an die Inspektion, Überprüfung oder Qualifizierung der Vorbereitung, die vor einem nachfolgenden Beschichten durchzuführen ist, müssen festgelegt werden.

F.7 Inspektion und Überprüfung

F.7.1 Allgemeines

Inspektionen und Überprüfungen müssen in Übereinstimmung mit dem Qualitätsmanagementplan, sofern gefordert, und F.7.2 bis F.7.4 durchgeführt werden. Die Ausführungsunterlagen müssen alle Anforderungen an zusätzliche Inspektionen und Prüfungen festlegen.

Inspektionen 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 sollen, den festgelegten Reinheitsgrad, nach 10.2 und 12.6 nachgewiesen, aufweisen;
- b) Messung der Dicke von:
 - 1) jeder Beschichtungsschicht nach ISO 19840; wenn jedoch schon Korrosionsschutz durch Feuerverzinkung vorliegt, ist die anschließende organische Beschichtung nach EN ISO 2808 zu überprüfen;
 - 2) thermischen Spritzschichten nach EN ISO 2063;
 - 3) Feuerverzinkungen nach EN ISO 1461;
- c) Sichtprüfung, dass die Beschichtungsbehandlung den Vorgaben von EN ISO 12944-7 entspricht;
- d) sofern nichts anderes festgelegt ist, muss der Umfang der Prüfungen für die Beschichtungsbehandlung wie folgt aussehen:
 - 1) fünf Messwerte der Trockenschichtdicke (DFT, en: dry film thickness) müssen je 100 m² jeder Beschichtungsschicht genommen werden;
 - 2) der Mittelwert dieser fünf Messwerte darf nicht unter der festgelegten Nenn-Trockenschichtdicke (NDFT, en: nominal dry film thickness) liegen;
 - 3) der kleinste dieser fünf Messwerte darf nicht unter 80 % der NDFT liegen;

- 4) der größte dieser fünf Messwerte darf nicht über $2 \times \text{NDFT}$ im Allgemeinen oder $3 \times \text{NDFT}$ für Kanten, Schweißnähte und andere streifenbeschichtete Bereiche liegen.

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 Feuerverzinkte Bauteile

Sofern nichts anderes festgelegt wird, müssen feuerverzinkte Bauteile auf Grund des Risikos von flüssigmetallinduzierter Rissbildung (LMAC, en: liquid metal assisted cracking) einer Inspektion nach dem Verzinken unterzogen werden.

ANMERKUNG Angaben zu LMAC enthalten [39], [40], [42] und [43].

Die Bauteilspezifikation muss die folgenden Punkte festlegen:

- a) Bauteile, bei denen eine Inspektion 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 Inspektion nach dem Verzinken müssen 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)

Bestimmung der Haftreibungszahl

G.1 Allgemeines

Das Ziel dieser Prüfung ist, die Haftreibungszahl einer bestimmten Oberflächenbehandlung, oft unter Einschluss der Beschichtung bzw. des Überzuges, zu ermitteln.

Das Prüfverfahren soll sicherstellen, dass die Möglichkeit von Kriechverformung in dem Anschluss berücksichtigt wird.

Die Gültigkeit der Prüfergebnisse für beschichtete bzw. mit Überzug versehene Oberflächen ist begrenzt auf die Fälle, in denen alle wesentlichen Kenngrößen denen der Prüfkörper ähnlich sind.

G.2 Maßgebende Kenngrößen

Die folgenden Kenngrößen müssen als maßgebend für die Prüfergebnisse angenommen werden:

- a) die Rezeptur der Beschichtung bzw. des Überzuges;
- 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 oder des Überzuges und dem Aufbringen der Last in den Anschluss;
- f) die Festigkeitsklasse der Schraube (siehe G.6);
- g) die Anzahl und Anordnung der Scheiben;
- h) die Stahlsorte der Bleche.

G.3 Prüfkörper

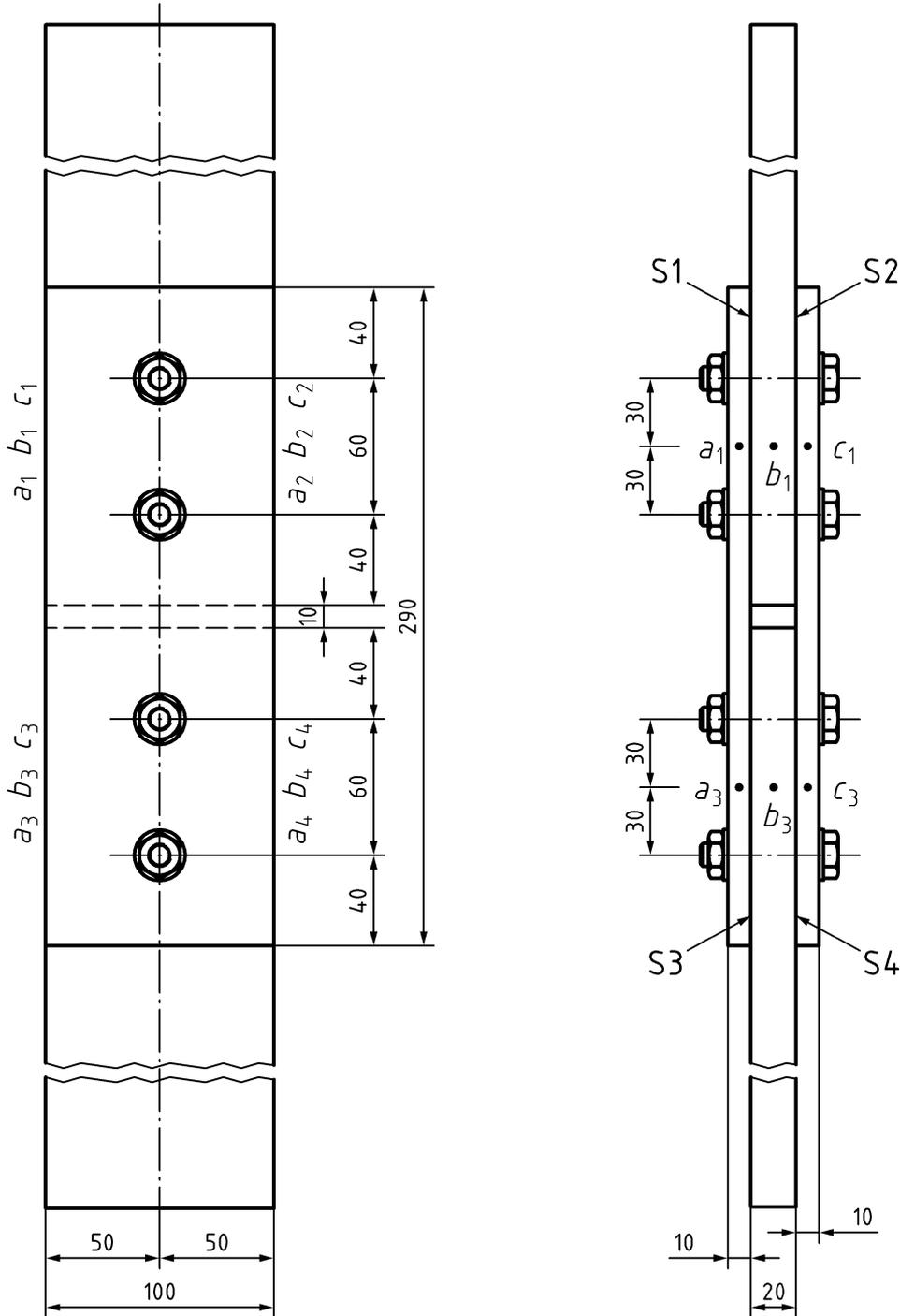
Die Prüfkörper müssen den Maßen in Bild G.1 entsprechen.

Der Stahlwerkstoff muss EN 10025-2 bis EN 10025-6 entsprechen; nichtrostende Stähle müssen EN 10088-4 oder EN 10088-5 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 Kanten 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.

Maße in Millimeter



a) Schrauben M20 in Löchern mit 22 mm Durchmesser

Die festgelegte Oberflächenbehandlung und die Beschichtung bzw. der Überzug müssen so auf die Kontaktflächen der Prüfkörper aufgebracht werden, wie es der vorgesehenen Anwendung im Tragwerk entspricht. Die mittlere Schichtdicke auf den Kontaktflächen 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 zusammgebaut werden, dass die Schrauben entgegen der eingeleiteten Zugkraft anliegen.

