

Unbefeuerte Druckbehälter

Teil 5: Inspektion und Prüfung
Deutsche Fassung EN 13445-5:2002

DIN**EN 13445-5**

ICS 23.020.30

Unfired pressure vessels —
Part 5: Inspection and testing;
German version EN 13445-5:2002

Réceptiers sous pression non soumis à la flamme —
Partie 5: Inspection et contrôles;
Version allemande EN 13445-5:2002

Die Europäische Norm EN 13445-5:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Normenreihe EN 13445 über unbefeuerte Druckbehälter wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 des Europäischen Normungskomitees CEN auf der Grundlage eines Mandates der Europäischen Kommission und des Sekretariates der EFTA an das CEN zur Ausfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhanges I der Druckgeräte-Richtlinie (Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte; veröffentlicht im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 9. Juli 1997) erarbeitet.

Von deutscher Seite aus waren die im Gemeinschaftsausschuss GA 54 des Normenausschusses Chemischer Apparatebau (FNCA) vertretenen Kreise hieran beteiligt.

Ab dem 29. Mai 2002 gilt die Druckgeräte-Richtlinie als die alleinige Rechtsvorschrift in den Mitgliedstaaten der EU und der EFTA für das Inverkehrbringen von Druckgeräten und Baugruppen hieraus mit einem zulässigen Druck (PS) von mehr als 0,5 bar. Die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhanges I der Druckgeräte-Richtlinie werden in den einzelnen Teilen der Norm EN 13445 konkretisiert.

Dieser Teil 5 von DIN EN 13445 enthält im Zusammenhang mit der Inspektion und Prüfung für Druckgeräte nach dieser Europäischen Norm relevante Festlegungen.

Fortsetzung 78 Seiten EN

Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

— Leerseite —

Deutsche Fassung

Unbefeuerte Druckbehälter
Teil 5: Inspektion und Prüfung

Unfired pressure vessels — Part 5: Inspection and testing

Réipients sous pression non soumis à la flamme —
Partie 5: Inspection et contrôles

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. Mai 2002 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 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, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.



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

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe.....	6
4 Durchführung der Inspektion und Prüfung.....	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Inspektion	8
4.3 Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)	8
5 Technische Dokumentation	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Angaben, die in der technischen Dokumentation enthalten sein müssen	8
5.3 Entwurfsprüfung durch den Hersteller (interne Entwurfsprüfung)	12
6 Inspektion und Prüfung während der Fertigung	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Fertigungsverfahren und Konstruktionszeichnungen.....	12
6.3 Rückverfolgbarkeit von Werkstoffen	13
6.4 Vorbereitungsmaßnahmen für Fertigungsverfahren	13
6.5 Schweißen	14
6.6 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen	15
6.7 Zerstörende Prüfungen	29
6.8 Wärmebehandlung.....	30
7 Vergabe von Unteraufträgen.....	30
7.1 Allgemeines	30
7.2 Im Unterauftrag vergebene schweißtechnische Arbeiten	31
7.3 Im Unterauftrag ausgeführte zerstörungsfreie Prüfungen	31
8 Sonstige Prüfungen	31
9 Kalibrierung	31
9.1 Allgemeines	31
9.2 Kalibrierverfahren	32
9.3 Kennzeichnung	33
9.4 Registrierung.....	33
10 Abnahmeprüfung	34
10.1 Allgemeines	34
10.2 Umfang der Abnahmeprüfung	34
11 Kennzeichnung und Herstellererklärung bezogen auf die Übereinstimmung mit der Norm.....	42
11.1 Allgemeines	42
11.2 Kennzeichnungsverfahren.....	43
11.3 Kennzeichnungseinheiten	43
11.4 Kennzeichnungsangaben	44
11.5 Herstellererklärung bezogen auf die Übereinstimmung mit der Norm	45
12 Unterlagen	45
12.1 Art der Unterlagen	45
12.2 Kontrolle und Zugänglichkeit der Unterlagen.....	46
12.3 Aufbewahren der Unterlagen.....	46
13 Versand	46
Anhang A (normativ) Überwachung und Prüfung von in Serie gefertigten Druckbehältern	
Musterzulassung.....	47
Anhang B (normativ) Vorgeschriebene Abmessungen an Druckbehältern.....	53
Anhang C (normativ) Zugangs- und Besichtigungsöffnungen, Verschlüsse und besondere Verschlüsselemente	55

Anhang D (informativ) Dichtheitsprüfung	68
Anhang E (informativ) Schallemissionsprüfung	69
Anhang F (informativ) Standard-Flüssigkeitsdruckprüfung mit unterschiedlichem statischem Druck bei Betrieb und Druckprüfung	71
Anhang G (normativ) Prüfung von Druckbehältern unter zyklischer Beanspruchung	73
Anhang H (informativ) Herstellererklärung der Übereinstimmung mit dieser Norm	75
Anhang ZA (informativ) Abschnitte in dieser Europäischen Norm, die grundlegende Anforderungen oder andere Vorgaben von EU-Richtlinien betreffen	77

Vorwort

Dieses Dokument (EN 13445-5:2002) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 54 "Unbefeuerte Druckbehälter" erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis November 2002, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2002 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokumentes ist.

