Niedersächsisches
Ministerialblatt

71. (76.) Jahrgang | Hannover, den 21. 6. 2021 | Nummer 23 b

ANLAGENBAND 2

zur

Verwaltungsvorschrift
Technische Baubestimmungen (VV TB)
— Fassung Juni 2021 —

DIN EN 1090-2

DIN EN 1090-4

DIN 4108-3

DIN EN 12716

DIN 18008-6

Die hier abgedruckten Technischen Baubestimmungen sind nur in Verbindung mit dem RdErl. des MU vom 14. 6. 2021 (Nds. MBl. S. 1030) zu verwenden.

Inhalt:

— DIN EN 1090-2: Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2018 1

— DIN 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; Deutsche Fassung EN 1090-4:2018 215

— DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz — Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung 313

— DIN EN 12716: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Düsenstrahlverfahren; Deutsche Fassung EN 17216:2018 389

— DIN 18008-6: Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln — Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen 429

DEUTSCHE NORM **September 2018**

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)

DIN EN 1090-2:2018-09

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

DIN EN 1090-2:2018-09

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*

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 1090-2

Juni 2018

ICS 91.080.13

Ersatz für EN 1090-2:2008+A1:2011

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

© 2018 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1090-2:2018 D

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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

4

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 R_{Z5} ... 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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 nichtrostenden 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 Baustahlsorten 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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle*

EN 10025-5, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

EN 10025-6, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen — Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse 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 Formtoleranzen*

EN 10058, *Warmgewalzte Flachstäbe aus Stahl für allgemeine Verwendung — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*

EN 10059, *Warmgewalzte Vierkantstäbe aus Stahl für allgemeine Verwendung — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*

EN 10060, *Warmgewalzte Rundstäbe aus Stahl — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*

EN 10061, *Warmgewalzte Sechskantstäbe aus Stahl — Maße, Formtoleranzen und Grenzabmaße*

EN 10080, *Stahl für die Bewehrung von Beton — Schweißgeeigneter Betonstahl — Allgemeines*

EN 10088-1, *Nichtrostende Stähle — Teil 1: Verzeichnis der nichtrostenden Stähle*

EN 10088-4:2009, *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 aufgebrachte 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 zusammengefügten 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 Produktionsprüfstopps 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 Schweißeignung 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 Je nach Anwendungsfall	EN 10365	EN 10034
Warmgewalzte I-Profile mit geneigten inneren Flanschflächen		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		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 schmelztauch-veredeltes 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 Oberflächenungänzen 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 x %Cr + 3,3 x %Mo + 16 x %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: ≥ 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 aufgebrachte 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 14399-8 EN 14399-10	EN 14399-5 EN 14399-6

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 Verpressfugennenndicke 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

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 Profilblechen 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 Mindesttiefe 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 ≥ 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 Leitfaden 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 ($T > 580$ °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 Kornvergröberungen 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 Wärmeeinbringung 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 geglühten 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 Profilbleche anderweitig festgelegt:

g) Kaltgeformte Profile dürfen je nach Eignung des verwendeten Werkstoffs durch Kröpfen, Biegen oder Falzen umgeformt werden;

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

   1) die Oberflächenbeschichtungen und die Profilgenauigkeit dürfen nicht beeinträchtigt werden;

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 Querschnittseigenschaften (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 verschiebliche 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 Schraubennenndurchmesser bei runden Löchern;

b) die Differenz zwischen der Lochlänge oder -breite und dem Schraubennenndurchmesser 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 mm/+0,5 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.

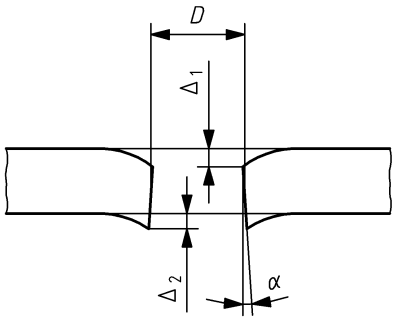
Stimmt der Prozess nicht mit den Anforderungen überein, darf er so lange nicht eingesetzt werden, bis er korrigiert wurde. Er darf für einen eingeschränkten Bereich von Ausgangsprodukten und Lochabmessungen eingesetzt werden, bei denen einwandfreie Ergebnisse erzielt werden.

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 (Δ_1 oder Δ_2) ≤ max ($D/10$; 2 mm)

$\alpha \leq 4°$ (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 Lochen 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 Stumpfnaht 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 ≥ 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 ≥ 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 $\geq 0{,}8\,R_{\mathrm{m}}$ 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 (Nenndicke + 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 ≤ 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
Ordnungs-nummer	Liste der Prozesse		
21 22 23	Widerstandspunktschweißen Rollennahtschweißen Buckelschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-12
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 blecheben 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 Schweißeignung.

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 Überstimmung 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 Stutzen, 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 ≥ S355 einer ZfP zu unterziehen. Sofern nichts anderes festgelegt wurde, sind Abhobeln und Abmeißeln bei Stahlsorten ≥ 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 $a = a_{\mathrm{nom}} + 0{,}7\ h$ 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.

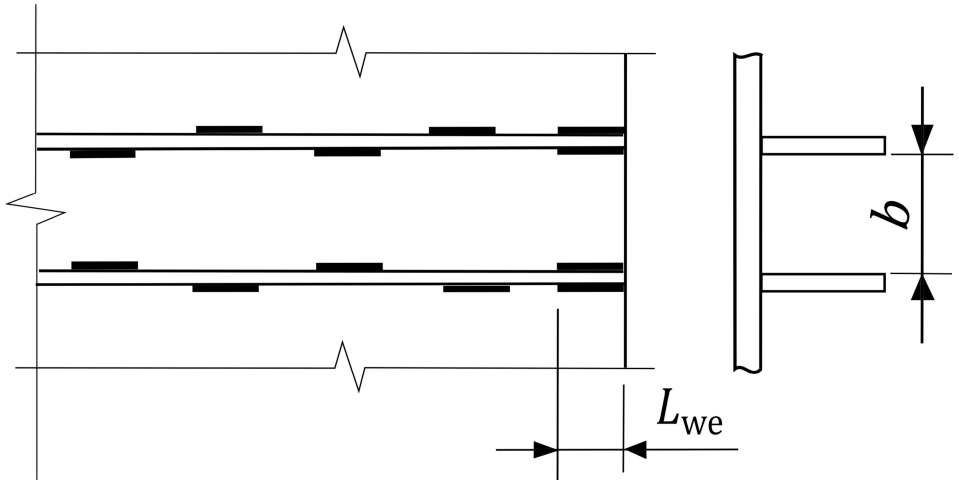
Die Mindestlänge einer Lage einer Kehlnaht, ausgenommen Endumschweißungen, muss mindestens das Vierfache der Schenkellänge der Schweißnaht betragen[N2)].

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 Schweißeignung 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. Heftnähte müssen in den Stumpfnähten einbezogen sein.

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

7.5.9.3 Ausfugen

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 Stumpfnaht), 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 ≥ 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 ≥ 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 ECX3 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.

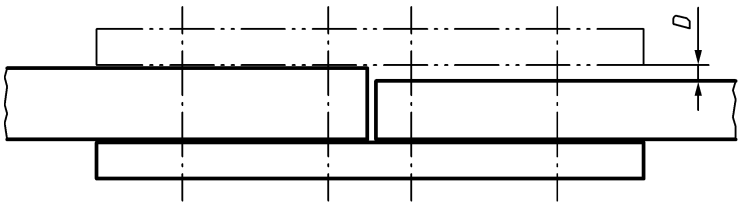


Bild 3 — Dickenunterschied von Bauteilen in der gleichen Lage

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 Schraubenschafts 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]	Haftreibungs-zahl 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 spritzaluminiert 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:

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

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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	*k*-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 Vorspannkräfte zu erzielen.

Verwendete Anziehgeräte müssen bei allen Anziehschritten des Drehmomentverfahrens eine Genauigkeit von ± 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 ± 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) $M_{r,2} = k_m \, d \, F_{p,C}$ mit k_m für *k*-Klasse K2;

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

b) Werte, ermittelt nach Anhang H:

   $M_{r,test} = M_m$, 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. Schlagschrauber dürfen nur für den ersten Anziehschritt für jede Schraube eingesetzt werden.

Das Anziehmoment muss kontinuierlich und gleichmäßig aufgebracht werden.

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

a) erster Anziehschritt: Der Drehschrauber ist auf ein Anziehmoment von etwa $0{,}75 \, M_{r,i}$ einzustellen, wobei $M_{r,i} = M_{r,2}$ oder $M_{r,test}$ 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 $M_{r,test}$ 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 $V_{k,tools}$. Siehe EN 14399-1 hinsichtlich der Variationskoeffizienten V_k und V_{Fr}. $V_{k,tools}$ 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

Festigkeitsklasse	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)

Gesamtnenndicke „t" der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) d **= 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 selbstregelnd 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 Schraubengarnituren 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 Schraubengarnituren 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.

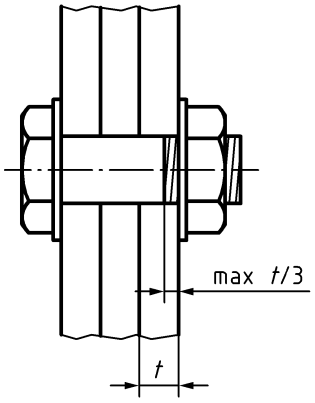


Bild 4 — Gewindeanteil des Schraubenschaftes im auf Lochleibung beanspruchten Blech bei Passschrauben

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

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

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

Die Verfahren sollten mit spezifischen Arbeitsanweisungen gekoppelt werden.

Die Montageanweisung muss alle in 9.3.1 genannten, zutreffenden Elemente 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 Umkippkräften, 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 Ausgleichsmuttern auf den Ankerschrauben verwendet, dürfen diese an Ort und Stelle verbleiben, sofern nichts anderes festgelegt wird. Die Muttern müssen so gewählt werden, dass sichergestellt ist, dass die Standsicherheit des teilerrichteten Tragwerks aufrechterhalten bleibt, ohne dabei die 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 Montagelasten, 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 Tragwerkseigenschaften im Bauzustand oder im Endzustand nicht beeinträchtigen. Diese Arbeiten dürfen auf der Baustelle ausgeführt werden. Bei Tragwerken aus geschweißten Fachwerkbauteilen und räumlichen Konstruktionen muss darauf geachtet werden, dass sichergestellt ist, dass diese bei dem Versuch, die Passung gegen deren Eigensteifigkeit zu erzwingen, nicht durch übermäßige Kräfte überbeansprucht werden.

Sofern 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.

Fertiggestelle 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:

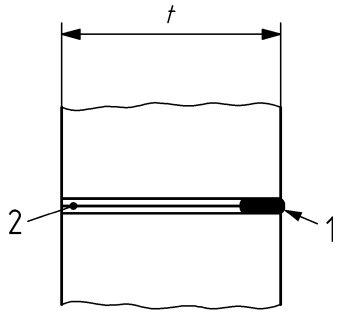
a) das arithmetische Mittel der Abweichungen infolge Schiefstellung von sechs miteinander verbundenen, benachbarten Stützen muss der zulässigen Abweichung in Tabelle B.15[N3)] entsprechen;

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 Stumpfnaht fixiert werden, die, wie in Bild 5 gezeigt, die Futterbleche umfasst.



Legende

1 teildurchgeschweißte Stumpfnaht oder Kehlnaht
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 Solllage, 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:

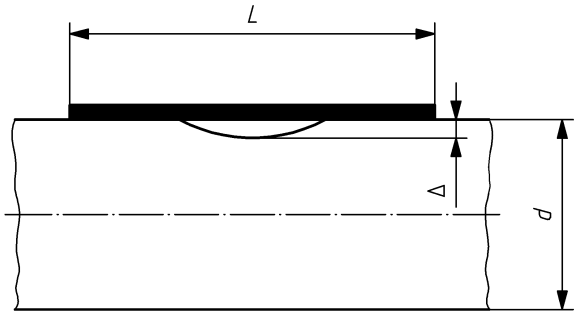
a) falls durchführbar, muss die Nichtkonformität mit Hilfe von Verfahren, die in Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm sind, korrigiert und erneut überprüft werden;

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 Warmumform-maßnahme 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 ≤ 6	Alle	Nur Abkühlzeit	24
6 < a oder s ≤ 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 ≤ 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 Prüflos weniger als 900 mm beträgt, muss unabhängig von p % mindestens eine Naht entlang ihrer gesamten Länge geprüft werden;

c) wenn ein Prüflos 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 Prüflos 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 Stumpfstößen:	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 ≥ 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 m^2, zwei zusätzliche Stellen für jede zusätzlichen 1 000 m^2 (oder Teile davon) bei einer Gesamtfläche von bis zu 5 000 m^2, eine zusätzliche Stelle für jede zusätzlichen 1 000 m^2 (oder Teile davon) bei einer Gesamtfläche von mehr als 5 000 m^2;

   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 $M_{r,\ test}$) 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 ± 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 aufgebrachten Kräften durch ergänzende Prüfungen überwacht werden, um die korrekte Voranziehkraft zu erzielen. Falls erforderlich, muss der erste Anziehschritt mit dem korrigierten Anziehmoment wiederholt werden.

Wird dann noch immer kein vollständiges Anliegen erreicht, müssen die Dicke und Klaffung der zusammengezogenen Verbindungen 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 Mutternversagen 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 nichtkonformen 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 Niete muss mindestens 5 %, jedoch nicht weniger als fünf betragen.

Die Köpfe gesetzter Niete 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, Herstellerrichtlinien 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-Vermessungs-Verfahren 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-Verbindungspunkten 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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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	Produktionsprüfstopps 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: — 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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 nichtrostender 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 Mindestradien 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 ≥ 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?

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Absatz	Festzulegende Auswahlmöglichkeit(en)
7.5.16	Müssen beim Schweißen von Stahlsorten ≥ 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 Abstützungen 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?

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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, Vorspannkräfte 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 Qualitäts-dokumentation [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 Arbeits-anweisungen (sofern festgelegt)	Siehe EN ISO 3834-3	Siehe EN ISO 3834-2	Siehe EN ISO 3834-2
7.4.1.2 Qualifizierung des Schweiß-verfahrens [PC]	Nein	Siehe Tabelle 12	Siehe Tabelle 12	Siehe Tabelle 12
7.4.2.1 Schweißer und Bediener von Schweiß-einrichtungen [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 Fertigungs-beschichtungen nicht zulässig, außer wenn geprüft	Belassene Fertigungs-beschichtungen nicht zulässig, außer wenn geprüft	Belassene Fertigungs-beschichtungen 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 Schweiß-verfahren	Qualifiziertes Schweiß-verfahren	Qualifiziertes Schweiß-verfahren
7.5.9 Stumpfnähte				
7.5.9.1 Allgemeines [PC]	Nein	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Querstumpfnähte (falls festgelegt) Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte (falls festgelegt)	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Querstumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Längsstumpfnähte oder teilweise durchgeschweißte Stumpfnähte (falls festgelegt)	Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Querstumpfnähte Anlauf- und Auslaufbleche für voll durch-geschweißte Längstumpfnähte 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 Bewertungs-gruppe D im Allgemeinen	EN ISO 5817 Bewertungs-gruppe C im Allgemeinen	EN ISO 5817 Bewertungs-gruppe 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)

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Abschnitte	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
9 – Montage				
9.6 Montage- und Baustellenarbeiten				
9.6.3 Handhabung und Lagerung auf der Baustelle [PC]	Nein	Dokumentierte Reparatur-maßnahmen	Dokumentierte Reparatur-maßnahmen	Dokumentierte Reparatur-maßnahmen
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 Schweiß-verbindungen [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 Anzieh-schritts mit Hilfe des sequentiellen Typs A (sofern nichts anderes festgelegt wird)	5 % des ersten Anziehschritts und 10 % des zweiten Anzieh-schritts mit Hilfe des sequentiellen Typs B (sofern nichts anderes festgelegt wird)
12.5.2.5 Drehmoment-verfahren [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 Verbindungs-knotenpunkten [PC]	Nein	Nein	Aufzeichnung der Vermessung	Aufzeichnung der Vermessung

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Anhang B
(normativ)

Geometrische Toleranzen

B.1 Allgemeines

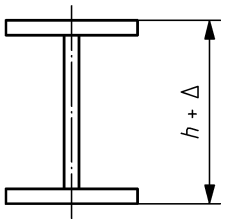
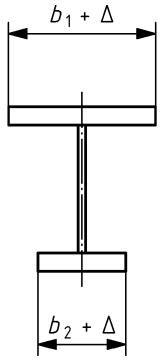
Zulässige Abweichungen für grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen sind in den Tabellen B.1 bis B.14 aufgeführt.

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

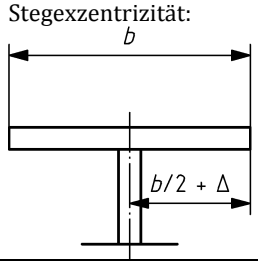
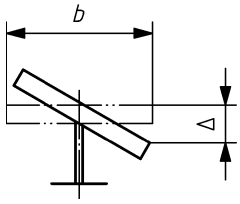
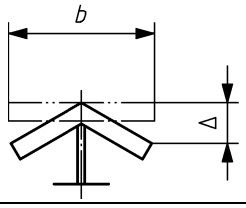
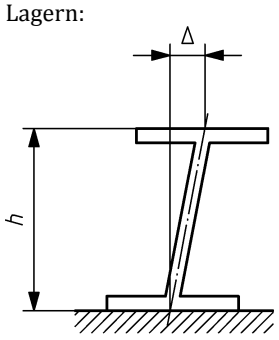
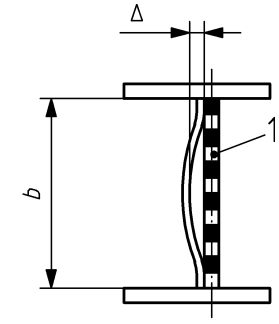
ANMERKUNG Siehe prEN 1090-4[N4)] hinsichtlich der Herstelltoleranzen für kaltgeformte Profiltafeln und der Montagetoleranzen für Profiltafeln.

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: $h \leq 900$ mm $900 < h \leq 1\,800$ mm $h > 1\,800$ mm	$-\Delta = h/50$ (Minuszeichen beachten)	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm h/300$ $\Delta = \pm 6$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm h/450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	Flanschbreite: 	Breite $b = b_1$ oder b_2:	$-\Delta = b/100$ (Minuszeichen beachten)	$+\Delta = b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm	$+\Delta = b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ 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	Stegexzentrizität: 	Lage des Stegs: — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern:	Keine Anforderungen	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
4	Rechtwinkligkeit der Flansche: 	Abweichung von der Rechtwinkligkeit: — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$
5	Ebenheit der Flansche: 	Abweichung von der Ebenheit: — Allgemeiner Fall: — Flanschteile in Kontakt mit Lagern:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm b/150$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm $\Delta = \pm b/400$	$\Delta = \pm b/150$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm $\Delta = \pm b/400$
6	Rechtwinkligkeit bei Lagern: 	Stegvertikalität an Lasteinleitung bei Bauteilen ohne Auflagersteifen:	$\Delta = \pm h/200$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq t_w$ (t_w = Stegdicke)	$\Delta = \pm h/300$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm	$\Delta = \pm h/500$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 2$ mm
7	Stegkrümmung: 	Abweichung Δ über Steghöhe b:	$\Delta = \pm b/200$ 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 $\lvert\Delta\rvert \geq t$ (t = Stegdicke)	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

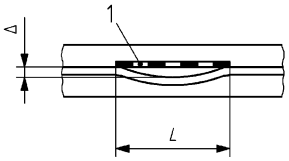
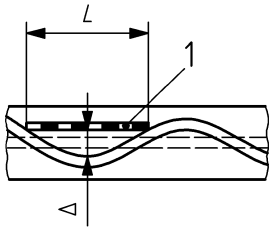
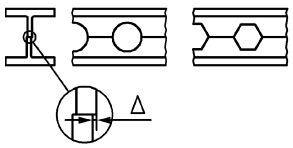
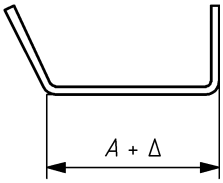
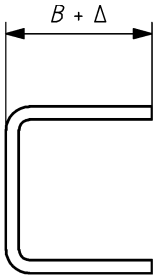
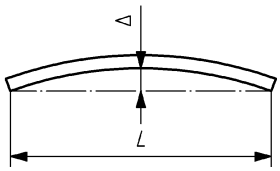
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
8	Stegverwölbung:  	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L gleich der Steghöhe b (siehe (7)): ANMERKUNG Bei Bauteilen mit Vouten oder variabler Steghöhe b bezieht sich die zulässige Abweichung auf die mittlere Steghöhe innerhalb der Messlänge.	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq t$ (t = Stegdicke)	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
9	Stegwelligkeit:  	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.	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq t$ (t = Stegdicke)	$\Delta = \pm b/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm b/150$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
10	Lochstegträger, einwandig oder als Kastenträger [entweder aus Blechen oder aus warmgewalzten Profilen gefertigt], mit Löchern mit einbeschriebenem Nenndurchmesser D:  	Versatz im Stegpfosten: — in Dickenrichtung: — Überlappung in Stegebene bei Löchern mit dem Nennradius r: $r = D/2 < 200$ mm $r = D/2 \geq 200$ mm	Keine Anforderungen	$\Delta = 2$ mm $\Delta = 2$ mm $\Delta = r/100$ und $\Delta \leq 5$ mm	$\Delta = 2$ mm $\Delta = 2$ mm $\Delta = r/100$ und $\Delta \leq 5$ mm
Legende 1 Messlehre					
ANMERKUNG Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq t$ bedeuten, dass $\lvert\Delta\rvert$ der *größere* 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	Ausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite A zwischen zwei Kantungen (Bauteil mit Dicke t):	$-\Delta = A/50$ (Minuszeichen beachten)		
		$t < 3$ mm:			
		Länge < 7 m		Δ = ±3 mm	Δ = ±2 mm
		Länge ≥ 7 m		Δ = −3 mm/+5 mm	Δ = −2 mm/+4 mm
		$t \geq 3$ mm:			
		Länge < 7 m		Δ = ±5 mm	Δ = ±3 mm
		Länge ≥ 7 m		Δ = −5 mm/+9 mm	Δ = −3 mm/+6 mm
2	Unausgesteifte Bauteilbreite: 	Breite B zwischen einer Kantung und einer freien Kante (Bauteile mit Dicke t):	$-\Delta = B/80$ (Minuszeichen beachten)		
		Walzkanten:			
		$t < 3$ mm		Δ = −3 mm/+6 mm	Δ = −2 mm/+4 mm
		$t \geq 3$ mm		Δ = −5 mm/+7 mm	Δ = −3 mm/+ 5 mm
		Schnittkanten:			
		$t < 3$ mm		Δ = −2 mm/+5 mm	Δ = −1 mm/+3 mm
		$t \geq 3$ mm		Δ = −3 mm/+6 mm	Δ = −2 mm/+4 mm
3	Geradheit bei seitlich nicht gehaltenen Bauteilen: 	Abweichung Δ von der Geradheit:	$\Delta = \pm L/1\,000$	Keine Anforderung	Keine Anforderung

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

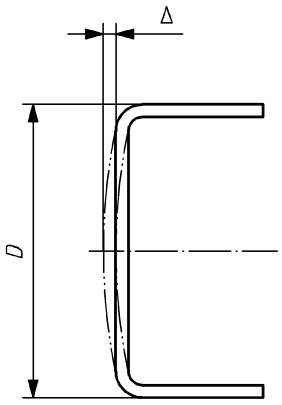
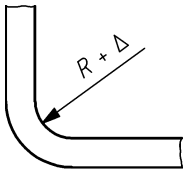
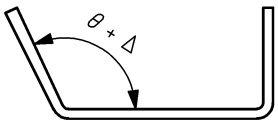
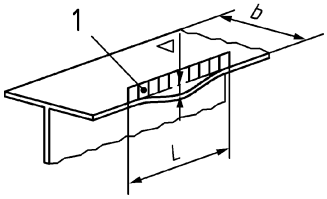
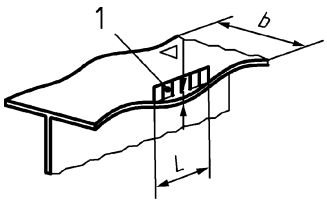
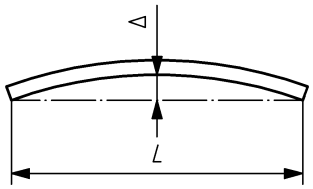
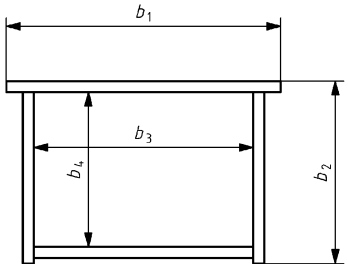
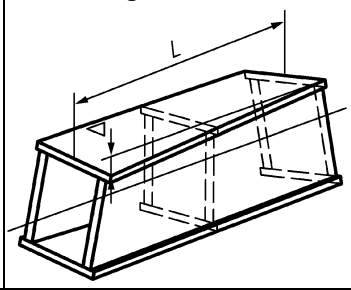
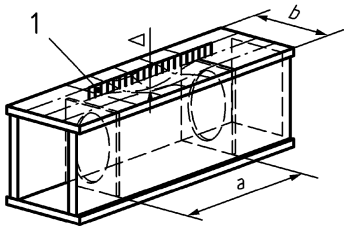
Nr.	Merkmal	Parameter	Grund-legende Toleranzen Zulässige Abwei-chung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
4	Ebenheit: 	Konvexität oder Konkavität:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
5	Biegeradius: 	Innerer Biegeradius *R:*	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
6	Form: 	Winkel θ zwischen benachbarten Elementen:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 3°$	$\Delta = \pm 2°$

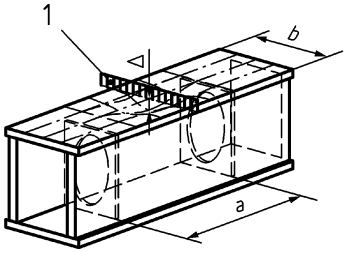
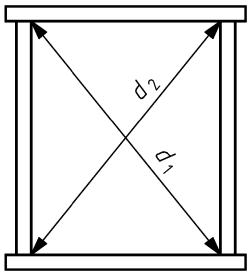
Tabelle B.3 — Herstelltoleranzen – Flansche geschweißter Profile

Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Lokale Beule der Flansche von I-Profilen:  **Legende** 1 Messlehre	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L, wobei L = Flansch-breite b:	$\Delta = \pm b/150$ 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	Welligkeit der Flansche von I-Profilen:  **Legende** 1 Messlehre	Abweichung Δ innerhalb der Messlänge L, wobei L = Flansch-breite b:	$\Delta = \pm b/150$ 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	Geradheit von seitlich nicht gehaltenen Bauteilen: 	Abweichung Δ von der Geradheit:	$\Delta = \pm L/1\,000$	$\Delta = \pm L/1\,000$	$\Delta = \pm L/1\,000$

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

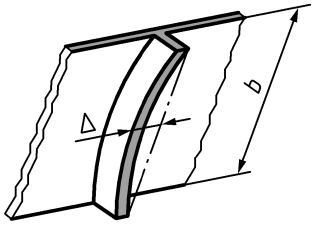
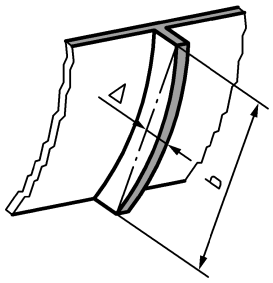
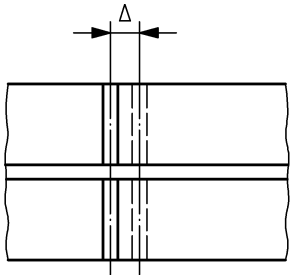
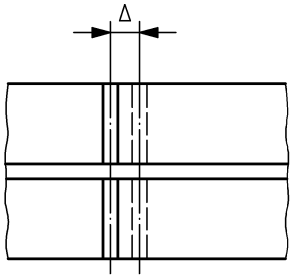
Tabelle B.4 — Herstelltoleranzen - Flansche geschweißter Kastenprofile

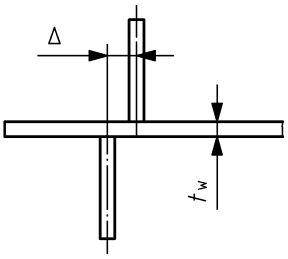
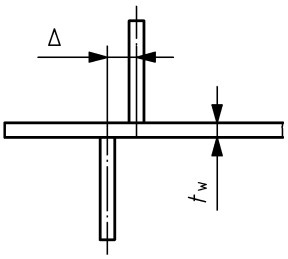
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Profilabmessungen:  	Abweichung von inneren oder äußeren Abmessungen: $b < 900$ mm 900 mm $\leq b <$ 1 800 mm $b \geq 1\,800$ mm Dabei ist: $b = b_1, b_2, b_3$ oder b_4	$-\Delta = b/100$ (Minuszeichen beachten)	 $\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm b/300$ $\Delta = \pm 6$ mm	 $\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm b/450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	Verdrillung:  	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge *L:*	Keine Anforderung	$\Delta = \pm L/700$ aber $\|\Delta\| \geq 4$ mm und $\|\Delta\| \leq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\|\Delta\| \geq 3$ mm und $\|\Delta\| \leq 8$ 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 $a > 2b$: $L = 2b$	 $\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	 $\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$	 $\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

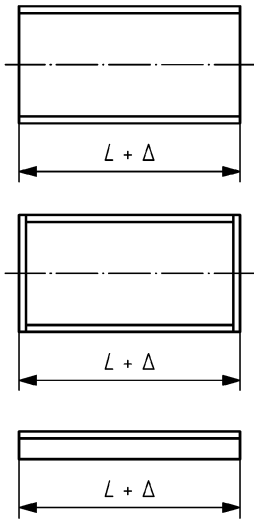
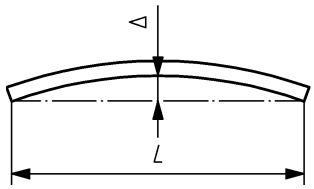
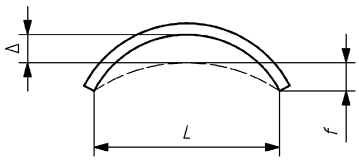
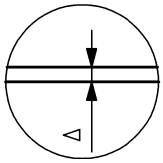
Tabelle B.5 — Herstelltoleranzen – Stegaussteifungen und Kreuzstöße von Profilen oder Kastenprofilen

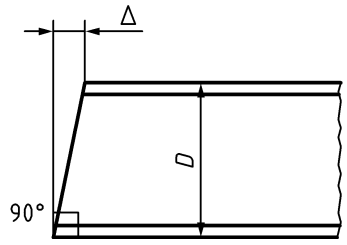
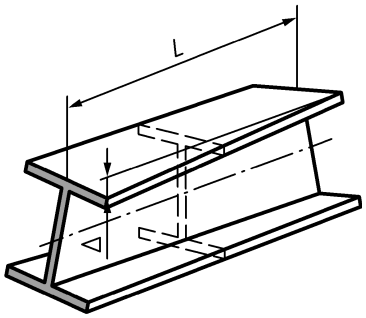
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit in der Ebene: 	Abweichung Δ von der Geradheit in der Stegebene:	$\Delta = \pm b/250$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm b/250$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

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Tabelle B.6 — Herstelltoleranzen – Bauteile

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Länge: 	Schnittlänge gemessen an der Mittellinie (oder bei Winkelprofilen an der Ecke): — allgemeiner Fall: — mit für Kontaktstöße vorbereiteten Enden: ANMERKUNG Länge L wird einschließlich geschweißter Stirnbleche gemessen, falls vorhanden.	$\Delta = \pm(L/5\,000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm(L/10\,000 + 2)$ mm $\Delta = \pm 1$ mm
2	Länge, wenn ein ausreichender Ausgleich mit den angrenzenden Bauteilen möglich ist:	Schnittlänge, gemessen an der Mittellinie:	$\Delta = \pm 50$ mm	$\Delta = \pm 50$ mm
3	Geradheit: 	Abweichung Δ von der Mittellinie in Richtung der rechtwinkligen Querschnittsachsen eines gefertigten oder gekanteten Profils:	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
4	Überhöhung oder planmäßige Vorkrümmung: 	Überhöhung f in Bauteilmitte: ANMERKUNG Die vertikale Überhöhung sollte mit dem Bauteil auf der Seite liegend gemessen werden.	$\Delta = \pm L/500$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 6$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm
5	Oberflächenbehandlung für Kontaktstöße: 	Spaltweite Δ zwischen einem Lineal und der Oberfläche: ANMERKUNG Ein Merkmal für die Oberflächenrauigkeit ist nicht festgelegt.	$\Delta = 0{,}5$ 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: — 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 $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm
7	Verdrillung:  	Gesamtabweichung Δ innerhalb einer Teillänge L: ANMERKUNG Bei Kastenprofilen siehe Tabelle B.4.	$\Delta = \pm L/700$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm und $\lvert\Delta\rvert \leq 20$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm und $\lvert\Delta\rvert \leq 15$ mm
[a] Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.				
ANMERKUNG Bezeichnungen wie z. B. $\Delta = \pm d/100$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm bedeuten, dass $\lvert\Delta\rvert$ der *größere* der beiden Werte $d/100$ und 5 mm ist.				

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Tabelle B.7 — Herstelltoleranzen - Ausgesteifte Platten

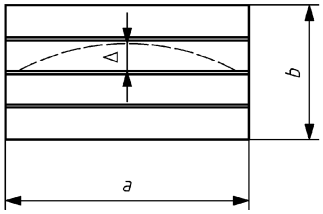
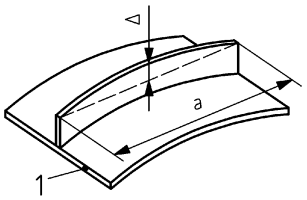
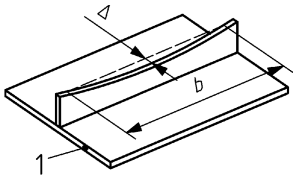
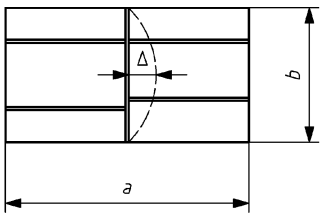
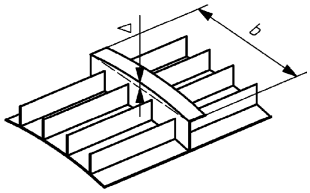
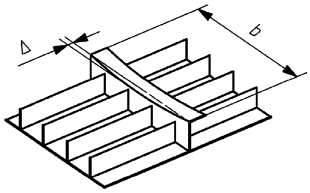
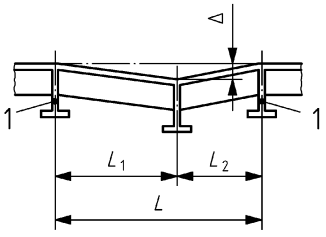
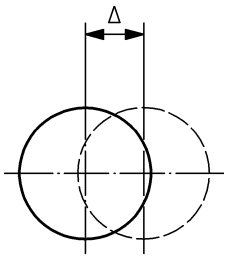
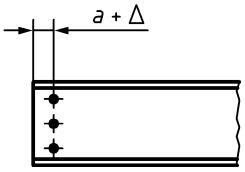
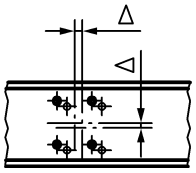
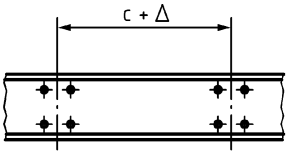
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit von Längssteifen in längsausgesteiften Platten:  **Legende** 1 Platte	Abweichung Δ senkrecht zur Platte: 	$\Delta = \pm a/400$	$\Delta = \pm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

Tabelle B.8 — Herstelltoleranzen - Löcher, Ausklinkungen 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:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ 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) $\Delta = \pm 3$ mm	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 3$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 2$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
3	Lage von Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Lochgruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
4	Abstand zwischen Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands c zwischen Lochgruppen-mittelpunkten: — allgemeiner Fall: — bei einem Einzelteil, das durch die Verbindung zweier Schraubengruppen entsteht:	Keine Anforderungen	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 1$ mm

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

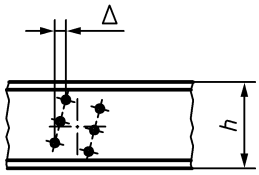
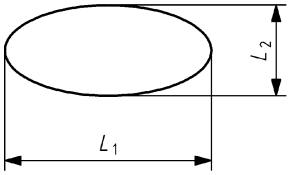
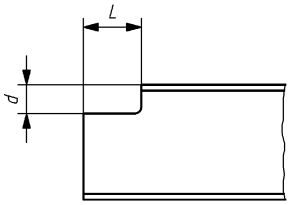
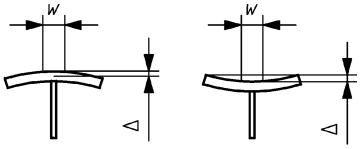
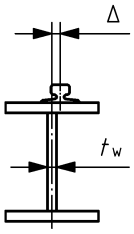
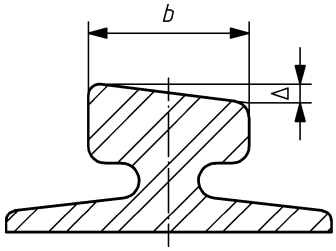
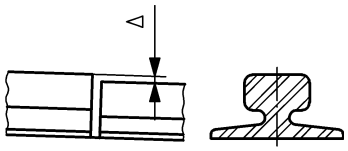
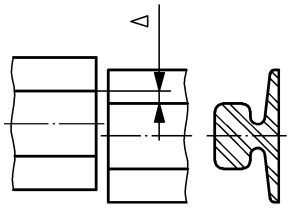
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
5	Verdrehung einer Lochgruppe: 	Verdrehung Δ: falls $h \leq 1\,000$ mm falls $h > 1\,000$ mm	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm	$\Delta = \pm 1$ 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	Ebenheit des Obergurts eines Kranbahnträgers: 	Abweichung Δ von der Ebenheit über eine Breite *w* entsprechend der Schienenbreite in Solllage plus 10 mm auf jeder Seite:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
2	Exzentrizität der Schiene zum Steg: 	bei $t_w \leq 10$ mm	$\Delta = 5$ mm	$\Delta = 5$ mm
		bei $t_w > 10$ mm	$\Delta = 0{,}5\ t_w$	$\Delta = 0{,}5\ t_w$
3	Neigung der Schiene: 	Neigung der Schienenquerschnittsoberseite:	$\Delta = \pm b/100$	$\Delta = \pm b/100$
4	Höhenlage der Schiene: 	Versatz der Oberkante am Schienenstoß:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0{,}5$ mm
5	Seitenlage der Schiene: 	Versatz der Seitenkante am Schienenstoß:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0{,}5$ mm

[a] Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Tabelle B.10 — Herstelltoleranzen - Stützenstöße und Fußplatten

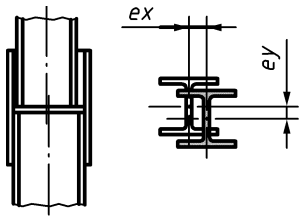
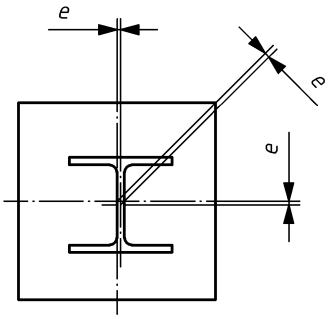
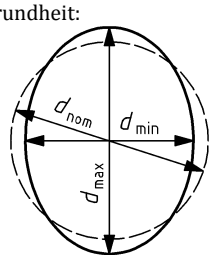
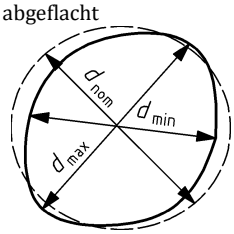
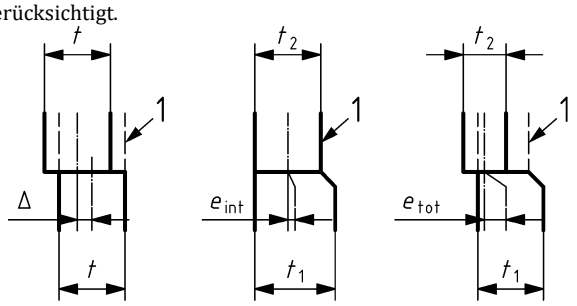
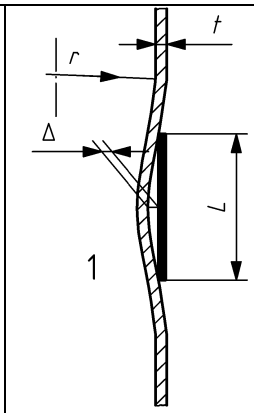
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Stützenstoß: 	Unplanmäßige Exzentrizität *e* bezüglich einer der beiden Achsen:	Keine Anforderung	5 mm	3 mm
2	Fußplatte: 	Unplanmäßige Exzentrizität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

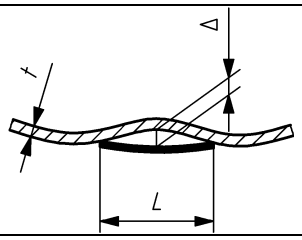
Tabelle B.11 — Herstelltoleranzen - Zylindrische und konische Schalen

<table>
<tr><th>Nr.</th><th>Merkmale und Details</th></tr>
<tr><td>1</td><td>
Unrundheit:


a) abgeflacht


b) unsymmetrisch
</td><td>
Verhältnis zwischen der Differenz aus den gemessenen Höchst- und Mindestwerten des Innendurchmessers und dem Nennwert des Innendurchmessers:
$$\Delta = \frac{1\,000(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\text{nom}}}$$
<table>
<tr><th colspan="4">Grundlegende Toleranzen[a]</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Zulässige Abweichung Δ</td></tr>
<tr><td>Durch-messer</td><td>$d \le 0{,}50$ m</td><td>0,50 m $< d <$ 1,25 m</td><td>$d \ge 1{,}25$ m</td></tr>
<tr><td>Klasse A</td><td>$\Delta = 14$</td><td>$\Delta = 7 + 9{,}3\ (1{,}25 - d)]$</td><td>$\Delta = 7$</td></tr>
<tr><td>Klasse B</td><td>$\Delta = 20$</td><td>$\Delta = 10 + 13{,}3\ (1{,}25 - d)]$</td><td>$\Delta = 10$</td></tr>
<tr><td>Klasse C</td><td>$\Delta = 30$</td><td>$\Delta = 15 + 20{,}0\ (1{,}25 - d)]$</td><td>$\Delta = 15$</td></tr>
<tr><td colspan="4">ANMERKUNG d ist der innere Nenndurchmesser d_{nom} in Meter.</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>2</td><td>
Versatz der Wandbleche:
Unplanmäßige (versehentliche) Exzentrizität an Stößen senkrecht zu Membrandruckkräften
An einem Dickensprung bleibt der planmäßige Anteil der Exzentrizität unberücksichtigt.


Legende
1 planmäßige Geometrie des Stoßes
</td><td>
<table>
<tr><th colspan="2">Grundlegende Toleranzen[a]</th></tr>
<tr><th>Klasse</th><th>Zulässige Abweichung Δ</th></tr>
<tr><td>Klasse A</td><td>$\Delta = \pm 0{,}14\ t$
und $\lvert\Delta\rvert \le 2$ mm</td></tr>
<tr><td>Klasse B</td><td>$\Delta = \pm 0{,}20\ t$
und $\lvert\Delta\rvert \le 3$ mm</td></tr>
<tr><td>Klasse C</td><td>$\Delta = \pm 0{,}30\ t$
und $\lvert\Delta\rvert \le 4$ mm</td></tr>
</table>
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.
</td></tr>
<tr><td>3</td><td>
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:
$L = 2{,}3\ (h^2 rt)^{0,25}$ mit $L \le r$,
dabei ist h die Meridianlänge des Schalen-segments.
Zusätzlich über Schweißnähte[c] hinweg:
$L = 25\ t$ aber $L \le 500$ mm
ANMERKUNG An einem Dickensprung entspricht t der kleineren Dicke.
</td><td>


Legende
1 innen
</td><td>


<table>
<tr><th colspan="2">Grundlegende Toleranzen[a]</th></tr>
<tr><th>Klasse</th><th>Zulässige Abweichung Δ</th></tr>
<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>
</table>
</td></tr>
</table>

a Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.

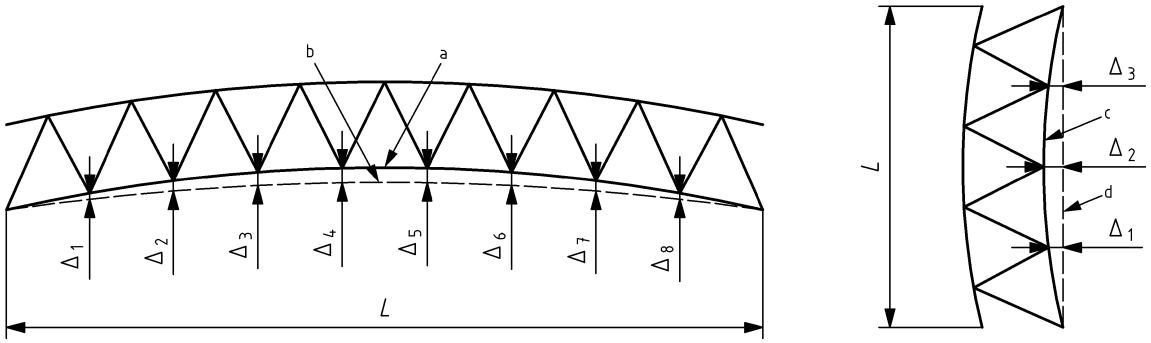
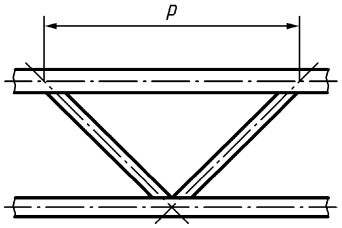
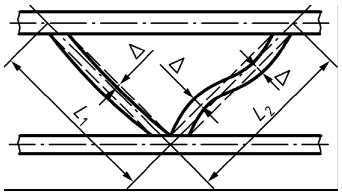
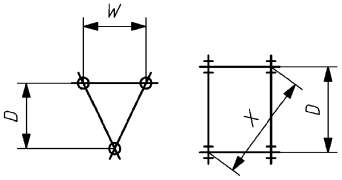
b Die Vorbeulen werden mit Lehren der Länge L gemessen (gerade bei Messungen entlang eines Meridians und gekrümmt bei Messungen entlang einer Umfangslinie); der Umfang der Überprüfung ist in den Ausführungsunterlagen anzugeben.

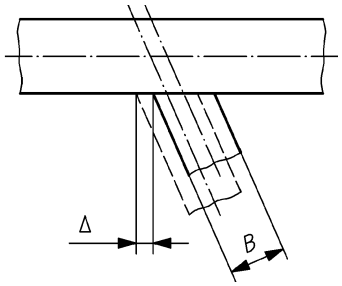
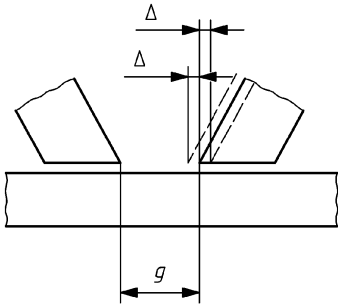
c Die Messung über die Schweißnähte hinweg wird in EN 1993-1-6:2007, Bild 8.4, dargestellt.

ANMERKUNG In Bezug auf die Herstelltoleranz-Qualitätsklassen in EN 1993-1-6, Klasse A = Exzellent, Klasse B = Hoch und Klasse C = Normal.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

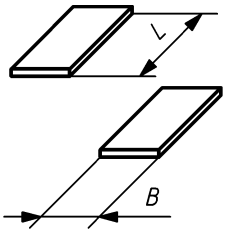
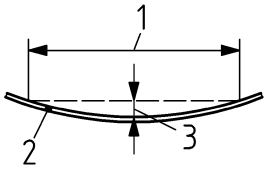
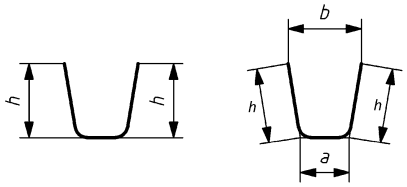
Tabelle B.12 — Herstelltoleranzen – Fachwerkbauteile

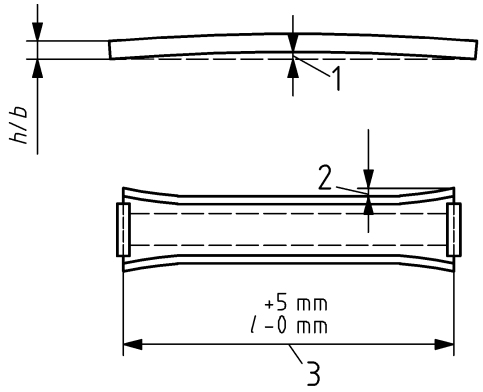
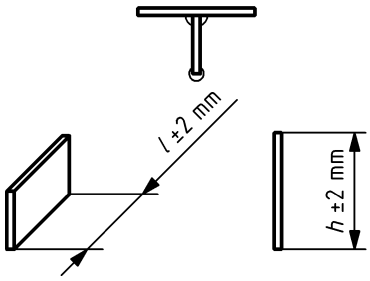
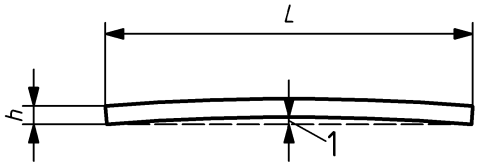
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1 und 2	Klasse 1	Klasse 2
1	Geradheit und Überhöhung:  ANMERKUNG Abweichungen werden nach dem Schweißen gemessen, mit dem Bauteil flach auf der Seite liegend.				
	Legende a tatsächliche 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 $\lvert\Delta\rvert \geq 12$ mm	$\Delta = \pm L/500$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 12$ mm	$\Delta = \pm L/500$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 6$ mm
2	Fachwerkabmessungen:  	Abweichung einzelner Abstände p zwischen Schnittpunkten der Mittellinien an Fachwerkknoten:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm
		Kumulierte Abweichung Σp der Lage von Fachwerkknoten:	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 6$ 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 $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm L_i/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 4$ mm	$\Delta = \pm L_i/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 3$ mm
4	Querschnittsabmessungen:  	Abweichung der Abstände D, W und X falls: $s \leq 300$ mm $300 < s < 1\,000$ mm $s \geq 1\,000$ mm wobei je nach Fall $s = D$, W oder X.	Keine Anforderung	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 6$ mm

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

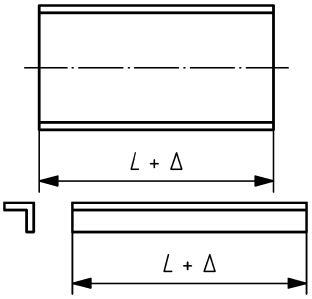
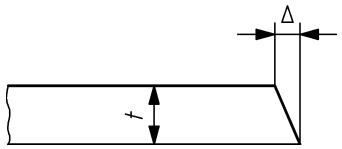
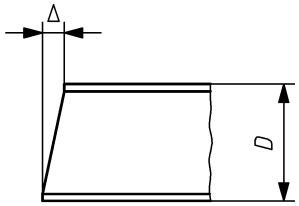
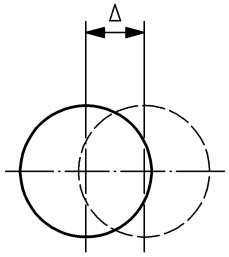
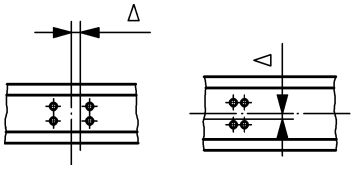
Tabelle B.13 — Herstelltoleranzen – Brückenfahrbahnen

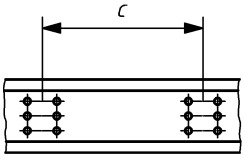
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Länge *L* Dicke/Breite *B* des Fahrbahnblechs:  	Gesamtabmessungen *L* und *B* nach Zuschnitt und Richtwalzen einschließlich Schrumpfzugaben und nach Anarbeiten der endgültigen Nahtvorbereitung	Keine Anforderung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

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

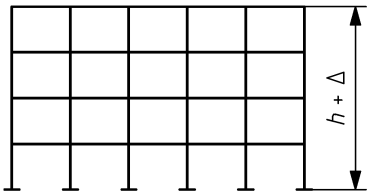
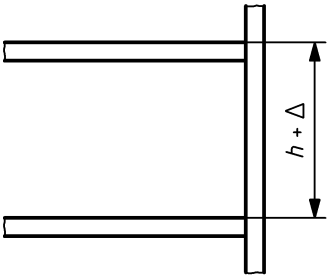
Tabelle B.14 — Herstelltoleranzen – Türme und Maste

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranz[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Bauteillänge: 	Schnittlänge gemessen an der Mittellinie (oder bei Winkelprofilen an der Ecke):	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
2	Länge oder Abstand	Falls Mindestmaße festgelegt werden:	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta = 1$ mm	$-\Delta = 0$ mm $+\Delta = 1$ mm
3	Risslinien bei Winkelprofilen:	Abstand von der Eckkante des Winkelprofils zur Lochmitte:	$\Delta = \pm 1$ mm	$\Delta = \pm 0{,}5$ mm
4	Rechtwinkligkeit von Schnittkanten: 	Abweichung Δ einer Schnittkante von 90°:	$\Delta = \pm 0{,}05\ t$	$\Delta = \pm 0{,}05\ t$
5	Rechtwinkligkeit von Enden: 	Rechtwinkligkeit zur Längsachse: — 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	Lage von Schraubenlöchern: 	Abweichung Δ der Mittellinie eines einzelnen Loches von der planmäßigen Lage innerhalb einer Lochgruppe:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
8	Lage von Lochgruppen: 	Abweichung Δ einer Schraubengruppe von deren planmäßiger Lage:	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm

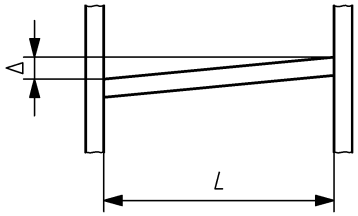
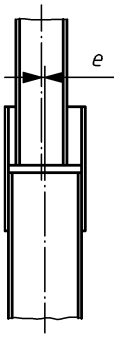
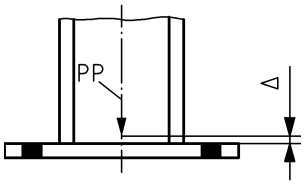
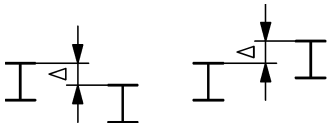
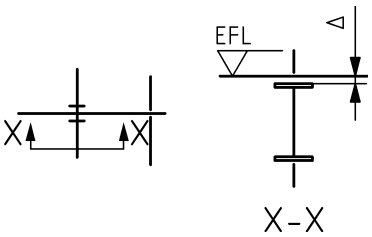
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranz[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
9	Abstand von Lochgruppen: 	Abweichung Δ des Abstands *c* zwischen Schraubengruppen-mittelpunkten:	Δ = ±1,5 mm	Δ = ±0,5 mm
a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.				

B.3 Montagetoleranzen

Tabelle B.15 — Montagetoleranzen – Gebäude

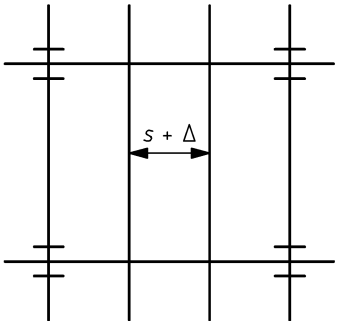
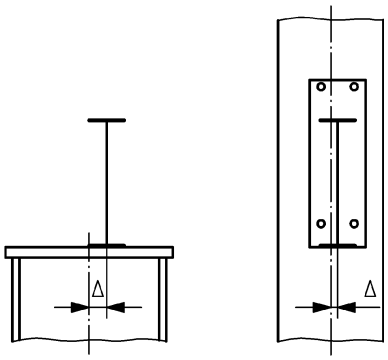
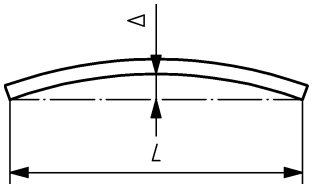
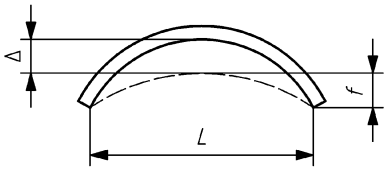
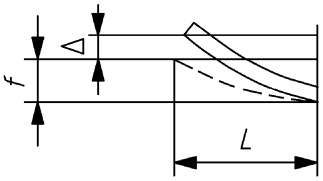
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen [a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Höhe: 	Gesamthöhe, bezogen auf die Basishöhenlage:		
		$h \leq 20$ m	Δ = ±20 mm	Δ = ±10 mm
		20 m < h < 100 m	Δ = ±0,5 (h + 20) mm	Δ = ±0,25(h + 20) mm
		$h \geq 100$ m	Δ = ±0,2 (h + 200) mm [h in Meter]	Δ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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen [a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	Horizontalität: 	Höhendifferenz zwischen den Enden eines Trägers:	$\Delta = \pm L/500$ aber $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \leq 5$ mm
4	Stützenstoß 	Unplanmäßige Exzentrizität *e* bezüglich einer der beiden Achsen:	5 mm	3 mm
5	Stützenfuß: 	Höhenlage des Stützenfußpunktes bezogen auf die festgelegte Höhenlage des zugehörigen Positionspunktes (PP):	$\Delta = \pm 5$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
6	Relative Höhenlagen: 	Höhendifferenz benachbarter Träger, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden:	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
7	Höhenlagen von Anschlüssen: 	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.

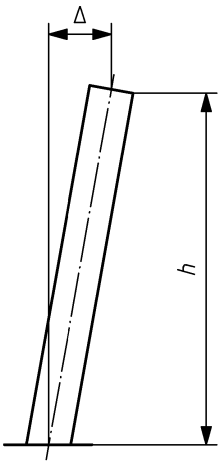
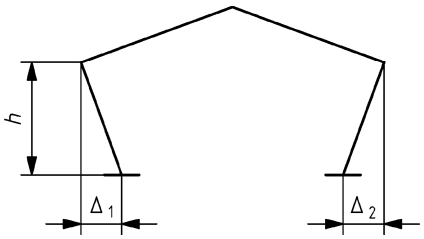
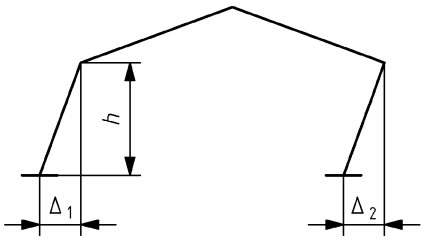
Tabelle B.16 — Montagetoleranzen - Träger in Gebäuden

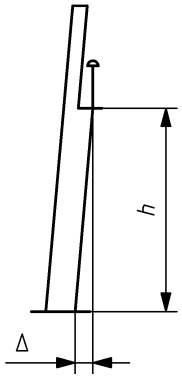
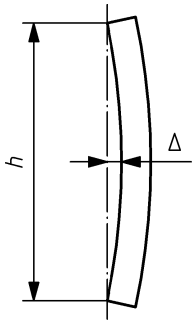
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Abstand zwischen Trägermittellinie: 	Abweichung Δ vom Sollabstand (s) zwischen benachbarten Trägern, gemessen an zusammengehörenden Trägerenden:	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
2	Lage an Stützen: 	Abweichung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

[a] Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

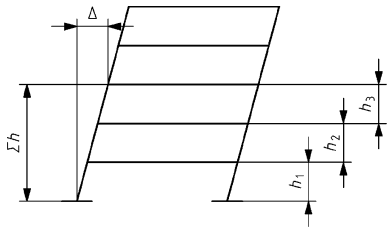
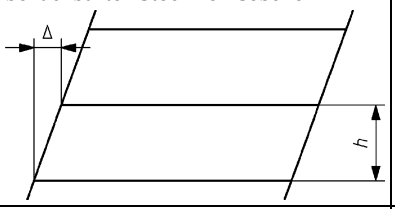
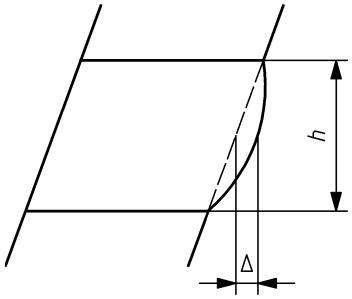
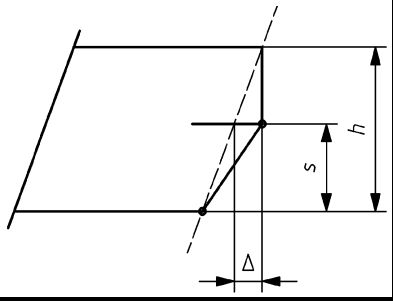
Tabelle B.17 — Montagetoleranzen – Stützen einstöckiger Gebäude

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

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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

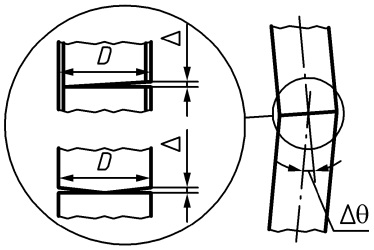
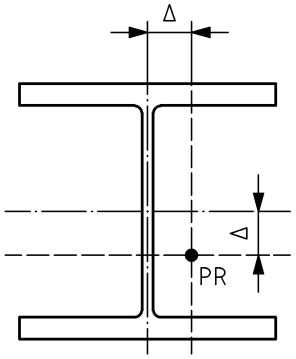
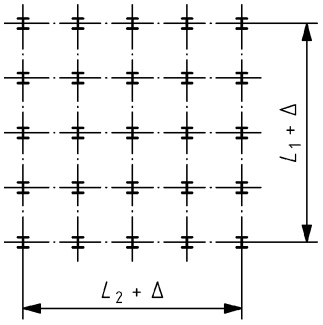
Nr.	Merkmal	Parameter	Grundlegende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ	Ergänzende Toleranzen Zulässige Abweichung Δ
			Klasse 1 und 2	Klasse 1 und 2
1	Örtliche Winkelabweichung $\Delta\theta$, gleichzeitig auftretend als Spaltweite Δ an der Stelle „X“: 		$\Delta\theta = \pm 1/500$ und $\Delta = 0{,}5$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

Tabelle B.20 — Montagetoleranzen – Stützenpositionen

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
1	Position der Stütze: 	Ort der Mittellinie einer Stütze im Grundriss auf Basishöhenlage relativ zum Referenz-positionspunkt (PR):	$\Delta = \pm 10$ mm	$\Delta = \pm 5$ mm
2	Gesamtlänge eines Gebäudes: 	Abstand zwischen Endstützen in jeder Reihe auf Basishöhenlage: $L \leq 30$ m $30 \text{ m} < L < 250$ m $L \geq 250$ m	 $\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm 0{,}25(L + 50)$ mm $\Delta = \pm 0{,}1(L + 500)$ mm [L in Meter]	 $\Delta = \pm 16$ mm $\Delta = \pm 0{,}2(L + 50)$ mm $\Delta = \pm 0{,}1(L + 350)$ mm [L in Meter]

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

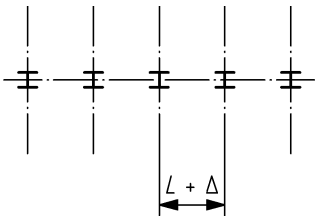
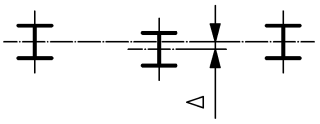
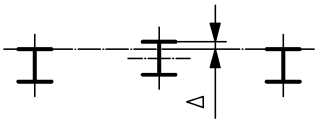
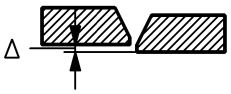
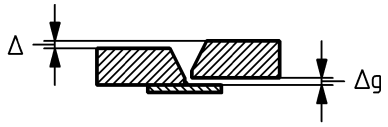
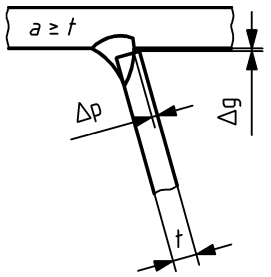
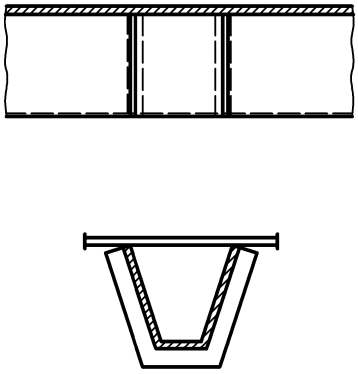
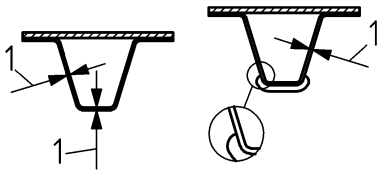
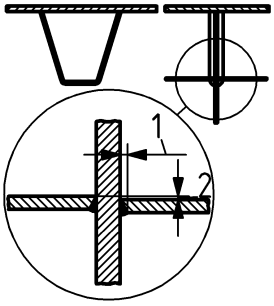
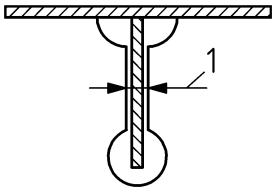
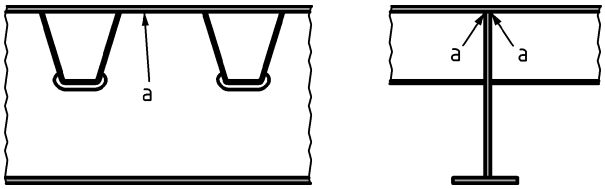
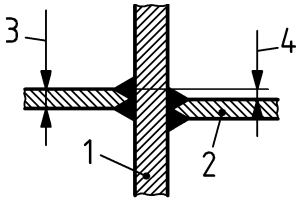
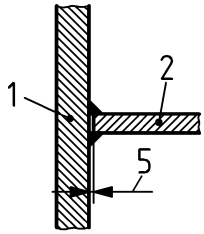
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
3	Stützenabstand: 	Abstand zwischen Mittellinien benachbarter Stützen auf Basishöhenlage: $L \leq 5$ m $L > 5$ m	$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm 0{,}2(L + 45)$ mm [L in Meter]	$\Delta = \pm 7$ mm $\Delta =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

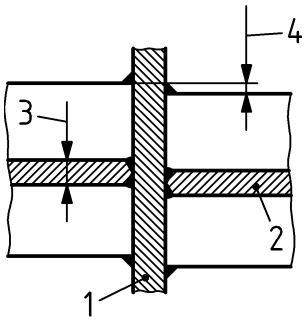
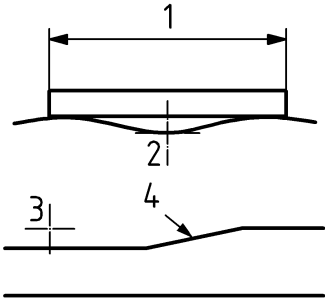
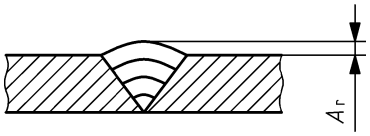
Tabelle B.21 — Montagetoleranzen – Brückenfahrbahnen

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

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen [a] Zulässige Abweichung Δ
4	Längsrippenstoß mit Fenster: 	Kantenversatz Δ zwischen Längsrippe und Fenster vor dem Schweißen:	$\Delta = \pm 2$ mm
5	Längsrippenstoß: 	Versatz Δ vor dem Schweißen:	$\Delta = 2$ mm
6	Verbindung von durchgeführten Trapezprofilen und Querträgern mit oder ohne Freischnitt  **Legende** 1 max. Spalt Δ	Spalte vor dem Schweißen:	$\Delta = 3$ mm
7	Verbindung von nicht durchgeführten, d.h. eingepassten Trapezprofilen und Querträgern  **Legende** 1 max. Spalt Δ_1 2 Versatz Δ_2 vor dem Schweißen	Spalte vor dem Schweißen:	$\Delta_1 = 2$ mm
		Versatz vor dem Schweißen:	$\Delta_2 = \pm 2$ mm

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

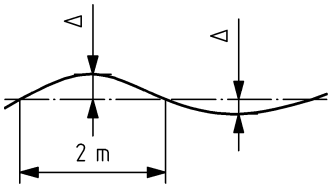
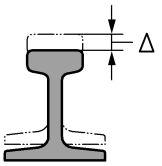
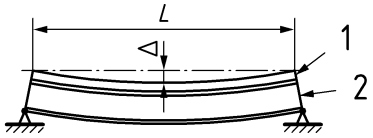
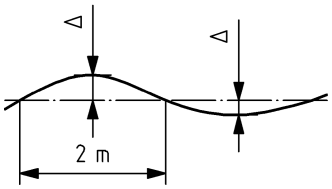
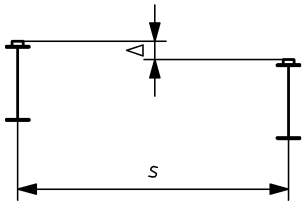
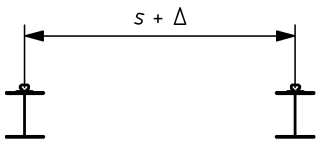
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen [a] Zulässige Abweichung Δ
8	Verbindung von durchgeführten Flachstählen und Querträgern  **Legende** 1 max. Spalt Δ um den Flachstahl herum	Spalte vor dem Schweißen:	Δ = 1 mm
9	Verbindung von Querträgerstegen und Deckblech (mit oder ohne Freischnitt) Spalte vor dem Schweißen:  **Legende** *a* Verbindung der Querträgerstege an das Deckblech		Δ = 1 mm
10	Verbindung von Querträgerstegen und Hauptträgerstegblech: bei durchgehenden Querträgern  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	Spalte vor dem Schweißen: Versatz vor dem Schweißen:	$\Delta_g = 2$ mm $\Delta_w = \pm 0{,}5\ t_{w,crossb}$

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen [a] Zulässige Abweichung Δ
11	Verbindung von Querträgergurten und Hauptträgerstegblech  **Legende** 1 Hauptträgersteg 2 Querträgersteg 3 Dicke des Querträgerstegs, $t_{w,crossb}$ 4 Versatz der Querträgerflansche Δ_f	Versatz vor dem Schweißen:	$\Delta = \pm 0{,}5\ t_{w,crossb}$
		Schweißnahtradius:	Der Radius r der Schweißnaht zwischen dem Flansch und dem Querträgersteg muss dem größeren Wert von 8 mm oder 0,5 × der Dicke des Hauptträgerstegblechs $t_{w,maingirder}$ entsprechen
12	Ebenheit orthotroper Fahrbahnplatten der Blechdicke t nach der Montage:  **Legende** 1 GL Länge des Lineals 2 P_r Abweichung 3 V_e Versatz (Höhenlagendifferenz) 4 D_r Neigung	Differenz der Höhenlage V_e an einem Stoß mit Blechdickensprung: $t \leq 10$ mm: 2 mm 10 mm $< t \leq 70$ mm: 5 mm $t > 70$ mm: 8 mm	
		Neigung D_r des Übergangs an einem Stoß mit Blechdickensprung: $t \leq 10$ mm: 1/12,5 10 mm $< t \leq 70$ mm: 1/11 $t > 70$ mm: 1/10	
		Ebenheit P_r über die Referenzlänge GL in alle Richtungen: $t \leq 10$ mm: 3 mm für GL 1 m 4 mm für GL 3 m 5 mm für GL 5 m $t > 70$ mm: allgemeiner Fall: 5 mm für GL 3 m in Längsrichtung: 18 mm für GL 3 m Werte für P_r dürfen interpoliert werden für 10 mm $< t \leq 70$ mm.	
13	Stumpfnähte im Deckblech: 	Nahtüberhöhung A_r über die umgebende Oberfläche:	$-A_r = 0$ mm $+A_r = 2$ mm

[a] Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 $\lvert\Delta\rvert \geq 10$ mm	$\Delta = \pm L/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \geq 10$ 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]

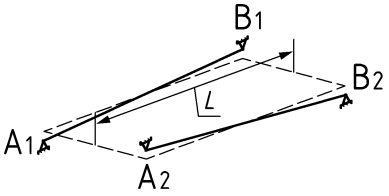
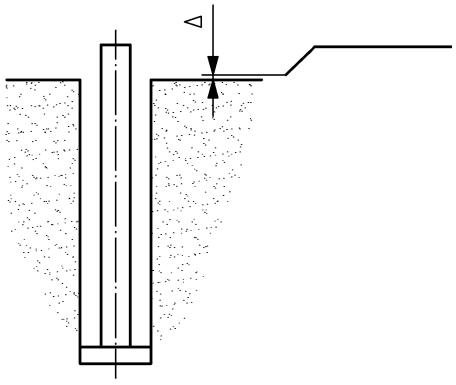
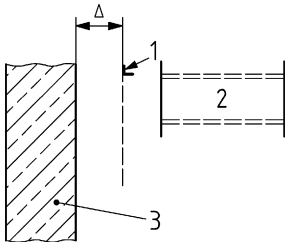
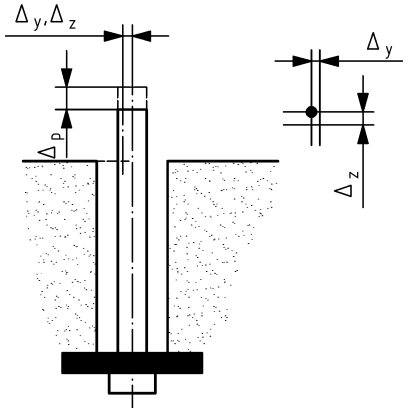
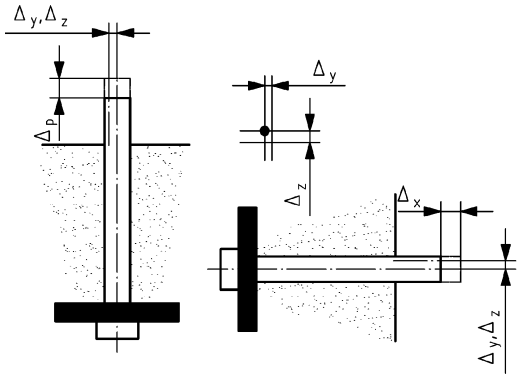
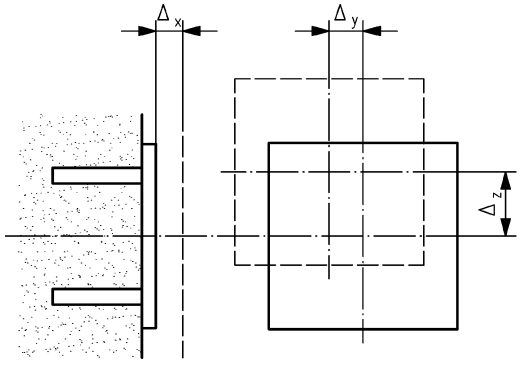
Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ	
			Klasse 1	Klasse 2
8	Anschlagpuffer:	Relative Lage der Anschlagpuffer am gleichen Ende, gemessen in der Fortbewegungs-richtung der Kranbahn	$\Delta = \pm s/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm	$\Delta = \pm s/1\,000$ aber $\lvert\Delta\rvert \leq 10$ mm
9	Neigung gegenüberliegender Schienen:  L Abstand benachbarter Auflager	Verschränkung: $\Delta = \lvert N_1 - N_2\rvert$ 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:	$-\Delta = 15$ mm (unterhalb) $+\Delta = 5$ mm (oberhalb)
2	Vertikale Betonwand:  **Legende** 1 Solllage 2 Stahlbauteil 3 abstützende Wand	Abweichung von der Solllage am Auflagerpunkt des Stahlbauteils:	$\Delta = \pm 25$ mm

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Nr.	Merkmal	Parameter	Ergänzende Toleranzen[a] Zulässige Abweichung Δ
3	Eingebaute Ankerschraube mit Reguliermöglichkeit:  	Abweichung Δ von der Solllage und dem Sollüberstand: Lage der Spitze: Vertikaler Überstand Δ_p: ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage eines Schraubengruppenmittelpunkts ist 6 mm.	 Δy, Δz = ±10 mm $-\Delta_p$ = 5 mm (zu niedrig) $+\Delta_p$ = 25 mm (zu hoch)
4	Eingebaute Ankerschraube ohne Reguliermöglichkeit:  	Abweichung Δ von der Solllage, der Sollhöhenlage und dem Sollüberstand: Lage bzw. Höhenlage der Spitze: Vertikaler Überstand Δ_p: Horizontaler Überstand Δ_x: ANMERKUNG Die zulässige Abweichung für die Lage gilt auch für einen Schrauben-gruppenmittelpunkt.	 Δ_y, Δ_z = ±3 mm $-\Delta_p$ = 5 mm (zu niedrig) $+\Delta_p$ = 45 mm (zu hoch) $-\Delta_x$ = 5 mm (zu wenig herausstehend) $+\Delta_x$ = 45 mm (zu weit herausstehend)
5	In Beton eingebettete Stahlankerplatte:  	Abweichungen Δx, Δy, Δz von der Solllage und der Sollhöhenlage:	Δx, Δy, Δz = ±10 mm

a Keine grundlegenden Toleranzen festgelegt.

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 $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm
6	Vertikalität bei Türmen:		$\Delta = \pm 0{,}20$ % aber $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm
7	Verdrehung Δ über die gesamte Tragwerkshöhe [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerkshöhe < 150 m: Tragwerkshöhe ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 2{,}0°$ $\Delta = \pm 1{,}5°$
8	Verdrehung Δ zwischen benachbarten Tragwerkshöhen [siehe ANMERKUNG 1]:	Tragwerkshöhe < 150 m: Tragwerkshöhe ≥ 150 m:	$\Delta = \pm 0{,}10°$ je 3 Meter $\Delta = \pm 0{,}05°$ je 3 Meter

[a] Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.

[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.

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 $\lvert\Delta\rvert \geq 5$ mm bedeuten, dass $\lvert\Delta\rvert$ der *größere* 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:	$\Delta = \pm L/750$

[a] Keine ergänzenden Toleranzen festgelegt.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 projektspezifischen 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 unternehmensinternen 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 Produktionsprüfstopps 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 Schneidtätigkeiten 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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

D.2 Beschreibung des Verfahrens

D.2.1 Allgemeines

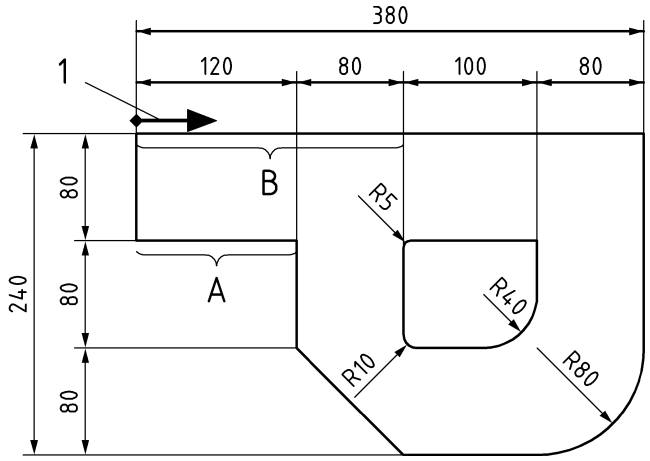
Das Schneiden der Prüfkörper muss unter Angabe sämtlicher für den Prozess relevanten Parameter und Einflussgrößen nach einer vorläufigen Schneidanweisung (pCPS) erfolgen.

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 Gradschnittes 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).

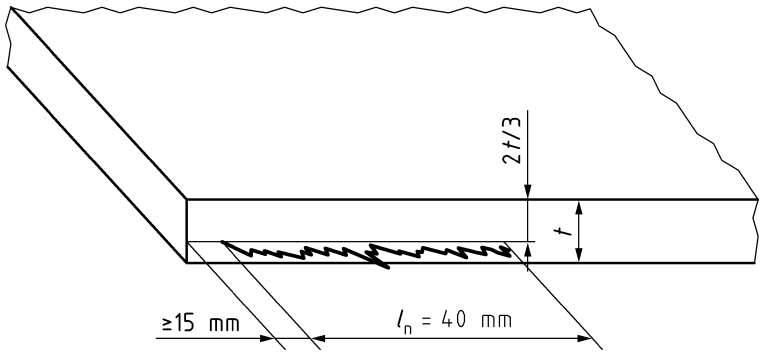


Bild D.2 — Messstelle für die gemittelte Rautiefe an geraden Brennschnitten

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.

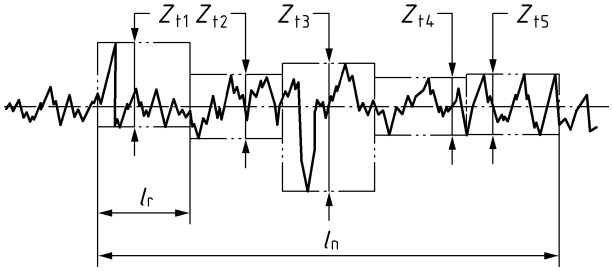


Bild D.3 — Bestimmung der gemittelten Rautiefe R_{Z5}

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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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).

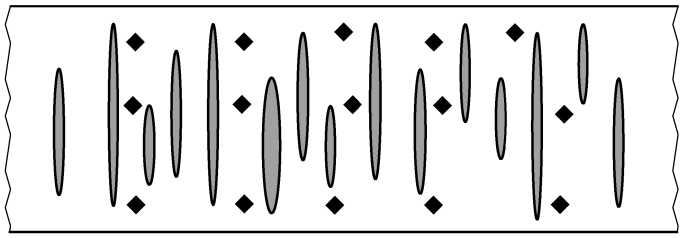


Bild D.4 — Messstellen auf der geschliffenen Brennschnittoberfläche

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 t 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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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 (*Nichtzutreffendes streichen*).	
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	

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

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.