Der zeitliche Abstand (in Stunden) zwischen der Beschichtung bzw. dem Aufbringen des Überzugs und der 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 Fehlergrenze von $\pm 4\%$ aufweist.

Falls es gefordert wird, die Schraubenvorspannkraftverluste über die Zeit abzuschätzen, dürfen die Prüfkörper für eine festgelegte Dauer belassen werden, an deren Ende die Vorspannkraften erneut gemessen werden dürfen.

Die Schraubenvorspannkraften 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 Auswertung 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.

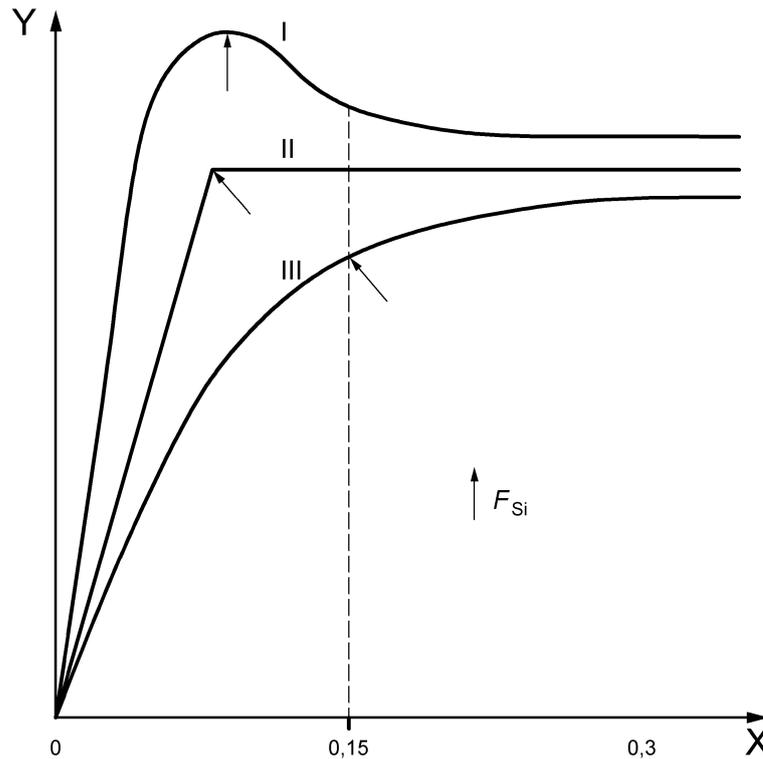
Die Prüfkörper müssen in einer Zug-Prüfmaschine geprüft werden. Das Kraft-Gleit-Verhalten muss aufgezeichnet werden.

In einem Prüfkörper gibt es vier Gleitebenen: Gleitebenen 1 bis 4 nach Bild G.1.

Das Gleitmaß muss in Richtung der aufgetragenen Belastung als relative Verschiebung zwischen angrenzenden Punkten auf einem inneren Blech (Stelle b, Bild G.1) und einem äußeren Blech (Stellen a und c, Bild G.1) ermittelt werden. Es muss für jedes Ende und jede Seite des Prüfkörpers getrennt gemessen werden, was acht Relativverschiebungswerte ergibt, siehe Bild G.1.

Gleiten kann im Versuch als Gleitmechanismus entweder kombiniert in den direkt gegenüber liegenden Gleitebenen 1 und 2 oder 3 und 4 oder kombiniert in den diagonal gegenüber liegenden Gleitebenen 1 und 4 oder 2 und 3 auftreten. Das Gleitmaß muss gemäß dem tatsächlich aufgetretenen Gleitmechanismus ermittelt werden, so dass letztlich zwei Gleitmaßwerte auf Basis der acht gemessenen Relativverschiebungen erhalten werden.

Als individuelle Gleitkraft einer Verbindung, $F_{S,i}$, wird die Kraft definiert, bei der im Kraft-Verschiebung-Diagramm entweder ein Gleitmaß von 0,15 mm erreicht ist oder vor Erreichen von 0,15 mm Relativverschiebung ein Kraftmaximum auftritt, siehe Bild G.2.



Legende

X Gleit-Relativverschiebung [mm]

Y Kraft, F_{Si}

ANMERKUNG I Gleitkraft ist die Höchstkraft vor Erreichen eines Gleitmaßes von 0,15 mm.

II Gleitkraft ist die Kraft beim abrupten Gleiten vor Erreichen eines Gleitmaßes von 0,15 mm.

III Gleitkraft ist die Kraft beim Erreichen des Gleitmaßes 0,15 mm.

Bild G.2 — Definition der Gleitkraft für verschiedene Kraftverschiebungskurven

Der fünfte Prüfkörper muss mit einer Prüfkraft belastet werden, die 90 % der mittleren Gleitkraft F_{Sm} der ersten vier Prüfkörper entspricht (d. h. der Mittelwert aus acht Gleitkraft-Messwerten).

Wenn bei dem fünften Prüfkörper das verzögerte Gleitmaß, d. h. der Unterschied zwischen dem aufgezeichneten Gleitmaß bei fünf Minuten und bei drei Stunden nach dem Aufbringen der vollen Kraft 0,002 mm nicht überschreitet, dann muss die Gleitkraft für den fünften Prüfkörper entsprechend den ersten vier ermittelt werden. Falls das verzögerte Gleitmaß 0,002 mm übersteigt, müssen erweiterte Kriechprüfungen nach G.5 durchgeführt werden.

Wenn die Standardabweichung s_{F_S} der zehn Gleitkraftwerte (ermittelt an den fünf Prüfkörpern) 8 % des Mittelwertes übersteigt, müssen zusätzliche Prüfkörper geprüft werden.

Die Gesamtzahl der Prüfkörper (einschließlich der ersten fünf) ist dann wie folgt zu ermitteln:

$$n > (s / 3,5)^2 \quad (G.1)$$

Dabei ist

n die Anzahl der Prüfkörper;

- s die Standardabweichung s_{F_S} der Gleitkraft der ersten fünf Prüfkörper (zehn Messwerte) als Prozentsatz des Mittelwertes der Gleitkraft.

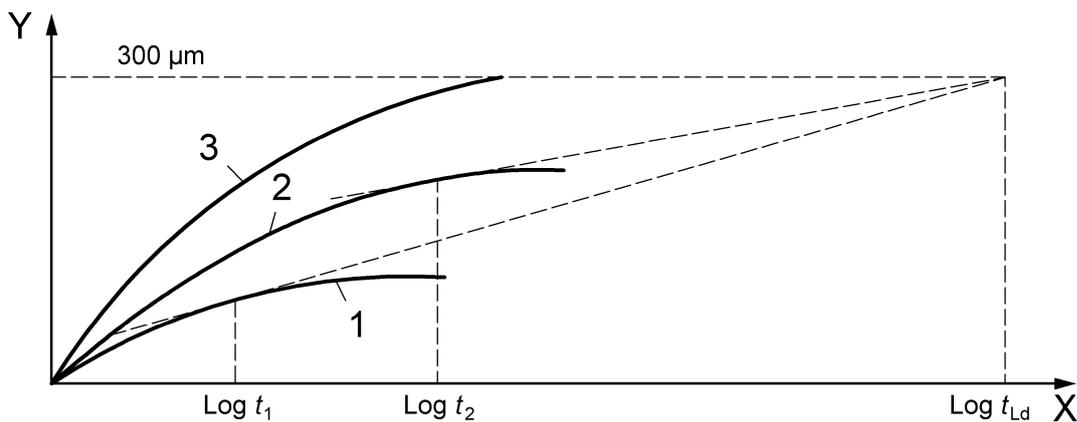
G.5 Erweitertes Kriechprüfverfahren und Auswertung

Wenn es nach G.4 notwendig ist, erweiterte Kriechprüfungen durchzuführen, müssen mindestens drei Prüfkörper (sechs Verbindungen) geprüft werden.

Es muss eine Prüfkraft auf den Prüfkörper aufgebracht werden, deren Wert so bestimmt werden muss, dass dieser sowohl das Ergebnis der Kriechprüfung in G.4 als auch die Ergebnisse aller vorangegangenen erweiterten Kriechprüfungen berücksichtigt.