Die Anhänge A, B, C, F und G in dieser Norm sind normativ, die Anhänge D, E und H sind informativ.

Diese Europäische Norm umfasst folgende Teile:

- *Teil 1: Allgemeines*
- *Teil 2: Werkstoffe*
- *Teil 3: Konstruktion*
- *Teil 4: Herstellung*
- *Teil 5: Inspektion und Prüfung*
- *Teil 6: Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Druckbehältern und Druckbehälterteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit*
- *CR 13445-7 Unbefeuerte Druckbehälter – Teil 7: Anleitung für den Gebrauch des Konformitätsbewertungsverfahrens¹⁾*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen : Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, die Tschechische Republik und das Vereinigte Königreich.

1) Wird als CEN-Bericht veröffentlicht

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil 5 der EN 13445 legt die Inspektion und Prüfung von einzeln und in Serie gefertigten Druckbehältern aus Stählen nach EN 13445-2 unter vorwiegend nicht dynamischer Belastung fest (d. h. Behälter mit einer äquivalenten Anzahl voller Druckzyklen im Betrieb unter 500).

Besondere Anforderungen für den Betrieb unter zyklischer Belastung sind in EN 13445-3 und Anhang G des vorliegenden Teils der Norm enthalten.

Dieser Teil der Norm enthält keine Anforderungen für die Inspektion und Prüfung von Behältern mit direkter Auslegung nach Analyseverfahren (DBA) nach EN 13445-3, Anhang B.

ANMERKUNG Wird eine CE-Kennzeichnung gewünscht, können weitere Informationen über Tätigkeiten in Verbindung mit den verschiedenen Stellen, die Prüfungen durchführen, CR 13445-7 entnommen werden.

2 Normative Verweisungen

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

EN 287-1:1995, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stahl.*

EN 473:2000, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung — Allgemeine Grundlagen.*

EN 571-1:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung — Eindringprüfung — Teil 1: Allgemeine Grundlagen.*

prEN 764-6:2002, *Druckgeräte — Teil 6: Betriebsanleitung.*

EN 970:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schmelzschweißnähten — Sichtprüfung.*

EN 1289:1998:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Eindringprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1290:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung.*

EN 1291:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1418:1997, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen.*

EN 1435:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen.*

EN 1712:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 1713:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung — Charakterisierung von Anzeigen in Schweißnähten.*

EN 1714:1997, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen.*

EN 1779:1999, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Kriterien zur Auswahl von Prüfmethoden und -verfahren.*

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

EN 12517:1998, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung von Schweißverbindungen — Zulässigkeitsgrenzen.*

EN 13445-2:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 2: Werkstoffe.*

EN 13445-3:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 3: Konstruktion.*

EN 13445-4:2002, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 4: Herstellung.*

prEN ISO 5817:2002, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO/DIS 5817:2000).*

EN ISO 6520-1:1998, *Schweißen und verwandte Prozesse — Einteilung von geometrischen Unregelmäßigkeiten an Metallen — Teil 1: Schmelzschweißen (ISO 6520-1:1998).*

prEN ISO 17662, *Schweißen — Kalibrierung, Bestätigung und Gültigkeitserklärung von Einrichtungen einschließlich ergänzender Tätigkeiten, die beim Schweißen verwendet werden (ISO/DIS 17662:2001).*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Europäischen Norm gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Entwurfsprüfung durch den Hersteller

Interne Entwurfsprüfung

Verfahren, bei dem ein Hersteller sicherstellt und bescheinigt, dass der Entwurf den Anforderungen dieser Norm entspricht

3.2

Entwurfsprüfung durch die verantwortliche Stelle

Externe Entwurfsprüfung

Verfahren, bei dem eine verantwortliche Stelle sicherstellt und bescheinigt, dass der Entwurf den Anforderungen dieser Norm entspricht

3.3

Prüfgruppe

Gruppe, in der die jeweiligen Anforderungen einer zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) an einer Schweißverbindung festgelegt sind

ANMERKUNG Es gibt vier Prüfgruppen.