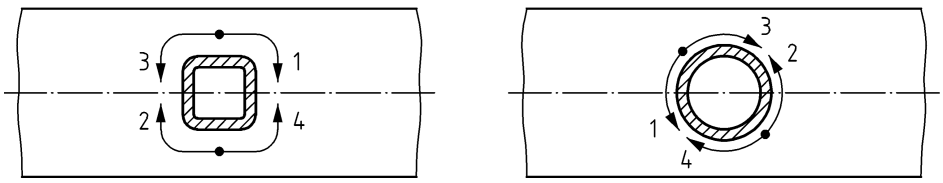


Bild E.1 — Nahtanfangs- und Nahtendstellen und Schweißfolge

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 gegehrte 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:

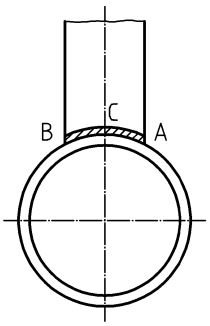
a) Zusammenbau mit nicht überlappendem Schweißen der verschiedenen Bauteile ist vorzuziehen (Fall A in Bild E.7);

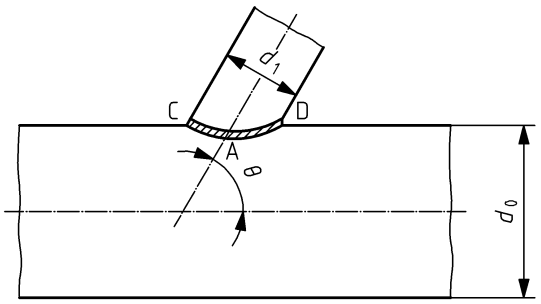
b) Zusammenbau mit überlappenden Bauteilen sollte vermieden werden; gegebenenfalls ist Fall B in Bild E.7 akzeptabel;

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;

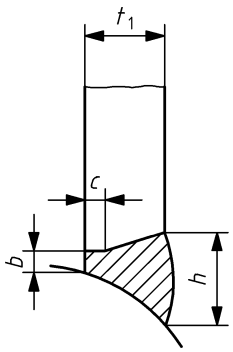
d) der verborgene Vorderbereich (wie in Fall B) ist zu schweißen, sofern nichts anderes festgelegt wird.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)





Detail A, B:

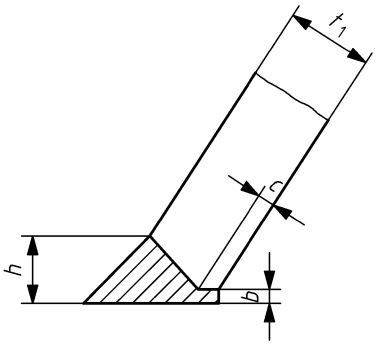


wobei $d_1 < d_0$

b = 2 mm bis 4 mm

c = 1 mm bis 2 mm

Detail C:

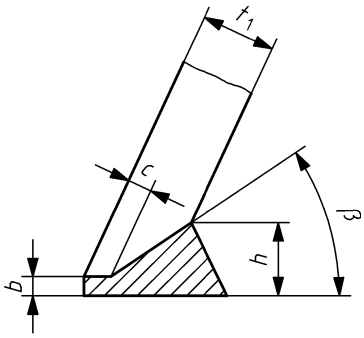


θ = 60° bis 90°

b = 2 mm bis 4 mm

c = 1 mm bis 2 mm

Detail D:

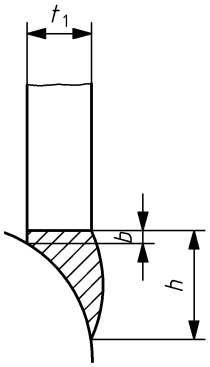


θ = 60° bis 90°

b = 2 mm bis 4 mm

c = 1 mm bis 2 mm

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

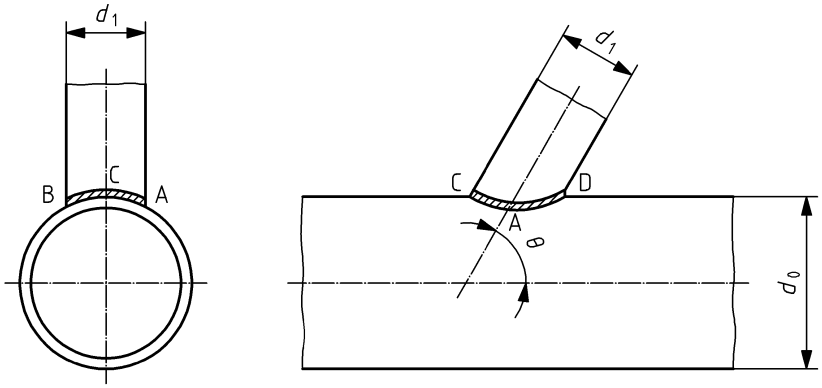


wobei $d_1 = d_0$

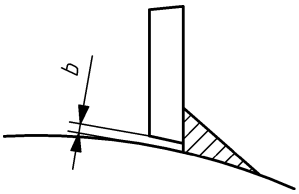
b = max. 2 mm

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

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

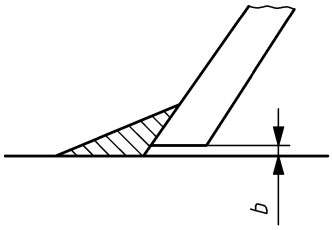


Detail A, B:



b = max. 2 mm

Detail C:

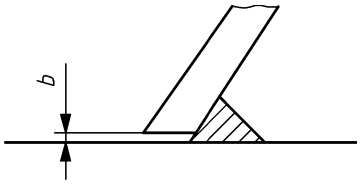


$60° \leq \theta < 90°$

b = max. 2 mm

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

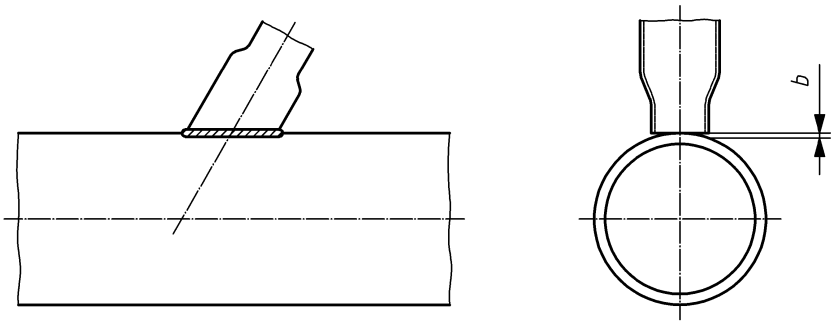
Detail D:



$30° \leq \theta < 90°$

b = max. 2 mm

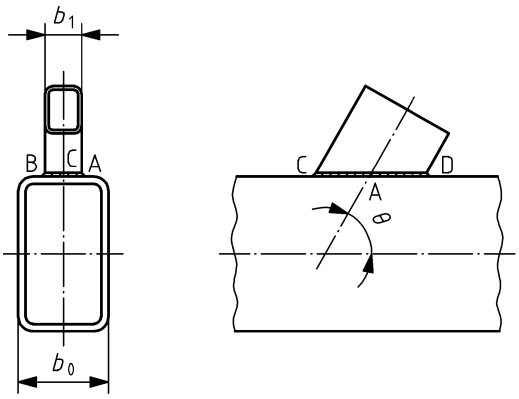
Für kleinere Winkel ist voller Einbrand unter der Voraussetzung angemessener Schweißnahtdicke nicht erforderlich.



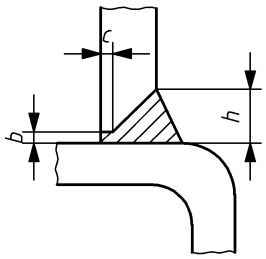
ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1, Fall 3.1.1, auf Kreishohlprofile.

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)



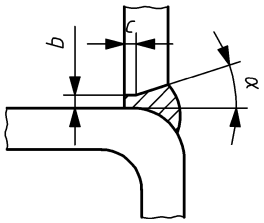
Detail A, B:



wobei $b_1 < b_0$

b = 2 mm bis 4 mm

c = 1 mm bis 2 mm



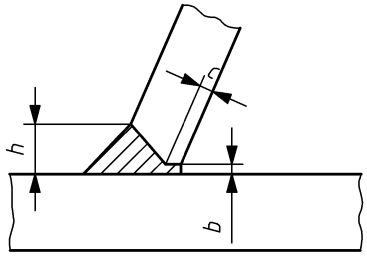
wobei $b_1 = b_0$

b = 2 mm max.

c = 1 mm bis 2 mm

α = 20° bis 25°

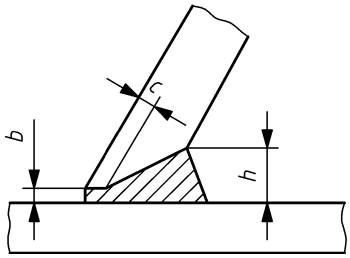
Detail C:



b = 2 mm bis 4 mm

c = 1 mm bis 2 mm

Detail D:



θ = 60° bis 90°

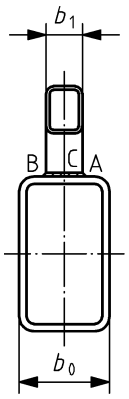
b = 2 mm bis 4 mm

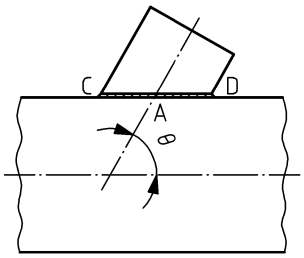
c = 1 mm bis 2 mm

Für $\theta < 60°$ wird ein Kehlnahtdetail (wie in Bild E.5) dem Detail D im vorderen Bereich vorgezogen.

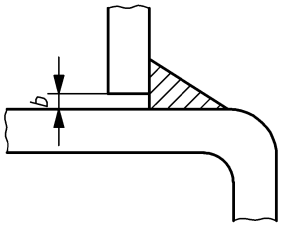
ANMERKUNG Anwendung von EN ISO 9692-1, Fall 1.4, auf quadratische oder rechteckige Hohlprofile

Bild E.4 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Stumpfnähten bei Gurt-Streben-Anschlüssen von quadratischen oder rechteckigen Hohlprofilen





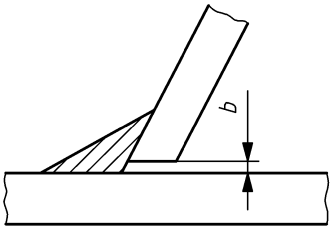
Detail A, B:



wobei $b_1 < b_0$

$b =$ max. 2 mm

Detail C:

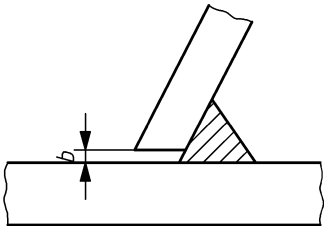


$60° \leq \theta < 90°$

$b =$ max. 2 mm

Für θ < 60° sollte im Übergangsbereich bei C (wie in Bild E.4) das Stumpfnahtdetail verwendet werden.

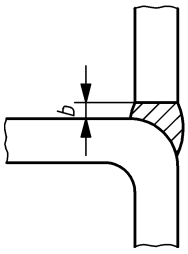
Detail D:



$30° \leq \theta < 90°$

$b =$ max. 2 mm

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



wobei $b_1 = b_0$

$b =$ max. 2 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

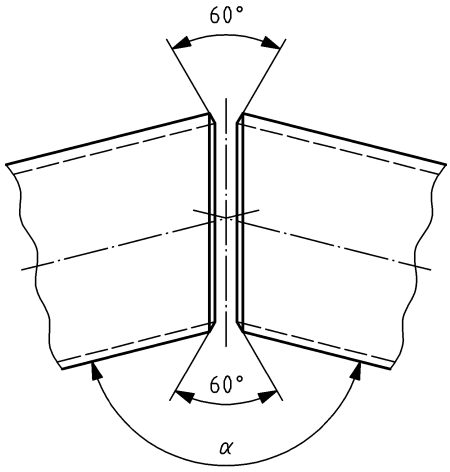
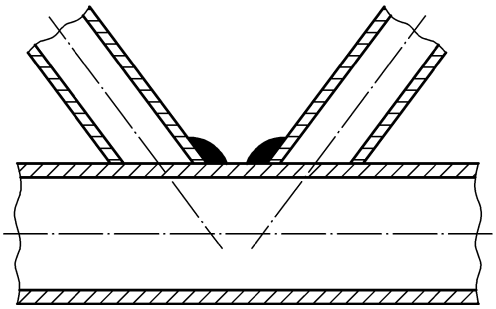


Bild E.6 — Nahtvorbereitung und Passgenauigkeit von Hohlprofilstößen mit Gehrung

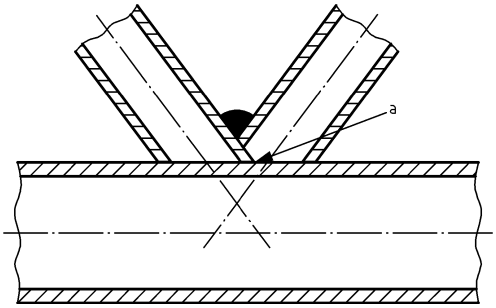


Getrennte Bauteile

Nicht überlappende Schweißnähte

EMPFOHLENE AUSFÜHRUNG

Fall A



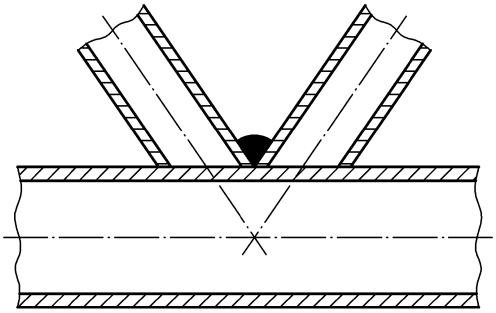
a = Verdeckter vorderer Bereich.

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 Stumpfstößen zwischen Hohlprofilbauteilen zulässig sein:

— 25 % der Dicke der dünneren Ausgangsprodukte bei Materialdicken ≤ 12 mm;

— 3 mm bei Materialdicken über 12 mm.

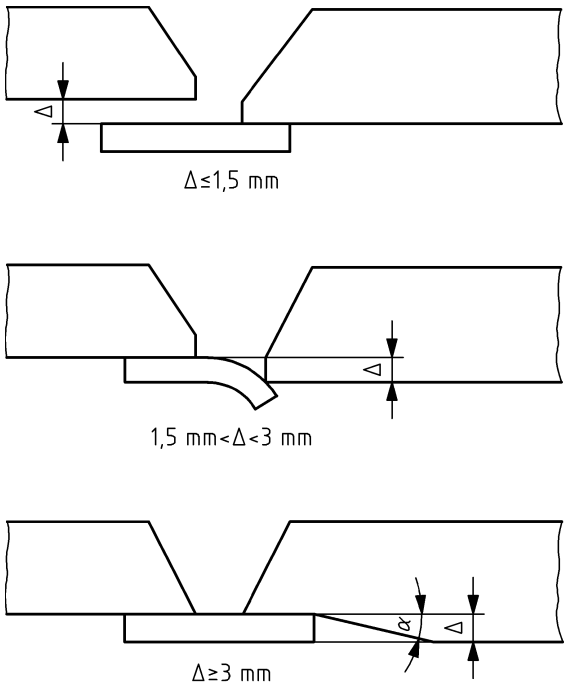
Die entsprechende Anpassung darf durch maschinelle Bearbeitung der Enden zwecks Korrektur der Unterschiede in der Wanddicke, der Ovalität oder der Abweichung von der Rechtwinkligkeit von Hohlprofilen erreicht werden, sofern die verbleibende Materialdicke den Mindestanforderungen entspricht.

Für zentrische Stumpfstöße 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);

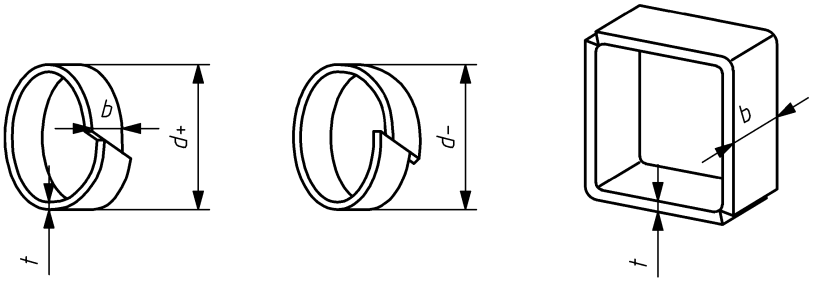
c) überschreitet der Materialdickenunterschied 3 mm, dann sollte das dickere Bauteil mit einer Neigung von 1:4 oder flacher angearbeitet werden.



Die Symbole Δ und α bedeuten: Δ = Dickenunterschied; tan α = 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

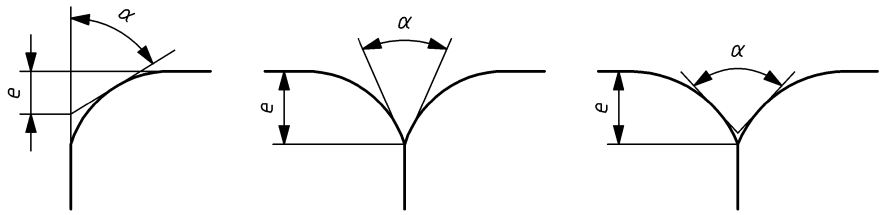
Bild E.9 — Geeignete ring- oder bandförmige Schweißbadsicherungen

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 Leistungsspezifikation (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 nichtmetallisch 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 Handentrosten 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 m^2 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 × NDFT im Allgemeinen oder 3 × 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.

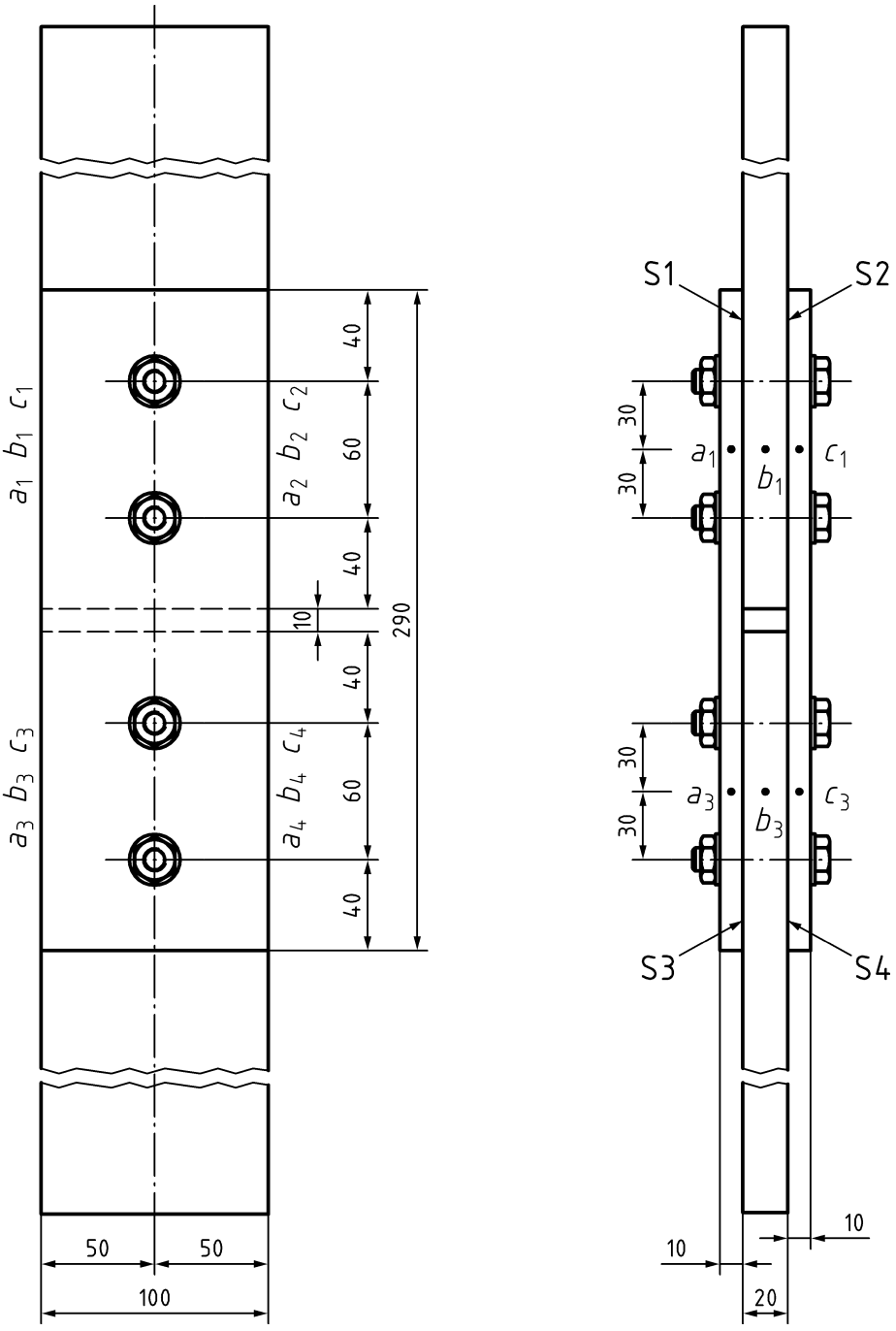
Der Stahlwerkstoff muss EN 10025-2 bis EN 10025-6 entsprechen; nichtrostende Stähle müssen EN 10088-4 oder EN 10088-5 entsprechen.

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.

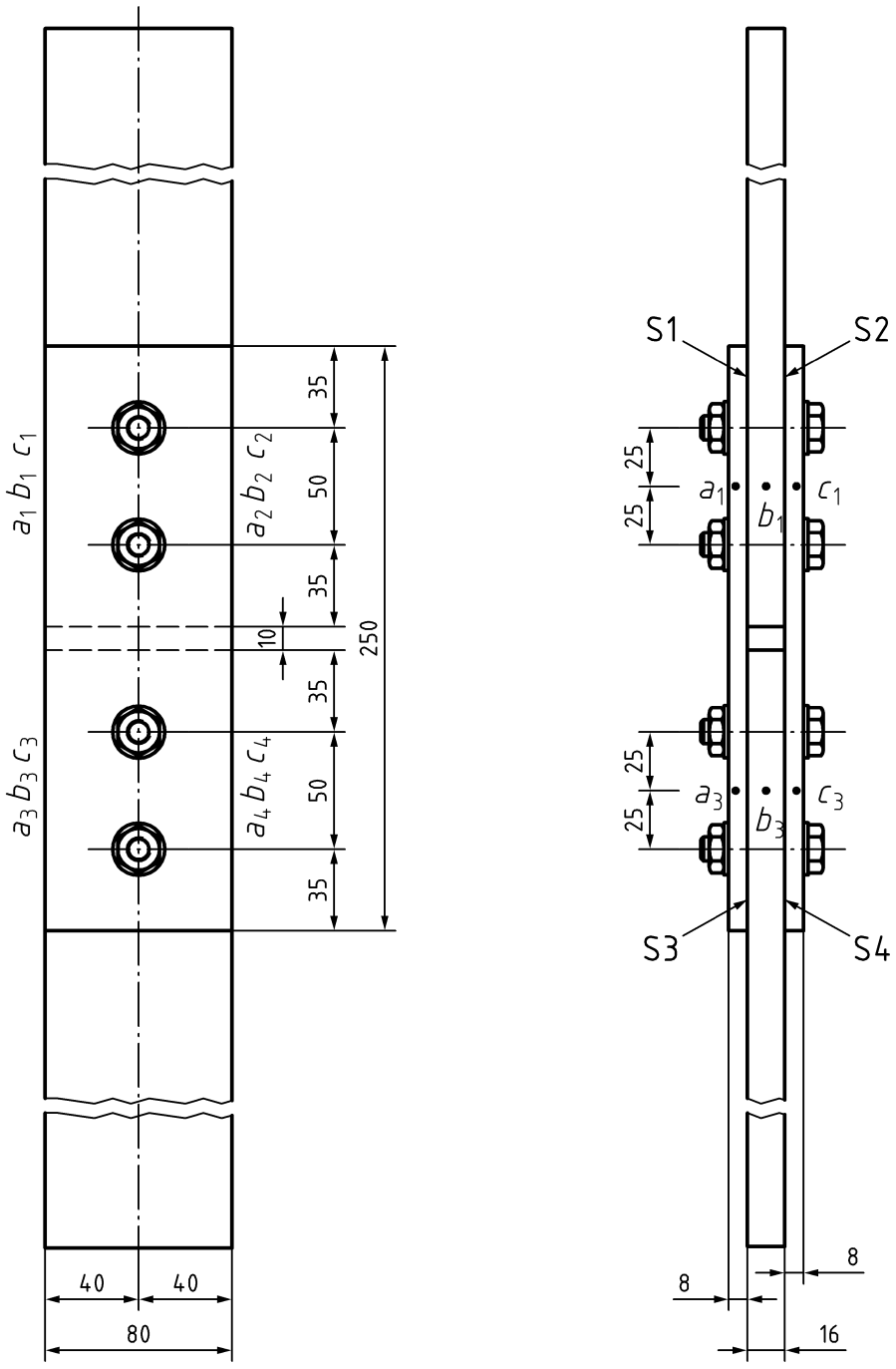
Die Bleche müssen genau geschnittene Kanten aufweisen, die den Kontakt zwischen den Oberflächen nicht stören. Sie müssen ausreichend eben sein, um sicherzustellen, dass sich die vorbereiteten Flächen berühren, nachdem die Schrauben nach 8.1 und 8.5 vorgespannt wurden.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Maße in Millimeter



a) Schrauben M20 in Löchern mit 22 mm Durchmesser



b) Schrauben M16 in Löchern mit 18 mm Durchmesser

Legende

S1 Gleitebene 1
S2 Gleitebene 2
S3 Gleitebene 3
S4 Gleitebene 4

Bild G.1 — Standardprüfkörper zur Prüfung der Haftreibungszahl

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 zusammengebaut 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 ± 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 ± 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 Vorspannkräfte erneut gemessen werden dürfen.

Die Schraubenvorspannkräfte jedes Prüfkörpers müssen unmittelbar vor dem Prüfen gemessen werden. Erforderlichenfalls müssen die Schrauben erneut auf die geforderten ± 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.

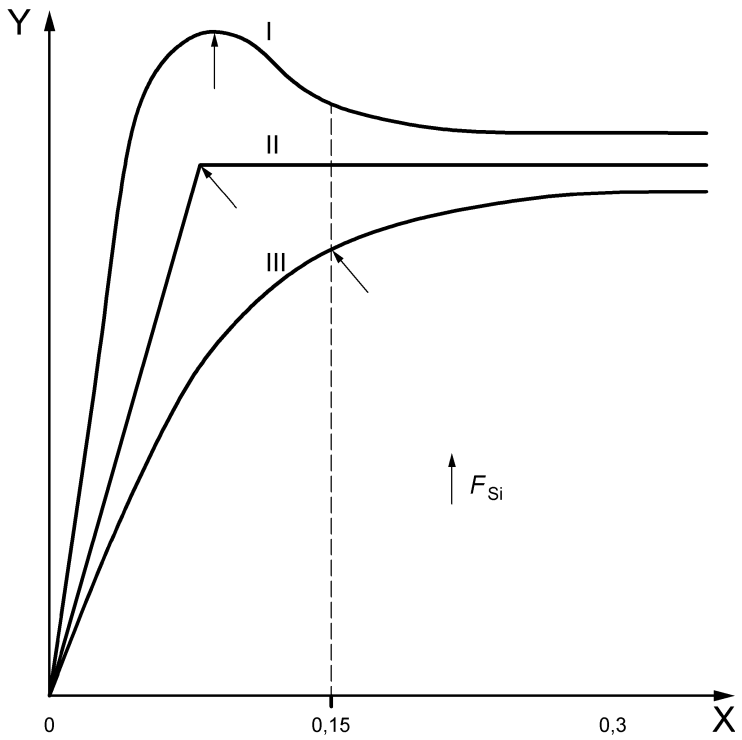
Die Prüfkörper müssen in einer Zug-Prüfmaschine geprüft werden. Das Kraft-Gleit-Verhalten muss aufgezeichnet werden.

In einem Prüfkörper gibt es vier Gleitebenen: Gleitebenen 1 bis 4 nach Bild G.1.

Das Gleitmaß muss in Richtung der aufgebrachten 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 Gleitenebenen 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 Relativerschiebungen erhalten werden.

Als individuelle Gleitkraft einer Verbindung, F_{Si}, 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_{Fs} 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:

$$n > (s / 3{,}5)^2 \qquad \text{(G.1)}$$

Dabei ist

n die Anzahl der Prüfkörper;

s die Standardabweichung s_{Fs} der Gleitkraft der ersten fünf Prüfkörper (zehn Messwerte) als Prozentsatz des Mittelwertes der Gleitkraft.

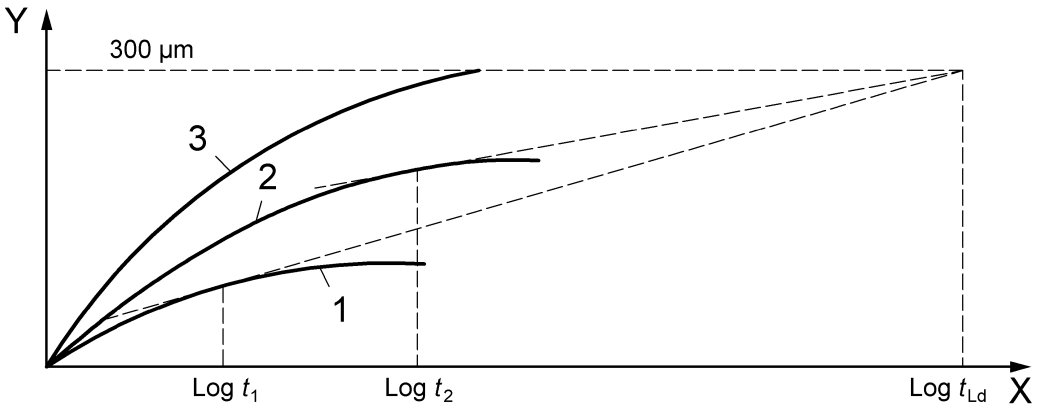
G.5 Erweitertes Kriechprüfverfahren und Auswertung

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 Mindestdauer der Prüfung 1
t_2 Mindestdauer 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:

$$\mu_{\mathrm{i}} = \frac{F_{\mathrm{Si}}}{4F_{\mathrm{p,C}}} \tag{G.2}$$

Der Mittelwert der Gleitkraft F_{Sm} und dessen Standardabweichung s_{Fs}werden wie folgt bestimmt:

$$F_{\mathrm{Sm}} = \frac{\sum F_{\mathrm{Si}}}{n}, \qquad s_{\mathrm{Fs}} = \sqrt{\frac{\sum (F_{\mathrm{Si}} - F_{\mathrm{Sm}})^2}{n-1}} \tag{G.3}$$

Der Mittelwert der Haftreibungszahl μ_{m}und dessen Standardabweichung s_{μ}werden wie folgt bestimmt:

$$\mu_{\mathrm{m}} = \frac{\sum \mu_{\mathrm{i}}}{\mathrm{n}}, \qquad s_{\mu} = \sqrt{\frac{\sum (\mu_{\mathrm{i}} - \mu_{\mathrm{m}})^2}{n-1}} \tag{G.4}$$

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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (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);

$M_{r,test}$ 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 $F_{p,C}$ (°) erreicht;

$\theta_{1,i}$ individueller Wert des Drehwinkels θ, bei dem die Schraubenkraft den Maximalwert $F_{b,i,max}$ (°) erreicht;

$\theta_{2,i}$ individueller Wert des Drehwinkels θ, bei dem der Versuch beendet wird (°);

$\Delta\theta_{1,i}$ individuelle Differenz der Drehwinkel $(\theta_{1,i} - \theta_{p,i})$ (°);

$\Delta\theta_{2,i}$ 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 Prüfapparatur

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 Drehschrauber 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.

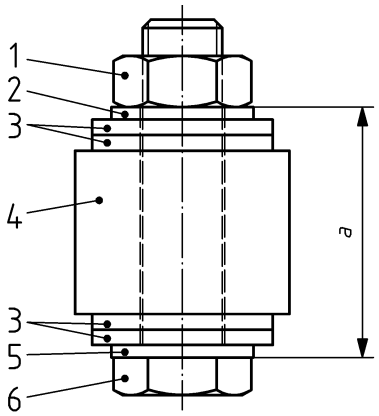
Die Prüfgarnituren und Ausgleichsscheiben müssen so angeordnet werden, dass:

— 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 $F_{\mathrm{b,i}}$, um das Anziehdrehmoment auf einen vorgegebenen Anteil von $F_{\mathrm{p,C}} = 0{,}7\, f_{\mathrm{ub}}\, A_{\mathrm{s}}$ beziehen zu können.

Beim Drehmomentverfahren ist der Versuch zu beenden, sobald eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

a) die Schraubenkraft überschreitet 1,1 $F_{\mathrm{p,C}}$;

b) der Drehwinkel der Mutter überschreitet $(\theta_{\mathrm{p,i}} + \Delta\theta_1)$ und/oder $(\theta_{\mathrm{p,i}} + \Delta\theta_{2,\mathrm{min}})$, 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 ±6 %, Wiederholbarkeitsfehler ±3 %, kalibriertes Anziehgerät mit Genauigkeit ±4 %, Wiederholbarkeitsfehler ±2 %.				

Die Abnahmekriterien für das Drehmomentverfahren müssen auf acht gemessenen Anziehdrehmomentwerten $M_{1\text{-}8}$ 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 $M_{r,test}$ für das Vorspannen ist

$$M_{r,test} = (M_{max} + M_{min.})/2 \quad \text{(H.1)}$$

mit der zusätzlichen Bedingung, dass

$$(M_{max.} - M_{min.}) \leq 0{,}20\, M_{r,test} \quad \text{(H.2)}$$

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 Vorspannkräften von acht Schrauben beim Versagen der Abscherenden basieren.

Es gelten die folgenden Anforderungen:

a) individueller Wert für $F_b \geq F_{p,C}$;

b) Mittelwert $F_m \geq 1{,}1\, F_{p,C}$;

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 aufgebrachte 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 × 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 ≤ 10 % In allen vorgespannten Schraubverbindungen geeignet[a, b]
Alkalimetall-Zink-Silicat-Grundbeschichtung	entfällt	Vorspannkraftverlust ≤ 10 % In allen vorgespannten Schraubverbindungen geeignet[a, b]
Einschichtige 2K-EP- oder -PUR-Beschichtung mit Zn(R)	A 3.10	
Mehrschichtige 1K- PUR-Beschichtungssysteme mit Zn(R)	A 3.11 A 4.13 A 4.14 A 4.15	Vorspannkraftverlust ≤ 30 %. In Schraubverbindungen der Kategorien A und D nach EN 1993-1-8, die aus Gründen der Gebrauchtauglichkeit 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

[a] Zur Eignung für Reibflächen, siehe Tabelle 17.

[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) Vorspannkräfte und Schraubengarnituren, die nach ein paar Tagen nachgezogen werden können, festzulegen.

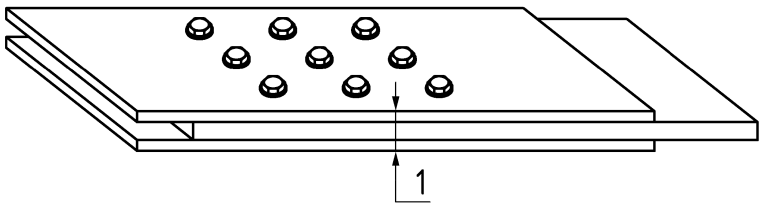
I.2 Prüfdurchführung

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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

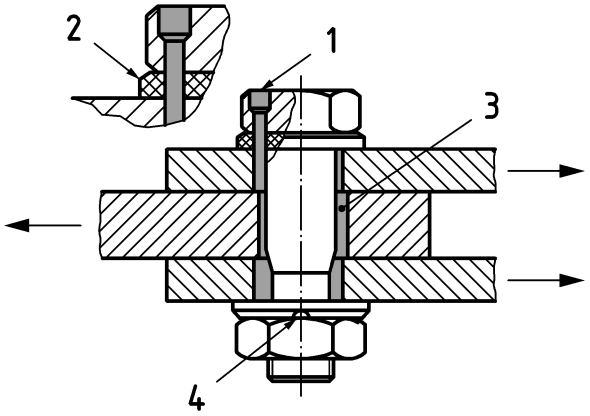
Anhang J
(informativ)

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 zweischnittigen Verbindung

Injektions-Schrauben sollten aus Werkstoffen nach Abschnitt 5 hergestellt und in Übereinstimmung mit Abschnitt 8 eingesetzt werden, ergänzt durch die Empfehlungen in diesem Anhang.

ANMERKUNG Weitergehende Angaben enthält ECCS No. 79.

J.2 Lochmaße

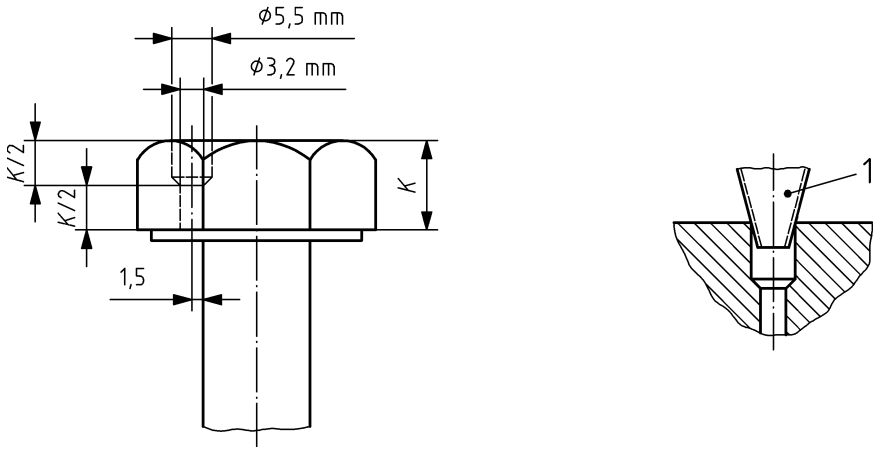
Das Nennspiel der Schraubenlöcher sollte 3 mm betragen. Für Schrauben kleiner als M27 darf das Spiel auf 2 mm abgemindert werden, entsprechend der Festlegung in 6.6 für normal runde Löcher.

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

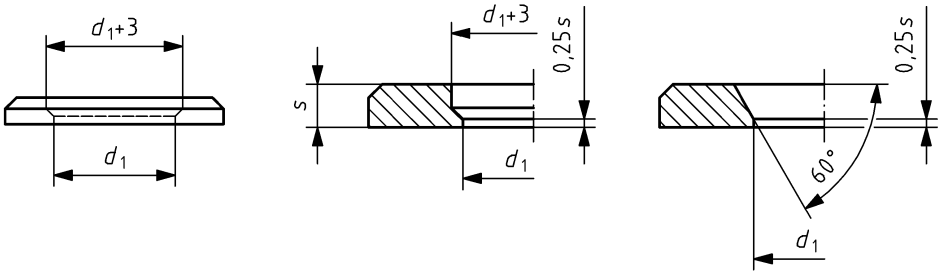
1 Düse des Injektionsgerätes

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



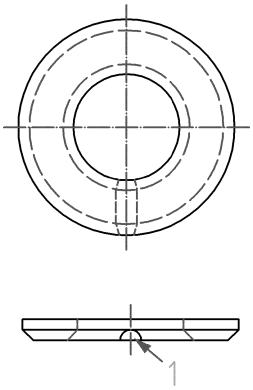
a) gedreht b) gefast

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 Modellierton verwendet werden, um die Bohrung im Kopf und die Öffnung in der Scheibe unmittelbar nach der Injektion zu verschließen.

Die Verbindung sollte zum Zeitpunkt der Injektion frei von Wasser sein.

ANMERKUNG 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.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Anhang K
(informativ)

Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer Schweißanweisung (WPS)

Tabelle K.1 — Flussdiagramm zur Erstellung und Verwendung einer WPS

Erstellung einer vorläufigen Schweißanweisung (p**WPS**)
↓
Qualifizierung des Schweißverfahrens durch ein Verfahren nach 7.4.1 **(WPQR)**
↓
Vorbereitung der **WPS** für die Fertigung auf Basis des maßgebenden Berichts über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (**WPQR**)
↓
Anwendung der **WPS** für die ersten 5 Schweißnähte in der Fertigung mit **ZfP**-Umfang nach 12.4.2.2
↓
Anwendung der **WPS** nach den ersten 5 Schweißnähten in der Fertigung mit **ZfP**-Umfang nach 12.4.2.3

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**.

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Tabelle L.1 — Hinweise für eine Vorgehensweise zur Auswahl der Schweißnahtklasse

Grad der Ermüdungs-beanspruchung[a]	Folgen des Versagens der Verbindung oder des Bauteils[c]	Spannung in der Schweißnaht[b]	Schweißnahtklasse (WIC)
Hohe Ermüdungs-beanspruchung	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** Ermüdungsbean-spruchung	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“- Stumpfnaht	10	100	100
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnaht	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“- Stumpfnaht	5	50	100
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnaht	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“- Stumpfnaht	0	20	20
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnaht	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“- Stumpfnaht	0	10	10
	Vollständig durchgeschweißte T-Stumpfnaht	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

DIN EN 1090-2:2018-09
EN 1090-2:2018 (D)

Anhang M
(normativ)

Sequentielles Verfahren zur Inspektion von Verbindungsmitteln

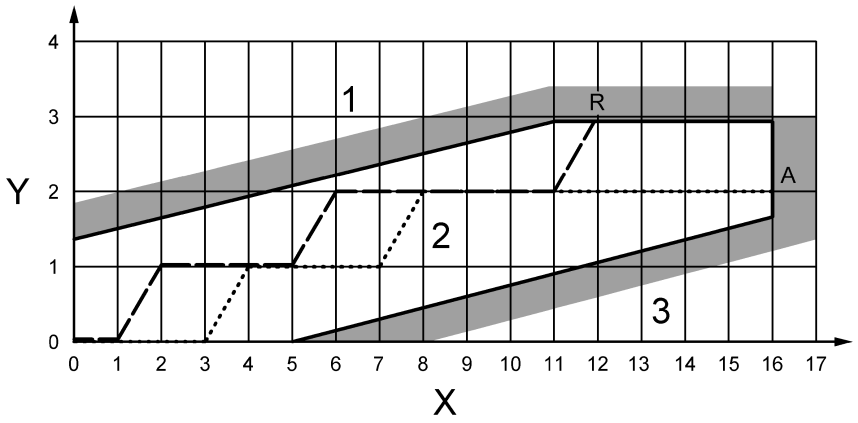
M.1 Allgemeines

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 Annahmebereich, den Rückweisungsbereich und den Unbestimmtheitsbereich. Solange das Inspektionsergebnis im Unbestimmtheitsbereich liegt, wird die Inspektion fortgesetzt, bis die fortschreitende Aufzeichnung entweder im Annahmebereich 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		
2	Unbestimmtheitsbereich	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“.
3	Annahmebereich		

Bild M.1 — Beispiel für das sequentielle Inspektionsdiagramm

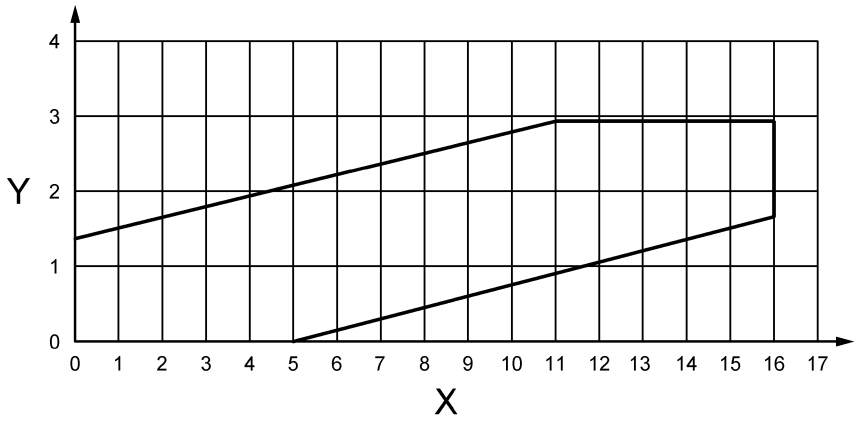
M.2 Anwendung

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

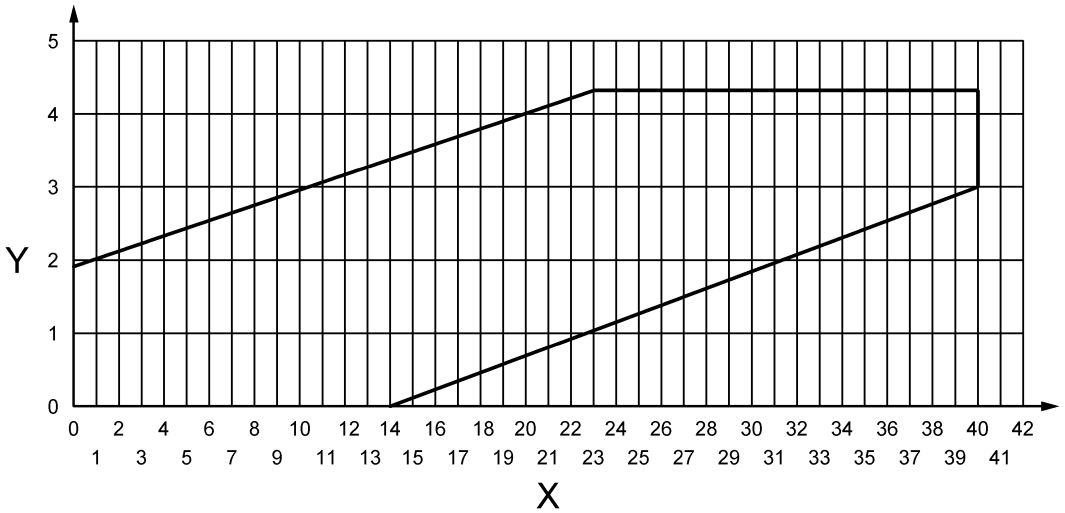
X Anzahl inspizierter Verbindungsmittel
Y Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel

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 — Allgemeintoleranzen 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)*

DEUTSCHE NORM **September 2018**

DIN EN 1090-4

DIN

ICS 91.010.30; 91.080.13; 91.080.17

Ersatz für
DIN 18807-3:1987-06 und
DIN 18807-3/A1:2001-05

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; Deutsche Fassung EN 1090-4:2018

Execution of steel structures and aluminium structures –
Part 4: Technical requirements for cold-formed structural steel elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications;
German version EN 1090-4:2018

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium –
Partie 4: Exigences techniques pour éléments et structures en acier formés à froid pour applications en toiture, plafond, paroi verticale et plancher;
Version allemande EN 1090-4:2018

zurückgezogen – withdrawn

Gesamtumfang 98 Seiten

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

DIN EN 1090-4:2018-09

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 1090-4:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl und aus Aluminium“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SN (Norwegen) gehalten wird.

Das zuständige Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-08-14 AA „Stahlbauten, Herstellung (SpA zu CEN/TC 135 und ISO/TC 167)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN 18807-3:1987-06 und DIN 18807-3/A1:2001-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Norm inhaltlich vollständig überarbeitet;

b) Inhalt an europäisches Konzept angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN 18807-3: 1987-06
DIN 18807-3/A1: 2001-05

zurückgezogen - withdrawn

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 1090-4

Juli 2018

ICS 91.010.30; 91.080.13; 91.080.17

Deutsche Fassung

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

Execution of steel structures and aluminium structures — Part 4: Technical requirements for cold-formed structural steel elements and cold-formed structures for roof, ceiling, floor and wall applications

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium — Partie 4: Exigences techniques pour éléments et structures en acier formés à froid pour applications en toiture, plafond, paroi verticale et plancher

zurückgezogen - withdrawn

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. Februar 2017 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

© 2018 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 1090-4:2018 D

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... **6**

1 Anwendungsbereich ... **7**

2 Normative Verweisungen ... **10**

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen ... **12**
3.1 Begriffe ... **12**
3.2 Symbole und Abkürzungen ... **14**

4 Vorschriften und Dokumentation ... **15**
4.1 Ausführungsunterlagen ... **15**
4.1.1 Allgemeines ... **15**
4.1.2 Ausführungsklassen ... **16**
4.1.3 Verlegepläne ... **16**
4.1.4 Geometrische Toleranzen ... **17**
4.2 Dokumentation der Montage ... **18**
4.2.1 Allgemeines ... **18**
4.2.2 Dokumentation der Montagequalität ... **18**
4.2.3 Sicherheit der Montagearbeiten ... **18**
4.3 Detaillierte Dokumentation der Rückverfolgbarkeit ... **18**
4.4 Ausführungsdokumentation ... **18**

5 Ausgangsprodukte ... **18**
5.1 Allgemeines ... **18**
5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit ... **19**
5.3 Werkstoffe ... **19**
5.4 Grenzabmaße der Dicke ... **21**
5.5 Mindestnennblechdicken ... **21**
5.5.1 Profiltafeln ... **21**
5.5.2 Tragende Bauteile ... **22**
5.6 Geometrische Toleranzen ... **22**
5.7 Mechanische Verbindungselemente ... **22**
5.7.1 Allgemeines ... **22**
5.7.2 Arten von Befestigungselementen und Werkstoffen ... **23**
5.8 Zubehör ... **24**
5.9 Oberflächenschutz ... **24**
5.10 Leistungskriterien für das Verhalten bei Brand von außen bei Dachkonstruktionen ... **24**
5.11 Brandverhalten ... **24**
5.12 Feuerbeständigkeit ... **24**
5.13 Freisetzen gefährlicher Stoffe ... **25**
5.14 Blitzschutz ... **25**

6 Herstellung ... **25**
6.1 Allgemeines ... **25**
6.2 Identifizierbarkeit ... **25**
6.3 Kaltumformen ... **25**
6.4 Schneiden ... **25**
6.4.1 Allgemeines ... **25**
6.4.2 Scherschneiden und Nibbeln ... **26**
6.4.3 Thermisches Schneiden ... **26**

Auszug aus www.thieme.de

6.5 Stanzen ... 26
6.5.1 Allgemeines ... 26
6.5.2 Ausführung ... 26

7 Schweißen ... 27
7.1 Schweißen von individuell hergestellten, kaltgewalzten Hohlprofilen ... 27
7.1.1 Allgemeines ... 27
7.1.2 Qualifizierung von Schweißverfahren und Schweißpersonal ... 28
7.1.3 Geometrische Toleranzen ... 29
7.1.4 Kontrolle und Prüfung von geschweißten nach Maß kaltgewalzten Profilen ... 29
7.2 Widerstandspunktschweißen ... 29
7.3 Schweißen auf der Baustelle ... 29

8 Mechanisches Verbinden ... 30
8.1 Allgemeines ... 30
8.2 Einsatz von gewindefurchenden Schrauben und Bohrschrauben ... 30
8.3 Einsatz von Blindnieten ... 31
8.4 Einsatz von Setzbolzen ... 31
8.5 Befestigung von kaltgeformten tragenden Bauteilen und Profiltafeln mit der Unterkonstruktion ... 32
8.5.1 Arten von Verbindungen ... 32
8.5.2 Befestigung der Profiltafeln mit der Unterkonstruktion quer zur Spannrichtung ... 32
8.5.3 Befestigung der Profiltafeln mit der Unterkonstruktion parallel zur Spannrichtung der Profiltafel ... 34
8.5.4 Unterkonstruktion aus Metall ... 34
8.5.5 Unterkonstruktion aus Holz oder Holzwerkstoffen ... 34
8.5.6 Unterkonstruktion aus Beton oder Mauerwerk ... 34
8.6 Verbindung von Profiltafeln ... 35
8.7 Rand- und Zwischenabstände von Verbindungselementen für Profiltafeln ... 35
8.7.1 Allgemeines ... 35
8.7.2 Randabstände bei Trapezprofilen und Kassettenprofilen ... 36

9 Montage ... 36
9.1 Allgemeines ... 36
9.2 Baustellenbedingungen ... 36
9.3 Schulung/Anleitung von Baupersonal ... 37
9.4 Kontrolle vorangegangener Arbeiten ... 37
9.5 Verlegepläne ... 37
9.6 Erforderliche Werkzeuge ... 37
9.7 Sicherheit auf der Baustelle ... 37
9.8 Kontrolle von Verpackung und Inhalt ... 38
9.9 Lagerung ... 38
9.10 Beschädigte tragende Bauteile, Profiltafeln und Verbindungselemente ... 39
9.11 Entladen, Hebezeuge/Seile/Gurte ... 39
9.12 Verlegen ... 39
9.13 Verlegerichtung ... 39
9.14 Einhaltung der Überdeckungsbreite beim Einbau ... 39
9.15 Zustand nach der Montage (Bohrspäne, Oberflächenbeschmutzung, Schutzfolie) ... 39
9.16 Abnahme nach der Montage ... 40
9.17 Schubfelder ... 40
9.18 Blitzschutz ... 41

10 Oberflächenschutz ... 41
10.1 Korrosionsschutz ... 41
10.2 Reinigung und Wartung ... 41
10.2.1 Organisch beschichtete Produkte ... 41
10.2.2 Produkte mit metallischem Überzug ... 42
10.2.3 Nichtrostender Stahl ... 42

Archiv Download Winddrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

11 Geometrische Toleranzen ... 42
11.1 Allgemeines ... 42
11.2 Toleranzkategorien ... 42
11.3 Grundlegende Toleranzen ... 43
11.3.1 Allgemeines ... 43
11.3.2 Herstelltoleranzen ... 43
11.3.3 Montagetoleranzen ... 43
11.4 Ergänzende Toleranzen ... 43

12 Kontrollen, Prüfungen und Nachbesserung ... 44
12.1 Allgemeines ... 44
12.2 Tragende Bauteile, Profiltafeln und Verbindungselemente ... 44
12.2.1 Allgemeines ... 44
12.2.2 Nichtkonforme Produkte ... 44
12.3 Herstellung: geometrische Maße der gefertigten tragenden Bauteile und Profiltafeln ... 44
12.3.1 Allgemeines ... 44
12.3.2 Profiltafeln ... 44
12.3.3 Bauteile ... 45
12.4 Kontrolle des montierten Tragwerks ... 46
12.5 Kontrolle von Verbindungselementen ... 46
12.5.1 Gewindeformende Schrauben ... 46
12.5.2 Blindniete ... 46
12.5.3 Setzbolzen ... 46
12.5.4 Verbindungen mit metrischen Schrauben ... 46

Anhang A (normativ) Grundanforderungen an Profiltafeln ... 47
A.1 Allgemeines ... 47
A.2 Unterkonstruktionen ... 47
A.2.1 Werkstoffe ... 47
A.2.2 Scherkräfte/Festpunkte ... 47
A.3 Randausbildung der Verlegefläche ... 47
A.3.1 Dachrandabschluss in Längsrichtung ... 47
A.3.2 Querschnittsschwächungen ... 48
A.3.3 Aussteifungen und Doppellagen ... 48
A.3.4 Vermeidung von Eisschanzen ... 49
A.4 Bauphysikalische Anforderungen ... 50
A.4.1 Allgemeines ... 50
A.4.2 Wasserdurchlässigkeit ... 50
A.4.3 Wärmedämmung ... 50
A.4.4 Vermeidung von Tauwasser/Feuchteschutz ... 50
A.4.5 Luftschalldämmung (R_w) ... 51
A.4.6 Schallabsorption (α_w) ... 51
A.4.7 Blitzschutz ... 51
A.5 Dachentwässerung ... 52

Anhang B (normativ) Sonderanforderungen an Profiltafeln ... 54
B.1 Allgemeines ... 54
B.2 Gebrauchstauglichkeit ... 54
B.3 Auflagerbreiten ... 55
B.4 Unterkonstruktion aus Beton oder Mauerwerk ... 55
B.5 Exzentrische Verbindungen ... 57
B.6 Aussteifung von Kassettenprofilen ... 58
B.7 Begehbarkeit ... 58
B.7.1 Begehbarkeit während der Montage ... 58
B.7.2 Begehbarkeit und Zugang nach der Montage ... 58
B.7.3 Prüfung der Begehbarkeit ... 59
B.8 Biegesteifer Stoß ... 60

Abgelegt in Winlegal

B.9 Drehbettung 63
B.10 Auskragende Profile 63
B.11 Öffnungen in der Verlegefläche 65

Anhang C (informativ) Dokumentation 68

Anhang D (normativ) Geometrische Toleranzen 69
D.1 Allgemeines 69
D.2 Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profiltafeln 69
D.3 Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen —für kaltgeformte Bauteile einschließlich nach Maß kaltgewalzter Hohlprofile 74
D.3.1 Gekantete oder gefalzte Bauteile 74
D.3.2 Rollgeformte Profile 75

Anhang E (normativ) Korrosionsschutz durch metallische Überzüge mit oder ohne organische Beschichtungen 77
E.1 Korrosionsschutz 77
E.2 Eignung von Beschichtungssystemen 81
E.2.1 Auswahl 81
E.2.2 Untersuchung der Eignung (Erstprüfung) 86
E.2.3 Überwachung 88
E.2.4 Kontaktkorrosion 89

Anhang F (normativ) Zusätzliche Angaben 93
F.1 Liste mit zusätzlich erforderlichen Angaben 93
F.2 Liste mit zusätzlichen Angaben, sofern nicht anders festgelegt 93

Literaturhinweise 95

zurückgezogen - withdrawn

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 1090-4:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 135 „Ausführung von Tragwerken aus Stahl und aus Aluminium“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom SN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2019 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 ist Teil der Reihe 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*

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.

Zurückgezogen wird gem.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an die Ausführung, d. h. Herstellung und Montage, von kaltgeformten, tragenden Bauteilen und Profiltafeln aus Stahl und kaltgeformten Tragwerken für Dach-, Decken-, Boden-, Wand- und Bekleidungsanwendungen fest.

Diese Europäische Norm gilt für Tragwerke, die nach der Normenreihe EN 1993 bemessen sind.

Diese Europäische Norm gilt für tragende Bauteile und Profiltafeln, wie in EN 1993-1-3 definiert.

Diese Europäische Norm darf bei Tragwerken, die nach anderen Bemessungsregeln bemessen wurden, angewendet werden, vorausgesetzt, die Bedingungen für die Ausführung stimmen mit diesen überein und erforderliche zusätzliche Anforderungen sind festgelegt.

Diese Europäische Norm legt außerdem die Anforderungen an die Ausführung, d. h. Herstellung und Montage, von Tragwerken aus kaltgeformten Profiltafeln für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen unter vorwiegend ruhenden oder seismischen Lastbedingungen und deren Dokumentation fest.

Diese Europäische Norm umfasst Profiltafeln der Konstruktionsklassen I und II nach EN 1993-1-3, die in Tragwerken verwendet werden.

Diese Europäische Norm gilt für tragende Bauteile aller Konstruktionsklassen nach EN 1993-1-3.

Als tragende Profiltafeln gelten an dieser Stelle:

— Profiltafeln, z. B. Trapez-, Well-, oder Kassettenprofile (Bild 1), oder

Als tragende Bauteile gelten an dieser Stelle:

— Bauteile (Querschnitte mit tragendem Profil), die durch Kaltumformen hergestellt werden (Bild 2).

Diese Europäische Norm umfasst außerdem:

— nicht geschweißte, zusammengesetzte Querschnitte (Bild 2b und 2c);

— kaltgeformte Hohlprofile, einschließlich Schweißung der Längsnaht, die nicht in EN 10219-1 behandelt sind;

— perforierte, gelochte und mikroprofilierte Profiltafeln und Bauteile;

ANMERKUNG 1 Geschweißte, zusammengesetzte Querschnitte sind nicht im Anwendungsbereich enthalten, die Ausführungsbestimmungen sind in EN 1090-2 enthalten.

Diese Europäische Norm umfasst außerdem Abstandhalterkonstruktionen zwischen Außen- und Innenschale oder Ober- und Unterschale für Dächer, Wände und Decken, die aus kaltgeformten Profiltafeln hergestellt wurden sowie die Verbindungen und Befestigungen der zuvor aufgeführten Bauteile, sofern sie zur Lastübertragung beitragen.

Diese Europäische Norm umfasst auch Stahlprofiltafeln für Verbunddecken, z. B. in deren Montage- und Betonagezustand.

Diese Norm umfasst keine Verbundkonstruktionen, bei denen die Wechselwirkung unterschiedlicher Werkstoffe integraler Bestandteil des Tragwerksverhaltens ist, z. B. Sandwich-Elemente und Verbunddecken.

Auszug aus Nds. MBl. Nr. 23 b/2021 - www.nlb.niedersachsen.de

Diese Europäische Norm umfasst keine erforderlichen Nachweise und Ausführungsregeln für Wärme-, Feuchtigkeits-, Schall- und Brandschutz.

Diese Europäische Norm beinhaltet keine Bestimmungen hinsichtlich Dachdeckung und Wandbekleidung, die durch herkömmliche Klempner- oder andere handwerkliche Verfahren hergestellt wurden.

Anhang B dieser Norm betrifft vom Planer zu berücksichtigende Bestimmungen, die bisher nicht in EN 1993-1-3 enthalten sind. Die Leitlinien in diesem Anhang werden zukünftig ganz oder teilweise durch Leitlinien ersetzt, die in EN 1993 noch zu ergänzen sind.

Diese Europäische Norm behandelt keine detaillierten Anforderungen an Wasser- oder Luftundurchlässigkeit und thermische Aspekte von Profiltafeln.

ANMERKUNG 2 Konstruktionen, die in dieser Norm behandelt werden, können beispielsweise sein:

— einschalige- oder mehrschalige Dächer, wobei die tragende Konstruktion (Unterschale) oder die tatsächliche Dachdeckung (Oberschale) oder beide aus kaltgeformten Bauteilen und Profiltafeln bestehen;

— einschalige- oder mehrschalige Wände, wobei die tragende Konstruktion (Innenschale) oder die tatsächliche Bekleidung (Außenschale) oder beide aus kaltgeformten Bauteilen und Profiltafeln bestehen; oder

— Träger aus kaltgeformten Bauteilen.

ANMERKUNG 3 Konstruktionen können aus tragenden Stahlbauteilen und -profiltafeln nach EN 1090-4 und tragenden Aluminiumbauteilen nach EN 1090-5 zusammengefügt werden.

zurückgezogen - withdrawn

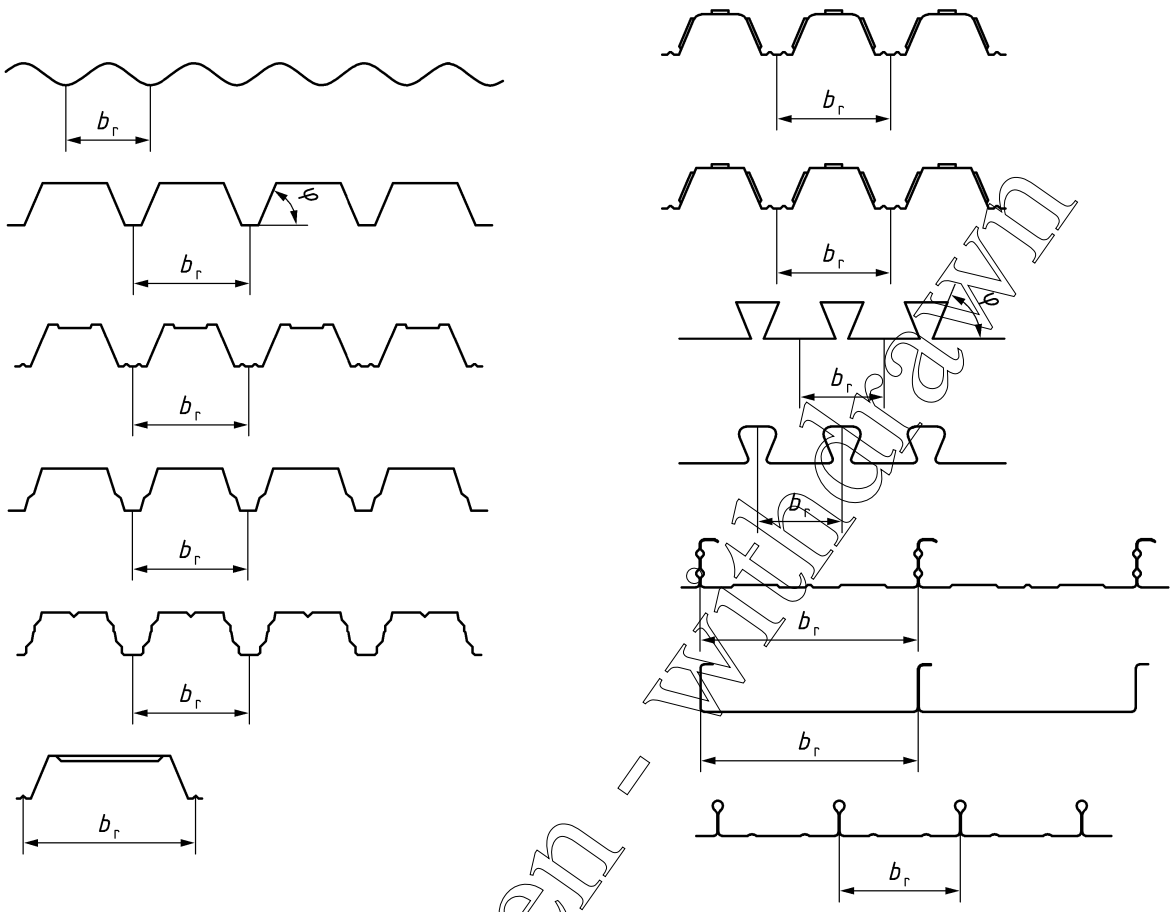
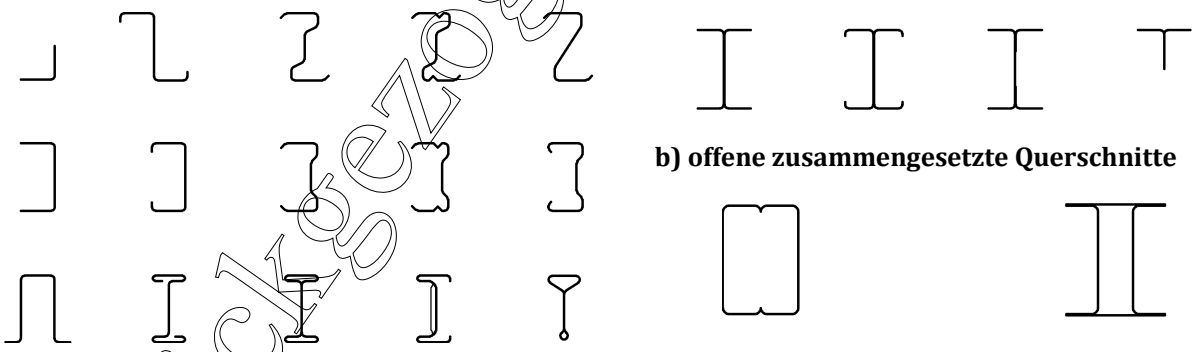


Bild 1 — Beispiele für Profiltafeln



a) einfache offene Querschnitte

b) offene zusammengesetzte Querschnitte

c) geschlossene zusammengesetzte Querschnitte

Bild 2 — Beispiele für tragende Profile

Zurückgezogen - Withdrawn

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 508-1, *Dachdeckungs- und Wandbekleidungsprodukte aus Metallblech — Spezifikation für selbsttragende Dachdeckungsprodukte aus Stahlblech, Aluminiumblech oder nichtrostendem Stahlblech — Teil 1: Stahl*

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

EN 1090-1, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 1: Konformitätsnachweisverfahren für tragende Bauteile*

EN 1090-2:2008+A1:2011, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1–1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke — Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau*

EN 1993-1-1:2005, Eurocode 3: *Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1–1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-3:2006, *Eurocode 3 : Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1–3: Allgemeine Regeln — Ergänzende Regeln für kaltgeformte Bauteile und Bleche*

EN 1993-1-4:2006, *Eurocode 3 : Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1–4: Allgemeine Bemessungsregeln — Ergänzende Regeln zur Anwendung von nichtrostenden Stählen*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1–1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

EN 10143, *Kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10152, *Elektrolytisch verzinkte kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus Stahl zum Kaltumformen — Technische Lieferbedingungen*

EN 10162:2003, *Kaltprofile aus Stahl — Technische Lieferbedingungen — Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10169:2010+A1:2012, *Kontinuierlich organisch beschichtete (bandbeschichtete) Flacherzeugnisse aus Stahl — Technische Lieferbedingungen*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

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

EN 13523-1, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 1: Schichtdicke*

EN 13523-6, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 6: Haftfestigkeit nach Eindrücken (Tiefungsprüfung)*

Zurückgezogen - Wird nicht mehr angewendet

EN 13523-7:2014, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 7: Widerstandsfähigkeit gegen Rissbildung beim Biegen (T-Biegeprüfung)*

EN 13523-8, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 8: Beständigkeit gegen Salzsprühnebel*

EN 13523-10, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 10: Beständigkeit gegen UV-Strahlung mit Leuchtstofflampen und Kondensation von Wasser*

EN 13523-19, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 19: Probenplatten und Verfahren zur Freibewitterung*

EN 13523-21, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 21: Bewertung von freibewitterten Probenplatten*

EN 13523-26, *Bandbeschichtete Metalle — Prüfverfahren — Teil 26: Widerstand gegen Kondenswasser*

EN 62305-3, *Blitzschutz — Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (IEC 62305-3)*

EN 62561-1, *Blitzschutzsystembauteile (LPSC) — Teil 1: Anforderungen an Verbindungsbauteile (IEC 62561-1)*

EN ISO 717-1, *Akustik — Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen — Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1)*

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

EN ISO 2081, *Metallische und andere anorganische Überzüge — Galvanische Zinküberzüge auf Eisenwerkstoffen mit zusätzlicher Behandlung (ISO 2081)*

EN ISO 2409, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung (ISO 2409)*

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

EN ISO 2810, *Beschichtungsstoffe — Freibewitterung von Beschichtungen — Bewitterung und Bewertung (ISO 2810)*

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

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

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

EN ISO 4136, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querzugversuch (ISO 4136)*

EN ISO 5173, *Zerstörende Prüfungen von Schweißnähten an metallischen Werkstoffen — Biegeprüfungen (ISO 5173)*

EN ISO 6270-1, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit — Teil 1: Kontinuierliche Kondensation (ISO 6270-1)*

EN ISO 6507 (alle Teile), *Metallische Werkstoffe — Härteprüfung nach Vickers — Teil 1: Prüfverfahren (ISO 6507)*

EN ISO 8492, *Metallische Werkstoffe — Rohr — Ringfaltversuch (ISO 8492)*

Auszug aus Nds. MBl. Nr. 23 b/2021 vom 08.06.2021 - Seite 227 - 11 - Withdrawn

EN ISO 8493, *Metallische Werkstoffe — Rohr — Aufweitversuch (ISO 8493)*

EN ISO 9227, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227)*

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

EN ISO 11654, *Akustik — Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden — Bewertung der Schallabsorption (ISO 11654)*

EN ISO 12944-2, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 2: Einteilung der Umgebungsbedingungen (ISO 12944-2)*

EN ISO 12944-4, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung (ISO 12944-4)*

EN ISO 12944-6, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 6: Laborprüfungen zur Bewertung von Beschichtungssystemen (ISO 12944-6)*

EN ISO 12944-7, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten (ISO 12944-7)*

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

EN ISO 14713 (alle Teile), *Zinküberzüge — Leitfäden und Empfehlungen zum Schutz von Eisen- und Stahlkonstruktionen vor Korrosion (ISO 14713)*

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)*

EN ISO 17639, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Makroskopische und mikroskopische Untersuchungen von Schweißnähten (ISO 17639)*

EN ISO 17872:2007, *Beschichtungsstoffe — Leitfaden zum Anbringen von Ritzen durch eine Beschichtung auf Metallplatten für Korrosionsprüfungen (ISO 17872:2007)*

3 Begriffe, Formelzeichen und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1
Bauteil I
Bauteil (üblicherweise die Profiltafel), das dem Kopf des Verbindungselements zugewandt ist (bei Blindnieten der Senkkopf)

3.1.2
Bauteil II
zweites Bauteil einer Verbindung (üblicherweise die Unterkonstruktion)

Zurückgezogen - withdrawn

3.1.3
Dachtragschale
lastabtragende Tafel

BEISPIEL z. B. für Lasten aus Dämmung und Außenschale

3.1.4
Dachrandabschluss
am freien Ende eines überstehenden ebenen Elements angefügtes Kantteil, um tragende Bauelemente am lokalen Beulen zu hindern und um die Geometrie beim Begehen sicherzustellen

3.1.5
Randabschluss
tragende Randprofile um die Kante einer Stahlverbunddecke herum, um den feuchten Beton beim Betonieren zurückzuhalten

3.1.6
Verbindung
Verbindungselement und der Vorgang des Befestigens sowie die letztlich verbundenen Bauteile

3.1.7
Verwahrungsblech
nichttragendes Bauteil, z. B. Zubehör und Abdeckungen in Bereichen von Sockeln, Traufen, Giebelseiten, Dachfirsten und Kanten

3.1.8
Verlegepläne
Zeichnungen, welche die Lage der Bauteile angeben und Einzelheiten zu den Ausführungen enthalten

3.1.9
Kassettenprofile
Profiltafel mit großlippiger Randaussteifung, geeignet zur Verlegung mit angrenzenden Kassettenprofilen, so dass eine Fläche aus gerippter Bekleidung entsteht, die in der Lage ist, eine parallele Ebene aus Profiltafeln zu tragen

3.1.10
Durchdringung
auf der Baustelle hergestellte Öffnung in der Profiltafel

3.1.11
Aussteifung
Behinderung seitlicher Verformungen oder Verdrehungen oder Verwölbungen eines Bauteils oder Elements, die die Tragfähigkeit gegenüber Stabilitätsversagen ähnlich wie eine starre Lagerung erhöht

3.1.12
Kalotte
größere Dichtscheibe, die an die entsprechende Profilform angepasst ist, bestehend aus Aluminium, Stahl oder nichtrostendem Stahl mit einer angeklebten Dichtung und einem passenden Korrosionsschutz, welche verwendet werden kann, wenn Profiltafeln über ihre Obergurte verankert werden

3.1.13
kaltgeformtes tragendes Bauteil
tragendes Bauteil aus Stahlprofilen durch Kaltwalzen oder Kanten hergestellt

Zurückgezogen - Withdrawn

3.1.14
Auswechselung
Profile um eine Aussparung in Decken-, Dach- oder Wandebenen herum

3.2 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Symbole und Abkürzungen:

- C Korrosivitätskategorie
- D Randwelligkeit am Längsstoß
- E Elastizitätsmodul
- F Kraft
- I Flächenträgheitsmoment
- K Scherkraft des Verbindungselements
- L Spannweite,
  Abstand
- M Biegemoment
- R Endauflagerreaktion
- T Schubfluss
- V Scherkraft des tragenden Bauteils
- a Abstand zwischen Verbindungselement und Steg der Profiltafel
- b Breite,
  Breite des Distanzbandes
- d Lochdurchmesser,
  Nenndurchmesser des Verbindungselements
- e Abstand des Lochs vom Rand,
  Abstand zwischen Verbindungselement und Mittellinie des Gurtes der Profiltafel,
  Abstand zwischen Verbindungselementen
- g Eigengewicht des Daches, einschließlich des Eigengewichtes des Profils
- h Profilhöhe
- l zweilagige Überdeckungslänge
- p Lochabstand
- q_0 α-fache Dachlast
- r Radius
- t Dicke des Metallblechs ohne Beschichtung,
  Lochabstand
- Δ Abweichung,
  Toleranz
- δ Abweichung von der Geradheit
- φ Neigung des Stegs des Profils

zurückgezogen - withdrawn

Indizes

A Endauflager,
Abstand (Mitte zu Mitte) der Aussparung vom Endauflager oder vom Momentennullpunkt

B innen,
Zwischenstrebe

I Bauteil 1,
Profiltafel

II Bauteil 2,
Unterkonstruktion/Profiltafel

L Längsrand,
linke Seite

N Nennblechdicke $BD + \Delta$

R Profilrippenrand,
rechte Seite

S Zugkraft der Halterungen aufgrund von Scherbewehrung, Schubsteifigkeit

U Untergurt

V Schublast,
Dicke des bei der Prüfung gemessenen Stahls ohne Beschichtung

f Gurtbreite — theoretische Anforderung, die für statische Berechnungen verwendet wird

g Eigengewicht des Daches

i ideale Entfernung zwischen Auflagern

k auskragendes Profil

n Nennlochdurchmesser, erforderlicher

r Profilrippe

s Aussteifung am Steg

t Zugkraft

w Steg

α Faktor q_0/q

4 Vorschriften und Dokumentation

4.1 Ausführungsunterlagen

4.1.1 Allgemeines

Für alle Teile der Konstruktion müssen die notwendigen Informationen und technischen Anforderungen vor Beginn der Ausführungsarbeiten vereinbart und vollständig geregelt sein. Es muss auch geregelt werden, wie bei Änderungen bereits vereinbarter Ausführungsunterlagen verfahren wird. Die Ausführungsunterlagen bestehen aus Verlegeplänen und Details, beruhend auf der Tragwerksplanung, und müssen die nachstehenden Punkte berücksichtigen:

Zurückgezogen / withdrawn

a) Zusatzangaben, nach Auflistung in Anhang F;

b) Ausführungsklassen, siehe 4.1.2;

c) technische Anforderungen, die die Sicherheit bei den Ausführungsarbeiten betreffen, siehe 4.2.3 und 9.7;

d) Vorbereitungsgrade, falls zutreffend, siehe EN 1090-2;

e) Toleranzklassen, siehe 4.1.4.

ANMERKUNG Die Mitgliedstaaten können die Verantwortlichkeiten der Beteiligten regeln.

4.1.2 Ausführungsklassen

Es gibt vier Ausführungsklassen, bezeichnet als EXC1 bis EXC4, wobei die Anforderungen von EXC1 bis EXC4 steigen.

Die Ausführungsunterlagen müssen die relevante(n) Ausführungsklasse bzw. Ausführungsklassen festlegen.

ANMERKUNG Die Anforderungen an die Auswahl der Ausführungsklassen sind in EN 1993–1–1:2005, Anhang C, angegeben.

Eine Auflistung der Anforderungen, die von den Ausführungsklassen abhängen, ist in EN 1090-2 enthalten.

Bauteile und Profiltafeln, die dieser Norm entsprechen, dürfen für EXC1 bis EXC3 verwendet werden. Es gibt keine Unterscheidung in den Anforderungen der jeweiligen Ausführungsklassen innerhalb dieser Europäischen Norm für Profiltafeln. EN 1090-2 kommt nicht zur Anwendung.

4.1.3 Verlegepläne

Verlegepläne müssen Bestandteil der Ausführungsunterlagen sein und beruhen auf der Tragwerksplanung.

Verlegepläne und Aufbauanweisungen müssen folgende Details enthalten und müssen für die Ausführung angefertigt werden:

— Art und Lage der tragenden Bauteile und Profiltafeln;

— Befestigung auf der Unterkonstruktion und Anordnung der Verbindungselemente;

— tragende Bauteile und Profiltafeln mit Profilbezeichnung und Namen des Herstellers, Ausgangsprodukte, Nennblechdicke, Fertigungslänge und Korrosionsschutz;

— Verlegerichtung der Profiltafeln und spezielle Einbaureihenfolge;

— statisch wirksame Überdeckung (biegesteife Verbindungen), falls zutreffend;

— Ausführungstoleranzen;

— Verbindungselemente mit Typbezeichnung, Name des Herstellers der Verbindungselemente (nicht gültig für metrische Schrauben), Typ der Unterlegscheibe und anderer Befestigungsmaterialien, Anordnung und Abstände, spezielle Einbauanweisungen je nach Typ der Verbindung, z. B. Lochdurchmesser, Achsabstände und Randabstände;

— Typ und Einzelheiten zur Unterkonstruktion für die tragenden Bauteile und Profiltafeln, z. B. Werkstoff, Achsabstände und Maße, Dachneigung;

Zurückgezogen - withdrawn

— Einzelheiten zu den Längs- und Querstößen sowie zu den Rändern der Verlegefläche;

— Öffnungen in den Verlegeflächen, einschließlich der erforderlichen Auswechselungen, z. B. bei Oberlichtern, Rauch- und Wärmeabzugsanlagen und Dachentwässerung, falls zutreffend;

— Aufbauten oder Abhängungen, z. B. für Rohrleitungen, Kabelbündel oder abgehängte Decken, falls zutreffend;

— Hinweis, dass alle tragenden Bauteile und Profiltafeln unmittelbar nach dem Verlegen zu befestigen sind;

— Einzelheiten zu besonderen Einbaumaßnahmen, falls zutreffend;

— besondere Vorrichtungen für die Montage, falls zutreffend;

— alle spezifischen Gefährdungen, die mit der Konstruktion zusammenhängen;

— Einzelheiten zum Korrosionsschutz, z. B. Kontaktflächen zwischen unterschiedlichen Metallen oder zwischen Metallen und Holz, Beton, Mauerwerk oder Putz, falls zutreffend;

— Einzelheiten zum Montagezustand und zur Lage von Dichtungsbändern, zu Profilfüllern für Profiltafeln und zu Sonderbauteilen, falls zutreffend;

— Einzelheiten zu Lagerplätzen für Bauteil- und Profiltafelstapel auf Dachflächen und Decken nach den statischen Berechnungen;

— Einzelheiten zur Begehbarkeit, falls zutreffend;

— Einzelheiten zur Witterungsbeständigkeit, falls zutreffend;

— Einzelheiten zum Brandschutz, falls zutreffend;

— Einzelheiten zum Wärmeschutz, falls zutreffend;

— Einzelheiten zum Schallschutz, falls zutreffend;

— Einzelheiten zur Luftdichtheit, falls zutreffend.

Verlegeflächen und Bereiche von Verlegeflächen, die als Schubfeld zur Stabilisierung des Bauwerks oder von Gebäudeteilen vorgesehen sind, müssen in den Verlegeplänen als "Schubfeld" besonders gekennzeichnet sein.

4.1.4 Geometrische Toleranzen

In Abschnitt 11 sind zwei Arten von geometrischen Toleranzen definiert:

a) grundlegende Toleranzen;

b) ergänzende Toleranzen, die in zwei Klassen unterteilt sind, bei denen die Anforderungen von Klasse 1 zu Klasse 2 strenger werden (siehe 11.4).

Zurückgezogen - Withdrawn

4.2 Dokumentation der Montage

4.2.1 Allgemeines

Es muss festgelegt sein, ob eine Dokumentation der Montagequalität für den Einbau verlangt wird.

Die Montageberichte müssen den Stand und den Fortschritt der Bauarbeiten sowie bemerkenswerte Zwischenfälle während der Montage dokumentieren.

Anhang C enthält eine Liste der für die Montagedokumentation empfohlenen Inhalte.

4.2.2 Dokumentation der Montagequalität

Die folgenden Punkte müssen dokumentiert werden:

a) Organigramm und die für jeden Teil der Ausführung jeweils verantwortlichen Personen;

b) die zur Anwendung kommenden Arbeitsprozesse, Verfahren und Arbeitsanweisungen;

c) ein für die Arbeiten spezifischer Qualitätsmanagementplan, siehe EN 1090-2, falls anwendbar;

d) die Vorgehensweise bei Abweichungen und Abänderungen;

e) die Vorgehensweise beim Auftreten von Nichtkonformitäten, bei Reklamationen und Streitigkeiten hinsichtlich der Qualität;

f) festgelegte Kontrollprüfungen oder Anforderungen an die Beaufsichtigung von Kontrollen und Prüfungen, sowie das Festlegen der dazu notwendigen Zugangsbedingungen.

4.2.3 Sicherheit der Montagearbeiten

Verfahrensbeschreibungen mit genauen Arbeitsanweisungen müssen die technischen Anforderungen in Hinblick auf die Arbeitssicherheit bei der Montage nach 9.7 berücksichtigen.

4.3 Detaillierte Dokumentation der Rückverfolgbarkeit

Die Ausgangsmaterialien für die Herstellung kaltgeformter tragender Stahlbauteile und Profiltafeln müssen zu jedem Zeitpunkt rückverfolgbar sein, von der Lieferung bis zur Montage der Tragwerke.

Diese Rückverfolgbarkeit beruht auf den schriftlichen Dokumenten, die für einzelne Produktchargen angefertigt und die einem bestimmten Herstellungsprozess zugewiesen wurden.

4.4 Ausführungsdokumentation

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

ANMERKUNG Die Mitgliedstaaten können Typ und Inhalt dieser Erklärung festlegen.

5 Ausgangsprodukte

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die grundlegenden Anforderungen fest, die an die tragenden Bauteile und Profiltafeln und die dazugehörigen Dokumente gestellt werden.

Zurückgezogen - withdrawn

Für die Ausführung von Stahltragwerken aus kaltgeformten Produkten verwendete Ausgangsprodukte müssen 5.3 entsprechen.

Sollen Ausgangsprodukte verwendet werden, die nicht durch die in 5.3 aufgeführten Normen abgedeckt sind, müssen deren Eigenschaften festgelegt werden.

5.2 Identifizierbarkeit, Prüfbescheinigungen und Rückverfolgbarkeit

Die Eigenschaften von gelieferten Ausgangsmaterialien müssen so dokumentiert sein, dass sie mit den Sollwerten verglichen werden können.

Für Stahlprodukte, die aus den in 5.3 angegebenen Werkstoffen hergestellt wurden, sind die Eigenschaften mittels Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 zu belegen.

Ausgangsprodukte sind wie folgt zu liefern und zu kennzeichnen:

a) sie sind in einer geeigneten Verpackung anzuliefern und so zu kennzeichnen, dass der Inhalt leicht identifizierbar ist.

b) die Etikettierung oder mitgelieferte Bescheinigungen müssen den Anforderungen der Produktnorm entsprechen und sollten die folgenden Angaben in einer gut lesbaren und dauerhaften Form enthalten, die an jeder Packungseinheit anzubringen sind:

   — Name und Werk des Herstellers;

   — Chargenkennzeichnung oder Dokumentationsnummer für die Rückverfolgbarkeit;

   — Kennzeichnung der tragenden Bauteile und Profiltafeln;

   — Paketgewicht;

   — Länge, falls sie zum Heben relevant ist;

   — Anzahl von Produkten in der Verpackung;

   — Dicke;

   — Stahlsorte oder spezifischer Produkthinweis;

   — Korrosionsschutzsystem.

Es wird empfohlen, die Etiketten aufzubewahren. Siehe auch Anhang C.

5.3 Werkstoffe

Werkstoffe für die Herstellung von kaltgeformten tragenden Bauteilen und Profiltafeln müssen Eigenschaften aufweisen, die der geforderten Eignung für den Kaltumformprozess Rechnung tragen.