Es darf eine zu der Haftreibungszahl, die für den Einsatz im Tragwerk vorgesehen ist, zugehörige Prüfkraft angenommen werden. Soll die Oberflächenbehandlung einer bestimmten Gleitflächenklasse zugeordnet werden, darf eine zu der Haftreibungszahl für diese Gleitflächenklasse nach Tabelle 16 zugehörige Prüfkraft angesetzt werden.

Eine „Verschiebung-log Zeit“-Kurve muss aufgezeichnet werden (siehe Bild G.3), um zu zeigen, dass die aus der vorgesehenen Haftreibungszahl bestimmte Prüfkraft während der Lebensdauer des Tragwerks von 50 Jahren, sofern nichts anderes festgelegt wird, nicht zu Relativverschiebungen führt, die größer als 0,3 mm sind. Die „Verschiebung-log Zeit“-Kurve darf linear extrapoliert werden, sobald eine Tangente mit hinreichender Genauigkeit ermittelt werden kann.



Legende

X Zeit (Log-Skala)

Y Gleitverschiebung

ANMERKUNG	t_{Ld}	Lebensdauer des Tragwerks
	t_1	Minstdauer der Prüfung 1
	t_2	Minstdauer der Prüfung 2
	Kurve 1	Bestandene erweiterte Kriechprüfung.
	Kurve 2	Bestandene erweiterte Kriechprüfung.
	Kurve 3	Erweiterte Kriechprüfung nicht bestanden.

Bild G.3 — Anwendung der „Verschiebung-log Zeit“-Kurve bei der erweiterten Kriechprüfung

G.6 Prüfergebnisse

Einzelwerte der Haftreibungszahl werden wie folgt bestimmt:

$$\mu_i = \frac{F_{Si}}{4F_{p,c}} \quad (\text{G.2})$$

Der Mittelwert der Gleitkraft F_{Sm} und dessen Standardabweichung s_{Fs} werden wie folgt bestimmt:

$$F_{Sm} = \frac{\sum F_{Si}}{n}, \quad s_{Fs} = \sqrt{\frac{\sum (F_{Si} - F_{Sm})^2}{n - 1}} \quad (\text{G.3})$$

Der Mittelwert der Haftreibungszahl μ_m und dessen Standardabweichung s_μ werden wie folgt bestimmt:

$$\mu_m = \frac{\sum \mu_i}{n}, \quad s_\mu = \sqrt{\frac{\sum (\mu_i - \mu_m)^2}{n - 1}} \quad (\text{G.4})$$

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 gefordert, muss die Oberflächenbehandlung entsprechend dem in G.4 bzw. G.5, je nach vorliegenden Gegebenheiten, bestimmten charakteristischen Wert der Haftreibungszahl μ , der maßgebenden Gleitflächenklasse folgendermaßen zugewiesen werden:

$\mu \geq 0,50$	Klasse A
$0,40 \leq \mu < 0,50$	Klasse B
$0,30 \leq \mu < 0,40$	Klasse C
$0,20 \leq \mu < 0,30$	Klasse D

Anhang H (normativ)

Kalibrierprüfung für vorgespannte Schraubengarnituren unter Baustellenbedingungen

H.1 Allgemeines

Dieser Anhang legt eine Anziehprüfprozedur fest, mit der hochfeste Schraubengarnituren zur Herstellung von vorgespannten Verbindungen unter Baustellenbedingungen kalibriert werden können.

Zweck der Prüfprozedur ist die Bestimmung der Parameter, die zur Sicherstellung des Mindestwertes der geforderten Vorspannkraft durch Anwendung der in dieser Europäischen Norm festgelegten Anziehverfahren erforderlich sind.

Diese Prüfung dient nicht dazu, Garnituren, die nach EN 14399-1 deklariert werden, in eine höhere Klasse einzustufen.

H.2 Symbole und Einheiten

A_s	Nennwert des Spannungsquerschnittes der Schraube (mm^2) (siehe EN ISO 898-1);
e_M	Verhältnis $e_M = (M_{\max} - M_{\min})/M_m$;
F_b	während der Prüfung gemessene Schraubenkraft (kN);
F_m	Mittelwert der individuellen Werte $F_{b,i}$ der Schraubenkraft F_b (kN);
$F_{p,C}$	erforderliche Vorspannkraft von $0,7 f_{ub} A_s$ (kN);
f_{ub}	Nennwert der Schraubenzugfestigkeit (R_m) (MPa);
M_i	individueller Wert des Anziehdrehmoments, bezogen auf $F_{p,C}$ (Nm);
M_m	Mittelwert der individuellen Werte M_i (Nm);
M_{\max}	Höchstwert der individuellen Werte M_i (Nm);
M_{\min}	Mindestwert der individuellen Werte M_i (Nm);
$M_{r,\text{test}}$	Bezugswert für das Anziehdrehmoment (Nm) (siehe 8.5.2 b));
s_M	geschätzte Standardabweichung der individuellen Werte M_i (kN);
V_M	Variationskoeffizient der individuellen Werte M_i ;
V_F	Variationskoeffizient der individuellen Werte $F_{b,i}$;
$\theta_{p,i}$	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem die Schraubenkraft das erste Mal den Wert $F_{p,C}$ ($^\circ$) erreicht;
$\theta_{1,i}$	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem die Schraubenkraft den Maximalwert $F_{b,i,\max}$ ($^\circ$) erreicht;
$\theta_{2,i}$	individueller Wert des Drehwinkels θ , bei dem der Versuch beendet wird ($^\circ$);
$\Delta\theta_{1,i}$	individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{1,i} - \theta_{p,i}$) ($^\circ$);

$\Delta\theta_{2,i}$ individuelle Differenz der Drehwinkel ($\theta_{2,i} - \theta_{p,i}$) (°);

$\Delta\theta_{2,\min}$ Mindestwert der Differenz der Drehwinkel $\Delta\theta_{2,i}$, wie in der maßgebenden Produktnorm festgelegt (°).

H.3 Prinzip der Prüfung

In der Prüfung können während des Anziehens die folgenden Parameter ermittelt werden:

- Schraubenkraft;
- Anziehdrehmoment, sofern gefordert;
- relativer Drehwinkel zwischen Mutter und Schraube, falls gefordert.

H.4 Prüfapparat

Die Einrichtung zur Messung der Schraubenkraft darf EN 14399-2 entsprechen oder darf eine andere mechanisch oder hydraulisch wirkende Messeinrichtung, wie z. B. eine Kraftmessdose, sein, vorausgesetzt, dass diese den Festlegungen nach H.8 entspricht. Die Messeinrichtung für die Schraubenkraft muss mindestens einmal jährlich durch eine anerkannte Prüfstelle kalibriert werden (bzw. häufiger, wenn vom Messgerätehersteller empfohlen).

Die im Versuch verwendeten Anziehgeräte müssen den auf der Baustelle eingesetzten Geräten entsprechen. Sie müssen über einen geeigneten Arbeitsbereich verfügen. Handbetriebene oder automatische Dreh-schrauber mit Ausnahme von Schlagschraubern dürfen verwendet werden. Die Genauigkeitsanforderung für die Anziehgeräte beträgt ± 4 % für das Drehmomentverfahren oder ± 10 % für das kombinierte Vorspannverfahren, je nach Anwendungsfall. Das Anziehgerät muss mindestens einmal jährlich kalibriert werden (oder häufiger, wenn vom Hersteller empfohlen).

H.5 Prüfgarnituren

Separate Prüfungen sind an repräsentativen Proben aus jedem Los der betroffenen Garnituren durchzuführen. Prüfgarnituren müssen so ausgewählt werden, dass alle maßgebenden Aspekte ihrer Zustände ähnlich sind.

ANMERKUNG Die Baustellenzustände der Schrauben, insbesondere die Eignung der Schmierung, können sich verändern, 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 jedes Prüfloses bestehen. Die Prüfgarnituren dürfen weder für ergänzende Prüfungen noch im Tragwerk wiederverwendet werden.