3.4

Inspektion

Verfahren zur Beurteilung der Übereinstimmung des Druckbehälters mit der Technischen Spezifikation

ANMERKUNG Es handelt sich um ein umfassendes Verfahren, das hauptsächlich vom Hersteller im Rahmen der Konstruktion, Herstellung und Prüfung des Geräts durchgeführt wird. Das Verfahren kann durch Prüfmaßnahmen anderer Stellen ergänzt werden. Die Inspektion beinhaltet die Beurteilung der Prüfmaßnahmen.

3.5

Prüfung (Prüfen)

Verfahren, mit dem durch eine oder mehrere Prüfungen bescheinigt wird, dass der Behälter mit den technischen Anforderungen dieser Norm übereinstimmt

3.6

Technische Spezifikation

technische Angaben, die Teil des Auftrags oder für Druckbehälter vorgeschrieben sind, und in denen Vorschriften und besondere Anforderungen des Betreibers festgelegt sind

3.7

Ausbesserung

Vorgang, bei dem ein Zustand im Grundwerkstoff oder der Schweißnaht ausgebessert wird, um die Übereinstimmung mit dieser Norm sicherzustellen

ANMERKUNG Die folgenden Begriffe gelten alle für in Serie gefertigten Druckbehälter nach Anhang A.

3.8

Serienfertigung

Fertigungsweise, bei der identische Behälter oder Behälterteile, die anschließend zu einem vollständigen Behälter zusammengefügt werden, in einem kontinuierlichen Fertigungsprozess nach den gleichen Fertigungsverfahren und nach den Anforderungen einer einzigen Musterzulassung hergestellt werden

3.9

Kontinuierliche Fertigung

Fertigungsweise, bei der das Schweißen der Hauptnähte und Stutzennähte im wesentlichen kontinuierlich erfolgt

ANMERKUNG Fertigungspausen oder -ausfälle, die eine Neueinstellung des Schweißgeräts und/oder der Einrichtung für die zerstörungsfreie Prüfung erforderlich machen, stellen eine Fertigungsunterbrechung dar. Einstellmaßnahmen am Schweißgerät innerhalb der Toleranzgrenzen des Schweißverfahrens gelten nicht als Neueinstellung.

3.10

Musterzulassung

Verfahren, mit dem sichergestellt und bescheinigt wird, dass ein repräsentatives Prüfmuster der Produktion (Muster des Druckbehälters/-behälterteils) die Anforderungen dieser Norm im Hinblick auf Konstruktion, Herstellung und Prüfung erfüllt

ANMERKUNG Die Musterzulassung erfolgt durch den Hersteller oder die verantwortliche Stelle auf der Grundlage des gewählten Konformitätsbewertungsmoduls.

3.11

Muster des Druckbehälters/-behälterteils

erstes oder repräsentatives Muster einer Serie von Druckbehältern/-behälterteilen, die durch eine einzige Musterzulassung erfasst wird

3.12

Druckbehälterlos

Teil einer Fertigungsserie, bei der das Schweißen der Hauptnähte und Stutzennähte im wesentlichen kontinuierlich erfolgt ist

ANMERKUNG Bei einer Fertigungspause von mehr als drei aufeinanderfolgenden Tagen muss ein neues Los ausgewiesen werden.

3.13

Schicht

Zeitraum innerhalb eines Tages, während dessen die Schweißarbeiten von dem bzw. den gleichen Bediener(n) der Schweißeinrichtungen ausgeführt werden

4 Durchführung der Inspektion und Prüfung

4.1 Allgemeines

An jedem einzelnen Druckbehälter sind während der Fertigung und nach Ende der Fertigung Inspektionen durchzuführen. Diese Inspektionen sind notwendig, um sicherzustellen, dass Konstruktion, Werkstoffe, Herstellung und Prüfung den Anforderungen der vorliegenden Norm entsprechen. Die Erfüllung dieser Anforderung ist anhand ausreichender Dokumentation nachzuweisen.

4.2 Inspektion

Der Hersteller muss eine Inspektion vornehmen, um nachzuweisen, dass alle Anforderungen dieser Norm erfüllt sind. Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung (ZfP) richtet sich nach der Prüfgruppe, wie in 4.3 beschrieben.

4.3 Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP)

Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfung eines Druckbehälters werden durch die Prüfgruppe bzw. Kombination von Prüfgruppen bestimmt, soweit nach 6.6.1.1.2 zugelassen (siehe Tabelle 6.6.1-1: Prüfgruppen für Druckbehälter aus Stahl und Tabelle 6.6.2-1: Umfang der zerstörungsfreien Prüfung).

5 Technische Dokumentation

5.1 Allgemeines

Der Druckbehälter-Hersteller muss die in 5.2 aufgeführten Angaben zusammenstellen, die vor Beginn der Herstellung nach 5.3 zu überprüfen sind.