Werkstoffe für die Herstellung von Profiltafeln müssen den Anforderungen der maßgebenden Europäischen Produktnormen nach Tabelle 1, genügen, falls nicht anders festgelegt (z. B. ETAs). Stahlsorte und Beschichtungssysteme mit vollständiger Bezeichnung müssen zusammen mit allen erforderlichen Auswahlmöglichkeiten festgelegt werden, die durch die Produktnorm zugelassen sind.

Zum Kaltumformen geeignete unlegierte Stähle sind in EN 1993-1-3 oder in EN 10346 angegeben. Zum Kaltumformen geeignete nichtrostende Stähle sind in EN 508-3 aufgeführt.

Anlagezogen - wird zurückgezogen

Stähle mit Tiefziehgüte nach EN 10346 sind für Profiltafeln nicht zulässig. Die Mindeststreckgrenze für Profiltafeln beträgt 220 N/mm^2.

Der Endproduktthersteller muss Grundwerkstoffe kaufen, deren Kennwerte vom Lieferanten des Ausgangswerkstoffes in einem Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 angegeben sind. Daher erfordert das System des Endproduktherstellers nur eine Überprüfung des Dokuments, um sicherzustellen, dass die Kennwerte die Spezifikationen des Produktherstellers erfüllen. Das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 muss mindestens die folgenden Angaben in Übereinstimmung mit EN 10346 enthalten:

- Name oder Zeichen der Herstellerfirma;
- Identifikationsnummer;
- Bezeichnung der Werkstoffsorte und Güteklasse;
- Auflagenmasse der nominellen metallischen Schutzüberzüge nach EN 10346, falls zutreffend;
- Nennmaße des bestellten Produkts bzw. Nennblechdicke (t_N) (jeweils in mm) und die ergänzende Toleranz (S) oder die grundlegende Toleranz (N) oder eine spezifische Toleranz, wenn diese in den Ausführungsunterlagen angegeben ist (siehe 5.4);
- Beschichtungssystem mit vollständiger Kennzeichnung;
- bestimmte Auflagenmasse der metallischen Schutzschicht nach EN 10346 in (g/m^2) (diese Angabe kann möglicherweise vom Stahlerzeuger nicht zur Verfügung gestellt werden);
- bestimmte Dicke der organischen Beschichtung auf der sichtbaren Seite/Rückseite in µm (diese Angabe kann möglicherweise vom Stahlerzeuger nicht zur Verfügung gestellt werden);
- Messwerte der mechanischen Werkstoffeigenschaften (siehe auch EN 10346)
  - Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze ($R_{eH}/R_{p0,2}$) in MPa;
  - Zugfestigkeit (R_m) in MPa;
  - Bruchdehnung $A_{80\ mm}$ in %;
  - Verhältnis Biegeradius/Dicke, wenn zutreffend;
  - Haftung des metallischen Überzugs.

Ist kein Abnahmeprüfzeugnis 3.1 vorhanden oder ist das Abnahmeprüfzeugnis 3.1 unvollständig, muss der gelieferte Grundwerkstoff als nichtkonform behandelt werden, bis nachgewiesen werden kann, dass er die Anforderungen dieser Spezifikation erfüllt.

Zurückgezogen / withdrawn

Tabelle 1 — Werkstoffe[a] für Profiltafeln

Stahlsorte	Europäische Norm	Metallischer Überzug[c]	Streckgrenze $R_{p0,2}$ in N/mm²	Zugfestigkeit R_m in N/mm²	Dehnung $A_{80\ mm}$ in % min.
S220GD[b]	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	220	300	20
S250GD[b]	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	250	330	19
S280GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	280	360	18
S320GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	320	390	17
S350GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	350	420	16
S390GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	390	460	16
S420GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	420	480	15
S450GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	450	510	14
S550GD	EN 10346	+Z, +ZA, +AZ, +ZM	550	560	-[d]

a In einigen Ländern können andere Werkstoffe zulässig sein.

b Aus diesen Stahlsorten hergestellte Profiltafeln können in einigen Ländern nicht zulässig sein.

c Es dürfen außerdem andere metallische Überzüge verwendet werden; deren Eigenschaften müssen durch Europäische Normen oder ETAs festgelegt werden.

d Muss vom Hersteller des Bands (en: coil) angegeben werden.

5.4 Grenzabmaße der Dicke

Die Ausführungsunterlagen müssen das Grenzmaß der Dicke oder die Toleranzklasse festlegen. Diese kann der Produktnorm für das betreffende Stahlblech oder den betreffenden Bandstahl entsprechen.

In EN 10143 sind die Toleranzklassen („normale“ Toleranz N oder „eingeschränkte“ Toleranz S) für kontinuierlich schmelztauchveredeltes Blech und Band aus Stahl angegeben.

Verglichen mit der betroffenen Produktnorm kann in der Bauzeichnung eine geringere Blechdickentoleranz angegeben sein. In diesem Fall sollte in den Ausführungsunterlagen ausführlich darauf hingewiesen werden.

Die Dicke der hergestellten Bauteile ist in Bereichen zu messen, die vom Kaltumformen nicht beeinflusst werden.

5.5 Mindestnennblechdicken

5.5.1 Profiltafeln

Die Dicken müssen mit den Ausführungsunterlagen übereinstimmen.

Die Mindestnennblechdicken dürfen die nachfolgend angegebenen Werte nicht unterschreiten, sofern nichts anderes festgelegt ist:

Zurückgezogen / Withdrawn

Tragschalen:		$t_N \geq 0{,}75$ mm
Dachdeckungen:		$t_N \geq 0{,}50$ mm
Geschossdecken:		
	— als tragende Bauteile:	$t_N \geq 0{,}75$ mm
	— als dauerhafte Schale für tragende Betondecken:	$t_N \geq 0{,}75$ mm
Wände und Wandbekleidungen:		
	— Außenschale:	$t_N \geq 0{,}50$mm
	— einfache Schale oder Innenschale für alle Stützweiten:	$t_N \geq 0{,}50$ mm
	— Kassettenprofile:	$t_N \geq 0{,}75$ mm

ANMERKUNG 1 Die statischen Berechnungen nach den Eurocodes ergeben eine für die Bemessung erforderliche Nenndicke. Die zuvor aufgeführten Werte basieren auf den Erfahrungen der Montagepraxis.

ANMERKUNG 2 Aus ästhetischen Gründen, insbesondere bei Wandanwendungen, können größere Dicken erforderlich sein, um Verwölbungen zu verhindern.

ANMERKUNG 3 In einigen Ländern hängen die zuvor aufgeführten Werte außerdem von Querschnitt und Stützweite des Profils ab und können kleiner als zuvor festgelegt sein.

5.5.2 Tragende Bauteile

Die Dicken müssen mit den Ausführungsunterlagen übereinstimmen.

Die Mindestnenndicken für Dach- und Wandkonstruktionen dürfen die nachfolgend aufgeführten Werte nicht unterschreiten, sofern nicht anders festgelegt:

— Pfetten und Riegel	$t_N \geq 0{,}88$ mm
— Abstandsprofile in Dächern und Wänden:	$t_N \geq 0{,}75$ mm
— Randaussteifungsprofile:	$t_N \geq 1{,}00$ mm
— Randabschluss:	$t_N \geq 0{,}75$ mm
— Halterungen:	$t_N \geq 0{,}88$ mm

müssen jedoch mindestens die Nenndicke der angeschlossenen Profiltafeln (Ausnahme: Randabschluss) aufweisen.

5.6 Geometrische Toleranzen

Geometrische Toleranzen sind in Abschnitt 11 und Anhang D angegeben.

5.7 Mechanische Verbindungselemente

5.7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an Schrauben, Blindniete und Setzbolzen für tragende Bauteile und Profiltafeln mit einer Dicke bis zu 4 mm fest. Für andere Arten von mechanischen Verbindungselementen (z. B. metrische Schrauben und Muttern) oder bei einer Dicke über 4 mm gilt EN 1090-2. Schrauben M6, M8

Zurückgezogen
www.ihara.wn

oder M10 werden für nicht vorgespannte Schraubenanwendungen ebenfalls akzeptiert, falls angegeben. Die Schraubenfertigung muss den Anforderungen nach EN 1090-2 entsprechen.

Bei Schraubengrößen M6 bis M10, wenn galvanische Überzüge in Fugen zwischen kaltgeformten Bauteilen verwendet wird, sollte das Risiko der Wasserstoffversprödung kontrolliert werden. Im Allgemeinen ist dies der Fall, wenn die verschraubte Verbindung die folgenden Bedingungen erfüllt:

— nicht vorgespannt;

— Schraubengrad höchstens 8,8 (Härte unter 320 HV);

— Anwendung nur in Korrosionskategorien C1 (sehr niedrig) und C2 (niedrig) nach EN ISO 12944-2 (kein zusätzlicher Wasserstoff aufgrund des Korrosionsvorgangs).

Für nicht vorgespannte Schrauben mit metrischem Gewinde gelten keine Anforderungen an die Schaftteile ohne Gewinde (siehe EN 1090-2).

ANMERKUNG Der Kontakt zwischen Gewinde und Lochrand ist in die Berechnungsregel für die Lochbohrung nach EN 1993-1-3 einbezogen.

5.7.2 Arten von Befestigungselementen und Werkstoffen

Es sind Verbindungselemente nach Europäischen Normen oder Europäischen Technischen Bewertungen (ETA) zu verwenden. Der Typ des Verbindungselements muss zusammen mit der einschlägigen Europäischen Norm oder ETA festgelegt werden.

ANMERKUNG Weitere Angaben zu mechanischen Verbindungselementen für Schubfelder sind EN 1993-1-3:2006, 10.3.4 zu entnehmen.

Die Werkstoffe der Verbindungselemente müssen dem vorgesehenen Verwendungszweck angepasst sein, siehe EN 1993-1-3:2006, Anhang B.

Verbindungselemente sind unterteilt in:

a) gewindeformende Schrauben; diese werden unterteilt in:

   — gewindefurchende Schrauben, die das Muttergewinde spanlos in vorgebohrten Löchern erzeugen;

   — selbstschneidende Schrauben mit Bohrspitze, die in einem Arbeitsgang ein Loch bohren, das Muttergewinde formen und die Schraube anziehen;

   — Fließbohrschrauben mit Dornspitze, die das Muttergewinde ohne vorgebohrte Löcher durch Materialverdrängung erzeugen;

b) Blindniete, bestehend aus Niethülse und Nietdorn mit vorbestimmter Bruchstelle;

c) Setzbolzen, die mit einem Setzwerkzeug durch das Bauteil getrieben werden, das mit der Unterkonstruktion verbunden wird. Einzelheiten zur Zündladung und zu den Antriebskräften sind in den relevanten ETAs angegeben;

d) Schrauben und Muttern mit metrischem Gewinde und Unterlegscheiben;

e) Klammerverbindungen. Einzelheiten zu Klammerverbindungen sind in den relevanten ETAs angegeben;

f) Punktschweißungen.

Auszug zogen - Wilhelm Wilhelm

Verbindungselemente, die Witterungseinflüssen oder ähnlichen Beanspruchungen durch Feuchte ganz oder teilweise (teilweise bedeutet nicht kurzfristige Beanspruchung durch Feuchte während der Montage) ausgesetzt sind, müssen aus austenitischem nichtrostendem Stahl oder Aluminium hergestellt sein, sofern nicht anders festgelegt, außer es kann nachgewiesen werden, dass das Korrosionsschutzsystem des freiliegenden Teils von Verbindungselementen aus unlegiertem Stahl dem Korrosionsschutz der verbundenen Teile entspricht. Das gilt nicht für angeschweißte Bohrspitzen. Bei Verbindungselementen, die nicht aus nichtrostendem Stahl hergestellt wurden, muss der Korrosionsschutz an den Korrosionsschutz, der für die zu verbindenden Teile erforderlich ist, durch Galvanisierung und, falls erforderlich, durch Beschichtung angepasst sein. Die Anforderungen nach EN ISO 4042 müssen beachtet werden. Bei elektrolytischer Galvanisierung muss die Schichtdicke mindestens 8 µm betragen. Eine geringere Dicke ist zulässig, wenn für den vorgesehenen Verwendungszweck der Verbindungselemente spezifische Prüfungen zur Dauerhaftigkeit vorgegeben sind.

Für eine regendichte Verbindung oder Befestigung müssen unter den Kopf des Verbindungselements Unterlegscheiben aus Aluminium oder austenitischem nichtrostendem Stahl mit einer anvulkanisierten Dichtung, die mindestens 1,6 mm dick ist, eingelegt werden. Diese Dichtung muss auf etwa 30 % bis 50 % ihrer Dicke komprimiert werden, um eine regendichte Verbindung zu erhalten (siehe Bild 4). Alternativ müssen die Befestigungselemente mit Zubehörteilen verbunden werden, die eine regendichte Verbindung sicherstellen. Die Empfehlungen der Verbindungselementehersteller müssen eingehalten werden, um eine genaue Umsetzung sicherzustellen

5.8 Zubehör

Zubehör sind Bauteile, die für die Funktion des Tragwerks unablässig sind, für die jedoch keine Untersuchungen des Grenzzustands der Tragfähigkeit oder des Grenzzustands der Gebrauchstauglichkeit durchgeführt werden müssen, z. B. Seitenabschlüsse, Dichtbänder, Profilfüller für Profiltafeln oder Verwahrungsbleche. Für sie gelten die gleichen Anforderungen an Dauerhaftigkeit, Korrosionsschutz und Brandverhalten wie für die in 5.3 und 5.5 aufgeführten tragenden Bauteile und Profiltafeln, sofern nicht anders festgelegt.

5.9 Oberflächenschutz

Die Prüfung der Eignung eines Korrosionsschutzsystems für eine Korrosivitätskategorie ist nach Abschnitt 10 und Anhang E dieser Norm durchzuführen.

ANMERKUNG Gebäude sind normalerweise für eine lange Schutzdauer „H“ (EN ISO 12944-1) vorgesehen, sofern nicht anders festgelegt.

EN 1993-1-4:2006, Anhang A enthält ein Verfahren zur Auswahl des Werkstoffs für nichtrostenden Baustahl in typischen Gebäudeumgebungen.

5.10 Leistungskriterien für das Verhalten bei Brand von außen bei Dachkonstruktionen

Das Brandverhalten bei einem Brand von außen bei tragenden Profiltafeln kann nach EN 14782 bestimmt werden.

5.11 Brandverhalten

Siehe EN 1090-1.

5.12 Feuerbeständigkeit

Siehe EN 1090-1.

Zurückgezogen Wirtschaft

5.13 Freisetzen gefährlicher Stoffe

Siehe EN 1090-1.

5.14 Blitzschutz

Für tragende Bauteile und Profiltafeln aus Metall, die Teil der Blitzschutzanlage bilden, müssen die Empfehlungen nach EN 62305-3 angewendet werden.

6 Herstellung

6.1 Allgemeines

Tragende Bauteile und Profiltafeln müssen durch Kaltumformen aus Stahlblech oder -band hergestellt werden. Die gekrümmten Bereiche dürfen keine für das bloße Auge sichtbaren Risse aufweisen.

ANMERKUNG In Produktnormen für Flacherzeugnisse sowie in EN 10162:2003, Anhang A sind die Grenzwerte für Radien (Biegeradius/Dicke) in Abhängigkeit von Stahlsorte und Stahlqualität festgelegt, oberhalb derer mit dem bloßen Auge sichtbare Risse zu erwarten sind.

Beim Kaltumformen von nichtrostendem Blech oder Band aus Stahl muss die Umformanlage gereinigt werden, falls mit der gleichen Anlage andere Stähle geformt werden sollen. Andere Möglichkeiten müssen durch Prüfung nachgewiesen werden.

Beim Schweißen gilt mit Ausnahme von Längsnähten bei Hohlprofilen, EN 1090-2.

6.2 Identifizierbarkeit

Zu allen Zeitpunkten der Fertigung muss jedes Bauteil oder jede Verpackung mit gleichartigen Stahlbauteilen durch ein geeignetes System identifizierbar sein.

6.3 Kaltumformen

Formgebung durch Kaltumformen mittels Rollprofilieren oder Pressen muss den in der betreffenden Produktnorm gegebenen Anforderungen an die Kaltumformbarkeit entsprechen und muss unter Berücksichtigung der Anforderungen nach Abschnitt 10 und innerhalb der in Abschnitt 11 festgelegten Toleranzen erfolgen. Hämmern ist nicht zulässig.

Umgeformte Bauteile mit beschädigter Oberflächenbeschichtung oder mangelhafter Haftung des metallischen Überzugs müssen wie nichtkonforme Produkte behandelt werden. Die Mindestinnenradien sind festzulegen, um Schäden zu vermeiden.

6.4 Schneiden

6.4.1 Allgemeines

Trennschnitte müssen so ausgeführt werden, dass die Anforderungen dieser Europäischen Norm an die geometrischen Toleranzen erfüllt werden.

ANMERKUNG Bekannte und anerkannte Schneidverfahren sind beispielsweise Scherschneiden, Nibbeln, Sägen, thermisches Schneiden und Wasserstrahlverfahren. Gegebenenfalls dürfen andere Verfahren angewendet werden, wenn sie den Korrosionsschutz nicht beeinflussen und wenn die Eignung in der werkseigenen Produktionskontrolle des Herstellers dokumentiert ist.

Zurückgezogen / withdrawn

Stimmt der Prozess nicht mit den Anforderungen überein, darf er so lange nicht eingesetzt werden, bis er korrigiert und erneut überprüft wurde. Sind beschichtete Werkstoffe zu schneiden, ist ein Schneidverfahren zu wählen, bei dem die Beschichtung möglichst wenig beschädigt wird.

Grate, die Verletzungen verursachen können oder die ordnungsgemäße Ausrichtung oder Lage von Profilen oder Profiltafeln behindern, sind zu entfernen.

6.4.2 Scherschneiden und Nibbeln

Die Schnittflächen müssen nötigenfalls geprüft werden, um wesentliche Mängel zu beseitigen. Wird Schleifen oder maschinelles Bearbeiten nach dem Scherschneiden oder Nibbeln angewendet, muss die Schleif- oder Bearbeitungstiefe mindestens 0,5 mm betragen. Anschließend ist der Korrosionsschutz zu erneuern.

6.4.3 Thermisches Schneiden

Die Eignung thermischer Schneidprozesse, einschließlich der Auswirkung auf den Korrosionsschutz, muss überprüft werden. Die Anforderungen nach EN 1090-2 gelten.

6.5 Stanzen

6.5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an das Stanzen von Löchern und Kerben in kaltgeformte tragende Stahlbauteile und Profiltafeln mit einer Blechdicke bis zu 15 mm fest, sofern nicht anders festgelegt.

Für Verbindungen mit mechanischen Verbindungselementen und Bolzen gelten die Anforderungen nach EN 1090-2.

ANMERKUNG Die nach EN 1090–2:2008+A1:2011, Tabelle 11 für Schrauben mit einem Nenndurchmesser von 12 mm festgelegten Lochspiele sind ebenfalls auf Nenndurchmesser von 6 mm bis 10 mm anwendbar.

Unterschiedliche Löcher im gleichen kaltgeformten Stahlbauteil dürfen verschiedenen Ausführungsklassen zugeordnet sein.

6.5.2 Ausführung

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

Sofern nicht anders festgelegt, dürfen Löcher durch Stanzen ohne Aufreiben hergestellt werden bei einer Blechdicke von:

— bis zu 4 mm für alle Ausführungsklassen;

— bis zu 8 mm für EXC1, EXC2 und EXC3.

Andernfalls ist Stanzen ohne Aufreiben nicht zulässig. Die Löcher und Nuten müssen mit einem um mindestens 2 mm geringeren Durchmesser gestanzt und anschließend aufgerieben werden.

Bei Konstruktionsdetails, die starken zyklischen oder seismischen Spannungen ausgesetzt sind (DCH — siehe EN 1993-1-1:2005, Anhang C), müssen gestanzte Löcher mit einer Dicke über 4 mm aufgerieben werden, sofern nicht anders festgelegt.

Stanzen ohne Aufreiben kann auch zulässig sein, sofern in einer geltenden ETA festgelegt.

Nur zu Prüfzwecken - Withdrawn

Bei unlegierten Stählen mit einer Streckgrenze über 460 N/mm^2 und, falls festgelegt, bei anderen Stahlsorten darf die Härte der Schnittflächen nicht über 450 (HV 10) betragen.

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Eignung der Lochungsprozesse folgendermaßen geprüft werden:

a) aus den Verfahrensprüfungen der Ausgangsmaterialien, einschließlich des Bereiches der bearbeiteten Ausgangsmaterialien, die am empfindlichsten für örtliches Verhärten sind, müssen vier Proben hergestellt werden;

b) an jeder Probe müssen vier Härteprüfungen an voraussichtlich betroffenen Stellen durchgeführt werden. Die Prüfungen müssen nach der Normenreihe EN ISO 6507 durchgeführt werden.

Wenn die Ausführungsunterlagen einen Stahlwerkstoff fordern, der keine durch den Stanzvorgang gehärtete Werkstoffbereiche enthält, dürfen die Löcher nicht in vollem Durchmesser gestanzt werden, sondern müssen mit einem um 2 mm geringeren Durchmesser gestanzt und anschließend aufgerieben oder gebohrt werden.

Sofern nicht anders festgelegt, muss für gestanzte Löcher auch das Folgende gelten (siehe Bild 3):

i) die Höhe der Schnittfläche h_s muss mindestens 1/5 der Blechdicke betragen;

ii) das Lochspiel Δ_2 darf 1/10 der Blechdicke nicht überschreiten;

iii) die Grate Δ_1 dürfen 1/10 der Blechdicke nicht überschreiten, müssen aber kleiner oder gleich 0,50 mm sein.

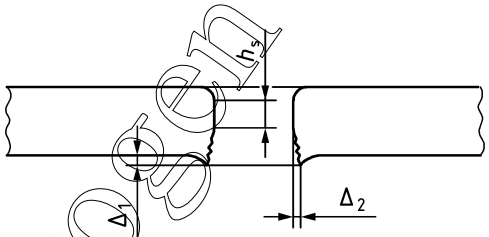


Bild 3 — Zulässiger Verzug bei gestanzten Löchern

Kerben und Kanten der Öffnung müssen abgerundet sein mit einem Radius *r* von mindestens:

— 5 mm für Dicken größer als 4 mm und 1,0 t für Dicken bis zu 4 mm bei EXC2 und EXC3;

— 10 mm bei EXC4.

7 Schweißen

7.1 Schweißen von individuell hergestellten, kaltgewalzten Hohlprofilen

7.1.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an das Schweißen von Längsnähten geschlossener kaltgewalzter Hohlprofile fest, sofern nicht anders festgelegt.

Dieser Abschnitt gilt für nach Maß kaltgewalzte, geschweißte tragende Hohlprofile, die nach den Vorgaben des Konstrukteurs herzustellen sind.

Zurückgezogen zum 01.08.2021

Das Schweißen zum Schließen des Querschnitts von kundenspezifischen kaltgewalzten Hohlprofilen muss entsprechend den relevanten Anforderungen des maßgebenden Teils der Normenreihe EN ISO 3834 oder, sofern zutreffend, der Normenreihe EN ISO 14554 durchgeführt werden.

Je nach Ausführungsklasse gelten die folgenden Teile der Normenreihe 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 jeweilige Schweißplan und WPS (Schweißanweisung, en: welding procedure specification) muss in Übereinstimmung mit EN 1090-2 durchgeführt werden.

7.1.2 Qualifizierung von Schweißverfahren und Schweißpersonal

7.1.2.1 Qualifizierung von Schweißverfahren

Schweißen muss mit qualifizierten Verfahren durchgeführt werden, für die eine Schweißanweisung (WPS) nach EN ISO 15607 verwendet wird, in der die allgemeinen Regeln für die Spezifikation und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe angegeben sind.

Für Widerstandsschweißen mit Hochfrequenz (Schweißprozess Nr. 27 nach EN ISO 4063) und/oder Laserstrahlschweißen (Schweißprozess Nr. 52 nach EN ISO 4063) wird die Qualifizierung der Schweißanweisungen (WPS) auf Grundlage einer vorgezogenen Arbeitsprüfung nach EN ISO 15613 empfohlen. Die folgenden Prüfungen müssen mindestens durchgeführt werden:

a) Sichtprüfung, Eindringprüfung nach EN ISO 3452-1;

b) gegebenenfalls eine der folgenden zerstörenden Prüfungen:

- Biegeprüfung nach EN ISO 5173;
- Aufweitversuch nach EN ISO 8493;
- Ringfaltversuch nach EN ISO 8492;
- Querzugversuch nach EN ISO 4136;
- makroskopische Untersuchung nach EN ISO 17639.

7.1.2.2 Bediener von Schweißeinrichtungen

Bediener von Schweißeinrichtungen müssen nach EN ISO 14732 qualifiziert sein.

Die Aufzeichnungen von allen Qualifizierungsprüfungen von Bedienern von Schweißeinrichtungen müssen verfügbar sein.

7.1.2.3 Schweißaufsicht

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

In Bezug auf die zu beaufsichtigenden Schweißarbeiten muss das Schweißaufsichtspersonal technische Kenntnisse nach EN 1090-2 besitzen.

zurückgezogen withdrawn

7.1.3 Geometrische Toleranzen

Siehe Abschnitt 11 und Anhang D.

7.1.4 Kontrolle und Prüfung von geschweißten nach Maß kaltgewalzten Profilen

7.1.4.1 Allgemeines

Zu geeigneten Zeitpunkten während der Fertigung müssen anwendbare Kontrollen und Prüfungen durchgeführt werden, um Konformität mit den technischen Anforderungen sicherzustellen.

7.1.4.2 Kontrolle vor Beginn der Produktion

Die Schweißparameter müssen mit der Schweißanweisung (WPS) verglichen werden.

Vor dem Beginn der Produktion muss die Schweißung des geschweißten Profils mindestens mittels einer Eindringprüfung und einer zerstörenden Prüfung überprüft werden.

Mit Ausnahme der Sichtprüfung muss die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) von Personal durchgeführt werden, das für die Stufe 2, wie in EN ISO 9712 definiert, qualifiziert ist.

7.1.4.3 Kontrolle während der Produktion

Für nach Maß kaltgewalzte Hohlprofile wird empfohlen, mindestens eine zerstörende Prüfung, wie in 7.1.2.1 b) festgelegt, je Band durchzuführen, da die Werkstoffeigenschaften von Band zu Band variieren können.

7.1.4.4 Zusätzliche ZfP

Sofern nicht anders festgelegt, ist für EXC1-Schweißungen keine zusätzliche ZfP erforderlich. Bei Nähten nach EXC2, EXC3 und EXC4 muss der Umfang der ergänzenden ZfP folgendermaßen sein:

— EXC2: 5 %

— EXC3: 10 %

— EXC4: 20 %

Wird während der Produktion ein Wirbelstromprüfgerät eingesetzt, ist keine zusätzliche ZfP erforderlich.

7.2 Widerstandspunktschweißen

Anforderungen an Widerstandspunktschweißen sind in EN 1090-2 angegeben.

7.3 Schweißen auf der Baustelle

Schweißen an tragenden Bauteilen und Profiltafeln mit organischen Beschichtungen ist auf der Baustelle nicht zulässig. Für Baustellenschweißungen tragender Bauteile und Profiltafeln sollten die in EN 1090-2 angegebenen Empfehlungen berücksichtigt werden, sofern diese geeignet sind.

zurückgezogen / withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

8 Mechanisches Verbinden

8.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt die Anforderungen für in der Werkstatt und auf der Baustelle ausgeführten Verbindungen von Profiltafeln und Bauteilen mit gewindeformenden Schrauben, Nieten und Setzbolzen. Für andere Arten von Verbindungen gilt EN 1090-2.

Verbindungselemente müssen den Ausführungsunterlagen entsprechen und sind nach den Empfehlungen des Produktherstellers zu verwenden.

Die Funktion der Verbindungselemente hängt von der Vorgehensweise ab, die anhand einer Verfahrensprüfung bestimmt werden kann. Mit Verfahrensprüfungen darf nachgewiesen werden, dass die erforderlichen Verbindungen unter Baustellenbedingungen ausgeführt werden können. Die folgenden Gesichtspunkte sollten berücksichtigt werden:

a) Ausführbarkeit der richtigen Lochdurchmesser für gewindefurchende Schrauben und Niete;

b) richtiges Einsetzen von Schraubern mit korrekter Einstellung von Drehmoment und Einschraubtiefe;

c) senkrechtes Ansetzen selbstbohrender Schrauben in Bezug auf Bauteiloberfläche.

Dichtungsscheiben sollten so eingestellt werden, dass die Zusammendrückung innerhalb der vom Hersteller empfohlenen Grenzwerte liegt;

d) Fähigkeit, Setzbolzen auszuwählen und einzusetzen;

e) die Fähigkeit, eine ausreichende tragende Verbindung zu bilden und eine mangelhafte zu erkennen.

Bei gewindeformenden Schrauben, Blindnieten und Setzbolzen gelten die Festlegungen der Europäischen Normen oder der Europäischen Technischen Bewertungen (ETA).

Wenn Profiltafeln im Untergurt mit der Unterkonstruktion verbunden werden, sind die Verbindungselemente so anzuordnen, dass an der Kontaktstelle zwischen Bauteil I und Bauteil II kein Spalt vorhanden ist (Tabelle B.2); Ausnahmen können in ETAs geregelt sein.

Bei der Montage müssen die in den Bewertungen und Herstelleranweisungen angegebenen Festlegungen bezüglich geeigneter Blechdicken, Werkstoffe, Einspanndicken und zu verwendender Werkzeuge eingehalten werden.

Im Anschluss an die Montagearbeiten müssen Bohrspäne oder ausgeworfene gebrochene Dornstiele gesammelt und von den äußeren Arbeitsflächen beseitigt werden, um spätere Korrosion zu verhindern.

8.2 Einsatz von gewindefurchenden Schrauben und Bohrschrauben

Die Länge und Gewindeform von Schrauben müssen vor dem Befestigen überprüft werden, damit sie für die konkrete Anwendung geeignet sind, und müssen an die Dicke des Auflagers angepasst sein.

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

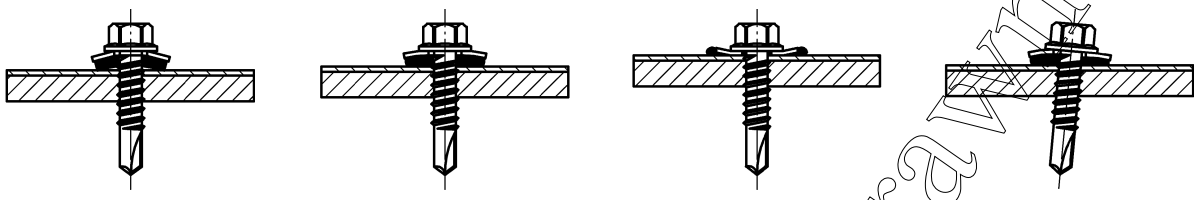
Werden Schrauben im Obergurt eines Dachdeckungsprofils befestigt, muss darauf geachtet werden, dass am Eindringpunkt Beulen im Blech vermieden werden, z. B. durch die Verwendung von Kalotten.

Werkzeuge zum Eindrehen von Schrauben müssen ein justierbares Tiefenanschlag- und/oder Momenten-Kontrollsystem besitzen, das entsprechend den Empfehlungen des Herstellers der Verbindungselemente

Auszug von - www.nlb.de

eingestellt werden muss. Bei Schraubern müssen die Bohr- und Antriebsgeschwindigkeit (Umdrehungen je Minute) den Empfehlungen des Herstellers der Verbindungselemente entsprechen.

Bei Verwendung von Dichtscheiben müssen die Schrauben so gesetzt werden, dass die korrekte Pressung erzielt wird, wie in Bild 4 dargestellt.



a) zu locker **b) korrekt** **c) zu fest** **d) zu schräg**

Bild 4 — Anleitung für die Pressung von Dichtscheiben

Der Tiefenanschlag eines Schraubers muss so eingestellt sein, dass die Pressung der Elastomerscheibe innerhalb der vom Produkthersteller angegebenen Grenzwerte liegt.

Schrauben ohne Dichtscheiben müssen mit Hilfe eines geeigneten Tiefenanschlag- oder Momenten-Kontrollsystems so gesetzt werden, dass ein Überdrehen vermieden wird.

Die Drehmomentangleichung muss so eingestellt sein, dass das gewindeerzeugende Moment erzielt wird, ohne entweder das Kopfabrissmoment oder das Gewindeabreißmoment zu überschreiten.

8.3 Einsatz von Blindnieten

Die Länge eines Blindniets muss der zu verbindenden Gesamtdicke entsprechen.

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

ANMERKUNG 2 Die meisten Hersteller bieten passend für die unterschiedlichen Verbrauchsmengen eine Reihe handbetriebener und automatischer Setzwerkzeuge an. Diese sind für eine Reihe von Blindniettypen und -größen meist leicht anzupassen, allein durch Wechsel des Aufsetzstücks und/oder Einsetzen von Klemmbacken. Im Allgemeinen stehen für das Setzen der Niete bei beengten Platzverhältnissen austauschbare Köpfe zur Verfügung, z. B. für innenliegende Kehlen oder zylindrische Querschnitte.

ANMERKUNG 3 Ein passend vorabgestimmtes Verhältnis von Niethülse/Nietdorn stellt einheitliche Anschlusseigenschaften sicher.

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

8.4 Einsatz von Setzbolzen

Setzbolzen werden zum Befestigen von Stahlprofilen an Unterkonstruktionen aus Stahl mit einer Mindestdicke nach einschlägigen ETAs verwendet. Die Setzbolzen müssen mit dem jeweiligen munitionsbetriebenen Bolzenschubgerät eingetrieben werden. Für die unterschiedlichen Gesamtdicken sowie Festigkeiten und Dicken der Unterkonstruktion stehen farblich gekennzeichnete Kartuschen mit unterschiedlichen Ladungsstärken zur Verfügung. Die geeignete Kartusche muss mit Hilfe von Probemontagen bestimmt werden.

Die Anwendungsrichtlinien (Wahl der Kartusche, Einsatzbereich, Nagelkopfüberstand) sind zu beachten. Die ordnungsgemäße Montage des Setzbolzens muss durch Kontrolle des Nagelkopfüberstands überprüft werden. Beim Eintreiben verdrängt der Setzbolzen den Grundwerkstoff der Unterkonstruktion zur Seite und

Anhörentwurf

erzeugt eine Verformungszone von etwa 10 mm Durchmesser. Die Beschichtung auf der Profiltafel wird in diesem Bereich gleichermaßen verformt.

ANMERKUNG 1 Abplatzungen in der Beschichtung im Bereich der austretenden Setzbolzenspitze hängt deutlich von der Schichtdicke und der Haftung zum Stahlsubstrat ab. Üblicherweise reißen stark haftende oder dünne Kunststoffbeschichtungen einfach. Dickere Beschichtungen neigen zu Abplatzungen in der Nähe des Setzbolzens. Das Ausmaß der Abplatzungen hängt von der Art der Beschichtung und deren Haftung auf dem Untergrund ab.

ANMERKUNG 2 Die Beschädigung der Beschichtung auf der Rückseite durch den durchdringenden Setzbolzen ist unvermeidbar und gilt nicht als ein Mangel.

8.5 Befestigung von kaltgeformten tragenden Bauteilen und Profiltafeln mit der Unterkonstruktion

8.5.1 Arten von Verbindungen

Es wird zwischen den folgenden Arten von Verbindungen unterschieden:

— Befestigungen der Profiltafel mit der Unterkonstruktion;

— Befestigungen von tragenden Bauteilen an einer anderen Unterkonstruktion;

— Verbindungen zwischen Profiltafeln (z. B. Überlappung an den Seiten oder an den Enden);

— Verbindungen zwischen Randprofilen oder kaltgeformten Profilen und Profiltafeln.

8.5.2 Befestigung der Profiltafeln mit der Unterkonstruktion quer zur Spannrichtung

Die Verbindung muss entsprechend den Ausführungsunterlagen erfolgen. Aber

— für eine Rippenbreite $b_R > 400$ mm (b_R siehe Bild 1) muss jede Profilrippe der Profiltafeln,

— für eine Rippenbreite $b_R > 100$ mm muss mindestens jede zweite Profilrippe der Profiltafeln,

— für eine Rippenbreite $b_R \leq 100$ mm muss jede dritte Rippe der Profiltafeln

mit der Unterkonstruktion verbunden sein. Am Ende der Tafel muss jede Profilrippe, wo $b_R > 100$ mm und jede zweite Profilrippe, wo $b_R \leq 100$ mm, dort befestigt werden.

Bei Schubfeldern ist jede Profilrippe im anliegenden Gurt an den Schubfeldträgern zu befestigen. An Zwischenauflagern, die nur zur Abtragung von Lasten — rechtwinklig zur Verlegefläche — dienen und keinerlei Aufgaben im Zusammenhang mit der Schubfeldwirkung zu erfüllen haben, genügt auch im Bereich von Schubfeldern die Befestigung in jeder zweiten Profilrippe.

Kassettenprofile sind an jedem Auflager mit der Unterkonstruktion entsprechend den Ausführungsunterlagen zu befestigen, es müssen jedoch mindestens zwei Verbindungselemente neben dem Steg vorhanden sein (Bild 5).

Zurückgezogen • Withdrawn

Maße in Millimeter

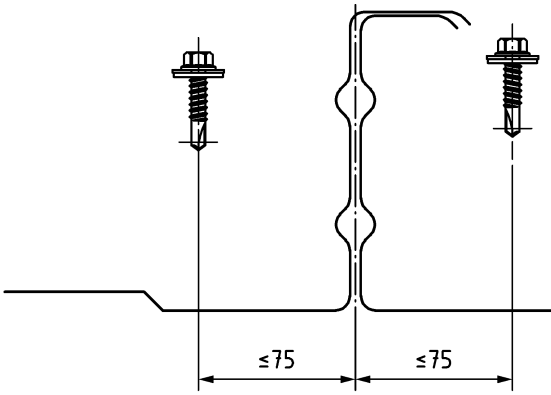
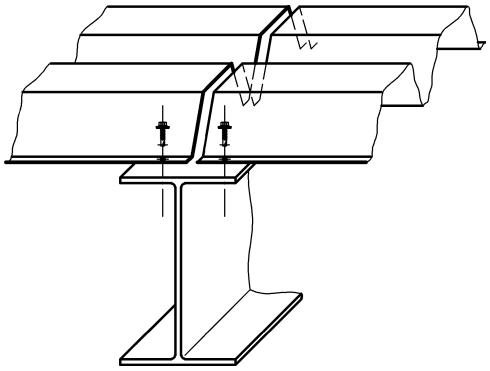
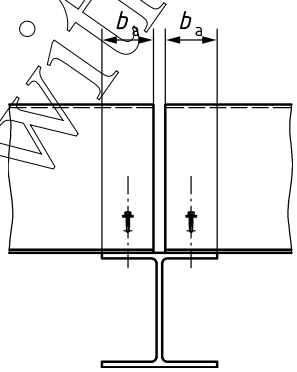


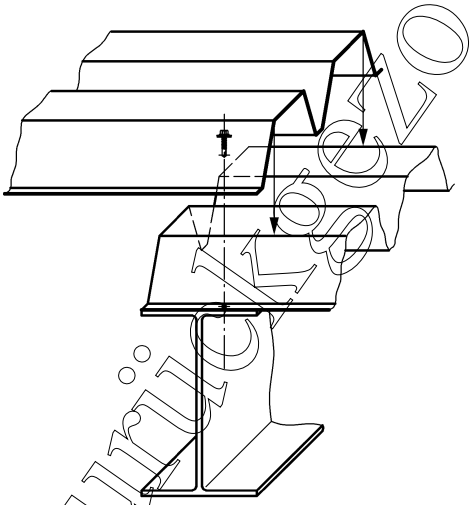
Bild 5 — Befestigung der Kassettenprofile



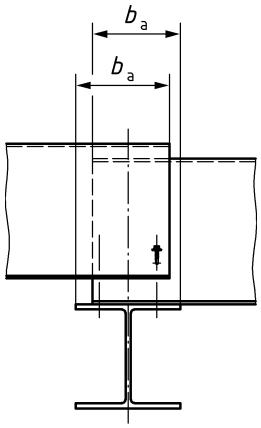
a) ohne Überlappung



Die Mindestauflagerbreite b_a ist in Anhang B, Tabelle B.1 angegeben



b) mit Überlappung



Die Mindestauflagerbreite $b_{a,}$ ist in Anhang B, Tabelle B.1 angegeben

Bild 6 — Beispiel für Befestigungen von Profiltafeln

Zurückgezogen - withdrawn

8.5.3 Befestigung der Profiltafeln mit der Unterkonstruktion parallel zur Spannrichtung der Profiltafel

An den Längsrändern der Verlegeflächen sind die Trapezprofile oder Wellprofile (Bild 6) in Übereinstimmung mit den Ausführungsunterlagen in einem Abstand innerhalb eines Bereichs von $50\ mm \leq e_R \leq 666\ mm$ (e_R siehe Bild A.1) zu verbinden. Bei einer Verbindung mit einem Randversteifungsprofil nach Anhang A muss der Abstand $50\ mm \leq e_R \leq 333\ mm$ betragen. Dasselbe gilt für den Längsrand einer Profiltafel, die an eine Öffnung in der Verlegefläche angrenzt.

ANMERKUNG 1 Ein Abstand von 666 mm bedeutet 3 Verbindungselemente auf 2 m.

ANMERKUNG 2 Außerdem können zusätzliche Verbindungselemente entsprechend den Ausführungsunterlagen erforderlich sein.

8.5.4 Unterkonstruktion aus Metall

Gewindeformende Schrauben müssen mit dem zylindrischen Gewindeteil:

— vollständig durchgeschraubt sein, wenn das Bauteil II ≤ 6 mm dick ist;

— mindestens 6 mm eingeschraubt sein, wenn das Bauteil II > 6 mm dick ist.

Die Längen der Gewinde- oder Bohrspitzen dürfen nicht hinzugerechnet werden. Die Spitzen der Verbindungselemente dürfen nach der Montage nicht entfernt werden, um Beschädigung der Verbindung zu verhindern.

8.5.5 Unterkonstruktion aus Holz oder Holzwerkstoffen

Der Nachweis der Eignung von gewindeformenden Schrauben, die zur Befestigung von Profiltafeln oder tragenden Bauteilen mit Unterkonstruktionen aus Holz oder anderen Holzwerkstoffen vorgesehen sind, muss nach Europäischen Normen oder Europäischen Technischen Bewertungen erfolgen.

Hinsichtlich der Vorbohr- und Einschraubtiefe müssen die Ausführungsunterlagen die Festlegungen in EN 1995-1-1 befolgen, vorausgesetzt, die Europäischen Technischen Bewertungen für Verbindungselemente oder die Produktnormen für die Schrauben enthalten keine anderen Anforderungen.

Schrauben dürfen nicht eingeschlagen werden, auch nicht teilweise.

8.5.6 Unterkonstruktion aus Beton oder Mauerwerk

Profiltafeln müssen ausreichend in der Unterkonstruktion aus Beton oder Mauerwerk verankert werden. Zur Verankerung der Tafeln in der Unterkonstruktion sollten nachträglich eingemörtelte Anker, Dübel, Setzbolzen oder Schrauben nach Europäischen Normen oder Europäischen Technischen Bewertungen (ETAs) verwendet werden.

Zum Befestigender Profiltafeln müssen durchgehende Stahlteile (z. B. Flachstahl mit einer Mindestfließspannung von 220 N/mm^2 und einer Dicke von mindestens 8 mm, Befestigungsschienen oder kaltgeformte Profile) verwendet werden.

Die Stahlteile, einschließlich deren Verankerung, müssen mit der Betonoberkante mindestens bündig installiert sein. Die Auflageflächen für die Profiltafeln müssen die gleiche Neigung wie die Profiltafeln haben und es dürfen keine Beeinträchtigungen durch Schrauben, Niete, Laschen, Gurtplatten, Stoßplatten oder Deckplatten auftreten.

Die Stahlteile müssen gegen Korrosion ausreichend geschützt sein.

Auszug aus - Wirtschaftsverlag

8.6 Verbindung von Profiltafeln

Die Längsränder von Profiltafeln müssen innerhalb der Verlegefläche miteinander verbunden oder mit einer Randabdeckung nach Anhang A ausgesteift werden.

Die Art der Verbindung und die Abstände müssen für das Zusammenziehen überlappender Profiltafeln geeignet sein.

Mindestanforderungen für die Befestigung von Längsstößen von Profiltafeln einer der Witterung ausgesetzten Dachfläche können den Empfehlungen des Produktherstellers entnommen werden.

Der Mindestdurchmesser dieser Verbindungselemente sollte bei gewindeformenden Schrauben 4,8 mm und bei Blindnieten 4,0 mm betragen.

Zum Verbinden von Profiltafeln miteinander dürfen gewindeformende Schrauben mit Dichtscheiben und Elastomerdichtungen oder Blindniete verwendet werden. Wenn die Profiltafeln als Tragschale von mehrschaligen Dächern verwendet werden, die der Witterung nicht ausgesetzt sind, dürfen die Dichtscheiben weggelassen oder nichtdichtende Blindniete verwendet werden.

ANMERKUNG Es wurde nachgewiesen, dass Schrauben mit einem Abschnitt unterhalb des Kopfes ohne Gewinde (Hinterschnitt), deren Durchmesser kleiner oder gleichgroß wie der Durchmesser des Innengewindes ist, zum Verbinden von Profiltafeln geeignet sind.

Verbindungselemente für Längsstöße müssen mindestens die folgenden Abstände e_L einhalten:

— aus Trapez- und Wellprofilen hergestellte Tragschalen:	50 mm ≤ e_L ≤ 666 mm;
— als Schubfeld ausgeführte Tragschale aus Trapezprofiltafeln:	50 mm ≤ e_L ≤ 500 mm und mindestens 4 Befestigungselemente je Stützweite;
— der Witterung ausgesetzte Trapez- und Wellprofiltafeln als Dachdeckung:	50 mm ≤ e_L ≤ 500 mm;
— der Witterung ausgesetzte Trapez- und Wellprofiltafeln als Wandbekleidung:	50 mm ≤ e_L ≤ 666 mm;
— Tragschale aus Kassettenprofilen im Dach:	50 mm ≤ e_L ≤ 666 mm;
— Tragschale aus Kassettenprofilen in der Wand:	50 mm ≤ e_L ≤ 1 000 mm;
— als Schubfeld ausgeführte Tragschale aus Kassettenprofilen:	50 mm ≤ e_L ≤ 333 mm.
— als dauerhafte Schalung verwendete Profiltafeln	50 mm ≤ e_L ≤ 1 000mm

8.7 Rand- und Zwischenabstände von Verbindungselementen für Profiltafeln

8.7.1 Allgemeines

Randabstände und Abstände zwischen Befestigungselementen sind in den Ausführungsunterlagen festzulegen. Abstände zum Rand und Abstände von Verbindungselementen siehe EN 1993-1-3.

zurückgezogen - wird ungültig

8.7.2 Randabstände bei Trapezprofilen und Kassettenprofilen

Bei Gurtbreiten von $b_U > 265$ mm sind generell mindestens zwei Verbindungselemente je Gurt und Auflager erforderlich. Gurtbreiten von $b_U \leq 265$ mm dürfen mit mindestens einem Verbindungselement verbunden werden, oder mit mehreren, wenn das in den Ausführungsunterlagen festgelegt wurde.

Exzentrische Verbindungen sind nach Tabelle B.2 festzulegen.

9 Montage

9.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt behandelt die Anforderungen an die Montage und andere an Profiltafeln auf der Baustelle durchzuführende Arbeiten, sofern nicht anders festgelegt. Für die Montage und andere an den Bauteilen auf der Baustelle durchzuführende Arbeiten gilt EN 1090-2.

Auf der Baustelle durchzuführende Arbeiten, z. B. Bearbeitung, Schweißen, Einbau mechanischer Verbindungselemente und Oberflächenbehandlung, müssen den Abschnitten 6, 7, 8 bzw. 10 entsprechen.

Für die Kontrolle und Abnahme des Tragwerks gelten die Anforderungen nach Abschnitt 12.

9.2 Baustellenbedingungen

Mit der Montage darf erst begonnen werden, wenn die Baustelle den technischen Anforderungen an die Arbeitssicherheit entspricht; dabei sind, falls zutreffend, die folgenden Punkte zu berücksichtigen:

a) Einrichtung und Erhalten fester Standflächen für Krane, Gerüste und Arbeitsbühnen;

b) Zugangswege zur und innerhalb der Baustelle;

c) Bodenbedingungen, welche die sichere Erstellung des Baus beeinflussen;

d) mögliche Setzungen von Auflagern während der Montage;

e) Versorgungsleitungen im Boden, Freiluftleitungen und sonstige örtliche Hindernisse;

f) Grenzen für anzuliefernde Bauteile in Bezug auf Abmessungen und Gewicht;

g) besondere Umgebungsbedingungen und Klimaverhältnisse auf der und rund um die Baustelle;

h) Besonderheiten bei benachbarten Bauwerken, welche Einfluss auf die Bauarbeiten haben oder die durch diese beeinflusst werden.

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

Wenn die Arbeiten mit anderen Gewerken verbunden sind, müssen die technischen Anforderungen an die Arbeitssicherheit mit denen der anderen Bauwerksteile auf Verträglichkeit überprüft werden. Diese Überprüfung muss gegebenenfalls die folgenden Punkte berücksichtigen:

i) Kooperationsvereinbarungen mit anderen Auftragnehmern;

ii) Verfügbarkeit der Baustellenversorgung;

zurückgezogen - withdrawn

iii) zulässige Höchstbelastungen und Lagerlasten auf das Stahltragwerk im Bauzustand;

iv) Überwachung des Betoniervorgangs bei Verbundbauweise.

9.3 Schulung/Anleitung von Baupersonal

Die Montage darf nur von Firmen vorgenommen werden, die über das erforderliche Spezialwissen und die Erfahrung verfügen und nachweisen können, dass sie ausreichend qualifiziertes Personal beschäftigen. Es gelten die Festlegungen nach 4.2.2.

9.4 Kontrolle vorangegangener Arbeiten

Vor Aufnahme der Montagearbeiten sind die Vorgewerke hinsichtlich der für die Montage der Dach- und Wandkonstruktion notwendigen Voraussetzungen zu überprüfen. Wenn bei den vorangegangenen Arbeiten Fehler auftraten, die sich auf die Montage auswirken, müssen diese Fehler dem Auftraggeber schriftlich mitgeteilt werden und der Auftraggeber muss zusichern, dass gegebenenfalls geeignete Korrekturmaßnahmen getroffen werden.

9.5 Verlegepläne

Die Verlegepläne nach 4.1.3 müssen auf der Baustelle verfügbar sein und müssen bei der Montage eingehalten werden. Sämtliche Änderungen müssen schriftlich vom für die Ausführungsunterlagen Verantwortlichen (siehe 4.1.1) genehmigt sein.

9.6 Erforderliche Werkzeuge

Es sind geeignete Werkzeuge zu verwenden. Die Herstellerempfehlungen sind einzuhalten.

9.7 Sicherheit auf der Baustelle

Mit der Montage darf erst begonnen werden, wenn alle erforderlichen Sicherheitseinrichtungen und Absturzsicherungen installiert sind. Es gelten die technischen Anforderungen an die Arbeitssicherheit. Ohne Maßnahmen zur Lastverteilung dürfen die Profiltafeln nur bis zur zulässigen Stützweite betreten werden, die in den Ausführungsunterlagen angegeben ist (siehe Anhang B). Bei Dächern dient der Zugang grundsätzlich nur für die Wartung und Reinigung des Daches selbst.

Die auf den Verlegeplänen ausgewiesenen Absetzplätze für die Profiltafelstapel sind einzuhalten.

Die Montagearbeiten sind einzustellen, wenn die Witterungsbedingungen ungünstig sind, z. B. bei stürmischem oder starkem Wind.

Jede einzelne Profiltafel ist sofort nach dem Verlegen gegen Verschieben an den Auflagern zu sichern und an den seitlichen Überdeckungen mit der benachbarten Profiltafel oder der Randkonstruktion zu verbinden. Wegen der Unfallgefahr (Kippen) sind auskragende Profiltafeln nach dem Verlegen unverzüglich gegen Abheben zu sichern. Dachausschnitte sind unter Absturzsicherung herzustellen und gegen Hineinstürzen von Personen zu sichern. Auf geneigten Dachflächen sind nach dem Öffnen der Pakete alle Tafeln gegen Abrutschen zu sichern.

Werden die Montagearbeiten unterbrochen, so sind alle Tafeln gegen Sturm, evtl. auftretende höhere Windbelastungen als im eingebauten Zustand oder gegen Abrutschen zu sichern. Das gilt auch für angebrochene Stapel.

Vorschau - Wirtschaft

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

9.8 Kontrolle von Verpackung und Inhalt

Unmittelbar nach der Anlieferung zur Baustelle müssen die Produkte auf Vollständigkeit, Verpackungs- oder Transportschäden und vollständige Beschriftung kontrolliert werden.

Fehler und Fehlmengen müssen dem Lieferanten sofort schriftlich mitgeteilt werden und es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

9.9 Lagerung

Das Produkt ist nach den Herstellerempfehlungen oder den Empfehlungen von Herstellerverbänden zu lagern, sofern festgelegt.

Die tragenden Bauteile und Profiltafeln sind so zu lagern, dass Kondensation im Stapel vermieden wird, z. B. in einer abgedeckten Lagerfläche, die weder feucht noch warm sein darf oder häufigen Temperaturänderungen ausgesetzt ist.

Eine kurzzeitige Lagerung im Freien ist möglich, wenn die Bauteile durch geeignete Maßnahmen vor Niederschlags- und Spritzwasser geschützt werden. Die Abdeckung muss luftdurchlässig und gegen Windangriff gesichert sein. Kontakt mit Stoffen, die die Oberflächen der tragenden Bauteile und Profiltafeln beeinträchtigen könnten, ist auch kurzzeitig zu vermeiden (z. B. Erde, Sand, Kies, Mörtel, Beton, stehendes oder ablaufendes Wasser).

Lagerflächen müssen vorbereitet und trockengehalten werden.

Bei der Lagerung von Stapeln metallisch beschichteter tragender Bauteile und Profiltafeln ist die Transportverpackung (z. B. Streck- oder Schrumpffolie) sofort zu entfernen.

Nachfolgend sind Präventivmaßnahmen zur Handhabung und Lagerung von nichtrostendem Stahl angegeben.

Wenn das Aussehen einer hochqualitativen Oberfläche unwichtig ist und Flecken toleriert werden können, ist es nicht erforderlich, alle nachfolgend aufgeführten Maßnahmen anzuwenden. Selbst wenn das Aussehen der Oberfläche wichtig ist, sind nicht alle der nachfolgend aufgeführten Maßnahmen einzuhalten, wenn eine Nachbehandlung und Reinigung nach der Herstellung nach ASTM A380 festgelegt wurde:

- nichtrostender Stahl wird so behandelt und gelagert, dass Verunreinigung durch Haltevorrichtungen oder Manipulatoren usw. vermieden wird. Nichtrostender Stahl wird sorgfältig gelagert, so dass die Oberflächen vor Beschädigung und Verunreinigung geschützt sind;
- es wird Schutzfolie oder eine andere Abdeckung verwendet, die möglichst lange nicht entfernt wird;
- Lagerung in salzbelasteten feuchten Atmosphären wird vermieden;
- Lagerregale werden mit Holz-, Gummi- oder Kunststofflatten oder Hüllen geschützt, um reibende Oberflächen zu vermeiden, z. B. unlegierter Stahl, kupferhaltig, Blei usw.;
- es dürfen keine chlor- oder sulfidhaltigen Markierungsstifte verwendet werden;

ANMERKUNG Alternativ kann Schutzfolie verwendet und die Markierung auf der Folie aufgebracht werden.

- nichtrostender Stahl wird mit Isoliermaterialien, Leichtsperrholz oder Saugnäpfen vor direktem Kontakt mit Anschlagmitteln oder Fördereinrichtungen aus unlegiertem Stahl geschützt, z. B. Ketten, Haken, Umreifung und Rollen oder den Gabeln von Gabelstaplern. Es werden geeignete Aufstellwerkzeuge/-geräte verwendet, um sicherzustellen, dass keine Oberflächenkontamination auftritt;

Zurückgezogen - wird nicht mehr angewendet

— Kontakt mit Chemikalien, einschließlich Farbstoffe, Klebstoffe, Klebband, Öl und Schmierfett, wird vermieden;

Wenn Chemikalien verwendet werden müssen, sollte deren Eignung von deren Hersteller überprüft werden.

— Nutzung getrennter Fertigungsbereiche für unlegierten Stahl und nichtrostenden Stahl, um eine Verunreinigung mit unlegiertem Stahl zu verhindern. Es werden separate Werkzeuge verwendet, die nur für die Anwendung bei nichtrostendem Stahl vorgesehen sind, insbesondere Schleifscheiben und Drahtbürsten. Drahtbürsten und Drahtwolle müssen aus nichtrostendem Stahl, vorzugsweise aus einer austenitischen Sorte, hergestellt sein.

9.10 Beschädigte tragende Bauteile, Profiltafeln und Verbindungselemente

Beschädigte tragende Bauteile und Profiltafeln und/oder Verbindungselemente (z. B. Produkte mit Beulen, Rissen, Knicken, Kerben, Falten oder beschädigtem Korrosionsschutz) dürfen nur dann montiert werden oder (nach der Montage) montiert bleiben, wenn nachgewiesen ist, dass sie weiterhin ausreichend tragfähig, funktionsfähig und haltbar sind.

9.11 Entladen, Hebezeuge/Seile/Gurte

Zum sicheren Entladen der Produkte auf der Baustelle sind geeignete Vorrichtungen zu verwenden. Die Eignung der Vorrichtungen für den vorgesehenen Verwendungszweck muss bewertet werden. Es sind mindestens spezielle Schutzhandschuhe und -helme erforderlich.

Tragende Bauteile und Profiltafeln müssen auf sichere Art verpackt, behandelt und transportiert werden, so dass keine dauerhaften Verformungen auftreten und Schäden auf der Oberfläche minimiert werden. Bei der Handhabung und Lagerung sind gegebenenfalls vorbeugende Maßnahmen zu treffen.

Wenn während der Montage Kräne eingesetzt werden, sollten spezielle Hebezeuge für die tragenden Bauteile und Profiltafeln verwendet werden, die der Profilform angepasst sind, sofern verfügbar.

9.12 Verlegen

Das Produkt muss unter Einhaltung der Ausführungsunterlagen nach den Herstellerempfehlungen oder nach den Empfehlungen der Herstellerverbände montiert werden, sofern gegeben.

Vor oder unmittelbar nach dem Ausschneiden von Öffnungen in Profiltafeln sind an jeder Öffnung Auswechselungen zu montieren. Die Öffnungen müssen gesichert werden, um Stürze zu verhindern.

9.13 Verlegerichtung

Bei Dach- und Wandkonstruktionen, die nach der Montage sichtbar sind, müssen die Profiltafeln in gleicher Richtung verlegt werden, weil Oberflächen aus verschiedenen Betrachtungsrichtungen unterschiedliche visuelle Eindrücke vermitteln.

Falls Mitgliedstaaten vorherrschende Windrichtungen festlegen, dürfen diese Richtungen bei der Verlegerichtung berücksichtigt werden.

9.14 Einhaltung der Überdeckungsbreite beim Einbau

Die Geometrie der tragenden Bauteile und Profiltafeln darf durch die Montage nicht verändert werden.

9.15 Zustand nach der Montage (Bohrspäne, Oberflächenbeschmutzung, Schutzfolie)

Lose liegende Gegenstände sind von Dach- oder Wandkonstruktionen zu entfernen; insbesondere müssen Bohrspäne sorgfältig beseitigt werden.

Zurückgezogen! Nicht verbindlich!

Schutzfolien müssen nach den Herstelleranweisungen entfernt werden. Bevor mit der Montage begonnen wird, muss die Schutzfolie bei Profiltafeln in den überlappenden Bereichen an den Längs- und Querstößen und in den Bereichen der Verbindungen entfernt werden.

Bei Montage von Profiltafeln mit Saugtraversen sind vorhandene Schutzfolien vor dem Einsatz des Saugers zu entfernen.

9.16 Abnahme nach der Montage

Unmittelbar nach Beendigung der Montagearbeiten sollte eine Abnahme durchgeführt werden, auf jeden Fall jedoch vor Beginn der anschließenden Arbeiten (z. B. Dachdichtungsarbeiten, Arbeiten an Außenanlagen usw.), gegebenenfalls sogar abschnittsweise während der Dach- oder Wandmontage. Wenn bei der Abnahme Abweichungen von der vertraglich vereinbarten Beschaffenheit festgestellt werden, ist im gegenseitigen Einvernehmen eine weitere gemeinsame Abnahme durchzuführen. Die Abnahme ist in einem Abnahmebericht zu protokolieren.

Um eine ordnungsgemäße und korrekte Ausführung sicherzustellen, sind Schubfelder und momententragfähige Verbindungen zu kontrollieren, insbesondere die Stoßfugen. Diese Kontrolle muss gemeinsam mit dem Bauleiter des Gebäudes vor Ort durchgeführt und gegengezeichnet werden.

9.17 Schubfelder

Die Flächen der Schubfelder (Konstruktionsklasse I) im Baukörper sind zu kennzeichnen

— als Schubfeld in den Verlegeplänen und

— im Nutzungs- und Wartungshandbuch und

— mit deutlich sichtbaren, dauerhaften Warnzeichen am fertigen Bauwerk (Bild 7).

Der Text des Schildes muss darauf hinweisen, dass die Standsicherheit des gesamten Gebäudes gefährdet wird, wenn an Schubfeldern nachträgliche Änderungen ohne statische Überprüfung vorgenommen werden.



Bild 7 — Beispiel für ein Warnzeichen „Warnung — Schubfeld im Dach“

Die Informationen im Nutzungs- und Wartungshandbuch müssen darauf hinweisen, dass die Standsicherheit des gesamten Gebäudes gefährdet wird, wenn an Schubfeldern nachträgliche Änderungen ohne entsprechende Überprüfung vorgenommen werden.

Der Eigentümer des Gebäudes muss über die Größe, Lage und Bedeutung des Schubfeldes informiert werden.

Zurückgezogen - Windrad

9.18 Blitzschutz

Dem Installateur des Blitzschutzes muss von der Firma, die das Dach montiert hat, schriftlich bestätigt werden, dass das Dach als „natürlicher“ Bestandteil des Blitzschutzsystems geeignet ist. Er kann dann die erforderlichen Anschlüsse an die metallischen Endpunkte anschließen (die auch nach EN 62561-1, geprüft werden müssen) und somit die „natürliche Metalldach-Blitzfangeinrichtung“ erden. Das gleiche gilt analog für die Wandbekleidung. Siehe EN 62305-3.

10 Oberflächenschutz

10.1 Korrosionsschutz

Den Umweltbedingungen entsprechend ist die geeignete Stahlsorte oder beschichteter Stahl zu wählen.

Vorausgesetzt, für die Einsatzumgebung wurde die geeignete Sorte ausgewählt, ist bei nichtrostendem Stahl kein Korrosionsschutz erforderlich. EN 1993-1-4:2006, Anhang A, enthält ein Verfahren zur Auswahl des Werkstoffes für nichtrostenden Baustahl in typischen Umweltbedingungen.

Unlegierte Stähle für Dach-, Wand- und Deckenanwendungen sind mit metallischen Überzügen, vor oder nach der Herstellung aufgebracht, gegen Korrosion zu schützen. Falls erforderlich, sind die tragenden Bauteile und Profiltafeln mit einer zusätzlichen organischen Beschichtung nach EN 10169, entsprechend den Festlegungen in den Tabellen E.1 bis E.4 vor Korrosion zu schützen. Anhang E enthält Festlegungen.

Andere tragende Bauteile und Profiltafeln sind unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen ausreichend gegen Korrosion zu schützen. EN 1090-2 enthält Anleitungen.

Verunreinigung von nichtrostendem Stahl durch Kontakt mit unlegiertem Stahl ist zu vermeiden.

Es sind Vorkehrungen zu treffen, um Kontaktkorrosion aufgrund des Kontakts zwischen unterschiedlichen metallischen Werkstoffen zu vermeiden. Wenn zur Vermeidung von Kontaktkorrosion Isolierungen benutzt werden sollen, sind alle Einzelheiten für deren Verwendung festzulegen.

10.2 Reinigung und Wartung

10.2.1 Organisch beschichtete Produkte

Organisch beschichtete Produkte sollten nicht zerkratzt, geschliffen oder begangen werden. Maurer-, Beton- und Putzarbeiten, Verfliesen und ähnliche Arbeiten sollten abgeschlossen sein, damit kein Kalk, Mörtel, Beton oder Zement auf die Oberflächen spritzen kann. Besonders beim Abbinden sind diese Baumaterialien alkalisch und greifen unbeschichtete Oberflächen und je nach verwendetem Anstrich möglicherweise selbst beschichtete Oberflächen an. Andernfalls müssen die Oberflächen zum Schutz beschichtet sein.

Kalk-, Mörtel-, Beton- oder Zementspritzer müssen sofort mit viel Wasser weggespült werden. Wenn die Exposition länger andauert, wird das zu einer leichten Verätzung führen.

Nach dem Abspülen sind keine nachteiligen Reaktionen für die Oberfläche zu erwarten. Es können allerdings sichtbare Mängel zurückbleiben.

Sichtbare Mängel und mechanische Oberflächenbeschädigungen können entweder durch Austausch oder Anstrich auf der Baustelle als Teil eines Korrosionsschutzsystems korrigiert werden. Beim Austausch oder Anstrich der Teile besteht die Gefahr, dass Farbtonunterschiede zu den nicht ausgetauschten Teilen auftreten. Das muss bei der Entscheidung zum Austausch oder Neuanstrich berücksichtigt werden.

Die optischen Beeinträchtigungen müssen im Einzelfall sorgfältig beurteilt werden, da sie zwar keine Beeinträchtigung der Funktionalität darstellen, jedoch das dekorative Aussehen der Fassade bzw. des Daches durch die zu erwartenden Farbtonunterschiede erheblich beeinträchtigen können.

Kontakt von beschichteten Bauteilen mit Säuren oder Laugen muss vermieden werden. Kommt es dennoch zu Kontakt, muss sofort und mit viel Wasser gereinigt werden.

Die Außenflächen der Außenwände, äußere Wandbekleidungen, Decken und Dächer müssen für Wartungsarbeiten zugänglich bleiben. In Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen und Anforderungen muss die Zugänglichkeit der Flächen durch Anlegeleitern, Standgerüste, feste freihängende oder geführte Arbeitsbühnen sichergestellt werden. Die Durchführbarkeit von Reinigungs- und Instandsetzungsmaßnahmen muss bereits bei der Konstruktion eingeplant werden, wie z. B. Gerüstverankerungen.

10.2.2 Produkte mit metallischem Überzug

Produkte mit metallischem Überzug können Kratzern und servicebedingten Schäden widerstehen und sind weiterhin korrosionsbeständig. In welchem Umfang Kratzer toleriert werden können, hängt von der Art des Metallüberzugs und der Schichtdicke ab.

10.2.3 Nichtrostender Stahl

Bei nichtrostendem Stahl müssen die Reinigungsverfahren für die Stahlsorte, Oberflächenbeschaffenheit, Bauteilfunktion und das Korrosionsrisiko geeignet sein. Das Verfahren sowie Grad und Umfang der Reinigung müssen festgelegt sein. Stark saure Lösungen, die manchmal zur Reinigung von Mauerwerk und Fliesen der Gebäude verwendet werden, dürfen nicht mit Baustahl, nichtrostender Stahl eingeschlossen, in Kontakt kommen. Bei einer derartigen Verunreinigung müssen die sauren Lösungen sofort mit viel Wasser abgewaschen werden.

11 Geometrische Toleranzen

11.1 Allgemeines

Herstelltoleranzen finden sich in 11.3.2. Die Tragfähigkeit des Produktes darf bei der Montage nicht durch Verformung verändert werden.

Diese Werte können zu groß sein, wenn höhere Anforderungen an die Bauausführung gestellt werden. Nach Vereinbarung zwischen Hersteller und Kunde könnten kleinere Toleranzen möglich sein.

11.2 Toleranzkategorien

In diesem Abschnitt werden die Kategorien der geometrischen Toleranzen definiert und Zahlenwerte für zwei Kategorien zulässiger Toleranzen angegeben:

a) solche Kriterien, die für das Tragverhalten und die Standsicherheit von Teilen des fertigen Tragwerks oder für das fertige Tragwerk wesentlich sind, sogenannte grundlegende Toleranzen;

b) solche, die anderen Kriterien wie Passgenauigkeit/Zusammenbau und Erscheinungsbild dienen, so genannte ergänzende Toleranzen.

Sowohl die grundlegenden als auch die ergänzenden Toleranzen sind normativ.

ANMERKUNG Die angegebenen zulässigen Abweichungen schließen keine elastischen Verformungen ein, die durch das Eigengewicht der Bauteile induziert werden.

Zurückgezogen Mitarbeit

Zusätzlich können sowohl besondere Toleranzwerte für bereits durch Zahlenwerte geregelte Fälle als auch Toleranzeinschränkungen für andere, nicht aufgeführte Fälle von geometrischen Abweichungen festgelegt werden. Sind besondere Toleranzen erforderlich, sind gegebenenfalls die nachstehenden Informationen anzugeben:

— geänderte Werte der bereits definierten ergänzenden Toleranzen;

— weitere zu prüfende festgelegte Parameter zusammen mit erlaubten Werten für die geometrischen Abweichungen;

— ob diese besonderen Toleranzen grundsätzlich für alle in Frage kommenden Bauteile gelten oder nur für ganz bestimmte Bauteile, die zu benennen sind.

Auf jeden Fall gelten die Anforderungen für die Endabnahme. Soll aus vorgefertigten Bauteilen ein Tragwerk vor Ort montiert werden, müssen die für die Endabnahme des montierten Tragwerks festgelegten Toleranzen eingehalten werden, zusätzlich zu denen für die vorgefertigten Bauteile.

11.3 Grundlegende Toleranzen

11.3.1 Allgemeines

Für die grundlegenden Toleranzen gelten die Festlegungen des Anhangs D. Bei den festgelegten Werten handelt es sich um zulässige Abweichungen. Wenn die tatsächliche Abweichung den zulässigen Wert überschreitet, ist der Messwert als Nichtkonformität nach Abschnitt 12 zu behandeln.

In einigen Fällen besteht die Möglichkeit, dass die unkorrigierte Abweichung einer grundlegenden Toleranz durch die Bauplanung gerechtfertigt sein kann, wenn die zu große Abweichung in einer Nachberechnung explizit enthalten ist. Falls nicht, muss die Nichtkonformität nach EN 1090-1 korrigiert werden.

11.3.2 Herstelltoleranzen

11.3.2.1 Kaltgeformte Profiltafeln

Kaltgeformte Profiltafeln müssen mit den zulässigen Abweichungen nach D.2 übereinstimmen.

11.3.2.2 Bauteile

Bauteile, einschließlich nach Maß gefertigter Hohlprofile, müssen mit den zulässigen Abweichungen nach D.3 übereinstimmen.

11.3.3 Montagetoleranzen

Montagetoleranzen für tragende Bauteile müssen mit den Montagetoleranzen nach EN 1090-2 übereinstimmen, wenn nicht strengere Toleranzen vereinbart wurden, siehe auch 11.1.

Das Tragverhalten von Profiltafeln darf durch das Verlegen der Profiltafeln nicht verändert werden.

11.4 Ergänzende Toleranzen

Ergänzende Toleranzen sind in Anhang D angegeben. Bei den festgelegten Werten handelt es sich um zulässige Abweichungen.

zurückgezogen - withdrawn

12 Kontrollen, Prüfungen und Nachbesserung

12.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an Kontrolle und Prüfung in Hinblick auf die Qualitätsanforderungen fest, die im Qualitätsmanagementplan (siehe 4.2.2) enthalten sind, je nach vorliegenden Gegebenheiten.

Kontrollen, Prüfungen und Nachbesserungen an den Tragwerken müssen anhand der Spezifikation und im Rahmen der in dieser Europäischen Norm festgelegten Qualitätsanforderungen erfolgen.

Sämtliche vorgenommenen Kontrollen und Prüfungen und die damit verbundenen Nachbesserungen müssen dokumentiert werden.

12.2 Tragende Bauteile, Profiltafeln und Verbindungselemente

12.2.1 Allgemeines

Es ist zu überprüfen, ob die tragenden Bauteile und Profiltafeln mit den in den Versanddokumenten und Ausführungsunterlagen angegebenen Daten übereinstimmen.

ANMERKUNG Das gilt für Profile, Profiltafeln, mechanische Verbindungselemente usw.

12.2.2 Nichtkonforme Produkte

Hat die Verpackungseinheit, in der sich die tragenden Bauteile und Profiltafeln befinden, kein Etikett nach 5.2, müssen die Produkte als nicht konforme Produkte behandelt werden, bis nachgewiesen werden kann, dass sie den Anforderungen des vorgesehenen Verwendungszwecks entsprechen, z. B. durch Einreichen der fehlenden Unterlagen. Wenn die Produkte zuerst als nicht konforme Produkte behandelt werden, deren Konformität später durch Prüfungen oder Nachprüfungen nachgewiesen wird, muss ein Prüfbericht erstellt werden.

12.3 Herstellung: geometrische Maße der gefertigten tragenden Bauteile und Profiltafeln

12.3.1 Allgemeines

Im Prüfplan sind die Anforderungen und die an den tragenden Bauteilen und Profiltafeln erforderlichen Prüfungen zu berücksichtigen. Die tragenden Bauteile und Profiltafeln müssen immer vermessen werden. Die angewendeten Verfahren und verwendeten Messinstrumente sind je nach den Erfordernissen auszuwählen. Für spezielle Profile sind vorgeformte Messlehren anzufertigen, mit denen das Profil überprüft wird.

Für Löcher mit Ausnahme von gestanzten Löchern gelten die Empfehlungen nach EN 1090-2. Die Abnahmekriterien müssen 11.3 entsprechen. Die Abweichungen sind unter Berücksichtigung eventuell festgestellter Durchbiegungen oder Voreinstellungen zu messen. Wenn bei der Abnahmekontrolle Nichtkonformität nachgewiesen wird, kann die Nichtkonformität korrigiert werden und das Produkt muss erneut geprüft werden.

12.3.2 Profiltafeln

Bei Profiltafeln müssen die Messstellen und die Häufigkeit der Messungen im Kontrollplan festgelegt sein; die folgenden Angaben müssen enthalten sein:

zurückgezogen - withdrawn

a) bei jeder Änderung des Werkstoffes (z. B. Stahlsorte, Band (en: coil)) oder bei jeder neuen Arbeitsschicht

   — die Profilhöhe; bei Profiltafeln mit drei Rippen an der Mittelrippe, bei Profiltafeln mit mehr Rippen an der Mittelrippe und an einer Randrippe;

   — die Baubreite an beiden Enden der Profiltafel;

b) bei jeder Änderung des Profils

   — die Blechdicke (Überprüfung der Dokumentation);

   — die Profilhöhe; bei Profiltafeln mit drei Rippen an der Mittelrippe, bei Profiltafeln mit mehr Rippen an der Mittelrippe und an einer Randrippe;

   — die Baubreite an beiden Enden der Profiltafel;

c) bei jeder Änderung der Blechdicke

   — die Blechdicke (Überprüfung der Dokumentation);

   — die Baubreite an beiden Enden der Profiltafel;

d) einmal jährlich bei jedem endgefertigten Profil;

   — die Innenradien

   — die Aussteifungen in den Gurten und Stegen.

Nach der Lieferung muss die Blechdicke eines jeden Bandes gemessen werden. Sie sollte in der Dokumentation angegeben werden.

12.3.3 Bauteile

Bei Bauteilen, einschließlich nach Maß gefertigter Hohlprofile, müssen die Messstellen und die Häufigkeit der Messungen im Kontrollplan festgelegt sein; die folgenden Angaben müssen enthalten sein:

a) bei jeder Änderung des Werkstoffes (z. B. Stahlsorte, Band (en: coil)) oder bei jeder neuen Arbeitsschicht

   — die Geometrie des tragenden Bauteils;

b) bei jeder Änderung des Profils

   — die Blechdicke (Überprüfung der Dokumentation);

   — die Geometrie des tragenden Bauteils;

c) bei jeder Änderung der Blechdicke

   — die Blechdicke (Überprüfung der Dokumentation);

d) einmal jährlich bei jedem endgefertigten tragenden Bauteil

   — die Innenradien;

Zurückgezogen - withdrawn

Nach der Lieferung muss die Blechdicke eines jeden Bandes gemessen werden. Sie muss in der Dokumentation angegeben werden.

Wenn ein r/t-Verhältnis kleiner als der in der betroffenen Produktnorm angegebene sichere Grenzwert ist, muss eine regelmäßige Überprüfung auf „keine sichtbaren Risse“ in der Dokumentation angegeben werden.

12.4 Kontrolle des montierten Tragwerks

Der Zustand des montierten Tragwerks muss auf Anzeichen von verformten Bauteilen kontrolliert werden und um sicherzustellen, dass temporäre Verbindungen entweder entfernt wurden oder den festgelegten Anforderungen entsprechen.

12.5 Kontrolle von Verbindungselementen

12.5.1 Gewindeformende Schrauben

Bei Verwendung von gewindeformenden Schrauben müssen auf der Baustelle die in den einschlägigen ETAs und/oder den jeweiligen Normen und/oder den Empfehlungen des Produktherstellers geforderten Überprüfungen durchgeführt werden.

Der Austausch von Schrauben muss nach den Herstellerempfehlungen und nach anderen relevanten Dokumenten erfolgen. Für diese Verbindungselemente kann ein größerer Durchmesser erforderlich sein, um eine sichere Verbindung in einem vorgeformten Loch sicherzustellen.

12.5.2 Blindniete

Bei Verwendung von Blindnieten sind auf der Baustelle die in den einschlägigen ETAs und den Empfehlungen des Produktherstellers geforderten Überprüfungen durchzuführen.

Löcher mit Graten, die das ebene Aufeinanderliegen der verbundenen Teile beeinträchtigen würden, müssen, solange sie nicht ausgebessert sind, als nichtkonform bewertet werden.

Verbindungen mit Blindnieten müssen kontrolliert werden, um sicherzustellen, dass sich zwischen den überlappenden Profiltafeln keine Stauchung am Ende der Blindniete ausbildet. Solche Verbindungen müssen als nichtkonform bewertet werden. Nichtkonforme Niete müssen entfernt und ersetzt werden.

Der Austausch von Nieten muss in Übereinstimmung mit den einschlägigen ETAs und/oder den jeweiligen Normen und/oder den Empfehlungen des Produktherstellers durchgeführt werden. Es kann ein größerer Durchmesser erforderlich sein, um eine sichere Verbindung sicherzustellen.

12.5.3 Setzbolzen

Um sicherzustellen, dass Verbindungen mit Setzbolzen nicht zu stark oder zu schwach gesetzt wurden, müssen Kontrollen durchgeführt werden (Stichproben).

ANMERKUNG 1 Prüffixierungen können erforderlich sein.

ANMERKUNG 2 Bei zu großer Ladungsstärke kann eine starke Eindrückung oder übermäßige Verformung der Unterlegscheiben auftreten (zu stark eingetrieben). Bei einer zu geringen Antriebskraft (zu schwach eingetrieben), dringt das Verbindungselement nicht ausreichend tief ein.

Die Herstellerkennzeichnung auf dem Bolzen muss nach dem Eintreiben des Verbindungselements noch erkennbar sein.

12.5.4 Verbindungen mit metrischen Schrauben

Die Kontrollen sind nach EN 1090-2 durchzuführen.

Zurückgezogen - withdrawn

Anhang A
(normativ)

Grundanforderungen an Profiltafeln

A.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält die Grundanforderungen an Profiltafeln, sofern nicht anders festgelegt.

Dieser Anhang behandelt keine Verbunddecken aus Metall.

A.2 Unterkonstruktionen

A.2.1 Werkstoffe

Unterkonstruktionen müssen aus Stahl, korrosionsgeschütztem Stahl, nichtrostendem Stahl, Aluminium, Holz, Beton oder Mauerwerk hergestellt sein.

A.2.2 Scherkräfte/Festpunkte

Verbindungen im Wellental (Untergurt) der Profiltafel können Scherkräfte übertragen. Bei Verbindungen im Obergurt müssen die Schubkräfte durch spezielle Festpunkte aufgenommen werden.

Für die Fälle, bei denen die Lage der Befestigung aus praktischen Gründen vom Untergurt der Profiltafel zum Obergurt wechselt, muss die Scherkraftbemessung erneut durchgeführt werden.

Bei der Zuordnung von Festpunkten müssen die Bauteile und Profiltafeln und die betreffenden Unterkonstruktionen für die auftretenden Schubkräfte ausgeführt und nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist für die Scherkraftbemessung ein zusätzlicher Festpunkt erforderlich.

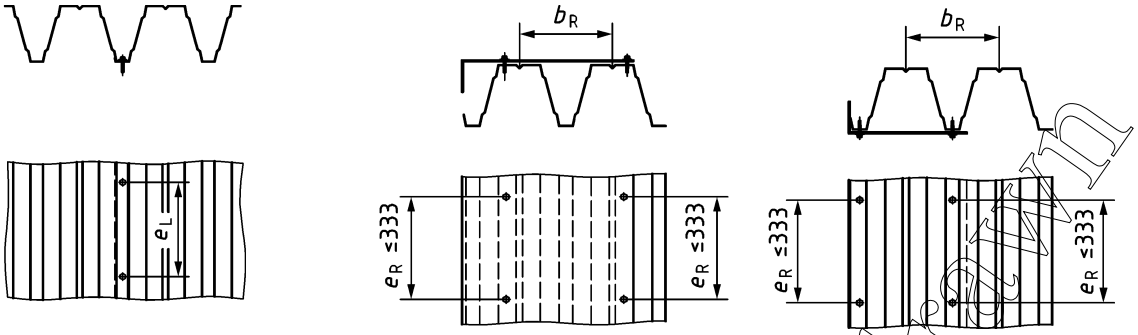
A.3 Randausbildung der Verlegefläche

A.3.1 Dachrandabschluss in Längsrichtung

Randaussteifungen können in einem oder in zwei Stücken realisiert werden, siehe Bild A.1. Bei Randaussteifungen muss die Blechdicke mindestens $t = 1{,}0$ mm betragen.

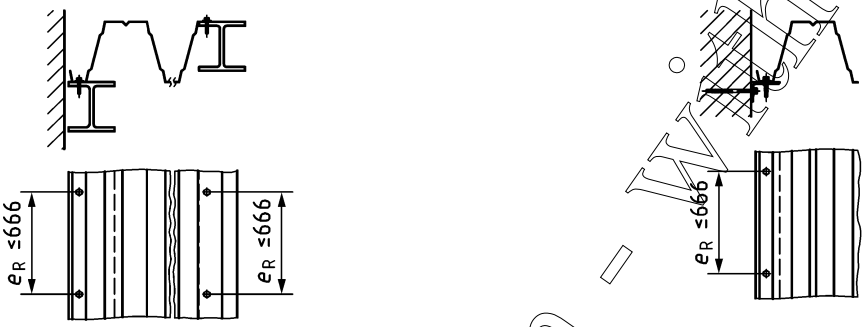
zurückgezogen / withdrawn

Maße in Millimeter



a) Befestigung der Profiltafeln am Längsrand (e_L siehe 8.5)

b) Randaussteifung mittels Randversteifungsprofil



c) Randaussteifungsträger aus Stahl, Beton oder Holz

d) Befestigung des Längsrandes mit einem durchgehenden an der Wand befestigten Profil aus Stahl oder Holz

Bild A.1 — Beispiele für Dachrandabschlüsse

A.3.2 Querschnittsschwächungen

Örtliche Querschnittsschwächungen der Stahltrapezprofile durch z. B. mechanische Befestigung von Wärmedämmung, Abhängungen für Installationen oder ähnliches sind ohne statische Überprüfung nur zulässig, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

a) Lochdurchmesser $d_n \leq 10$ mm

— Abstände von Einzellöchern oder Randlöchern von Lochgruppen: ≥ 200 mm

— Anzahl der Löcher je Lochgruppe: 4

— Abstände der Löcher oder Randlöcher: $\geq 4d$, ≥ 30 mm

b) Lochdurchmesser $d_n \leq 4$ mm

— Abstände der Einzellöcher: ≥ 80 mm

A.3.3 Aussteifungen und Doppellagen

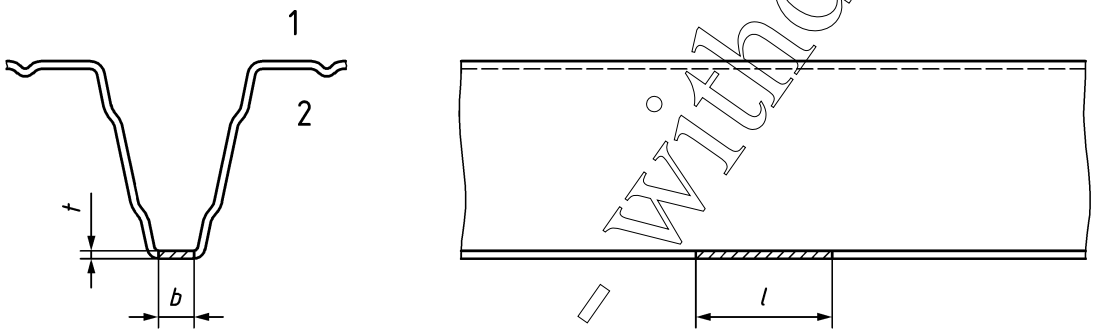
Die Tragfähigkeit von Trapez- und Wellprofiltafeln oder Kassettenprofilen darf mit Aussteifungsprofilen erhöht werden, z. B. durch zusätzliche tragende Bauteile und Profiltafeln oder Überlappung von Längsstößen

Zum Kaufen - www.beuth.de

und Rippen. Trapez- und Wellprofile können auch durch Doppellagen verstärkt werden. Doppellage bedeutet vollständige Längsüberlappung zweier Profile,

Die Rahmenprofile müssen so montiert werden, dass die vorhandene Profilgeometrie der Profiltafeln selbst an den Befestigungsstellen mit der Unterkonstruktion unverändert bleibt.