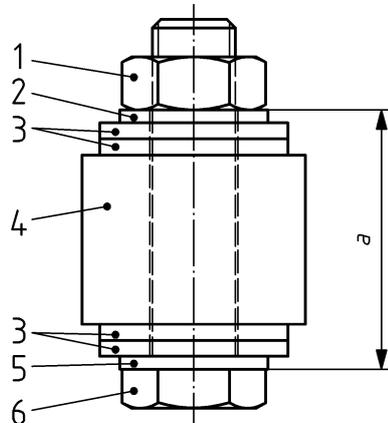
H.6 Prüfaufbau

Der Prüfaufbau (siehe Bild H.1) darf Ausgleichsscheiben, die zur Anpassung an die Messeinrichtung benötigt werden, enthalten.

Die Prüfgarnituren und Ausgleichsscheiben müssen so angeordnet werden, dass:

- der Aufbau der Garnitur ähnlich 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 die Mutter gedreht wird;
- die kleinste in der zutreffenden Produktnorm erlaubte Klemmlänge einschließlich Ausgleichsscheiben und Scheibe(n) eingestellt wird.



Legende

- a Klemmlänge Σt
- 1 Mutter
- 2 Scheibe unter der Mutter, wenn die Mutter gedreht wird
- 3 Ausgleichsscheibe(n)
- 4 Messeinrichtung für die Schraubenkraft
- 5 gefaste Scheibe der Garnitur oder gefaste Ausgleichsscheibe
- 6 Schraubenkopf

Bild H.1 — Typischer Prüfaufbau

H.7 Prüfverfahren

Die Prüfungen dürfen entweder in einem Prüflabor oder anderswo unter geeigneten Bedingungen durchgeführt werden. Dabei muss das gleiche Anziehverfahren wie bei der Ausführung auf der Baustelle verwendet werden.

ANMERKUNG In bestimmten Fällen kann es zweckmäßiger sein, eine Überprüfung, ob Garnituren noch die deklarierten Eigenschaften des Anlieferungszustandes erfüllen, durch den Produkthersteller vornehmen zu lassen.

Es müssen ausreichende Messungen des Anziehdrehmoments, der zugehörigen Schraubenkraft und, sofern gefordert, des zugehörigen Drehwinkels des gedrehten Teils erfolgen, so dass die Auswertung der Prüfergebnisse nach H.8 ermöglicht wird.

Weder der festgehaltene Teil der Garnitur noch die Scheibe unter dem gedrehten Teil dürfen sich während des Anziehens drehen.

Die Grundlage für die Kalibrierung sind die aufgezeichneten Werte des Anziehdrehmoments M_i und der zugehörigen Schraubenkraft $F_{b,i}$, um das Anziehdrehmoment auf einen vorgegebenen Anteil von $F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$ beziehen zu können.

Beim Drehmomentverfahren ist der Versuch zu beenden, sobald eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- a) die Schraubenkraft überschreitet $1,1 F_{p,C}$;
- b) der Drehwinkel der Mutter überschreitet $(\theta_{p,i} + \Delta\theta_1)$ und/oder $(\theta_{p,i} + \Delta\theta_{2,min})$, sofern gefordert;

c) die Schraube versagt durch Bruch.

H.8 Auswertung der Prüfergebnisse

Die Abnahmekriterien für die zulässigen Höchstwerte der Anziehdrehmomente beim kombinierten Vorspannverfahren sind in Tabelle H.1 angegeben, wobei die Messwerte M_i durch Vorspannen einer vorgegebenen Anzahl von Garnituren auf den exakten Wert $0,75 F_{p,C}$ erhalten werden.

Tabelle H.1 — Zulässige Höchstwerte für e_M für das kombinierte Vorspannverfahren

Anzahl (i) der geprüften Garnituren	3	4	5	6
$e_M = (M_{\max} - M_{\min})/M_m$	0,25	0,30	0,35	0,40
Erforderliche Bedingungen für die Prüfeinrichtung: Kalibrierte Kraftmesseinrichtung mit Messunsicherheit $\pm 6\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 3\%$, kalibriertes Anziehgerät mit Genauigkeit $\pm 4\%$, Wiederholbarkeitsfehler $\pm 2\%$.				

Die Abnahmekriterien für das Drehmomentverfahren müssen auf acht gemessenen Anziehdrehmomentwerten M_{1-8} beruhen, die durch Vorspannen eines Satzes von acht Garnituren auf den exakten Wert $1,10 F_{p,C}$ gewonnen wurden.

Das daraus resultierende, auf allen acht Prüfungen basierende Anziehdrehmoment $M_{r,\text{test}}$ für das Vorspannen ist

$$M_{r,\text{test}} = (M_{\max} + M_{\min.})/2 \quad (\text{H.1})$$

mit der zusätzlichen Bedingung, dass

$$(M_{\max.} - M_{\min.}) \leq 0,20 M_{r,\text{test}} \quad (\text{H.2})$$

Als Abnahmekriterien für die Drehwinkel $\Delta\theta_1$ und $\Delta\theta_2$, falls deren Überprüfung gefordert wird, gelten diejenigen aus dem maßgebenden Teil der Normenreihe EN 14399 für die Verbindungsmittel des geprüften Garniturenloses.

ANMERKUNG 1 Die Drehwinkel $\Delta\theta_1$ und $\Delta\theta_2$ sind in EN 14399-2:2015, Bild 2, dargestellt.

Werden die Drehwinkel überprüft, dann muss die maximale Schraubenkraft (d. h. die zum Winkel $\Delta\theta_1$ zugehörige Schraubenkraft) 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.

Die Abnahmekriterien für das Verfahren für HRC-Schrauben müssen auf den Vorspannkraften von acht Schrauben beim Versagen der Abscherenden basieren.

Es gelten die folgenden Anforderungen:

- individueller Wert für $F_b \geq F_{p,C}$;
- Mittelwert $F_m \geq 1,1 F_{p,C}$;
- Variationskoeffizient für $F_{b,i}$ $V_F \leq 0,06$.

Die Abnahmekriterien für das Verfahren mit direkten Kraftanzeigern (DTI) müssen auf der Messung der Vorspannkraft an acht Schrauben, wenn die Verformungen der Überstände die in EN 14399-9 angegebenen Werte gerade erreicht haben, basieren.

Die folgende Anforderung gilt für alle acht Prüfwerte für $F_{b,i}$:

$$F_{p,C} \leq F_{b,i} \leq 1,2 F_{p,C}$$

ANMERKUNG 2 Die Werte für $F_{p,C}$ sind in Tabelle 18 angegeben.

H.9 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss mindestens die nachfolgenden Angaben enthalten:

- Datum der Prüfungen;
- Identifikationsnummer des Garniturenloses oder des erweiterten Garniturenloses;
- Anzahl der geprüften Garnituren;
- Bezeichnung der Verbindungselemente;
- Kennzeichnung der Schrauben, Muttern und Scheiben;
- Oberflächenüberzug bzw. -beschichtung oder Oberflächenbehandlung und Schmierungszustand; falls zutreffend, Beschreibung von Modifikationen der Oberflächen aufgrund baustellenbedingter Einwirkungen;
- Klemmlänge in der Prüfung;
- Details des Prüfaufbaus und der Einrichtungen zur Messung von Schraubenkraft und Anziehdrehmoment;
- Bemerkungen hinsichtlich der Prüfdurchführung (einschließlich Angaben über besondere Prüfbedingungen und -abläufe, wie z. B. schraubenkopfseitiges Anziehen);
- Prüfergebnisse nach diesem Anhang;
- Festlegungen für die Schraubenvorspannung in Bezug auf das geprüfte Prüflos;
- Kalibrierzertifikate für Anziehgeräte und kalibrierte Messeinrichtungen für die Schraubenkraft.

Der Prüfbericht muss unterzeichnet und datiert sein.

Anhang I (informativ)

Bestimmung der Vorspannkraftverluste bei dicken Oberflächenbeschichtungen

I.1 Allgemeines

Bei vorgespannten Schraubenverbindungen mit Kontaktflächen, auf denen die aufgebrauchte Beschichtung je Oberfläche dicker als 100 µm ist oder aus einem besonders kriechanfälligen Material besteht, sollte der mögliche Vorspannkraftverlust überprüft werden.