Der Hersteller muss angeben, welche Behälter durch die gleichen Konstruktionsunterlagen abgedeckt sind.

5.2 Angaben, die in der technischen Dokumentation enthalten sein müssen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Dokumentenarten als erforderliche technische Dokumentation.

5.2.1 Allgemeine Beschreibung des Druckbehälters

- a) Name des Druckbehälter-Herstellers und der Unterauftragnehmer, falls zutreffend;
- b) Firmenanschrift(en) der Druckbehälter-Hersteller und der Unterauftragnehmer, falls zutreffend;
- c) Dokument, das Konstruktionsdaten und besondere Aspekte wie folgt enthält:
 - 1) höchster und niedrigster zulässiger Druck, Auslegungsdruck und Prüfdruck, in bar, für jeden Druckraum (Unterdruck mit negativem Vorzeichen);
 - 2) Rauminhalt jedes Druckraumes, in Liter;
 - 3) höchste und niedrigste Auslegungstemperatur;
 - 4) Art und Anbringungsort der Druckbehälter-Kennzeichnung, Typenschild oder Stempel;
 - 5) Fluid-Gruppe.

5.2.2 Entwurf und Konstruktionszeichnungen

Die vom Hersteller durchgeführte Gefahrenanalyse, aus der hervorgeht, welche durch den Druck verursachten Gefahren auf den Druckbehälter einwirken, muss dokumentiert werden und ausführliche Angaben enthalten.

Es müssen genaue Angaben über den Entwurf, einschließlich der angewendeten Konstruktionsverfahren, Funktionsanforderungen und Konstruktionszeichnungen vorliegen. Anmerkungen über die festzulegenden Maßangaben sind in Anhang B enthalten. Verfahrensdiagramme, Unterbaugruppen oder andere für den Entwurf maßgebliche Daten sind ebenfalls festzuhalten.

5.2.3 Beschreibungen und Erklärungen, die für das Verständnis der Zeichnungen und Diagramme sowie die Funktionsweise des Druckbehälters erforderlich sind

- a) Betriebsanweisungen;
- b) besondere durchzuführende Prüfungen, z. B. an Verschlüssen, Balgkompensatoren, Klemmen, Schrauben, usw.;
- c) betriebsmäßige Aufstellung, wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist.

5.2.4 Ergebnisse der Auslegungsberechnungen und der durchgeführten Prüfungen

5.2.4.1 Der Druckbehälter-Hersteller muss ausreichende Auslegungsberechnungen durchführen, um die Übereinstimmung mit dieser Norm nachzuweisen.

Es sind begleitende detaillierte Konstruktionszeichnungen mit allen abmessungsrelevanten Formelzeichen und Symbolen anzugeben. Bei zyklisch belasteten Behältern müssen in den Zeichnungen die kritischen Bereiche eindeutig gekennzeichnet sein. Zusätzlich muss in der Zeichnung die maximal zulässige Aufdachung für zyklisch belastete Druckbehälter angegeben sein. Zumindest auf der Übersichtszeichnung des Druckbehälters muss die Prüfgruppe für jede einzelne Schweißverbindung deutlich angegeben sein.

5.2.4.2 Werden Berechnungen mit Computer durchgeführt, um den Anforderungen dieser Norm zu entsprechen, müssen mindestens folgende Angaben gemacht werden:

- a) Erläuterung der Formelzeichen und Symbole;
- b) Eingabedaten;
- c) Nummer der Norm, einschließlich der Ausgabe und Bezugsnummern der Formeln;
- d) Zwischenergebnisse von Formeln;
- e) berechnete Mindest-Wanddicke ohne Zuschläge oder errechnete Spannung im Vergleich zur zulässigen Spannung;
- f) Abnutzungs-(Korrosions-)Zuschlag
- g) Toleranzen für die Wanddicke (negative Dickentoleranz);
- h) gewählte Wanddicke

5.2.4.3 Wird die Spannungsanalyse nach der finiten Elemente-Methode oder nach anderen Berechnungsverfahren durchgeführt, müssen die Unterlagen nachstehende Informationen beinhalten:

- a) Eingabedaten;
- b) Plotterdarstellungen (Original und Kopie)
 - 1) Elemententeilung;
 - 2) Spannungen, z. B. als Linien- oder Pfeildiagramme oder Kurven gleicher Spannungen; Oberflächen-Spannungskurven;
 - 3) Verschiebungen;
- d) Grenzbedingungen;
- e) Spannungen in den kritischsten Bereichen;
- f) Einteilung und Klassifizierung der Spannungen in verschiedene Spannungskategorien;
- g) Vergleich der errechneten und der zulässigen Spannungswerte.