Bei Doppellagen, d. h. Doppelverlegung von Trapezprofilen, dürfen die Querschnitts- und Bemessungswerte jeder Lage dann voll angesetzt werden, wenn der Untergurt der oberen Lage ausreichend gestützt ist. Wenn aufgrund der Tafelgeometrie zwischen den Tafeln ein Spalt entsteht, kann der Spalt durch Einlegen von Metallstreifen in den Untergurt der unteren Lage gefüllt werden (Bild A.2). Die Metallstreifen müssen über dem Auflager sowie mindestens einmal im Feld angeordnet und fixiert werden (z. B. durch Einkleben). Die Lage und Anzahl der Metallstreifen muss bei der Ermittlung der Schnittgrößen am Gesamtsystem berücksichtigt werden. Ein Schubverbund darf nicht angesetzt werden. Die Länge des Metallstreifens muss beim Nachweis als Auflagerbreite der oberen Lage angesetzt werden.



Legende

1 obere Lage

2 untere Lage

Bild A.2 — Doppellagen

Die Längsstöße der unteren Lage müssen mit Nieten oder Schrauben nach 8.3 und 8.5 verbunden werden.

Zum Verbinden von Doppellagen dürfen keine Setzbolzen verwendet werden.

A.3.4 Vermeidung von Eisschanzen

Barrieren aus Eisschanzen sind durch geeignete Planungsmaßnahmen zu vermeiden, z. B.:

- Dachüberstände vermeiden oder zumindest dämmen;
- Verschattungen auf der Dachfläche vermeiden oder beheizen;
- gefährdete Bereiche mit Dachflächenheizungen ausstatten;
- wasserdichtes Unterdach bis 3 m dacheinwärts einbauen und an Rinne anschließen;
- Fließrichtung/Dachneigung nicht in kalte Dachbereiche führen;
- Rinnen heizen, besonders innenliegende Konstruktionen;
- Knicke in Fallrohren vermeiden;

zurückgezogen - wird

— Abläufe frei halten, Rinnen und Fallrohre warten;

— Rinnenheizungen in den Fallrohren bis in den frostfreien Bodenbereich führen;

— bei vorgehängten Rinnen Abbruchgefahr beachten;

— Schnee auf dem Dach verteilt halten (viele einzelne Schneestopper statt weniger linienförmiger Schneefangeinrichtungen);

— Dampfsperre an Rinne anschließen, als Notablauf nutzen;

— Absturzsicherungen, Laufroste und andere Hindernisse durch Schneefangmaßnahmen vor Anhäufungen von Schnee und Eis schützen;

— Wärmebrücken minimieren oder ganz vermeiden;

— große Unterschiede in den Wärmedämmwerten vermeiden.

Es ist vom Planer zu überprüfen, ob einzelne Maßnahmen ausreichen oder ob mehrere kombiniert werden müssen, um eine ausreichende Wirksamkeit zu erzielen.

A.4 Bauphysikalische Anforderungen

A.4.1 Allgemeines

Die erforderlichen Nachweise für den Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutz sind unter Berücksichtigung des Zusammenwirkens aller Baustoffe und Bauteile des jeweiligen Systems nach den hierfür geltenden Regeln der Technik zu führen.

A.4.2 Wasserdurchlässigkeit

Ein komplettes Dach- und Wandsystem muss regendicht sein (beständig gegen Schlagregen oder Treibschnee), d. h. die im Gebäude zu montierende Baugruppe, einschließlich des Produkts und dessen Beschichtungen, werkseitig aufgebrachter Dichtungen, normaler Fugen, auf der Baustelle aufgebrachter Dichtungen, typischer Abdeckungen und eines Befestigungsverfahrens.

Wurde die Profiltafel korrekt hergestellt und hält sie einer geeigneten Sichtprüfung stand, kann sie regendicht sein. Die Wasserdurchlässigkeit der Bauteilkombination hängt von der Montage ab und ist nur für die Stoßfugen und Verbindungen relevant.

A.4.3 Wärmedämmung

Wärmebrücken sind zu minimieren.

A.4.4 Vermeidung von Tauwasser/Feuchteschutz

A.4.4.1 Allgemeines

Die wärmeübertragende Gebäudehülle muss nach dem Stand der Technik dauerhaft luft- und feuchtigkeitsundurchlässig sein.

Unter normalen Bedingungen sollte eine Dampfsperrschicht mit einer wasserdampfdiffussionsäquivalenten Luftschichtdicke $s_d \geq 100$ m erzeugt werden, um die Diffusion von Wasserdampf aus feuchter Luft in die Dach- oder Wandkonstruktion zu verhindern.

zurückgezogen - withdrawn

Bei Verwendung von Profiltafeln für wärmegedämmte Dächer und Wände ist in jedem Einzelfall ein ausreichender Schutz gegen Tauwasser nachzuweisen. Dabei sind Dampfdiffusion und Luftströmungen (Konvektion) zu berücksichtigen. Luftbewegung im oder durch das Dach oder in oder durch die Wände und anschließende Kondensation, wenn die Temperatur unter den Taupunkt fällt, müssen verhindert werden.

Zur Verhinderung des Eindiffundierens von Wasserdampf aus feuchter Luft in den Dachaufbau oder den Wandaufbau muss eine Dampfsperrschicht mit einer wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschicht $s_d \geq 100$ m hergestellt werden.

A.4.4.2 Maßnahmen gegen Konvektion

Wenn gefordert, ist eine luftdichte Schicht („Konvektionssperre“) zu installieren, um die Bewegung warmer Luft in die Dach- oder Wandkonstruktion zu verhindern. Es ist wichtig, dass diese Schicht einen großen Widerstand gegen Konvektion aufweist, d. h. keine Löcher oder Risse hat, und dass sie dauerhaft und sorgfältig mit den Überlappverbindungen verbunden und an angrenzende Bauteile angeschlossen ist (z. B. durch Klebung, thermisches Fügen, Druckschweißen oder Gurtanschluss).

Üblicherweise ist diese Bedingung bei Dächern oder Wänden mit Konvektionssperre erfüllt, die hergestellt ist aus:

— Kunststoffbahnen, die heißluftgeschweißt oder quellverschweißt sind;

— Bitumenbahnen, die bitumenverklebt oder flammgeschweißt wurden;

— Folien, die mit geeignetem alterungsbeständigem Klebeband durchgehend verklebt wurden. Ein Faltenwurf in der Klebenaht der Folien beim Verlegen ist nicht zulässig;

— Profiltafeln, wenn die Längs- und Querstöße durchgehend mit geeignetem alterungsbeständigem Dichtungsband abgedichtet sind. Randanschlüsse, Öffnungen und Durchdringungen sollten entsprechend behandelt werden.

ANMERKUNG Ausreichende Luftdichtheit ist bei einem zweischaligen unbelüfteten Dach gegeben, wenn durchschnittlich nicht mehr als fünf gewindeformende Schrauben, Becherblindniete oder Presslaschenblindniete mit Dichtscheibe oder andere nachweislich dichte Verbindungen je Quadratmeter die auf der Innenschale aufliegende bzw. an der Innenschale anliegende Schicht durchdringen.

A.4.5 Luftschalldämmung (R_w)

Falls erforderlich, kann die Luftschalldämmung einer Dach- oder Wandkonstruktion aus den Ergebnissen geprüfter Bauten entnommen oder durch Prüfung nach der Normenreihe EN ISO 10140 bestimmt werden. Das Ergebnis ist als Einzelwert R_w nach EN ISO 717-1 anzugeben.

A.4.6 Schallabsorption (α_w)

Falls erforderlich, kann die Schallabsorption einer Dach- oder Wandkonstruktion aus den Ergebnissen geprüfter Bauten entnommen werden oder durch Prüfung nach EN ISO 354 bestimmt werden. Das Ergebnis ist als Einzelwert α_w nach EN ISO 11654 anzugeben.

A.4.7 Blitzschutz

Metallische Dachabdeckungen sind als natürliche Bauteile eines Blitzschutzsystems nach EN 62305-3 geeignet.

Nach EN 62305-3 ist es möglich, ein Metalldach als „natürliche Fangeinrichtung“ zu nutzen, wenn bestimmte Voraussetzungen eingehalten werden. Es muss den Blitz auffangen und zu den Anschlussstellen der Ableitungen führen, über die es geerdet ist. Die einzelnen Dachelemente müssen derart miteinander

Zum Einzelverkauf

verbunden sein, dass der Blitzstrom zu den Anschlussstellen der Ableitungen und damit sicher in die Erdungsanlage geführt werden kann. Das Metalldach muss mit der Erde leitend verbunden sein. Es muss fachgerecht, d. h. entsprechend den anzuwendenden Fachregeln, ausgeführt und mit seiner Unterkonstruktion fest verbunden sein. Nach jedem Blitzeinschlag muss es kontrolliert und evtl. ausgebessert werden.

Ein Metalldach ist geeignet als Fangeinrichtung, wenn:

a) das Dach aus blankem Metall (Aluminium, verzinkter Stahl) oder anderen möglichen Werkstoffen, wie in EN 62305-3 festgelegt, besteht.

b) das Dach aus beschichtetem Metall besteht und die Einzelteile mit Hilfe von Schrauben oder Nieten bzw. durch Schweißen oder Löten miteinander verbunden sind. Liegen die Anschlüsse blank, gilt a);

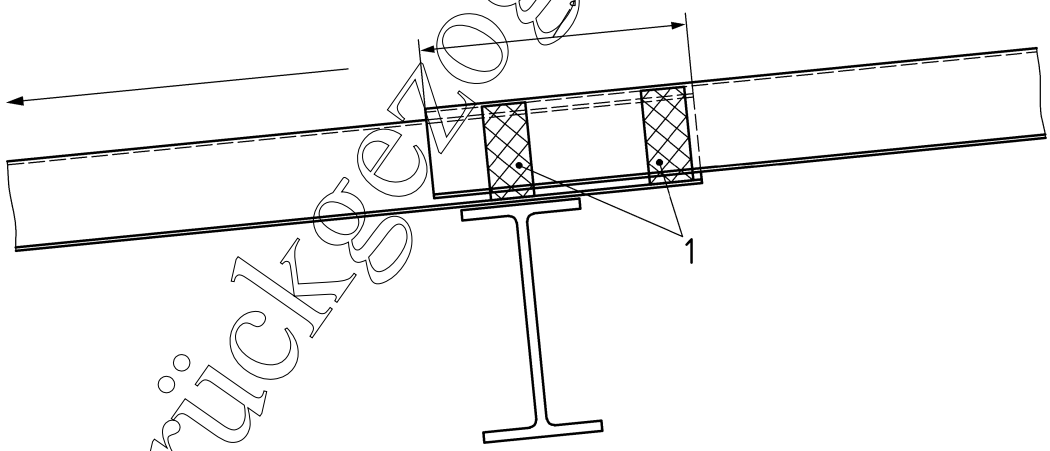
c) das Dach aus beschichtetem Metall besteht und die Einzelteile nicht geschraubt oder genietet bzw. geschweißt oder gelötet, sondern gefaltet, geklemmt, gepresst, eingedrückt, ineinander gedrückt oder aufeinandergelegt sind. Die Montagefirma des Daches muss dann einen Prüfbericht nach EN 62305-3 erstellen, in dem nachgewiesen wird, dass das Dach als „natürliche Blitzfangeinrichtung“ geeignet ist.

A.5 Dachentwässerung

Dachflächen sollten ein durchgehendes Gefälle bis zum Wasserablauf aufweisen. Dachflächen ohne Gefälle (Neigung = 0°) erfordern besondere Maßnahmen, z. B. Anordnung der Abläufe an den Stellen maximaler Durchbiegung. Wo eine mögliche Verstopfung der Abläufe zu einer Überstauung der Dachfläche führen kann, sollten Notüberläufe (siehe EN 12056) am Dachrand vorgesehen werden.

Die Dachneigung braucht nur 3° bis 5 ° zu betragen, wenn nach dem Stand der Technik zusätzliche Dichtungsmaßnahmen angewendet werden.

Maße in Millimeter



Legende

1 Dichtungsbänder

Bild A.3 — Querstoß — Dachabdeckung

zurückgezogen - winlaw

Für Dachdeckungen mit Profiltafeln beträgt die Mindestdachneigung 3 °.

Die Überlappung der Querstöße muss immer in Abhängigkeit von der Dachneigung gewählt werden (siehe Bild A.3). Tabelle A.1 enthält Empfehlungen.

Tabelle A.1 — Empfohlene Überlappungslängen

Dachneigung, in Grad	**Überlappungslänge,** in mm	**Bemerkung**
3 (Mindestdachneigung) bis 5	0	ohne Querstoß und ohne Öffnung
≥ 5	200	mit zusätzlichen Dichtungsmaßnahmen
≥ 7	200	
≥ 12	150	
≥ 20	100	

Die Anforderung an die Mindestdachneigung gilt (örtlich) nicht für den Firstbereich, wenn die Dachbauteile nicht in Bereichen mit einer Neigung von oder weniger als 3° (5 %) (z. B. gekrümmte Dächer) zwischen den Dachtraufen entlang des Firstes verbunden sind.

Zusätzlich wird auf EN 12056-1 und EN 12056-3 verwiesen.

zurückgezogen - Winddruck

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Anhang B
(normativ)

Sonderanforderungen an Profiltafeln

B.1 Allgemeines

Dieser Anhang behandelt die vom (Tragwerks-)Planer zu berücksichtigenden Festlegungen, sofern nicht anders festgelegt, die noch nicht in EN 1993-1-3 enthalten sind.

Dieser Anhang behandelt keine Verbunddecken aus Metall.

Bei der Bemessung der Unterkonstruktion müssen die Einwirkungen aus den tragenden Bauteilen und Profiltafeln berücksichtigt werden. Die Durchlaufwirkung auf die Auflagerreaktion kann bei kontinuierlichen Lasten vernachlässigt werden, wenn die Profiltafel mehr als zwei Stützweiten überspannt und die Stützweiten der einzelnen Felder um nicht mehr als 20 % voneinander abweichen.

Wassersackbildung sollte vermieden werden (siehe auch A.5). Wenn Wassersackbildung möglich ist (z. B. Dachneigung unter 2 % und eine ungünstige Drainageanordnung) sollte der Vorgang der Wassersackbildung wie folgt berücksichtigt werden: Dauerbelastung und zusätzlich die Last des Wassersackes als Folge der Durchbiegung der Profiltafel aufgrund dieser Wirkungskombination.

ANMERKUNG Für Kassettenprofile kann das Eigengewicht der Außenbekleidung von bis zu $g_{\mathrm{d}} = 0{,}23\ \mathrm{kN/m^2}$ vernachlässigt werden.

B.2 Gebrauchstauglichkeit

Das Trapez- oder Wellprofil kann über den Ober- oder Untergurt verankert sein.

Bei der Auswahl der Verbindungselemente müssen die Anforderungen der Unterkonstruktion (z. B. Werkstoff, Dicke) beachtet werden.

Die Durchbiegung der Profiltafeln ist je nach Anwendungsbereich zu begrenzen.

bei Dächern unter Volllast (Lasten aufgrund der Schwerkraft)

- mit oberseitiger Wetterhaut (geklebte Dachkonstruktion) $f_{\max} \leq l/300$
- mit oberseitiger Wetterhaut und mechanischer Verbindung $f_{\max} \leq l/200$
- mit oberseitiger Metallabdeckung (zweischaliges Dach, hier Tragschale) $f_{\max} \leq l/150$
- als Metallabdeckung (Außenschale) $f_{\max} \leq l/150$

bei Wänden

- Bekleidung unter Windlasten $f_{\max} \leq l/150$

bei Geschossdecken ohne Verbundwirkung mit Stützweiten > 3 000 mm, unter angewendeten Lasten

- Im untersuchten Feld (alle anderen Felder sind unbelastet) $f_{\max} \leq l/500$

Zurückgezogen - Withdrawn

B.3 Auflagerbreiten

Mindestauflagerbreiten werden in Tabelle B.1 angegeben. Werden Bauteile auf schmalen Auflagern, z. B. Rohren, montiert, müssen besondere Ausführungsfestlegungen berücksichtigt werden, um die Werte nach Tabelle B.1 zu verringern.

Wird die Profiltafel bei der Montage nicht unmittelbar nach dem Verlegen an der Unterkonstruktion befestigt, muss die Auflagerbreite, einschließlich Überlappung, aus Sicherheitsgründen ausreichend groß sein.

Tabelle B.1 — Mindestauflagerbreiten

Art der Unterkonstruktion	**Stahl, Beton** mm	**Mauerwerk** mm	**Holz** mm
Mindestendauflagerbreite b_A	40	100	60
Mindestzwischenauflagerbreite b_B	60	100	60

B.4 Unterkonstruktion aus Beton oder Mauerwerk

Bei diesen Unterkonstruktionen sind ausreichend verankerte, durchgehende Auflagerbauteile, z. B. Ankerkörper oder Befestigungsschienen, vorzugsweise aus Stahl, einzubauen, an denen die Profiltafeln befestigt werden können (siehe Bild B.1). Einbauteile aus Flachstahl müssen mindestens eine Dicke von 8 mm haben (siehe auch 8.5.6).

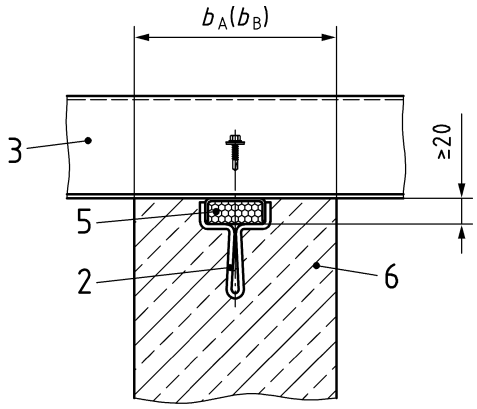
Bei einer Breite der Unterkonstruktion von mehr als 10 % der rechnerischen Stützweite sind die Auflagerbauteile mit einer Überhöhung gegenüber der Betonfläche, entsprechend der Biegelinie der Profiltafeln, einzubauen.

In Ausnahmefällen, z. B. bei der Modernisierung eines alten Gebäudes, in denen es kein Tragelement gibt, darf die Profiltafel direkt an der Unterkonstruktion befestigt werden. Kann die Bildung von Kondensat nicht ausgeschlossen werden, ist direkter Kontakt mit einem Auflager aus Beton zu vermeiden.

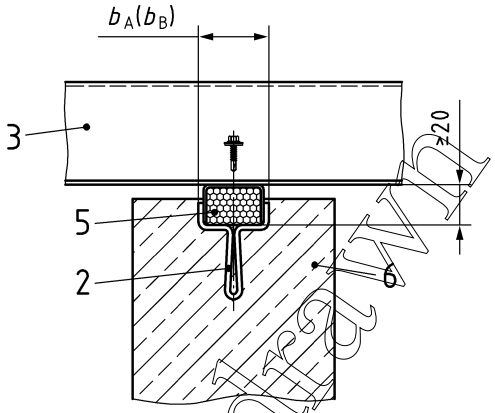
Zurückgezogen - Wirdzurückgezogen

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

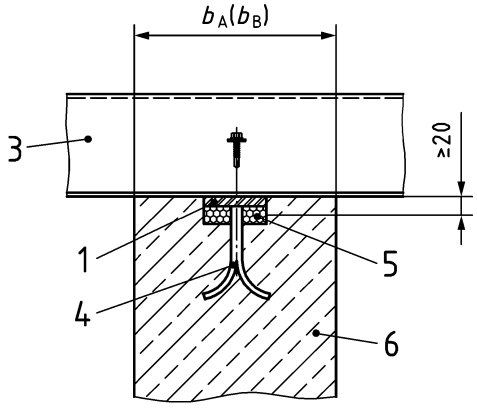
Maße in Millimeter



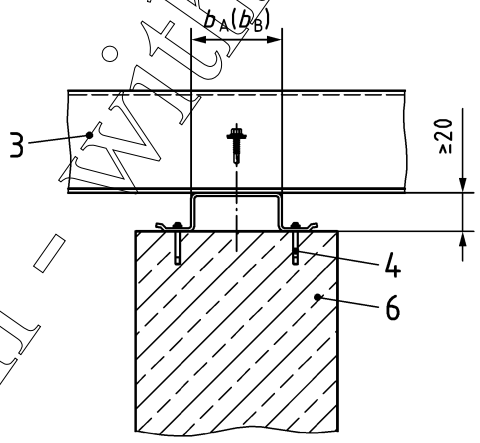
a) Befestigung mit Befestigungsschiene, mit der Oberseite des Betonauflagers bündig eingebettet



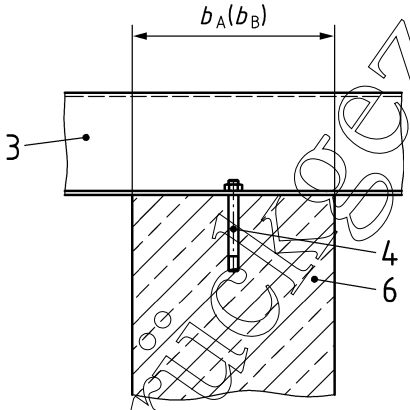
b) Befestigung mit herausstehender Befestigungsschiene, im Betonauflager eingebettet



c) Befestigung mit einer Schiene aus Flachstahl, mit der Oberseite des Betonauflagers bündig



d) Befestigung mit einem Hutprofil, im Träger verankert



e) direkte Befestigung, mit Betonoberkante bündig (hauptsächlich Modernisierung eines alten Gebäudes oder Ausbesserung)

Legende

1 Flachstahl, mindestens 8 mm dick
2 eingebettete Befestigungsschiene aus Stahl
3 Trapezprofil
4 Verankerung
5 Hinterfüllung aus Hartschaum, Holz oder ähnlichem
6 Beton, Stahlbeton oder Spannbeton

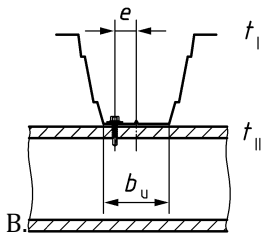
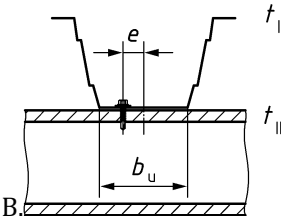
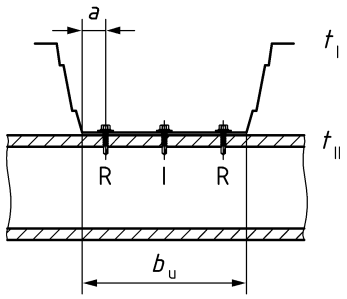
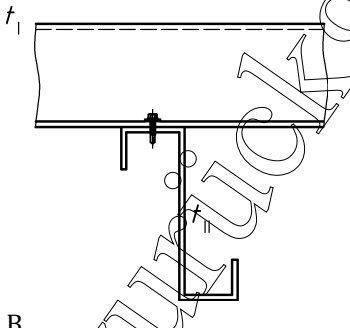
Bild B.1 — Beispiele für Ausführungen von Auflagern aus Beton oder Mauerwerk

Nutzungsrechte: www.nlf.niedersachsen.de

B.5 Exzentrische Verbindungen

Bei unsymmetrischen Unterkonstruktionen aus Metall und/oder außermittiger Verbindungen sind eventuell notwendige Abminderungen der Zugtragfähigkeit der Verbindung zu berücksichtigen (siehe Tabelle B.2 und Europäische Technische Bewertungen (ETA) der Verbindungselemente).

Tabelle B.2 — Exzentrische Verbindungen — Anwendungsfälle für Abminderungsfaktoren nach EN 1993–1–3

Anwendungsfall	Anforderung	Abminderungsfaktor für $t_I < 1{,}25$ mm
 B.	$e \le b_U / 4$ $b_U \le 150$ mm	1,0
	$e > b_U / 4$ $b_U \le 150$ mm	0,9
 B.	$0 < e \le b_U / 4$ $150 \text{ mm} < b_U \le 265$ mm	0,7
	$0 < e \le b_U / 2$ $150 \text{ mm} < b_U \le 265$ mm	0,5
 B. B.	wenn $b_U > 265$ mm, sind mindestens zwei Verbindungselemente erforderlich	für I 0,0 R a ≤ 75 mm 0,7 R a > 75 mm 0,35
 B.	$t_{II} < 5$ mm unsymmetrischer Profilquerschnitt	0,7

Zurückgezogen - withdrawn

B.6 Aussteifung von Kassettenprofilen

Um die volle Tragfähigkeit zu erreichen, sind die schmalen Gurte von Kassettenprofilen zu stabilisieren.

Die Stabilisierung der schmalen Gurte von Kassettenprofilen wird erreicht, indem sie direkt mit der angrenzenden Außenschale verbunden werden oder indirekt über die Verbindung einzelner Profile (Zwischenprofile, Abstandsprofile).

Es ist erforderlich, die Verbindungen und die Außenschale unter Windsoglasten zu bemessen, wobei in jedem Fall ausschließlich die Verbindungselemente als Auflagerpunkte anzusetzen sind.

Ohne genaueren Nachweis darf der Abstand von Verbindungselementen zwischen Außen- und Oberschale und den schmalen Gurten der Kassettenprofile nicht größer sein als der bei den Prüfungen nach EN 1993-1-3 untersuchte Abstand. Bei Außenschalen aus Trapez- oder Wellprofiltafeln darf die Nennblechdicke der Profiltafeln nicht kleiner sein als die bei den Prüfungen nach EN 1993-1-3 untersuchte Dicke.

Die Außenschale wird als direkt angrenzend angenommen, selbst wenn zwischen den schmalen Gurten der Kassettenprofile und den angrenzenden Gurten der äußeren Profiltafeln eine durchgehende Zwischenlage (z. B. trittfeste Wärmedämmstreifen) mit einer maximalen Dicke von 3 mm vorhanden ist.

Ist für die Zwischenlage eine größere Dicke erforderlich, muss die Tragfähigkeit der Kassettenprofile nachgewiesen werden.

Bei einer indirekten Verbindung der Außenschale über Distanzprofile wird die stabilisierende Wirkung über diese einzelnen Distanzprofile übertragen. Sind die Abstandsprofile in Längsrichtung unverschiebbar gehalten, so dass das seitliche Ausweichen der schmalen Gurte der Kassettenprofile behindert ist, so werden an die Außenschale keine Anforderungen gestellt. Andernfalls ist eine schubsteife Außenschale erforderlich oder der Nachweis der Tragfähigkeit für die Kassettenprofile ist mit unausgesteiften Gurten zu führen.

B.7 Begehbarkeit

B.7.1 Begehbarkeit während der Montage

Während der Montage, d. h. nicht endgültig befestigt, dürfen die Profiltafeln nur zum Zweck der Montage des Daches begangen werden.

Die Profiltafeln dürfen nur unter Anwendung lastverteilender Maßnahmen begangen werden (z. B. Holzbohlen der Festigkeitsklasse C24 mit einem Querschnitt von 4 cm × 24 cm und einer Länge größer als 3,0 m). Unterschreitet die Stützweite den Grenzwert L_{lim}, der nach B.7.3 bestimmt wurde, darf auf Maßnahmen zur Lastverteilung verzichtet werden.

B.7.2 Begehbarkeit und Zugang nach der Montage

Nach der Montage darf die Profiltafel nur zu Wartungs- und Reinigungszwecken ihrer selbst begangen werden.

Die Profiltafeln dürfen nur unter Anwendung lastverteilender Maßnahmen begangen werden (z. B. Holzbohlen der Festigkeitsklasse C24 mit einem Querschnitt von 4 cm × 24 cm und einer Länge größer als 3,0 m). Unterschreitet die Stützweite den Grenzwert L_{lim}, der nach B.7.3, bestimmt wurde, darf auf Maßnahmen zur Lastverteilung verzichtet werden. Bei Profiltafeln, die als Mehrfeldträger verlegt wurden, darf der angegebene Grenzwert bis zu 25 % größer als der bei den Prüfungen als Einfeldträger bestimmte Grenzwert ohne Maßnahmen zur Lastverteilung sein.

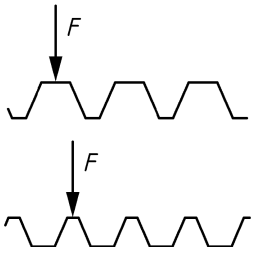
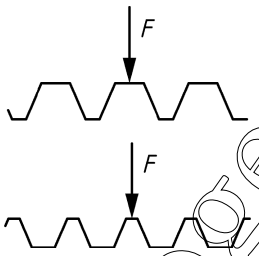
Wirksamkeitszeitpunkt: 1. Januar 2021

Für den Zugang ist es ratsam, Laufstege zu den Bauteilen zu montieren, die regelmäßig gewartet werden müssen, oder die zu Funktionselementen (z. B. Oberlichter, Schornsteine, Heizungsanlagen, Photovoltaik) führen.

B.7.3 Prüfung der Begehbarkeit

Die Profiltafel gilt als sicher, eine einzelne Person während der Montage oder nach der Montage zu Wartungs- und Reinigungszwecken zu tragen, wenn keine Maßnahmen zur Lastverteilung anzuwenden sind. Einzelne Personen können eine Profiltafel bis zu der Stützweite begehen, für die die Bewertungskriterien nach Tabelle B.3 erfüllt sind.

Tabelle B.3 — Kriterien zur Beurteilung der Begehbarkeit

	Belastungsschema	**Last *F*** in kN	**Beurteilungskriterium**
Randbelastung Äußerste vollständig geformte Rippe in Verlegerichtung		1,2	Wesentliche dauerhafte Verformung
		1,5	Versagenslast
		2,0	Versagenslast mit plötzlichem Versagen ohne wesentliche Gesamtverformung
Mittige Belastung		2,0	Versagenslast

Eine konzentrierte quasistatische Last muss senkrecht zum Profil über eine Fläche von 100 mm × 150 mm mit der längeren Seite der Fläche parallel zur Stützweite eingeleitet werden. Um Spannungskonzentrationen zu vermeiden, muss die Belastung über eine weiche Schicht von etwa 10 mm Dicke, z. B. über eine Filzunterlage, erfolgen.

Die Prüftafel ist auf mindestens 40 mm breite Flachstahlstreifen aufzulegen.

Die Versagenslast ist hierbei die größte bei der Prüfung gemessene Last ohne Berücksichtigung von Verformungen. Eine wesentliche bleibende Verformung wird bei 3 mm angenommen. Ein plötzliches Versagen ohne wesentliche Verformung tritt ein, wenn das Versagen erfolgt, bevor eine Durchbiegung von 1/100 der Stützweite erreicht ist.

Die Prüfungen sollten mit der größten für praktische Anwendungen avisierten Stützweite beginnen. Sind die Beurteilungskriterien nach Tabelle B.3 bei den nach Tabelle B.4, erforderlichen Prüfungen nicht erfüllt, muss die Stützweite verringert werden, bis die erforderliche Anzahl der Prüfungen die Beurteilungskriterien erfüllt.

Zur Einsicht in Wiesbaden

Tabelle B.4 — Mindestanzahl der Prüfungen

Anzahl der zu prüfenden Mindestnennblechdicken		Anzahl der Prüfungen
Für $t_N \geq 0{,}60$ mm	≥ 3	≥ 2
	2	≥ 3
	1	≥ 4
Für $t_N < 0{,}60$ mm		≥ 4

Die Prüfergebnisse müssen nach EN 1993-1-3:2006, A.6.2 angepasst sein.

Bei ungeprüften Blechdicken darf diese Spannweite durch Interpolation oder Extrapolation bestimmt werden:

— quadratische Extrapolation bei kleineren Nennblechdicken

— lineare Interpolation bei Blechdicken, die zwischen den geprüften Blechdicken liegen, wenn der Unterschied zwischen den geprüften Blechdicken höchstens 0,25 mm für $t_N \leq 1{,}0$ mm oder 0,5 mm für $t_N > 1{,}00$ mm;

— lineare Extrapolation bei größeren Blechdicken.

Blechdicken $t_N \leq 0{,}60$ mm dürfen für die Beurteilung des tragenden Verhaltens von Profiltafeln mit größeren Blechdicken nicht verwendet werden.

B.8 Biegesteifer Stoß

Statisch wirksame Überdeckungen der Profilenden sind nur im Bereich der Auflager zulässig (biegesteifer Stoß). Die Festlegungen in diesem Anhang setzen voraus, dass der Grenzzustand der Tragfähigkeit des gesamten Tragwerks unverändert bleibt. Andere Überdeckungssysteme dürfen verwendet werden, wenn der Einfluss der Länge auf die Überdeckung und Verformung der Verbindungselemente berücksichtigt wird.

Trapez- und Wellprofile sowie die Verbindungen sind für die vorhandenen Schnittgrößen nach Bild B.2 zu bemessen und anzuschließen. Wenn der überlappende Bereich als statisch durchlaufend angesehen wird, muss die Überlapplänge mindestens 0,08 L betragen, ansonsten im Bereich von 0,065 L bis 0,11 L liegen, wobei L die größere der angrenzende Stützweiten, jedoch nicht größer als das 0,15-Fache der kürzesten Stützweite ist, (siehe Bild B.3).

Mindestens zwei Befestigungselemente in jeder vertikalen Reihe auf jeder Seite der freien Kante der Oberschale müssen verwendet werden (siehe Bild B.2).

Für die Verbindungselemente müssen die folgenden Randabstände und Lochabstände eingehalten werden (siehe Bild B.2):

zurückgezogen - withdrawn

— Für Profiltafeln mit $t_N > 1{,}0$ mm, müssen je nach Querschnitt im Bereich der Auflager Flachbleche als Füller zwischen die beiden Lagen in den Untergurt gelegt werden (siehe Bild A.2).

— Randabstand in Kraftrichtung: ≥ 3 d
≥ 20 mm

— Randabstand rechtwinklig zur Kraftrichtung: ≥ 30 mm

— Randabstände: ≥ 30 mm

— Lochabstand *p*: ≥ 4 d
≥ 40 mm
≤ 10 d

Maße in Millimeter

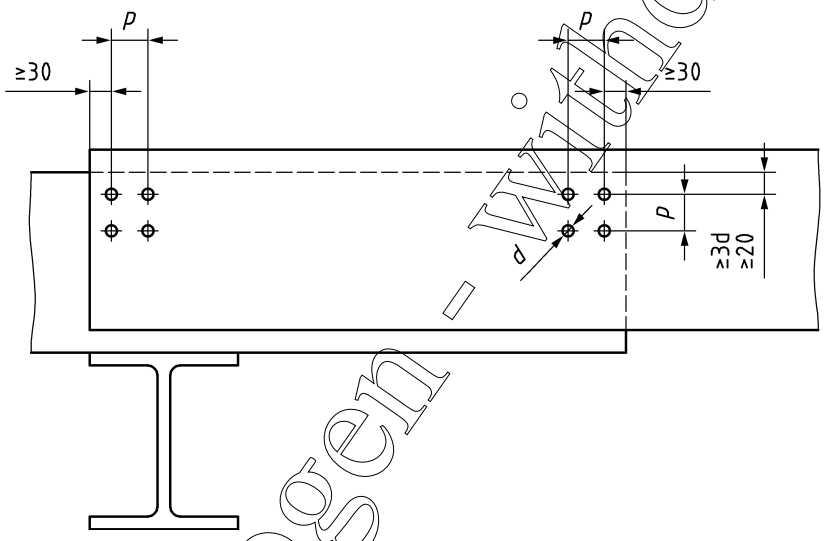
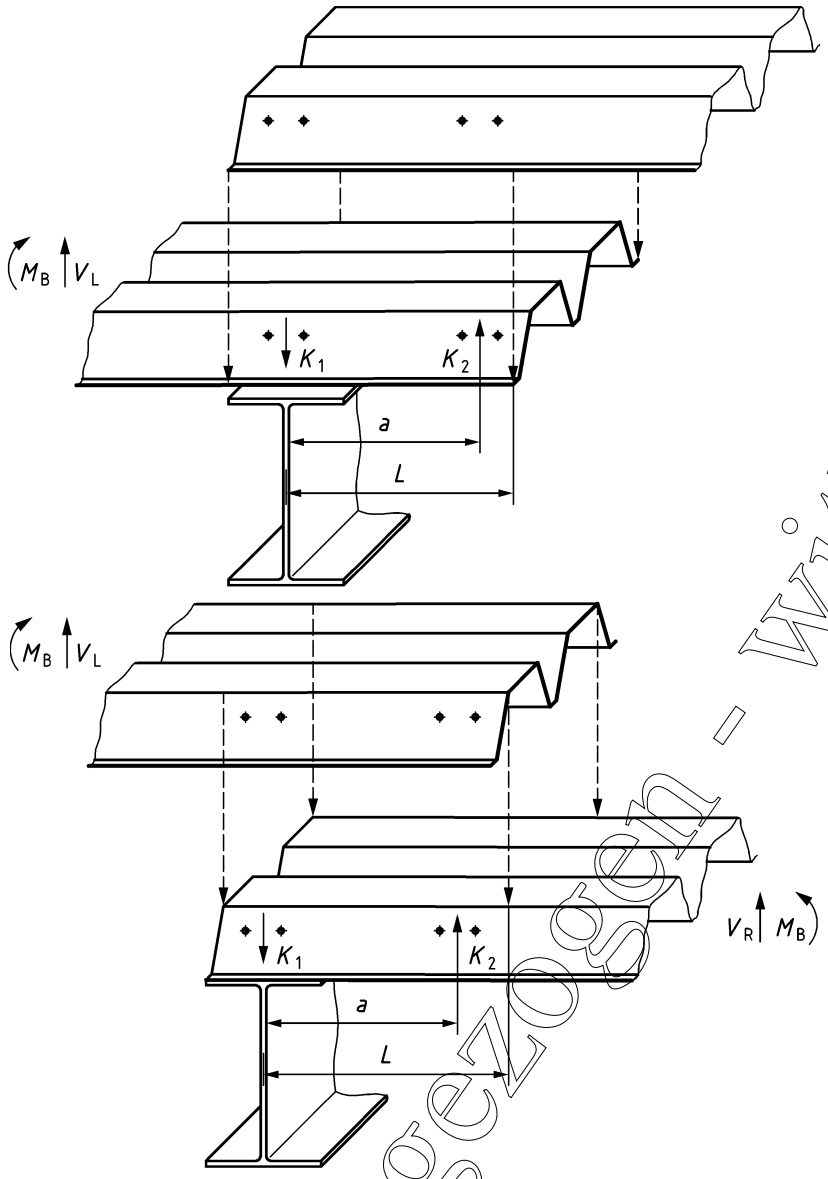


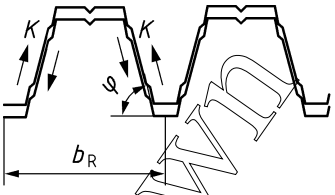
Bild B.2 — Statisch wirksame Überdeckung — Rand- und Lochabstände

Zurückgezogen - Withdrawn



Detail 1:

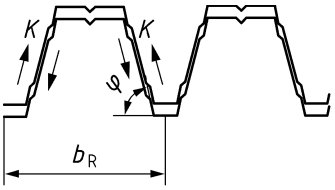
auskragendes Ende der Profiltafeln unten



$$K = maxK_i = \frac{|M_B|}{2 \cdot a \cdot \sin\varphi} \cdot b_R$$

Detail 2:

auskragendes Ende der Profiltafeln oben



$$K = maxK_i = \frac{|\frac{M_B}{a} + V_L|}{2 \cdot \sin\varphi} \cdot b_R$$

Bild B.3 — Statisch wirksame Überdeckung — Einzelheiten und Bemaßung

Hinsichtlich Verwendbarkeit sollte die Überdeckung nach Bild B.3, Detail 2 bevorzugt werden.

Bei Profiltafeln, deren Steg teilweise gelocht ist, müssen die Verbindungen im nichtgelochten Bereich des Stegs angeordnet sein.

Bei Kassettenprofilen darf die Überlappung nicht als statisch wirksam bemessen werden.

Zurückgezogen - withdrawn

B.9 Drehbettung

Es gilt EN 1993-1-3:2006, 10.1.5.2.

Um das Tragwerk durch Drehbettung nach EN 1993-1-3 auszusteifen, können Trapez- und Wellprofile sowie Kassettenprofile verwendet werden. Wenn keine genaueren Nachweise erbracht werden, darf für Kassettenprofile die Anschlusssteifigkeit von $c_{\vartheta,A,k} = 1{,}7$ kNm/m verwendet werden.

ANMERKUNG Zur Aussteifung durch Drehbettung können auch Sandwichelemente verwendet werden.

B.10 Auskragende Profile

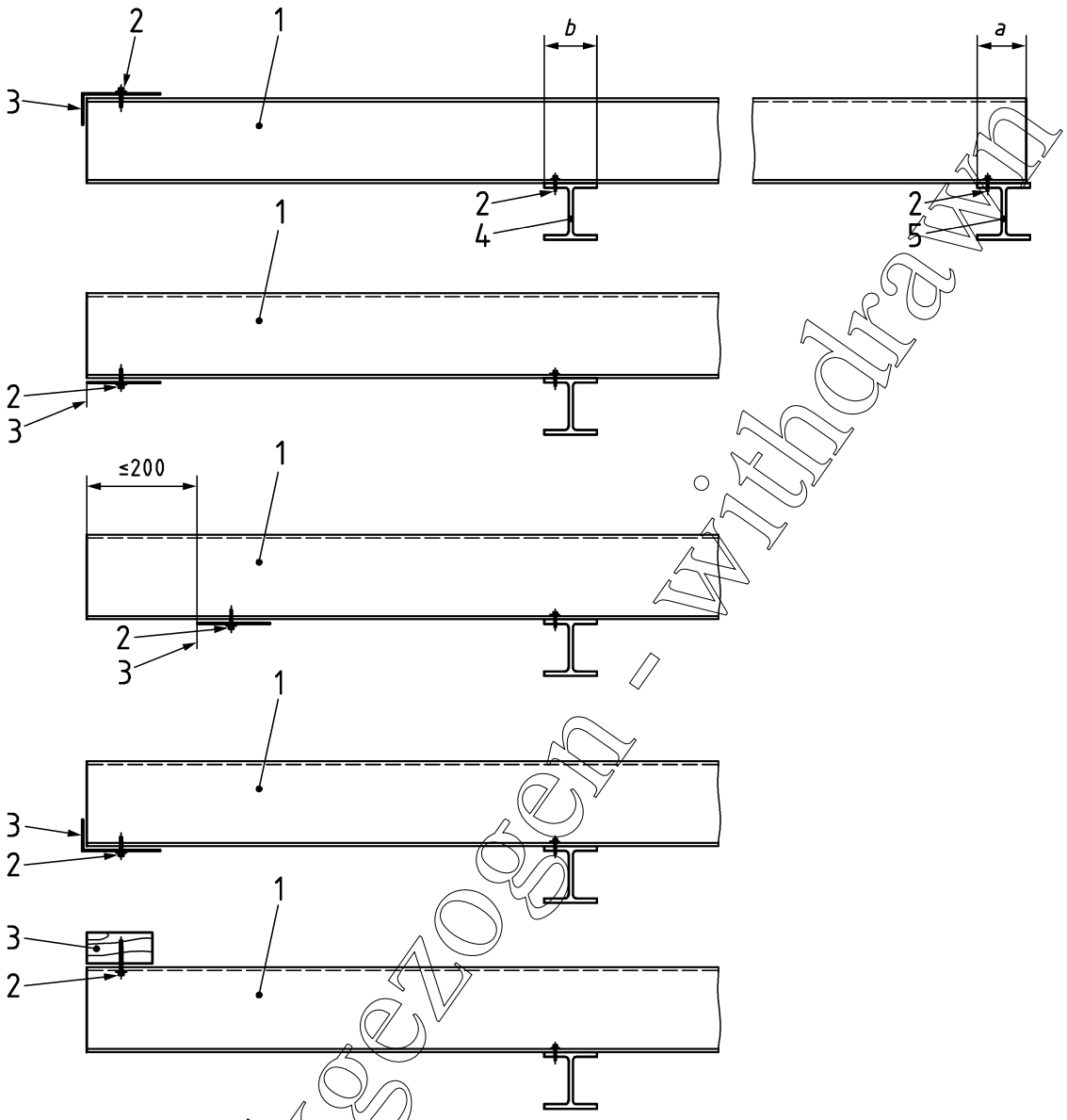
Am freien Ende von auskragenden Profiltafeln ist dafür zu sorgen, dass eine Last, die für die Begehung erforderlich ist und festgelegt werden muss (Begehbarkeit und Gewicht der Person, zu Gewichtwerten siehe die Normenreihe EN 1991) auf mindestens 1,0 m Breite verteilt wird. Falls diese Last nur durch einen zusätzlichen Querverteilungsträger getragen werden kann, ist dieser Träger mit jeder Profilrippe zugfest zu verbinden.

Beträgt die Länge der auskragenden Profile über $L/10$ und 300 mm ist ein Nachweis nach EN 1993–1–3 erforderlich.

Die Verteilung der Last kann beispielsweise über Profilwinkel oder Holzbohlen erfolgen (siehe Bild B.4).

zurückgezogen - withdrawn

Maße in Millimeter



Legende

1 Profiltafel
2 Befestigungselemente
3 Lastverteilung am freien Ende, an jedem Gurt des Trapezprofils befestigen
4 vorderes Auflager auskragender Profile
5 hinteres Auflager, jede Profiltafel sofort nach dem Verlegen gegen Abheben sichern

Bild B.4 — Beispiele für auskragende Profile

Zurückgezogen - withdrawn

B.11 Öffnungen in der Verlegefläche

Öffnungen und Durchdringungen in Trapez- oder Wellprofiltafeln müssen beim Nachweis der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit berücksichtigt und in den Verlegeplänen festgelegt werden.

Öffnungen bis zu einer Größe von 125 mm × 125 mm im Bereich von Feldmomenten einer Trapez- oder Wellprofiltafel sind ohne weiteren Nachweis zulässig, wenn sie nicht mehr als 10 % der Stützweite vom Endauflager oder den Momentennullpunkten entfernt sind.

Öffnungen bis zu einer Größe von 300 mm × 300 mm dürfen ohne Auswechslungen ausgeführt sein, wenn die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

a) Öffnung ist mit einem Abdeckblech mit einer Dicke $t \geq 1{,}5 \cdot t_N \geq 1{,}13$ mm nach Bild B.5 abzudecken;

b) Belastung nur mit Flächenlasten;

c) statischer Nachweis mit dem α-fachen Bemessungswert der Einwirkung (Tabelle B.5);

d) nur eine Öffnung je 1 m rechtwinklig zur Spannrichtung der Profiltafeln ist zulässig;

e) die Breite des Abdeckbleches ist so zu wählen, dass auf jeder Seite der Öffnung mindestens zwei durchgehende Stege überdeckt werden bzw. bei Öffnungen von etwa 125 mm × 125 mm mindestens die halbe Öffnungsfläche auf jeder Seite;

f) das Abdeckblech ist nach Bild B.5 an die Obergurte der Trapez-oder Wellprofiltafel anzuschließen.

Runde oder quadratische Öffnungen in Kassettenprofilen dürfen ohne Auswechslungen ausgeführt werden, wenn die Stege und mindestens 100 mm der an die Stege angrenzenden Gurte des Kassettenprofils verbleiben. Der lichte Abstand zwischen den Öffnungen sollte mindestens doppelt so groß wie die Überdeckungsbreite der Kassettenprofile sein.

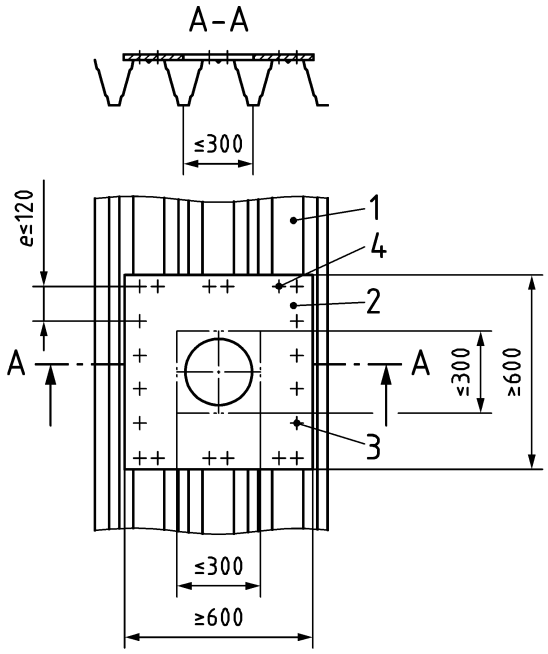
Die Aussteifungen der Öffnung sind so zu montieren, dass die vorhandene Profilgeometrie von Trapezprofiltafeln und Kassettenprofilen selbst an den Verbindungsstellen mit der Unterkonstruktion unverändert bleibt. Die Aussteifungen der Öffnung müssen mindestens die gleiche Anforderung an den Korrosionsschutz erfüllen wie die angrenzenden Profiltafeln.

Zum Verbinden des Längsrandes einer Profiltafel neben einer Öffnung in der Verlegefläche beträgt der Durchmesser von Blindnieten mindestens 4 mm und von Schrauben mindestens 4,2 mm.

Zurückgezogen · withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

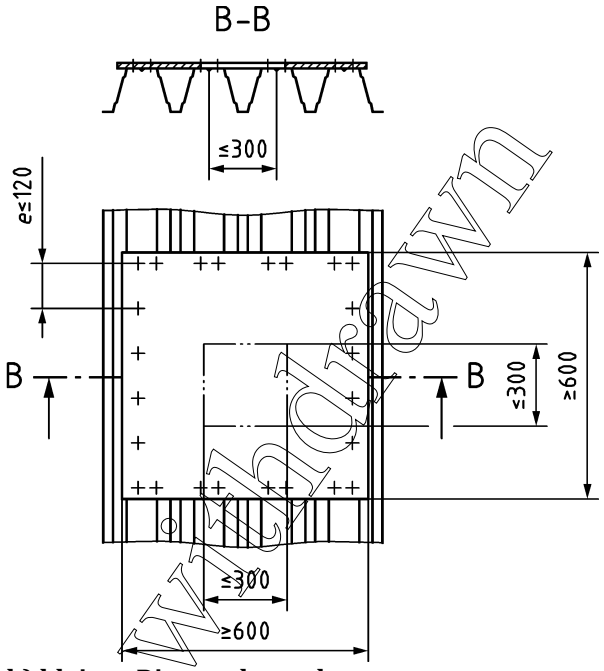
Maße in Millimeter



a) kleiner Rippenabstand

Öffnung etwa mittig zum Obergurt.

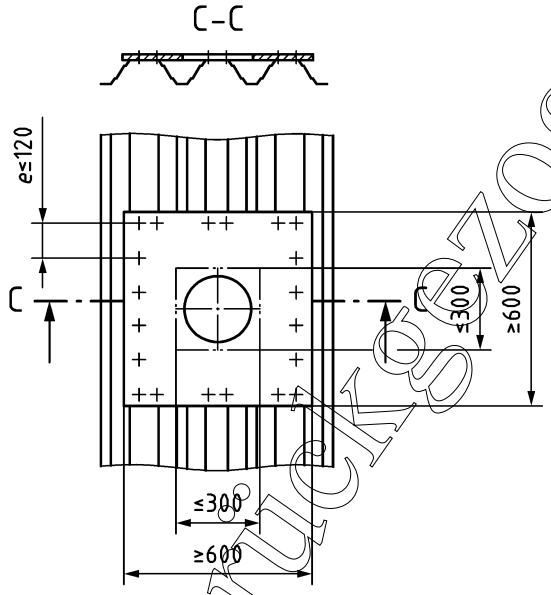
Öffnung in Profiltafel und Abdeckblech:
300 mm × 300 mm.



b) kleiner Rippenabstand

Öffnung etwa mittig zum Untergurt.

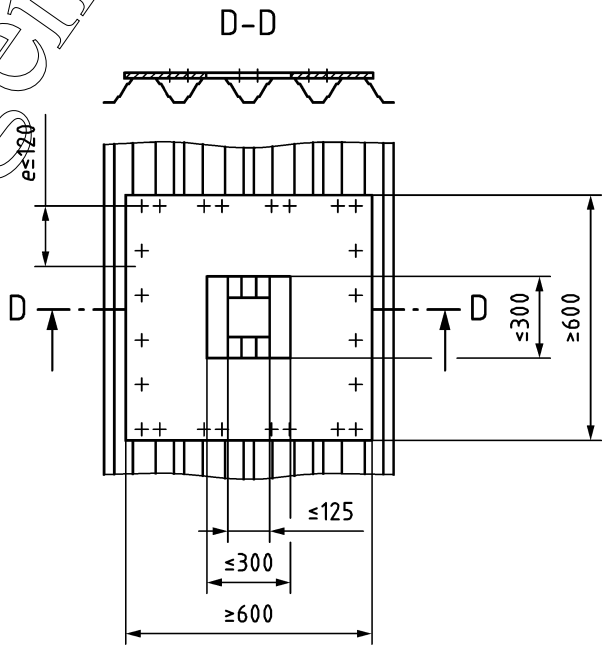
Öffnung in Profiltafel und Abdeckblech:
300 mm × 300 mm.



c) großer Rippenabstand

Öffnung etwa mittig zum Obergurt.

Öffnung in Profiltafel: 300 mm × 300 mm.
Abdeckblech mit Rundloch.



d) großer Rippenabstand

Öffnung etwa mittig zum Untergurt.

Öffnung in Profiltafel und Abdeckblech:
125 mm × 125 mm (für Bemessung maßgebend im Abdeckblech 300 mm × 300 mm).

Bild B.5 — Öffnungen in Profiltafeln, Befestigung von Abdeckblechen mit Obergurten

Zum Beispiel Zoom Window

Tabelle B.5 — Erhöhungsfaktor α bei Öffnungen in der Verlegefläche

Durchmesser der Öffnung Ø mm	**Erhöhungsfaktor α**[a]
≤ 200	$1 + L_A/L$
300	$1 + 3L_A/L$
L Stützweite L_A Abstand zwischen Mitte Öffnung und Endauflagerlinie α Verhältnis q_0/q q Eigengewicht des Daches, einschließlich des Eigengewichtes der Profiltafel q_0 α-fache Dachlast	
[a] Für Lochdurchmesser zwischen 200 mm und 300 mm kann α linear interpoliert werden.	

zurückgezogen - withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Anhang C
(informativ)

Dokumentation

Die Montageberichte sollten den Stand und den Fortschritt der Bauarbeiten sowie bemerkenswerte Zwischenfälle bei der Montage des Gebäudes dokumentieren. Die Montageberichte bilden einen wichtigen Teil der Bauunterlagen nach der Fertigstellung der Arbeiten.

Nach Vereinbarung ist die Bauleitung verpflichtet täglich Montageberichte anzufertigen.

Es wird empfohlen, die Montageberichte täglich von den Ausführenden erstellen und vom Bauleiter unterzeichnen zu lassen.

Die Montageberichte sollten die folgenden Angaben enthalten, falls nicht anders festgelegt:

a) Bauprojekt, Schnittstellen zwischen Beteiligten, Baubeginn, Fristen;

b) bei Teilabschnitten auch Termine für Teilabschnitte;

c) Bauleiter und eventuellen Wechsel des Bauleiters;

d) Dokumentation der Kontrolle von Verpackungen und Produkten, siehe 5.2, 6.2 und 9.8;

e) Datum, Wetter;

f) Anzahl der Bauarbeiter;

g) Beginn und Ende der Arbeiten/Schichten;

h) Unterbrechungen und Verzögerungen bei den Arbeiten und deren Ursachen;

i) eingesetzte Maschinen und verwendete Werkstoffe;

j) Besprechungen mit Namen (Beginn/Ende) und Unterschriften der Teilnehmer;

k) in den Besprechungen behandelte Themen mit Stichwörtern und Verweis auf den Protokollführer;

l) Montage von Bauteilen, die später nicht mehr zugänglich sein werden und deren Abnahme;

m) vorhandene oder vermutete Mängel und Schäden;

n) Veränderungen während der Bauphase, den Initiator und die Gründe;

o) Beleg über Zeichnungen, Ergänzungen und Korrekturen und deren Abnahme;

p) außergewöhnliche Ereignisse (z. B. starker Regen, Stürme oder Unfälle).

zurückgezogen - withdrawn

Anhang D
(normativ)

Geometrische Toleranzen

D.1 Allgemeines

Zulässige Abweichungen für grundlegende und ergänzende Toleranzen sind aufgeführt

— für kaltgeformte Profiltafeln;

— für kaltgeformte Bauteile einschließlich nach Maß kaltgewalzter Hohlprofile,

falls nicht anders festgelegt.

Die Maße sind mit einem geeigneten Messgerät ausreichend hoher Genauigkeit zu messen.

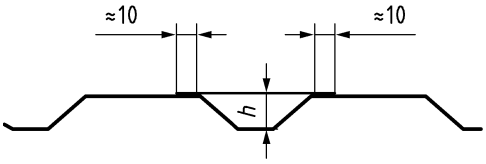
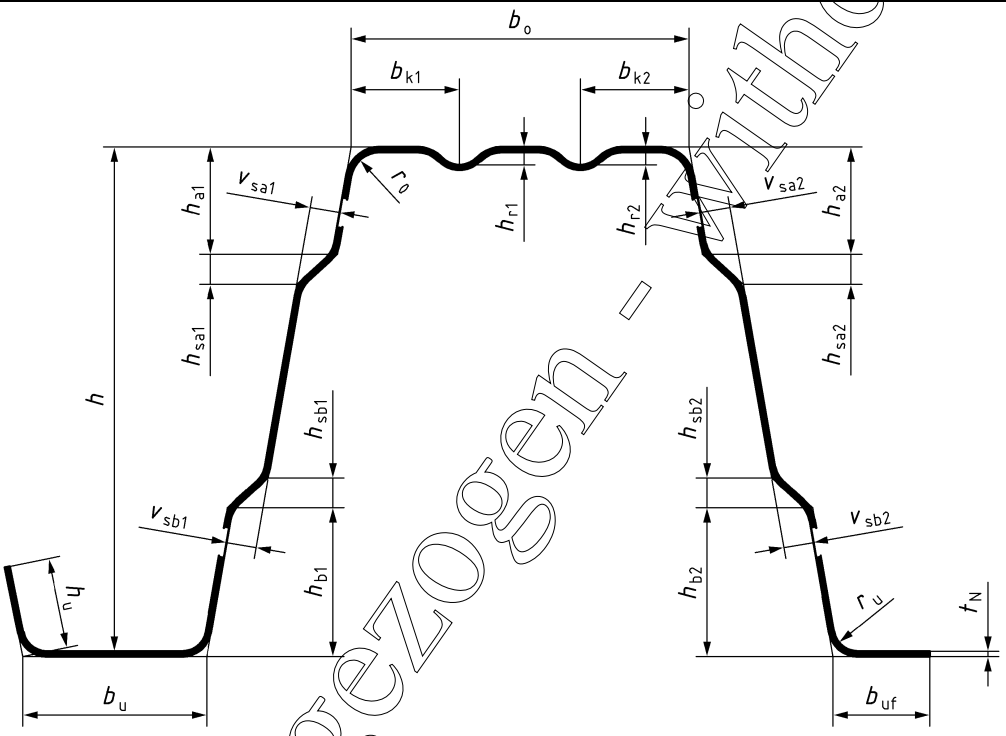
D.2 Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profiltafeln

Die grundlegenden und ergänzenden Herstelltoleranzen werden in Tabelle D.1 angegeben.

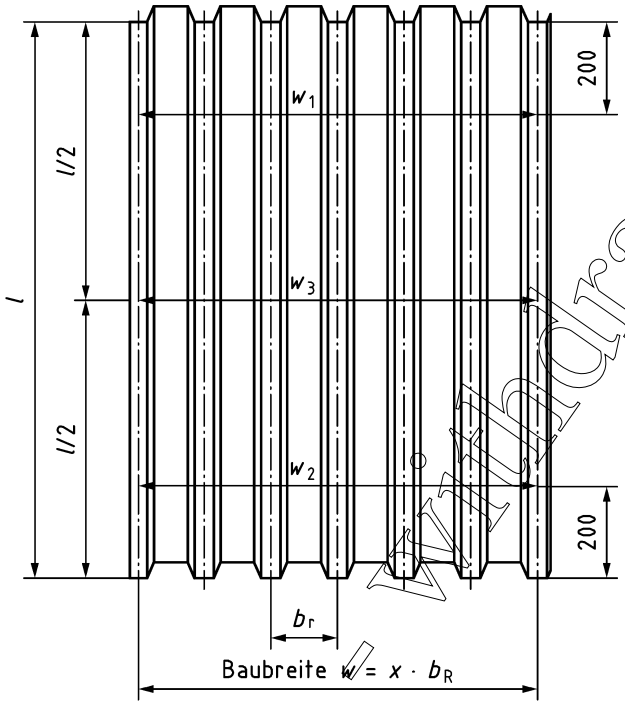
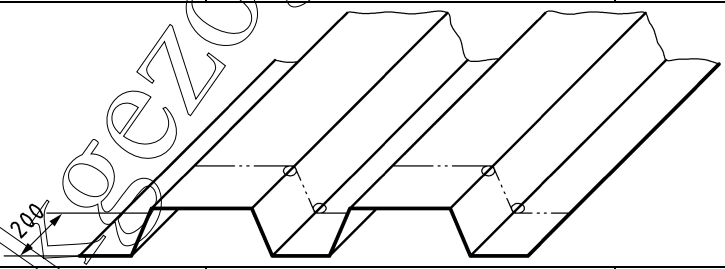
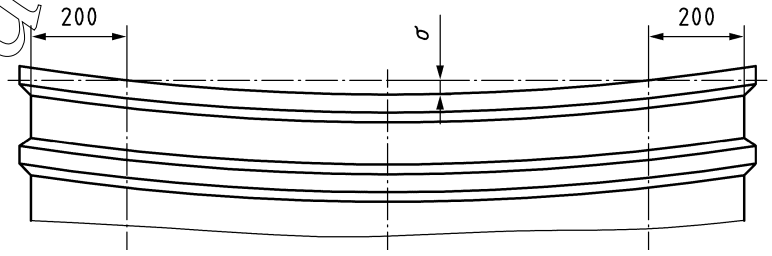
Zurückgezogen - withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Tabelle D.1 — Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen — Kaltgeformte Profiltafeln

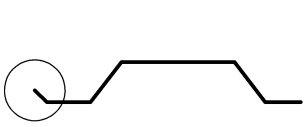
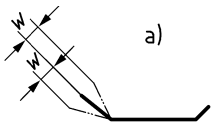
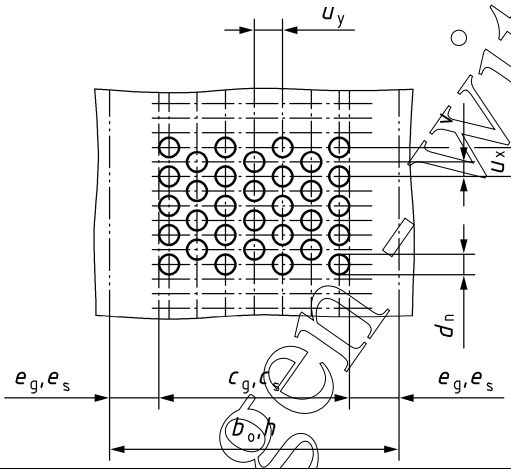
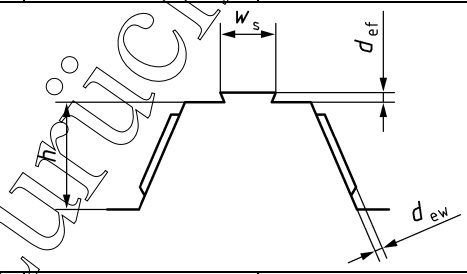
Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ		(Maße in Millimeter)
			Grundlegende Toleranz		Ergänzende Toleranz
					
1	Profilhöhe:	h	$h \leq 50$	$\pm$ 1,0	
			$50 < h \leq 100$	$\pm$ 1,5	
			$h > 100$	$\pm$ 2,0	
					
2	Sickentiefe:	h_r	+ 3	−1	–
		v_s	+ 2	$-0{,}15 \times v \leq 1$	
3	Sickenlage:	h_a, h_b, h_{sa}, h_{sb} b_k	$\pm$ 3		–
4	Breite der Ober- und Untergurte:	b	+4/−1		–

Zurückgezogen - Withdrawn

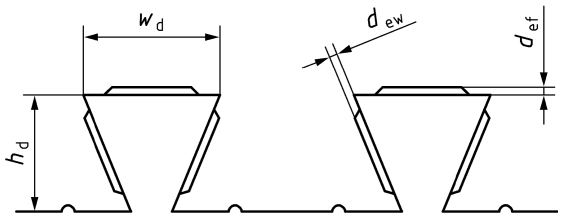
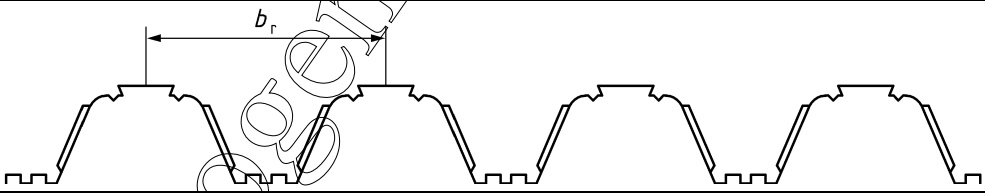
Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ	(Maße in Millimeter)
			Grundlegende Toleranz	**Ergänzende Toleranz**
				
5	Baubreite:	w	$h \leq 50$ $\quad \pm 5{,}0$ $h > 50$ $\quad \pm 0{,}1 \times h \leq 15$	–
6	Baubreiten-unterschied:	w_3	$(w_1 + w_2)/2 - \text{Toleranz} \leq w_3 \leq (w_1 + w_2)/2 + \text{Toleranz}$	–
				
7	Biege-radius:	r	± 2	–
				

Zurückgezogen / withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ	(Maße in Millimeter)
			Grundlegende Toleranz	**Ergänzende Toleranz**
8	Geradheit:	δ		2,0 mm/m der Blechlänge, höchstens 10 mm –
9	Tafellänge:	l		$L \leq 3\,000$ $+10/-5$ $L > 3\,000$ $+20/-5$
				
10	Randwelligkeit am Längsstoß:	D		$D \leq \pm 2{,}0$ über eine Länge von 500
				
11	Lochdurchmesser	d_n	$d_n \leq \varnothing 5$ $\pm 0{,}2$ $d_n > \varnothing 5$ $+0{,}2 / -0{,}4$ Bei zusätzlicher Beschichtung nach der Formgebung muss die Messung ohne zusätzliche Beschichtung durchgeführt werden	–
	Trapezprofil mit einspringendem Aussteifungselement oben 			
12	Höhe der Gurtsicke	d_{ef}	d_{ef} $-0{,}5 / +1{,}0$	–
13	Breite der Aussteifung	w_s	w_s $\pm 1{,}0$	–

Zurückgezogen
Withdrawn

Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ		(Maße in Millimeter)
			Grundlegende Toleranz		**Ergänzende Toleranz**
14	Höhe der Stegsicke	d_{ew}	d_{ew}	$-0{,}5 / +1{,}0$	–
15	Profilhöhe	h	h	$\pm 1{,}0$	–
Einspringendes Schwalben-schwanzprofil					
16	Höhe der Gurtsicke	d_{ef}	d_{ef}	$-0{,}5 / +1{,}0$	–
17	Breite des Schwalben-schwanzes	w_d	w_d	$\pm 1{,}0$	–
18	Höhe des Schwalben-schwanzes	h_d	h_d	$\pm 1{,}0$	–
19	Höhe der Stegsicke	d_{ew}	d_{ew}	$-0{,}5 / 1{,}0$	–
Deckenprofil, allgemein					
20	Rippen-breite	b_r	$h \leq 50$	$\pm 2{,}0$	–
			$50 < h \leq 100$	$\pm 3{,}0$	
			$h > 100$	$\pm 4{,}0$	

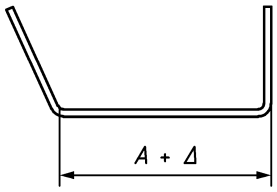
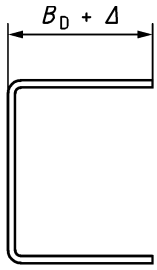
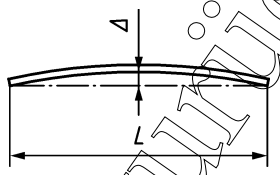
Zurückgezogen / Withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

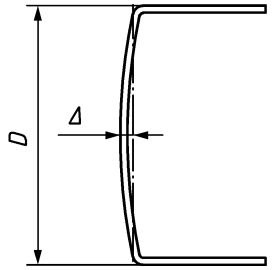
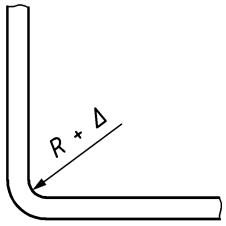
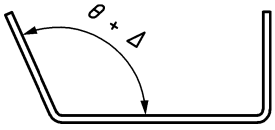
D.3 Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen —für kaltgeformte Bauteile einschließlich nach Maß kaltgewalzter Hohlprofile

D.3.1 Gekantete oder gefalzte Bauteile

Tabelle D.2 — Grundlegende und ergänzende Herstelltoleranzen — gekantete oder gefalzte Bauteile

Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ		
			Grundlegende Toleranz	Ergänzende Toleranz	
				Klasse 1	Klasse 2
1	Innere Bauteilbreite: 	Breite A zwischen Kantungen:	$-\Delta = A/50$ (kein positiver Wert angegeben)		
		$t < 3$ mm: Länge < 7 m		Δ = ± 3 mm	Δ = ± 2 mm
		$t < 3$ mm: Länge ≥ 7 m		Δ = −3 mm/ +5 mm	Δ = −2 mm/ +4 mm
		$t \geq 3$ mm: Länge < 7 m		Δ = ± 5 mm	Δ = ± 3 mm
		$t \geq 3$ mm: Länge ≥ 7 m		Δ = −5 mm/ +9 mm	Δ = −3 mm/ +6 mm
2	Bauteilbreite 	Mit B_D zwischen einer Abkantung und einer freien Kante:	$-\Delta = B_D/80$ (kein positiver Wert angegeben)		
		Walzkante: $t < 3$ mm		Δ = ± 6 mm	Δ = −2 mm/ +4 mm
		Walzkante: $t \geq 3$ mm		Δ = ± 6 mm	Δ = −3 mm/ +5 mm
		Schnittkante: $t < 3$ mm		Δ = ± 5 mm	Δ = −1 mm/ +3 mm
		Schnittkante: $t \geq 3$ mm		Δ = ± 5 mm	Δ = −2 mm/ +4 mm
3	Geradheit bei Bauteilen ohne Halterung: 	Abweichung Δ von der Geradheit	$\Delta = \pm L/750$	–	–

Zurückgezogen - Wiederrufen

Nr.	Merkmal	Bezugsgröße	Zulässige Abweichung Δ		
			Grund-legende Toleranz	Ergänzende Toleranz	
				Klasse 1	Klasse 2
4		Konvexität oder Konkavität	–	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$
5		Innerer Biegeradius R	–	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm
6		Winkel θ zwischen benachbarten Bauteilen	–	$\Delta = \pm 3°$	$\Delta = \pm 2°$

ANMERKUNG B_D ist die Gurtbreite — für den statischen Nachweis verwendete theoretische Voraussetzung.

D.3.2 Rollgeformte Profile

Für rollgeformte Bauteile gilt EN 10162:2003, 7.4.3, 7.4.5, 7.4.6, 7.4.7. Zusätzlich gilt:

- die Minustoleranz auf der Höhe der Lippe der Kantenaussteifung muss folgende Bedingungen erfüllen:
  - die Minustoleranz auf der Höhe der Lippe jeder einzelnen Kantenaussteifung darf nicht größer sein als 10 % der Nennhöhe der Lippe mit einem Maximalwert von Minus 2 mm;
  - die durchschnittliche Toleranz auf der Höhe der Lippe aller Kantenaussteifungen in jedem Querschnitt entlang der Bauteillänge darf nicht größer sein als die Hälfte der zulässigen Minustoleranz für Außenmaße begrenzt durch einen Radius und eine freie Kante (EN 10162:2003, Tabelle 2);
- positive Toleranz ist eine ergänzende Toleranz.

Eine Funktionalitätsanforderung könnte die Möglichkeit sein, Befestigungselemente einzubauen oder die Profile für einen effektiveren Transport so zu verschachteln, dass der positive Toleranzwert begrenzt wird. In solchen Fällen müssen die bautechnischen Unterlagen die kleineren Werte festlegen.

Alle Messungen zur Verifizierung der Querschnittsform und -maße müssen mindestens 250 mm vom Profilende entfernt durchgeführt werden, um einen Einfluss der Randwelligkeit auf die gemessenen Ergebnisse auszuschließen.

Die Profildicke muss an den ebenen Seiten des Profils gemessen werden.

Außer Kraft / Withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Geradheit und Verdrehung eines Profils müssen über die gesamte Länge eines auf einer flachen Unterlage liegenden Profils überprüft werden.

Die Länge ist längs zur Mittellinie der größten Oberfläche zu messen.

zurückgezogen - withdrawn

Anhang E
(normativ)

Korrosionsschutz durch metallische Überzüge mit oder ohne organische Beschichtungen

E.1 Korrosionsschutz

In diesem Anhang sind die allgemeinen Anforderungen angegeben, falls nicht anders festgelegt. Besondere Bedingungen müssen auf jeder Baustelle überprüft werden.

Kaltgeformte tragende Bauteile können durch metallische Überzüge nach EN 10346 (Kennbuchstaben für den Überzug: Z, ZM, ZA oder AZ) und erforderlichenfalls mit einer zusätzlichen organischen Beschichtung nach EN 10169, entsprechend den Festlegungen der Tabellen E.1 bis E.4 vor Korrosion geschützt werden, oder durch metallischen Überzug nach EN ISO 1461 (Kennbuchstaben HDG, Feuerverzinken) ohne eine organischen Beschichtung geschützt sein.

Es darf auch Feuerverzinkung nach der Herstellung nach EN ISO 1461 verwendet werden. Die Schutzdauer nach der Korrosivitätskategorie muss nachgewiesen werden. ISO 9223 und die Normenreihe EN ISO 14713 stellen indikative Leitlinien dar.

ANMERKUNG Dünnwandigen kaltgeformten Bauteilen mangelt es oft an Eigensteifigkeit. Lange Bauteile aus dünnem Werkstoff können sich leicht beim Spannungsarmglühen bei erhöhter Temperatur des Zinkbads verziehen.

In den Tabellen E.2 bis E.4 sind die Mindestanforderungen an metallische Überzüge und organische Beschichtungen für maßgebliche innere und äußere Atmosphären angegeben. Die Dicken der metallischen Überzüge sind in EN 508-1 angegeben. Beispiele für organische Beschichtungen sind in den Tabellen E.5 und E.6 angegeben.

Zurückgezogen / Withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Tabelle E.1 — Korrosivitätskategorien nach EN ISO 12944-2

Korrosivitäts-kategorie	Beispiele für typische Umgebungen in einem gemäßigten Klima	
	Außen	**Innen**
C1 unbedeutend	–	Geheizte Gebäude mit neutralen Atmosphären, z. B. Büros, Läden, Schulen, Hotels.
C2 gering	Atmosphären mit geringer Verunreinigung. Meist ländliche Bereiche	Ungeheizte Gebäude, wo Kondensation auftreten kann, z. B. Lager, Sporthallen.
C3 mäßig	Stadt- und Industrieatmosphäre, mäßige Verunreinigung durch Schwefeldioxid. Küstenbereiche mit geringer Salzbelastung.	Produktionsräume mit hoher Luftfeuchtigkeit und geringer Luftverunreinigung, z. B. Lebensmittelverarbeitungsanlagen, Wäschereien, Brauereien, Molkereien.
C4 stark	Industrieatmosphäre und Küstenbereiche mit mäßiger Salzbelastung.	Chemieanlagen, Schwimmbäder, Werften in Küstengebieten.
C5-I sehr stark (Industrie)	Industrieatmosphäre mit hoher Luftfeuchtigkeit und aggressiver Atmosphäre.	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung.
C5-M sehr stark (Meer)	Küsten- und Offshore-Bereiche mit hoher Salzbelastung.	Gebäude oder Bereiche mit nahezu ständiger Kondensation und mit starker Verunreinigung.

Zurückgezogen
www.nlsv.de

Tabelle E.2 — Korrosivitätskategorien/Schutzdauer für Wandsysteme und Anforderungen an Beschichtungen

Korrosivitätskategorien/Schutzdauer für Wandsysteme					
	Einschalig, ungedämmt[b]	**Zweischalig mit dazwischenliegender Wärmedämmung**			**Außenwand-bekleidung, einschließlich Zwischen-riegel**
		Außenschale	**Zwischen-riegel**[a]	**Innenschale Aus-wechselungs-profil**	
Wetterseite	Schutzdauer hoch[c]	Schutzdauer hoch[c]	–	–	Schutzdauer hoch[c]
Wetter-abgewandte Seite	**In trockenen, meist geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[d, e] **In Räumen mit hoher Feuchte-belastung:** Z oder ZM oder ZA[d,e] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ	**In trockenen, meist geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[d, e] **Generell mit Luftspalt:** Z oder ZM oder ZA oder ZA[d,e] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Generell ohne Luftspalt:** Schutzdauer hoch[c]	**In trockenen, meist geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[d, e] **Generell mit Luftspalt:** Z oder ZM oder ZA oder ZA[d, e] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Generell ohne Luftspalt:** Schutzdauer hoch[c]	**In trockenen, meist geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[d, e] **Generell und in Räumen mit hoher Feuchte-belastung:** Z oder ZM oder ZA oder ZA[d,e] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ	**Generell mit Luftspalt:** Z oder ZM oder ZA oder ZA[d,e] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Generell ohne Luftspalt:** Schutzdauer hoch[c]

Z: Zink ZM: Zink-Magnesium ZA: Zink-Aluminium AZ: Aluminium-Zink

a Und ähnliche Arten von Profiltafelteilen für die Lastverteilung und/oder Aussteifung.

b Klassifizierung in die Korrosivitätskategorie C2 bei kleinen Gebäuden, wie z. B. Schuppen, die in der Landwirtschaft für Geräte und zur Lagerung benutzt werden, oder Carportdächer, bei denen die Trapezprofile nicht zur Stabilisierung eingesetzt werden. Eine mittlere Schutzdauer ist zulässig.

c Die Korrosivitätskategorie sollte entsprechend der äußeren Atmosphäre gewählt werden.

d Informationen zu nationalen Anforderungen siehe EN 508–1.

e Verzinkte Werkstoffe ohne zusätzliche Beschichtung können nach EN ISO 14713-1 verwendet werden. Bei HDG (feuerverzinkt, en: hot dip galvanized) muss EN 1090–2 beachtet werden.

Druckseite Wird nicht gewertet

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Tabelle E.3 — Korrosivitätskategorien und Schutzdauer für Dachsysteme

Korrosivitätskategorien/Schutzdauer für Dachsysteme					
	Einschalig, ungedämmt[b]	**Einschalig, oben wärmegedämmt, unbelüftet**[d]	**Zweischalig mit dazwischenliegender Wärmedämmung**		
			Oberschale	**Zwischenriegel**[a]	**Unterschale Auswechselungsprofil**
Wetterseite	Schutzdauer hoch[c]	Generell: Z275 oder ZA255 oder AZ150 oder ZM120f und 12 µm organische Beschichtung oder AZ185	Schutzdauer hoch[c]	–	–
Wetterabgewandte Seite	**Über trockenen, hauptsächlich geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] **Generell:** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Über Räumen mit hoher Feuchtebelastung:** Schutzdauer hoch[c]	**Über trockenen, hauptsächlich geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] **Generell:** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Über Räumen mit hoher Feuchtebelastung:** Schutzdauer hoch[c]	**Generell:** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ	**Über trockenen, hauptsächlich geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] **Generell:** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Über Räumen mit hoher Feuchtebelastung:** Schutzdauer hoch[c]	**Über trockenen, hauptsächlich geschlossenen Räumen (keine Kondensation, keine besonderen Belastungen):** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] **Generell:** Z oder ZM oder ZA oder AZ[e,f] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ **Über Räumen mit hoher Feuchtebelastung:** Schutzdauer hoch[c]

Z: Zink ZM: Zink-Magnesium ZA: Zink-Aluminium AZ: Aluminium-Zink

a Und ähnliche Arten von Profiltafelteilen für die Lastverteilung und/oder Aussteifung.

b Klassifizierung in die Korrosivitätskategorie C2 bei kleinen Gebäuden, wie z. B. Schuppen, die in der Landwirtschaft für Geräte und zur Lagerung benutzt werden, oder Carportdächer, bei denen die Trapezprofile nicht zur Stabilisierung eingesetzt werden. Eine mittlere Schutzdauer ist zulässig.

c Die Korrosivitätskategorie sollte entsprechend der äußeren Atmosphäre gewählt werden. Wenn die Dachfläche begehbar ist, kann es sein, dass die lediglich aufgrund der Dicke der organischen Beschichtung gewählte Korrosivitätskategorie unter bestimmten Umständen nicht ausreichend ist.

d Verwendete Klebstoffe müssen mit der Beschichtung kompatibel sein.

e Informationen zu nationalen Anforderungen siehe EN 508–1.

f Verzinkte Werkstoffe ohne zusätzliche Beschichtung können nach EN ISO 14713-1 verwendet werden. Bei HDG (feuerverzinkt, en: hot dip galvanized) muss EN 1090–2 beachtet werden.

Rückzug - Widerruf

Tabelle E.4 — Korrosivitätskategorie und Schutzdauer von Profiltafeln für Boden- und Deckensysteme

Korrosivitätskategorien/Schutzdauer für Boden- und Deckensysteme		
	Mit Beton gefüllte Profilrippen	**Ungefüllte Profilrippen**
Oberseite	Z oder ZM oder ZA oder AZ[a, b]	Über trockenen und hauptsächlich geschlossenen Räumen: Z oder ZM oder ZA oder AZ[a, b] Sonst, z. B. über Räumen mit hoher Feuchtebelastung: Z oder ZM oder ZA oder AZ[a, b] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ
Unterseite	Über trockenen und hauptsächlich geschlossenen Räumen: Z oder ZM, oder ZA oder AZ[a, b] Über Räumen mit hoher Feuchtebelastung: Z oder ZM, oder ZA oder AZ[a, b] und zusätzliche organische Beschichtung oder nur AZ	
Z: Zink ZM: Zink-Magnesium ZA: Zink-Aluminium AZ: Aluminium-Zink		
a Informationen zu nationalen Anforderungen siehe EN 508–1.		
b Galvanisierte Werkstoffe ohne zusätzliche Beschichtung können nach EN ISO 14713-1 verwendet werden. Bei HDG (feuerverzinkt, en: hot dip galvanized) muss EN 1090–2 beachtet werden.		