Je nach Anwendungsfall darf Tabelle I.1 als Bezugsbasis verwendet werden, um die Eignung der Beschichtung zu überprüfen und den möglichen Vorspannkraftverlust abzuschätzen. Die in Tabelle I.1 verwendeten Bezeichnungen der Beschichtungssysteme entsprechen den in EN ISO 12944-5 festgelegten. Tabelle I.1 unterstellt, dass drei beidseitig beschichtete Stahlteile durch vorgespannte Verbindungselemente zusammengezogen werden (d. h. es werden sechs beschichtete Oberflächen zusammengepresst, einschließlich der Außenflächen unter den Scheiben oder Muttern oder Schraubenköpfen). Tabelle I.1 setzt ferner voraus, dass die Trockenschichtdicken (DFT) auf den geprüften Stahlteilen innerhalb des Bereichs „Nenn-DFT $\pm 20\%$ “ liegen.

ANMERKUNG 1 Die maximale DFT von $1,2 \times \text{NDFT}$ ist eine restriktivere Grenze als die in F.7.2 festgelegte Grenze.

Andernfalls kann eine Prüfung nach I.2 durchgeführt werden. Der Zweck jener Prüfung ist es, einen Bezug des Vorspannkraftverlustes zur maximal zulässigen Dicke der Beschichtungen herzustellen.

Die Prüfung hat nicht den Zweck, die Auswirkungen einer Beschichtung auf den Stoßflächen einer gleitfesten vorgespannten Verbindung auf die Haftreibungszahl festzustellen.

ANMERKUNG 2 Ein möglicher Verlust der Vorspannkraft von nicht mehr als 10 % ist in den in 8.5 festgelegten Anziehverfahren berücksichtigt.

Tabelle I.1 — Möglicher Vorspannkraftverlust durch Beschichtungen/Beschichtungssysteme auf vorgespannten Kontaktflächen

Beschichtung/Beschichtungssystem (siehe EN ISO 12944-5 für vollständige Systemangaben)	Systembezug in EN ISO 12944-5	Möglicher Vorspannkraftverlust
Feuerverzinkt nach EN ISO 1461, ohne zusätzliche Beschichtung	entfällt hier als Referenzwert aufgeführt	Vorspannkraftverlust $\leq 10\%$ In allen vorgespannten Schraubverbindungen geeignet ^{a, b}
Alkalimetall-Zink-Silicat- Grundbeschichtung	entfällt	Vorspannkraftverlust $\leq 10\%$ In allen vorgespannten Schraubverbindungen geeignet ^{a, b}
Einschichtige 2K-EP- oder -PUR- Beschichtung mit Zn(R)	A 3.10	Vorspannkraftverlust $\leq 10\%$ In allen vorgespannten Schraubverbindungen geeignet ^{a, b}
Mehrschichtige 1K- PUR- Beschichtungssysteme mit Zn(R)	A 3.11 A 4.13 A 4.14 A 4.15	Vorspannkraftverlust $\leq 30\%$. In Schraubverbindungen der Kategorien A und D nach EN 1993-1-8, die aus Gründen der Gebrauch- tauglichkeit vorgespannt sind (z. B. Dauerhaftigkeit oder Minimierung der Verformung) geeignet
PVC/PVC-Kombinationsbeschichtungen mit beliebig dicken AK- oder AY-Hydro- Schichten mit Gesamtdicken von mehr als 120 μm	entfällt	Vorspannkraftverlust $> 30\%$. Für Bauteile mit vorgespannten Verbindungen nicht geeignet
<p>^a Zur Eignung für Reibflächen, siehe Tabelle 17.</p> <p>^b In Schraubverbindungen der Kategorie B, C und E nach EN 1993-1-8 kann es notwendig sein, die Bemessung mit $0,9 F_{p,C}$ durchzuführen oder (im Falle des Drehmomentverfahrens) Vorspannkraft und Schraubengarnituren, die nach ein paar Tagen nachgezogen werden können, festzulegen.</p>		

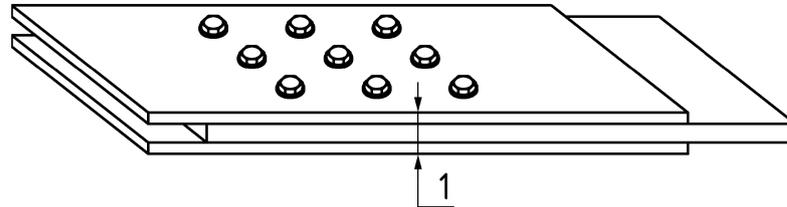
I.2 Prüfdurchführung

Bei Beschichtungen/Beschichtungssystemen, die nicht in Tabelle I.1 aufgeführt sind, oder falls mehr als zwei beschichtete Stahlteile zusammengedrückt werden, sollten Verfahrensprüfungen durchgeführt werden, um den möglichen Verlust der Vorspannkraft zu ermitteln.

Wenn mehr als drei Stahlteile oder beschichtete Futterbleche verwendet werden, kann der mögliche Verlust auf Basis von Tabelle I.1 bestimmt werden, sofern die tatsächliche Gesamtanzahl der beschichteten Oberflächen, die von der vorgespannten Verbindung erfasst werden, berücksichtigt wird.

Die folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

- a) die Probekörper sollten aus 2 Blechen à 170 mm × 170 mm × 10 mm und 1 Blech à 170 mm × 170 mm × 20 mm mit 9 gleichmäßig verteilten Löchern mit einem Durchmesser von 18 mm bestehen (siehe Bild I.1);



Legende

- 1 Klemmlänge

Bild I.1 — Beispiel für Probekörper

- b) die Bleche müssen auf beiden Seiten mit dem Beschichtungssystem beschichtet werden;
- c) die Blechpakete sollten mit Hilfe von 9 M16 × 70 mm Schraube/Mutter/Unterlegscheiben-Garnituren vorgespannt werden, die nach EN ISO 10684 feuerverzinkt sind;
- d) die Garnituren sollten entsprechend dem zutreffenden der in 8.5 gegebenen Verfahren vorgespannt werden;
- e) der Vorspannkraftverlust sollte basierend auf der Längenänderung der Klemmlänge der Schraubgarnitur über einen Zeitraum von mindestens 30 Tagen ermittelt werden.

Die Ergebnisse der Prüfung sollten dokumentiert werden.

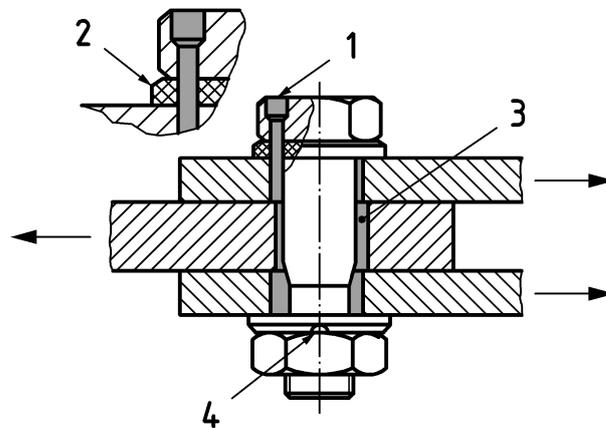
Anhang J (informativ)

Harz-Injektions-Schrauben

J.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält Angaben zur Lieferung und zum Einsatz von Harz-Injektions-Schrauben.

Injektions-Schrauben dürfen je nach Festlegung in nicht vorgespannten oder in 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 J.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 J.1 — Injektions-Schraube in einer zweiseitigen Verbindung

Injektions-Schrauben sollten aus Werkstoffen nach Abschnitt 5 hergestellt und in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 eingesetzt werden, ergänzt durch die Empfehlungen in diesem Anhang.

ANMERKUNG Weitergehende Angaben enthält ECCS No. 79.