5.2.4.4 In bestimmten Fällen sind folgende Angaben erforderlich:

- a) Art der Wärmenachbehandlung und, soweit erforderlich, Art und Umfang der zugehörigen Werkstoffprüfungen;
- b) Baufolgeplan, wenn die Prüfungen in mehreren Einzelschritten durchgeführt werden müssen;
- c) Beschickungsgut und dessen spezifisches Gewicht, falls diese Angabe für die Konstruktion des Druckbehälters erforderlich ist;
- d) Medium für die Druckprüfung, falls die erste bzw. die wiederkehrenden Druckprüfungen mit einem anderen Medium als Wasser durchgeführt werden müssen, die Mindest-Prüftemperatur des Werkstoffs für die Druckprüfungen (Wasserdruckprüfung und Gasdruckprüfung);
- e) Lage des Druckbehälters während der Druckprüfungen (z. B. liegend oder stehend), wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist;
- f) höchster und niedrigster Flüssigkeitsstand, wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist;
- g) statische Zusatzkräfte, z. B. Auflagerkräfte, Wind- und Schneelasten. Wenn die Auslegung des Druckbehälters durch die Zusatzkräfte wesentlich beeinflusst wird, muss eine besondere Berechnung vorgelegt werden;
- h) zyklische und dynamische Belastungen, einschließlich seismische Belastungen, sofern zutreffend;
- i) zusätzliche Anforderungen auf der Grundlage sonstiger Bestimmungen;
- j) betriebsspezifische Anforderungen des Käufers, die über die Anforderungen dieser Norm hinausgehen;
- k) möglicher Korrosionsangriff, insbesondere in Spalten, der berücksichtigt werden muss;
- l) Schweißnahtfaktor.

5.2.5 Prüfberichte

Prüfberichte müssen mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) Berichte über die Anerkennung des Schweißverfahrens, Prüfbescheinigungen des Schweißpersonals;
- b) Werkstoffbescheinigungen;
- c) Beispiel der vorgeschlagenen Liste der Herstellungsberichte;
- d) Messwerte der Aufdachung bei Behältern unter zyklischer Belastung.

5.2.6 Konstruktions- und Fertigungsplan

Der Konstruktions- und Fertigungsplan muss folgende Angaben enthalten:

- a) Schweißverfahren für die drucktragenden Teile und zeitweilige oder sonstige Anbauteile an drucktragende Teile. Folgende Daten sind für die Festigkeitsprüfung erforderlich:
 - 1) Lage, Form sowie Vorbereitung der Schweißnähte und, soweit erforderlich, Lagenaufbau und Wärmebehandlung der Schweißnähte;
 - 2) Schweißprozess (bei mehreren Schweißprozessen Zuordnung zu der betreffenden Schweißverbindung);
 - 3) Schweißzusätze und -hilfsstoffe (Klassifizierung nach den entsprechenden Europäischen Normen oder Handelsbezeichnungen);
 - 4) Art und Umfang der Arbeitsprüfung, Anzahl der Probeplatten, zerstörungsfreie Prüfungen:

Sind einige der vorstehend aufgeführten Daten für die Entwurfsprüfung durch den Hersteller nicht verfügbar, müssen diese spätestens bis zum Abschluss der Fertigung vervollständigt sein.

- b) spezielle durchzuführende Prüfungen, z. B. an Verschlüssen, Balgkompensatoren, Klemmen, Schrauben;
- c) alle sonstigen zweckdienlichen Einzelheiten zur Druckbehälterkonstruktion und Angaben für Sonderfälle;
 - 1) Zuschläge zur Wanddicke, falls vom Käufer gefordert;
 - 2) betriebsmäßige Aufstellung, wenn dies für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung ist;
 - 3) Lage und Größe der Besichtigungs- und Zugangsöffnungen, der Verschlüsse und besonderen Verschlusselemente nach Anhang C;
 - 4) besondere Einrichtungen, um in den Druckbehälter einzusteigen (z. B. Wendeltreppen, Steigeisen);
 - 5) Auskleidungen, z. B. Ausmauerungen und Einbauten, wenn sie für die sicherheitstechnische Beurteilung von Bedeutung sind;
 - 6) Kennzeichnung der Schweißnähte, die am Aufstellungsort ausgeführt werden;
 - 7) Empfehlungen in bezug auf die Sicherheit;
 - 8) Empfehlungen zu Verfahrensanforderungen, z. B. Entwässerung usw.

5.3 Entwurfsprüfung durch den Hersteller (interne Entwurfsprüfung)

5.3.1 Allgemeines

Eine Entwurfsprüfung durch den Hersteller und eine dokumentierte Abnahme muss in allen Fällen durchgeführt werden.