Örtlich können verschiedene Korrosivitätskategorien auftreten. Die Klassifikation in Korrosivitätskategorien muss nach EN ISO 12944-2 erfolgen.

Bei strengeren Anforderungen sind Sondervereinbarungen zwischen dem Auftraggeber und -nehmer erforderlich.

E.2 Eignung von Beschichtungssystemen

E.2.1 Auswahl

Die Anforderungen nach E.2.2 und E.2.3 gelten nicht für Überzüge nach EN ISO 1461, die Untersuchung der Eignung und die Überwachung müssen jedoch nach EN 1090-2 erfolgen.

zurückgezogen / withdrawn

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

In den Tabellen verwendete Abkürzungen:

— Oberflächenvorbereitung und -vorbehandlung

C = Chromatierung/gelb chromatiert

S = Sweepen

Znph = Zinkphosphatierung

Feph = Alkaliphosphatierung

AN = Spülen mit ammoniakalischem Netzmittel

— Erwartete Schutzdauer

L = niedrig	2 bis 5 Jahre
M = mäßig	5 bis 15 Jahre
H = hoch	über 15 Jahre

— Beschichtungsstoff

AK	= Alkydharz
AY	= Acrylcopolymer
EP	= Epoxidharz
EP/SP	= Epoxidharz/Polyesterharz
SP	= Polyesterharz
Si-SP	= silikonmodifizierter Polyester
PVC	= Polyvinylchlorid
PVC (P)	= PVC (Plastisol)
PVF	= Polyvinylfluorid
PVDF	= Polyvinylidenfluorid
PUR	= Polyurethan
PUR-PA	= polyamidmodifiziertes Polyurethan
HDP	= Polyester mit hoher Dauerbeständigkeit
HDP-PA	= HDP-Polyamid

zurückgezogen - wird nicht angewendet

Tabelle E.5 — Beispiele für Beschichtungssysteme (Bandbeschichtung) auf Basis flüssiger und pulverförmiger Beschichtungsstoffe auf feuerverzinkten Stahlbändern oder Flacherzeugnissen

Trägerplatte: feuerverzinkter Stahl **wie in** EN 10346 festgelegt

Empfohlene Deckschicht Z-275 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)
oder ZA-255 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)
oder AZ-150 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)
oder ZM-120 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 9 µm)

System-Nr.	Grundbeschichtung(en)			Oberbeschichtung			Beschichtungssystem		Erwartete Schutzdauer[a] (siehe EN ISO 12944-1)															
									C2			C3			C4			C5-I			C5-M		
	Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Anzahl der Schichten	Nenngesamtschichtdicke µm	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
A2.0	–	–	–	SP	1	7	1	7	■	■														
A2.1	–	–	–	EP	1	10	1	10	■		f													
A2.2	–	–	–	SP	1	15	1	15	■		f													
A2.3	SP	1	5	SP	1	20	2	25	■	■	■	■	■	b	■									
A2.4	SP	1	10	SP	1	25	2	35	■	■	■	■	■	b	■									
A2.5	SP	1	10	SP	2	35	3	45	■	■	■	■	■	■	■									
A2.6	SP	1	5	HDP	1	20	2	25	■	■	■	■	■	b	■									
A2.7	SP	1	15	HDP	1	20	2	35	■	■	■	■	■	b	■	■		■						
A2.8	SP	1	10	HDP-PA	1	25	2	35	■	■	■	■	■	b	■	■								
A2.9	PUR	1	20	HDP-PA	1	25	2	45	■	■	■	■	■	■	■	■		■						
A2.10	SP	1	5	PUR	1	20	2	25	■	■	■	■	■	■	■	■								
A2.11	PUR	1	10	PUR	1	25	2	35	■	■	■	■	■	■	■	■		■						
A2.12	SP	1	10	PUR-PA	1	25	2	35	■	■	■	■	■	b	■	■		■			■			
A2.13	PUR	1	20	PUR-PA	1	25	2	45	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■		
A2.14	SP	1	5	PVDF	1	20	2	25	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
A2.15	SP	1	15	PVDF	1	20	2	35	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■			
A2.16	SP	1	15	PVDF	2	40	3	55	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■		
A2.17	AY	1	5	PVC (P)	1	195	2	200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	
A2.18[c]	–	–	–	SP	1	60	1	60	■	■	■	■												
A2.19[d]	PUR	1	5 bis 7	SP	1	60	2	65 bis 67	■	■	■	■	■	■	■	■								

Zurückgezogen - Wird überarbeitet

Trägerplatte: feuerverzinkter Stahl **wie in** EN 10346 festgelegt

Empfohlene Deckschicht Z-275 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)

oder ZA-255 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)

oder AZ-150 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 20 µm)

oder ZM-120 g/m^2 (Nenndicke des Überzugs etwa 9 µm)

System-Nr.	Grundbeschichtung(en)			Oberbeschichtung			Beschichtungssystem		Erwartete Schutzdauer[a] (siehe EN ISO 12944-1)															
	Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Anzahl der Schichten	Nenngesamtschichtdicke µm	C2			C3			C4			C5-I			C5-M		
									L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
A2.20[d]	SP	1	7 bis 10	SP	1	60	2	67 bis 70																
A2.21[e]	EP	1	10	SP	1	60	2	70																

ANMERKUNG 1 Die angegebenen Systeme bestehen aus handelsüblichen Grundierungen und Oberbeschichtungen. Abwandlungen der Grundierungen und Oberbeschichtungen können in Übereinstimmung mit ihrer Herkunft klassifiziert werden.

ANMERKUNG 2 In der Korrosivitätskategorie C2 sind die Systeme A2.0, A2.1 und A2.2 nur für Innenanwendungen geeignet.

ANMERKUNG 3 Bei System A2.4 kann die obere Schicht auch strukturiert sein.

ANMERKUNG 4 Mit dem Bandbeschichter muss hinsichtlich der Korrosivitätskategorien C3 lang, C4 und C5 Rücksprache gehalten werden.

ANMERKUNG 5 Im Falle der Korrosivitätskategorie C5-M sind Offshorebereiche ausgenommen.

ANMERKUNG 6 Andere geprüfte Beschichtungssysteme und -varianten sind möglich.

[a] Die Schutzdauer bezieht sich auf die Haftung des Beschichtungssystems an der feuerverzinkten Trägerplatte. Die angegebene Schutzdauer basiert auf Erfahrung und kann durch verschiedene Systemhersteller variieren. Der Hersteller des Beschichtungssystems sollte die Bindungsempfehlungen für die Verwendung seiner Beschichtung angeben.

[b] Gilt nicht für Küstenregionen mit geringer Salzbelastung und möglichen zugefügten Verbesserungen.

[c] Pulverbeschichtung auf galvanisierter Trägerplatte.

[d] Pulverbeschichtung auf Grundierung.

[e] Pulverbeschichtung auf Kaschierungsschicht.

[f] Nur gültig für Innenschalen von doppelschaligen Systemen.

Zurückgezogen – withdrawn

Tabelle E.6 — Beispiele für Beschichtungssysteme (Stückbeschichtung) auf Basis flüssiger und pulverförmiger Beschichtungsstoffe auf feuerverzinkten Stahlbändern oder Flacherzeugnissen

System-Nr.	Oberflächenvorbereitung/ Vorbehandlung[a]	Grundbeschichtung(en)			Oberbeschichtung(en)			Beschichtungssystem		Erwartete Schutzdauer[b] (siehe EN ISO 12944-1)															
		Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Bindemittelart	Anzahl der Schichten	Nennschichtdicke µm	Anzahl der Schichten	Nenngesamtschichtdicke µm	C2			C3			C4			C5-I			C5-M		
										L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H	L	M	H
A5.1	AN oder Feph	–	–		AY	1	40	1	40															
A5.2	AN oder Feph	–	–	–	PVC	1	40	1	40															
A5.3	Znph oder C	EP	1	20	PUR	2	40	2	60															
A5.4	Znph oder C	AY	1	20	PVC	1	40	2	60															
A5.5	Znph oder C	EP	1	40	PUR	1	60	2	100															
A5.6	Znph oder C	AY	1	40	PVC	1	60	2	100															

[a] Alternativ können ähnlich geeignete Vorbereitungs- oder Vorbehandlungsverfahren vereinbart werden.

[b] Die Schutzdauer bezieht sich auf die Haftung des Beschichtungssystems an der feuerverzinkten Trägerplatte. Die angegebene Schutzdauer basiert auf Erfahrung und kann durch verschiedene Systemhersteller variieren. Der Hersteller des Beschichtungssystems sollte die Bindungsempfehlungen für die Verwendung seiner Beschichtung angeben.

zurückgezogen – withdrawn

Nds. MBl. Nr. 23 b/2021

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

E.2.2 Untersuchung der Eignung (Erstprüfung)

E.2.2.1 Allgemeines

Die Prüfungen der verschiedenen Beschichtungsprozesse, Beschichtungen und Korrosivitätskategorien nach Tabelle E.8 sind nachfolgend beschrieben. Nach der Herstellung müssen die Proben bis zu Beginn der Prüfungen nach EN ISO 12944-6 gelagert werden. Die Bewertung ist unmittelbar nach Beendigung der Prüfungen durchzuführen, sofern in der Prüfspezifikation nichts anderes vorgeschrieben ist. Die Bewertung ist nach den in Tabelle E.8 angegebenen Normen und Bewertungskriterien durchzuführen. Die Prüfungen sind an Proben der laufenden Produktion durchzuführen.

E.2.2.2 Schichtmasse/Schichtdicke

Bei der Bestimmung der Schichtmasse gelten die Festlegungen nach EN 10346.

Bei der Bestimmung der Schichtdicke gelten die Festlegungen nach EN 13523-1. Die Messung der Schichtdicke (≥ 150 µm) von PVC-Plastisol mit einer Bügelmessschraube ist zulässig. An jedem Messpunkt sind mindestens fünf Einzelmessungen durchzuführen. Anschließend ist aus diesen Messwerten der Mittelwert zu bestimmen. Bei Bestimmung der Schichtdicke mit mechanischen Messgeräten gelten die Festlegungen nach ASTM D 5796. Die Messpunkte sind nach EN 10169:2010+A1:2012, 7.5.2 zu wählen. Für die Schichtdicke gelten die in EN 10169:2010+A1:2012, 6.2.2.2, Tabelle 2 angegebenen Toleranzen.

Beispiele für die Dicken von Beschichtungen, die gegenwärtig bei der Bandbeschichtung verwendet werden, sind in Tabelle E.5 angegeben und Beispiele für die Dicken von Beschichtungen, die gegenwärtig bei Stückbeschichtungen verwendet werden, sind in Tabelle E.6 angegeben.

Die in den Tabellen E.5 und E.6 angegebenen Schichtdicken sind Nennschichtdicken. Obwohl die Lage der Messpunkte nicht festgelegt ist, müssen die Messpunkte in den Bereichen der Bauteile liegen, in denen aufgrund von Erfahrungen die dünnsten Schichtdicken zu erwarten sind. Das Messverfahren (Art und Hersteller des Messgerätes, Art der Kalibrierung) müssen vereinbart werden. Sofern nichts anderes vereinbart wurde, gelten die folgenden Annahmekriterien für die Trockenschichtdicke, bestimmt nach EN ISO 2808:

- der arithmetische Mittelwert der Einzelwerte der Trockenschichtdicke muss gleich oder größer als die Nenn-Trockenschichtdicke (en: nominal dry film thickness, NDFT) sein;
- alle Einzelwerte der Trockenschichtdicke müssen gleich oder größer als die Nenn-Trockenschichtdicke (NDFT) sein oder über 80 % der NDFT betragen;
- Einzelwerte der Trockenschichtdicke zwischen 80 % der NDFT und der NDFT sind zulässig, sofern die entsprechende Anzahl von Messungen weniger als 20 % der Gesamtzahl der Einzelmessungen beträgt;
- alle Einzelwerte der Trockenschichtdicke müssen kleiner oder gleich der festgelegten maximalen Schichtdicke sein.

Es ist darauf zu achten, dass die Nennschichtdicke erreicht wird und dass Bereiche mit zu großer Schichtdicke vermieden werden. Es wird empfohlen, dass die maximale Schichtdicke (Einzelwert) nicht mehr als das 3-Fache der Nennschichtdicke betragen sollte. Wenn die größten Schichtdicken überschritten werden, müssen die Vertragsparteien eine Vereinbarung auf Grundlage technischer Erwägungen treffen. Bei einigen Beschichtungsstoffen oder –systemen gibt es keine kritische maximale Schichtdicke. Die im Technischen Datenblatt des Beschichtungsstoffherstellers angegebenen Informationen müssen berücksichtigt werden.

Bei texturierten und geprägten Oberflächen müssen die Nenndicken der Beschichtung festgelegt und die Mindestgrenzwerte eingehalten werden.

Anwendung nur mit Lizenz

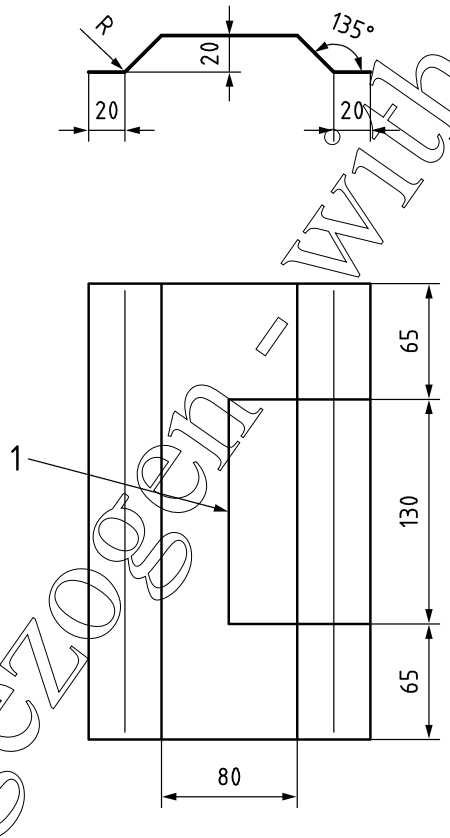
E.2.2.3 Kondenswasserprüfung

Die Prüfung muss nach EN 13523-26 und EN ISO 12944-6 durchgeführt werden.

E.2.2.4 Salzsprühnebelprüfung

Die Prüfung muss nach EN 10169 durchgeführt werden. Neben den Anforderungen nach EN 10169, sind zwei Biegungen mit einem Innenradius *R* von 3 mm oder 3T (siehe EN 13523-7) für jeden Längsrand des bandbeschichteten Bleches, das profiliert werden soll, vorzusehen. Im Ergebnis der Biegungen ist die zu prüfende Oberfläche gedehnt und verdichtet. Der Probekörper muss die Form eines Trapezes haben (siehe Bild E.1) oder den Festlegungen nach EN 13523-8 entsprechen.

Maße in Millimeter



Legende

1 Ritz

Bild E.1 — Probe für die Salzsprühnebelprüfung

E.2.2.5 Haftfestigkeit der Bandbeschichtung nach Eindrücken

Die Prüfungen müssen nach EN 13523-6 ohne künstliches Altern mit einer Eindrucktiefe von 4 mm durchgeführt werden (siehe auch Tabelle E.8). Für die Bewertung gilt EN ISO 2409. Der maximal zulässige Gitterschnittwert beträgt 1.

Rückgezogen - withdrawn

E.2.2.6 Prüfung der Verarbeitbarkeit und Formbarkeit, Prüfung der Widerstandsfähigkeit gegen Rissbildung beim Biegen

Das bandbeschichtete Blech ist nach EN 13523-7 zu prüfen (siehe auch Tabelle E.8).

Geformte Elemente sind nur visuell auf Rissbildung nach EN 13523-7:2014, 5.2 an zwei Biegungen mit der größten Verformung zu prüfen.

E.2.3 Überwachung

E.2.3.1 Allgemeines

Der Hersteller der Band- oder Stückbeschichtung und der Bauteilhersteller sind dafür verantwortlich, zu überprüfen, ob die vereinbarten Eigenschaften für ein Korrosionsschutzsystem eingehalten wurden (E.2.2). Art und Anwendungsbereich der durchzuführenden Prüfungen sind in Tabelle E.8 angegeben. Wenn der bandbeschichtete Streifen oder das bandbeschichtete Blech nach der Beschichtung verformt wird, wobei das Korrosionsschutzsystem strengeren Bedingungen ausgesetzt wird, werden an diese Produkte bestimmte Ansprüche bezüglich der Überwachung gestellt.

Wenn kaltgeformte tragende Bauteile und Profiltafeln aus Stahl für tragende Anwendungen beim Bau eingesetzt werden, müssen außerdem die Anforderungen an die Festigkeit und Maße überwacht werden. In dieser Hinsicht stellt die Überwachung des Korrosionsschutzsystems nur einen Teil der umfassenden Überwachung dar.

E.2.3.2 Typprüfung

Die grundsätzliche Eignung eines Beschichtungssystems muss durch Voruntersuchungen nachgewiesen werden. Dieser Nachweis muss im Rahmen der Erstprüfung (ITT) vom Hersteller der Beschichtung und des Beschichtungsstoffes erbracht werden (siehe Tabelle E.9). Dazu müssen Prüfungen zur Freibewitterung nach EN ISO 2810 und Laborprüfungen nach Tabelle E.8 durchgeführt werden. Die Anforderungen sind in Tabelle E.8 festgelegt. Für bandbeschichtetes Material sind die Anforderungen an die Freibewitterung in EN 10169, EN 13523-10, EN 13523-19, und EN 13523-21 festgelegt.

Die Bezugsgrößen des Beschichtungsstoffes und der Beschichtung müssen in einem Bericht als Teil der Unterlagen zum Eignungsnachweis angegeben werden.

Für Korrosionskategorien C2 bis C5 muss die Typprüfung vom Hersteller der Beschichtung durchgeführt und der Bericht einer fremdüberwachenden Stelle vorgelegt werden.

Bei der Typprüfung wird das Korrosionsschutzsystem einer Korrosivitätskategorie nach dieser Norm oder einer festgelegten speziellen Belastung zugeordnet.

Für jedes Korrosionsschutzsystem sind die geplanten Prüfungen nach E.2.2 an mindestens drei Proben aus unterschiedlichen Chargen der Beschichtung je Beschichtungsanlage durchzuführen. Falls erforderlich, kann die fremdüberwachende Stelle zusätzliche Anforderungen zu den nach Tabelle E.9 stellen.

Bei der Probe für die Typprüfung darf die Dicke der organischen Beschichtung (einschließlich Grundbeschichtung) nicht die Dicke von organisch bandbeschichteten Flachprodukten überschreiten. Die organische Beschichtung der Probe für die Typprüfung muss im Bereich der unteren Grenze der Schichtdickentoleranz der Nenndicke nach EN 10169 liegen.

Für die Typprüfung muss ein Bericht angefertigt werden; er muss auch als Basis für die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) und für Regelinspektionen dienen. Der Bericht muss alle Daten enthalten, die für die werkseigene Produktionskontrolle und für Regelinspektionen erforderlich sind, einschließlich Nenndicke und Mindestschichtdicke des betreffenden Beschichtungssystems und zugehörige Korrosivitätskategorie.

Anlage 20 - Wirtschaft

Die Typprüfung muss wiederholt werden, wenn das Beschichtungssystem oder das Aufbringungsverfahren verändert wird, mindestens jedoch in einem Zeitraum von höchstens fünf Jahren.

E.2.3.3 Werkseigene Produktionskontrolle (WPK)

Die werkseigene Produktionskontrolle (WPK) (siehe Tabelle E.9) beim Hersteller der Bandbeschichtung muss Tabelle E.8 entsprechen. Die Prüfungen müssen für jede Charge der Beschichtung je Beschichtungsanlage durchgeführt werden.

Für die werkseigene Produktionskontrolle beim Bauteilhersteller und beim Hersteller der Stückbeschichtung gilt Tabelle E.9. Die Prüfungen beim Hersteller der Stückbeschichtung sind für jede Charge durchzuführen, mindestens jedoch zwei Mal je Schicht.

Falls gefordert, muss die Schichtdicke der organischen Beschichtung durch eine Prüfbescheinigung nach EN 10204 bestätigt werden.

Die bei der Erstprüfung für ein Korrosionsschutzsystem vorgegebene Nennschichtdicke dient als Basis für die Überwachung.

ANMERKUNG Es ist zulässig in der Stückbeschichtungsanlage Proben von einem zusätzlichen Prüfstück zu nehmen, das gemeinsam mit dem Produktionslos unter den gleichen Bedingungen beschichtet wurde.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle müssen dokumentiert, nach den Festlegungen der Kontrollorganisation dieser Europäischen Norm bewertet, für mindestens fünf Jahre aufbewahrt und bei Reklamationen zur Verfügung gestellt werden.

E.2.4 Kontaktkorrosion

Beschichtete tragende Bauteile und Profiltafeln können mit anderen Metallen zusammen montiert werden.

Bei der Montage von tragenden Bauteilen und Profiltafeln, Verbindungen und Verbindungselementen aus unterschiedlichen Metallen muss die Werkstoffverträglichkeit beachtet werden. In Tabelle E.7, EN 1993-1-3:2006, Anhang B und in EN ISO 14713-1 sind Leitlinien angegeben.

Kontaktflächen müssen durch zusätzliche Beschichtungen oder Sperrschichten dauerhaft getrennt sein, falls Korrosion aufgrund des Kontakts zwischen tragenden Bauteilen und Profiltafeln, Verbindungen und Verbindungselementen aus unterschiedlichen Metallen möglich ist. Verbindungselemente müssen immer aus den gleichen Werkstoffen bestehen oder edler als der Werkstoff der tragenden Bauteile und Profiltafeln sein.

Zurückgezogen - Withdrawn

Tabelle E.7 — Kontaktkorrosion für Korrosivitätskategorien C2 und C3 (informativ)

	Kupfer	**Titan zink**	**Alumi-nium**[a]	**Blei**	**Nicht-rostender Stahl**	**Ver-zinkter Stahl**	**Ver-zinkter Stahl, be-schichtet**	**(Alu-zink) 55 % AlZn**	**(Aluzink) 55 % AlZn. be-schichtet**[b]
Kupfer	+	–	–	+	–	–	+	–	+
Titanzink	–	+	+	+	+	+	+	+	+
Aluminium[a]	–	+	+	+	+	+	+	+	+
Blei	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Nichtrostender Stahl	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Verzinkter Stahl	–	+	+	+	-	+	+	+	+
Verzinkter Stahl, beschichtet	+	+	+	+	+	+	+	+	+
(Aluzink) 55 % AlZn	–	+	+	–	+	+	+	+	+
(Aluzink) 55 % AlZn beschichtet[a]	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ zulässig
– nicht zulässig

a Aluminium umfasst blankes und eloxiertes Aluminium
b min. 25 µm Beschichtung

Zurückgezogen
www.inara.wtn

Tabelle E.8 — Prüfung von Korrosionsschutzsystemen

Prüfung				Nachweis erforderlich für		Prüfkriterium	Anforderung[c]
		Produktbezogene Normen	Beschreibung	Korrosionsschutzsystem	Korrosivitätskategorie		
1	Dicke/Beschichtungsstoff	EN ISO 2808 EN 10346	E.2.2.2	Metallische Überzüge	C1 bis C5	Dicke/Beschichtungsstoff	EN 10152 EN ISO 2081 EN 10346 EN ISO 1461
2	Schichtdicke	EN ISO 2808 EN 13523–1 EN 10169 ASTM D 5796	E.2.2.2	Alle Korrosionsschutzsysteme mit Beschichtung	C2 bis C5	Dicke	Bandbeschichtung entsprechend der Erstprüfung (E.2.2) Stückbeschichtung: Nennschichtdicke
3	Kondenswasser	EN ISO 6270-1	E.2.2.3	Alle Korrosionsschutzsysteme mit Beschichtung	C2 bis C5	EN ISO 12944-6	EN ISO 12944-6
4	Salzsprühnebelprüfung[a]	EN ISO 9227 (neutraler Salzsprühnebel)	E.2.2.4	Bandverzinkung + Bandbeschichtung	C3 bis C5	EN ISO 4628-2 EN ISO 4628-3 EN ISO 4628-4 EN ISO 4628-5 EN ISO 4628-8	Nach 360 h Salzsprühnebelprüfung — Unterwanderung ≤ 2 mm je Seite, keine Blasen[b]
				Stückbeschichtung		EN ISO 12944-6	EN ISO 12944-6
5	Haftung nach Eindrücken	EN 13523–6	E.2.2.5	Bandverzinkung + Bandbeschichtung	C3 bis C5	EN ISO 2409	Gitterschnittwert: 1
6	Formbarkeit, Rissprüfung	EN 13523–7	E.2.2.6	Bandverzinkung + Bandbeschichtung	C3 bis C5	–	T-Wert max. 2 auf allen Proben mit max. 0,2 mm Rissbreite und max. 2 mm Risslänge. T-Wert max. 4 ohne Risse.

a Der Ritz nach EN ISO 9227 muss mit einer Clemen-Einheit nach EN ISO 17872:2007, Tabelle A.1 d) angefertigt werden.
b Ausmaß der Blasenbildung < 2(S2) zulässig im Bereich des Ritzes.
c Soweit nicht nach extra Eignungsnachweis gültig.

Zum Kaufzoom Wimmer.com

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Tabelle E.9 — Überwachung (Art und Umfang)

Nr.	Gegenstand	Prüfung	Prüfung nach	Probenahme durch Hersteller der Bandbeschichtung	
				ITT	WPK
1	Metallischer Überzug	Schichtdicke	E.2.2.2	x	x
2.1	Oberflächen-vorbereitung	Oberflächenzustand[a]	EN ISO 12944-4	–	–
2.2	Auftragung	Prozessbedingungen	EN ISO 12944-7	–	–
3	Beschichtungsstoff	Art nach Datenblatt		x	x
4.1	Beschichtung	Beschichtungssystem	Tabellen E.5 und E.7	x	x
4.2		Beschichtungsdicke, trocken	E.2.2.2	x	x
4,3		Kondenswasserprüfung	E.2.2.3	x	–
4.4		Salzsprühnebelprüfung	E.2.2.4	x	x[b]
4.5		Haftung nach Eindrücken	E.2.2.5	x	–
4.6		Verarbeitbarkeit, Rissbildung	EN 13523–7	x	–
5	Beschichtung auf dem Bauteil	Sichtprüfung auf Rissbildung	E.2.2.6, Absatz 2	–	–

[a] Umfasst gegebenenfalls den Beschichtungstyp der vorhandenen Beschichtung.

[b] Verringerte Anzahl von Überprüfungen der Messstellen: 1 % bezogen auf die Anzahl der Muttercoils.

ITT Erstprüfung
WPK werkseigene Produktionskontrolle

Zurückgezogen - Anfrage

Anhang F
(normativ)

Zusätzliche Angaben

F.1 Liste mit zusätzlich erforderlichen Angaben

Dieser Abschnitt führt in Tabelle F.1 die zusätzlichen Angaben auf, die im Text der vorliegenden Europäischen Norm erforderlich sind, um die Anforderungen für die Ausführung der in dieser Europäischen Norm festgelegten Arbeiten vollständig zu definieren (d. h. Stellen, an denen der Wortlaut „ist/sind festzulegen“ verwendet wird).

Tabelle F.1 — Zusatzinformation

Abschnitt/ Unterabschnitt	Zusätzlich erforderliche Informationen
4 —Ausführungsunterlagen und Dokumentation	
4.2.1	Dokumentation der Montage
5 — Ausgangsmaterialien	
5.1	Konstruktionsmaterialien, die nicht durch die in Abschnitt 5.3 aufgeführten Normen abgedeckt sind
5.3	Stahlsorten, Beschichtungssystem; vollständige Kennzeichnung
5.7.2	Mechanische Verbindungselemente mit Benennung der einschlägigen Europäischen Norm oder ETA
6 —Herstellung	
6.3	Mindestinnenbiegeradius
8 —Mechanisches Verbinden	
8.7.1	Rand- und Zwischenabstände von Befestigungselementen, exzentrische Verbindungen
10 —Oberflächenschutz	
10.1	Umfassende Details für den Einsatz von Isolierelementen, um galvanische Korrosion zu vermeiden
10.2	Reinigungsverfahren, Anforderungen an die Reinigung und Reinigungsumfang
12 —Kontrollen, Prüfungen und Nachbesserung	
12.3.2	Für Wellprofiltafeln die Messstellen und die Häufigkeit der Messungen
12.3.3	Bei Bauteilen einschließlich individuell gefertigter Hohlprofile die Messstellen und die Häufigkeit der Messungen
B — Sonderanforderungen an Profiltafeln	
B.10	Belastung durch Begehung

F.2 Liste mit zusätzlichen Angaben, sofern nicht anders festgelegt

Dieser Abschnitt führt in Tabelle F.2 Anforderungen auf, die eingehalten werden müssen, sofern nicht anders festgelegt. (d. h. wenn die Formulierung „sofern nicht anders festgelegt“ verwendet wird).

Zum Beispiel Wikipedia

DIN EN 1090-4:2018-09
EN 1090-4:2018 (D)

Tabelle F.2 — Zusätzliche Angaben, sofern nicht anders festgelegt

Abschnitt/ Unterabschnitt	Zusätzliche Angaben
5 — Ausgangsmaterialien	
5.3	Werkstoffe zur Herstellung von tragenden Profiltafeln müssen den Anforderungen der einschlägigen Europäischen Produktnormen nach Tabelle 1 entsprechen
5.5.1	Mindestnennblechdicke von Profiltafeln
5.5.2	Mindestnennblechdicke von tragenden Bauteilen
5.7	Verbindungselemente, die vollständig oder teilweise Bewitterung oder ähnlicher Beanspruchung durch Feuchte ausgesetzt sind, müssen aus austenitischem nichtrostendem Stahl oder Aluminium hergestellt sein
5.8	Zubehör muss die gleichen Anforderungen an Dauerhaftigkeit, Korrosionsschutz und Brandverhalten wie die in 5.3 und 5.5 aufgeführten tragenden Bauteile und Profiltafeln erfüllen
6 — Herstellung	
6.5.1	Dieser Abschnitt legt die Anforderungen an das Stanzen von Löchern und Kerben in kaltgeformte Stahlbauteile mit einer Blechdicke bis zu 15 mm fest.
6.5.2	Die Löcher dürfen durch Stanzen ohne Aufreiben hergestellt werden.
6.5.2	Bei Einzelheiten, die starken zyklischen oder seismischen Belastungen ausgesetzt sind, müssen gestanzte Löcher in einem Blech mit einer Dicke über 4 mm aufgerieben werden.
6.5.2	Die Eignung der Lochungsprozesse muss geprüft werden
7 — Schweißen auf der Baustelle	
7.1	Anforderungen an das Schweißen von Längsnähten geschlossener kaltgewalzter Hohlprofile.
7.1.4.4	Für EXC1-Schweißungen ist keine zusätzliche ZfP erforderlich
9 — Montage	
9.1	Dieser Abschnitt behandelt die Anforderungen an die Montage und andere an Profiltafeln auf der Baustelle durchzuführende Arbeiten.
A — Grundanforderungen an Profiltafeln	
A.1	Grundanforderungen an Profiltafeln.
B — Sonderanforderungen an Profiltafeln	
B.1	Festlegungen, die vom Tragwerksplaner berücksichtigt werden müssen und die noch nicht in EN 1993-1-3 enthalten sind.
C — Dokumentation	
C	Konstruktionsaufzeichnungen
D — Geometrische Toleranzen	
D.1	In D.2 und D.3 sind die zulässigen Abweichungen für grundlegende und ergänzende Toleranzen aufgeführt.
E — Korrosionsschutz	
E.1	Allgemeine Anforderungen

Zurückgezogen

Literaturhinweise

[1] EN 1090-5, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken — Teil 5: Technische Anforderungen an tragende, dünnwandige, kaltgeformte Bauelemente und Bauteile für Dach-, Decken-, Boden- und Wandanwendungen aus Aluminium*

[2] EN 1990, *Eurocode — Grundlagen der Tragwerksplanung*

[3] EN 1991-1-2, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen — Brandeinwirkungen auf Tragwerke*

[4] EN 1991-1-5, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen — Temperatureinwirkungen*

[5] EN 1991-1-6, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke Teil 1-6: Allgemeine Einwirkungen — Einwirkungen während der Bauausführung*

[6] EN 1991-1-7, *Eurocode 1 : Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-7: Allgemeine Einwirkungen — Außergewöhnliche Einwirkungen*

[7] EN 1993-1-5, *Eurocode 3 : Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile*

[8] EN 1998-1, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten*

[9] EN 14783, *Vollflächig unterstützte Dachdeckungs- und Wandbekleidungselemente für die Innen- und Außenanwendung aus Metallblech — Produktspezifikation und Anforderungen*

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

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

[12] EN ISO 3506-3, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 3: Gewindestifte und ähnliche nicht auf Zug beanspruchte Verbindungselemente (ISO 3506-3)*

[13] EN ISO 3506-4, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 4: Blechschrauben (ISO 3506-4)*

[14] ASTM A380, *Standard Practice for Cleaning, Descaling, and Passivation of Stainless Steel Parts, Equipment, and Systems*

[15] ASTM D 5796, *Standard Test Method for Measurement of Dry Film Thickness of Thin Film Coil-Coated Systems by Destructive Means Using a Boring Device*

[16] European Recommendations for the Application of Metal Sheeting acting as a Diaphragm (1995). ECCS

[17] Schardt R., Strehl C.: Theoretische Grundlagen für die Bestimmung der Schubsteifigkeit von Trapezblechscheiben — Vergleich mit anderen Berechnungsansätzen und Versuchsergebnissen. Stahlbau (1978), 45 pp. 97–108

Anzeigen - Widerrufen

[18] Schardt R., Strehl C.: Stand der Theorie zur Bemessung von Trapezblechscheiben. Stahlbau (1980), 49 pp. 325–334

[19] Strehl, C.: Bestimmung der Schubsteifigkeit von Trapezblechen mit Tabellen-Kalkulationsprogrammen. Stahlbau 74 (2005), S. 708–716 und S. 950

[20] Baehre R., Wolfram R.: Zur Schubfeldberechnung von Trapezprofilen. Stahlbau (1986), 55 pp. 175–179

[21] Baehre R.: Zur Schubfeldwirkung und -bemessung von Kassettenkonstruktionen. Stahlbau (1987), 56 pp. 197–202

[22] Dürr M., Kathage K., Saal H.: Schubsteifigkeit zweiseitig gelagerter Stahltrapezbleche. Stahlbau (2006), 75 pp. 280–286

[23] Baehre R., Huck G.: Zur Berechnung der aufnehmbaren Normalkraft von Stahl-Trapezprofilen nach DIN 18807 Teile 1 bis 3. Stahlbau (1990), 59 pp. 225–232

[24] Bryan E./Davies.: Stressed Skin Design

[25] EN 12056 (alle Teile), *Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden*

[26] EN 14782, *Selbsttragende Dachdeckungs- und Wandbekleidungselemente für die Innen- und Außenanwendung aus Metallblech — Produktspezifikation und Anforderungen*

[27] EN ISO 354, *Akustik — Messung der Schallabsorption in Hallräumen (ISO 354)*

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

[29] EN ISO 12944-1, *Beschichtungsstoffe — Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme — Teil 1: Allgemeine Einleitung (ISO 12944-1)*

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

[31] EN ISO 10140, (alle Teile), *Akustik — Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand (ISO 10140)*

Zurückgezogen - Wirdarwn

DEUTSCHE NORM **Oktober 2018**

DIN 4108-3

ICS 91.120.10; 91.120.30

Ersatz für
DIN 4108-3:2014-11

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung

Thermal protection and energy economy in buildings –
Part 3: Protection against moisture subject to climate conditions –
Requirements, calculation methods and directions for planning and construction

Protection thermique et économie d'énergie dans la construction immobilière –
Partie 3: Protection contre l'humidité conditionnée par le climat –
Exigences, méthodes de calcule et directions pour la planification et l'exécution

Gesamtumfang 75 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN 4108-3:2018-10

Inhalt

Seite

Vorwort ... 5

Einleitung ... 6

1 Anwendungsbereich ... 7

2 Normative Verweisungen ... 7

3 Begriffe ... 9
3.1 Begriffe zur Wasserdampfdiffusion ... 9
3.2 Begriffe zur kapillaren Wasseraufnahme ... 10
3.3 Begriffe zur Wasserdampfkonvektion und Belüftung ... 10
3.4 Begriffe zur Feuchtespeicherung ... 11
3.5 Begriffe zur Bauteilkonstruktion ... 11

4 Symbole, Einheiten und Indizes ... 12
4.1 Symbole und Einheiten ... 12
4.2 Indizes ... 13

5 Vermeidung kritischer Luftfeuchten an Bauteiloberflächen und von Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen ... 14
5.1 Kritische Luftfeuchte an Bauteiloberflächen ... 14
5.1.1 Allgemeine Anforderungen, Berechnungs- und Ausführungshinweise ... 14
5.1.2 Anforderungen, Berechnungs- und Ausführungshinweise für Wärmebrücken ... 14
5.1.3 Hinweise für Fenster und Fenstertüren ... 15
5.2 Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen ... 15
5.2.1 Allgemeines ... 15
5.2.2 Anforderungen ... 16
5.2.3 Angaben zur Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmasse ... 16
5.2.4 Angaben zur Bewertung des Bauteils ... 16
5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist ... 17
5.3.1 Allgemeines ... 17
5.3.2 Außenwände und Bodenplatten ... 17
5.3.3 Dächer ... 19

6 Schlagregenschutz von Wänden ... 28
6.1 Allgemeines ... 28
6.2 Beanspruchungsgruppen ... 28
6.2.1 Allgemeines ... 28
6.2.2 Beanspruchungsgruppe I — geringe Schlagregenbeanspruchung ... 29
6.2.3 Beanspruchungsgruppe II — mittlere Schlagregenbeanspruchung ... 29
6.2.4 Beanspruchungsgruppe III — starke Schlagregenbeanspruchung ... 29
6.3 Putze und Beschichtungen ... 31
6.4 Beispiele und Hinweise zur Erfüllung des Schlagregenschutzes ... 31
6.4.1 Außenwände ... 31
6.4.2 Fugen und Anschlüsse ... 32
6.4.3 Fenster, Außentüren, Vorhangfassaden ... 33

7 Hinweise zur Luftdichtheit ... 34

Anhang A (normativ) Berechnungsverfahren zur Vermeidung kritischer Luftfeuchten an Bauteiloberflächen und zur Bestimmung von Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen ... 35
A.1 Kritische Luftfeuchte an Bauteiloberflächen ... 35
A.1.1 Allgemeines ... 35
A.1.2 Berechnung für ebene, thermisch homogene Bauteile ... 38
A.1.3 Berechnung im Bereich von Wärmebrücken ... 38

A.2 Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen ... 39
A.2.1 Allgemeine Angaben zur Berechnung ... 39
A.2.2 Randbedingungen ... 39
A.2.3 Hinweise zu Stoffeigenschaften ... 40
A.2.4 Vorgehensweise ... 41
A.2.5 Tauwasserbildung und Berechnung der Tauwassermasse ... 42
A.2.6 Verdunstung und Berechnung der Verdunstungsmasse ... 44

Anhang B (informativ) Berechnungsbeispiel ... 49
B.1 Allgemeines ... 49
B.2 Konstruktionsaufbau und Ausgangsdaten ... 50
B.3 Überprüfung auf Tauwasserbildung im Querschnitt ... 51
B.4 Diffusionsdiagramme für Tau- und Verdunstungsperiode ... 52
B.5 Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmassen ... 54
B.6 Bewertung ... 55

Anhang C (normativ) Grundlagen für wärme- und feuchteschutztechnische Berechnungen ... 56
C.1 Wärmeschutztechnische Größen und Temperaturverteilung ... 56
C.1.1 Allgemeines ... 56
C.1.2 Wärmedurchlasswiderstand ... 56
C.1.3 Wärmedurchgangswiderstand ... 56
C.1.4 Wärmedurchgangskoeffizient ... 56
C.1.5 Wärmestromdichte ... 56
C.1.6 Temperaturverteilung ... 56
C.2 Feuchteschutztechnische Größen und Dampfdruckverteilungen ... 58
C.2.1 Allgemeines ... 58
C.2.2 Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke ... 58
C.2.3 Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand ... 58
C.2.4 Wasserdampf-Diffusionsstromdichte ... 59
C.2.5 Dampfdruckverteilungen ... 60
C.3 Wasserdampfteildruck und Luftfeuchte ... 63
C.4 Sättigungsdampfdruck und Taupunkttemperatur ... 63

Anhang D (normativ) Feuchteschutzbemessung durch hygrothermische Simulation ... 68
D.1 Allgemeines ... 68
D.2 Äußere Randbedingungen ... 68
D.2.1 Allgemeines ... 68
D.2.2 Klimadatensätze ... 68
D.2.3 Wärme- und Feuchteübertragung an der Außenoberfläche ... 69
D.3 Raumseitige Randbedingungen ... 69
D.4 Wärme- und Feuchteübertragung an der raumseitigen Oberfläche ... 70
D.5 Anfangsbedingungen ... 71
D.6 Feuchtequellen aufgrund von Luftkonvektion oder Schlagregenpenetration durch unvermeidbare Leckagen ... 71
D.6.1 Allgemeines ... 71
D.6.2 Feuchtequellen durch Dampfkonvektion ... 71
D.6.3 Feuchtequellen durch Schlagregenpenetration ... 71
D.7 Beurteilung der Simulationsergebnisse ... 72
D.7.1 Allgemeines ... 72
D.7.2 Eingeschwungener Zustand ... 72
D.7.3 Bewertung der Feuchtezustände an den Oberflächen und innerhalb der Konstruktion ... 72
D.7.4 Vermeidung von Holzzerstörung ... 72
D.7.5 Vermeidung von Frostschäden ... 73
D.8 Wahl geeigneter Simulationsverfahren ... 73
D.9 Fehlerkontrolle ... 73
D.10 Dokumentation ... 73

Literaturhinweise..... 74

Vorwort

Diese Norm wurde von den NABau-Arbeitsausschüssen NA 005-56-90 AA „Baulicher Wärmeschutz im Hochbau“ und NA 005-56-99 AA „Feuchte“ erarbeitet.

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

Die Reihe DIN 4108, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden* besteht aus:

— *Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

— *Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz — Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung*

— *Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte (Vornorm)*

— *Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs (Vornorm)*

— *Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden — Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*

— *Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

— *Beiblatt 2: Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele*

— DIN Fachbericht 4108-8, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden*

Änderungen

Gegenüber DIN 4108-3:2014-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) Anwendungsbereich klarer abgegrenzt und Einleitung aufgenommen;

b) Überarbeitung nachweisfreie Konstruktionen in 5.3.3 (Dächer, für die kein rechnerischer Tauwasser-Nachweis erforderlich ist);

c) Anhang B überarbeitet, auf ein Berechnungsbeispiel reduziert;

d) Status des Anhangs D „Feuchteschutzbemessung durch hygrothermische Simulation“ in „normativ“ geändert und erweitert.

Frühere Ausgaben

DIN 4108: 1952xx-07, 1960-05, 1969-08
DIN 4108-3: 1981-08, 2001-07, 2014-11
DIN 4108-5: 1991-08
DIN 4108-3 Berichtigung 1: 2002-04

Einleitung

Die möglichen Einwirkungen von Tauwasser aus der Raumluft unter winterlichen Bedingungen und die Einwirkungen von Schlagregen auf Baukonstruktionen sollen so begrenzt werden, dass Schäden (z. B. unzulässige Minderung des Wärmeschutzes, Schimmelbildung, Korrosion) vermieden werden. Die Möglichkeit der raumseitigen Tauwasserbildung aus einströmender Außenluft in den Innenraum (Sommerkondensation) oder die Umkehrdiffusion bei besonnten Bauteilen ist im Einzelfall zu beachten.

Die Anforderungen und Hinweise beziehen sich auf Bauteile nach Abgabe der Rohbaufeuchte. In der Phase der Bauaustrocknung können Verhältnisse auftreten, die besonders berücksichtigt werden müssen und zusätzliche Maßnahmen erforderlich machen können.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für die Planung und Ausführung zum klimabedingten Feuchteschutz in Gebäuden fest. Sie gilt nicht für Bauwerksabdichtungen.

Nebenräume, die zu Aufenthaltsräumen gehören, werden im Sinne dieser Norm wie Aufenthaltsräume behandelt.

Feuchteschutztechnische Anforderungen für raumseitige Bauteiloberflächen werden in DIN 4108-2 behandelt.

Der Nachweis der feuchtetechnischen Unbedenklichkeit von Baukonstruktionen kann je nach Anwendungsfall mithilfe einer dreistufigen Beurteilungsmethodik erfolgen. Die 1. Stufe ist die Auswahl einer nachweisfreien Konstruktion, die 2. Stufe der einfache Nachweis mithilfe des Periodenbilanzverfahrens und die 3. Stufe der Nachweis durch hygrothermische Simulation. Die 1. und die 2. Stufe sind ausschließlich auf Bauteile von nicht klimatisierten Wohn- oder wohnähnlich genutzten Gebäuden anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1045-2, *Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton — Teil 2: Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1*

DIN 4108 Beiblatt 2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Wärmebrücken — Planungs- und Ausführungsbeispiele*

DIN 4108-2, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz*

DIN 4108-4, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte*

DIN 4108-7:2011-01, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden — Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*

DIN 4108-10, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe — Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe*

DIN 4213, *Anwendung von vorgefertigten Bauteilen aus haufwerksporigem Leichtbeton mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung in Bauwerken*

DIN 18515-1, *Außenwandbekleidungen — Grundsätze für Planung und Ausführung — Teil 1: Angemörtelte Fliesen oder Platten*

DIN 18516-1, *Außenwandbekleidungen, hinterlüftet — Teil 1: Anforderungen, Prüfgrundsätze*

DIN 18516-3, *Außenwandbekleidungen, hinterlüftet — Teil 3: Naturwerkstein; Anforderungen, Bemessung*

DIN 18540, *Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen*

DIN 68800-1, *Holzschutz — Teil 1: Allgemeines*

DIN 4108-3:2018-10

DIN 68800-2:2012-02, *Holzschutz — Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau*

DIN EN 206, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

DIN EN 992, *Bestimmung der Trockenrohdichte von haufwerksporigem Leichtbeton*

DIN EN 1520, *Vorgefertigte Bauteile aus haufwerksporigem Leichtbeton und mit statisch anrechenbarer oder nicht anrechenbarer Bewehrung*

DIN EN 1992-1-1, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1996-1-1, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten — Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk*

DIN EN 12154, *Vorhangfassaden — Schlagregendichtheit — Leistungsanforderungen und Klassifizierung*

DIN EN 12208, *Fenster und Türen — Schlagregendichtheit — Klassifizierung*

DIN EN 12602, *Vorgefertigte bewehrte Bauteile aus dampfgehärtetem Porenbeton*

DIN EN 13162, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) — Spezifikation*

DIN EN 13165, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PU)*

DIN EN 13166, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Phenolharzschaum (PF) — Spezifikation*

DIN EN 13168, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzwolle (WW) — Spezifikation*

DIN EN 13171, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Werkmäßig hergestellte Produkte aus Holzfasern (WF) — Spezifikation*

DIN EN 13499, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus expandiertem Polystyrol — Spezifikation*

DIN EN 13500, *Wärmedämmstoffe für Gebäude — Außenseitige Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS) aus Mineralwolle — Spezifikation*

DIN EN 13986, *Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen — Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung*

DIN EN 15026:2007-07, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation; Deutsche Fassung EN 15026:2007*

DIN EN ISO 6946, *Bauteile — Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 7345, *Wärmeverhalten von Gebäuden und Baustoffen - Physikalische Größen und Definitionen*

DIN EN ISO 9229, *Wärmedämmung — Begriffe*

8

DIN EN ISO 9346, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Gebäuden und Baustoffen — Physikalische Größen für den Stofftransport — Begriffe*

DIN EN ISO 10211, *Wärmebrücken im Hochbau — Wärmeströme und Oberflächentemperaturen — Detaillierte Berechnungen*

DIN EN ISO 10456, *Baustoffe und Bauprodukte — Wärme- und feuchtetechnische Eigenschaften — Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte*

DIN EN ISO 12570, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Feuchtegehaltes durch Trocknen bei erhöhter Temperatur*

DIN EN ISO 12572, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit — Verfahren mit einem Prüfgefäß*

DIN EN ISO 13788, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen — Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren — Berechnungsverfahren*

DIN EN ISO 15148, *Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten — Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten bei teilweisem Eintauchen*

DIN EN ISO 15927-3, *Wärme- und feuchteschutztechnisches Verhalten von Gebäuden — Berechnung und Darstellung von Klimadaten — Teil 3: Berechnung des Schlagregenindexes für senkrechte Oberflächen aus stündlichen Wind- und Regendaten*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 18516-1, DIN EN 1996-1-1, DIN EN ISO 6946, DIN EN ISO 7345, DIN EN ISO 9229, DIN EN ISO 9346, DIN EN ISO 12572, DIN EN ISO 15148 und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe zur Wasserdampfdiffusion

3.1.1
Wasserdampfdiffusion
Wanderung von Wassermolekülen in einem Gasgemisch, z. B. Luft bzw. Luft in den Porenräumen von Baustoffen, aufgrund von Unterschieden im Wasserdampfpartialdruck

3.1.2
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl
μ
Quotient aus Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in Luft δ_0 und Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in einem Stoff δ:

$$\mu = \delta_0/\delta \tag{1}$$

3.1.3
wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke
s_d
Dicke d einer ruhenden Luftschicht, die den gleichen Wasserdampf-Diffusionswiderstand besitzt wie eine betrachtete Bauteilschicht bzw. ein aus Schichten zusammengesetztes Bauteil

$$s_\mathrm{d} = \mu \times d \tag{2}$$

Anmerkung 1 zum Begriff: Für mehrschichtige, ebene Bauteile gilt die Addition der einzelnen wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken der Einzelschichten.

3.1.4
diffusionsoffene Schicht
Bauteilschicht mit $s_d \leq 0{,}5$ m

3.1.5
diffusionsbremsende Schicht
Bauteilschicht mit 0,5 m $< s_d \leq 10$ m

3.1.6
diffusionshemmende Schicht
Bauteilschicht mit 10 m $< s_d \leq 100$ m

3.1.7
diffusionssperrende Schicht
Bauteilschicht mit 100 m $< s_d < 1\,500$ m

3.1.8
diffusionsdichte Schicht
Bauteilschicht mit sd $\geq 1\,500$ m

3.1.9
Schicht mit variablem s_d-Wert
Bauteilschicht, die ihren s_d-Wert in Abhängigkeit von der umgebenden relativen Luftfeuchte verändert

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch DIN 68800-2.

3.2 Begriffe zur kapillaren Wasseraufnahme

3.2.1
kapillare Wasseraufnahme
Aufnahme von flüssigem Wasser in ein benetzbares kapillarporöses Material bei Oberflächenkontakt mit flüssigem Wasser und aufgrund von kapillaren Saugspannungen im Material

3.2.2
Wasseraufnahmekoeffizient
W_w
kapillar aufgenommene Wassermasse bezogen auf die Wurzel aus der Zeit und auf die wasseraufnehmende Fläche (entspricht der benetzten Oberfläche eines Probekörpers beim Saugversuch)

3.3 Begriffe zur Wasserdampfkonvektion und Belüftung

3.3.1
Wasserdampfkonvektion
Transport von Wasserdampf mittels eines strömenden Gasgemisches, z. B. feuchte Luft, aufgrund von Luftdruckdifferenzen, z. B. durch Thermik oder Wind

3.3.2
belüftete Luftschicht
Luftschicht in einer Konstruktion, die mit der Außenluft über Zu- und Abluftöffnungen in Verbindung steht

3.3.3
nicht belüftete Luftschicht
Luftschicht in einer Konstruktion ohne oder mit einer nur dem Druckausgleich dienenden Verbindung zur Umgebungsluft

3.3.4
Luftdichtheit
Eigenschaft eines Baustoffes, eines Bauteils oder der Hülle eines Gebäudes, nicht oder nur in geringem Maße mit Luft durchströmt zu werden

[QUELLE: DIN 4108-7:2011-01, Begriff 3.4]

3.4 Begriffe zur Feuchtespeicherung

3.4.1
Ausgleichsfeuchte
Sorptionsfeuchte
Feuchtegehalt eines Baustoffs, der sich bei einer konstanten Temperatur (z. B. 23° C) und einer konstanten relativen Umgebungsfeuchte (z. B. 80 % oder 95 % relative Luftfeuchte) im Baustoff einstellt

3.4.2
Sättigungsgrad
Quotient aus Masse des Wassers in einem porösen Körper und der maximal möglichen Masse des Wassers (Sättigung)

3.5 Begriffe zur Bauteilkonstruktion

3.5.1
belüftetes Dach
Dachkonstruktion, bei der direkt oberhalb der Wärmedämmung eine Luftschicht angeordnet ist, die mit der Außenluft in Verbindung steht

3.5.2
nicht belüftetes Dach
Dachkonstruktion, bei der direkt oberhalb der Wärmedämmung keine Luftschicht angeordnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu nicht belüfteten Dächern gehören auch solche, die außenseitig im weiteren Dachaufbau zusätzliche belüftete Luftschichten haben.

3.5.3
Dachabdichtung
flächige, wasserdichte Schicht in der Dachkonstruktion

3.5.4
Dachdeckung
oberer Abschluss einer geneigten Dachkonstruktion aus überlappenden oder verfalzten Deckwerkstoffen

3.5.5
Nicht belüftete Dachdeckung
Dachdeckung auf flächiger Unterlage, z. B. Schalung

3.5.6
Belüftete Dachdeckung
Dachdeckung auf linienförmiger Unterlage, z. B. Lattung und Konterlattung

3.5.7
Hinterlüftete Außenwandbekleidung
Außenwandbekleidung, bei der raumseitig der Bekleidung und seiner Unterlage eine Luftschicht angeordnet ist, die über Öffnungen am oberen und unteren Abschluss mit der Außenluft in Verbindung steht

3.5.8
belüftete Außenwandbekleidung
Außenwandbekleidung, bei der raumseitig der Bekleidung und seiner Unterlage eine Luftschicht angeordnet ist, die über Öffnungen am unteren Abschluss mit der Außenluft in Verbindung steht

3.5.9
luftdurchlässige Außenwandbekleidung
Außenwandbekleidung aus klein- oder brettformatigen Bekleidungselementen (z. B. Schiefer), die überlappend auf linienförmiger Unterlage (z. B. Latten oder Metallprofile) gedeckt werden

3.5.10
Massivdecke
luftdichtes Bauteil aus mineralischen Materialien

4 Symbole, Einheiten und Indizes

4.1 Symbole und Einheiten

Für Zeichen, Größen und Einheiten siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Zeichen, Größen und Einheiten

Symbol	Größe	Einheit
G	Feuchteanfall im Raum	kg/h
M_c	Flächenbezogene Tauwassermasse	kg/m^2
M_{ev}	Flächenbezogene Verdunstungsmasse	kg/m^2
R	Wärmedurchlasswiderstand	$m^2 \cdot K/W$
R_{si}	Wärmeübergangswiderstand, raumseitig	$m^2 \cdot K/W$
R_{se}	Wärmeübergangswiderstand, außenseitig	$m^2 \cdot K/W$
R_v	Gaskonstante für Wasserdampf	$Pa \cdot m^3/(kg \cdot K)$
T	Thermodynamische Temperatur	K
V	Raumvolumen	m^3
W_w	Wasseraufnahmekoeffizient	$kg/(m^2 \cdot h^{0,5})$
Z_p	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand bezüglich Dampfteildruck	$m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$
Z_v	Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand bezüglich volumenbezogener Masse der Luftfeuchte	s/m
d	Schichtdicke	m
f_{Rsi}	Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche	–
g	Wasserdampfdiffusionsstromdichte	$kg/(m^2 \cdot s)$
n	Luftwechselrate	h^{-1}
p	Wasserdampfteildruck	Pa
q	Wärmestromdichte	W/m^2

Symbol	Größe	Einheit
s_d	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	m
t	Zeit	s bzw. h
u	Massebezogener Feuchtegehalt nach DIN EN ISO 12570	kg/kg bzw. %
w	Volumenbezogener Feuchtegehalt	kg/m^3
w_{80}	Ausgleichsfeuchte bei 80 % relative Luftfeuchte und 23 °C Umgebungsbedingungen	kg/m^3
w_{95}	Ausgleichsfeuchte bei 95 % relative Luftfeuchte und 23 °C Umgebungsbedingungen	kg/m^3
δ	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in einem Material	kg/(m·s·Pa)
δ_0	Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in ruhender Luft	kg/(m·s·Pa)
v	Volumenbezogene Masse der Luftfeuchte (absolute Luftfeuchte)	kg/m^3
Δv	Raumseitige Erhöhung der absoluten Luftfeuchte gegenüber außen	kg/m^3
Δp	Raumseitige Erhöhung des Wasserdampfteildruckes gegenüber außen	Pa
φ	Relative Luftfeuchte	–
λ	Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)
μ	Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	–
θ	Celsius-Temperatur	°C
Ψ_{por}	offene Porosität	m^3/m^3

4.2 Indizes

Für Indizes siehe Tabelle 2.

Tabelle 2 — Indizes

Index	Bedeutung
c	Kondensation
cr	Kritischer Wert
e	Außenluft
ev	Verdunstung
i	Raumluft
min	Mindestwert
s	Oberfläche
sat	Wert bei Sättigung
se	Außenseitige Oberfläche
si	Raumseitige Oberfläche

Index	Bedeutung
T	Gesamtwert für einen Bauteil

5 Vermeidung kritischer Luftfeuchten an Bauteiloberflächen und von Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

5.1 Kritische Luftfeuchte an Bauteiloberflächen

5.1.1 Allgemeine Anforderungen, Berechnungs- und Ausführungshinweise

Die Anforderungen zur Vermeidung kritischer Luftfeuchten an Bauteiloberflächen gelten, bei der hier zugrundeliegenden, stationären Betrachtungsweise, als erfüllt, wenn die für kritische oder schädigende Oberflächenwirkungen maßgebende relative Luftfeuchte an raumseitigen Oberflächen nicht erreicht bzw. überschritten wird. Als kritische Werte der relativen Luftfeuchte an Oberflächen gelten:

a) für Tauwasserbildung: $\varphi_{si,cr} = 1$ (entspricht 100 % relative Luftfeuchte);

b) für Schimmelpilzbildung: $\varphi_{si,cr} = 0{,}8$ (entspricht 80 % relative Luftfeuchte);

ANMERKUNG Es können weitere Anforderungen bestehen, z. B. zur Vermeidung von Korrosion auf metallischen Baustoffen.

Die dafür jeweils einzuhaltende niedrigste raumseitige Oberflächentemperatur $\theta_{si,min}$ ergibt sich aus den raumseitigen Klimarandbedingungen nach Gleichung (3).

$$p_{sat}(\theta_{si,min}) = \frac{p_i}{\varphi_{si,cr}} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{si,cr}} \times p_{sat}(\theta_i) \quad (3)$$

$\theta_{si,min}$ ist nach Anhang A zu bestimmen. Damit ergibt sich der Bemessungs-Temperaturfaktor nach Gleichung (3) als Kenngröße für die erforderliche Qualität des Wärmeschutzes eines Bauteils bei gegebenen beidseitigen Klimarand- und Wärmeübergangsbedingungen.

Zur Ermittlung des erforderlichen Wärmedurchlasswiderstandes des Bauteils nach DIN EN ISO 6946 sind Bemessungswerte aus DIN 4108-4, DIN EN ISO 10456 oder aus Produkt- bzw. Materialspezifikationen anzuwenden.

Weitere Angaben zu Festlegung von Klimarandbedingungen, Wärmeübergangswiderständen und zum Berechnungsverfahren gehen aus DIN EN ISO 13788, DIN EN ISO 6946 und DIN EN ISO 10211 hervor.

ANMERKUNG Bei thermisch trägen, z. B. erdberührten, Umschließungsbauteilen von nicht durchgehend beheizten Räumen besteht in der warmen Jahreszeit und bei natürlicher Belüftung die Gefahr der Tauwasserbildung an der raumseitigen Bauteiloberfläche.

5.1.2 Anforderungen, Berechnungs- und Ausführungshinweise für Wärmebrücken

Anforderungen, Randbedingungen für die Berechnung und Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung an raumseitigen Oberflächen im Bereich von Wärmebrücken sind in DIN 4108-2 aufgeführt. Für weitere Angaben zur Berechnung von Wärmebrücken siehe DIN EN ISO 10211.

Planungs- und Ausführungsbeispiele für Wärmebrücken sind in DIN 4108 Beiblatt 2 angegeben.

Weitere Angaben zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchten gehen aus DIN EN ISO 13788 hervor.

5.1.3 Hinweise für Fenster und Fenstertüren

Bei diesen Bauteilen gilt nach DIN EN ISO 13788 kurzfristiges Auftreten von Oberflächentauwasser als unkritisch.

5.2 Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

5.2.1 Allgemeines

Durch das im Winter vorherrschende Dampfdruckgefälle zwischen dem Innenraum von beheizten Gebäuden und der Außenluft kann es in dampfdurchlässigen Bauteilen zur Feuchteerhöhung bis hin zur Tauwasserbildung kommen. Allerdings entsteht sichtbares Tauwasser in der Praxis nur auf oder in Bauteilschichten, die den ankommenden Diffusionsstrom weder durch Sorption noch durch kapillares Saugen aufnehmen können. Die folgenden Anforderungen beziehen sich deshalb ausschließlich auf das hier beschriebene Periodenbilanzverfahren und können nicht auf Modelle, die das reale Temperatur- und Feuchteverhalten von Bauteilen abbilden (siehe Anhang D), übertragen werden.

Das A.2 zugrunde liegende Periodenbilanzverfahren zur Berechnung von Diffusionsvorgängen nach Glaser [6] ist nicht anwendbar bei:

— Konstruktionen von Räumen, die unbeheizt, gekühlt oder mit hoher Feuchtelast beaufschlagt sind (z. B. Schwimmbäder);

— erdberührten Bauteilen;

— Bauteilen zu unbeheizten Nebenräumen sowie Kellern;

— begrünten und bekiesten Dachkonstruktionen sowie solchen mit Plattenbelägen und Holzrosten;

— Innendämmung mit $R > 1{,}0\ m^2 \cdot K/W$ auf einschaligen Außenwänden mit ausgeprägten sorptiven und kapillaren Eigenschaften;

— zur Berechnung des natürlichen Austrocknungsverhaltens, wie z. B. im Fall der Abgabe von Rohbaufeuchte oder der Aufnahme von Niederschlagswasser;

— gedämmte, nicht belüftete Holzdachkonstruktionen mit Metalldachdeckung oder mit Abdichtung auf Schalung oder Beplankung ohne Hinterlüftung der Abdichtungs-/Deckunterlage.

Für die oben genannten Fälle wird auf Anhang D verwiesen.

ANMERKUNG Für Holzdachkonstruktionen mit Metalldachdeckung oder mit Abdichtung auf Schalung oder Beplankung ohne Hinterlüftung der Abdichtungs-/Deckunterlag siehe auch DIN 68800-2:2012-02, 7.5.

Das hier zugrunde liegende Periodenbilanzverfahren (auch „Glaser“-Verfahren) zur Berechnung von Diffusionsvorgängen nach Glaser ist eingeschränkt anwendbar bei Dachkonstruktionen die überwiegend verschattet sind oder eine sehr helle Oberfläche aufweisen (Absorptionsgrad $< 0{,}6$). Für diese Konstruktionen sind bei der Verdunstungsperiode die Klimabedingungen (Sättigungsdampfdrücke) für Wände anzunehmen. Soll ein anderes Verfahren als das Periodenbilanzverfahren zum Einsatz kommen, wird auf Anhang D verwiesen.

Bauteile, die durch innen- und außenseitige Schichten mit einem Wasserdampf-Diffusionswiderstand mit $s_d > 2$ m begrenzt sind, haben ein geringes Trocknungspotential; dasselbe gilt für innengedämmte Konstruktionen die durch innenseitige Schichten mit einem Wasserdampf-Diffusionswiderstand mit $s_d > 2$ m begrenzt sind. Bei solchen Konstruktionen besteht das Risiko, dass eingetragene Feuchte (z. B. konvektive Feuchte, erhöhte Einbaufeuchte, Regenfeuchte) nicht schnell genug wieder austrocknet und damit zu Schäden führt. Das Periodenbilanzverfahren berücksichtigt diese Effekte nicht.

Das Periodenbilanzverfahren ist ein modellhaftes Nachweis- und Bewertungsverfahren als Hilfsmittel für den Fachmann zur Beurteilung des klimabedingten Feuchteschutzes. Es bildet nicht die realen physikalischen Vorgänge in ihrer tatsächlichen zeitlichen Abfolge ab.

5.2.2 Anforderungen

Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen, die durch Erhöhung der Stofffeuchte von Bau- und Wärmedämmstoffen zu Materialschädigungen oder zu Beeinträchtigungen der Funktionssicherheit führt, ist zu vermeiden. Sie gilt als unschädlich, wenn die wesentlichen Anforderungen, z. B. Wärmeschutz, Standsicherheit, sichergestellt sind. Dies wird in der Regel erreicht, wenn die in a) bis d) aufgeführten Bedingungen erfüllt sind:

a) die Baustoffe, die mit Tauwasser in Berührung kommen, dürfen nicht geschädigt werden (z. B. durch Korrosion, Pilzbefall);

b) das während der Tauperiode im Innern des Bauteils anfallende Wasser muss während der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden können, d. h. $M_c \leq M_{ev}$;

c) bei Dächern und Wänden gegen Außenluft sowie bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen darf im Bauteilquerschnitt eine maximale flächenbezogene Tauwassermasse M_c von insgesamt 1,0 kg/m^2 (allgemein) bzw. 0,5 kg/m^2 (an Berührungsflächen von Schichten, von denen mindestens eine nicht kapillar wasseraufnahmefähig ist) nicht überschritten werden. Bei Holzbauteilen ist ggf. eine rechnerische Trocknungsreserve einzuhalten (siehe DIN 68800-2);

   ANMERKUNG Als kapillar nicht wasseraufnahmefähige Schichten gelten hier solche mit $W_w < 0{,}1$ kg/(m^{2}h^{0,5}). Dazu zählen z. B. Metalle, Folien, die überwiegende Zahl der Dämmstoffe aus Schaumkunststoffen oder Mineralwolle.

d) bei Holz ist eine Erhöhung des massebezogenen Feuchtegehaltes u um mehr als 5 %, bei Holzwerkstoffen um mehr als 3 % unzulässig. Diese Grenzen gelten nicht für Holzwolle-Leichtbauplatten und Mehrschicht-Leichtbauplatten nach DIN EN 13168.

Bei Nichterfüllen der Anforderungen darf mit Hilfe weiterführender Berechnungsmethoden nach Anhang D die Funktionsfähigkeit nachgewiesen werden.

5.2.3 Angaben zur Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmasse

Die Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmasse infolge von Diffusionsvorgängen ist nach Anhang A durchzuführen. Konvektionsbedingte Tauwasserbildung ist durch luftdichte Konstruktionen zu minimieren. Beispielhafte Konstruktionen finden sich in DIN 4108-7.

Tritt in der Berechnung nach Anhang A in mehreren Ebenen Tauwasser auf, ist die Summe der flächenbezogenen Tauwassermassen M_c für den Vergleich mit den Bedingungen nach 5.2.2 maßgebend.

5.2.4 Angaben zur Bewertung des Bauteils

Die Ergebnisse der Berechnungen sind entsprechend den folgenden Punkten a) bis d) anzugeben.

a) Eine Tauwasserbildung tritt nicht auf. In diesem Fall ist anzugeben, dass das Bauteil frei von Tauwasserbildung im Bauteilinneren ist.

b) Eine Tauwasserbildung tritt an einer oder an mehreren Schichtgrenzen auf.

In diesem Fall sind die an den Schichtgrenzen auftretenden Tauwassermassen einzeln und deren Summe anzugeben. Ferner ist zu überprüfen und zu vermerken, ob die Anforderungen nach 5.2.2 eingehalten werden.

c) Eine Tauwasserbildung tritt in einem Bereich auf.

In diesem Fall ist die im Bereich auftretende Tauwassermasse anzugeben. Ferner ist zu überprüfen und zu vermerken, ob die Anforderungen nach 5.2.2 eingehalten werden.

d) Bei Tauwasserausfall in mehr als einem Bereich ist analog 5.2.4 b zu verfahren.

Für die Bewertung der Ergebnisse gilt:

— tritt kein Tauwasser auf oder werden die Anforderungen nach 5.2.2 erfüllt, ist das Bauteil diffusionstechnisch zulässig;

— tritt Tauwasser auf und werden die Anforderungen nach 5.2.2 auch teilweise nicht erfüllt, ist das Bauteil diffusionstechnisch nicht zulässig.

5.3 Bauteile, für die kein rechnerischer Tauwassernachweis erforderlich ist

5.3.1 Allgemeines

Für die nachfolgend aufgeführten Bauteile mit ausreichendem Wärmeschutz nach DIN 4108-2 und luftdichter Ausführung nach DIN 4108-7 für nicht klimatisierte Wohn- oder wohnähnlich genutzte Räume ist kein rechnerischer Nachweis des Tauwasserausfalls infolge Wasserdampfdiffusion erforderlich, da kein Tauwasserrisiko besteht oder das Periodenbilanzverfahren für die Beurteilung nicht geeignet ist.

Die Belange des konstruktiven Holzschutzes sind in DIN 68800-2 geregelt.

5.3.2 Außenwände und Bodenplatten

5.3.2.1 Wände aus Mauerwerk oder Beton

Wände aus Mauerwerk nach DIN EN 1996-1-1, Wände aus Normalbeton nach DIN EN 206 bzw. DIN 1045-2, Wände aus gefügedichtem Leichtbeton nach DIN 1045-2, DIN EN 206 und DIN EN 1992-1-1, Wände aus haufwerksporigem Leichtbeton nach DIN 4213, DIN EN 992 und DIN EN 1520, jeweils mit Innenputz und einer der folgenden Außenschichten:

— wasserabweisender Außenputz nach Tabelle 6;

— Außendämmungen nach DIN 4108-10 oder wasserabweisender Wärmedämmputz nach Tabelle 4 oder durch ein nach DIN EN 13499 oder DIN EN 13500 genormtes Wärmedämm-Verbundsystem;

— Verblendmauerwerk nach DIN EN 1996-1-1;

— angemörtelte Außenwandbekleidungen nach DIN 18515-1 bei einem Fugenanteil von mindestens 5 %;

— hinterlüftete Außenwandbekleidungen nach DIN 18516-1 mit und ohne Wärmedämmung;

— einseitig belüftete Außenwandbekleidungen mit einer Lüftungsöffnung von 100 cm^2/m;

— kleinformatige luftdurchlässige Außenwandbekleidungen mit und ohne Belüftung.

5.3.2.2 Wände mit Innendämmung

Wände ohne Schlagregenbeanspruchung, wie unter 5.3.2.1, mit einem Wärmedurchlasswiderstand der Innendämmung von $R \leq 0{,}5\ m^2 \cdot K/W$. Bei einem Wärmedurchlasswiderstand der Wärmedämmschicht von $0{,}5 < R \leq 1{,}0\ m^2 \cdot K/W$ ist ein Wert $s_{d,i} \geq 0{,}5$ m der Wärmedämmschicht einschließlich der raumseitigen Bekleidung erforderlich; das Einströmen von Raumluft in bzw. hinter die Innendämmung ist durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.

5.3.2.3 Wände in Holzbauart nach DIN 68800-2

Wände in Holzbauart in den unter a) bis e) genannten Konstruktionsvarianten:

Bei den Konstruktionen ist besonders auf den Schlagregenschutz zu achten; Durchdringungen, Anschlüsse bspw. von Fensterbänken sind dauerhaft dicht und sicher auszuführen.

a) beidseitig bekleidete oder beplankte Wände in Holzbauart mit vorgehängten Außenwandbekleidungen mit raumseitiger diffusionshemmender Schicht $s_{d,i} \geq 2{,}0$ m und außenseitiger diffusionsoffener Schicht $s_{d,e} \leq 0{,}3$ m oder Holzfaserdämmplatte nach DIN EN 13171. Dies gilt auch für nicht belüftete Außenwandbekleidungen aus kleinformatigen Elementen, wenn auf der äußeren Beplankung eine zusätzliche wasserableitende Schicht mit $s_{d,e} \leq 0{,}3$ m aufgebracht ist;

b) raumseitig bekleidete oder beplankte Wände in Holzbauart mit raumseitiger diffusionshemmender Schicht $s_{d,i} \geq 2{,}0$ m und mit Wärmedämm-Verbundsystemen aus mineralischem Faserdämmstoff nach DIN EN 13162 oder Holzfaserdämmplatten nach DIN EN 13171 und einem wasserabweisenden Putzsystem mit $s_d \leq 0{,}7$ m;

c) beidseitig bekleidete oder beplankte Wände in Holzbauart mit raumseitiger diffusionshemmender Schicht $s_{d,i} \geq 2{,}0$ m sowie mit einer äußeren Beplankung $s_d \leq 0{,}3$ m in Verbindung mit einem Wärmedämm-Verbundsystem aus mineralischem Faserdämmstoff nach DIN EN 13162 oder Holzfaserdämmplatten nach DIN EN 13171 sowie einem wasserabweisenden Putzsystem mit $s_d \leq 0{,}7$ m;

d) beidseitig bekleidete oder beplankte Elemente mit Wärmedämm-Verbundsystem aus Polystyrol oder Mauerwerk-Vorsatzschalen nach DIN 68800-2:2012-02, Anhang A;

e) Massivholzbauart mit vorgehängten Außenwandbekleidungen oder Wärmedämm-Verbundsystemen nach DIN 68800-2:2012-02, Anhang A.

5.3.2.4 Holzfachwerkwände mit raumseitiger Luftdichtheitsschicht

Holzfachwerkwände mit raumseitiger Luftdichtheitsschicht und

a) wärmedämmender Ausfachung (Sichtfachwerk) sowie einer wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicke der Innenbekleidung von $1\ m \leq s_{d,i} \leq 2$ m;

b) Innendämmung (über Fachwerk und Gefach) auf Wände ohne Schlagregenbeanspruchung mit einem Wärmedurchlasswiderstand $R \leq 0{,}5\ m^2 \cdot K/W$. Bei einem Wärmedurchlasswiderstand der Wärmedämmschicht von $0{,}5 < R \leq 1{,}0\ m^2 \cdot K/W$ ist ein Wert $1\ m \leq s_{d,i} \leq 2$ m der Wärmedämmschicht einschließlich der raumseitigen Bekleidung erforderlich; das Einströmen von Raumluft in bzw. hinter die Innendämmung ist durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden;

c) Außendämmung (über Fachwerk und Gefach) als genormtes Wärmedämm-Verbundsystem oder Wärmedämmputz, wobei die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke der genannten äußeren Konstruktionsschichten $s_{d,e} \leq 2$ m ist, oder mit hinterlüfteter Außenwandbekleidung.

5.3.2.5 Erdberührte Kelleraußenwände mit Bauwerksabdichtung

Erdberührte Kelleraußenwände mit Bauwerksabdichtung, aus einschaligem wärmedämmendem Mauerwerk oder Mauerwerk/Beton mit Perimeterdämmung.

5.3.2.6 Bodenplatten mit Perimeterdämmung mit Bauwerksabdichtung

Bodenplatten mit Perimeterdämmung mit Bauwerksabdichtung, wobei der Anteil der raumseitigen Schichten am Gesamtwärmedurchlasswiderstand der Bodenplatte nicht mehr als 20 % betragen darf.

5.3.3 Dächer

5.3.3.1 Allgemeines

Dachdeckungen müssen regensicher sein. Kennzeichnend dafür sind die sich überlappenden Deckwerkstoffe, z. B. Dachziegel, Dachsteine, Schiefer, Metallbleche und die Einhaltung der Regeldachneigung. Bei Dächern mit Dachdeckungen müssen in der Regel zusätzliche regensichernde Maßnahmen, z. B. Unterdächer, Unterdeckungen, Unterspannungen, geplant und ausgeführt werden.

Dachabdichtungen müssen wasserdicht sein. Kennzeichnend für Dachabdichtungen sind die wasserdicht verbundenen Dachabdichtungswerkstoffe, z. B. Bitumenbahnen, Kunststoffbahnen, Elastomerbahnen, Flüssigkunststoffe. Dachabdichtungen müssen bis zur Oberkante der An- und Abschlüsse wasserdicht sein. Dies erfordert auch wasserdichte Anschlüsse an Dachdurchdringungen sowie die Einhaltung bestimmter Anschlusshöhen (siehe [5]).

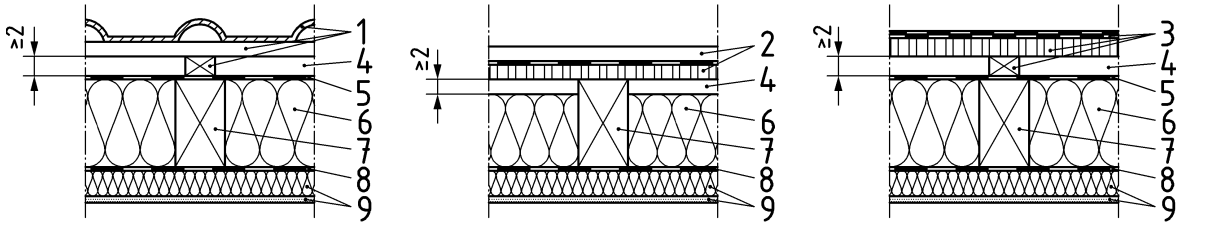
ANMERKUNG 1 Ausführungen von belüfteten Dächern und nicht belüfteten Dächern sind unter anderem in [11] und in Bezug auf den Holzschutz in DIN 68800-2 zu finden.

ANMERKUNG 2 Bei nicht belüfteten Dächern mit äußeren diffusionshemmenden Wärmedämmschichten mit $s_{d,e} \geq 2{,}0$ m trocknet erhöhte Baufeuchte oder später — z. B. durch Undichtheiten — eingedrungene Feuchte nur schlecht oder gar nicht aus. Es ist bei diesen Konstruktionen zu beachten, dass zwischen den inneren diffusionshemmenden Wärmedämmschichten ($s_{d,i}$) und den äußeren diffusionshemmenden Wärmedämmschichten ($s_{d,e}$) bzw. der äußeren Dachabdichtung Holz oder Holzwerkstoffe nur bis zu der jeweiligen zulässigen Materialfeuchte eingebaut werden.

Belüftete Luftschichten von Dächern und belüftete Dachdeckungen müssen bei Dachneigungen $\geq 5°$ mindestens folgende Eigenschaften aufweisen:

— die Höhe des freien Lüftungsquerschnittes innerhalb des Dachbereiches muss mindestens 2 cm betragen (siehe Bild 1) und muss sich über die ganze Fläche erstrecken. Bedingt durch Bautoleranzen oder Einbauten kann diese freie Lüftungshöhe lokal eingeschränkt sein. Insgesamt muss aber eine Belüftung gewährleistet werden. Zur Sicherstellung von Belüftungsquerschnitten können auch mechanische Vorrichtungen oder Hilfskonstruktionen eingesetzt werden.

Maße in Zentimeter



Legende

1 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung)
2 nicht belüftete Dachdeckung mit zusätzlicher belüfteter Luftschicht (Deckung auf Konterlattung, Schalung und Vordeckung)
3 Dachabdichtung mit zusätzlicher belüfteter Luftschicht (Dachabdichtung auf Konterlattung und Schalung)
4 belüftete Luftschicht
5 regensichernde Zusatzmaßnahme, Unterdeckbahn
6 Zwischensparrendämmung
7 Sparren
8 Schicht zur Begrenzung des Diffusionsstroms
9 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 1 — Höhe des freien Lüftungsquerschnitts von belüfteten Dachdeckungen und belüfteten Luftschichten bei Dachneigungen ≥ 5°

— der freie Lüftungsquerschnitt an den Traufen bzw. an Traufe und Pultdachabschluss muss mindestens 2 ‰ der zugehörigen geneigten Dachfläche (siehe Bild 2), mindestens jedoch 200 cm^2/m betragen.

— an First und Grat sind Mindestlüftungsquerschnitte von 0,5 ‰ der zugehörigen geneigten Dachflächen (siehe Bild 2) erforderlich, mindestens jedoch 50 cm^2/m.

Maße in Meter

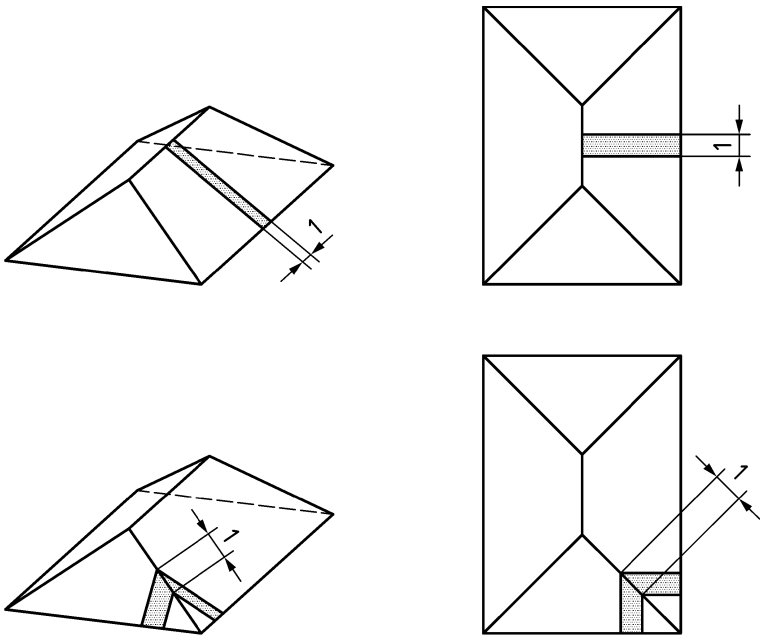


Bild 2 — Zugehörige Dachfläche je Meter Traufe und Grat

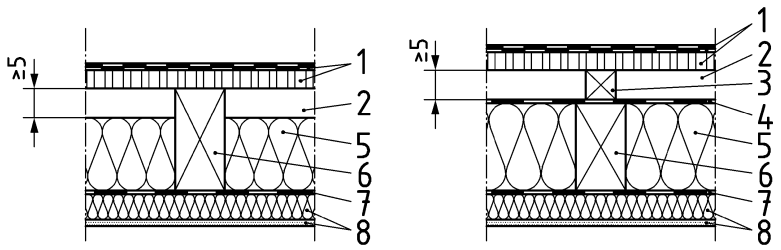
Belüftete Luftschichten von Dächern müssen bei Dachneigungen < 5° mindestens folgende Eigenschaften aufweisen:

— die Sparren-/Luftraumlänge (Entfernung von Zu- und Abluftöffnung) muss ≤ 10 m lang sein;

— die Mindestlüftungsquerschnitte an mindestens zwei gegenüberliegenden Dachrändern müssen mindestens 2 ‰ der zugehörigen geneigten Dachfläche betragen, mindestens jedoch 200 cm^2/m;

— die Höhe des freien Lüftungsquerschnittes innerhalb des Dachbereiches über der Wärmedämmschicht muss mindestens 2 ‰ der zugehörigen geneigten Dachfläche betragen, mindestens jedoch 5 cm (siehe Bild 3). Die freie Lüftungshöhe muss sichergestellt sein, damit die Belüftung sichergestellt ist. Dazu sind eine freie Anströmung der Öffnungen, eine durchgehende Luftschicht und die Beachtung von Materialtoleranzen erforderlich.

Maße in Zentimeter



Legende

1 Dachabdichtung auf Schalung
2 belüftete Luftschicht
3 Konterlatte/-holz
4 Unterdeckbahn
5 Zwischensparrendämmung
6 Sparren
7 Schicht zur Begrenzung des Diffusionsstroms
8 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

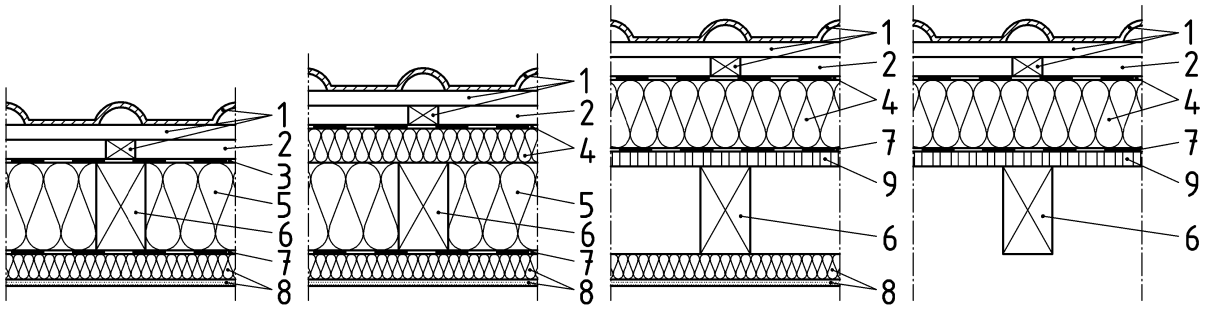
Bild 3 — Höhe des freien Lüftungsquerschnitts von belüfteten Luftschichten bei Dachneigungen < 5°

5.3.3.2 Nicht belüftete Dächer

Der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteilschichten unterhalb einer raumseitigen diffusionshemmenden oder diffusionsdichten Schicht darf bei Dächern ohne rechnerischen Nachweis höchstens 20 % des Gesamtwärmedurchlasswiderstandes betragen (bei Dächern mit nebeneinander liegenden Bereichen unterschiedlichen Wärmedurchlasswiderstandes ist der Gefachbereich zugrunde zu legen).