J.2 Lochmaße

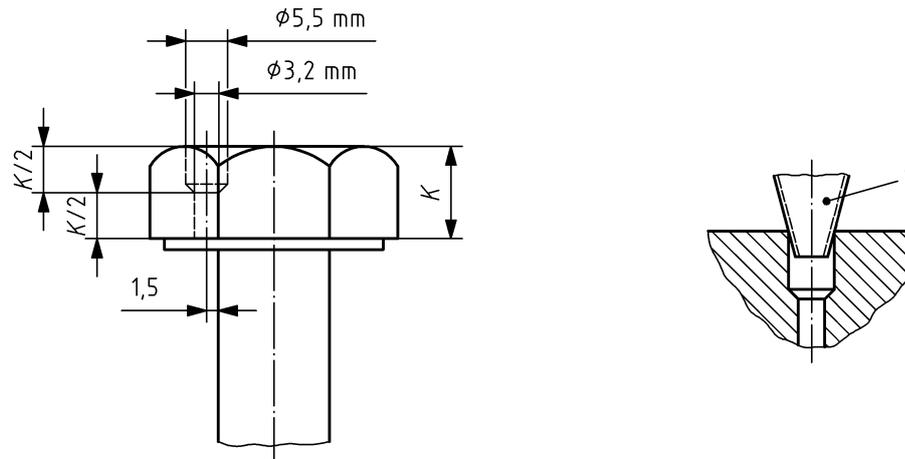
Das Nennspiel der Schraubenlöcher sollte 3 mm betragen. Für Schrauben kleiner als M27 darf das Spiel auf 2 mm abgemindert werden, entsprechend der Festlegung in 6.6 für normal runde Löcher.

J.3 Schrauben

Der Kopf der Schraube sollte mit einer Bohrung der Lage und Maß nach Bild J.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 J.2 — Bohrung im Kopf der Schraube

J.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 J.3 a) oder J.3 b) bearbeitet sein, in denen die Maße in Millimetern sind.

Maße in Millimeter

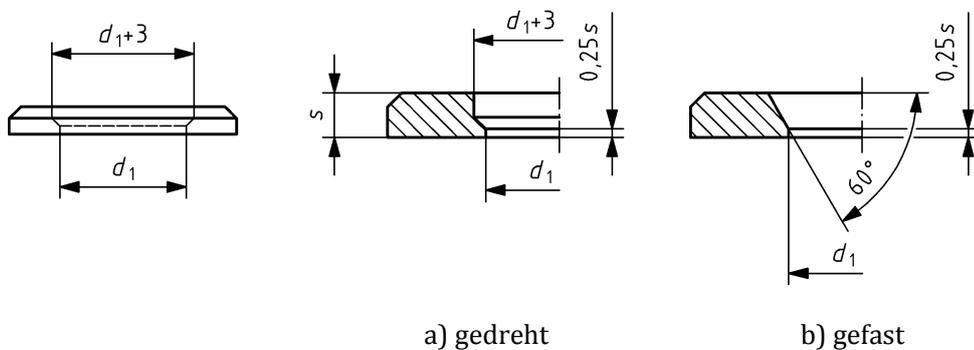
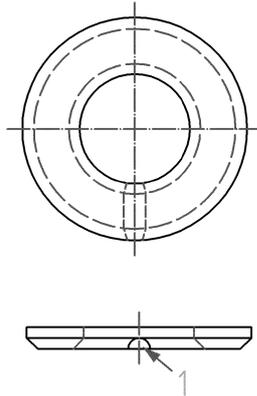


Bild J.3 — Vorbereitung der Scheibe zum Einsatz unter dem Schraubenkopf

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 J.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 J.4 — Vorbereitung der Scheibe zum Einsatz unter der Mutter

J.5 Muttern

Es kann angenommen werden, dass die Muttern durch das Harz ausreichend gesichert sind.

J.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.

J.7 Anziehen

Das Anziehen der Schrauben sollte in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 ausgeführt sein, bevor das Injektionsverfahren begonnen wird.

J.8 Installation

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, kann Modellier-ton 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 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.

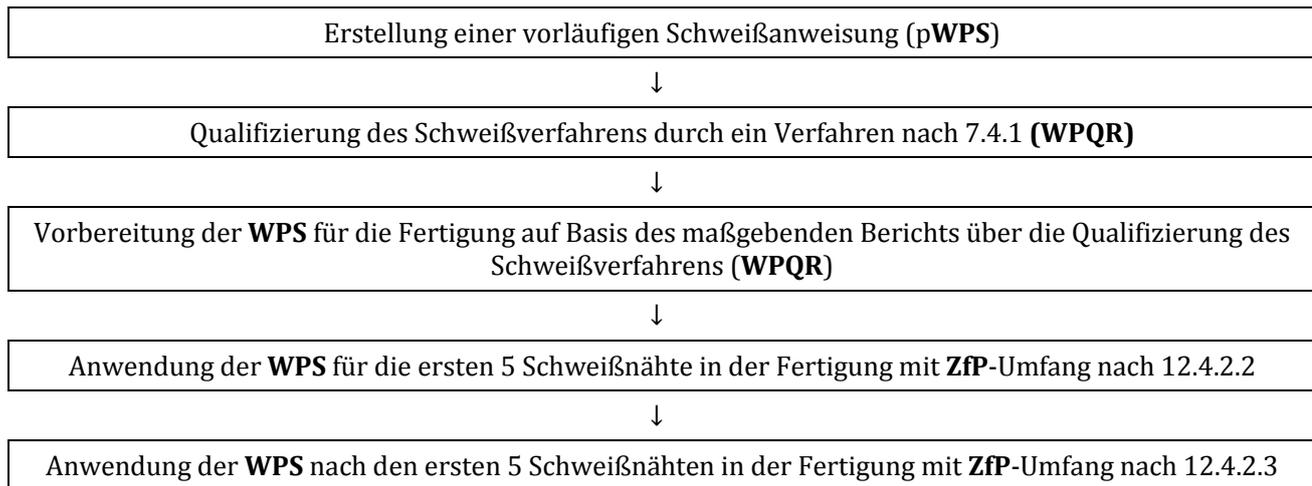
Erwärmen nach der Injektion ist zulässig, um nötigenfalls die Aushärtezeit zu verringern.

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, kann die Verbindung bis zu maximal 50 °C erwärmt werden, nachdem die Verarbeitungszeit verstrichen ist.

Anhang K (informativ)

Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer Schweißanweisung (WPS)

Tabelle K.1 — Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS



Anhang L (informativ)

Leitfaden für die Auswahl von Schweißnahtklassen

L.1 Allgemeines

Die Festlegung der Ausführungsklasse EXC allein reicht oft nicht aus, um bei den Abnahmekriterien und dem Umfang der Inspektionen zwischen Schweißnähten/Konstruktionsdetails unterschiedlicher Wichtigkeit oder Kritikalität zu unterscheiden. Dies kann zu Folgendem führen:

- a) die Abnahmekriterien können zu streng für Schweißnähte werden, die nicht wichtig sind;
- b) der Umfang der festgelegten Inspektion kann zu groß für Schweißnähte werden, die nicht wichtig sind;
- c) die festgelegte Inspektion kann die kritischen Stellen übersehen.

Die Anwendung von Schweißnahtklassen (WIC, en. Welding Inspection Classes) kann nützlich sein, um die Art und den prozentualen Umfang der ergänzenden Prüfungen entsprechend der Kritikalität der Schweißnaht zu steuern. Dies kann sowohl aus sicherheitstechnischer als auch wirtschaftlicher Sicht vorteilhaft sein, da unnötige Inspektionen und Reparaturen vermieden werden können.

Die anfängliche Auswahl einer Schweißnahtklasse sollte die Wahrscheinlichkeit berücksichtigen, mit der Fehler bei bestimmten Schweißkonfigurationen auftreten können (z. B. Nähte, die unter schwierigen Bedingungen wie Überkopf-Schweißen oder Baustellen-Schweißen ausgeführt werden müssen, oder Nähte für Montagehilfen). Später kann dann die Schweißnahtklasse, basierend auf der Erfahrung aus der laufenden Fertigung, entweder reduziert oder beibehalten werden. Diese Erfahrung sollte für jedes Schweißverfahren und jeden Fertigungsort einzeln überprüft werden.

L.2 Auswahlkriterien

Bei Anwendung von Schweißnahtklassen enthält Tabelle L.1 Hinweise für eine systematische Vorgehensweise zur Auswahl der Klasse; diese Tabelle beruht auf folgenden Auswahlkriterien:

- a) Auftreten von **Ermüdung**;
- b) **Folgen** für das Tragwerk bei Versagen der Naht;
- c) Richtung, Art und Höhe der **Spannungen**.