Die Entwurfsprüfung muss insbesondere die Konstruktionsberechnungen nach den Anforderungen dieser Norm umfassen, wobei je nach vorgesehenem Einsatzzweck die ergänzenden Angaben der Gefahrenanalyse des Herstellers, der Konstruktions- und Fertigungsplan, zu berücksichtigen sind. Nach durchgeführter Entwurfsprüfung muss der Druckbehälter nach den zugelassenen Fertigungszeichnungen gefertigt werden.

5.3.2 Entwurfsprüfung durch den Hersteller (interne Entwurfsprüfung)

Eine interne Entwurfsprüfung muss mindestens folgende Prüfbereiche umfassen:

- a) Eignung des Werkstoffes für den vorgesehenen Anwendungsbereich;
- b) Schweißprozesse und Schweißzusätze und –hilfsstoffe;
- c) Zugangsmöglichkeiten zur Durchführung der geforderten Prüfmaßnahmen auf der Grundlage der geplanten Druckbehältergeometrie;
- d) Eignung der Öffnungen und Verschlüsse zur Einhaltung der Anforderungen der vorliegenden Norm;
- e) Vorhandensein und Eignung von Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion nach den Anforderungen der vorliegenden Norm für einzelne Druckbehälter bzw. für drucktragende Komponenten innerhalb des Systems oder der Baugruppe. Wahlweise müssen auch die verantwortlichen Stellen für die Erfüllung der Anforderungen bezüglich dieser Sicherheitseinrichtungen angegeben werden;
- f) Angemessenheit der geplanten Druckwandungen (Wanddicke, Behältergeometrie, Schweißnahtgeometrie usw.) unter Auslegungsbedingungen im Vergleich zu den in der vorliegenden Norm geforderten;
- g) Eignung des Spannungsanalyseverfahrens nach 5.2.4.3;
- h) Herstell- und Prüfverfahren.

6 Inspektion und Prüfung während der Fertigung

6.1 Allgemeines

Die nachstehend beschriebenen fertigungsbegleitenden Prüfungen unterliegen der Verantwortung des Herstellers und müssen für alle Druckbehälter durchgeführt werden.

6.2 Fertigungsverfahren und Konstruktionszeichnungen

Der Hersteller muss sicherstellen, dass alle im Entwurfsstadium nach Abschnitt 5 geprüften und genehmigten Konstruktionszeichnungen und Fertigungsverfahren in dem betreffenden Arbeitsbereich verfügbar sind und im Rahmen der Herstellung vollständig umgesetzt werden. Die Anwendung der vorgeschriebenen und geeigneten Verfahren und/oder Zeichnungen einschließlich Änderungsstand zum Zeitpunkt der Durchführung der Prüfung muss in Prüfberichten dokumentiert werden.

6.3 Rückverfolgbarkeit von Werkstoffen

6.3.1 Allgemeines

Der Hersteller muss ein Kennzeichnungssystem für die bei der Fertigung von Druckbehältern verwendeten Werkstoffe besitzen und führen, damit alle drucktragenden sowie daran angeschweißten Werkstoffe des vollständigen Druckbehälters auf ihren Ursprung zurückverfolgt werden können. Dazu gehören auch Schweißzusätze und -hilfsstoffe. Das Kennzeichnungssystem muss den Anforderungen nach EN 13445-4 entsprechen.

Die Prüfung der Rückverfolgbarkeit des Werkstoffs einschließlich der Übertragung von Kennzeichnungen ist während der gesamten Fertigung durchzuführen; ferner sind Berichte zur Dokumentation der nach EN 13445-5 gewählten Methode zu führen (z. B. sichtbare direkte Kennzeichnungen auf dem fertiggestellten Druckbehälter, codierte direkte Kennzeichnung auf dem Druckbehälter oder auf Tabellen bzw. Bauausführungsskizzen). Die abschließenden Prüfberichte müssen alle nach der vorliegenden Norm vorgeschriebenen Werkstoffbescheinigungen enthalten.

6.3.2 Besondere Bedingungen für die Werkstoffkennzeichnung

Wenn aufgrund der Betriebsbedingungen das Hartstempeln für Werkstoffkennzeichnungen (siehe EN 13445-4) nicht möglich ist, der Käufer jedoch eine Kennzeichnung vorschreibt, muss der Hersteller der Grundwerkstoffe die geforderten Daten so auf die Platten aufbringen, dass diese im Rahmen der Eingangsprüfung einwandfrei identifiziert werden können. Die Kennzeichnungen müssen in einem Verzeichnis (z. B. Werkstoff-/Positionsliste) zusammengefasst werden, so dass jeder Werkstoff in seiner Verarbeitungsposition im fertiggestellten Druckbehälter einwandfrei identifiziert werden kann; das Verzeichnis muss Bestandteil des Schlussberichts sein.