Folgende nicht belüftete Dächer bedürfen keines rechnerischen Nachweises:

a) nicht belüftete Dächer nach Bild 4 bei Einhaltung der Tabelle 3



Legende

1 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung) oder nicht belüftete Dachdeckung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachdeckung auf Konterlattung, Schalung und Vordeckung) oder Dachabdichtung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachabdichtung auf Konterlattung und Schalung)
2 belüftete Luftschicht nach 5.3.3.1
3 $s_{d,e}$ Unterdeckung, ggf. einschließlich Schalung
4 $s_{d,e}$ Unterdeckung und Aufsparrendämmung
5 Zwischensparrendämmung
6 Sparren
7 $s_{d,i}$
8 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung
9 Schalung

Bild 4 — Nicht belüftete Dächer mit Zwischensparrendämmung und ggf. Aufsparrendämmung und nicht belüftete Dächer mit Aufsparrendämmung

Tabelle 3 — Zuordnung der s_d-Werte für Dächer nach Bild 4

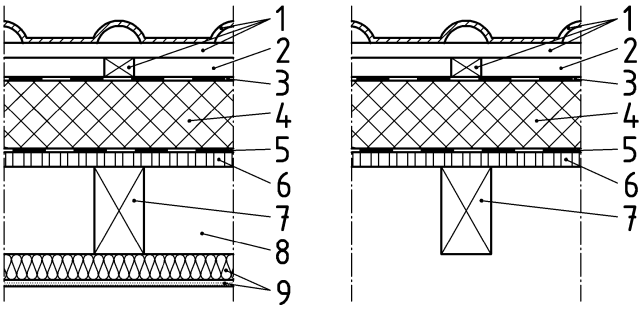
Zeile	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke m	
	außen $s_{d,e}$[a]	innen $s_{d,i}$[b]
1	$\leq 0{,}1$	$\geq 1{,}0$
2	$0{,}1 < s_{d,e} \leq 0{,}3$	$\geq 2{,}0$
3	$0{,}3 < s_{d,e} \leq 2{,}0$	$\geq 6 \cdot s_{d,e}$

[a] $s_{d,e}$ ist die Summe der Werte der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken aller Schichten, die sich oberhalb der Wärmedämmschicht befinden bis zur ersten belüfteten Luftschicht.

[b] $s_{d,i}$ ist die Summe der Werte der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken aller Schichten, die sich unterhalb der Wärmedämmschicht befinden.

b) nicht belüftete Dächer nach Bild 5 bei Einhaltung der Tabelle 4

Bild 5 und Tabelle 4 gelten nicht für Bauteile bei denen sich Holz oder Holzwerkstoffe zwischen $s_{d,e}$ und $s_{d,i}$ befinden.



Legende

1 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung) oder nicht belüftete Dachdeckung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachdeckung auf Konterlattung, Schalung und Vordeckung) oder Dachabdichtung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachabdichtung auf Konterlattung und Schalung)
2 belüftete Luftschicht nach 5.3.3.1
3 $s_{d,e}$ Unterdeckung
4 Aufsparrendämmung
5 $s_{d,i}$
6 Schalung
7 Sparren
8 Luftschicht
9 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 5 — Nicht belüftete Dächer mit Aufsparrendämmung

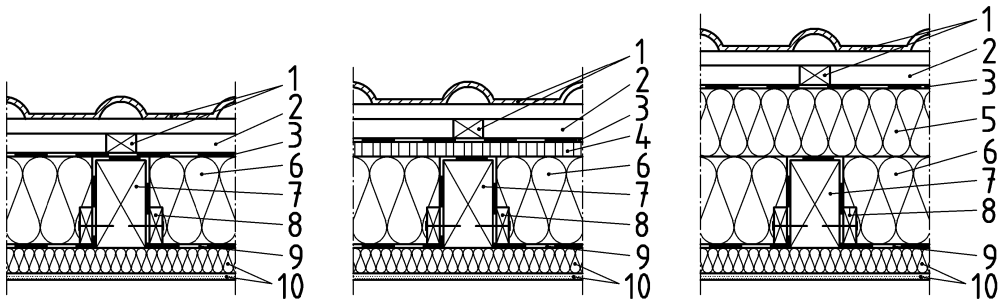
Tabelle 4 — Zuordnung der s_d-Werte für Dächer nach Bild 5

Zeile	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke m	
	außen $s_{d,e}$[a]	innen $s_{d,i}$[b]
1	≤ 0,5	≥ 10
2	> 0,5	≥ 100

[a] $s_{d,e}$ ist die Summe der Werte der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken aller Schichten, die sich oberhalb der Wärmedämmschicht befinden bis zur ersten belüfteten Luftschicht.

[b] $s_{d,i}$ ist die Summe der Werte der wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken aller Schichten, die sich unterhalb der Wärmedämmschicht befinden.

c) nicht belüftete Dächer bei bestehenden Dachkonstruktionen nach Bild 6 bei Einhaltung der Tabelle 5



Legende

1 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung) oder nicht belüftete Dachdeckung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachdeckung auf Konterlattung, Schalung und Vordeckung) oder Dachabdichtung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachabdichtung auf Konterattung und Schalung)
2 belüftete Luftschicht nach 5.3.3.1
3 Unterdeckung $s_d \leq 0{,}5$ m
4 Vollholz-Brettschalung, Nenndicke ≤ 24 mm
5 Aufsparrendämmung
Holzfaser nach DIN EN 13171,
Mineralwolle nach DIN EN 13162,
PU mineralvlieskaschiert nach DIN EN 13165 mit einer Mindestdicke von 50 mm
Phenolharz-Hartschaumdämmung nach DIN EN 13166 mit einer Mindestdicke von 50 mm
6 Mineralwolle-Zwischensparrendämmung, 12 cm ≤ Dämmschichtdicke ≤ 20 cm
7 Holzsparren, 12 cm ≤ Sparrenhöhe ≤ 20 cm
8 durchgehende lineare Anpressung
9 Schicht mit variablem s_d-Wert nach Tabelle 5
10 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 6 — Nicht belüftete, bestehende Dächer mit von außen in das Gefach eingelegter und über den Sparren geführter Schicht mit variablem s_d-Wert

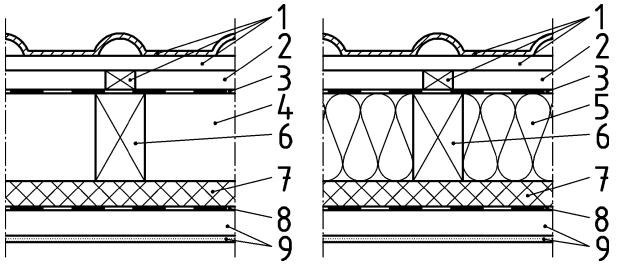
Tabelle 5 — Anforderungen an Schichten mit variablem s_d-Wert für Dächer nach Bild 6

Zeile	Art der diffusionshemmenden Schicht	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke m
1	Schichten mit variablem Wasserdampfdiffusionswiderstand	$s_{d,feucht} \leq 0{,}5$ m (gemessen bei einer mittleren Umgebungsluftfeuchte von 90 % ± 2 %)
2		2,0 m ≤ $s_{d,trocken}$ ≤ 10,0 m (gemessen bei einer mittleren Umgebungsluftfeuchte von 25 % ± 2 %)

d) nicht belüftete Dächer nach Bild 7

— Der Wert $s_{d,i}$ muss mindestens 10 m betragen.

— Der Wert $s_{d,e}$ darf maximal 0,5 m betragen.



Legende

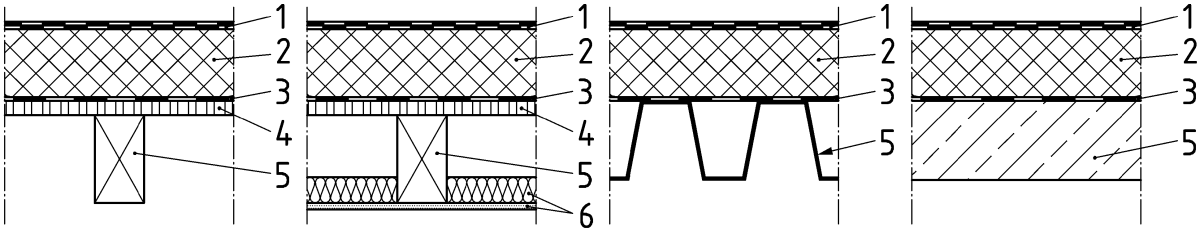
1 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung) oder nicht belüftete Dachdeckung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachdeckung auf Konterlattung, Schalung und Vordeckung) oder Dachabdichtung mit darunterliegender belüfteter Luftschicht (Dachabdichtung auf Konterlattung und Schalung)
2 belüftete Luftschicht nach 5.3.3.1
3 $s_{d,e}$ (Unterdeckung)
4 Luftschicht
5 Zwischensparrendämmung
6 Sparren
7 Untersparrendämmung (diffusionsdicht)
8 $s_{d,i}$
9 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 7 — Nicht belüftete Dächer mit diffusionsdichter Untersparrendämmung, ggf. in Kombination mit Zwischensparrendämmung

e) nicht belüftete Dächer mit Dachabdichtung nach Bild 8

— Der Wert $s_{d,i}$ muss mindestens 100 m betragen. Bei diffusionssperrenden oder diffusionsdichten Dämmstoffen auf Massivdecken kann ggf. auf eine zusätzliche diffusionshemmende Schicht verzichtet werden.

— Zwischen der Schicht $s_{d,i}$ und der Dachabdichtung dürfen sich weder Holz noch Holzwerkstoffe befinden.



Legende

1 Dachabdichtung
2 Aufdach-/Aufsparrendämmung
3 $s_{d,i}$
4 Schalung
5 Tragkonstruktion (z. B. Holzbalken, Stahltrapezblech, Stahlbeton)
6 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 8 — Nicht belüftete Dächer mit Dachabdichtung

f) nicht belüftete Dächer aus Porenbeton nach DIN EN 12602, mit Dachabdichtung und ohne diffusionshemmende Schicht an der Unterseite und ohne zusätzliche Wärmedämmung

g) nicht belüftete Dächer mit Dachabdichtung und Wärmedämmung oberhalb der Dachabdichtung, so genannte „Umkehrdächer“ nach DIN 4108-2 und DIN 4108-10

5.3.3.3 Belüftete Dächer

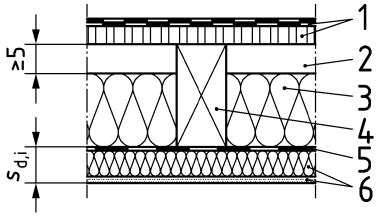
Folgende belüftete Dächer bedürfen keines rechnerischen Nachweises:

a) belüftete Dächer mit einer Dachneigung < 5° und einer Luftraumlänge (Sparrenlänge) von maximal 10 m nach Bild 9

— Der Wert $s_{d,i}$ muss mindestens 100 m betragen.

— Der Wärmedurchlasswiderstand raumseitig der Schicht 5 nach Bild 9 darf maximal 20 % des Gesamtwärmedurchlasswiderstandes betragen.

Maße in Zentimeter



Legende

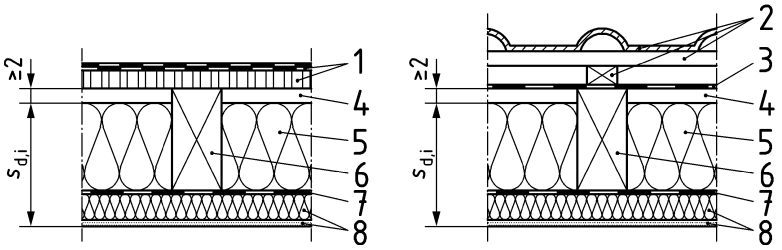
1 Dachabdichtung auf Schalung
2 belüftete Luftschicht nach 5.3.3.1
3 Zwischensparrendämmung
4 Sparren
5 Schicht zur Begrenzung des Diffusionsstroms
6 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 9 — Belüftete Dächer mit einer Dachneigung < 5°

b) belüftete Dächer mit einer Dachneigung ≥ 5° nach Bild 10

— Der Wert $s_{d,i}$ muss mindestens 2 m betragen.

Maße in Zentimeter



Legende

1 nicht belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Schalung und Vordeckung) oder Dachabdichtung (Dachabdichtung auf Schalung)
2 belüftete Dachdeckung (Dachdeckung auf Trag- und Konterlattung)
3 Unterspannung
4 Belüftungsebene
5 Zwischensparrendämmung
6 Sparren
7 Schicht zur Begrenzung des Diffusionsstroms
8 raumseitige Bekleidung mit Unterkonstruktion, ggf. inkl. Dämmung

Bild 10 — Belüftete Dächer mit einer Dachneigung ≥ 5°

6 Schlagregenschutz von Wänden

6.1 Allgemeines

Schlagregenbeanspruchungen von Wänden entstehen bei Regen und gleichzeitiger Windanströmung auf die Fassade. Das auftreffende Regenwasser kann durch kapillare Saugwirkung der Oberfläche in die Wand aufgenommen werden oder infolge des Staudrucks z. B. über Risse, Spalten oder fehlerhafte Abdichtungen in die Konstruktion eindringen. Die erforderliche Abgabe des aufgenommenen Wassers durch Verdunstung, z. B. über die Außenoberfläche, darf nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

Der Schlagregenschutz einer Wand zur Begrenzung der kapillaren Wasseraufnahme und zur Sicherstellung der Verdunstungsmöglichkeiten kann durch konstruktive Maßnahmen (z. B. Außenwandbekleidung, Verblendmauerwerk, Schutzschichten im Inneren der Konstruktion) oder durch Putze bzw. Beschichtungen erzielt werden. Die zu treffenden Maßnahmen richten sich nach der Intensität der Schlagregenbeanspruchung, die durch Wind und Niederschlag sowie durch die örtliche Lage und die Gebäudeart bestimmt wird (siehe dazu Festlegungen zu den Beanspruchungsgruppen in 6.2 sowie Beispiele für die Zuordnung konstruktiver Ausführungen in 6.4).

6.2 Beanspruchungsgruppen

6.2.1 Allgemeines

Zur überschlägigen Ermittlung der Beanspruchungsgruppen ist die Übersichtskarte zur Schlagregenbeanspruchung nach Bild 11 zu verwenden. Lokale Abweichungen sind möglich und müssen im Einzelfall berücksichtigt werden. Wenn die Beanspruchungsgruppe aus Bild 11 nicht klar hervorgeht, ist immer der höhere Wert anzunehmen.

6.2.2 Beanspruchungsgruppe I — geringe Schlagregenbeanspruchung

In der Regel gilt diese Beanspruchungsgruppe für Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen unter 600 mm sowie für besonders windgeschützte Lagen auch in Gebieten mit größeren Niederschlagsmengen.

6.2.3 Beanspruchungsgruppe II — mittlere Schlagregenbeanspruchung

In der Regel gilt diese Beanspruchungsgruppe für Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen von 600 mm bis 800 mm oder für windgeschützte Lagen auch in Gebieten mit größeren Niederschlagsmengen sowie für Hochhäuser oder für Häuser in exponierter Lage in Gebieten, die aufgrund der regionalen Regen- und Windverhältnisse einer geringen Schlagregenbeanspruchung zuzuordnen wären.

6.2.4 Beanspruchungsgruppe III — starke Schlagregenbeanspruchung

In der Regel gilt diese Beanspruchungsgruppe für Gebiete mit Jahresniederschlagsmengen über 800 mm oder für windreiche Gebiete auch mit geringeren Niederschlagsmengen (z. B. Küstengebiete, Mittel- und Hochgebirgslagen, Alpenvorland) sowie für Hochhäuser oder für Häuser in exponierter Lage in Gebieten, die aufgrund der regionalen Regen- und Windverhältnisse einer mittleren Schlagregenbeanspruchung zuzuordnen wären.

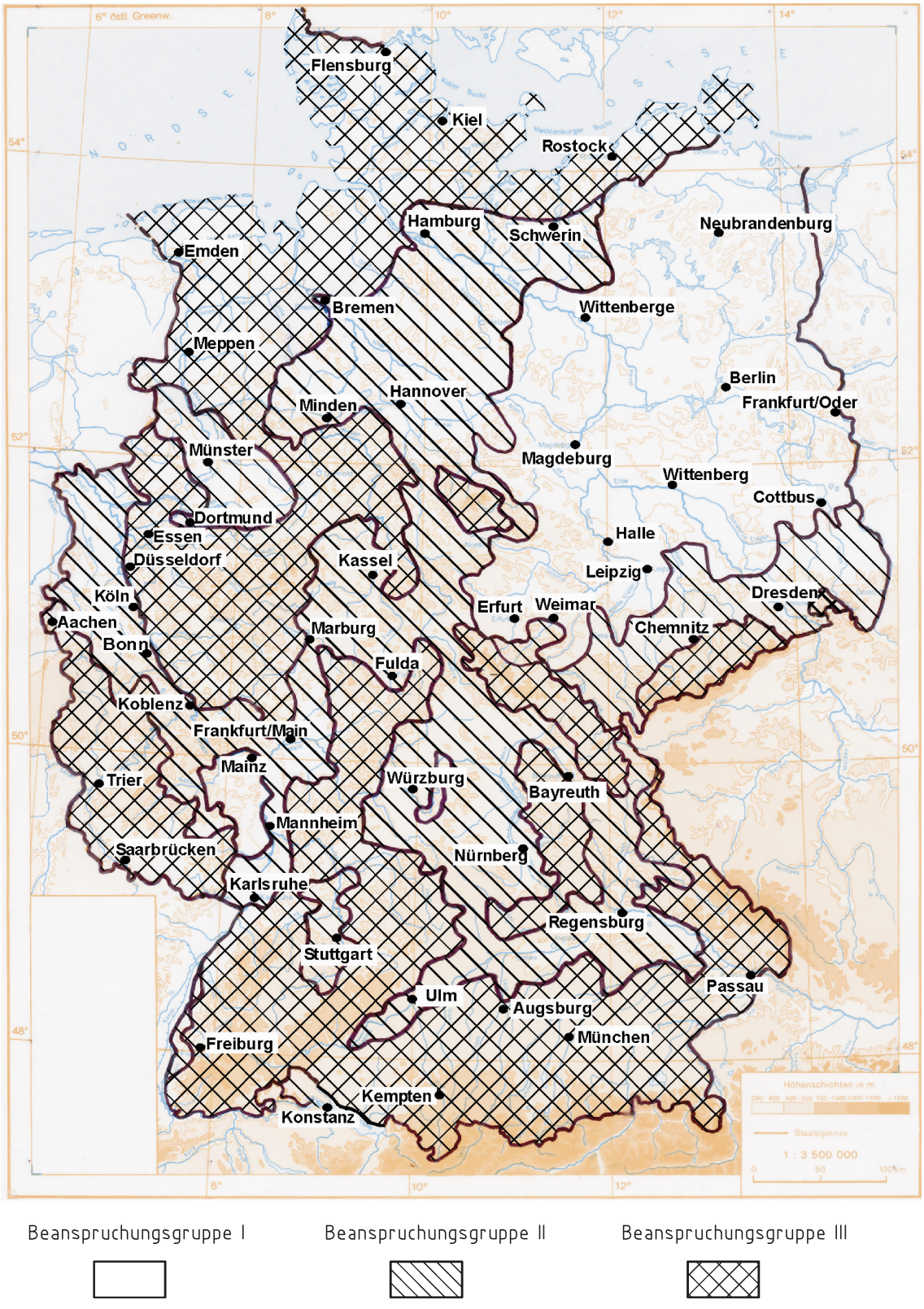


Bild 11 — Übersichtskarte zur Schlagregenbeanspruchung in der Bundesrepublik Deutschland
(Datengrundlage: Deutscher Wetterdienst)

6.3 Putze und Beschichtungen

Die Regenschutzwirkung von Putzen und Beschichtungen an Fassaden wird durch deren Wasseraufnahmekoeffizienten W_w, zu bestimmen nach DIN EN ISO 15148, deren wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d, zu bestimmen nach DIN EN ISO 12572, und durch das Produkt aus beiden Größen ($W_w \cdot s_d$) nach Tabelle 6 definiert.

Tabelle 6 — Kriterien für den Regenschutz von Putzen und Beschichtungen[1)]

Kriterien für den Regenschutz	Wasseraufnahmekoeffizient	Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke	Produkt
	W_w	s_d	$W_w \cdot s_d$
	$kg/(m^2 \cdot h^{0,5})$	m	$kg/(m \cdot h^{0,5})$
wasserabweisend	$W_w \leq 0,5$	$\leq 2,0$	$\leq 0,2$
Bei innengedämmten Wänden siehe auch [16] und [17].			

6.4 Beispiele und Hinweise zur Erfüllung des Schlagregenschutzes

6.4.1 Außenwände

Beispiele für die Anwendung von Wandbauarten in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung sind in Tabelle 7 angegeben. Andere Bauausführungen entsprechend gesicherten praktischen Erfahrungen sind ebenso zulässig.

1) Siehe hierzu auch DIN 18550-1.

Tabelle 7 — Beispiele für die Zuordnung von Wandbauarten und Beanspruchungsgruppen

Zeile	Beanspruchungsgruppe I	Beanspruchungsgruppe II	Beanspruchungsgruppe III
	Schlagregenbeanspruchung		
	geringe	mittlere	starke
1	Außenputz ohne besondere Anforderungen an den Schlagregenschutz auf	Wasserabweisender Außenputz nach Tabelle 6 auf	
	— Außenwänden aus Mauerwerk, Wandbauplatten, Beton u. ä. — sowie verputzten außenseitigen Wärmebrückendämmungen		
2	Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 31 cm (mit Innenputz)	Einschaliges Sichtmauerwerk mit einer Dicke von 37,5 cm (mit Innenputz)	Zweischaliges Verblendmauerwerk mit Luftschicht und Wärmedämmung oder mit Kerndämmung (mit Innenputz)
3	Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten		Außenwände mit im Dickbett oder Dünnbett angemörtelten Fliesen oder Platten nach DIN 18515-1 mit wasserabweisendem Ansetzmörtel
4	Außenwände mit gefügedichter Betonaußenschicht		
5	Wände mit hinterlüfteten Außenwandbekleidungen[a]		
6	Wände mit Außendämmung, z. B. Wärmedämmputz-, Wärmedämm-Verbundsystem		
7	Außenwände in Holzbauart mit Wetterschutz nach DIN 68800-2		

[a] Offene Fugen zwischen den Bekleidungsplatten beeinträchtigen den Regenschutz nicht.

6.4.2 Fugen und Anschlüsse

Der Schlagregenschutz eines Gebäudes muss auch im Bereich der Fugen und Anschlüsse sichergestellt sein. Zur Erfüllung dieser Anforderungen können Fugen und Anschlüsse entweder durch Fugendichtstoffe (siehe auch DIN 18540), Dichtbänder, Folien oder durch konstruktive Maßnahmen gegen Schlagregen abgedichtet werden. Beispiele für die Anwendung von Fugenabdichtungen sind in Abhängigkeit von der Schlagregenbeanspruchung in Tabelle 8 angegeben.

Die Möglichkeit der Wartung von Fugen, einschließlich der Fugen von Anschlüssen, ist vorzusehen.

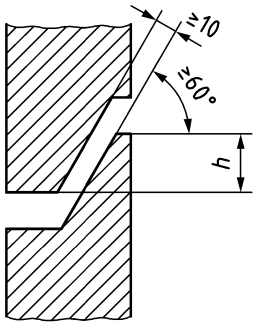
Bei Außenwandbekleidungen ist nach DIN 18515-1, DIN 18516-1 und DIN 18516-3 zu verfahren.

Tabelle 8 — Beispiele für die Zuordnung von Fugenabdichtungsarten und Beanspruchungsgruppen

Zeile	Fugenart	Beanspruchungsgruppe I	Beanspruchungsgruppe II	Beanspruchungsgruppe III
		Schlagregenbeanspruchung		
		geringe	mittlere	starke
1	Vertikalfugen	Konstruktive Fugenausbildung[a]		
2		Fugen nach DIN 18540[a]		
3	Horizontalfugen	Offene, schwellenförmige Fugen, Schwellenhöhe $h \geq 60$ mm (siehe Bild 12)	Offene, schwellenförmige Fugen, Schwellenhöhe $h \geq 80$ mm (siehe Bild 12)	Offene, schwellenförmige Fugen, Schwellenhöhe $h \geq 100$ mm (siehe Bild 12)
4		Fugen nach DIN 18540 mit zusätzlichen konstruktiven Maßnahmen, z. B. mit Schwellenhöhe $h \geq 50$ mm		

[a] Fugen nach DIN 18540 dürfen nicht bei Bauten in einem Bergsenkungsgebiet verwendet werden. Bei Setzungsfugen ist die Verwendung nur dann zulässig, wenn die Verformungen bei der Bemessung der Fugenmaße berücksichtigt werden.

Maße in Millimeter



Legende

h Schwellenhöhe,
unterer Schwellenbereich (links) nach außen, oberer Schwellenbereich (rechts) nach innen

Bild 12 — Schematische Darstellung offener, schwellenförmiger Fugen

6.4.3 Fenster, Außentüren, Vorhangfassaden

Die Schlagregendichtheit wird geregelt:

— für Fenster und Außentüren nach DIN EN 12208;

— für Vorhangfassaden nach DIN EN 12154.

7 Hinweise zur Luftdichtheit

Wände und Dächer müssen luftdicht sein, um eine Durchströmung und Mitführung von Raumluftfeuchte, die zu Tauwasserbildung in der Konstruktion führen kann, zu unterbinden. Dies gilt auch für Anschlüsse und Durchdringungen (z. B. Wand/Dach, Schornstein/Dach) sowie bei Installationen (z. B. Steckdosen) und Einbauteilen.

Querströmungen in Belüftungsschichten innerhalb einer Konstruktion zwischen unterschiedlich beheizten Räumen oder unterschiedlich besonnten Flächen (z. B. Attikabereiche) sind zu vermeiden, z. B. durch Abschottung, da sie zu einer Umlagerung von Feuchte führen können. Zur Luftdichtheit von Bauteilen im Sinne dieser Norm wird auf DIN 4108-7 verwiesen.

Anhang A
(normativ)

Berechnungsverfahren zur Vermeidung kritischer Luftfeuchten an Bauteiloberflächen und zur Bestimmung von Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

A.1 Kritische Luftfeuchte an Bauteiloberflächen

A.1.1 Allgemeines

Um kritische Werte der Luftfeuchte an Oberflächen nach 5.1.1 zu vermeiden, ist dafür zu sorgen, dass ausreichende Wärmedurchlasswiderstände der Konstruktion eingehalten werden. Der erforderliche Wärmeschutz ergibt sich aus dem resultierenden kritischen Mindestwert für die Temperatur der raumseitigen Oberfläche, welche durch die Temperatur und die relative Luftfeuchte der Raumluft sowie durch den kritischen Wert der relativen Luftfeuchte an der Bauteiloberfläche bestimmt wird.

Der erforderliche Mindestwert der Temperatur auf der raumseitigen Bauteiloberfläche kann grundsätzlich nach Gleichung (A.1) berechnet werden:

$$\theta_{si,min} = \frac{237{,}3 \cdot ln\left(\frac{p_{sat,si}}{610{,}5}\right)}{17{,}269 - ln\left(\frac{p_{sat,si}}{610{,}5}\right)} \tag{A.1}$$

mit

$$p_{sat,si} = \frac{\varphi_i}{\varphi_{si,cr}}\, p_{sat,i} = \frac{p_i}{\varphi_{si,cr}}$$

Dabei ist

$\theta_{si,min}$ der Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur, in °C;

$p_{sat,si}$ der Sättigungsdampfdruck für den kritischen Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur, in Pa;

$p_{sat,i}$ der Sättigungsdampfdruck für die Raumlufttemperatur, in Pa;

φ_i die relative Raumluftfeuchte, in %;

p_i der Wasserdampfteildruck der Raumluft, in Pa;

$\varphi_{si,cr}$ der kritische Wert der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Oberfläche, in %.

ANMERKUNG Gleichung (A.1) gilt für Raum- und Oberflächentemperaturen über 0 °C und für Wasserdampfteildrücke über 610,5 Pa.

Der erforderliche Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur zur Einhaltung eines bestimmten kritischen Höchstwertes der relativen Luftfeuchte an der raumseitigen Oberfläche kann näherungsweise auch mit Hilfe der folgenden Tabellen A.1 und A.2 in Abhängigkeit von den Raumklimabedingungen bzw.

vom Wasserdampfteildruck der Raumluft und der kritischen relativen Luftfeuchte an der Oberfläche bestimmt werden.

Tabelle A.1 — Teildruck für Wasserdampf in Luft in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte

Temperatur °C	**Wasserdampfteildruck** Pa **bei einer relativen Luftfeuchte** %													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
30	1272	1484	1696	1908	2120	2332	2544	2756	2968	3180	3392	3604	3816	4028
29	1201	1401	1601	1801	2002	2202	2402	2602	2802	3002	3203	3403	3603	3803
28	1133	1322	1511	1700	1889	2078	2267	2455	2644	2833	3022	3211	3400	3589
27	1069	1247	1425	1603	1782	1960	2138	2316	2494	2672	2851	3029	3207	3385
26	1008	1176	1344	1512	1680	1848	2016	2184	2352	2520	2688	2856	3024	3191
25	950	1108	1266	1425	1583	1741	1900	2058	2216	2374	2533	2691	2849	3008
24	895	1044	1193	1342	1491	1640	1789	1938	2088	2237	2386	2535	2684	2833
23	842	983	1123	1264	1404	1544	1685	1825	1965	2106	2246	2387	2527	2667
22	793	925	1057	1189	1321	1453	1585	1718	1850	1982	2114	2246	2378	2510
21	746	870	994	1119	1243	1367	1491	1616	1740	1864	1988	2113	2237	2361
20	701	818	935	1052	1168	1285	1402	1519	1636	1753	1870	1986	2103	2220
19	659	769	878	988	1098	1208	1318	1427	1537	1647	1757	1867	1977	2086
18	619	722	825	928	1031	1135	1238	1341	1444	1547	1650	1753	1857	1960
17	581	678	775	871	968	1065	1162	1259	1356	1452	1549	1646	1743	1840
16	545	636	727	818	909	1000	1090	1181	1272	1363	1454	1545	1636	1726
15	511	597	682	767	852	937	1023	1108	1193	1278	1364	1449	1534	1619
14	479	559	639	719	799	879	959	1039	1118	1198	1278	1358	1438	1518
13	449	524	599	674	748	823	898	973	1048	1123	1198	1272	1347	1422
12	421	491	561	631	701	771	841	911	981	1051	1121	1192	1262	1332
11	394	459	525	590	656	722	787	853	918	984	1050	1115	1181	1246
10	368	430	491	552	614	675	736	798	859	920	982	1043	1105	1166

Tabelle A.2 — Mindestwerte der raumseitigen Oberflächentemperaturen in Abhängigkeit vom Wasserdampfteildruck der Raumluft und vom kritischen Höchstwert der relativen Luftfeuchte an der Oberfläche

Dampfdruck Pa	**Mindestwert der Oberflächentemperatur** °C **für eine kritische relative Luftfeuchte an der Oberfläche** %					
	50	60	70	80	90	100
3000	36,2	32,9	30,2	27,9	25,9	24,1
2900	35,6	32,3	29,6	27,3	25,3	23,5
2800	34,9	31,7	29,0	26,7	24,7	23,0
2700	34,3	31,0	28,4	26,1	24,1	22,4
2600	33,6	30,4	27,7	25,4	23,5	21,7
2500	32,9	29,7	27,0	24,8	22,8	21,1
2400	32,2	29,0	26,3	24,1	22,2	20,4
2300	31,4	28,3	25,6	23,4	21,5	19,7
2200	30,6	27,5	24,9	22,7	20,7	19,0
2100	29,8	26,7	24,1	21,9	20,0	18,3
2000	29,0	25,9	23,3	21,1	19,2	17,5
1900	28,1	25,0	22,4	20,3	18,4	16,7
1800	27,2	24,1	21,6	19,4	17,5	15,9
1700	26,2	23,1	20,6	18,5	16,6	15,0
1600	25,2	22,2	19,6	17,5	15,7	14,0
1500	24,1	21,1	18,6	16,5	14,7	13,0
1400	23,0	20,0	17,5	15,4	13,6	12,0
1300	21,7	18,8	16,3	14,3	12,5	10,9
1200	20,4	17,5	15,1	13,0	11,2	9,7
1100	19,0	16,1	13,7	11,7	9,9	8,4
1000	17,5	14,7	12,3	10,3	8,5	7,0
900	15,9	13,0	10,7	8,7	7,0	5,5
800	14,0	11,2	8,9	7,0	5,3	3,8
700	12,0	9,2	7,0	5,1	3,4	1,9

Bezüglich des Berechnungsverfahrens für die Bemessung des erforderlichen Wärmeschutzes ist zu unterscheiden zwischen ebenen, thermisch homogenen Bauteilen und Bauteilen mit geometrischen oder konstruktionsbedingten Wärmebrücken.

A.1.2 Berechnung für ebene, thermisch homogene Bauteile

Tauwasser- und Schimmelpilzbildung auf der Innenoberfläche ebener, thermisch homogener Bauteile wird im Falle üblich genutzter Räume vermieden, wenn die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz für massive bzw. leichte Bauteile nach DIN 4108-2 eingehalten werden.

Abweichend von den dabei zugrunde liegenden standardisierten Raumklimabedingungen sind die Mindestwerte für raumseitige Oberflächentemperaturen nach A.1.1 zu ermitteln. Als kritische Werte für die relative Luftfeuchte an raumseitigen Oberflächen zur Vermeidung von Tauwasser- bzw. von Schimmelpilzbildung oder anderer Effekte können dazu die Werte nach 5.1.1 $\varphi_{si,cr} = 1$ bzw. $\varphi_{si,cr} = 0{,}8$ oder nach anderen Bedingungen herangezogen werden.

Der mindestens erforderliche Wärmedurchlasswiderstand R_{min} eines ebenen, thermisch homogenen Bauteils ohne Wärmebrücken zur Vermeidung von kritischen Luftfeuchten an der Innenoberfläche wird nach Gleichung (A.2) ermittelt.

$$R_{min} = \frac{R_{si}}{1 - f_{Rsi,min}} - (R_{si} + R_{se}) \qquad \text{(A.2)}$$

mit

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Dabei ist

$\theta_{si,min}$ der Mindestwert der raumseitigen Oberflächentemperatur;

$f_{Rsi,min}$ der Bemessungs-Temperaturfaktor für die raumseitige Oberfläche;

R_{si} ,R_{se} der raumseitige und außenseitige Wärmeübergangswiderstand.

Unter Annahme der standardisierten Klimarandbedingungen, wie sie in DIN 4108-2 für den Nachweis zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken zugrunde gelegt werden, ergeben sich folgende Bemessungs-Temperaturfaktoren als Grenzwerte für die raumseitige Oberfläche zur Vermeidung verschiedener kritischer Luftfeuchtezustände an raumseitigen Bauteiloberflächen:

$f_{Rsi,min}$	= 0,57	zur Vermeidung von Tauwasserbildung	(mit $\varphi_{si,cr} = 1$;	entspricht 100 % relative Luftfeuchte)
	= 0,70	zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung	(mit $\varphi_{si,cr} = 0{,}8$;	entspricht 80 % relative Luftfeuchte)
	= 0,88	als Beispiel zur Vermeidung von materialspezifischen Korrosionsvorgängen	(für das Beispiel mit $\varphi_{si,cr} = 0{,}6$;	entspricht 60 % relative Luftfeuchte)

A.1.3 Berechnung im Bereich von Wärmebrücken

Für den rechnerischen Nachweis des erforderlichen Mindestwertes der raumseitigen Oberflächentemperatur in Bezug auf Schimmelpilzbildung im Bereich von Wärmebrücken sind die dafür maßgebenden Randbedingungen in DIN 4108-2 angegeben. Für die Berechnung von anderen kritischen Oberflächentemperaturen, z. B. bezüglich Tauwasser oder Korrosion, ist analog zu verfahren. Im Gegensatz zu thermisch homogenen Bauteilen ist hier nach speziellen Verfahren zur thermischen Wärmebrückenberechnung (siehe

auch DIN EN ISO 10211) die raumseitige Oberflächentemperatur für die ungünstigste Stelle des Wärmebrückenbereiches mit den in DIN 4108-2 dafür angegebenen Randbedingungen zu ermitteln, damit der Temperaturfaktor f_{Rsi} zu bilden und dieser mit den Bemessungs-Temperaturfaktoren $f_{Rsi,min}$ je nach zu betrachtendem kritischen Fall, z. B. $f_{Rsi,min} = 0{,}7$ zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung nach DIN 4108-2, abzugleichen. Gegebenenfalls ist die Konstruktion im Bereich der Wärmebrücke so zu verbessern, dass der Bemessungs-Temperaturfaktor eingehalten wird.

A.2 Tauwasserbildung im Inneren von Bauteilen

A.2.1 Allgemeine Angaben zur Berechnung

Zur Berechnung diffusionsbedingter Tauwasser- und Verdunstungswassermassen in ebenen Bauteilquerschnitten wird in DIN EN ISO 13788 ein Monatsbilanzverfahren für eindimensionale Diffusionsströme angegeben. Dieses Verfahren erfordert die Vorgabe von realitätsnahen Monatsmittelwerten für einen Jahresgang der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte als Klimarandbedingung am Standort und ermittelt gegebenenfalls dadurch bedingte Tauwasserakkumulationen im Bauteil nach einem Jahreszyklus. In dieser Norm erfolgt die Umsetzung der DIN EN ISO 13788 durch das Periodenbilanzverfahren, das nachfolgend beschrieben wird.

Dieses Periodenbilanzverfahren führt zu einer Berechnung der diffusionsbedingten Tauwasser- und Verdunstungsmassen in ebenen Bauteilquerschnitten. Dieses Verfahren geht von der vereinfachten Vorgabe so genannter Blockklima-Randbedingungen als Prüfbedingung für je eine idealisierte Tauwasserperiode (Winterfall, konstant) und eine idealisierte Verdunstungsperiode (Sommerfall, konstant) aus.

Bei inhomogenen Konstruktionen, wie Skelett-, Ständer- oder Rahmenbauweisen sowie bei Holzbalken-, Sparren- oder Fachwerkkonstruktionen o. ä. sind die eindimensionalen Diffusionsberechnungen nur für den Gefachbereich nachzuweisen.

Ausnahmefälle sind Konstruktionen, bei denen z. B. die diffusionshemmende Schicht auch abschnittsweise über den Außenbereich verlegt wird oder Bauteile mit einer stärkeren Innendämmung ($R_{ID}/R_{ges} > 0{,}3$) über der inhomogenen Konstruktion. In diesen Fällen wird auf Anhang D verwiesen.

Das Verfahren in dieser Norm geht davon aus, dass das an Schichtgrenzen auftretende Tauwasser in diesen Tauwasserebenen verbleibt. In der Praxis kann das Tauwasser in die Schichten zu beiden Seiten der Schichtgrenze eindringen.

A.2.2 Randbedingungen

Im Rahmen der erforderlichen nationalen Festlegung von Klimarandbedingungen für die Verfahren sind die Klimawerte für das Periodenbilanzverfahren in dieser Norm nach Tabelle A.3 zu verwenden.

Bei der Anwendung des Monatsbilanzverfahrens gelten für die Wärmeübergangswiderstände zur Berechnung der Temperaturverteilungen die Festlegungen nach DIN EN ISO 6946.

Bei der Anwendung des Periodenbilanzverfahrens sind in allen vier Fällen der Tauwasserberechnung nach A.2.5 zur Bestimmung der Temperaturverteilungen die folgenden Wärmeübergangswiderstände anzusetzen:

— $R_{si} = 0{,}25\ m^2 \cdot K/W$;

— $R_{se} = 0{,}04\ m^2 \cdot K/W$.

Tabelle A.3 — Klimabedingungen für die Beurteilung der Tauwasserbildung und Verdunstung im Inneren von Bauteilen

Klima	Temperatur	Relative Luftfeuchte	Wasserdampf-teildruck	Dauer		
	θ	φ	p	t		
	°C	%	Pa	d	h	s
	Tauperiode von Dezember bis Februar					
Innenklima	20	50	1 168	90	2 160	$7\,776 \cdot 10^3$
Außenklima	−5	80	321			
Verdunstungsperiode von Juni bis August[a]						
Wasserdampfteildruck Innenklima			1 200	90	2 160	$7\,776 \cdot 10^3$
Wasserdampfteildruck Außenklima			1 200			
Sättigungsdampfdruck im Tauwasserbereich: — Wände, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abschließen; Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen			1 700			
— Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abschließen			2 000			

[a] In der Verdunstungsperiode werden im Rahmen des Periodenbilanzverfahrens nicht die Temperaturen und Luftfeuchten, sondern nur die gerundeten Wasserdampfteildrücke als Klimarandbedingung vorgegeben.

A.2.3 Hinweise zu Stoffeigenschaften

Die in DIN 4108-4, DIN EN ISO 10456 aufgeführte Angabe von zwei μ-Werten deckt Streubreiten bzw. praktisch auftretende unterschiedliche Feuchtezustände ab. Im Rechenverfahren ist der für die jeweilige Schichtposition in der Tauperiode ungünstigere μ-Wert anzuwenden, welcher dann auch für die Verdunstungsperiode beizubehalten ist.

Für außenseitig auf Bauteilen bzw. außenseitig von Wärmedämmungen vorhandene Schichten mit nach DIN EN ISO 12572 ermittelten wasserdampfdiffusionsäquivalenten Luftschichtdicken $s_d < 0{,}1$ m ist in der Berechnung $s_d = 0{,}1$ m anzusetzen. Bei dazwischen liegenden Schichten mit $s_d < 0{,}1$ m ist die Konstruktion mit $s_d = 0$ und $s_d = 0{,}1$ m zu untersuchen und der kritischere Fall zu bewerten.

ANMERKUNG Die nach DIN EN ISO 12572 ermittelten s_d-Werte < 0,1 m beinhalten eine hohe Messunsicherheit.

Der Wärmedurchlasswiderstand R für Luftschichten ist aus DIN EN ISO 6946 zu entnehmen. Der s_d-Wert für ruhende bzw. als ruhend anzunehmende Luftschichten ist konstant mit 0,01 m anzusetzen, unabhängig von Neigung und Dicke der Luftschicht.

A.2.4 Vorgehensweise

Für den Nachweis der Tauwasserfreiheit bzw. der Zulässigkeit rechnerisch festgestellter Tauwassermassen in einem Bauteil infolge der zugrunde zu legenden Klimabedingungen darf

— nach dem Monatsbilanzverfahren nach DIN EN ISO 13788

— oder alternativ, im Regelfall bei Außenbauteilen normal genutzter, nicht klimatisierter Räume, nach dem nachfolgend beschriebenen Periodenbilanzverfahren

vorgegangen werden.

ANMERKUNG Bis zur nationalen Festlegung von Außenklima-Randbedingungen für das Monatsbilanzverfahren nach DIN EN ISO 13788 sollte für den Nachweis das nachfolgend beschriebene Periodenbilanzverfahren oder ein Verfahren nach Anhang D verwendet werden.

Für die Klimabedingungen der Tauperiode werden zunächst die Temperatur- und die Sättigungsdampfdruckverteilungen nach DIN EN ISO 13788 berechnet bzw. graphisch ermittelt (siehe hierzu auch die Beispielrechnungen im Anhang B). Um festzustellen, ob eine Tauwasserbildung auftritt oder nicht, ist die Wasserdampfdruckverteilung im Bauteil ebenfalls rechnerisch oder graphisch zu bestimmen und aus dem Abgleich mit der Sättigungsdampfdruckverteilung ggf. die Ebene mit Tauwasserbildung zu ermitteln. Im Falle eines Tauwasserausfalles im Querschnitt ist eine physikalisch korrekte rechnerische Bestimmung der realen Dampfdruckverteilung auf einfachem Wege nicht mehr möglich, weshalb sich dann auch eine graphische Bestimmung anbietet.

Unter der vereinfachenden Annahme, dass der Verlauf der Sättigungsdampfdruckkurve in Einzelschichten oder Teilschichten von Einzelschichten mit genügend kleinem thermischen Widerstand (R-Wert) als Gerade zwischen den Sättigungsdampfdruckwerten an den Schichtgrenzen dargestellt werden kann, ist eine rein rechnerische Vorgehensweise mit praktisch ausreichender Genauigkeit möglich und zulässig. Wie beim graphischen Verfahren darf schrittweise rechnerisch die Dampfdruckverteilung im s_d-Diagramm von einer Oberfläche aus, als tangierender Polygonzug, an die Sättigungsdampfdruckwerte an den Schichtgrenzen gelegt werden, sofern eine Überschneidung mit der Sättigungsdampfdruckkurve beim Versuch der geradlinigen Verbindung zwischen den Dampfdruck-Randbedingungswerten an beiden Oberflächen überhaupt auftreten würde.

Dazu ist vorab die Berechnung der Temperaturen an den Oberflächen und an den Schichtgrenzen erforderlich, um die Werte der Sättigungsdampfdrücke an diesen Stellen bestimmen zu können (siehe Anhang C). Mit den geradlinigen Verbindungen dieser Werte ist die Sättigungsdampfdruckverteilung darzustellen. Für die Ermittlung der Dampfdruckverteilung, die sich im Falle ohne Überschneidung mit dem Kurvenzug der Sättigungsdampfdruckverteilung im s_d-Maßstab als Gerade über den Gesamtquerschnitt und im Fall des Tangierens der Sättigungsdampfdruckverteilung als Polygonzug darstellt, sind die Dampfdruckwerte der Klimarandbedingungen nach Tabelle A.3 für die innere und äußere Oberfläche anzuwenden.

Die Sättigungsdampfdruckwerte werden aus den berechneten ungerundeten Temperaturwerten nach den entsprechenden Gleichungen in Anhang C bestimmt. Bei der Angabe von Temperaturwerten werden diese auf eine Nachkommastelle gerundet, Sättigungsdampfdruckwerte werden ohne Nachkommastelle angegeben.

Auf diese Weise lassen sich die eventuellen Stellen des Tauwasserausfalls lokalisieren. Mit Hilfe des Polygonzugs der Dampfdruckverteilung werden, je nachdem ob er sich an einer oder an zwei Schichtgrenzen oder über eine ganze Schicht an den Sättigungsdampfdruck anlegt, die Tauwassermassen an diesen Stellen oder in diesen Bereichen ermittelt.

Im Vorfeld der Bewertung einer Tauwasserberechnung nach dem Periodenbilanzverfahren ist Folgendes zu berücksichtigen:

— Wird für die Tauperiode Dezember bis Februar keine Tauwasserbildung festgestellt, dann ist das Bauteil als frei von Tauwasser und als diffusionstechnisch zulässig zu bezeichnen. Der Nachweis ist damit abgeschlossen;

— Wird für die Tauperiode Dezember bis Februar eine Tauwasserbildung festgestellt, ist die Tauwassermenge nach A.2.5 zu berechnen und zu überprüfen, ob die Anforderungen nach 5.2.2 eingehalten werden.

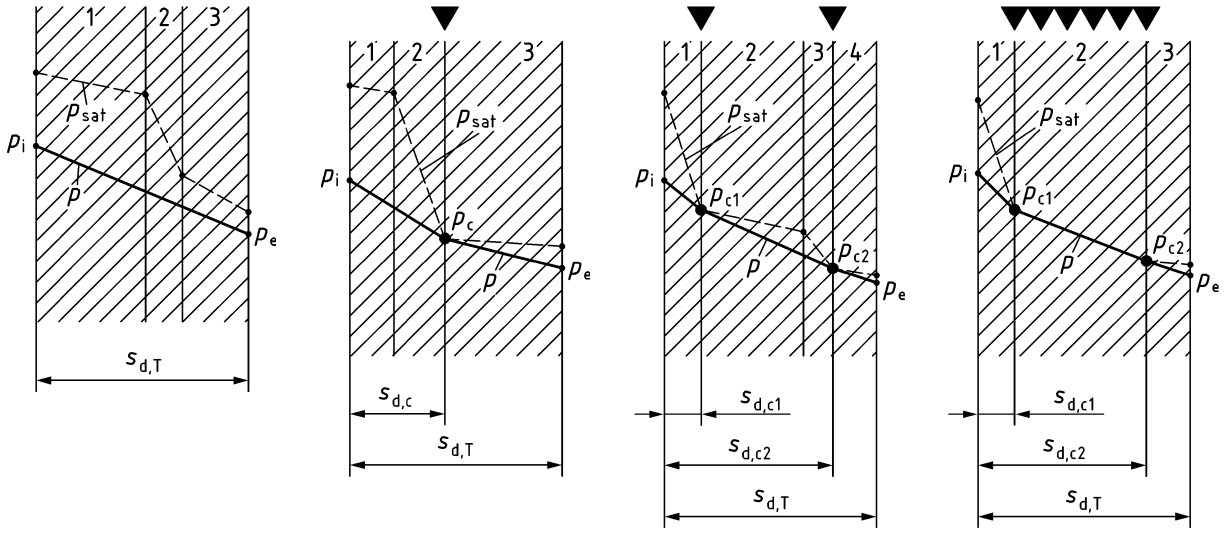
Für die Überprüfung, ob das in der Tauperiode ausgefallene Tauwasser in der anschließenden Verdunstungsperiode wieder vollständig abgegeben werden kann, ist die zur Berechnung der Tauwassermassen festgelegte Schichteinteilung des Bauteilquerschnittes im s_d-Maßstab mit den gleichen s_d-Werten sowie gegebenenfalls auch mit den vorgenommenen Unterteilungen einzelner Schichten bei größeren *R*-Werten auch für die Berechnung der Verdunstungsmassen beizubehalten.

A.2.5 Tauwasserbildung und Berechnung der Tauwassermasse

A.2.5.1 Allgemeines

Tauwasserbildung kann im Inneren von Bauteilen nur dann auftreten, wenn Wasserdampfdiffusion infolge unterschiedlicher Dampfdrücke auf beiden Seiten des Bauteils stattfindet, ein Temperaturgefälle über den Bauteilquerschnitt vorhanden ist und der Wasserdampfteildruck im Bauteilinneren den Sättigungszustand erreicht. Um festzustellen, ob und an welcher Stelle im Querschnitt Tauwasser ausfällt, ist die Verteilung des Wasserdampfteildruckes, wie in A.2.4 erläutert, mit der Verteilung des Sättigungsdampfdruckes über den Querschnitt zu vergleichen. Für den Vergleich werden die beiden Dampfdruckverteilungen im so genannten Diffusionsdiagramm dargestellt, wobei auf der Abszisse die s_d-Werte der Einzelschichten nacheinander von Oberfläche zu Oberfläche und auf der Ordinate die Dampfdrücke aufgetragen werden.

Die möglicherweise in einem mehrschichtigen Außenbauteil während der Tauperiode auftretenden Varianten der Tauwasserbildung im Bauteilquerschnitt sind in vier systematischen Fällen a bis d anhand der entsprechenden Diffusionsdiagramme in Bild A.1 angegeben.



a) kein Tauwasserausfall | b) Tauwasserausfall in einer Ebene | c) Tauwasserausfall in zwei Ebenen | d) Tauwasserausfall in einem Bereich

Legende

p_i Dampfdruck an der raumseitigen Oberfläche nach Tabelle A.3, in Pa;
p_e Dampfdruck an der außenseitigen Oberfläche nach Tabelle A.3, in Pa;
p_c Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene, in Pa;
$s_{d,T}$ Summe der s_d-Werte aller Einzelschichten des Bauteils, in m;
$s_{d,c}$ Summe der s_d-Werte aller Einzelschichten von der Innenoberfläche bis zur Tauwasserebene, in m.

Bild A.1 — Diffusionsdiagramme für vier systematische Fälle a bis d der Tauwasserbildung im Querschnitt eines Außenbauteils

Zur Berechnung der in einer Tauwasserebene ausfallenden Tauwassermasse ist die Tauwasserrate g_c als Differenz der zu einer Schichtgrenze hin und der von dort weg diffundierenden Wasserdampfstromdichten zu ermitteln.

Die Tauwassermasse je Flächeneinheit M_c im Winter ergibt sich aus der Multiplikation der Tauwasserrate g_c mit der Dauer der Tauperiode t_c nach Tabelle A.3.

ANMERKUNG Die Lage der Sättigungsdampfdrücke p_c, p_{c1} und p_{c2} wird aus dem Diffusionsdiagramm entnommen, die zugehörigen Druck- und s_d-Werte werden zweckmäßigerweise in einem zugrunde gelegten tabellarischen Diffusionsschema für das zu untersuchende Bauteil vorab zusammengefasst (siehe Beispiele in Anhang B).

Die Bestimmung der Tauwassermassen ist nach A.2.5.2 bis A.2.5.5 durchzuführen.

A.2.5.2 Fall a — Kein Tauwasserausfall im Bauteilquerschnitt

Der vorhandene Wasserdampfteildruck im Bauteilquerschnitt ist an jeder Stelle niedriger als der Sättigungsdampfdruck. Es fällt kein Tauwasser aus.

A.2.5.3 Fall b — Tauwasserausfall in einer Ebene

In einem Bauteil mit Tauwasserbildung in einer Ebene (Schichtgrenze) ist die Tauwassermasse in dieser Tauwasserebene nach den Gleichungen (A.3) und (A.4) zu berechnen.

$$g_c = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_c}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right) \quad (A.3)$$

$$M_c = g_c \cdot t_c \quad (A.4)$$

A.2.5.4 Fall c — Tauwasserausfall in zwei Ebenen

In einem Bauteil mit Tauwasserbildung in zwei Ebenen (Schichtgrenzen) sind die Tauwassermassen in den beiden Tauwasserebenen nach den Gleichungen (A.5) bis (A.8) zu berechnen. Danach gilt für

— Tauwasserebene c_1:

$$g_{c1} = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_{c1}}{s_{d,c1}} - \frac{p_{c1} - p_{c2}}{s_{d,c2} - s_{d,c1}} \right) \quad (A.5)$$

$$M_{c1} = g_{c1} \cdot t_c \quad (A.6)$$

— Tauwasserebene c_2:

$$g_{c2} = \delta_0 \left(\frac{p_{c1} - p_{c2}}{s_{d,c2} - s_{d,c1}} - \frac{p_{c2} - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c2}} \right) \quad (A.7)$$

$$M_{c2} = g_{c2} \cdot t_c \quad (A.8)$$

Die für die Bewertung maßgebende gesamte flächenbezogene Tauwassermasse im Bauteil ergibt sich nach Gleichung (A.9).

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} \quad (A.9)$$

A.2.5.5 Fall d — Tauwasserausfall in einem Bereich

In einem Bauteil mit Tauwasserbildung in einem Bereich (zwischen zwei Schichtgrenzen) ist die Tauwassermasse im Bereich zwischen diesen Schichtgrenzen nach den Gleichungen (A.10) bis (A.11) zu berechnen.

$$g_c = \delta_0 \left(\frac{p_i - p_{c1}}{s_{d,c1}} - \frac{p_{c2} - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c2}} \right) \quad (A.10)$$

$$M_c = g_c \cdot t_c \quad (A.11)$$

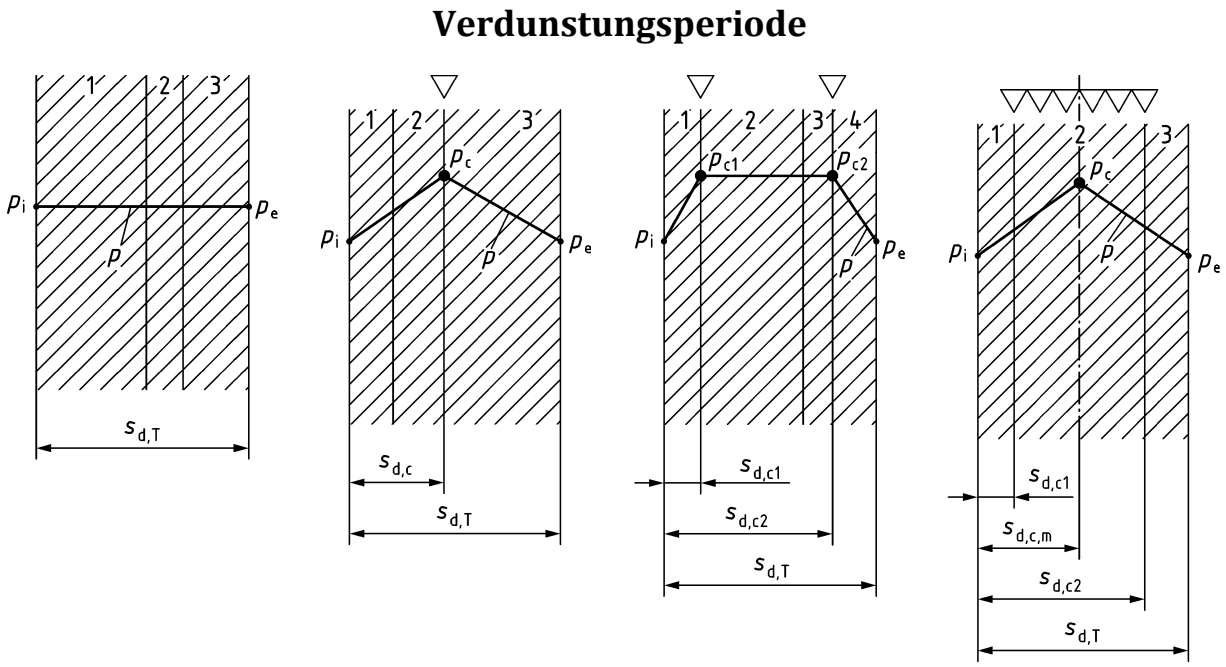
A.2.6 Verdunstung und Berechnung der Verdunstungsmasse

A.2.6.1 Allgemeines

Hat sich während der Tauperiode Tauwasser an einer oder an mehreren Schichtgrenzen gebildet, so ist dort der Dampfdruck während der Verdunstungsperiode gleich dem Sättigungsdampfdruck im Tauwasserbereich für die Verdunstungsperiode zu setzen (siehe Tabelle A.1). Der Verlauf des Wasserdampfteildruckes über den Querschnitt ergibt sich aus den Verbindungsgeraden zwischen den Werten des Wasserdampfteildruckes an der raumseitigen Oberfläche, den Schichtgrenzen mit Tauwasser und des Wasserdampfteildruckes an der außenseitigen Oberfläche, wobei die s_d-Werte für die Abszisseneinteilung des Diffusionsdiagrammes für die

Verdunstungsperiode wie in der vorhergehenden Tauperiode beibehalten werden. Zwischen zwei Tauwasserebenen sowie in einem Tauwasserbereich wird der Sättigungszustand angenommen.

Die möglicherweise in einem mehrschichtigen Außenbauteil während der Verdunstungsperiode nach erfolgter Tauwasserbildung auftretenden Varianten der Tauwasserverdunstung aus dem Bauteilquerschnitt heraus sind in analoger Weise in vier systematischen Fällen a bis d anhand der entsprechenden Diffusionsdiagramme in Bild A.2 angegeben.



a) keine Verdunstung, da kein Tauwasser | b) Verdunstung aus einer Ebene | c) Verdunstung aus zwei Ebenen | d) Verdunstung aus einem Bereich

Legende

p_i Dampfdruck an der raumseitigen Oberfläche nach Tabelle A.3, in Pa;

p_e Dampfdruck an der außenseitigen Oberfläche nach Tabelle A.3, in Pa;

p_c Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene, in Pa;

$s_{d,T}$ Summe der s_d-Werte aller Einzelschichten des Bauteils, in m;

$s_{d,c}$ Summe der s_d-Werte aller Einzelschichten von der Innenoberfläche bis zur Tauwasserebene, in m.

Bild A.2 — Diffusionsdiagramme für die analogen vier systematischen Fälle a bis d der Tauwasserverdunstung aus dem Querschnitt des Außenbauteils

Zur Berechnung der Verdunstungsmasse ist die Verdunstungsrate g_{ev} als Summe der aus den Tauwasserebenen bzw. Tauwasserbereichen zu beiden Oberflächen hin ausdiffundierenden Wasserdampfstromdichten zu ermitteln.

Die maximal mögliche Verdunstungsmasse je Bauteilfläche M_{ev} im Sommer ergibt sich aus der Multiplikation der Verdunstungsrate g_{ev} mit der Dauer der Verdunstungsperiode t_{ev} nach Tabelle A.3.

ANMERKUNG Die Lage der Sättigungsdampfdrücke p_c, p_{c1} und p_{c2} wird aus dem Diffusionsdiagramm der Tauperiode in das Diffusionsdiagramm der Verdunstungsperiode übertragen, die zugehörigen Dampfdruckwerte ergeben sich direkt nach Tabelle A.3 (siehe Beispiel in Anhang B).

Die Bestimmung der Verdunstungsmassen ist nach A.2.6.2 bis A.2.6.5 vorzunehmen.

A.2.6.2 Fall a — Kein Tauwasser, keine Verdunstung

Während der Tauperiode fand kein Tauwasserausfall statt, eine Bestimmung von Verdunstungsmassen ist gegenstandslos.

A.2.6.3 Fall b — Verdunstung nach Tauwasserausfall in einer Ebene

Nach Tauwasserausfall in einer Ebene (Schichtgrenze) eines Bauteils ist die maximal mögliche Verdunstungsmasse an dieser Tauwasserebene nach den Gleichungen (A.12) und (A.13) zu berechnen.

$$g_{\mathrm{ev}} = \delta_0 \left(\frac{p_{\mathrm{c}} - p_{\mathrm{i}}}{s_{\mathrm{d,c}}} + \frac{p_{\mathrm{c}} - p_{\mathrm{e}}}{s_{\mathrm{d,T}} - s_{\mathrm{d,c}}} \right) \tag{A.12}$$

$$M_{\mathrm{ev}} = g_{\mathrm{ev}} \cdot t_{\mathrm{ev}} \tag{A.13}$$

A.2.6.4 Fall c — Verdunstung nach Tauwasserausfall in zwei Ebenen

Nach Tauwasserausfall in zwei Ebenen (Schichtgrenzen) eines Bauteils ist die Verdunstungsmasse an diesen Schichtgrenzen unter der Voraussetzung $p_{\mathrm{c1}} = p_{\mathrm{c2}} = p_{\mathrm{c}}$ (siehe Tabelle A.1) zu Beginn der Verdunstung wie folgt zu berechnen. Die Verdunstung erfolgt anfänglich von beiden Tauwasserebenen zur jeweils näher liegenden Oberfläche. Diffusionsströme zwischen beiden Tauwasserebenen treten wegen $p_{\mathrm{c1}} = p_{\mathrm{c2}}$ nicht auf. Die von den beiden Tauwasserebenen weg diffundierenden Diffusionsstromdichten werden nach den Gleichungen (A.14) und (A.15) berechnet.

Tauwasserebene c_1:

$$g_{\mathrm{ev1}} = \delta_0 \left(\frac{p_{\mathrm{c}} - p_{\mathrm{i}}}{s_{\mathrm{d,c1}}} \right) \tag{A.14}$$

Tauwasserebene c_2:

$$g_{\mathrm{ev2}} = \delta_0 \left(\frac{p_{\mathrm{c}} - p_{\mathrm{e}}}{s_{\mathrm{d,T}} - s_{\mathrm{d,c2}}} \right) \tag{A.15}$$

Für die Ermittlung der maximal möglichen Verdunstungsmasse ist zu überprüfen, welche Tauwassermasse in welcher Tauwasserebene unter den anfänglichen Bedingungen zuerst austrocknet und nach welchem Zeitraum dies geschieht.

Dafür sind zunächst die Verdunstungszeiten für die vorhandenen flächenbezogenen Tauwassermassen in beiden Ebenen aus M_{c1} und M_{c2} nach (A.6) und (A.8) und aus den Diffusionsstromdichten zu den jeweiligen Oberflächen nach (A.14), (A.15) und nach den folgenden Gleichungen (A.16) und (A.17) zu berechnen:

$$t_{\mathrm{ev1}} = \frac{M_{\mathrm{c1}}}{g_{\mathrm{ev1}}} \tag{A.16}$$

$$t_{\mathrm{ev2}} = \frac{M_{\mathrm{c2}}}{g_{\mathrm{ev2}}} \tag{A.17}$$

Folgende Austrocknungsfälle sind zu unterscheiden:

a) $t_{ev1} > t_{ev}$ und $t_{ev2} > t_{ev}$

Die Tauwassermassen in beiden Ebenen trocknen nicht vor Ende der Verdunstungsperiode aus. Die maximal mögliche Verdunstungsmasse für das Bauteil während der gesamten Verdunstungsperiode ergibt sich aus den Verdunstungsmassen je Tauwasserebene nach den Gleichungen (A.18) bis (A.20).

$$M_{ev1} = g_{ev1} \cdot t_{ev} \tag{A.18}$$

$$M_{ev2} = g_{ev2} \cdot t_{ev} \tag{A.19}$$

$$M_{ev} = M_{ev1} + M_{ev2} \tag{A.20}$$

b) $t_{ev1} < t_{ev}$ bzw. $t_{ev2} < t_{ev}$

Die Tauwassermasse in mindestens einer Ebene trocknet vor Ende der Verdunstungsperiode aus und je nachdem, welche Ebene zuerst austrocknet, erfolgt für die restliche Zeit der Verdunstungsperiode eine Verdunstung aus der anderen Ebene zu beiden Oberflächen hin. Die maximal mögliche Verdunstungsmasse für das Bauteil während der gesamten Verdunstungsperiode ergibt sich aus den Verdunstungsmassen je Tauwasserebene nach den Gleichungen (A.21) bis (A.23) bzw. (A.24) bis (A.26).

falls $t_{ev1} < t_{ev2}$

$$M_{ev1} = g_{ev1} \cdot t_{ev1} \tag{A.21}$$

$$M_{ev2} = g_{ev2} \cdot t_{ev1} + \left(\delta_0 \frac{p_{c2} - p_i}{s_{d,c2}} + g_{ev2}\right) \cdot (t_{ev} - t_{ev1}) \tag{A.22}$$

$$M_{ev} = M_{ev1} + M_{ev2} \tag{A.23}$$

falls $t_{ev2} < t_{ev1}$

$$M_{ev2} = g_{ev2} \cdot t_{ev2} \tag{A.24}$$

$$M_{ev1} = g_{ev1} \cdot t_{ev2} + \left(g_{ev1} + \delta_0 \frac{p_{c1} - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c1}}\right) \cdot (t_{ev} - t_{ev2}) \tag{A.25}$$

$$M_{ev} = M_{ev1} + M_{ev2} \tag{A.26}$$

A.2.6.5 Fall d — Verdunstung nach Tauwasserausfall in einem Bereich

Nach Tauwasserausfall in einem Bereich (zwischen zwei Schichtgrenzen) eines Bauteils wird zur Berechnung der maximal möglichen Verdunstungsmasse die gesamte vorher bestimmte Tauwassermasse der Mitte des Bereiches im Diffusionsdiagramm zugeordnet. Die Verdunstung erfolgt aus der Mitte des Bereiches heraus zu beiden Oberflächen hin unter der Annahme, dass der Sättigungsdampfdruck p_c für die Verdunstung (siehe Tabelle A.1) nur in der Mitte des Bereiches vorliegt.

Die maximal mögliche Verdunstungsmasse für das Bauteil ist nach den Gleichungen (A.27) und (A.28) zu berechnen.

$$g_{ev} = \delta_0 \left(\frac{p_c - p_i}{s_{d,c,m}} + \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c,m}} \right) \quad \text{(A.27)}$$

mit

$$s_{d,c,m} = s_{d,c1} + 0{,}5 \times (s_{d,c2} - s_{d,c1})$$

$$M_{ev} = g_{ev} \cdot t_{ev} \quad \text{(A.28)}$$

Anhang B
(informativ)

Berechnungsbeispiel

B.1 Allgemeines

Nachfolgend wird an einer sanierten Außenwand mit Wärmedämm-Verbundsystem und zusätzlicher Innendämmung gezeigt, wie die diffusionstechnische Bewertung von Außenbauteilen durch Untersuchung auf innere Tauwasserbildung und Verdunstung infolge von Wasserdampfdiffusion mit den hier angegebenen Blockklima-Randbedingungen vorgenommen werden kann.

Der Berechnungsablauf, wie in A.2.4 erläutert, darf schematisiert mit Hilfe von Tabellenblöcken dargestellt werden. Es liegen die Randbedingungen nach A.2.2 zugrunde. Für die Stoffeigenschaften sind die Hinweise in A.2.3 zu beachten. Feuchtetechnische Schutzschichten (z. B. diffusionshemmende Schichten, Dachhaut u. ä.) werden bei der Ermittlung der Temperaturverteilung nicht berücksichtigt. Allgemeine Grundlagen für die Berechnungen sind in Anhang C angegeben.

Die Sättigungsdampfdruckwerte werden dabei aus den berechneten ungerundeten Temperaturwerten nach den entsprechenden Gleichungen in Anhang C bestimmt. Bei der Angabe von Temperaturwerten werden diese auf eine Nachkommastelle gerundet, Sättigungsdampfdruckwerte werden ohne Nachkommastelle angegeben; siehe A.2.4.

Die Überprüfung des Konstruktionsbeispiels auf diffusionstechnische Zulässigkeit, d. h. auf Tauwasserfreiheit bzw. zulässige Tauwassermassen und Verdunstung, wird nachfolgend anhand der schematisierten Bearbeitungsblöcke (B.2 bis B.5) gezeigt.

DIN 4108-3:2018-10

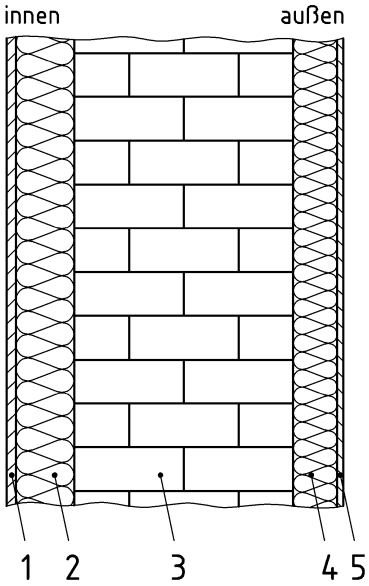
B.2 Konstruktionsaufbau und Ausgangsdaten

Für Konstruktionsaufbau und Ausgangsdaten siehe Tabelle B.1.

Tabelle B.1 — Konstruktionsaufbau und Ausgangsdaten

1. Konstruktion: Außenwand mit vorhandenem WDVS und nachträglicher Innendämmung

Querschnittskizze



Legende

1 Gipskarton-Platte 12,5 mm
2 diffusionsoffener Dämmstoff 80 mm
3 Vollziegel-Mauerwerk 300 mm
4 EPS-Dämmstoff (Altbestand) 60 mm
5 Kunstharz-Außenputz 8 mm

Eine Außenwand mit vorhandenem Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) wird nachträglich raumseitig mit einem diffusionsoffenen Wärmedämmstoff ohne zusätzliche diffusionshemmende Schicht gedämmt.

2. Schichtaufbau und Schichteigenschaften

Nr.	Schicht	d m	μ –	s_d m	$\Sigma s_d / s_{d,T}$ –	λ W/(m·K)	R m²·K/W
	Innerer Wärmeübergangswiderstand R_{si}	–	–	–	–	–	0,25
1	Gipskarton-Platte	0,012 5	8	0,10	0,017	0,210	0,060
2	diffusionsoffener Dämmstoff	0,080 0	2	0,16	0,044	0,040	2,000
3	Vollziegel-Mauerwerk	0,300 0	10	3,00	0,547	0,790	0,380
4	EPS-Partikelschaum	0,060 0	25	1,50	0,799	0,035	1,714
5	Kunstharz-Außenputz	0,008 0	150	1,20	1,000	1,000	0,008
	Äußerer Wärmeübergangswiderstand R_{se}	–	–	–	–	–	0,04
	Summenwerte: $d_T =$	0,460 5	$s_{d,T} =$	5,96		$R_T =$	4,452

3. Bauteilkenngrößen

Gesamtdicke des Bauteils $d_T = 0{,}460\ 5$ m

Gesamt-s_d-Wert des Bauteils $s_{d,T} = 5{,}96$ m

Wärmedurchgangswiderstand $R_T = 4{,}452$ m²·K/W

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1/R_T =$ 0,22 W/(m²·K)

B.3 Überprüfung auf Tauwasserbildung im Querschnitt

Für Überprüfung auf Tauwasserbildung im Querschnitt siehe Tabelle B.2.

Tabelle B.2 — Überprüfung auf Tauwasserbildung im Querschnitt

1. Randbedingungen			
Tauperiode: Innenklima im Winter $\theta_i = 20$ °C $\varphi_i = 50$ % RF $p_i = 1\,168$ Pa Außenklima im Winter $\theta_e = -5$ °C $\varphi_e = 80$ % RF $p_e = 321$ Pa			
2. Bestimmung der Temperatur- und der Sättigungsdampfdruckverteilung			
Wärmestromdichte	$q = (\theta_i - \theta_e)/R_T$	$q = 5{,}616$ W/m^2	
Innere Oberfläche	$\theta_{si} = \theta_i - q\cdot(R_{si})$	$\theta_{si} = 18{,}6$ °C	$p_{sat\,si} = 2\,141$ Pa
Schichtgrenze 1/2	$\theta_{12} = \theta_i - q\cdot(R_{si} + R_1)$	$\theta_{12} = 18{,}3$ °C	$p_{sat\,12} = 2\,097$ Pa
Schichtgrenze 2/3	$\theta_{23} = \theta_i - q\cdot(R_{si} + R_1 + R_2)$	$\theta_{23} = 7{,}0$ °C	$p_{sat\,23} = 1\,003$ Pa
Schichtgrenze 3/4	$\theta_{34} = \theta_i - q\cdot(R_{si} + R_1 + R_2 + R_3)$	$\theta_{34} = 4{,}9$ °C	$p_{sat\,34} = 866$ Pa
Schichtgrenze 4/5	$\theta_{45} = \theta_i - q\cdot(R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$	$\theta_{45} = -4{,}7$ °C	$p_{sat\,45} = 411$ Pa
Äußere Oberfläche	$\theta_{se} = \theta_i - q\cdot(R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$	$\theta_{se} = -4{,}8$ °C	$p_{sat\,se} = 409$ Pa
3. Bestimmung eventueller Tauwasserebenen			
Bestimmung der Dampfdruckverteilung und ggf. der Tauwasserebenen			
Diffusionsstrom-dichte	Erste Annahme: keine Tauwasserbildung: $g = \frac{\delta_0 \cdot (p_i - p_e)}{s_{d,T}} = \frac{2 \cdot 10^{-10} \cdot (1168 - 321)}{5{,}96}$ mit $\delta_0 = 2 \cdot 10^{-10}$	Dampfdruckverteilung: Tangentenbildung für Dampfdruckverteilung: Beginn an innerer Oberfläche $g = 2{,}844 \cdot 10^{-8}$ $\frac{g}{\delta_0} = \frac{(p_i - p_e)}{s_{d,T}} = \frac{2{,}842 \cdot 10^{-8}}{2 \cdot 10^{-10}} = \frac{(1168 - 321)}{5{,}96} = 142{,}1$	
Innere Oberfläche	$p_{si} = p_i$	$p_{si} = 1168$ Pa	$p_{sat,si} = 2141$ Pa
Schichtgrenze 1/2	$p_{1/2} = p_{si} - \left(\frac{g}{\delta_0}\right) \cdot s_{d1}$ falls: $p_{1/2} > p_{sat\,1/2}$ dann: $p_{1/2} = p_{sat\,1/2}$ und: $\frac{g}{\delta_0} = \frac{(p_{1/2} - p_e)}{s_{d,T} - s_{d,1}} =$ ____	$p_{1/2} = 1153{,}8$ Pa	$p_{sat,1/2} = 2097$ Pa
Schichtgrenze 2/3	$p_{2/3} = p_{1/2} - \left(\frac{g}{\delta_0}\right) \cdot s_{d2}$ falls: $p_{2/3} > p_{sat\,2/3}$ dann: $p_{2/3} = p_{sat\,2/3}$ und: $\frac{g}{\delta_0} = \frac{(p_{2/3} - p_e)}{s_{d,T} - s_{d,1} - s_{d,2}} = 119{,}6$	$p_{2/3} =$ ~~1131 Pa~~ . . . $p_{2/3} = 1003$ Pa	> $p_{sat,2/3} = 1003$ Pa

Schichtgrenze 3/4	$p_{3/4} = p_{2/3} - \left(\frac{g}{\delta_0}\right) \cdot s_{d3}$ falls: $p_{3/4} > p_{sat\ 3/4}$ dann: $p_{3/4} = p_{sat\ 3/4}$ und: $\frac{g}{\delta_0} = \frac{(p_{3/4} - p_e)}{s_{d,T} - s_{d,1} - s_{d,2} - s_{d,3}} =$ ___	$p_{3/4} = 644$ Pa		$p_{sat,3/4} = 866$ Pa
Schichtgrenze 4/5	$p_{4/5} = p_{3/4} - \left(\frac{g}{\delta_0}\right) \cdot s_{d4}$ falls: $p_{4/5} > p_{sat\ 4/5}$ dann: $p_{4/5} = p_{sat\ 4/5}$ und: $\frac{g}{\delta_0} = \frac{(p_{4/5} - p_e)}{s_{d,T} - s_{d,1} - s_{d,2} - s_{d,3} - s_{d,4}} = 75{,}0$	$p_{4/5} =$ ~~464 Pa~~ . . . $p_{4/5} = 411$ Pa	>	$p_{sat,4/5} = 411$ Pa
Äußere Oberfläche	$p_{se} = p_{3/4} - \left(\frac{g}{\delta_0}\right) \cdot s_{d4} = p_e$	$p_{se} = 321$ Pa		$p_{sat,se} = 409$ Pa

Würde kein Tauwasser auftreten, wäre der Nachweis an dieser Stelle beendet und die Konstruktion entsprechend dieser Norm als diffusionstechnisch zulässig zu bezeichnen.

Es tritt jedoch Tauwasserausfall in zwei Ebenen zwischen den Schichten 2 und 3 sowie zwischen den Schichten 4 und 5 auf. Der Nachweis ist fortzuführen.

B.4 Diffusionsdiagramme für Tau- und Verdunstungsperiode

Für Diffusionsdiagramme für Tau- und Verdunstungsperiode siehe Tabelle B.3.

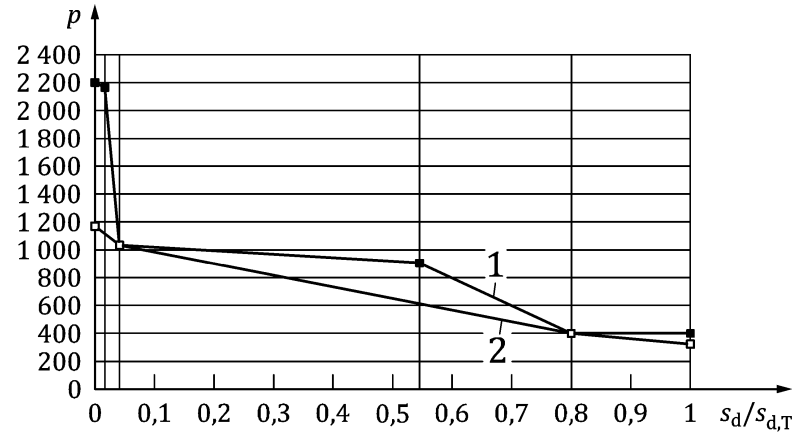
Tabelle B.3 — Diffusionsdiagramme für Tau- und Verdunstungsperiode

1. Diffusionsdiagramm für die Tauperiode (Dezember bis Februar)

Die s_d-Werte der Bauteilschichten sind in B.2, die Werte für die Verteilung des Sättigungsdampfdruckes in B.3 ermittelt worden.

Randbedingungen für die Tauperiode nach Tabelle A.3:

Wasserdampfdruck innen	$p_i = 1\,168$ Pa
Wasserdampfdruck außen	$p_e = 321$ Pa



Legende

P Wasserdampfdruck Pa

$s_d/s_{d,T}$ bezogene diffusionsäquivalente Luftschichtdicke

1 p_{sat}

2 p

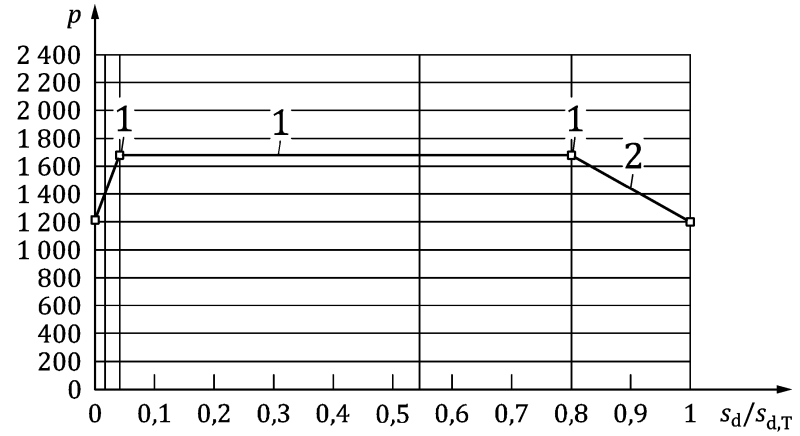
2. Diffusionsdiagramm für die Verdunstungsperiode (Juni bis August)

Die vorher ermittelten Tauwasserebenen liegen hier zugrunde.

Die s_d-Werte aus der Tauperiode werden beibehalten.

Randbedingungen für die Verdunstungsperiode nach Tabelle A.3:

Wasserdampfdruck innen	$p_i = 1\,200$ Pa
Wasserdampfdruck außen	$p_e = 1\,200$ Pa
Sättigungsdampfdruck in den Tauwasserebenen	$p_c = 1\,700$ Pa (Außenwand)



Legende

p Wasserdampfdruck

$s_d/s_{d,T}$ bezogene diffusionsäquivalente Luftschichtdicke

1 p_{sat}

2 p

B.5 Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmassen

Für Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmassen siehe Tabelle B.4.