Tabelle L.1 — Hinweise für eine Vorgehensweise zur Auswahl der Schweißnahtklasse

Grad der Ermüdungsbeanspruchung ^a	Folgen des Versagens der Verbindung oder des Bauteils ^c	Spannung in der Schweißnaht ^b	Schweißnahtklasse (WIC)
Hohe Ermüdungsbeanspruchung	erheblich ^b	Schweißnähte mit dynamischer Hauptspannung quer zur Naht (zwischen 45° und 135°)	WIC5
		Schweißnähte mit dynamischer Hauptspannung in Richtung der Naht (zwischen -45° und +45°)	WIC4
	unerheblich ^c	Schweißnähte mit dynamischer Hauptspannung quer zur Naht (zwischen 45° und 135°)	WIC3
		Schweißnähte mit dynamischer Hauptspannung in Richtung der Naht (zwischen -45° und +45°)	WIC2
Keine Ermüdung (d. h. quasi-statisch) oder geringe Ermüdungsbeanspruchung	erheblich ^b	Schweißnähte mit hohen ^d Zugspannungen quer zur Naht	WIC5
		Schweißnähte mit niedrigen Zugspannungen quer zur Naht und/oder hohen ^d Schubspannungen	WIC4
	unerheblich ^c	Schweißnähte in EXC3 oder EXC4 mit hohen ^d Zugspannungen quer zur Naht	WIC3
		Alle anderen tragenden Schweißnähte mit Ausnahme derer in EXC1	WIC2
		Schweißnähte in EXC1 und nichttragende Schweißnähte	WIC1

^a Geringe Ermüdungsbeanspruchung bedeutet Verbindungen mit berechneter Ermüdungslebensdauer von mehr als dem vierfachen der geforderten Lebensdauer.

^b Erhebliche Folgen bedeutet, dass das Versagen der Verbindung oder des Bauteils Folgendes nach sich zieht:

- möglicher Verlust mehrerer Menschenleben; und/oder;
- hohe Umweltverschmutzung; und/oder;
- schwerwiegende finanzielle Folgen.

^c Die Folgen dürfen als unerheblich bewertet werden, wenn das Tragwerk mit hinreichender Restfestigkeit ausgestattet wurde, um festgelegte außergewöhnliche Einwirkungen aufnehmen zu können.

^d Hohe Spannungen sind (quasi-)statische Spannungen, die 50 % der Zug- oder Schubtragfähigkeit der Schweißnähte überschreiten, je nach Anwendungsfall. Für niedrige Spannungen gilt das Umgekehrte. Besondere Aufmerksamkeit sollte auch der Auswahl der Schweißnahtklasse in den Fällen gewidmet werden, in denen die Hauptspannung in der Dickenrichtung des Grundwerkstoffes wirkt.

L.3 Umfang der ergänzenden Prüfungen

Tabelle L.2 legt den Umfang und die Verfahren der ergänzenden Prüfungen für die Schweißnahtklassen fest.

Tabelle L.2 — Umfang der ergänzenden Prüfungen entsprechend WIC

Schweißnahtklasse (WIC)	Art der Schweißverbindung	RT	UT	MT/PT
WIC5	Vollständig durchgeschweißte „Geradeaus“- Stumpfnah	10	100	100
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnah	0	100	100
	Teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte mit einer Schweißtiefe von mehr als 12 mm	0	20	100
	Andere teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte und alle Kehlnähte	0	0	100
WIC4	Vollständig durchgeschweißte „Geradeaus“- Stumpfnah	5	50	100
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnah	0	50	100
	Teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte mit einer Schweißtiefe von mehr als 12 mm	0	10	100
	Andere teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte und alle Kehlnähte	0	0	100
WIC3	Vollständig durchgeschweißte „Geradeaus“- Stumpfnah	0	20	20
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnah	0	20	20
	Teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte mit einer Schweißtiefe von mehr als 12 mm	0	5	20
	Andere teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte und alle Kehlnähte	0	0	20
WIC2	Vollständig durchgeschweißte „Geradeaus“- Stumpfnah	0	10	10
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnah	0	10	10
	Teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte mit einer Schweißtiefe von mehr als 12 mm	0	5	5
	Andere teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte und alle Kehlnähte	0	0	5
WIC1	Alle Nahtarten	0	0	0

Anhang M (normativ)

Sequentielles Verfahren zur Inspektion von Verbindungsmitteln

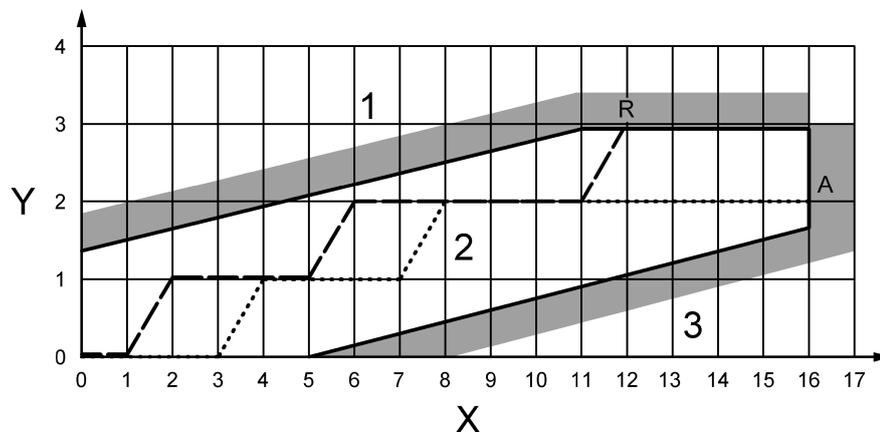
M.1 Allgemeines

Das sequentielle Verfahren zur Inspektion von Verbindungsmitteln muss nach den Prinzipien von ISO 2859-5 durchgeführt werden, deren Zweck die Angabe von Regeln für die schrittweise Beurteilung von Inspektionsergebnissen ist.

ISO 2859-5 enthält zwei Verfahren zur Festlegung sequentieller Stichprobenpläne: ein numerisches Verfahren und ein grafisches Verfahren. Das grafische Verfahren wird zur Inspektion von Verbindungsmitteln angewandt.

Beim grafischen Verfahren (siehe Bild M.1) beschreibt die horizontale Achse die Anzahl der inspizierten Verbindungsmittel und die vertikale Achse die Anzahl der fehlerhaften Verbindungsmittel.

Die Linien in der Grafik legen drei Bereiche fest: den Annahmehereich, den Rückweisungsbereich und den Unbestimmtheitsbereich. Solange das Inspektionsergebnis im Unbestimmtheitsbereich liegt, wird die Inspektion fortgesetzt, bis die fortschreitende Aufzeichnung entweder im Annahmehereich oder im Rückweisungsbereich mündet. Annahme bedeutet, dass eine Fortsetzung der Stichprobeninspektion nicht erforderlich ist. Zwei Beispiele sind nachfolgend gegeben.



Legende

X	Anzahl inspizierter Verbindungsmittel	BEISPIELE:	
Y	Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel	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“.
1	Rückweisungsbereich	Gepunktete Linie:	Das vierte und das achte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Die Inspektion wird fortgesetzt, bis die vertikale Begrenzungslinie gekreuzt wird. Das Ergebnis lautet „Annahme“.
2	Unbestimmtheitsbereich		
3	Annahmehereich		

Bild M.1 — Beispiel für das sequentielle Inspektionsdiagramm

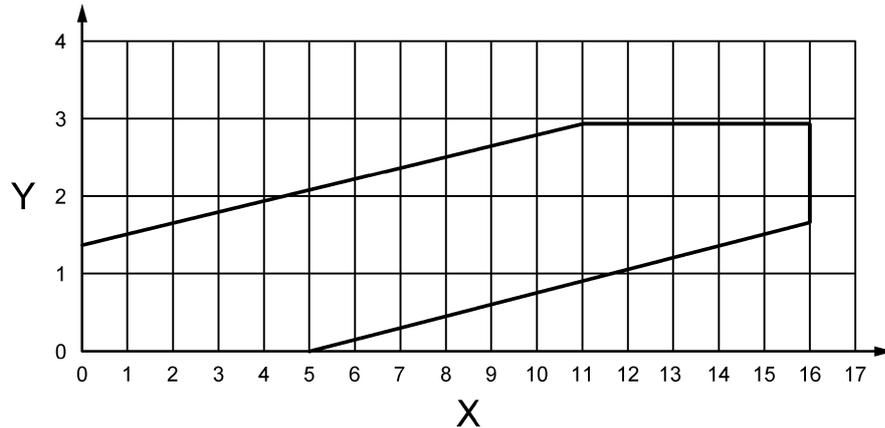
M.2 Anwendung

Die folgenden Diagramme, Bild M.2 (sequentieller Typ A) und Bild M.3 (sequentieller Typ B), gelten je nach den vorliegenden Gegebenheiten.