6.4 Vorbereitungsmaßnahmen für Fertigungsverfahren

6.4.1 Allgemeines

Die Vorbereitungsmaßnahmen für Fertigungsverfahren, z. B. Schweißnahtvorbereitung und Verwendung von Halterungen für umgeformte Teile vor dem Schweißen und Umformen, müssen kontrolliert und überprüft werden, um sicherzustellen, dass diese keine nachteilige Auswirkung auf den fertiggestellten Druckbehälter haben.

6.4.2 Prüfung der Schweißnahtvorbereitung

Der Umfang der Bearbeitung der Schweißkanten vor der Prüfung muss den Festlegungen in EN 13445-4 entsprechen. Alle vorbereiteten Schweißkanten müssen vor dem Schweißen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Fehler, z. B. Schichtungen, Risse und Schlackeneinschlüsse müssen vor dem Schweißen entfernt werden. Treten mit erhöhter Wahrscheinlichkeit Fehler auf oder wurden Fehler festgestellt, muss zusätzlich zur Sichtprüfung eine zerstörungsfreie Prüfung durchgeführt werden.

Alle Prüfungen müssen von qualifiziertem Personal durchgeführt werden. Das Ergebnis der Prüfung der Schweißnahtvorbereitung muss in den ZfP-Prüfbericht aufgenommen werden.

6.4.3 Prüfung der Halterungen für Druckbehälter

Alle Heftschweißungen an Stangen, Stützen, Klemmen oder anderen geeigneten Mitteln zur Befestigung der Kanten von Druckbehälterteilen und/oder zur Abstützung bei den Schweißarbeiten müssen geprüft werden.

- Schweißnähte verbleibender Anbauteile an drucktragenden Teilen müssen in dem in Tabelle 6.6.2-1 (Zeile 21) beschriebenen Umfang auf Oberflächenfehler geprüft werden.
- Schweißnähte von zeitweiligen Anbauteilen müssen nach ihrer Entfernung in dem in Tabelle 6.6.2-1 (Zeile 22) beschriebenen Umfang geprüft werden.
- Alle Ausbesserungen nach dem Entfernen der zeitweiligen Anbauteile müssen nach den Festlegungen in 6.5.3 geprüft werden.

6.4.4 Prüfung in Zusammenhang mit Umformarbeiten

Vor der Durchführung von Umformarbeiten muss der betreffende Werkstoff einer Sichtprüfung und Dickenmessung nach den Anforderungen in EN 13445-4 unterzogen werden. Das Ergebnis der Prüfung muss in den ZfP-Prüfbericht aufgenommen werden.

6.4.5 Prüfung von Bereichen, die in Wanddickenrichtung einer signifikanten Zugspannung ausgesetzt sind

Treten mit erhöhter Wahrscheinlichkeit innere Schäden in Bereichen auf, die in Wanddickenrichtung aufgrund der Schweißarbeiten einer signifikanten Zugspannung ausgesetzt sind, dann müssen diese Bereiche vor dem Schweißen auf innere Fehler überprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung muss in den ZfP-Prüfbericht aufgenommen werden.

6.5 Schweißen

6.5.1 Allgemeines

Falls dies nach EN 13445-3 zulässig ist, müssen bleibende Unterlagen und Sickennähte so angeordnet und ausgerichtet werden, dass die erreichte Schweißnahtqualität der einer konventionellen einseitig geschweißten Stumpfnahht entspricht. Für die Schweißnaht müssen die gleichen zerstörungsfreien Prüfungen und Zulässigkeitskriterien angewendet werden wie für die einseitig geschweißte Stumpfnahht.

Die Schweißnähte aller Prüfgruppen müssen Fertigungskontrollen unterzogen werden. Insbesondere Schweißnähte der Prüfgruppen 3 bzw. 4, für die keine zerstörungsfreien Prüfungen nach Tabelle 6.6.1.2-1 gefordert sind, müssen in den Phasen „Anpassen“ und „Ausschleifen der Gegenseite bis auf das fehlerfreie Schweißgut“ einer sorgfältigen Sichtprüfung unterzogen werden.

Alle fertigen Schweißnähte müssen einer Sichtprüfung unterzogen werden. Je nach Prüfgruppe muss an den fertigen Schweißnähten darüber hinaus eine zerstörungsfreie Prüfung nach den Tabellen 6.6.1-1 und 6.6.2-1 für die jeweilige Schweißverbindung durchgeführt werden.