Tabelle B.4 — Berechnung der Tauwasser- und Verdunstungsmassen

1. Tauwassermasse im Winter (Tauperiode Dezember bis Februar)	
Es findet Tauwasserausfall in zwei Ebenen statt, entsprechend Fall c nach A.2.5.4. Folgende Randbedingungen sind für die Berechnung erforderlich, siehe Tabelle A.3 bzw. B.2:	
Wasserdampfdruck innen, Wasserdampfdruck außen	$p_i = 1\,168$ Pa, $p_e = 321$ Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene c_1	$p_{c1} = p_{sat,23} = 1\,003$ Pa
Sättigungsdampfdruck in der Tauwasserebene c_2	$p_{c2} = p_{sat,45} = 411$ Pa
Dauer der Tauperiode	$t_c = 7\,776 \cdot 10^3$ s
s_d-Werte für die Tauwasserberechnung (Fall c)	$s_{d,T} = s_{d,1} + s_{d,2} + s_{d,3} + s_{d,4} + s_{d,5} = 5{,}96$ m $s_{d,c1} = s_{d,1} + s_{d,2} = 0{,}26$ m $s_{d,c2} = s_{d,1} + s_{d,2} + s_{d,3} + s_{d,4} = 4{,}76$ m
Flächenbezogene Tauwassermasse in der Tauwasserebene c_1 Flächenbezogene Tauwassermasse in der Tauwasserebene c_2 sowie flächenbezogene Tauwassermasse insgesamt	$M_{c1} = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{p_i - p_{c1}}{s_{d,c1}} - \frac{p_{c1} - p_{c2}}{s_{d,c2} - s_{d,c1}}\right) \cdot t_c = 0{,}783$ kg/m² $M_{c2} = 2 \cdot 10^{-10} \cdot \left(\frac{p_{c1} - p_{c2}}{s_{d,c2} - s_{d,c1}} - \frac{p_{c2} - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c2}}\right) \cdot t_c = 0{,}089$ kg/m² $M_c = M_{c1} + M_{c2} = 0{,}872$ kg/m²
2. Mögliche Verdunstungsmasse im Sommer (Verdunstungsperiode Juni bis August)	
Es findet Verdunstung aus zwei Ebenen statt, entsprechend Fall c nach A.2.6.4. Folgende Randbedingungen sind für die Berechnung erforderlich, siehe Tabelle A.3 bzw. B.4.2:	
Wasserdampfdruck innen, Wasserdampfdruck außen	$p_i = 1\,200$ Pa, $p_e = 1\,200$ Pa
Sättigungsdampfdruck in den Tauwasserebenen c_1 und c_2	$p_{c1} = p_{c2} = p_c = 1\,700$ Pa
Dauer der Verdunstungsperiode	$t_{ev} = 7\,776 \cdot 10^3$ s
s_d-Werte für die Verdunstungsberechnung (Fall c), es werden die s_d-Werte aus der Tauperiode beibehalten	$s_{d,T} = s_{d,1} + s_{d,2} + s_{d,3} + s_{d,4} + s_{d,5} = 5{,}96$ m $s_{d,c1} = s_{d,1} + s_{d,2} = 0{,}26$ m $s_{d,c2} = s_{d,1} + s_{d,2} + s_{d,3} + s_{d,4} = 4{,}76$ m
Verdunstungszeit für Tauwasserebene c_1 Verdunstungszeit für Tauwasserebene c_2	$g_{ev1} = \delta_0 \left(\frac{p_c - p_i}{s_{d,c1}}\right)$ $t_{ev1} = M_{c1} / g_{ev1} = 2\,036 \cdot 10^3$ s $g_{ev2} = \delta_0 \left(\frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c2}}\right)$ $t_{ev2} = \frac{M_{c2}}{g_{ev2}} = 1\,068 \cdot 10^3$ s
Für $t_{ev2} < t_{ev1}$: Flächenbezogene Verdunstungsmassen für beide Tauwasserebenen c_1 und c_2 sowie flächenbezogene Verdunstungsmasse insgesamt	$M_{ev1} = g_{ev1} \cdot t_{ev2} + \left(g_{ev1} + \delta_0 \frac{p_{c1} - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c1}}\right) \cdot (t_{ev} - t_{ev2}) = 3{,}108$ kg/m² $M_{ev2} = g_{ev2} \cdot t_{ev2} = 0{,}089$ kg/m² $M_{ev} = M_{ev1} + M_{ev2} = 3{,}197$ kg/m²

B.6 Bewertung

Feststellungen und Anforderungen:

— Es findet Tauwasserausfall in zwei Ebenen statt (Fall c), und zwar in den Schichtgrenzen zwischen den Schichten 2 und 3 sowie zwischen den Schichten 4 und 5 statt.

— Von beiden an die jeweiligen Tauwasserebenen angrenzenden Schichten ist jeweils mindestens eine, nämlich Schicht 2 (diffusionsoffener Dämmstoff) und Schicht 4 (EPS-Hartschaum), als kapillar nicht wasseraufnahmefähig zu bezeichnen.

  Die insgesamt zulässige flächenbezogene Tauwassermasse beträgt demnach 0,5 kg/m^2.

— Keine der an die Tauwasserebene angrenzenden Schichten besteht aus Holz bzw. Holzwerkstoffen.

— Die angefallene Tauwassermasse in beiden Tauwasserebenen muss in der Verdunstungsperiode wieder abgegeben werden können.

Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse:

— ermittelte flächenbezogene Tauwassermassen

in der Tauwasserebene 1: $M_{c1} = 0{,}783$ kg/m^2

in der Tauwasserebene 2: $M_{c2} = 0{,}089$ kg/m^2

insgesamt: $M_c = 0{,}872$ kg/m^2

— mögliche flächenbezogene Verdunstungsmasse insgesamt: $M_{ev} = 3{,}197$ kg/m^2

Prüfergebnisse und Bewertung:

— $M_c > 0{,}5$ kg/m^2;

— $M_{ev} > M_c$.

Es sind nicht alle Anforderungen erfüllt.

Die Konstruktion ist diffusionstechnisch nicht zulässig.

Anhang C
(normativ)

Grundlagen für wärme- und feuchteschutztechnische Berechnungen

C.1 Wärmeschutztechnische Größen und Temperaturverteilung

C.1.1 Allgemeines

Die in C.1.2 bis C.1.6 angegebenen Gleichungen und Hinweise auf Berechnungen beziehen sich auf plattenförmige, ein- oder mehrschichtige Bauteile mit planparallelen Oberflächen bzw. Schichtgrenzen und eindimensionale, zeitlich konstante Wärmeströme.

C.1.2 Wärmedurchlasswiderstand

Der Wärmedurchlasswiderstand R, in $m^2 \cdot K/W$, von homogenen Schichten und Luftschichten im Bauteil wird nach DIN EN ISO 6946 ermittelt.

C.1.3 Wärmedurchgangswiderstand

Der Wärmedurchgangswiderstand R_T, in $m^2 \cdot K/W$, wird nach DIN EN ISO 6946 berechnet.

C.1.4 Wärmedurchgangskoeffizient

Der Wärmedurchgangskoeffizient U, in $W/(m^2 \cdot K)$, wird nach DIN EN ISO 6946 berechnet. Siehe auch DIN EN ISO 7345.

C.1.5 Wärmestromdichte

Die Wärmestromdichte q, in W/m^2, wird nach Gleichung (C.1) berechnet.

$$q = U \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad \text{(C.1)}$$

Dabei ist

U der Wärmedurchgangskoeffizient, in $W/(m^2 \cdot K)$;

θ_i die Innenlufttemperatur, in °C;

θ_e die Außenlufttemperatur, in °C.

C.1.6 Temperaturverteilung

Zur Ermittlung der Temperaturverteilung über den Querschnitt eines ein- bzw. mehrschichtigen Bauteils sind die Temperaturen der Innenoberfläche, der Außenoberfläche und, bei mehrschichtigen Bauteilen, der Schichtgrenzen nach den Gleichungen (C.2) bis (C.4) zu berechnen.

Die Temperatur der Bauteil-Innenoberfläche θ_{si}, in °C, wird nach Gleichung (C.2) berechnet.

$$\theta_{si} = \theta_i - q \cdot R_{si} \quad \text{(C.2)}$$

Dabei ist

θ_i die Innenlufttemperatur, in °C;

R_{si} der innere Wärmeübergangswiderstand, in $m^2 \cdot K/W$;

q die Wärmestromdichte, in W/m^2.

Die Temperatur der Bauteil-Außenoberfläche θ_{se}, in °C, wird nach Gleichung (C.3) berechnet.

$$\theta_{se} = \theta_e + q \cdot R_{se} \quad \text{(C.3)}$$

Dabei ist

θ_e die Außenlufttemperatur, in °C;

R_{se} der äußere Wärmeübergangswiderstand, in $m^2 \cdot K/W$;

q die Wärmestromdichte, in W/m^2.

Die Temperaturen in den Schichtgrenzen, θ_1, θ_2, ..., θ_{n-1}, in °C, nach jeweils der ersten, der zweiten bzw. der vorletzten Schicht eines mehrschichtigen Bauteils (in Richtung des Wärmestroms gezählt) dürfen nach dem Gleichungssystem (C.4) berechnet werden (siehe auch Bild C.1).

$$\theta_1 = \theta_{si} - q \cdot R_1 = \theta_i - q \cdot (R_{si} + R_1) \quad \text{(C.4)}$$

$$\theta_2 = \theta_1 - q \cdot R_2 = \theta_i - q \cdot (R_{si} + R_1 + R_2)$$

$$\theta_{n-1} = \theta_{n-2} - q \cdot R_{n-1} = \theta_i - q \cdot (R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_{n-1})$$

Dabei ist

θ_{si} die Temperatur der Bauteil-Innenoberfläche, in °C;

R_1 der Wärmedurchlasswiderstand der ersten Schicht, in $m^2 \cdot K/W$;

R_2 der Wärmedurchlasswiderstand der zweiten Schicht, in $m^2 \cdot K/W$;

R_{n-1} der Wärmedurchlasswiderstand der vorletzten Schicht, in $m^2 \cdot K/W$;

θ_{n-1} die Temperatur in der Trennfläche zwischen vorletzter und letzter Schicht, in °C;

q die Wärmestromdichte, in W/m^2;

n die Anzahl der Einzelschichten.

Die Temperaturverteilung über den Querschnitt eines mehrschichtigen Bauteils in Abhängigkeit von den Schichtdicken und den Wärmeleitfähigkeiten der Einzelschichten veranschaulicht Bild C.1.

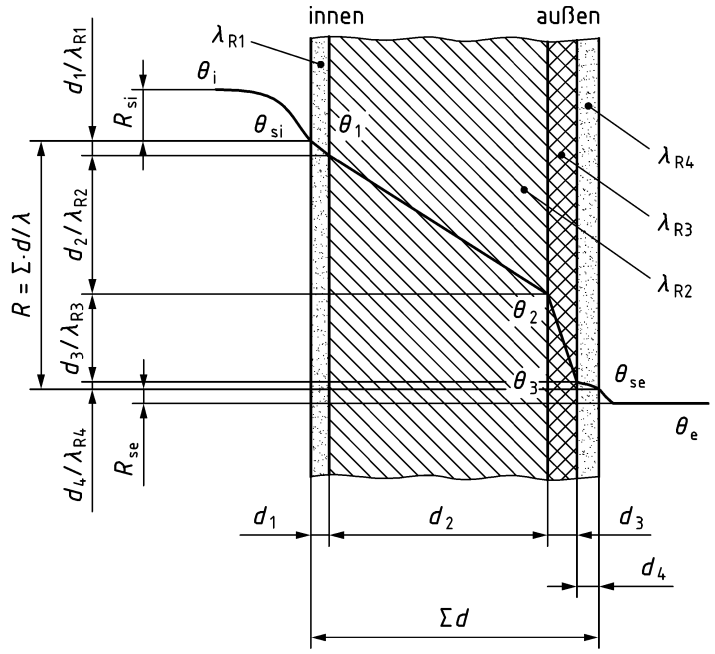


Bild C.1 — Temperaturverteilung über den Querschnitt eines mehrschichtigen Bauteils

C.2 Feuchteschutztechnische Größen und Dampfdruckverteilungen

C.2.1 Allgemeines

Die in C.2.2 bis C.2.4 angegebenen Gleichungen und Hinweise auf Berechnungen beziehen sich auf plattenförmige, ein- oder mehrschichtige Bauteile mit planparallelen Oberflächen bzw. Schichtgrenzen und eindimensionale, zeitlich konstante Wasserdampfdiffusionsströme.

C.2.2 Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke

Die wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d, in m, einer homogenen Baustoffschicht wird nach Gleichung (C.5) berechnet.

$$s_d = \mu \cdot d \tag{C.5}$$

Dabei ist

μ die Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl;

d die Schichtdicke, in m.

C.2.3 Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand

Der dampfdruckbezogene Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand Z_p, in $m^2 \cdot s \cdot Pa/kg$, einer homogenen Baustoffschicht wird nach Gleichung (C.6) berechnet.

$$Z_p = 5 \cdot 10^9 \cdot \mu \cdot d = 5 \cdot 10^9 \cdot s_d \tag{C.6}$$

Die Konstante $5 \cdot 10^9$ entspricht dem gerundeten Kehrwert des Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizienten in Luft δ_0 bei der Bezugstemperatur 10 °C, in $m \cdot s \cdot Pa/kg$.

Der auf die absolute Luftfeuchte bezogene Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand Z_v, in s/m, einer homogenen Baustoffschicht wird nach Gleichung (C.7) berechnet.

$$Z_v = 4 \cdot 10^4 \cdot \mu \cdot d = 4 \cdot 10^4 \cdot s_d \quad \text{(C.7)}$$

Die Konstante $4 \cdot 10^4$ entspricht dem gerundeten Kehrwert des Wasserdampf-Diffusionskoeffizienten in Luft nach Schirmer D_0 bei der Bezugstemperatur 10 °C, in s/m^2.

Bei mehrschichtigen Bauteilen ist zur Bestimmung des Gesamt-Diffusionsdurchlasswiderstandes des Bauteils der $s_{d,T}$-Wert in die Gleichungen (C.6) bzw. (C.7) einzusetzen, der sich aus der Addition der s_d-Werte der Einzelschichten ergibt (siehe auch A.2.5.1).

C.2.4 Wasserdampf-Diffusionsstromdichte

Die Wasserdampf-Diffusionsstromdichte g, in $kg/(m^2 \cdot s)$, durch eine ebene Baustoffschicht unter stationären Bedingungen, im Folgenden nur noch als Diffusionsstromdichte bezeichnet, kann in Abhängigkeit vom Dampfdruckgefälle Δp oder in Abhängigkeit vom Gefälle der absoluten Luftfeuchte Δv ermittelt werden.

Die entsprechenden Zusammenhänge sind in den nachfolgenden Gleichungen (C.8), auf das Dampfdruckgefälle und (C.9), sowie auf die absolute Luftfeuchte bezogen, angegeben.

$$g = \frac{\delta_0}{\mu}\frac{\Delta p}{d} = \delta_0 \frac{\Delta p}{s_d} = \frac{\Delta p}{Z_p} \quad \text{(C.8)}$$

$$g = \frac{D_0}{\mu}\frac{\Delta v}{d} = D_0 \frac{\Delta v}{s_d} = \frac{\Delta v}{Z_v} \quad \text{(C.9)}$$

Der Wasserdampf-Diffusionsleitkoeffizient in Luft δ_0, in kg/(m·s·Pa), wird nach Gleichung (C.10) bestimmt.

$$\delta_0 = \frac{D_0}{R_v \cdot T} \quad \text{(C.10)}$$

Dabei ist

T die thermodynamische (absolute) Temperatur, in K,

mit $T = 273 + \theta$;

R_v die spezifische Gaskonstante für Wasserdampf, in J/(kg·K),

mit $R_v = 462$ J/(kg·K).

Der Wasserdampf-Diffusionskoeffizient in Luft D_0 nach Schirmer, in m^2/s, ergibt sich aus Gleichung (C.11).

$$D_0 = 0{,}023 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \left(\frac{T}{273}\right)^{1{,}81} \quad \text{(C.11)}$$

Für praktische diffusionstechnische Belange darf das Verhältnis Norm-Luftdruck (= 1 013,25 hPa) zu tatsächlichem atmosphärischen Luftdruck $P_0/P \approx 1$ gesetzt werden.

Für eine Bezugstemperatur von 10 °C ergeben sich die folgenden gerundeten Werte, die unter praktischen Gesichtspunkten für die hier durchzuführenden Berechnungen verwendet werden:

$\delta_0 = 1{,}89 \cdot 10^{-10}$ kg/(m·s·Pa) $\approx 2 \cdot 10^{-10}$ kg/(m·s·Pa)

$D_0 = 2{,}47 \cdot 10^{-5}$ m^2/s $\approx 25 \cdot 10^{-6}$ m^2/s

C.2.5 Dampfdruckverteilungen

Für diffusionstechnische Untersuchungen an Bauteilen werden üblicherweise der Wasserdampfteildruck als Potentialgröße für den Diffusionsstrom (Dampfdruckgefälle) und somit auch die dampfdruckbezogenen Transportkenngrößen (Diffusionsleitkoeffizient bzw. Diffusionsdurchlasswiderstand) verwendet.

Die rechnerische Bestimmung der tatsächlichen Dampfdruckverteilung über den gesamten Querschnitt eines ein- bzw. mehrschichtigen Bauteils — analog zur Ermittlung der Temperaturverteilung — ist bei nichtisothermen Verhältnissen auf analoge einfache Weise nur dann möglich, wenn im Querschnitt, d. h. längs des Dampfdruckverlaufes keine Tauwasserbildung auftritt. Dies schließt sich jedoch bei der hier interessierenden Untersuchung auf Tauwasserbildung im Querschnitt unter nichtisothermen Prüfbedingungen von selbst aus.

Um eine relativ einfache rechnerische Bestimmung einer eventuellen Tauwasserbildung im Querschnitt und der dadurch veränderten Dampfdruckverteilung — unter Praxisgesichtspunkten wie auch im Hinblick auf eine vereinfachte Programmierung — zu ermöglichen, werden vereinfachende Annahmen bezüglich der Festlegung der Sättigungsdampfdruckverteilung getroffen, was ein schrittweises Vorgehen zur einfachen iterativen Ermittlung der tatsächlichen Dampfdruckverteilung erlaubt:

— Ausgehend von den an den Schichtgrenzen ermittelten Temperaturwerten (siehe C.1.6) werden die entsprechenden Sättigungsdampfdruckwerte bestimmt (siehe C.4) und über jede Schicht gradlinig verbunden. Dies ist bei ausreichend kleinen thermischen Widerständen oder ausreichend kleinen s_d-Werten der Einzelschichten mit guter Näherung zulässig. Gegebenenfalls sind Einzelschichten in Teilschichten zu unterteilen, um den eigentlich gekrümmten Kurvenverlauf des Sättigungsdampfdruckes möglichst wenig gekrümmt zwischen den Stützpunkten darzustellen, so dass kein nennenswertes Tangieren zwischen Sättigungsdampfdruck und tatsächlichem Dampfdruck innerhalb der Schicht auftreten kann.

— Unter einer ersten Annahme der Tauwasserfreiheit werden im Querschnitt die Diffusionsstromdichte nach C.2.4 und mittels der Z_p-Werte je Schicht — analog zur Bestimmung der Temperaturverteilung nach C.1.6 — die Dampfdruckwerte an allen Schichtgrenzen berechnet, was im s_d-Maßstab einen Geradenverlauf über den Querschnitt ergeben muss.

— Ausgehend von einer Oberfläche mit bekannter Dampfdruck-Randbedingung, z. B. von der Innenoberfläche aus, ist schrittweise je Schichtgrenze zu prüfen, ob der dort per Annahme errechnete Dampfdruckwert größer als der dort vorliegende Sättigungsdampfdruckwert ist.

— Ist dies nicht der Fall, wird das Überprüfen an der nächsten Schichtgrenze fortgesetzt usw.

— Ist dies der Fall, tritt dort Tauwasserbildung auf (erste Tauwasserebene) und es wird eine neue geradlinige Verbindung zwischen dem Oberflächendampfdruckwert und dem Sättigungsdampfdruckwert in dieser Schichtgrenze als erster Abschnitt einer veränderten Dampfdruckverteilung fixiert.

— Von dieser ersten Tauwasserebene ausgehend, d. h. von dem dortigen Sättigungsdampfdruckwert aus, werden unter erneuter Annahme von Tauwasserfreiheit zwischen dieser Stelle und der anderen Oberfläche die veränderte Diffusionsstromdichte und damit die neuen Dampfdruckwerte für die restlichen Schichtgrenzen ermittelt.

— Es folgt eine analoge Überprüfung für diese neuen Dampfdruckwerte bezüglich ihrer Relation zu den restlichen Sättigungsdampfdruckwerten wie vorher erläutert.

— Ist diese fortgesetzte Überprüfung für alle Schichtgrenzen durchgeführt und sind entweder keine oder eine oder mehrere Tauwasserebenen in den Schichtgrenzen festgestellt worden, so ergibt sich letztlich die tatsächliche stationäre Dampfdruckverteilung entsprechend den Randbedingungen als ungestörte Gerade über den Querschnitt im s_d-Maßstab (keine Tauwasserbildung) oder als Polygonzug mit geradlinigen Tangentensegmenten an die Stützstellen der Sättigungsdampfdruckverteilung in den Schichtgrenzen.

Die Vorgehensweise wird im Beispiel in Anhang B demonstriert. Bild C.2 zeigt exemplarisch eine schematische Darstellung der charakteristischen Temperatur-Dampfdruckverteilungen.

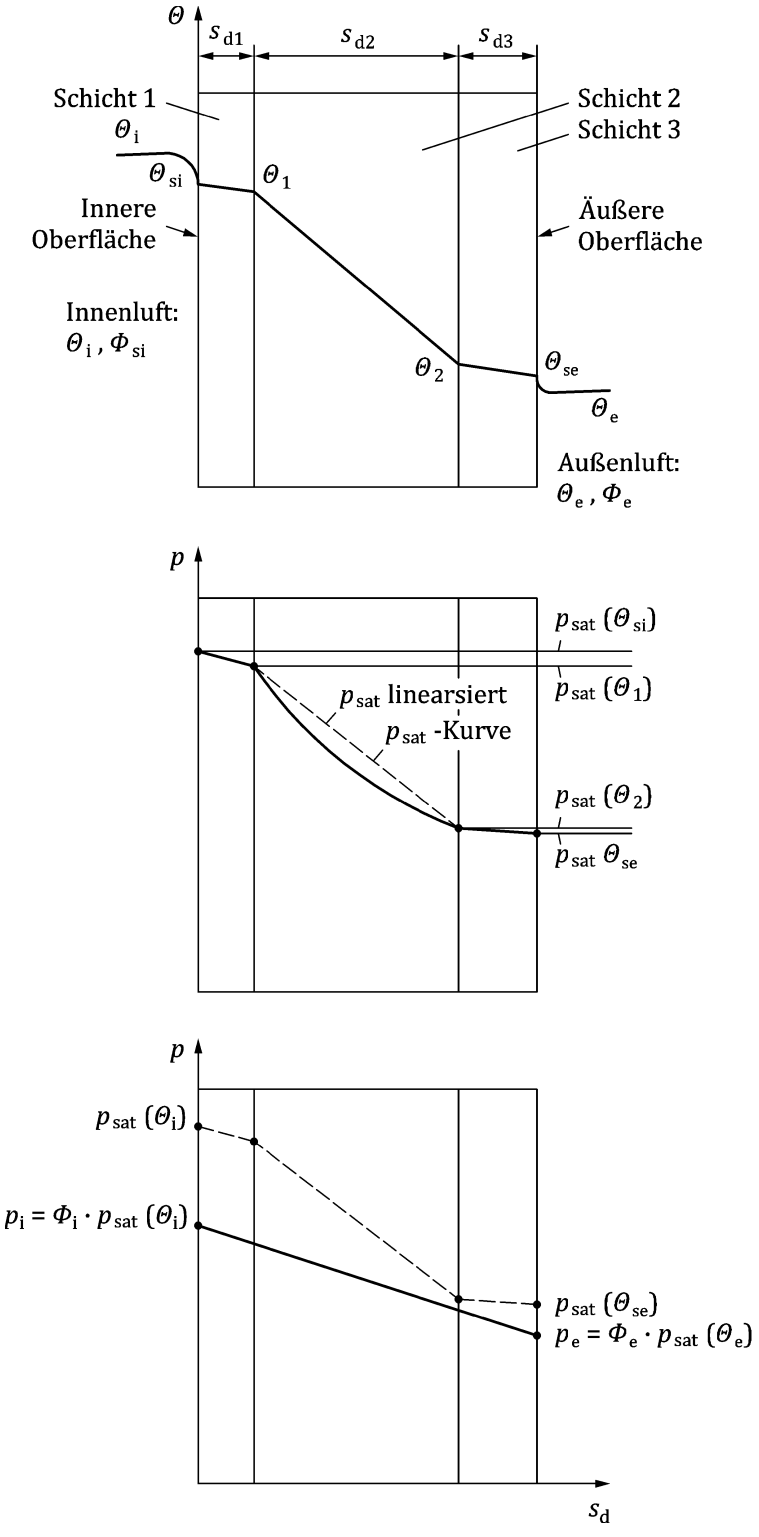


Bild C.2 — Schematische Darstellung der Temperatur- und Dampfdruckverteilungen über den Querschnitt eines mehrschichtigen Bauteils in Abhängigkeit von den diffusionsäquivalenten Luftschichtdicken der Einzelschichten zur Ermittlung eines eventuellen Tauwasserausfalls an Schichtgrenzen

C.3 Wasserdampfteildruck und Luftfeuchte

Die Beziehung zwischen Wasserdampfteildruck p, in Pa, und volumenbezogener (absoluter) Luftfeuchte v, in kg/m^3, wird durch die so genannte Gasgleichung (siehe Gleichung C.12) ausgedrückt:

$$p = v \cdot R_v \cdot T \tag{C.12}$$

Dabei ist

R_v die spezifische Gaskonstante für Wasserdampf, in J/(kg·K) bzw. in Pa·m^3 /(kg·K), mit $R_v = 462$ Pa·m^3/(kg·K);

T die thermodynamische Temperatur, in K.

Die Differenz zwischen raum- und außenseitigem Wasserdampfteildruck Δp wird aus der Differenz der absoluten Luftfeuchten bzw. als raumseitige Erhöhung der absoluten Luftfeuchte gegenüber Außen infolge einer Feuchteproduktion G im Raum mit dem Volumen V und einer Luftwechselrate n nach Gleichung (C.13) berechnet:

$$\Delta p = \Delta v \cdot R_v \cdot (T_i + T_e)/2 = \frac{G}{n \cdot V} \cdot R_v \cdot (T_i + T_e)/2 \tag{C.13}$$

Die relative Luftfeuchte φ ergibt sich aus dem aktuellen Dampfdruck p in Relation zum Sättigungsdampfdruck p_{sat} bei der aktuell herrschenden Temperatur nach Gleichung (C.14):

$$\varphi = \frac{p}{p_{sat}} \tag{C.14}$$

Die relative Luftfeuchte wird indirekt durch die Temperatur, d. h. über den temperaturabhängigen Sättigungsdampfdruck beeinflusst.

C.4 Sättigungsdampfdruck und Taupunkttemperatur

Der Sättigungsdampfdruck von Wasser wird in Abhängigkeit von der Temperatur für die Bereiche über Wasser bzw. über Eis nach folgenden empirischen Gleichungen (C.15) und (C.16) berechnet:

$$p_{sat} = 610{,}5 \cdot \exp\left(\frac{17{,}269 \cdot \theta}{237{,}3 + \theta}\right) \text{ wenn } \theta \geq 0\ °C \tag{C.15}$$

$$p_{sat} = 610{,}5 \cdot \exp\left(\frac{21{,}875 \cdot \theta}{265{,}5 + \theta}\right) \text{ wenn } \theta < 0\ °C \tag{C.16}$$

Aus der Umkehrung der Gleichungen können die Temperaturen berechnet werden, die einem bestimmten Sättigungsdampfdruck entsprechen. Diese Temperaturen, berechnet nach den umgestellten Gleichungen (C.17) und (C.18), entsprechen den Taupunkttemperaturen für einen bestimmten aktuellen Dampfdruck, der anstelle des Sättigungsdampfdruckes einzusetzen ist.

$$\theta = \frac{237{,}3 \cdot \ln\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)}{17{,}269 - \ln\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)} \text{ wenn } p_{sat} \geq 610{,}5 \text{ Pa} \tag{C.17}$$

$$\theta = \frac{265{,}6 \cdot \ln\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)}{21{,}875 - \ln\left(\frac{p_{sat}}{610{,}5}\right)} \text{ wenn } p_{sat} < 610{,}5 \text{ Pa} \qquad \text{(C.18)}$$

Tabellierte Werte für den Sättigungsdampfdruck, die absolute Luftfeuchte (auch als Wasserdampfkonzentration bezeichnet) und für Taupunkttemperaturen sind in den folgenden Tabellen C.1 bis C.3 angegeben.

Tabelle C.1 — Sättigungsdampfdruck für Wasserdampf in Luft über flüssigem Wasser bzw. über Eis in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperatur in °C	**Sättigungsdampfdruck, in** Pa, **für Temperaturschritte in Zehntel** °C									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	4241	4265	4289	4314	4339	4364	4389	4414	4439	4464
29	4003	4026	4050	4073	4097	4120	4144	4168	4192	4216
28	3778	3800	3822	3844	3867	3889	3912	3934	3957	3980
27	3563	3584	3605	3626	3648	3669	3691	3712	3734	3756
26	3359	3379	3399	3419	3440	3460	3480	3501	3522	3542
25	3166	3185	3204	3223	3242	3261	3281	3300	3320	3340
24	2982	3000	3018	3036	3055	3073	3091	3110	3128	3147
23	2808	2825	2842	2859	2876	2894	2911	2929	2947	2964
22	2642	2659	2675	2691	2708	2724	2741	2757	2774	2791
21	2486	2501	2516	2532	2547	2563	2579	2594	2610	2626
20	2337	2351	2366	2381	2395	2410	2425	2440	2455	2470
19	2196	2210	2224	2238	2252	2266	2280	2294	2308	2323
18	2063	2076	2089	2102	2115	2129	2142	2155	2169	2182
17	1937	1949	1961	1974	1986	1999	2012	2024	2037	2050
16	1817	1829	1841	1852	1864	1876	1888	1900	1912	1924
15	1704	1715	1726	1738	1749	1760	1771	1783	1794	1806
14	1598	1608	1619	1629	1640	1650	1661	1672	1683	1693
13	1497	1507	1517	1527	1537	1547	1557	1567	1577	1587
12	1402	1411	1420	1430	1439	1449	1458	1468	1477	1487
11	1312	1321	1330	1338	1347	1356	1365	1374	1383	1393
10	1227	1236	1244	1252	1261	1269	1278	1286	1295	1303
9	1147	1155	1163	1171	1179	1187	1195	1203	1211	1219
8	1072	1080	1087	1094	1102	1109	1117	1124	1132	1140
7	1001	1008	1015	1022	1029	1036	1043	1050	1058	1065
6	935	941	948	954	961	967	974	981	988	994
5	872	878	884	890	897	903	909	915	922	928
4	813	819	824	830	836	842	848	854	860	866

Temperatur in °C	**Sättigungsdampfdruck, in** Pa, **für Temperaturschritte in Zehntel** °C									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
3	757	763	768	774	779	785	790	796	801	807
2	705	710	715	721	726	731	736	741	747	752
1	656	661	666	671	676	680	685	690	695	700
0	611	615	619	624	629	633	638	642	647	652
0	611	605	601	596	591	586	581	576	571	567
−1	562	557	553	548	544	539	535	530	526	521
−2	517	513	509	504	500	496	492	488	484	479
−3	475	471	468	464	460	456	452	448	444	441
−4	437	433	430	426	422	419	415	412	408	405
−5	401	398	394	391	388	384	381	378	375	371
−6	368	365	362	359	356	353	350	347	344	341
−7	338	335	332	329	326	323	320	318	315	312
−8	309	307	304	301	299	296	294	291	288	286
−9	283	281	278	276	274	271	269	266	264	262
−10	259	257	255	252	250	248	246	244	241	239
ANMERKUNG Berechnung nach Formel und Tabellenwerte können geringfügig voneinander abweichen.										

Tabelle C.2 — Sättigungsdampfkonzentration für Wasserdampf in Luft über flüssigem Wasser bzw. über Eis in Abhängigkeit von der Temperatur

Temperatur in °C	Sättigungsdampfkonzentration, in 10^{-3} kg/m^3, für Temperaturschritte in Zehntel °C									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
30	30,3	30,5	30,6	30,8	31,0	31,2	31,4	31,5	31,7	31,9
29	28,7	28,9	29,0	29,2	29,4	29,5	29,7	29,9	30,0	30,2
28	27,2	27,3	27,5	27,6	27,8	28,0	28,1	28,3	28,5	28,6
27	25,7	25,9	26,0	26,2	26,3	26,5	26,6	26,8	26,9	27,1
26	24,3	24,5	24,6	24,8	24,9	25,0	25,2	25,3	25,5	25,6
25	23,0	23,1	23,3	23,4	23,5	23,7	23,8	24,0	24,1	24,3
24	21,7	21,9	22,0	22,1	22,3	22,4	22,5	22,7	22,8	22,9
23	20,5	20,7	20,8	20,9	21,0	21,2	21,3	21,4	21,5	21,7
22	19,4	19,5	19,6	19,7	19,9	20,0	20,1	20,2	20,4	20,5
21	18,3	18,4	18,5	18,6	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3
20	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,2
19	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17,0	17,1	17,2
18	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,2
17	14,5	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15,0	15,1	15,2	15,3
16	13,6	13,7	13,8	13,9	14,0	14,1	14,1	14,2	14,3	14,4
15	12,8	12,9	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6
14	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8
13	11,3	11,4	11,5	11,6	11,6	11,7	11,8	11,9	11,9	12,0
12	10,6	10,7	10,8	10,9	10,9	11,0	11,1	11,1	11,2	11,3
11	10,0	10,1	10,1	10,2	10,3	10,3	10,4	10,5	10,5	10,6
10	9,4	9,5	9,5	9,6	9,6	9,7	9,8	9,8	9,9	10,0
9	8,8	8,9	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,2	9,3	9,4
8	8,3	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,7	8,8
7	7,7	7,8	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,1	8,2	8,2
6	7,3	7,3	7,4	7,4	7,5	7,5	7,6	7,6	7,7	7,7
5	6,8	6,8	6,9	6,9	7,0	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2
4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,6	6,7	6,7	6,8
3	5,9	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3
2	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,9	5,9
1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5
0	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1	5,2
0	4,8	4,8	4,8	4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5
−1	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,1
−2	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8
−3	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5
−4	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,3	3,3	3,3	3,3
−5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0

Temperatur in °C	**Sättigungsdampfkonzentration, in** 10^{-3} kg/m^3**, für Temperaturschritte in Zehntel** °C									
	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
−6	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,9	2,8	2,8	2,8	2,8
−7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
−8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3
−9	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
−10	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0

Tabelle C.3 — Taupunkttemperatur für Wasserdampf in Luft in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Luftfeuchte

Temperatur in °C	**Taupunkttemperatur** °C **bei einer relativen Luftfeuchte** %													
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
30	10,5	12,9	14,9	16,8	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	9,7	12,0	14,0	15,9	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	8,8	11,1	13,1	15,0	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,1	24,2	25,2	26,2	27,1
27	8,0	10,2	12,3	14,1	15,7	17,2	18,6	19,9	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
26	7,1	9,4	11,4	13,2	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	6,2	8,5	10,5	12,2	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,3	21,3	22,3	23,2	24,1
24	5,4	7,6	9,6	11,3	12,9	14,4	15,8	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,1
23	4,5	6,7	8,7	10,4	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
22	3,6	5,8	7,8	9,5	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	2,8	5,0	6,9	8,6	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	1,9	4,1	6,0	7,7	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,4	17,4	18,3	19,2
19	1,1	3,2	5,1	6,8	8,4	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
18	0,2	2,3	4,2	5,9	7,4	8,8	10,1	11,3	12,5	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	−0,6	1,4	3,3	5,0	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,3	16,2
16	−1,4	0,6	2,4	4,1	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,6	12,6	13,5	14,4	15,2
15	−2,1	−0,3	1,5	3,2	4,7	6,0	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
14	−2,9	−1,1	0,6	2,3	3,8	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	−3,7	−1,8	−0,2	1,4	2,8	4,2	5,4	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	−4,4	−2,6	−1,0	0,5	1,9	3,3	4,5	5,6	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2
11	−5,2	−3,4	−1,8	−0,4	1,0	2,3	3,5	4,7	5,7	6,7	7,7	8,6	9,4	10,2
10	−6,0	−4,2	−2,6	−1,2	0,1	1,4	2,6	3,7	4,8	5,8	6,7	7,6	8,4	9,2

DIN 4108-3:2018-10

Anhang D
(normativ)

Feuchteschutzbemessung durch hygrothermische Simulation

D.1 Allgemeines

Seit den 90er-Jahren sind eine Reihe von Computermodellen zur Durchführung hygrothermischer Berechnungen entwickelt worden. Derartige Modelle ermöglichen einen größeren Detailierungsgrad und eine größere Anwendungsbreite als das vereinfachte Nachweisverfahren (Periodenbilanzverfahren). Geeignete Computermodelle erlauben die gekoppelte und zeitlich aufgelöste Berechnung von Temperatur- und Feuchteverteilungen innerhalb der Konstruktion. Sie beruhen auf finiten Volumen oder finiten Elementen mit Zeitschritten in der Größenordnung von Minuten oder Stunden und Gitterabständen in der Größenordnung von Millimetern bis Zentimetern. Sie erfassen den Feuchtetransport sowohl in der Flüssig- als auch in der Dampfphase und die Feuchtespeicherung poröser Baustoffe.

Als Eingabekenngrößen benötigen die Modelle die Vorgabe von hygrothermischen Stoffeigenschaften, zumeist als Funktion des Feuchtegehalts und/oder der Temperatur. Außen- und Raumklimadaten sind als Datensätze (zeitliche Auflösung als Stundenwerte oder feiner) oder als mathematische Funktionen vorgegeben. Die Auswahl der Eingabedaten und die Beurteilung der Berechnungsergebnisse erfordern eine ausreichende Fachkenntnis und Erfahrung. Deshalb ist die Anwendung dieser Verfahren jeweils als dritte Nachweisstufe empfohlen, wenn die einfachen Nachweisformen nicht anwendbar sind oder zu ungenügenden bzw. unwirtschaftlichen Ergebnissen führen.

Dieser Anhang legt die Randbedingungen für die Anwendung von Simulationsverfahren zur feuchtetechnischen Bemessung von mehrschichtigen Bauteilen unter natürlichen Klimabedingungen fest. Die Auswahl der Materialparameter muss den Vorgaben von DIN EN 15026 entsprechen. Es können zudem die physikalischen Modellansätze und Lösungsverfahren der Simulationswerkzeuge nach WTA Merkblatt 6-2 [14] verwendet werden. Zur Sicherstellung ausreichender Sicherheitsreserven sind die nachfolgend beschriebenen Eingangsparameter und Ergebnisanalysen zu verwenden. In begründeten Fällen sind Abweichungen bei den Randbedingungen zulässig. Sie sind so zu dokumentieren, dass die Simulation von Fachleuten nachvollzogen werden kann.

D.2 Äußere Randbedingungen

D.2.1 Allgemeines

Die äußeren Klimawirkungen auf die Gebäudehülle werden durch Außenlufttemperatur, Strahlung (kurzwellig und langwellig), Außenluftfeuchte, Wind und Schlagregenbeanspruchung bestimmt. Die relevanten Klimarandbedingungen sind in einer zeitlichen Auflösung von Stundenwerten oder feiner zu verwenden.

D.2.2 Klimadatensätze

Die Beurteilung des langfristigen Bauteilverhaltens erfolgt mit repräsentativen meteorologischen Klimadatensätzen. Falls vorhanden, sind standortspezifische, repräsentative Messdaten zu verwenden. Beispielsweise erfüllen die hygrothermischen Referenzjahre nach IBP-Bericht HTB-021/2016 [19] diese Ansprüche. Die Verwendung anderer Datensätze ist nach DIN EN 15026 zulässig, wenn sie auf der Grundlage mehrjähriger Klimamessdaten erzeugt wurden.

Liegen für die Schlagregenbeanspruchung keine Messdaten vor, ist diese aus Wind- und Normalregendaten z. B. auf Grundlage von DIN EN ISO 15927-3 zu ermitteln.

D.2.3 Wärme- und Feuchteübertragung an der Außenoberfläche

Die Übergangskoeffizienten für Wärme und Wasserdampf hängen von den lokalen Strömungsverhältnissen ab. Für deutsche Klimaverhältnisse sind im Normalfall die Werte der Tabelle D.1 zu verwenden.

Tabelle D.1 — Übergangskoeffizienten für Wärme und Wasserdampf

Wärmeübergangskoeffizient durch Konvektion	**Wärmeübergang (Konvektion und langwellige Strahlung)**	**Wasserdampfübergang**
h_c	h	β_p
$W/(m^2 \cdot K)$	$W/(m^2 \cdot K)$	$kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)$
12	17	$75 \cdot 10^{-9}$

Die kurzwellige Strahlungsabsorption hängt in erster Linie von der Oberflächenfarbgebung ab. Liegen keine produktspezifischen Daten vor, sind die Werte nach Tabelle D.2 zu verwenden.

Tabelle D.2 — Kurzwellige Strahlungsabsorption

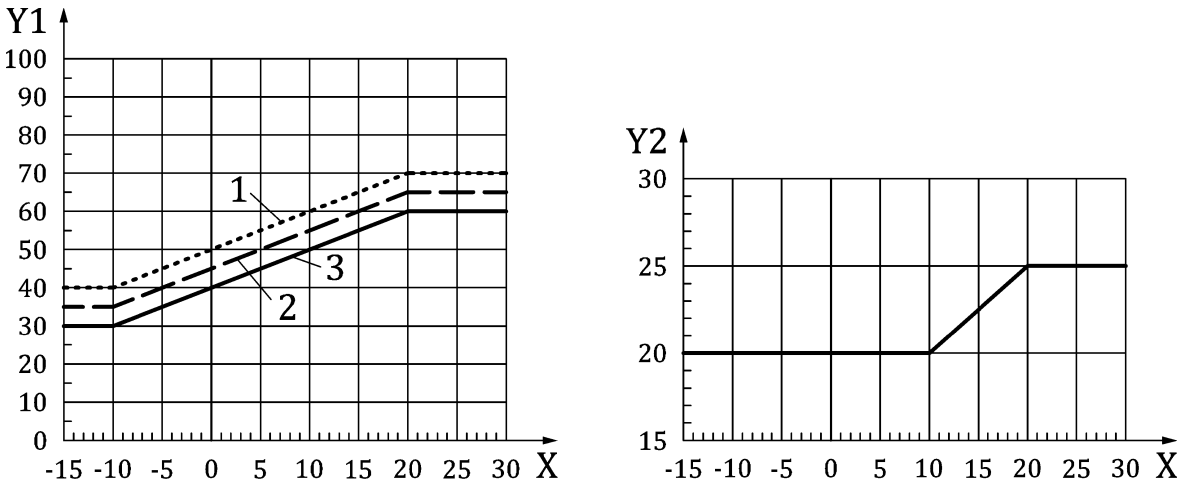
Bauteiloberfläche	**Schwarz oder dunkler Farbton**	**Grau oder mittlerer Farbton**	**Weiß oder heller Farbton**
Strahlungsabsorptionsgrad	0,8	0,6	0,4

Als langwellige Emissionszahl ist unabhängig vom Material 0,9 zu verwenden. Geringere Werte, wie sie z. B. bei blanken Metalloberflächen auftreten, dürfen nur verwendet werden, wenn das Rechenergebnis dadurch feuchtetechnisch ungünstiger wird. Wird die langwellige Strahlungsbilanz berechnet, ist beim Wärmeübergangskoeffizienten nur der konvektive Anteil zu berücksichtigen.

Da ein Teil des auftreffenden Regenwassers bei schlagregenbeanspruchten Außenwänden wieder wegspritzt (etwa 30 %), ist bei senkrechten Bauteilen zusätzlich ein Abminderungsfaktor von 0,7 zu verwenden.

D.3 Raumseitige Randbedingungen

Im Gegensatz zum Außenklima wird das Raumklima stark durch das Nutzerverhalten und haustechnische Anlagen bestimmt (Feuchteproduktion, manuelle Lüftung, mechanische Lüftungsanlage mit/ohne Luftbefeuchtung). Die Wärme- und Feuchtespeicherfähigkeiten von Bauteilen und Einrichtungsgegenständen sorgen in der Regel für einen relativ gleichmäßigen Verlauf von Temperatur und relativer Luftfeuchte.



Legende

X	Außenlufttemperatur in °C	1	Feuchtelast hohe Belegung
Y1	relative Raumluftfeuchte in %	2	Feuchtelast normale Belegung + 5 % (Bemessung)
Y2	Innentemperatur in °C	3	Feuchtelast normale Belegung

Bild D.1 — Raumlufttemperatur und –feuchte von Wohnräumen in Abhängigkeit von den Tagesmittelwerten der Außenlufttemperatur

Für die feuchtetechnische Bemessung der normalen Belegung in Bild D.1 ist die Kurve nach DIN EN 15026:2007-07 Bild C.1, erhöht um 5 Prozentpunkte relative Feuchte Sicherheitsreserve zu verwenden. Eine hohe Belegung liegt vor, wenn die Wohnfläche, bezogen auf die Wohneinheit, pro Person weniger als 15 m^2 beträgt (gilt nicht für Büroräume).

Für klimatisierte Gebäude sind die geplanten Sollwerte für das Raumklima zu verwenden. Für nicht klimatisierte Wohn- oder wohnähnlich genutzte Gebäude ist, sofern nichts Genaueres bekannt ist, das Raumklima aus den gleitenden Mittelwerten der letzten 24 h der Außenlufttemperatur nach Bild D.1 zu verwenden.

D.4 Wärme- und Feuchteübertragung an der raumseitigen Oberfläche

Die Übergangskoeffizienten für Wärme und Wasserdampf können für die hygrothermische Simulation überall als annähernd gleich angenommen werden. Ist nichts Genaueres bekannt, sind die Werte nach Tabelle D.3 zu verwenden.

Tabelle D.3 — Übergangskoeffizienten für Wärme und Wasserdampf in Räumen

Wärmeübergang (Konvektion und langwellige Strahlung)	**Wasserdampfübergang**
h	β_p
$W/(m^2 \cdot K)$	$kg/(m^2 \cdot s \cdot Pa)$
8	$25 \cdot 10^{-9}$

D.5 Anfangsbedingungen

Zu Beginn einer Berechnung sind die Anfangsbedingungen für die Feuchte- und Temperaturbedingungen über das gesamte Bauteil vorzugeben.

Anfangstemperatur: Als Anfangstemperatur sind 20 °C über die gesamte Dicke des Bauteils anzusetzen. Da sich die Temperaturverhältnisse sehr schnell den Randbedingungen anpassen, ist die Beeinflussung der Berechnungsergebnisse durch die Anfangstemperatur sehr begrenzt.

Anfangsfeuchte: Bei neuerstellten massiven Bauteilen kann vereinfachend die Einbaufeuchte (z. B. für vor Ort hergestellte Betonbauteile) bzw. der Feuchtegehalt nach Werksproduktion (Mauersteine, vorgefertigte Betonbauteile) verwendet werden. Die Standzeit des Gebäudes vor Übergabe zur Nutzung kann bei der Festlegung der Anfangsbedingungen der Simulation ebenfalls berücksichtigt werden. Im Trockenbau wird für alle Bauteilschichten die Sorptionsfeuchte bei 80 % angesetzt. Bei vorgetrockneten Bauteilschichten darf eine Sorptionsfeuchte von 50 % angesetzt werden.

Bei bestehenden Bauteilen ist, sofern nichts Genaueres bekannt ist, als Anfangsbedingung (Temperatur, Feuchte) der eingeschwungene Zustand (siehe D.7.2) unter den gegebenen Klimabedingungen zu verwenden.

D.6 Feuchtequellen aufgrund von Luftkonvektion oder Schlagregenpenetration durch unvermeidbare Leckagen

D.6.1 Allgemeines

Durch Luftkonvektion oder Schlagregenpenetration kann deutlich mehr Feuchtigkeit in ein Bauteil gelangen als durch Dampfdiffusion. Selbst in Bauteilen, die nach dem Stand der Technik luft- und regendicht ausgeführt werden, verbleiben i. d. R. kleine Leckagen, durch die ein Feuchteeintrag erfolgen kann.

Für ein ausreichendes Sicherheitsniveau ist es sinnvoll, die Konstruktionen so zu bemessen, dass sie tolerant gegenüber derartigen Feuchteeinträgen sind. Können diese Effekte nicht über genauere Berechnungsverfahren (z. B. Strömungssimulationen) erfasst werden, wird die Anwendung der nachfolgenden Modellansätze empfohlen.

D.6.2 Feuchtequellen durch Dampfkonvektion

Bei Leichtbaukonstruktionen kann Raumluft im Bereich von Anschlüssen oder Durchdringungen durch Außenbauteile strömen und zu Kondensation auf der Kaltseite führen. Diese sog. Dampfkonvektion wird ausgelöst durch permanent oder saisonal auftretende anlagen- oder auftriebsbedingte Luftdruckdifferenzen zwischen dem Raum und der Außenluft. Deshalb sollten für Leichtbaukonstruktionen die Ansätze nach DIN 68800-2 bzw. Ziffer 5.2 in WTA Merkblatt 6-2-14/D(2014-12) [14] angewandt werden. Ohne Luftdichtheitsprüfung ist dafür ein Luftdurchlässigkeitskoeffizient von $1{,}9 \cdot 10^{-6}$ m^3/(m^2·s·Pa) {0,007 m^3/(m^2·h·Pa)} zu verwenden. Bei einem gemessenen q_{50}-Wert $\leq$ 3 m^3/(m^2·h) kann ein reduzierter Wert von $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ m^3/(m^2·s·Pa) {0,004 m^3/(m^2·h·Pa)} angesetzt werden [10].

D.6.3 Feuchtequellen durch Schlagregenpenetration

Die Schlagregenpenetration von Außenbekleidungen auf Wänden kann zu erhöhten Wassergehalten in der Unterkonstruktion führen. Bei feuchteempfindlichen Unterkonstruktionen sollte daher untersucht werden, welche Auswirkungen die Deposition von Niederschlagswasser auf der Unterkonstruktion hat. Dazu ist 1 % des auf der Bauteiloberfläche auftreffenden Schlagregens als Feuchtequelle auf der Unterkonstruktion aufzubringen. Die Feuchtequelle muss in den außenseitigen 5 mm der feuchteempfindlichen Unterkonstruktion angewendet werden. Ist die entsprechende Materialschicht dünner, muss die Feuchtequelle auf die gesamte Materialschicht angewendet werden. Ist die erste Schicht der Unterkonstruktion eine Wind- und Bewitterungsschutzschicht, z. B. Folie/Unterspannbahn, ist keine Feuchtequelle anzusetzen. Führt diese

Feuchtemenge zu unzulässig hohen Wassergehalten sind alle Anschlussdetails so zu planen, dass eindringende Regenfeuchte wirksam abgeleitet werden kann.

D.7 Beurteilung der Simulationsergebnisse

D.7.1 Allgemeines

Um die Feuchteschutzprüfung mittels hygrothermischer Simulation zu bestehen, dürfen weder im Jahresverlauf noch langfristig Feuchtezustände innerhalb der Konstruktion auftreten, welche deren Funktion beeinträchtigen oder sie schädigen können. Dafür werden zunächst die Feuchtebilanz des gesamten Bauteils und anschließend die Zustände innerhalb einzelner Materialschichten oder auch an einzelnen kritischen Positionen bewertet.

Für die Auswertung werden Ausgaben in stündlicher Auflösung verwendet/empfohlen. Für die Berechnung von physikalischen Größen an Oberflächen und Materialgrenzen sollten die Ergebnisse in einem Bereich von 1 mm gemittelt werden.

D.7.2 Eingeschwungener Zustand

Innerhalb der Konstruktion sollte sich binnen einiger Jahre ein dynamischer Gleichgewichtszustand einstellen. Die Berechnung erfolgt bei kontinuierlicher Verwendung eines sich jährlich wiederholenden Klimadatensatzes und der Gleichgewichtszustand gilt als erreicht, wenn sich der Wassergehalt des Bauteils am Ende eines Jahres jeweils um weniger als 1,0 % bezogen auf den Vorjahreswassergehalt verändert. Bei Konstruktionen mit stark wasserspeichernden Schichten (z. B. Gründächer, zweischaliges Mauerwerk mit Innendämmung) sind diese Schichten bei der Berechnung des Gesamtwassergehaltes nicht zu berücksichtigen.

Der Gleichgewichtszustand sollte im Regelfall spätestens nach 10 Jahren erreicht sein.

Für die Auswertung der nachfolgend aufgeführten Kriterien werden ausschließlich die Ergebnisse des letzten Simulationsjahres verwendet.

D.7.3 Bewertung der Feuchtezustände an den Oberflächen und innerhalb der Konstruktion

Stellt sich ein dynamischer Gleichgewichtszustand ein, sind anschließend die hygrothermischen Verhältnisse in den einzelnen Materialschichten sowie an den Oberflächen und Materialgrenzen zu betrachten. Zur Beurteilung der Wassergehalte in den einzelnen Schichten ist ein Vergleich mit den kritischen Feuchtezuständen für die einzelnen Baustoffe durchzuführen. Für die Beurteilung werden die jeweils höchsten Wassergehalte der einzelnen Schichten verwendet, welche jedoch nicht zeitgleich auftreten müssen.

D.7.4 Vermeidung von Holzzerstörung

Es sind DIN 68800-1 und DIN 68800-2 zu beachten.

Die Holzfeuchte darf 20 % (angegeben als Massenanteil) nicht übersteigen. In der Anfangsphase (im ersten Jahr nach Einbau) ist eine Überschreitung maximal über einen Zeitraum von drei Monaten zulässig. Alternativ kann eine detaillierte Beurteilung erfolgen (siehe z. B. WTA Merkblatt 6-8 [18]). Zur Auswertung müssen die kritischen 10 mm der betroffenen Materialschicht im Tagesmittel untersucht werden.

Die Holzwerkstofffeuchte hat je nach Feuchtebeständigkeitsbereichen nach DIN EN 13986 unterschiedliche Grenzwerte. Eine vorübergehende Auffeuchtung kann toleriert werden, sofern diese innerhalb von 3 Monaten rücktrocknen kann und die Anforderungen der Gebrauchstauglichkeit erfüllt werden, siehe DIN 68800-2. Zur Auswertung muss die gesamte betroffene Materialschicht untersucht werden (siehe z. B. WTA Merkblatt 6-8 [18]).

Zulässige Holzfeuchtewerte sind DIN 68800-2:2012-02, Tabelle 2 zu entnehmen.

D.7.5 Vermeidung von Frostschäden

Sind für die eingesetzten Materialien die kritischen Grenzwerte zur Vermeidung von Frostschäden bekannt, sind diese anzusetzen. Anderenfalls sollten die Wassergehalte von Materialschichten, in denen Frost auftreten kann, einen Sättigungsgrad von 30 % (Sättigungsgrad = Quotient aus Masse des Wassers in einem porösen Körper und der maximal möglichen Masse des Wassers (Sättigung)) nicht überschreiten. Höhere Sättigungsgrade sind zulässig, sofern die Ausgleichsfeuchtegehalte bei 95 % nicht überschritten werden (siehe z. B. WTA Merkblatt 6-5 [17]). Die Überschreitung der kritischen Grenzfeuchte kann zur Eisbildung führen, wenn gleichzeitig die Temperatur von −5 °C erreicht oder unterschritten wird. Zur Auswertung müssen die kritischen 10 mm der betroffenen Materialschicht untersucht werden. Bei Materialschichten, die insgesamt dünner als 10 mm sind, wird die komplette Schicht bewertet.

Bei geprüft frostbeständigen Materialien sind keine Grenzwerte einzuhalten.

D.8 Wahl geeigneter Simulationsverfahren

Um verlässliche Ergebnisse zu erhalten, muss das verwendete Simulationsmodell in der Lage sein, die relevanten Prozesse des Wärme- und Feuchtetransports ausreichend genau wiedergeben zu können.

Die Eignung einer Simulationssoftware wird durch das Nachrechnen von Prüffällen (Benchmarks) nachgewiesen, welche vom Anwender der Software herstellerunabhängig durchführbar sein müssen. Mit der Software müssen mindestens die Prüffälle nach DIN EN 15026 nachvollzogen werden können.

D.9 Fehlerkontrolle

Numerische Berechnungsverfahren basieren auf Näherungslösungen, deren Qualität von den gewählten numerischen Methoden und der Softwareumsetzung abhängt. Sowohl das Berechnungsgitter als auch die zeitliche Auflösung haben Einfluss auf die Ergebnisgenauigkeit. Daher sollten beide Einflussarten unabhängig geprüft werden (siehe z. B. WTA Merkblatt 6-2-14/D [14]).

D.10 Dokumentation

Die Regelungen zur Dokumentation von Berechnungsverfahren in DIN EN 15026:2007-07, 6.3 finden Anwendung.

Literaturhinweise

[1] DIN 18550-1, *Planung, Zubereitung und Ausführung von Außen- und Innenputzen — Teil 1: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 13914-1:2016-09 für Außenputze*

[2] CAMMERER J. S.: *Bezeichnungen und Berechnungsverfahren für Diffusionsvorgänge im Bauwesen.* Kältetechnik 8 (1956), S. 339-343.

[3] CAMMERER W. F., DÜRHAMMER W.: *Die Berechnung der Dampfdiffusionsvorgänge im baulichen Wärme- und Kälteschutz und die dafür zweckmäßigsten Meß- und Rechnungsgrößen.* Gesundheitsingenieur 71 (1950) Nr. 19/20, S. 310-313.

[4] DIN Fachbericht 4108-8, *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden — Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden*

[5] ZVDH Flachdachrichtlinie, Fachregel für Abdichtungen — Flachdachrichtlinie[2)]

[6] GLASER H.: *Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen.* Kältetechnik 11 (1959) Nr. 10, S. 345-349.

[7] GLASER H.: *Wärmeleitung und Feuchtigkeitsdurchgang durch Kühlraumisolierungen.* Kältetechnik 10 (1958) Heft 3, S. 86-91.

[8] KRUS, M., KÜNZEL, H. M., KIEßL, K.: *Feuchtetransportvorgänge in Stein und Mauerwerk — Messung und Berechnung.* Bauforschung für die Praxis, Band 25, IRB-Verlag Stuttgart 1996.

[9] KÜNZEL, H. M.: *Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten.* Dissertation Universität Stuttgart 1994.

[10] KÜNZEL, H.M., Zirkelbach, D. & Schafaczek, B.: Berücksichtigung der Wasserdampfkonvektion bei der Feuchteschutzbeurteilung von Holzkonstruktionen. wksb 55 (2010), H. 63, S. 25-33

[11] ZVDH Wärmeschutz, *Merkblatt - Wärmeschutz bei Dach und Wand*[2)]

[12] WTA Merkblatt 6-1-01/D, *Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen.* Herausgeber: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., 2002.[3)]

[13] WTA Merkblatt 6-2-01/D, *Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse.* Herausgeber: Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., 2002.[3)]

[14] WTA Merkblatt 6-2-14/D, Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., Dezember 2014.[3)]

[15] WTA Merkblatt 6-3-05/D, Rechnerische Prognose des Schimmelwachstumsrisikos. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege, 2005.[3)]

2) Nachgewiesen in der DITR Datenbank der DIN Software GmbH, zu beziehen durch: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Stolberger Straße 84, 50933 Köln.

3) Nachgewiesen in der DITR Datenbank der DIN Software GmbH, zu beziehen durch: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

[16] WTA Merkblatt 6-4, *Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden*[3)]

[17] WTA Merkblatt 6-5-14/D, *Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren*[3)]

[18] WTA Merkblatt 6-8-16/D, *Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen — Vereinfachte Nachweise und Simulation.* Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., August 2016 [3)]

[19] Zirkelbach et al.: Klima- und Oberflächenübergangsbedingungen für die hygrothermische Bauteilsimulation. IBP-Bericht HTB-021/2016, https://wufi.de/literatur/Zirkelbach,%20Schöner%20et%20al.%20Juli%202016%20-%20Energieoptimiertes%20Bauen%20Klima-%20und%20Oberflächenübergangsbedingungen.pdf

DEUTSCHE NORM **März 2019**

DIN EN 12716

DIN

ICS 93.020

Ersatz für
DIN EN 12716:2001-12

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Düsenstrahlverfahren; Deutsche Fassung EN 12716:2018

Execution of special geotechnical work –
Jet grouting;
German version EN 12716:2018

Exécution des travaux géotechniques spéciaux –
Jet grouting;
Version allemande EN 12716:2018

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

DIN EN 12716:2019-03

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 12716:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 005-05-08 AA „Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefreichende Bodenstabilisierung (SpA zu CEN/TC 288/WG 17 und WG 18)“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau).

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12716:2001-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

a) inhaltliche und redaktionelle Überarbeitung der Norm;

b) Aufnahme des informativen Anhangs A „Bestimmung der Materialfestigkeit“;

c) Aufnahme des informativen Anhangs B „Qualität der Proben“.

Frühere Ausgaben

DIN EN 12716: 2001-12

EUROPÄISCHE NORM

EUROPEAN STANDARD

NORME EUROPÉENNE

EN 12716

Dezember 2018

ICS 93.020

Ersatz für EN 12716:2001

Deutsche Fassung

Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau — Düsenstrahlverfahren

Execution of special geotechnical work — Jet grouting

Exécution des travaux géotechniques spéciaux — Jet grouting

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 28. September 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

© 2018 CEN Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den nationalen Mitgliedern von CEN vorbehalten.

Ref. Nr. EN 12716:2018 D

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort ... **4**

1 Anwendungsbereich ... **5**

2 Normative Verweisungen ... **5**

3 Begriffe ... **6**

4 Notwendige Informationen für die Ausführung ... **8**
4.1 Allgemeines ... **8**
4.2 Spezifische Anforderungen ... **9**

5 Baugrunduntersuchung ... **10**
5.1 Allgemeines ... **10**
5.2 Spezifische Anforderungen ... **10**

6 Baustoffe und Bauprodukte ... **11**
6.1 Allgemeines ... **11**
6.2 Zement ... **11**
6.3 Wasser ... **12**
6.4 Bentonit ... **12**
6.5 Zusatzstoffe ... **12**
6.6 Zusatzmittel ... **12**
6.7 Bewehrung ... **12**

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung ... **13**
7.1 Allgemeines ... **13**
7.2 Geometrische Randbedingungen ... **14**
7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften ... **15**
7.4 Durchlässigkeit ... **15**

8 Ausführung ... **15**
8.1 Allgemeines ... **15**
8.2 Ausrüstung ... **17**
8.3 Vorbereitung der Baustelle ... **17**
8.4 Bohrung und Toleranzen ... **18**
8.5 Düsenstrahlarbeit ... **18**
8.6 Rückfluss ... **18**
8.7 Einbringen der Bewehrung ... **19**

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen ... **19**
9.1 Allgemeines ... **19**
9.2 Vorversuche ... **19**
9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen ... **20**
9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente ... **21**
9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen ... **21**
9.4.2 Mechanische Prüfungen ... **21**
9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen ... **21**
9.5 Überwachung ... **21**

10 Aufzeichnungen ... **22**
10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen ... **22**
10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen ... **23**

11 Besondere Anforderungen 23
11.1 Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen 23
11.2 Baustellensicherheit 23
11.3 Umweltschutz 24
Anhang A (informativ) Bestimmung der Materialfestigkeit 25
Anhang B (informativ) Qualität der Proben 27
B.1.1 Güteklasse A: 27
B.1.2 Güteklasse B: 27
B.1.3 Güteklasse C: 28
B.1.4 Güteklasse D: 28
Anhang C (normativ) Direkte und indirekte Prüfungen und Qualitätskontrollen 30
Anhang D (informativ) Beispiele für Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren 32
Anhang E (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen 35
Literaturhinweise 38

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 12716:2018) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 288 „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2019 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 12716:2001.

Der allgemeine Anwendungsbereich von TC 288 umfasst die Normung der Ausführungsverfahren des Spezialtiefbaus (einschließlich Prüf- und Überwachungsmethoden) und der erforderlichen Materialeigenschaften. WG 17 wurde damit beauftragt, EN 12716:2001, welche Düsenstrahlverfahren behandelt, zu überarbeiten.

Für Entwurf, Planung und Ausführung des Düsenstrahlverfahrens sind Erfahrung und Kenntnisse in diesem Fachgebiet erforderlich. Für die Ausführungsphase ist kompetentes und qualifiziertes Personal erforderlich und die vorliegende Norm kann das Fachwissen von Fachunternehmen nicht ersetzen.

Dieses Dokument ist eine Ergänzung zu EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln* und EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.* Abschnitt 7 „Hinweise zu Entwurf und Bemessung“ dieser Europäischen Norm behandelt nur dort wo notwendig die Bemessung (z. B. detaillierte Angaben zur Bewehrung), deckt jedoch vollständig die Anforderungen an das Bauwerk und die Überwachung ab.

Diese Norm enthält zusätzliche Anforderungen an Zement und ergänzt die entsprechenden Bestimmungen von EN 197-1 und EN 1008.

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.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt allgemeine Grundsätze für die Ausführung von Düsenstrahlarbeiten fest.

ANMERKUNG Das Düsenstrahlverfahren unterscheidet sich von den in EN 12715 erfassten Injektionsverfahren.

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).

EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

EN 206, *Beton — Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität*

EN 480-4, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Prüfverfahren — Teil 4: Bestimmung der Wasserabsonderung des Betons (Bluten)*

EN 934-4:2009, *Zusatzmittel für Beton, Mörtel und Einpressmörtel — Teil 4: Zusatzmittel für Einpressmörtel für Spannglieder — Definitionen, Anforderungen, Konformität, Kennzeichnung und Beschriftung*

EN 1008, *Zugabewasser für Beton — Festlegung für die Probenahme, Prüfung und Beurteilung der Eignung von Wasser, einschließlich bei der Betonherstellung anfallendem Wasser, als Zugabewasser für Beton*

EN 1997-1:2004, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

EN 12390-2, *Prüfung von Festbeton — Teil 2: Herstellung und Lagerung von Probekörpern für Festigkeitsprüfungen*

EN 12390-3, *Prüfung von Festbeton — Teil 3: Druckfestigkeit von Probekörpern*

EN 16228-1:2014, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 1: Gemeinsame Anforderungen*

EN 16228-6, *Geräte für Bohr- und Gründungsarbeiten — Sicherheit — Teil 6: Geräte für Injektionsarbeiten*

EN ISO 10414-1:2008, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Feldprüfung von Bohrspülungen — Teil 1: Flüssigkeiten auf Wasserbasis (ISO 10414-1:2008)*

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
Düsenstrahlverfahren
Vorgang der hydraulischen Auflösung von Boden oder mäßig festem Gestein durch einen energiereichen Flüssigkeitsstrahl, der das Verfestigungsmittel selbst sein kann, und seine gleichzeitige Mischung mit und sein teilweiser Ersatz durch Suspension, um ein Düsenstrahlelement nach Erhärtung des hydraulischen Bindemittels herzustellen

3.2
Düsenstrahlelement
aus einem einzelnen Bohrloch behandeltes Volumen an Boden oder mäßig festem Gestein

3.3
Düsenstrahlkörper
Anordnung von Düsenstrahlelementen, die teilweise oder vollständig miteinander verbunden sind

3.4
sub-vertikales Düsenstrahlverfahren
Verfahrensart, die in einem vertikalen oder sub-vertikalen Bohrloch ausgeführt wird (±20° Abweichungen von der vertikalen Ebene)

3.5
sub-horizontales Düsenstrahlverfahren
Verfahrensart, die in einem horizontalen oder sub-horizontalen Bohrloch ausgeführt wird (±20° Abweichungen von der horizontalen Ebene)

3.6
geneigtes Düsenstrahlverfahren
Verfahrensart, die in einer anderen als sub-vertikalen oder sub-horizontalen Neigung ausgeführt wird

3.7
1-Phasensystem
Düsenstrahlverfahren mit einer einzigen Flüssigkeit, welche die Bindemittelsuspension selbst ist

3.8
2-Phasensystem
1-Phasensystem mit einer zusätzlichen Luftummantelung um den Strahl

3.9
3-Phasensystem
2-Phasensystem, welches einen Wasserstrahl verwendet, wobei optional eine Luftummantelung um den Strahl hinzugefügt werden kann und gleichzeitig Bindemittelsuspension durch eine separate Öffnung unterhalb des Strahls zugegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen Fällen kann die Zugabe von Luft vollständig oder teilweise weggelassen werden.

3.10
Bohr- und Düsgerät
Drehbohranlage mit automatischer Regelung für Drehzahl und Ziehgeschwindigkeit des Gestänges und des Düsenträgers

3.11
Bohr- und Düsgestänge
Gestänge, mit einem , zwei oder drei innenliegenden Kanälen, die die Düsflüssigkeit(en) zum Monitor leiten

3.12
Monitor
in der Nähe des unteren Endes des Düsgestänges angebrachtes Werkzeug, welches die Schneiddüse(n) hält

3.13
Schneiddüse
am Düsenträger angebrachte Vorrichtung zur Erzeugung des Hochgeschwindigkeitsstrahls

3.14
Reichweite des Düsenstrahls
Strecke, von der Achse des Düsenträgers aus gemessen, auf der eine hydraulische Aufschließung des Bodengefüges durch den Strahl erreicht wird

3.15
Rückfluss
überschüssige Mischung aus aufgelöstem Boden oder mäßig festem Gestein und eingebrachten Flüssigkeiten aus dem Düsvorgang, der in der Regel über den Ringraum im Bohrloch an die Geländeoberfläche fließt

3.16
Düsenstrahlparameter
Parameter definiert als:

— Anzahl und Durchmesser der Schneiddüse(n);

— Druck der Flüssigkeit(en);

— Durchflussrate der Flüssigkeit(en);

— Druck und Durchflussrate der Luft (sofern verwendet);

— Zusammensetzung der Suspension oder Flüssigkeit;

— Drehgeschwindigkeit des Düsgestänges;

— Zieh- oder Eindringgeschwindigkeit des Düsgestänges.

3.17
Vorschneiden (Mehrphasen-Düsenstrahlverfahren)
Verfahren, bei dem der Herstellung eines Düsenstrahlelements eine Phase hydraulischen Aufschließens vorangestellt ist

3.18
erhärtetes Düsenstrahlmaterial
Material, aus dem das Düsenstrahlelement besteht

3.19
Bindemittelsuspension
pumpfähiges Material (Suspension, Lösung, Emulsion), bestehend aus Wasser, Bindemittel und Zusätzen, der als energiereicher Flüssigkeitsstrahl oder zur Verfestigung verwendet wird und der über die Zeit eine Festigkeit entwickelt, z. B. gemessen als einaxiale Druckfestigkeit

3.20
hydraulisches Bindemittel
Zement oder ähnliches Bauprodukt, das mit Wasser zur Herstellung von Bindemittelsuspensionen verwendet wird

3.21
gedüster Betonpfahl
Element, bei dem das gedüste Material über ein separates Kontraktorrohr durch Beton ersetzt wird, wodurch die im Hohlraum enthaltenen Stoffe ersetzt werden

3.22
Güteklasse der Probe
Klassifizierung der aus dem Düsenstrahlelement gewonnenen Proben nach Oberfläche, Struktur, Anzahl der Unregelmäßigkeiten und Zusammensetzung

3.23
geotechnischer Homogenbereich
sich deutlich von den angrenzenden Bereichen unterscheidende Gruppe von Bodenschichten, auf die ein Satz von einheitlichen Düsenstrahlparametern angewendet werden kann

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Vor Ausführung der Arbeiten müssen alle notwendigen Angaben zur Verfügung gestellt werden.

4.1.2 Diese Angaben müssen Folgendes enthalten:

— alle rechtlichen und gesetzlichen Auflagen;

— Lage der Hauptachsen zur Absteckung der Elementpositionen;

— Lage und Zustand von an die Baustelle angrenzenden Bauwerken, Straßen, Einbauten usw., einschließlich notwendiger Einmessungen;

— ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem, einschließlich Aufsicht, Überwachung und Prüfung.

— Geometrie der Baustelle (Randbedingungen, Topographie, Zugang, Böschungen usw.);

— verfügbarer Platz zur Lagerung, Behandlung und/oder Entsorgung des Rückflusses;

— vorhandene unterirdische Bauteile, Einbauten und archäologische Einschränkungen; potentielles Vorhandensein von Blindgängern und deren Lage;

— Umweltschutzauflagen, auch für Lärm, Erschütterung, Verschmutzung;

— künftig oder derzeit stattfindende Arbeiten wie Entwässerung, Tunnelbau oder Aushub tiefer Baugruben.

4.2 Spezifische Anforderungen

4.2.1 Die spezifischen Anforderungen müssen, sofern relevant, Folgendes umfassen:

— Spezifikationen zur Ausführung;

— erforderliche Materialfestigkeit und Steifigkeit;

— Grad der erforderlichen Wasserdichtigkeit;

— vorangegangene Nutzung der Standorts;

— angrenzende Bauwerke und deren Gründungen (Art, Zustand, Last und Geometrie);

— geotechnische Angaben und Daten, wie in Abschnitt 5 angegeben;

— Vorhandensein jeglicher Hindernissen im Boden (altes Mauerwerk, Anker, Beton, Blöcke und Findlinge usw.);

— Bescheinigung oder schriftliche Bestätigung über die Beseitigung aller nicht detonierter Kampfmittel;

— Vorhandensein von Einschränkungen bezüglich der lichten Höhe;

— Vorhandensein von natürlichen und/oder künstlich angelegten Hohlräumen (Minen usw.);

— Vorhandensein von Altlasten sowie deren Art, Ausdehnung und Grad der Verunreinigung;

— jegliche spezifische Anforderungen an die Düsenstrahlarbeiten, insbesondere im Hinblick auf Toleranzen, Qualität der Stoffe sowie Prüfverfahren und -frequenz;

— falls verfügbar, Erfahrungswerte aus bisherigen einschlägigen oder für die Baustelle relevanten Düsenstrahlarbeiten oder anderen Injektionsarbeiten;

— beabsichtigte angrenzende vorbereitende oder vorauseilende Maßnahmen wie Unterfangungen, Vorbehandlung des Erdreichs, Entwässerung;

— Umfang und Art der erforderlichen messtechnischen Instrumentierung für die Überwachung potentiell betroffener Bauwerke.

4.2.2 Notwendigkeit, Umfang, Vorgehensweise und der Inhalt aller Untersuchungen des Zustands von angrenzenden Bauwerken, Straßen, Einbauten, Leitungen usw. müssen festgelegt werden.

4.2.3 Die Untersuchungen müssen vor Beginn der Arbeiten erfolgen und vor Beginn der Arbeiten verfügbar sein und ihre Ergebnisse müssen verwendet werden, um die Schwellenwerte für alle Verformungen festzulegen, welche Auswirkungen auf die angrenzenden Bauwerke haben könnten.

4.2.4 Zusätzliche oder abweichende Anforderungen müssen vor Beginn der Arbeiten festgelegt werden, und das System zur Qualitätskontrolle muss auf geeignete Weise angepasst werden.

ANMERKUNG Derartige zusätzliche oder abweichende Anforderungen können beispielsweise sein:

— verminderte oder erhöhte geometrische Bautoleranzen;

— Anwendung verschiedener oder variierender Injektionsstoffe;

— spezielle Verankerung oder Qualität der Verbindung von Düsenstrahlelementen zu darunterliegendem Fels;

— Bewehrung;

— Kapphöhen;

— umfassender manueller Aushub.

5 Baugrunduntersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die allgemeinen Anforderungen an die Baugrunduntersuchung sind in EN 1997-2 und den relevanten nationalen Dokumenten enthalten.

5.1.2 Die Tiefe und der Umfang der Baugrunduntersuchung sollten ausreichend sein, um alle Bodenformationen und Schichten zu identifizieren, die von den Düsenstrahlarbeiten betroffen sind, um alle relevanten Eigenschaften des Bodens und um die Baugrundverhältnisse zu bestimmen.

5.1.3 Relevante Erfahrungen über die Ausführung vergleichbarer Düsenstrahlarbeiten unter ähnlichen Bedingungen und/oder in der Nähe der Baustelle sollten bei der Bestimmung des Umfangs der Felduntersuchung berücksichtigt werden.

5.1.4 Der geotechnische Untersuchungsbericht muss vorliegen, um eine zuverlässige Planung und Ausführung des Düsenstrahlverfahrens zu ermöglichen.

5.1.5 Die Angemessenheit der Baugrunduntersuchung für die Planung und die Ausführung des Düsenstrahlverfahrens muss überprüft werden.

5.1.6 Ist die Baugrunduntersuchung nicht ausreichend, muss eine ergänzende Untersuchung vorgenommen werden.

5.2 Spezifische Anforderungen

5.2.1 Besondere Aufmerksamkeit ist auf die folgenden Aspekte zu richten, die für die Ausführung des Düsenstrahlverfahrens relevant sind:

— die Höhenkote an jedem Punkt der Untersuchung oder Prüfung relativ zur amtlichen Höhenbezugsebene oder einem bekannten Höhenfestpunkt;

— Standrohrspiegelhöhen aller Grundwasserspiegel und Durchlässigkeit der Böden;

— Vorhandensein von groben, stark durchlässigen Böden oder Hohlräumen (natürlich oder künstlich), die während des Düsens einen plötzlichen Materialverlust und eine Instabilität des Bohrlochs oder einen plötzlichen Abfall des Flüssigkeitsniveaus verursachen können und daher besondere Maßnahmen erforderlich machen können;

— Vorhandensein, Festigkeit und Verformungseigenschaften kohäsiver Böden wie Ton oder Torf, die Schwierigkeiten während des Düsens bereiten können;

— Vorhandensein von Findlingen oder Hindernissen, die Düsschatten erzeugen können und eine Beurteilung ihrer Größe und Häufigkeit, sofern zutreffend;

— Vorhandensein, Lage, Festigkeit harten Gesteins bzw. anderer harter Materialien, die zu Schwierigkeiten während des Bohrens führen und die Verwendung speziellen Werkzeugs erforderlich machen können;

— Vorhandensein, Ausdehnung und Dicke jeglicher Schichten, die empfindlich auf Eindringen von Wasser oder den zusätzlichen durch das Düsenstrahlverfahren verursachten hydrostatischen Druck reagieren können;

— Schichten, in denen hohe Grundwassergeschwindigkeiten vorliegen, die das frische Düsenstrahlmaterial auswaschen könnten;

— schädliche chemische Eigenschaften von Grundwasser, Boden und Fels sowie die Wassertemperatur, sofern erforderlich;

— Vorhandensein von vorbehandeltem Boden, der sich während des Düsens nachteilig auswirken kann;

— Bergbau unter der Baustelle;

— Probleme der Standsicherheit auf der Baustelle (beispielsweise Böschungsstabilität).

5.2.2 Die Standrohrspiegelhöhen der verschiedenen Grundwasserspiegel auf der Baustelle müssen separat und über einen ausreichenden Zeitraum überwacht werden, um die höchsten Standrohrspiegelhöhen abzuschätzen, die während des Düsenstrahlverfahrens eintreten können.

5.2.3 Ein besonderes Augenmerk muss auf artesische Bedingungen geworfen werden.

5.2.4 Die relevanten Eigenschaften der Böden müssen durch Laborversuche und/oder Prüfungen vor Ort über die volle Tiefe der Düsenstrahlelemente und bis auf eine bestimmte Tiefe unter ihrem Fußpunkt bestimmt werden.

5.2.5 Falls es erforderlich ist, dass Düsenstrahlelemente an Gestein anbinden, müssen das Niveau der Gesteinsoberfläche und, wo erforderlich, die Gesteinseigenschaften, einschließlich der Festigkeit, des Verwitterungsgrades sowie des Ausmaßes und der Ausrichtung von Klüften bestimmt werden.

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1 Die Bestandteile müssen die Anforderungen erfüllen, die in den entsprechenden Europäischen Normen, den Auflagen für den Anwendungsort und in den Projektspezifikationen gestellt werden.

6.1.2 Die Bezugsquellen der Bestandteile müssen dokumentiert werden und dürfen nicht ohne vorherige Ankündigung verändert werden.

6.2 Zement

6.2.1 Der Zement für das Düsenstrahlverfahren muss EN 197-1 entsprechen.

6.2.2 Die Auswahl in Bezug auf Expositionsklassen muss EN 206 entsprechen.

6.2.3 Hydraulische Bindemittel dürfen, anders als bei Zement, verwendet werden, wenn die erforderliche Leistungsfähigkeit durch Prüfungen oder entsprechende Bestimmungen, Bescheinigungen oder Genehmigungen nachgewiesen ist.

6.2.4 Die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand (z. B. frei von C3A-Tricalciumaluminat) muss den am Ort der Verwendung geltenden Regeln entsprechen.

ANMERKUNG Diese Zementarten werden beispielsweise in kühlen, feuchten Umgebungen mit Sulfatvorkommen verwendet (z. B. Bauteile in Meereswasser).

Falls keine örtlichen Bestimmungen gelten, sind vergleichbare Erfahrungen und/oder spezifische Untersuchungen notwendig.

6.2.5 Calciumaluminat-Zement darf nicht verwendet werden.

6.2.6 Zusatzstoffe vom Typ II, einschließlich Flugasche, Silikastaub (wie in EN 206 angegeben) und gemahlene granulierte Hochofenschlacke dürfen als Ersatz für Zement verwendet werden.

6.3 Wasser

Zugabewasser muss EN 1008 und EN 206 entsprechen.

6.4 Bentonit

6.4.1 Es sollte zwischen Calciumbentonit, natürlichem Natriumbentonit und aktiviertem Bentonit unterschieden werden. Letzterer ist ein Natriumbentonit, welcher mittels Ionenaustausch aus natürlichem Calciumbentonit hergestellt wurde.

ANMERKUNG 1 Bei Bentonit handelt es sich um Ton, der hauptsächlich das Mineral Montmorillonit enthält.

6.4.2 In Bindemittelsuspensionen verwendeter Bentonit darf keine schädlichen Bestandteile in der Menge aufweisen, dass Düsenstrahlelemente oder deren Bewehrung in einem unzumutbaren Ausmaß beeinträchtigt werden können.

6.4.3 Die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Bentonits muss bekannt sein.

6.5 Zusatzstoffe

Die Verwendung von Zusatzstoffen muss EN 206 entsprechen.

6.6 Zusatzmittel

Zusatzmittel müssen EN 206 entsprechen.

ANMERKUNG 1 Die für das Düsenstrahlverfahren angewandten Zusatzmittel können sein:

— Wasser entziehend/verflüssigend;

— stark Wasser entziehend/hoch verflüssigend;

— auswaschfest;

— abbindeverzögernd;

— abbindebeschleunigend.

ANMERKUNG 2 Zusatzmittel können verwendet werden:

— um das Bluten und die Entmischung zu minimieren, die sich sonst aus einem hohen Wassergehalt ergeben könnten;

— um die Zeit der Verarbeitbarkeit der Suspension zu steuern.

6.7 Bewehrung

Wird Bewehrung eingesetzt, muss das Material mit den Anforderungen der relevanten Europäischen Produktnorm übereinstimmen.

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1 Allgemeines

7.1.1 Das Düsenstrahlverfahren kann entweder für temporäre oder dauerhafte Bauwerke zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden:

— zur Herstellung tragender Bauteile;

— zur Herstellung durchlässigkeitsmindernder Elemente; oder

— einer Kombination aus beidem.

7.1.2 Bei der Planung von Düsenstrahlarbeiten sollte angegeben werden, ob die Ansatzpunkte der Bohrlöcher über oder unter dem Grundwasserspiegel oder einem artesischen Wasserspiegel liegen.

7.1.3 Überall dort, wo die Ansatzpunkte der Bohrlöcher unter dem Grundwasserspiegel oder unter einem artesischen Wasserspiegel liegen, müssen besondere Maßnahmen vorgesehen werden, um unkontrollierten Austrag von Material durch das Bohrloch zu verhindern.

7.1.4 Die spezifizierten physischen Eigenschaften und die Abmessungen der Düsenstrahlkörper müssen in der Planung angegeben werden.

7.1.5 Die Bedingungen vor Ort, welche die Reihenfolge der Herstellung der Elemente beeinflussen können, müssen festgelegt werden.

7.1.6 Wenn von Bedeutung, sollte die genaue Reihenfolge der Herstellung der Elemente auf den gedruckten oder elektronischen Ausführungsplänen und/oder Modellen festgelegt werden.

7.1.7 Sofern keine Erfahrungen unter vergleichbaren Bedingungen vorliegen, müssen repräsentative Vorversuche unter Verwendung derjenigen Ausrüstung, Materialien und Verfahren vorgenommen werden, die für die später auszuführenden Düsenstrahlarbeiten vorgesehen sind.

7.1.8 Um ein einheitliches Ergebnis der Vorversuche zu erreichen, sollte mindestens ein Probeelement mit dem vorgegebenen Arbeitsverfahren hergestellt werden. Bei sehr heterogenen Böden sind mehrere Probeelemente unter Anwendung verschiedener Arbeitsverfahren notwendig für die Freigabe.

7.1.9 Wenn das erhärtete Düsenstrahlmaterial aggressiven oder temperaturempfindlichen Umgebungen ausgesetzt werden soll, sollten vor den in-situ-Vorversuchen Laborversuche an Proben durchgeführt werden, angemischt aus Anteilen aus dem zu behandelnden Boden und der Düsenstrahlsuspension, wie sie bei den geplanten Düsenstrahlarbeiten zu erwarten sind.

7.1.10 Die Bestimmung der charakteristischen Materialfestigkeit muss im Rahmen der Aufsicht, Prüfung und Überwachung durch Prüfung von Proben, vorzugsweise der Güteklassen A und B nach Anhang B, erfolgen, die aus dem Düsenstrahlkörper selbst entweder durch Kernbohrung, Probennahme aus dem frischen Material oder aus dem Rückfluss entnommen wurden.