a) Sequentieller Typ A:

Mindestanzahl zu inspizierender Verbindungsmittel: 5

Maximalanzahl zu inspizierender Verbindungsmittel: 16



Legende

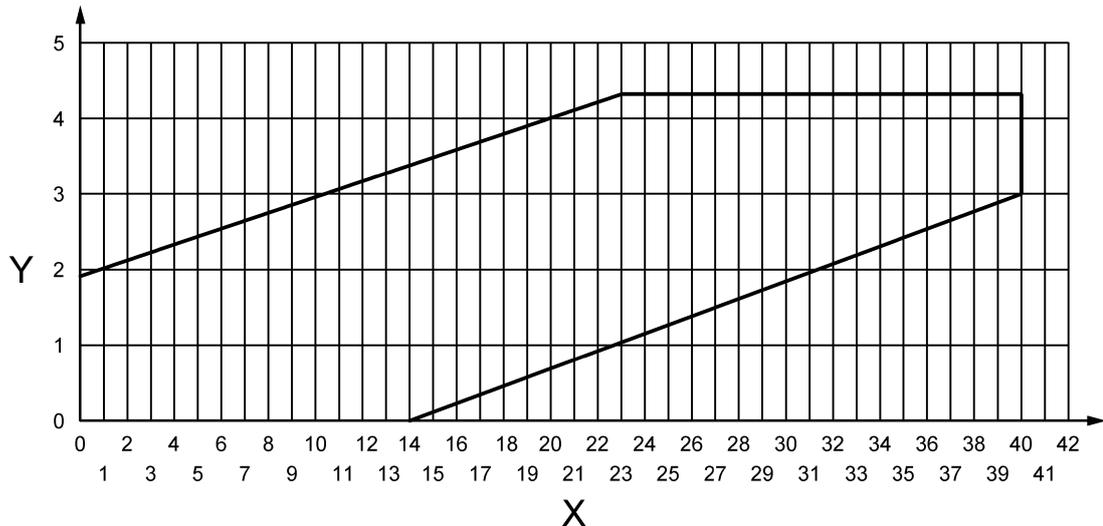
X Anzahl inspizierter Verbindungsmittel
Y Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel

Bild M.2 — Sequentieller Typ A

b) Sequentieller Typ B:

Mindestanzahl zu inspizierender Verbindungsmittel: 14

Maximalanzahl zu inspizierender Verbindungsmittel: 40



Legende

X Anzahl inspizierter Verbindungsmittel
Y Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel

Bild M.3 — Sequentieller Typ B

Literaturhinweise

- [1] EN 508-1, *Dachdeckungs- und Wandbekleidungsprodukte aus Metallblech — Spezifikation für selbsttragende Dachdeckungsprodukte aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 1: Stahl*
- [2] EN 508-3, *Dachdeckungsprodukte aus Metallblech — Festlegungen für selbsttragende Bedachungselemente aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 3: Nichtrostender Stahl*
- [3] EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*
- [4] EN 1993-1-1:2005, *Eurocode 3 — Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*
- [5] EN 1993-1-11, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit Zuggliedern aus Stahl*
- [6] EN 1993-5, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 5: Pfähle und Spundwände*
- [7] EN 1994 (alle Teile), *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton*
- [8] EN 10020, *Begriffsbestimmungen für die Einteilung der Stähle*
- [9] EN 10027-1, *Bezeichnungssysteme für Stähle — Teil 1: Kurznamen*
- [10] EN 10027-2, *Bezeichnungssysteme für Stähle — Teil 2: Nummernsystem*
- [11] EN 10079, *Begriffsbestimmungen für Stahlerzeugnisse*
- [12] EN 10162, *Kaltprofile aus Stahl — Technische Lieferbedingungen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*
- [13] EN 12063, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Spundwandkonstruktionen*
- [14] EN 12699, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Verdrängungspfähle*
- [15] EN 13438, *Beschichtungsstoffe — Pulverbeschichtungen für feuerverzinkte oder sherardisierte Stahlerzeugnisse für Bauzwecke*
- [16] EN 14199, *Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Mikropfähle*
- [17] EN 15773, *Industrielle Pulverbeschichtung von feuerverzinkten und sherardisierten Stahlartikeln [Duplex-Systeme] — Spezifikationen, Empfehlungen und Leitlinien*
- [18] EN ISO 2320, *Mechanische Verbindungselemente — Muttern aus Stahl mit Klemmteil — Funktionelle Eigenschaften (ISO 2320)*
- [19] EN ISO 4628 (alle Teile), *Beschichtungsstoffe — Beurteilung von Beschichtungsschäden — Bewertung der Menge und der Größe von Schäden und der Intensität von gleichmäßigen Veränderungen im Aussehen*

- [20] EN ISO 7040, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz) — Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7040)*
- [21] EN ISO 7042, *Hohe Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern) — Festigkeitsklassen 5, 8, 10 und 12 (ISO 7042)*
- [22] EN ISO 7719, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern) — Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7719)*
- [23] EN ISO 9000, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe (ISO 9000)*
- [24] EN ISO 10511, *Niedrige Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz) (ISO 10511)*
- [25] EN ISO 13920, *Schweißen — Allgmeintoleranzen für Schweißkonstruktionen — Längen- und Winkelmaße; Form und Lage (ISO 13920)*
- [26] EN ISO 17663, *Schweißen — Qualitätsanforderungen zur Wärmebehandlung beim Schweißen und bei verwandten Prozessen (ISO 17663)*
- [27] EN ISO/IEC 17020, *Konformitätsbewertung — Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen*
- [28] EN ISO/IEC 17024, *Konformitätsbewertung — Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Personen zertifizieren*
- [29] CEN ISO/TR 3834-6, *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen — Teil 6: Richtlinie zur Einführung von ISO 3834 (ISO/TR 3834-6)*
- [30] ISO 1803, *Building construction — Tolerances — Expression of dimensional accuracy — Principles and terminology*
- [31] ISO 3443-1, *Tolerances for building — Part 1: Basic principles for evaluation and specification*
- [32] ISO 3443-2, *Tolerances for building — Part 2: Statistical basis for predicting fit between components having a normal distribution of sizes*
- [33] ISO 3443-3, *Tolerances for building — Part 3: Procedures for selecting target size and predicting fit*
- [34] ISO 7976-1, *Tolerances for building — Methods of measurement of buildings and building products — Part 1: Methods and instruments*
- [35] ISO 7976-2, *Tolerances for building — Methods of measurement of buildings and building products — Part 2: Position of measuring points*
- [36] ISO 10005, *Quality management systems — Guidelines for quality plans*
- [37] ISO 17123, *Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments*
- [38] ASTM A325, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*
- [39] BCSA and Galvanizers Association Publication No. 40/05 — *Galvanized structural steelwork — An approach to the management of liquid metal assisted cracking; 2005*
- [40] DASt-Ri 022 — *Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen*

- [41] ECCS No. 79, *European recommendations for bolted connections with injection bolts; August 1994*
- [42] EGGA Guidance Document — *Controlling liquid metal assisted cracking during galvanizing of constructional steelwork (2014)*
- [43] JRC Scientific and technical reports — *Hot-dip-zinc-coating of prefabricated structural steel components*
- [44] ISO/TR 20172, *Welding — Grouping systems for materials — European materials*
- [45] ISO/TR 20173, *Welding — Grouping systems for materials — American materials*
- [46] ISO/TR 20174, *Welding — Grouping systems for materials — Japanese materials*
- [47] EN 1991-1-6, *Eurocode 1 — Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen, Einwirkungen während der Bauausführung*
- [48] EN ISO 16228, *Mechanische Verbindungselemente — Arten von Prüfbescheinigungen (ISO 16228)*