ANMERKUNG Die Bezugsabmessungen der Proben für diesen Zweck sind Zylinder mit einem Höhe-Durchmesser-Verhältnis von 2:1.

Der Durchmesser der Probe sollte mit der größten vorhandenen Korngröße korrelieren (siehe Anhang B).

Rückflussproben sollten nur verwendet werden, wenn basierend auf vorherigen Erfahrungen davon ausgegangen werden kann, dass sie für die Materialfestigkeit repräsentativ sind.

7.1.11 Tragende Bauteile dürfen erst nach der Prüfung belastet werden, oder wenn vergleichbare Erfahrungen bestätigen, dass die Aushärtezeit ausreichend ist, um die in der Planung angegebene erforderliche Festigkeit zu erreichen.

7.1.12 Die charakteristische Festigkeit, die im Rahmen von Aufsicht, Prüfung und Überwachung als die uniaxiale Druckfestigkeit für Düsenstrahlelemente bestimmt wurde, muss statistisch in Übereinstimmung mit den Spezifikationen, z. B wie in Anhang A beschrieben, nachgewiesen werden.

7.1.13 Anhang C enthält die Mindestanzahl der Proben, die für die Bestimmung der Druckfestigkeit erforderlich ist.

7.1.14 Proben sollten dort entnommen werden, wo eine repräsentative Materialfestigkeit erwartet werden kann.

7.1.15 Prüfergebnisse müssen im Hinblick auf die Güteklasse der Proben ausgewertet werden, beispielsweise wie in Anhang B beschrieben.

7.1.16 Die Planung sollte die zulässigen Grenzen für Setzungen, Hebungen und Verdrehungen von Bauteilen und Einbauten, die im Einflussbereich der Düsenstrahlarbeiten liegen, festlegen.

7.2 Geometrische Randbedingungen

7.2.1 Toleranzen und ihre potentiellen Auswirkungen müssen in der Ausführungsplanung berücksichtigt werden.

7.2.2 Wenn nicht anders festgelegt, müssen Düsenstrahlelemente innerhalb der folgenden geometrischen Abweichungen hergestellt werden:

a) Position vertikaler und schräger Düsenstrahlelemente, bezogen auf die Höhe der Arbeitsebene ≤ 0,10 m;

b) Abweichung von der Elementachse

   1) für vertikale Düsenstrahlelemente ≤ 2 % der maximalen Bohrlänge;

   2) für sub-vertikale Düsenstrahlelemente ≤ 4 % der maximalen Bohrlänge;

   3) für geneigte und sub-horizontale Düsenstrahlelemente ≤ 6 % der maximalen Bohrlänge.

7.2.3 Auf Ausführungsplänen muss Folgendes eindeutig dargestellt werden:

— Mindestquerschnittsabmessungen, die in den verschiedenen zu durchfahrenden Bodenschichten zu erreichen sind;

— Abweichungen der Elementachsen hinsichtlich Lage und Neigung, wenn von 7.2.2 abweichend.

7.2.4 Auch die größtmöglichen Querschnittsabmessungen der Düsenstrahlelemente sollten in Bezug auf die geplanten Elementabstände berücksichtigt werden, um die Geschlossenheit der Düsenstrahlkörper sicherzustellen.

7.2.5 Falls ein unerwartetes unterirdisches Hindernis nicht entfernt werden kann, muss dieser Bereich in den gedruckten oder elektronischen Ausführungsplänen und/oder Modellen gekennzeichnet werden. Die angrenzenden Düsenstrahlkörper müssen so umgeplant werden, dass der beabsichtigte Zweck erreicht wird.

7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften

7.3.1 Die Festigkeit des erhärteten Düsenstrahlmaterials hängt vom gewählten Düsenstrahlsystem, den angewandten Parametern sowie von der Art und Heterogenität des Bodens ab.

7.3.2 Bei Unterfangungen muss der temporäre Zustand der Düsenstrahlsäulen unter den Fundamenten hinsichtlich Stabilität und Verformung vor dem Abbinden der Suspension beachtet werden.

7.3.3 Wenn die Verformungen der Düsenstrahlelemente oder -körper von Bedeutung sind, müssen bei der Planung die Kenngrößen und Verformungen, die in gesonderten Abnahmeprüfungen und während der Ausführung zu ermitteln sind, angegeben werden.

7.3.4 Die erforderliche charakteristische Festigkeit des erhärteten Düsenstrahlmaterials muss unter Berücksichtigung der Heterogenität der Bodeneigenschaften bei der Planung festgelegt werden. Ein Nachweis der charakteristischen Festigkeit muss erfolgen, beispielsweise nach Anhang A.

7.3.5 Wenn das Ergebnis der Düsenstrahlarbeiten durch indirekte Prüfungen kontrolliert wird, müssen bei der Planung die Abnahmekriterien in Form der zu messenden Parameter angegeben werden.

7.3.6 Die Düsenstrahlsäulen können durch hochfeste Elemente (Stahlstäbe, Stahlrohre, Träger) bewehrt werden.

7.3.7 Die erforderliche Verankerungslänge für die Bewehrung muss basierend auf Erfahrungen festgelegt oder durch Versuche bestätigt werden.

7.4 Durchlässigkeit

7.4.1 Wenn die Durchlässigkeit der Düsenstrahlelemente oder -körper von Bedeutung ist, müssen bei der Planung die Kenngrößen angegeben werden, die in gesonderten Abnahmeprüfungen zu ermitteln sind.

7.4.2 Bei der Beurteilung der Gesamtdurchlässigkeit des Düsenstrahlkörpers sollte die ungünstigste Bauphase betrachtet werden.

8 Ausführung

8.1 Allgemeines

8.1.1 Die Ausführung von Düsenstrahlarbeiten erfordert Kenntnis und Erfahrung in dieser Verfahrenstechnik.

8.1.2 Der hohe Druck (> 25 MPa), der beim Düsenstrahlverfahren angewendet wird, dient zur Erzeugung eines energiereichen Strahls, der das Bodengefüge auflöst. Es ist kein Druck, der auf den Boden einwirkt.

8.1.3 Ausführungsverfahren für Düsenstrahlelemente

Üblicherweise umfasst die Ausführung folgende Arbeitsschritte:

— Herstellen eines Bohrlochs mit einer bestimmten Länge unter Verwendung des Bohr- und Düsgestänges;

— falls mit einem separaten Bohrgestänge gebohrt wird, wird das Düsgestänge bis zur Bohrlochsohle eingeführt;

— Pumpen von Flüssigkeit(en) oder Suspension durch das Düsgestänge unter hohem Druck bei gleichzeitigem Ziehen und Drehen des Gestänges nach Bedarf mit vorher festgelegten Werten für Ziehgeschwindigkeit, Drehzahl, Pumpendruck und Durchflussrate für jede einzelne Flüssigkeit.

8.1.4 Andere Ausführungsverfahren

Bedingt durch die örtlichen Verhältnisse dürfen bei Bedarf auch andere Ausführungsverfahren angewandt werden, wie z. B.:

— Vorschneiden;

— Ausführung in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten: zunächst wird das Element über eine vorbestimmte Länge vom Bohrlochmund aus hergestellt und das Aushärten abgewartet. Dann, nach einem Überbohren des behandelten Bodens, wird der Vorgang in einer tieferen Stufe wiederholt und so weitergeführt, bis die planmäßig vorgesehene Tiefe des zu behandelnden Bodens erreicht ist.

— Top-Down-Düsentrahlverfahren von Elementen, bei denen nah am Bohrlochmund beginnend bis zum entfernten Ende der Bohrung gedüst wird.

— Gedüste Betonpfähle, bei denen der Boden durch Vorschneiden erodiert und das durch dieses Verfahren erzeugte erodierte Material über ein separates Kontraktorrohr mit Beton aufgefüllt wird, wodurch das vorhandene Material ersetzt wird.

8.1.5 Verfahrensbeschreibung

Vor Beginn der Düsenstrahlarbeiten muss eine Verfahrensbeschreibung erarbeitet werden. Diese sollte mindestens die folgenden Angaben enthalten:

— Kennzeichnung, Ziel und Anwendungsbereich der Düsenstrahlarbeiten;

— Beschreibung des Baugrunds, einschließlich Gruppierung von Schichten in geotechnische Homogenbereiche;

— Form der erforderlichen Düsenstrahlelemente;

— Düsenstrahlsystem;

— Planung und Entwurf der Düsenstrahlarbeiten;

— Arbeitsablauf (Bohren, Düsen, Reihenfolge der Herstellung);

— geschätzte Düsenstrahlparameter für geotechnische Homogenbereiche (zu bestätigen durch Prüfungen zu Beginn der Arbeiten);

— verwendete Stoffe (für Bohren und Düsen);

— alle Schwellen- und Grenzwerte, z. B. für Verformungen, die den Ausführungsprozess begrenzen, sofern relevant und durch die Planung vorgegeben, und zu treffende Vorsichtsmaßnahmen;

— Baustelleneinrichtung und Arbeitsbereiche;

— Ausrüstung und Gerät;

— Entsorgungskonzept für den Rückfluss;

— Maßnahmen zur Qualitätskontrolle entsprechend den Anforderungen;

— Toleranzen nach den Angaben in der Ausführungsplanung;

— Maßnahmen, um die Bohrgenauigkeit innerhalb der angegebenen Toleranzen sicherzustellen;

— Maßnahmen, um Störungen aus möglichen Unterbrechungen oder ein Blockieren des Rückflusses während des Düsvorganges zu vermeiden;

— Maßnahmen, um sicherzustellen, dass der nach Abschluss des Düsvorganges erreichte Suspensionsspiegel auch nach dem Absetzen der Zementsuspension gehalten werden kann;

— mögliche Anpassung der Düsenstrahlparameter während der Arbeiten;

— Prüfmethoden;

— Arbeitsunterlagen (Pläne, Berichte).

8.2 Ausrüstung

Die Ausrüstung muss in der Lage sein, die Arbeiten, wie in der Verfahrensbeschreibung angegeben, auszuführen. Es muss mindestens Folgendes aufgezeichnet werden:

— die Ziehgeschwindigkeit und Drehzahl des Düsgestänges mit den vorgesehenen Parametern;

— der Zufluss der Flüssigkeit(en) und der Suspension zum Bohr- und Düsgestänge mit dem vorgegebenen Druck und der Durchflussrate.

8.3 Vorbereitung der Baustelle

8.3.1 Die Vorbereitung muss in Übereinstimmung mit den Planungsvorgaben und den spezifischen Bedingungen auf der Baustelle durchgeführt werden. Dies muss einen geeigneten Zugang für Ausrüstung und Gerät, den Aushub, das Reinigen und Planieren der Arbeitsebene, das Sicherstellen einer ausreichenden Standsicherheit für die Ausrüstung, ausreichend Platz für die Lagerung von Materialien sowie die Sammlung, Lagerung, Behandlung und/oder Entsorgung von Rückfluss umfassen.

8.3.2 Eine ausreichende Standsicherheit der Arbeitsebene muss nach EN 1997-1 für Bodenpressungen, die nach EN 16228-1:2014, Anhang F, berechnet wurden, bestätigt werden.

8.3.3 Alle auf die Baustelle gelieferten Materialien und Produkte müssen aus Gründen der Qualitätskontrolle registriert werden und mit den Spezifikationen aus der Planung abgeglichen werden.

8.3.4 Die Materialien müssen vor dem Eindringen von Feuchtigkeit oder Luft oder vor anderen Umgebungseinflüssen, die ihre Verwendbarkeit und/oder Qualität beeinträchtigen könnten, geschützt werden.

8.3.5 Ein System zur Sammlung und Entsorgung des Rückflusses muss vorgesehen werden. Das Entsorgungskonzept für den Rückfluss kann folgende Maßnahmen umfassen:

— die Sammlung am Bohrlochoberfläche;

— zeitweilige Zwischenlagerung auf der Baustelle;

— mögliche Behandlung;

— Wiederverwendung für andere Bautätigkeiten;

— endgültige Entsorgung.

8.3.6 Bei subhorizontalen Düsenstrahlverfahren sind geeignete Maßnahmen für die Standsicherheit der Bohransatzebene zu treffen.

8.3.7 Bevor mit den Düsenstrahlarbeiten begonnen wird, müssen die Angaben in Abschnitt 4 überprüft werden.

8.4 Bohrung und Toleranzen

8.4.1 Jedes Bohrloch muss in Übereinstimmung mit den Vorgaben eingemessen und gekennzeichnet werden.

8.4.2 Die Bohrung kann mit jedem geeigneten System vorgenommen werden.

8.4.3 Sofern das Bohrloch nicht standfest ist oder größere Verluste der Bohrspülung festgestellt werden oder die Baugrundverhältnisse auf andere Weise dazu beitragen, dass der Rückfluss behindert wird, müssen geeignete Vorbeugemaßnahmen eingeleitet werden, z. B. eine Verrohrung.

8.4.4 Der Ringraum zwischen Bohrlochwandung und Düsenstrahlgestänge muss so bemessen sein, dass er den freien Rückfluss zum Bohrlochmund ermöglicht.

8.4.5 Wenn unerwartete Hindernisse im Untergrund auftreten, müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, um unerwünschte Effekte während des Düsens zu vermeiden.

8.4.6 Düsenstrahlelemente müssen in Übereinstimmung mit den angegebenen Toleranzen hergestellt werden.

8.5 Düsenstrahlarbeit

8.5.1 Die Ausrichtung der Schneiddüsen muss für alle nichtzylindrischen Elemente sorgfältig kontrolliert werden.

8.5.2 Es müssen angemessene Maßnahmen ergriffen werden, damit der Suspensionsspiegel oberhalb des Elements bleibt und sich keine Hohlräume bilden.

8.5.3 Bei Unterfangungen müssen Maßnahmen ergriffen werden, die einen dauerhaften direkten Kontakt zwischen der Oberfläche der Düsenstrahlsäule und dem Fundament sicherstellen.

8.5.4 Um ein lokales Versagen zu vermeiden und die Sicherheit auf der Baustelle sicherzustellen, muss das Düsenstrahlverfahren mit einem ausreichenden Abstand zwischen der oberen Düse und der Geländeoberfläche ausgeführt werden.

8.5.5 Wird der Prozess des Düsens aus beliebigen Gründen unterbrochen, muss die Wiederaufnahme des Düsverfahrens an einer Stelle erfolgen, die eine Überlappung mit dem bereits hergestellten Element sicherstellt, um die Herstellung eines durchgängigen Elements sicherzustellen. Ein normales Nachsetzen von Gestänge stellt keine Unterbrechung des Verfahrens dar, sofern das Nachsetzen ohne Verzögerung vorgenommen wird.

8.6 Rückfluss

8.6.1 Während des Düsens sind die Kontinuität und die Eigenschaften des Rückflusses am Bohrlochmund ständig zu beobachten.

8.6.2 Eine weitere Kontrolle darf durch das Messen bestimmter physikalischer oder chemischer Eigenschaften des Rückflusses erreicht werden.

8.6.3 Falls während des Düsens ein unerwartetes Verhalten des Rückflusses beobachtet wird, sollten die Ausführungsparameter und/oder das Verfahren überprüft werden.

8.6.4 Eine unerwartete Verringerung des Rückflusses muss untersucht und korrigierende Maßnahmen ergriffen werden.

8.7 Einbringen der Bewehrung

Eine Bewehrung kann in das frisch gedüste Material eingebracht werden. Alternativ kann die Bewehrung in ein Bohrloch eingebracht werden, das in das ausgehärtete Element gebohrt wurde.

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

9.1 Allgemeines

9.1.1 Die Eigenschaften von Düsenstrahlelementen müssen zum Zweck der Kontrolle nach Anhang C geprüft werden.

9.1.2 Die Prüfhäufigkeit der Abmessungen und Eigenschaften des Düsenstrahlelements muss festgelegt werden. Typische Prüfhäufigkeiten können Anhang C entnommen werden.

9.1.3 Beim Düsenstrahlverfahren muss die Qualitätskontrolle mindestens die Aufzeichnung der Düsparameter und die Beobachtung des Rückflusses bei allen Düsenstrahlelementen, wie in 9.5 angegeben, umfassen.

9.1.4 Es darf davon ausgegangen werden, dass in einem geotechnischen Homogenbereich der Einsatz von gleichen Düsenstrahlparametern Elemente mit gleichen Maßen, Eigenschaften und gleichem Rückfluss erzeugt.

9.1.5 Zu Beginn des Düsenstrahlverfahrens sollten die Abmessungen und die Materialeigenschaften auf Grundlage einer bestimmten Anzahl an Prüfelementen ermittelt werden, um den Zusammenhang zwischen Düsenstrahlparametern und Düsenstrahlelementeigenschaften herzustellen. Typische Prüfhäufigkeiten können Anhang C entnommen werden.

9.1.6 Wenn vergleichbare Erfahrungen (wie sie in EN 1997-1:2004, 1.5.2.2, beschrieben sind) mit dem gleichen Düsenstrahlsystem in ähnlichen Bodenbedingungen vorliegen, dürfen separate Prüfelemente vor der Ausführung entfallen. Das gilt nur dann, wenn es die Ausschreibung nicht anders vorsieht und eine Überwachung der Düsenstrahlarbeiten erfolgt.

9.2 Vorversuche

9.2.1 Wenn Erfahrungen unter vergleichbaren Bodenbedingungen nicht vorliegen, müssen vor Beginn der Arbeiten Probeelemente vorgesehen und hergestellt werden. Dabei müssen alle wesentlichen Bedingungen, die auf der Baustelle möglicherweise angetroffen werden können, erfasst werden, um:

— das bestgeeignete System und die effektivsten Düsenstrahlparameter auszuwählen;

— nachzuweisen, dass mit dem ausgewählten System und den ausgewählten Düsenstrahlparametern die Planungserfordernisse erfüllt werden.

Probeelemente können Teil der Hauptarbeiten sein, sofern in den Spezifikationen nichts anderes angegeben ist.

9.2.2 Wenn vor Beginn der Arbeiten Probeelemente hergestellt werden und deren Freilegung möglich ist, sollten die geometrischen und mechanischen Eigenschaften der Düsenstrahlelemente durch Sichtprüfung und durch Laborversuche an Bohrkernen oder an Probestücken beurteilt werden.

9.2.3 Wenn vor Beginn der Arbeiten Probeelemente hergestellt werden und die Probeelemente nicht freigelegt werden können, sollten die Ergebnisse (im Wesentlichen die Größe der Elemente) durch direkte oder indirekte Messungen während oder nach dem Abbinden beurteilt werden.

9.2.4 Wenn bei der Bauausführung die Ermittlung der Abmessung der Elemente durch indirekte Prüfung erfolgt, sollten dieselben Prüfverfahren bereits bei den Probeelementen angewendet werden, und die Ergebnisse sollten mit direkten Prüfungen der Probeelemente verglichen werden, um die Zuverlässigkeit der Prüfverfahren festzustellen.

ANMERKUNG Anhang C enthält eine Auflistung einiger Prüfungen und ihre Mindestprüfhäufigkeit.

9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen

9.3.1 Für Manometer und andere bei den Messungen der Düsparameter verwendete Messgeräte muss vor Beginn der Arbeiten eine dokumentierte gültige Kalibrierung oder ein Prüfbericht vorliegen.

9.3.2 Der Druck der Flüssigkeiten muss am Bohrgerät gemessen werden, um Beeinträchtigungen durch Druckabfälle zu vermeiden.

9.3.3 Die Anfangsneigung des Bohr- und Düsgestänges muss vor dem Bohren an der Oberfläche gemessen und während des Bohrens regelmäßig überprüft werden. Sofern in der Planung vorgesehen, muss die Lage des Bohr- und Düsgestänges nach Fertigstellung der Bohrung gemessen werden.

9.3.4 Die Menge und die Eigenschaften des Rückflusses müssen beobachtet werden und die Beobachtungen müssen aufgezeichnet werden.

9.3.5 Alle Maßnahmen, die in Übereinstimmung mit der Verfahrensbeschreibung aufgrund einer Blockade des Rückflusses durchgeführt werden, müssen dokumentiert werden.

9.3.6 Die Dichte, das Abbindeverhalten und weitere relevante Eigenschaften des Rückflusses sollten regelmäßig bestimmt und aufgezeichnet werden. Die Gründe für jedes unerwartete Ergebnis sollten untersucht werden.

9.3.7 Repräsentative Proben des Rückflusses sollten entnommen und die Druckfestigkeit sollte ermittelt werden.

9.3.8 Typische Prüfungen und ihre Häufigkeit für Probe- und Arbeitselemente sind in Anhang C angegeben. Die folgenden Prüfungen sollten für die Suspension durchgeführt werden, um eine einheitliche Material- und Suspensionsqualität sicherzustellen:

- Vorversuche:
  - Dichte;
  - Absetzmaß;
  - Marsh-Viskosität;
  - Abbindezeit;
  - einaxiale Druckversuche an zylindrischen Proben (Verhältnis Höhe/Durchmesser: 2,0), nach 3 Tagen, 7 Tagen, 28 Tagen und, falls langsam erhärtende Mischungen verwendet werden, nach 56 Tagen;
- Versuche während der eigentlichen Arbeiten:

— Dichte; Marsh-Viskosität;

— Absetzmaß.

9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente

9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen

9.4.1.1 In Übereinstimmung mit den Spezifikationen muss entweder eine Sichtprüfung oder direkte und/oder indirekte Messung der Abmessungen erfolgen. Typische Prüfhäufigkeiten sind in Anhang C gegeben. Kernbohrungen müssen erst dann durchgeführt werden, wenn eine ausreichende Erhärtungszeit verstrichen ist.

9.4.1.2 Die Kernbohrmethode, die verwendete Bohrausrüstung und der Kerndurchmesser sollten sicherstellen, dass repräsentative Proben entnommen werden, wo Zugänglichkeit und Baugrundverhältnisse dies erlauben.

9.4.1.3 In Fällen, in denen Kernbohrungen möglicherweise nicht erfolgreich angewandt werden können, müssen andere Prüfverfahren in Betracht gezogen werden (7.1.10).

9.4.2 Mechanische Prüfungen

9.4.2.1 Wenn zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften des Düsenstrahlelements in-situ-Prüfungen angewendet werden, muss die Lage des Messgerätes auf die Abmessungen und das Aussehen des Elements bezogen werden.

9.4.2.2 Druckversuche müssen nach Anhang C durchgeführt und, z. B. wie in Anhang A beschrieben, ausgewertet werden.

9.4.2.3 Die Mindesthäufigkeit zur Prüfung der Druckfestigkeit ist in Anhang C gegeben.

9.4.2.4 Die für mechanische Prüfungen entnommenen Proben müssen nach EN 12390-2 unter kontrollierten Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen gelagert werden.

9.4.2.5 Um die Materialeigenschaften des Düsenstrahlkörpers zu bestimmen, müssen repräsentative Proben entnommen werden.

9.4.2.6 Die Prüfergebnisse sollten bewertet werden, z. B. nach Anhang B.

9.4.2.7 Das Alter der Proben für die Prüfungen muss in den Spezifikationen festgelegt werden.

9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen

9.4.3.1 Die Wasserdichtigkeit eines Düsenstrahlkörpers muss in Übereinstimmung mit Anhang C beurteilt werden.

9.4.3.2 Die Wasserdichtigkeit der einzelnen Düsenstrahlelemente kann durch Wasserdurchlässigkeitsprüfungen im Bohrloch nach EN ISO 22282 (alle Teile) überprüft werden.

9.5 Überwachung

9.5.1 Die Überwachung und Aufzeichnung der angewandten Düsparameter während der Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind für die Qualitätskontrolle der Ergebnisse erforderlich.

9.5.2 Die folgenden Parameter (für Bohren und Düsenstrahlverfahren) müssen bei allen Elementen digital und kontinuierlich in Echtzeit aufgezeichnet werden, außer bei kurzzeitigen, unvermeidlichen Anlagenstörungen:

— Drücke und Durchflussraten aller Flüssigkeiten und der Luft;

— Tiefe, Zieh- und Drehgeschwindigkeit des Düsgestänges.

9.5.3 Wenn die Düsenstrahlarbeiten in Situationen durchgeführt werden müssen, in denen Verformungen Auswirkungen auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit von direkt oder indirekt betroffenen Bauwerken haben können, müssen in Übereinstimmung mit den Spezifikationen geeignete Überwachungs- und Alarmsysteme installiert werden.

10 Aufzeichnungen

10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen

10.1.1 Folgende Unterlagen müssen auf der Baustelle vor Beginn der Haupt-Düsenstrahlarbeiten vorliegen:

— technische, Sicherheits- und Umweltspezifikationen;

— Beschreibung von Lage und Zustand von an die Baustelle angrenzende Bauwerke, Straßen, Einbauten usw.;

— Ausführungszeichnungen;

— Verfahrensbeschreibung (siehe 8.1.5);

— geotechnischer Untersuchungsbericht in Übereinstimmung mit EN 1997-2;

— geotechnischer Entwurfsbericht in Übereinstimmung mit EN 1997-1;

— Bericht über Vorversuche, sofern ausgeführt.

10.1.2 Die Ausführungszeichnungen und/oder digitalen Modelle für die Düsenstrahlarbeiten müssen folgende Angaben enthalten:

— Bodenprofil im Maßstab der Querschnitte und mit diesen höhenmäßig ausgerichtet;

— Höhe der Arbeitsebene;

— Grundwasserspiegel;

— Anzahl der Elemente mit eindeutig zugeordneten Bezugsnummern;

— Querschnittsform, Ober- und Unterkante der Elemente;

— Lage, Neigung und Richtung für jedes Element und Toleranzen;

— Lage und Höhe von Kellergeschossen und Fundamenten benachbarter Gebäude, falls relevant;

— Lage und Umfang möglicher über- und unterirdischer Hindernisse, Versorgungsleitungen und Entwässerungsleitungen;

— Herstellungsabfolge, sofern relevant;

— spezifische Materialeigenschaften.

10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen

10.2.1 Die Aufzeichnungen über die Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind so zu führen, dass bei späterem Bedarf auf sie zurückgegriffen werden kann. Sie müssen für jedes Element Folgendes enthalten:

— zusammenfassende Tages- oder Schichtberichte der Düsenstrahlarbeiten;

— Datum und Zeitpunkt der Ausführung;

— Parameter für das Düsenstrahlverfahren;

— Beobachtungen und Bemerkungen hinsichtlich des Rückflusses;

— Beschreibung der Probenahme und Prüfung sowie Ergebnisse;

— unerwartete Ereignisse und Beobachtungen;

— Ergebnisse der durchgeführten Messungen.

ANMERKUNG Beispiele für Baustellenberichte sind in Anhang D gegeben.

10.2.2 Für Baustellen, auf denen Prüfungen durchgeführt wurden, muss ein detaillierter Bericht erstellt werden, der die Übereinstimmung mit den Vorgaben darstellt und der alle Versuchsergebnisse mit Verweis auf die vorliegenden Baugrundeigenschaften und die Größe der zu erstellenden Düsenstrahlelemente enthält.

11 Besondere Anforderungen

11.1 Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen

Bei der Ausführung der Düsenstrahlarbeiten sind alle nationalen und Europäischen Normen, Bestimmungen oder gesetzlichen Anforderungen einzuhalten, die folgende Punkte betreffen:

— Arbeitsschutz;

— Sicherheit der Arbeitsabläufe;

— Betriebssicherheit für die Bohr- und Düsenstrahlanlage sowie ergänzende Ausrüstungen in Übereinstimmung mit EN 16228-6;

— Umweltschutz.

11.2 Baustellensicherheit

11.2.1 Es müssen geeignete Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit des Baustellenpersonals und anderer Personen auf oder in der Umgebung der Baustelle getroffen werden.

11.2.2 Die gesetzlichen Bestimmungen der jeweiligen europäischen Länder müssen eingehalten werden. Die mit dem Düsenstrahlverfahren verbundenen Gefahren für Gesundheit und Leben müssen durch eine baustellenbezogenen Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden.

11.3 Umweltschutz

Nationale und Europäische Normen, örtliche Bestimmungen und projektspezifische Anforderungen, z. B. hinsichtlich:

— Verunreinigung von Oberflächen- und Grundwasser;

— Luftverschmutzung;

— Lärm und Erschütterung;

— angemessener Maßnahmen des Entsorgungskonzepts für den Rückfluss

müssen eingehalten werden.

Anhang A
(informativ)

Bestimmung der Materialfestigkeit

A.1 Die einaxiale Druckfestigkeit von Düsenstrahlelementen bezieht sich auf zylindrische Proben mit einem Durchmesser $d \geq 80$ mm und einem Verhältnis von Durchmesser zu Höhe $h{:}d = 2$. Bei Prismen und Zylindern mit $h{:}d = 1$ muss eine Abminderung mit dem Faktor 0,8 vorgenommen werden. Zwischen $h{:}d = 1$ und $h{:}d = 2$ kann linear interpoliert werden.

A.2 Die Prüfungen sollten an Proben, wie in Anhang B beschrieben, vorgenommen werden. Die Prüfungen müssen in Übereinstimmung mit EN 12390-3 durchgeführt werden, wobei die Lagerung der Proben in Übereinstimmung mit EN 12390-2 erfolgen muss, die Form jedoch erst entfernt werden darf, wenn eine ausreichende Festigkeit erzielt wurde. Bei Proben, die durch Kernbohrungen entnommen wurden, ist EN 12504-1 anzuwenden. Die Belastungsgeschwindigkeit darf 0,05 $N/mm^2/s$ nicht überschreiten. Bei einer mittleren einaxialen Zylinderdruckfestigkeit von mehr als 4 N/mm^2 kann die Belastungsgeschwindigkeit auf 0,2 $N/mm^2/s$ erhöht werden.

A.3 Bei 4 bis 9 Proben entspricht die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit dem kleinsten Wert.

A.4 Bei 10 oder mehr Proben kann die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,k}$ berechnet werden als

$$f_{m,k} \leq \eta_d \exp(m_y - k_n s_y) \qquad (A.1)$$

Dabei ist

η_d ein Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung von Unsicherheiten, die durch andere Sicherheitsfaktoren keine Berücksichtigung finden, und ist typischerweise 1,0;

m_y der Mittelwert der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

s_y die Standardabweichung der Zahlenwerte des natürlichen Logarithmus der Einzelfestigkeiten;

k_n der Annahmefaktor; er ist beim Düsenstrahlverfahren typischerweise 1,28 (10 %-Quantil).

A.5 Der Bemessungswert der einaxialen Zylinderdruckfestigkeit $f_{m,d}$ kann aus der charakteristischen einaxialen Zylinderdruckfestigkeit berechnet werden als:

$$f_{m,d} = \alpha \cdot f_{m,k}/\gamma_m \qquad (A.2)$$

Dabei ist

α ein Wert, der Langzeitauswirkungen auf die Festigkeit berücksichtigt;

$f_{m,k}$ die charakteristische einaxiale Zylinderdruckfestigkeit (siehe A.3 und A.4);

γ_m der Teilsicherheitsbeiwert für die einaxiale Zylinderdruckfestigkeit des Düsenstrahlelements.

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

Die Werte für α und γ_m sollten national festgelegt sein. Es wird empfohlen, α_{cc} aus EN 1992-1-1:2004, 11.3.5, für α und γ_c aus EN 1992-1-1:2004, 2.4.2.4, für γ_m zu verwenden. Die in EN 1992-1-1 vorgeschlagenen Werte sind

$\alpha_{cc} = 0{,}85$;

$\gamma_c = 1{,}5$ für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen;

$\gamma_c = 1{,}2$ für außergewöhnliche Bemessungssituationen.

Anhang B
(informativ)

Qualität der Proben

B.1 Die Prüfergebnisse, die aus den Proben der Düsenstrahlelemente gewonnen wurden, müssen unter Berücksichtigung der Qualität der Probe beurteilt werden. Die Güteklassen für Proben aus Düsenstrahlelementen sind wie folgt definiert:

B.1.1 Güteklasse A:

Probe mit glatter Oberfläche, offensichtlich homogen und ohne sichtbare Unregelmäßigkeiten in der Struktur (z. B. Risse). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner dürfen 1/6 des Probendurchmessers nicht überschreiten.



Bild B.1 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse A

B.1.2 Güteklasse B:

Aus dem Düsenstrahlelement entnommene Probe, die kleine Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. kleine Risse < 0,2 mm). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner dürfen 1/6 des Probendurchmessers nicht überschreiten.

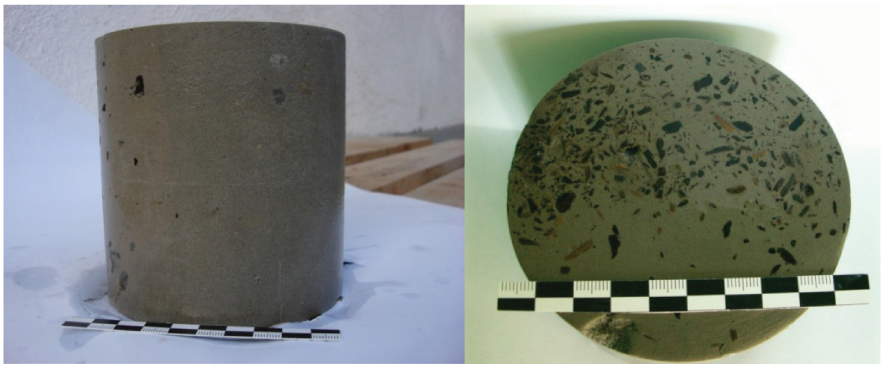


Bild B.2 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse B

B.1.3 Güteklasse C:

Aus dem Düsenstrahlelement entnommene Probe, die offensichtlich große Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. Risse > 0,2 mm). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner überschreiten 1/6 des Probendurchmessers.

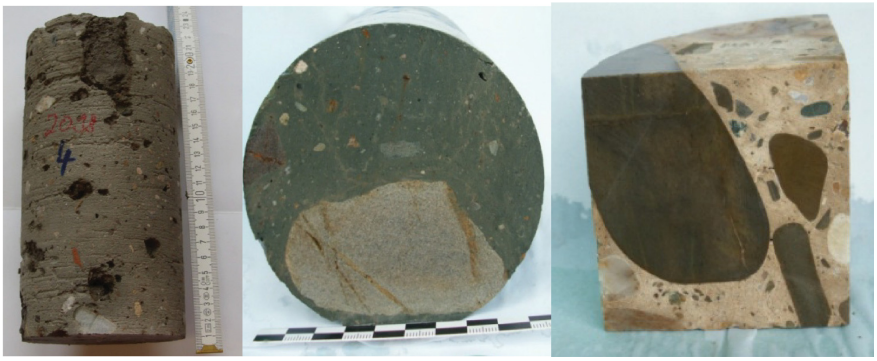


Bild B.3 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse C

B.1.4 Güteklasse D:

Die entnommene Probe ist für die Prüfung ungeeignet, da sie sehr große Unregelmäßigkeiten in der Struktur aufweist (z. B. durchgehende Risse). Bodeneinschlüsse oder Einzelkörner überschreiten 1/6 des Probendurchmessers.

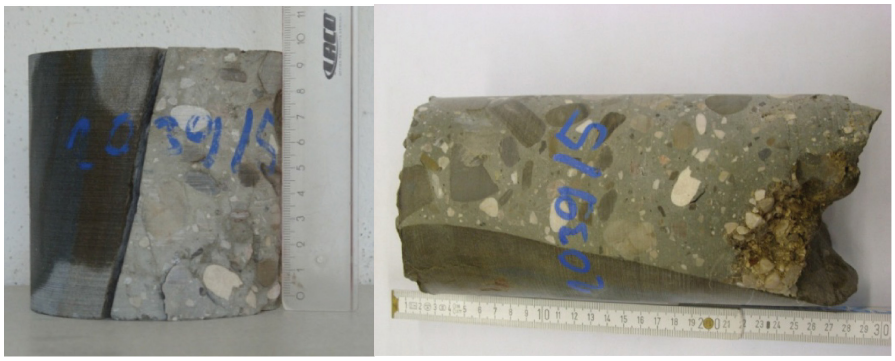


Bild B.4 — Beispiel für eine Probe der Güteklasse D

B.2 In Abhängigkeit des Probenentnahmeverfahrens (7.1.10) können bei Extraktion, Transport und Lagerung, die auf fachmännische Art ausgeführt wurden, die folgenden Güteklassen der Proben erwartet werden:

Tabelle B.1 — Erwartete Güteklasse der Proben in Abhängigkeit des Probenentnahmeverfahrens

Probenentnahme-verfahren	Ort	Güteklasse				Bemerkungen
		A	B	C	D	
Kernbohrung	Vor Ort	X	X	X	X	Die maximale Korngröße kann nicht kontrolliert werden. Die Aushärtung erfolgt vor Ort vor der Probenentnahme.
Frischprobenahme – Linerverfahren	Vor Ort	X	X			Die maximale Korngröße kann begrenzt werden.
Frischprobenahme – Frischmörtelentnahme	Vor Ort	X	X			Partikel, die die gewünschte Größe überschreiten, können ausgesiebt werden.
Rückfluss	Vor Ort am Bohrlochmund	X	X			Partikel, die die gewünschte Größe überschreiten, können ausgesiebt werden.
Im Labor hergestellt	Labor	X				Im Labor gemischte Proben können aus vor Ort entnommenen Bodenproben und Suspension hergestellt werden, z. B. für Eignungsprüfungen. Diese Proben können nicht für die Annahme, Aufsicht oder Überwachung verwendet werden.

B.3 Nur Proben der Güteklasse A und B sollten verwendet werden, um die Materialeigenschaften der Düsenstrahlelemente zu ermitteln. Das Entnahmeverfahren muss geändert werden, wenn keine Proben der Güteklasse A oder B erhalten werden können. Prüfergebnisse aus Proben der Güteklasse C dürfen als Diskussionsgrundlage verwendet werden, wenn keine Probe höherer Güteklasse entnommen werden kann.

Anhang C
(normativ)

Direkte und indirekte Prüfungen und Qualitätskontrollen

C.1 Die in Tabelle C.1 beschriebenen Prüfungen müssen bei der Überwachung von Düsenstrahlarbeiten mit der angegebenen Mindestprüfhäufigkeit wie folgt durchgeführt werden:

Tabelle C.1 — Prüfungen für die Überwachung von Düsenstrahlarbeiten

Prüfobjekt	Prüfung	Prüfverfahren	Mindestprüfhäufigkeit
Bestandteile des Zementbinde-mittels	Abgleich der Angaben auf dem Lieferschein mit den Spezifikationen	—	Bei jeder Lieferung
	Rückstellproben	—	Falls gefordert
Bindemittel-suspension	Rohdichte	z. B. Baroid-Waage	Täglich
	Marsh-Viskosität	Marsh-Kegel nach EN ISO 10414-1:2008, 6.2	1 Vorversuch, dann täglich, falls gefordert
	Bluten	EN 934-4:2009, Anhang B	Falls gefordert
	Einaxiale Druckfestigkeit	EN 12390-3	Falls gefordert
Düsenstrahl-material, entnommen nach 7.1.10	Rohdichte	z. B. Baroid-Waage	Wie gefordert
	Bluten	EN 480-4	Falls gefordert und durchführbar
	Abbindezeit		Falls gefordert und durchführbar
	Einaxiale Druckfestigkeit	EN 12390-3	Falls relevant, sollte die Druckfestigkeitsprüfung von Düsenstrahlkörpern an vier Proben je 500 m^3 behandelten Boden für nichtbindige Böden und je 250 m^3 für bindige und organische Böden durchgeführt werden, sofern in der Planung nichts anderes festgelegt ist.
Parameter für die Ausführung (3.17)	Aufzeichnung, wie in 9.5 beschrieben	Datalogger	Für jedes Element dauerhaft für die Zeit der Ausführung
Toleranzen (8.4)	Bohrlochposition und -höhe	z. B. Messgerät, Totalstation, Inklinometer	Jede Säule
	Mastneigung	z. B. Wasserwaage, Totalstation, Inklinometer	Jede Säule

Prüfobjekt	Prüfung	Prüfverfahren	Mindestprüfhäufigkeit
Toleranzen (8.4)	Bohrlochabweichung	z. B. Inklinometer	Wenn relevant, z. B. Wasserdichtheit: < 10 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangenneigung und -position 10 m bis 30 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangenneigung und -position sowie Bohrlochabweichung für die ersten 10 Bohrlöcher und danach von jedem 10. Bohrloch, falls nicht anders festgelegt. > 30 m Bohrtiefe: Mast- und/oder Bohrstangenneigung und Bohrlochabweichung für alle Bohrlöcher
Tiefe	Aufzeichnung, wie in 9.5 beschrieben	z. B. Datalogger	Für jedes Element
Düsenstrahlelement	Abmessungen und Homogenität	z. B. Sichtprüfung, Kernbohrung, zerstörende Bohrung, Leitstange, Hydratationswärmeverfahren, CPT, SPT, Bohrlochkamera, geophysikalische Messungen	Falls gefordert
	Andere mechanische Eigenschaften	z. B. Brasilianischer Zugversuch, Scherversuch, Steifigkeit	Falls gefordert
	Durchlässigkeit/ Wasserdichtheit	z. B. Pumpversuche, Wasserstandsmessungen, Bohrlochwasserprüfungen, Bohrlochkamera, Laborversuche	Falls gefordert

C.2 Weitere Prüfungen zur Kontrolle von Bemessungsannahmen/Ausführung/Abnahme bezüglich des Entwurfs dürfen nach Projektspezifikation durchgeführt werden.

C.3 Falls Vorversuche gefordert sind, muss ein spezielles Prüfprogramm festgelegt werden.

Anhang D
(informativ)

Beispiele für Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren

ANMERKUNG Die hier dargestellten Tagesberichte sind Beispiele für die Baustellendokumentation bei der Ausführung von Düsenstrahlelementen. Sie zeigen Möglichkeiten der Baustellenorganisation und des Arbeitsablaufes des Bohr- und Düsgestänges.

Das Bohr- und Düsgestänge kann kontinuierlich oder stufenweise zurückgezogen werden. Die zweite Art der Bewegung des Düsgestänges ist im „Bericht Düsgeräte“ in diesem Anhang dokumentiert. Dabei werden die Stufenlänge und die Zeit je Stufe aufgezeichnet.

Tabelle D.1 — Tagesbericht Misch- und Pumpanlage

BAUSTELLE: BEREICH DATUM: Schicht ab bis	Pumpe: Aufsicht: Unterschrift:

Anweisungen der Bauleitung

	Wert	**Sichtvermerk**		**Mischungskontrollen**	
Wasserdruck (bar)				**Zeit**	**Dichte** (kg/l)
Wassermenge (l/min)					
Suspensionsdruck (bar)					
Suspensionsmenge (l/min)					
Luftdruck (bar)					
Luftmenge (l/min)					
	Mischung A	**Mischung B**			
Zement/Mischung (kg)					
Wasser/Mischung (kg)					
Mischungsgewicht (kg)					
Mischungsvolumen (l)					
Dichte der Mischung (kg/l)					

Suspensionskontrollen

Säule Nr.	Zähler Beginn Bohren	Zähler Ende Bohren	Zähler Beginn Vor-schneiden	Zähler Ende Vor-schneiden	Zähler Beginn Düsen	Zähler Ende Düsen	Düszeit Beginn	Düszeit Ende	Wasser-druck	Suspensions-druck

Unterbrechungen Anzahl der Mischungen =

Beginn	Ende	Ursache der Unterbrechung	Anmerkungen und Beobachtungen
			Name: **Unterschrift:**

Tabelle D.2 — Tagesbericht Düsgeräte

BAUSTELLE: BEREICH DATUM: Schicht ab bis	Gerät: Aufsicht: Unterschrift:

Anweisungen der Bauleitung				Arbeitsabfolge für die Säulen
	Vorschneiden	**Düsenstrahlarbeiten**	**Bohren**	
Tiefe des Säulenfußes (m)				
Tiefe des Säulenkopfes (m)				
Düsendurchmesser (mm)				
Vorschubhöhe (cm)				
Zeit je Hub (s)				
Drehgeschwindigkeit (rpm)				
Wasserdruck (bar)				
Wassermenge (l/min)				
Suspensionsdruck (bar)				
Suspensionsmenge (l/min)				
Luftdruck (bar)				

Bohrlochkontrollen

Säule Nr.	Säulenneigung	Bohrung Beginn	Bohrung Ende	Bohrung Tiefe	Vorschneiden Beginn	Vorschneiden Ende	Düsen Beginn	Düsen Ende	Düsen Endtiefe	Wasserdruck	Suspensions-druck	Hubhöhe	Zeit je Hub	Luftdruck

Suspensionsmessungen

Säule Nr.	**Tiefe**	**Suspensions-dichte**	**Probe Nr.**	Anmerkungen und Beobachtungen
				Bohrmeister: **Unterschrift:**

Anhang E
(informativ)

Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen

Die Bestimmungen werden entsprechend ihrem Verbindlichkeitsgrad angegeben:

- RQ (en: requirement): Anforderung;
- RC (en: recommendation): Empfehlung;
- PE (en: permission): Erlaubnis;
- PO (en: possibility and eventuality): Möglichkeit;
- ST (en: statement): Aussage.

1 Anwendungsbereich: ST

2 Normative Verweisungen: ST

3 Begriffe

3.1 – 3.23: ST

4 Notwendige Informationen für die Ausführung

4.1 Allgemeines

4.1.1: RQ

4.1.2: RQ

4.2 Spezifische Anforderungen

4.2.1 – 4.2.4: RQ

5 Baugrunduntersuchung

5.1 Allgemeines

5.1.1: RQ

5.1.2: RC

5.1.3: RC

5.1.4: RQ

5.1.5: RQ

5.1.6: RQ

5.2 Spezifische Anforderungen

5.2.1: RQ

5.2.2: RQ

5.2.3: RQ

5.2.4: RQ

5.2.5: RQ

6 Baustoffe und Bauprodukte

6.1 Allgemeines

6.1.1: RQ

6.1.2: RQ

6.2 Zement

6.2.1: RQ

6.2.2: RQ

6.2.3: PE

6.2.4: RQ

6.2.5: RQ

6.2.6: PE

6.3: RQ

6.4 Bentonit

6.4.1: RC

6.4.2: RQ

6.4.3: RQ

6.5: RQ

6.6: RQ

6.7: RQ

7 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

7.1 Allgemeines

7.1.1: POS

7.1.2: RC

7.1.3: RQ

7.1.4: RQ

7.1.5: RQ

7.1.6: RC

7.1.7: RQ

7.1.8: RC

7.1.9: RC

7.1.10: RQ

7.1.11: RQ

7.1.12: RQ

7.1.13: RQ

7.1.14: RC

7.1.15: RQ

7.1.16: RC

7.2 Geometrische Randbedingungen

7.2.1: RQ

7.2.2: RQ

7.2.3: RQ

7.2.4: RC

DIN EN 12716:2019-03
EN 12716:2018 (D)

7.2.5: RQ

7.3 Festigkeit und Verformungseigenschaften

7.3.1: ST

7.3.2: RQ

7.3.3: RQ

7.3.4: RQ

7.3.5: RQ

7.3.6: PO

7.3.7: RQ

7.4 Durchlässigkeit

7.4.1: RQ

7.4.2: RC

8 Ausführung

8.1 Allgemeines

8.1.1: ST

8.1.2: ST

8.1.3: ST

8.1.4: PE

8.1.5: RQ

8.2 Ausrüstung: RQ

8.3 Vorbereitung der Baustelle

8.3.1: RQ

8.3.2: RQ

8.3.3: RQ

8.3.4: RQ

8.3.5: RQ

8.3.6: RQ

8.3.7: RQ

8.4 Bohrung und Toleranzen

8.4.1: RQ

8.4.2: PO

8.4.3: RQ

8.4.4: RQ

8.4.5: RQ

8.4.6: RQ

8.5 Düsenstrahlarbeit

8.5.1: RQ

8.5.2: RQ

8.5.3: RQ

8.5.4: RQ

8.5.5: RQ

8.6 Rückfluss

8.6.1: RQ

8.6.2: PE

8.6.3: RC

8.6.4: RQ

8.7 Einbringen der Bewehrung: PO

9 Bauüberwachung, Prüfungen und Kontrollen

9.1 Allgemeines

9.1.1: RQ

9.1.2: RQ

9.1.3: RQ

9.1.4: PE

9.1.5: RC

9.1.6: PE

9.2 Vorversuche

9.2.1: RQ

9.2.2: RC

9.2.3: RC

9.2.4: RC

9.3 Überwachung und Verfahrensprüfungen

9.3.1: RQ

9.3.2: RQ

9.3.3: RQ

9.3.4: RQ

9.3.5: RQ

9.3.6: RC

9.3.7: RC

9.3.8: RC

9.4 Prüfung der Düsenstrahlelemente

9.4.1 Prüfung zur Beurteilung der Abmessungen

9.4.1.1: RQ

9.4.1.2: RC

9.4.1.3: RQ

9.4.2 Mechanische Prüfungen

9.4.2.1: RQ

9.4.2.2: RQ

9.4.2.3: ST

9.4.2.4: RQ

9.4.2.5: RQ

9.4.2.6: RC

9.4.2.7: RQ

9.4.3 Durchlässigkeitsprüfungen

9.4.3.1: RQ

9.4.3.2: PO

9.5 Überwachung

9.5.1: RQ

9.5.2: RQ

9.5.3: RQ

10 Aufzeichnungen

10.1 Auf der Baustelle verfügbare Unterlagen

10.1.1: RQ

10.1.2: RQ

10.2 Auf der Baustelle zu erstellende Unterlagen

10.2.1: RQ

10.2.2: RQ

11 Besondere Anforderungen

11.1 Übereinstimmung mit nationalen und Europäischen Normen: RQ

11.2 Baustellensicherheit

11.2.1: RQ

11.2.2: RQ

11.3 Umweltschutz: RQ

Annex A (informativ) Bestimmung der Materialfestigkeit

Annex B (informativ) Qualität der Proben

Annex C (normativ) Direkte und indirekte Prüfungen und Qualitätskontrollen

Annex D (informativ) Beispiele für Baustellenberichte beim Düsenstrahlverfahren

Annex E (informativ) Verbindlichkeitsgrad der Festlegungen

Literaturhinweise

[1] EN 196 (alle Teile), *Prüfverfahren für Zement*

[2] EN 1992-1-1:2004, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Anwendungsregeln für den Hochbau*

[3] EN 12504-1, *Prüfung von Beton in Bauwerken —Teil 1: Bohrkernproben — Herstellung, Untersuchung und Prüfung der Druckfestigkeit*

[4] EN 12715, *Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Injektionen*

[5] EN ISO 22282 (alle Teile), *Geotechnische Erkundung und Untersuchung — Geohydraulische Versuche*

[6] Merkblatt Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung, öbv 2012

DEUTSCHE NORM **Februar 2018**

DIN 18008-6

ICS 81.040.20

Glas im Bauwesen – Bemessungs- und Konstruktionsregeln – Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen

Glass in building –
Design and construction rules –
Part 6: Additional requirements for walk-on glazing in case of maintenance procedures and for fall-through glazing

Verre dans la construction –
Règles de calcul et de la construction –
Partie 6: Exigences supplémentaires pour les vitrages accessibles pour les mesures de maintenance et format une protection contre la chute de personnes / les dispositifs de protection contre les chutes

Gesamtumfang 15 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Inhalt

Seite

Vorwort ... **3**

1 Anwendungsbereich ... **4**

2 Normative Verweisungen ... **4**

3 Begriffe ... **5**

4 Bauprodukte ... **5**

5 Anwendungsbedingungen ... **5**

6 Einwirkungen und Nachweise ... **7**
6.1 Allgemeines ... **7**
6.2 Grenzzustände für statische Einwirkungen ... **7**
6.3 Grenzzustände für stoßartige Einwirkungen und Resttragfähigkeit ... **7**

Anhang A (normativ) **Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit durch Bauteilversuche** ... **8**
A.1 Prüfmittel ... **8**
A.2 Versuchsaufbau ... **8**
A.3 Versuchsbedingungen ... **9**
A.4 Nachweis der Stoßsicherheit ... **11**
A.5 Nachweis der Resttragfähigkeit ... **12**
A.6 Prüfbericht ... **13**

Anhang B (normativ) **Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit von Glasaufbauten durch Berechnung** ... **14**
B.1 Allgemeines ... **14**
B.2 Einwirkung ... **14**
B.3 Unterscheidung betretbare und durchsturzsichere Verglasung ... **14**
B.4 Nachweis von Isolierverglasungen ... **15**
B.5 Nachweis von Verbundsicherheitsglas ... **15**

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom NA 005-09-25 AA „Bemessungs- und Konstruktionsregeln für Bauprodukte aus Glas (SpA zu CEN/TC 129/WG 8 und CEN/TC 250/SC 11)“ erarbeitet.

DIN 18008, *Glas im Bauwesen, Bemessungs- und Konstruktionsregeln*, besteht aus folgenden Teilen:

— *Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen*

— *Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen*

— *Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen*

— *Teil 4: Zusatzanforderungen an absturzsichernde Verglasungen*

— *Teil 5: Zusatzanforderungen an begehbare Verglasungen*

— *Teil 6: Zusatzanforderungen an zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen*

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

DIN 18008-6:2018-02

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Norm regelt zusätzliche Anforderungen an Verglasungen, die zu Instandhaltungsmaßnahmen betreten werden oder durchsturzsicher sind.

Dieser Teil der Norm regelt keine Aspekte des Arbeitsschutzes.

Betretbare und durchsturzsichere Verglasungen können linienförmig oder punktförmig gelagert werden.

Die konstruktiven Randbedingungen zu linienförmig gelagerten Verglasungen nach DIN 18008-2 und zu punktförmig gelagerten Verglasungen nach DIN 18008-3 sind zu beachten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1259-1, *Glas — Teil 1: Begriffe für Glasarten und Glasgruppen*

DIN 1259-2, Glas — *Teil 2: Begriffe für Glaserzeugnisse*

DIN 4426, *Einrichtungen zur Instandhaltung baulicher Anlagen — Sicherheitstechnische Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege —Planung und Ausführung*

DIN 18008-1, *Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln — Teil 1: Begriffe und allgemeine Grundlagen*

DIN 18008-2, *Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln — Teil 2: Linienförmig gelagerte Verglasungen*

DIN 18008-3, *Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln — Teil 3: Punktförmig gelagerte Verglasungen*

DIN 18008-4:2013-07, *Glas im Bauwesen — Bemessungs- und Konstruktionsregeln — Teil 4: Zusatzanforderungen für absturzsichernde Verglasungen*

DIN 71752, *Gabelgelenk — Gabelköpfe*

DIN EN 12150-1, *Glas im Bauwesen — Thermisch vorgespanntes Kalknatron Einscheibensicherheitsglas — Teil 1: Definition und Beschreibung*

DIN EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1990/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN EN 1991/NA (alle Teile), *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

DIN ISO 8930, *Allgemeine Grundsätze für die Zuverlässigkeit von Tragwerken — Verzeichnis der gleichbedeutenden Begriffe*

ISO 6707-1, *Buildings and civil engineering works — Vocabulary — Part 1: General terms*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 6707-1, DIN ISO 8930, DIN 1259-1, DIN 1259-2, DIN EN 1990, DIN EN 1990/NA, DIN 4426 und DIN 18008-1 und die folgenden Begriffe.

3.1
betretbare Verglasung
Verglasung, die für Instandhaltungsmaßnahmen, zu denen auch Reinigungsmaßnahmen zählen, betreten werden und die entsprechenden Anforderungen dieses Teils der Norm erfüllen.

3.2
durchsturzsichere Verglasungen
Verglasungen, die aufgrund der konstruktiven Bedingungen bzw. bestimmungsgemäß nicht betreten werden, die jedoch in der Nähe von Flächen liegen, welche für Instandhaltungsmaßnahmen betreten werden können und die entsprechenden Anforderungen dieses Teils der Norm erfüllen.

4 Bauprodukte

4.1 Hinsichtlich der verwendbaren Bauprodukte gelten die Regelungen der DIN 18008-2 bzw. -3 für Horizontalverglasungen.

4.2 Abweichend von diesen Bedingungen ist die Verwendung von Drahtglas ausgeschlossen. Das oberste Einfachglas von Mehrscheiben-Isoliergläsern ist entweder in ESG oder in VSG auszuführen.

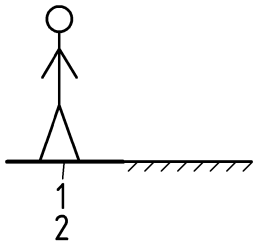
5 Anwendungsbedingungen

5.1 Nach dieser Norm zu Instandhaltungsmaßnahmen betretbare Verglasungen werden nur durch eine einzelne Person betreten. Das Mitführen von Arbeitsmitteln, welche aufgrund ihrer Art zu einer Beschädigung der Verglasung führen können, bedarf besonderer Vorsicht. Der Transport schwerer Gegenstände (Masse größer als 4,0 kg; Ausnahme: wassergefüllter Kunststoffeimer mit maximal 10 l Fassungsvermögen) mit direkter Betretung der ungeschützten Verglasung ist ausgeschlossen.

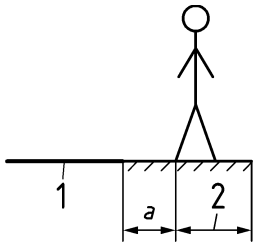
5.2 Nach dieser Norm durchsturzsichere Verglasungen werden bestimmungsgemäß oder auf Grund der baulichen Gegebenheiten nicht betreten, können jedoch durch die Nähe zu Verkehrswegen oder Arbeitsplätzen durch Sturz beansprucht werden. Zur Abgrenzung der Begriffe „durchsturzsicher“ und „betretbar“ siehe auch Bild 1.

DIN 18008-6:2018-02

Verglasung auf dem gleichen Niveau wie Arbeitsfläche oder Verkehrsweg:



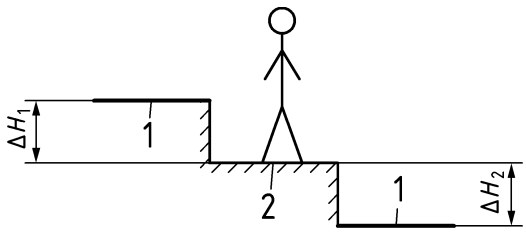
betretbar



für $a < 2{,}0$ m durchsturzsicher

für $a \geq 2{,}0$ m keine Anforderungen

Verglasung auf höherem oder niedrigerem Niveau als Arbeitsfläche oder Verkehrsweg:



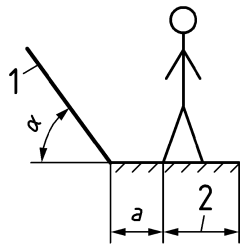
für $\Delta H_1 < 0{,}9$ m durchsturzsicher

für $\Delta H_1 \geq 0{,}9$ m keine Anforderungen

für $\Delta H_2 \leq 0{,}3$ m durchsturzsicher

für $\Delta H_2 > 0{,}3$ m nicht Gegenstand der Norm

Geneigte Verglasungen neben Arbeitsfläche oder Verkehrsweg:



für $a < 2{,}0$ m durchsturzsicher für $0° < \alpha \leq 100°$

für $a \geq 2{,}0$ m keine Anforderungen

Legende

1	Verglasung
2	Arbeitsfläche oder Verkehrsweg
a	nicht betretbarer Abstand zwischen 1 und 2
ΔH	Abstand zwischen 1 und 2

Bild 1 — Abgrenzung betretbar – durchsturzsicher

6 Einwirkungen und Nachweise

6.1 Allgemeines

An betretbare Verglasungen und an durchsturzsichere Verglasungen werden gegenüber den Anforderungen in Teilen 1, 2 und 3 zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit, der Stoßsicherheit und der Resttragfähigkeit gestellt. Die Einhaltung der Anforderungen ist nach 6.2 und 6.3 nachzuweisen.

6.2 Grenzzustände für statische Einwirkungen

Die ausreichende Tragfähigkeit von Glas und Haltekonstruktion unter planmäßigen statischen Einwirkungen ist nach DIN 18008-1 nachzuweisen. Zusätzlich zu den Einwirkungen nach DIN 18008-1 ist für eine betretbare Verglasung eine Nutzlast als Einzellast (Q_k) von 1,5 kN (charakteristischer Wert der Personenersatzlast), nach DIN 4426, verteilt auf eine Aufstandsfläche von 10 cm $\times$ 10 cm, an ungünstigster Stelle anzusetzen. Dabei müssen im Allgemeinen die Beanspruchungen aus den Einwirkungen Wind und Schnee nicht mit denen aus Nutzlast überlagert werden. Abweichend von DIN EN 1991 (einschließlich DIN EN 1991/NA) ist bei Verglasungen, die auch bei Schnee betreten werden sollen, bei der Überlagerung von Nutzlast und Schnee ein Kombinationsbeiwert Ψ_0 von 1,0 anzusetzen.

6.3 Grenzzustände für stoßartige Einwirkungen und Resttragfähigkeit

6.3.1 Eine ausreichende Stoßsicherheit und die Resttragfähigkeit sind durch Bauteilversuche nach Anhang A zu belegen. Alternativ kann der Nachweis der Stoßsicherheit und der Resttragfähigkeit auch rechnerisch nach Anhang B erfolgen.

6.3.2 Alternativ darf die Durchsturzsicherung und das Herabfallen von Glassplittern auf Verkehrsflächen durch konstruktive Maßnahmen (z. B. durchsturzsichernde Zusatzkonstruktionen) sichergestellt werden. Die Eignung und die ausreichende Tragfähigkeit der zusätzlichen Unterkonstruktion sind nachzuweisen. Hierbei sind gegebenenfalls dynamische Effekte zu berücksichtigen.

Anhang A
(normativ)

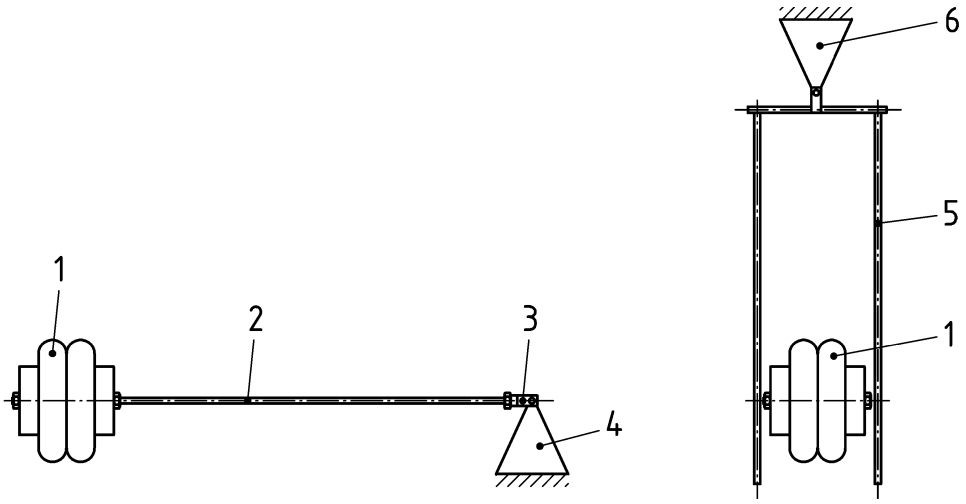
Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit durch Bauteilversuche

A.1 Prüfmittel

Es werden die folgenden Prüfmittel benötigt:

— Einrichtung mit Doppelreifen nach DIN 18008-4:2013-07, Anhang A (m = 50 kg ± 0,1 kg), die es ermöglicht, dass beide Reifen gleichzeitig auf die Glasoberfläche treffen. Beispielsweise durch ein Pendel oder eine Falleinrichtung, siehe Bild A.1.

— Zusatzlast: 5 Beutel 60 cm × 40 cm aus Polypropylengewebe (PP) oder gleichwertigem Material, gefüllt mit je 10 kg Kies der Körnung 3 mm bis 7 mm. Alternativ dürfen 4 Beutel mit je 12,5 kg verwendet werden.



Legende

1 Stoßkörper
2 Pendelstange
3 Gelenk, z. B. Gabelkopf DIN 71752 – 20 – 40 – M20
4 Lager
5 Führung
6 Aufhängung

Bild 1 — Beispiele für Prüfeinrichtungen mit Doppelreifen: Pendel (links) oder Falleinrichtung (rechts)

A.2 Versuchsaufbau

A.2.1 Die Probescheiben werden mit den vorgesehenen Befestigungsmitteln, Elastomerdichtungen, Punkthaltern usw. zu einem tischförmigen Aufbau montiert. Die statisch-konstruktiven Bedingungen der geplanten Einbausituation müssen berücksichtigt werden. Im Regelfall sind mindestens zwei Prüfkörper je Ausführungsvariante zu prüfen.

A.2.2 Der Aufbau muss für die beanspruchte Verglasung einen ausreichenden Verformungsweg nach unten, Höhe H_2 in Bild A.2 sicherstellen.

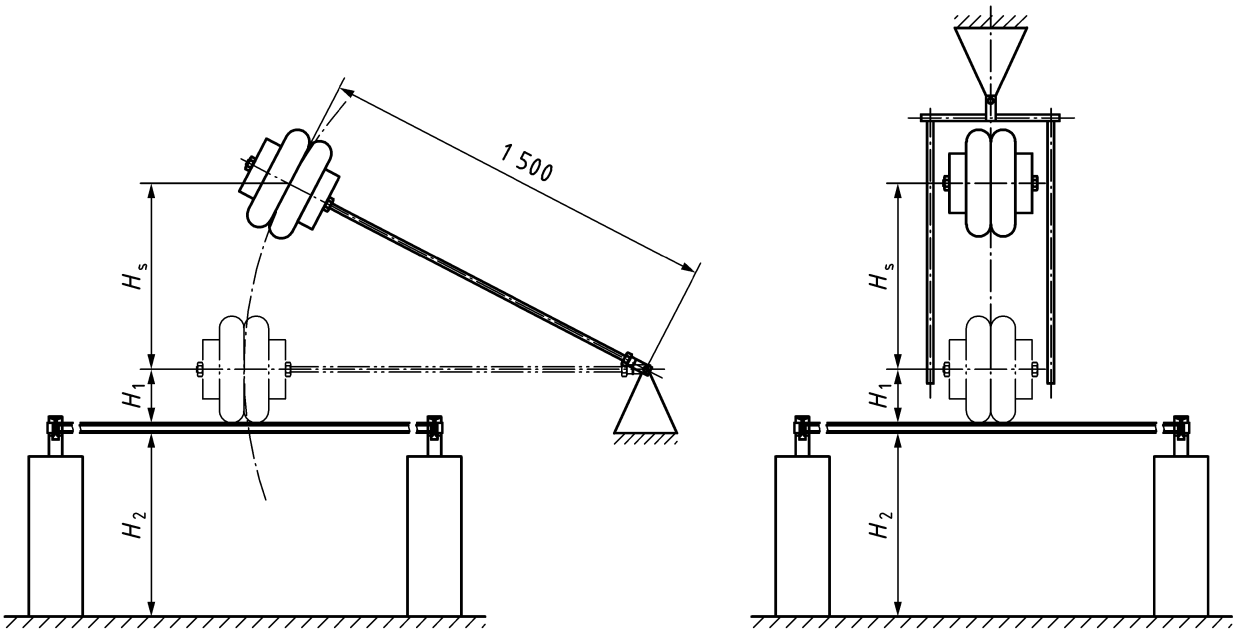
A.2.3 Bei einer Neigung der Verglasung dürfen folgende Vereinfachungen getroffen werden:

— bei einer Neigung von bis zu 45° gegen die Vertikale: Prüfung in vertikaler Einbausituation mit halber Fallhöhe nach A.3.3

— bei einer Neigung von 45° bis 90° gegen die Vertikale: Prüfung in horizontaler Einbausituation mit voller Fallhöhe nach A.3.3

A.2.4 Das Lager ist bei Verwendung eines Pendels in der Höhe so zu justieren, dass die Pendelstange beim Kontakt zwischen Stoßkörper und Glasoberfläche parallel zur Glasoberfläche ist. Bei Verwendung einer Falleinrichtung darf diese nicht auf der zu prüfenden Verglasung stehen.

Maße in Millimeter



Legende

H_s Fallhöhe
H_1, H_2 Höhen

Bild 2 — Prinzip Versuchsaufbau

A.3 Versuchsbedingungen

A.3.1 Die Versuche werden bei einer Temperatur von 20 °C ± 5 K durchgeführt. Sämtliches Probematerial ist vor dem Versuch für mindestens 12 h unter dieser Bedingung zu lagern.

A.3.2 Der Fülldruck der Reifen beträgt 3,5 bar.

A.3.3 Die Fallhöhe beträgt:

— H_s = 900 mm;

— bei durchsturzsicherer Verglasung mit einer Einbauhöhe oberhalb des Niveaus von Arbeitsfläche oder Verkehrsweg darf der Höhenunterschied ΔH zwischen Ebene der Verglasung und Arbeitsfläche oder Verkehrsweg (siehe Bild 1) wie folgt berücksichtigt werden: $H_S = 900\ \text{mm} - \Delta H_1$.

— bei durchsturzsicherer Verglasung mit einer Einbauhöhe unterhalb des Niveaus von Arbeitsfläche oder Verkehrsweg muss der Höhenunterschied ΔH zwischen Ebene der Verglasung und Arbeitsfläche oder Verkehrsweg berücksichtigt werden: $H_S = 900\ \text{mm} + \Delta H_2$.

— bei durchsturzsicherer Verglasung in geneigter Einbausituation ist die Fallhöhe für die Prüfung abhängig von der Prüfeinrichtung gegebenenfalls anzupassen:

a) bei Prüfung mit Pendel trifft der Stoßkörper senkrecht auf die zu prüfende Verglasung auf, die Fallhöhe darf entsprechend der Neigung im Versuch linear zwischen den Grenzfällen horizontale Einbausituation (Neigung 90° gegen Vertikale, volle Fallhöhe) und vertikale Einbausituation (Neigung 0° gegen Vertikale, $H_S = 450$ mm) angepasst werden

b) bei Prüfung mit Falleinrichtung ist die Fallhöhe unverändert anzuwenden, unabhängig von der realen Einbausituation ist für die Prüfung ein Einbauwinkel der Verglasung von min. 30° gegen die Vertikale anzuwenden.

A.3.4 Für die Zusatzlast gilt:

— die Summe aus Stoßkörper und Zusatzlast beträgt 1,0 kN

A.3.5 Für die Vorschädigung der Verglasung gilt:

— bei betretbarer Verglasung wird die oberste Glasscheibe der Verglasung durch Schläge mit einem Körner nach A.4.1 gebrochen,

— bei durchsturzsicherer Verglasung erfolgt keine Vorschädigung.

A.3.6 Bei linienförmiger Lagerung der Verglasung ist die Lage der Aufprallpunkte des Stoßkörpers innerhalb der in Bild A.3 schraffierten Fläche zu wählen. Bei punktförmiger oder kombinierter Lagerung sind die Aufprallpunkte sinngemäß auszuwählen. Die Lage der Aufprallpunkte ist so zu wählen, dass eine maximale Beanspruchung der Scheibe erzielt wird. Bereiche mit bis zu 250 mm Abstand zu Lagern oder Glaskanten brauchen nicht untersucht werden.

Maße in Millimeter

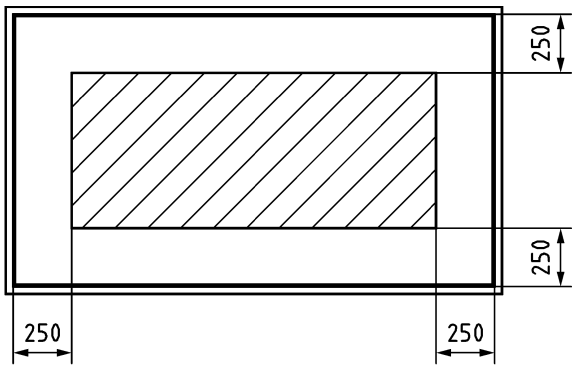


Bild 3 — Bereich der Aufprallpunkte

A.4 Nachweis der Stoßsicherheit

A.4.1 Die oberste Glasscheibe einer betretbaren Verglasung wird durch Schläge mit einem Körner gebrochen. Hierzu werden bei grob brechenden Glasarten vier Schläge entlang der beiden Diagonalen (bei Vierecken, sonst sinngemäß, z. B. entlang der Winkelhalbierenden) bei 1/10 der Länge der Diagonale von der jeweiligen Ecke aus sowie ein Schlag im Schnittpunkt der Diagonalen (siehe Bild A.4) ausgeführt. Auch bei monolithischen obersten Glasscheiben werden die Bruchstücke auf der Verglasung belassen. Die Bereifung des Stoßkörpers darf in diesem Fall durch eine maximal 5 mm dicke Zwischenlage aus Elastomer mit den Maßen von etwa 400 mm $\times$ 400 mm geschützt werden.

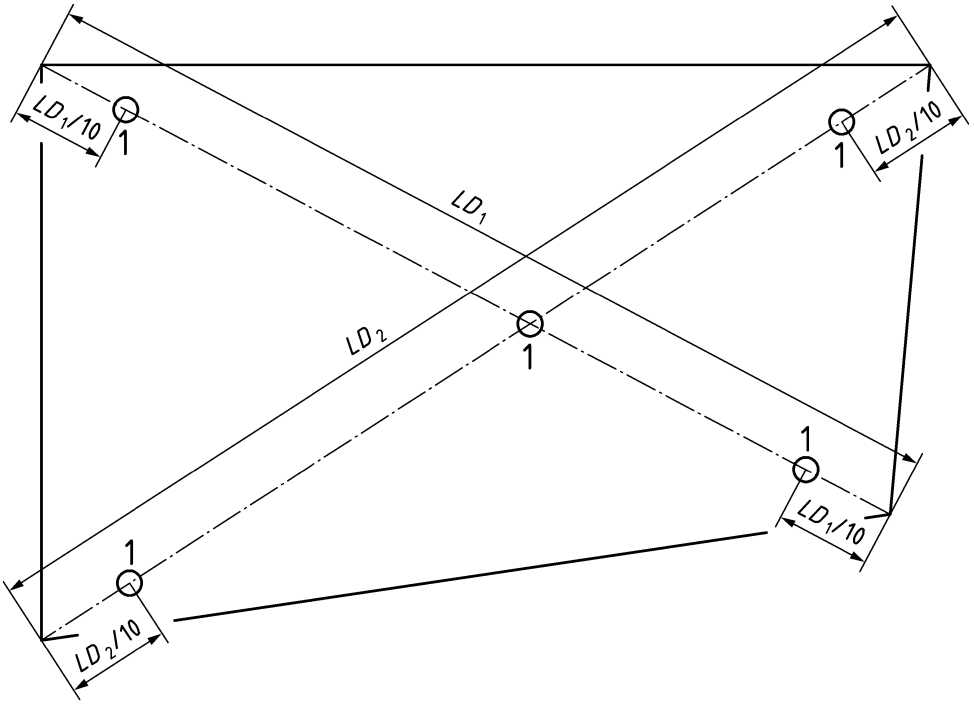
A.4.2 Die Versuchseinrichtung wird so positioniert, dass der Schwerpunkt des Stoßkörpers sich senkrecht zu einem der Aufprallpunkte befindet.

A.4.3 Der Doppelreifen wird um die Fallhöhe H_S angehoben und abgeworfen. Nach dem ersten Stoß sind weitere Belastungen durch einen Fangmechanismus zu verhindern.

A.4.4 Wenn keine Beschädigung auftritt oder nicht alle Glasscheiben der Verglasung brechen, darf die Versuchseinrichtung auf den nächsten Aufprallpunkt eingestellt und der Versuch wiederholt werden. Nach der Prüfung der relevanten Aufprallpunkte ist dieser Versuchsabschnitt beendet.

A.4.5 Eine Verglasung gilt bezüglich Stoßsicherheit als ***betretbar*** bzw. ***durchsturzsicher***, wenn sie vom Stoßkörper nicht vollständig durchschlagen wird und/oder nicht aus der Lagerkonstruktion herausfällt oder mindestens eine Glasscheibe der Verglasung noch intakt ist. Zusätzlich zu den genannten Anforderungen dürfen keine Bruchstücke herabfallen, die größer sind als das nach DIN EN 12150-1 größte zulässige Bruchstück.

A.4.6 Wenn alle Glasscheiben der Verglasung brechen, schließt sich ein Resttragfähigkeitsversuch nach A.5 an. Bei zweiseitig gelagerten Einfachgläsern aus VSG sind alle noch nicht gebrochenen Glasscheiben mit Hammer und Körner nach A.4.1 zu brechen und ein Resttragfähigkeitsversuch nach A.5 durchzuführen.



Legende

LD_1, LD_2	Länge der Diagonalen
1	Anschlagpunkte

Bild 4 — Anschlagpunkte zur Beschädigung der oberen Glasscheibe

A.5 Nachweis der Resttragfähigkeit

A.5.1 Zum Nachweis der Resttragfähigkeit werden die Zusatzlast in zwei Lagen und der Stoßkörper, deren Gesamtmasse 100 kg beträgt, an Orten mit maximalem Schädigungspotential auf die Verglasung aufgebracht, siehe Bild A.5. Anstelle des Stoßkörpers darf auch ein anderer Körper mit einer Masse von (50 $\pm$ 0,1) kg und einer Aufstandsfläche von 20 cm $\times$ 20 cm verwendet werden. Die Belastung muss innerhalb von 5 min nach dem den Bruch auslösenden Stoß aufgebracht werden.

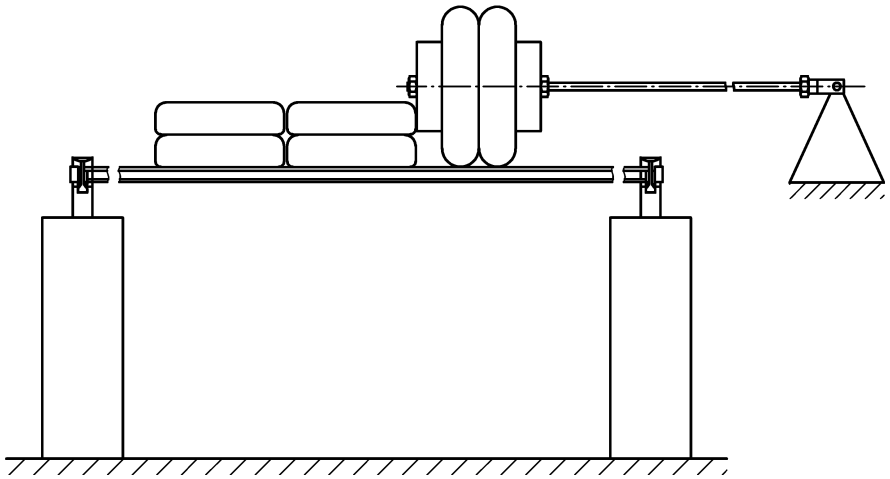


Bild 5 — Versuch Resttragfähigkeit

A.5.2 Die Belastung muss mindestens 30 min auf der Verglasung verbleiben.

A.5.3 Ein Bauteil oder eine Verglasung gilt bezüglich Resttragfähigkeit als ***betretbar*** bzw. ***durchsturzsicher***, wenn die Verglasung während der Mindeststandzeit von 30 min nicht aus der Lagerkonstruktion herausfällt und keine Bruchstücke herunterfallen, die Verkehrsflächen gefährden können. Wenn kein heruntergefallenes Bruchstück größer ist als das nach DIN EN 12150-1 größte zulässige Bruchstück, gilt diese Anforderung als erfüllt.

A.6 Prüfbericht

Die durchgeführten Versuche sind in Form eines Prüfberichtes zu dokumentieren. Dieser muss mindestens die nachfolgend aufgeführten Punkte beinhalten:

— Datum und Ort der Versuchsdurchführung;

— Konstruktion (Lagerung, Hauptabmessungen, usw.);

— Glasaufbau;

— Versuchsaufbau und eventuelle Abweichungen von der Konstruktion;

— Versuchsbedingungen (Temperatur, usw.);

— Skizze mit Anprallpunkten und Anschlagpunkten;

— Ergebnis der Stoßversuche;

— eventuell das Ergebnis des Resttragfähigkeitsversuchs;

— Dokumentation und Bewertung gegebenenfalls heruntergefallener Bruchstücke und

— Vergleich mit den Anforderungen.

DIN 18008-6:2018-02

Anhang B
(normativ)

Nachweis der Stoßsicherheit und Resttragfähigkeit von Glasaufbauten durch Berechnung

B.1 Allgemeines

B.1.1 Der rechnerische Nachweis der ausreichenden Tragfähigkeit unter stoßartiger Einwirkung wird für betretbare und durchsturzsichere Verglasungen analog dem rechnerischen Stoßnachweis nach DIN 18008-4:2013-07, Anhang C geführt mit folgenden Abweichungen nach B.1.2 und B.1.3.

B.1.2 Für zweiseitig linienförmig gelagerte Einfachverglasungen darf das Rechenverfahren nicht angewendet werden.

B.1.3 Es gelten die Anforderungen nach DIN 18008-4:2013-07, C.1.2.

B.2 Einwirkung

B.2.1 Vereinfachend darf für die Basisenergie von E_{Basis} bei Stoß durch einen Doppelreifen-Pendelkörper als Bemessungswert eine statische Ersatzlast angesetzt werden von:

$Q_{\text{Stoß,d}} = \beta \cdot 12{,}7$ kN ($E_{\text{Basis}} = 225$ Nm ≅ Fallhöhe von 450 mm)

$Q_{\text{Stoß,d}} = \beta \cdot 8{,}5$ kN ($E_{\text{Basis}} = 100$ Nm ≅ Fallhöhe von 200 mm)

B.2.2 Für 50 % der Basisenergie darf vereinfachend angesetzt werden:

$Q_{\text{Stoß,d}} = \beta \cdot 9$ kN ($E_{\text{Basis}} = 112{,}5$ Nm ≅ Fallhöhe von 225 mm)

$Q_{\text{Stoß,d}} = \beta \cdot 6$ kN ($E_{\text{Basis}} = 50$ Nm ≅ Fallhöhe von 100 mm)

B.2.3 Beim rechnerischen Nachweis unter Stoßbelastung muss diese nicht mit anderen Einwirkungen (z. B. Wind, Schnee) überlagert werden.

B.3 Unterscheidung betretbare und durchsturzsichere Verglasung

Für den rechnerischen Stoßsicherheitsnachweis von betretbaren Verglasungen sind zwei Bemessungssituationen zu untersuchen:

— „intakte Verglasung“ für eine Basisenergie von 225 Nm; hierbei dürfen alle Glasscheiben angesetzt werden.

— „oberste Glasscheibe gebrochen“ für eine Basisenergie von 100 Nm. Hierbei darf die oberste Glasscheibe nicht angesetzt werden. Bei VSG ist es ausreichend, nur die oberste Glasscheibe des Verbundes als gebrochen anzunehmen.

Für den rechnerischen Stoßsicherheitsnachweis von durchsturzsicheren Verglasungen dürfen alle Glasscheiben angesetzt werden. Abhängig vom Einbauwinkel der Verglasung sind als Basisenergie anzusetzen:

— 225 Nm für horizontale Einbausituation (Neigung 90° gegen Vertikale)

— 100 Nm für vertikale Einbausituation (Neigung 0° ± 10° gegen Vertikale)

— Bei Einbauwinkeln zwischen 90° und 0° darf die Basisenergie linear zwischen den Grenzfällen interpoliert werden.

B.4 Nachweis von Isolierverglasungen

B.4.1 Für den rechnerischen Stoßnachweis von betretbaren Verglasungen aus Mehrscheiben-Isolierglas darf die obere Glasscheibe nicht angesetzt werden, die untere Einfachverglasung ist für 100 % der Basisenergie auszulegen.

B.4.2 Für den rechnerischen Nachweis von durchsturzsicheren Verglasungen aus Mehrscheiben-Isolierglas mit einem Verhältnis der Dicken von oberem zu unterem Einfachglas von höchstens 1,5 darf das untere Einfachglas für 50 % der Basisenergie ausgelegt werden; bei davon abweichendem Dickenverhältnis sind 100 % der Basisenergie anzusetzen.

B.4.3 Weitere im Scheibenzwischenraum angeordnete Glasscheiben müssen nicht nachgewiesen und dürfen nicht angesetzt werden.

B.4.4 Druckdifferenzen zwischen dem eingeschlossenen Gasvolumen und der Umgebungsluft aus Temperatur- und atmosphärischen Druckschwankungen sowie Änderungen der Höhenlage zwischen Herstell- und Einbauort brauchen bei den Nachweisen nicht berücksichtigt werden.

B.5 Nachweis von Verbundsicherheitsglas

Für den rechnerischen Stoßnachweis von Verbund-Sicherheitsglas (VSG) darf unter Stoßbelastung für alle ansetzbaren Glasscheiben des Verbundes voller Schubverbund angesetzt werden.