6.5.2 Nachweis über die Prüfung der Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen sowie der Anerkennung der Schweißverfahren

Der Druckbehälter-Hersteller muss nachweisen, dass die Schweißarbeiten nur von Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen durchgeführt wurden, die nach den Anforderungen in EN 287-1:1995 und EN 1418:1997 geprüft wurden. Die Schweißverfahren müssen nach EN 13445-4 anerkannt sein.

Die Identifizierung der Schweißer bzw. Bediener von Schweißeinrichtungen muss nach EN 13445-4 überprüft werden.

Die Rückverfolgbarkeit der Schweißer und Bediener von Schweißeinrichtungen muss während der gesamten Bauzeit des Druckbehälters überwacht und im Rahmen der Abnahme überprüft werden, siehe 10.2.2.

6.5.3 Prüfung der Ausbesserungen

Alle Ausbesserungen an Schweißnähten müssen nach den gleichen zerstörungsfreien Prüfkriterien geprüft werden, wie sie für die Originalprüfung gelten, einschließlich der entsprechenden Zulässigkeitskriterien. Diese Ausbesserungen müssen nach anerkannten Schweißverfahren von geprüften Schweißern und Bedienern von Schweißeinrichtungen durchgeführt werden. Der Umfang der Prüfung muss den Kriterien in Tabelle 6.6.2-1 entsprechen und 100% des ausgebesserten Bereiches abdecken.

Nicht geschweißte Oberflächennachbearbeitungen sind zulässig, sofern der ausgebesserte Bereich einer zerstörungsfreien Prüfung nach Tabelle 6.6.2-1 unterzogen wird und dabei frei von unzulässigen Fehlern ist; Anforderungen für Nachprüfungen, siehe 6.6.5.

Schweißgut zur Wiederherstellung des Grundwerkstoffs muss über den gesamten betroffenen Bereich einer zerstörungsfreien Prüfung in Form einer Magnetpulverprüfung (MT) oder Eindringprüfung (PT) unterzogen werden.

6.6 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen

6.6.1 Umfang der zerstörungsfreien Prüfung

Der geforderte Umfang der zerstörungsfreien Prüfung richtet sich nach der Prüfgruppe und der Art der Schweißverbindungen. Empfehlungen für die Festlegung des erforderlichen Prüfumfangs sind in den folgenden Abschnitten enthalten.

ANMERKUNG Für in Serie gefertigte Druckbehälter ist in Anhang A ein alternatives Verfahren angegeben.

6.6.1.1 Anwendung der Prüfgruppen

6.6.1.1.1 Allgemeines

Die zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten für die Abnahmeprüfung richtet sich nach der Prüfgruppe der betrachteten Schweißnaht (d. h. Prüfgruppe 1, 2, 3 und 4) nach Tabelle 6.6.1-1.

ANMERKUNG Die Prüfgruppen berücksichtigen die Schwierigkeiten bei der Verarbeitung der verschiedenen Stahlgruppen, die maximale Wanddicke, den Schweißprozess, den Betriebstemperaturbereich und den Schweißnahtfaktor.

Die Prüfgruppen 1, 2 und 3 sind in die Untergruppen 1a, 1b, 2a, 2b, 3a und 3b unterteilt, um der Rissanfälligkeit des Werkstoffs nach den Angaben in Tabelle 6.6.1-1 Rechnung zu tragen.

Jede der Prüfgruppen ist so konzipiert, dass sie innerhalb der vorgegebenen Grenzbedingungen nach Tabelle 6.6.1-1 für typische Anwendungsfälle eine ausreichende Druckfestigkeit aufweist.

6.6.1.1.2 Prüfgruppen 1, 2 und 3

Es ist geplant, den gesamten Druckbehälter nur den Prüfungen einer einzigen Prüfgruppe zu unterziehen.

Bei mehr als einer bestimmenden Schweißnaht am Druckbehälter und wenn die Anforderungen in Tabelle 6.6.1-1 erfüllt sind, ist eine Kombination der Prüfgruppen 1 und 2 bzw. 1, 2 und 3 zulässig.

Für Kombinationen der Prüfgruppen 1, 2 und 3 gilt folgendes:

- a) in jedem Schuss des Druckbehälters legt stets die Prüfgruppe für die bestimmenden Schweißnähte des Mantels, soweit vorhanden, die Mindestprüfgruppe für alle Schweißnähte einschließlich der Stutzenschweißnähte in diesem Schuss fest;
- b) die Schweißnaht zwischen zwei verschiedenen eingestuftten geschweißten Schüssen ist in die höhere der beiden betreffenden Prüfgruppen einzustufen;
- c) Die Mindest-Prüfgruppe (d. h. diejenige mit dem geringeren ZfP-Umfang) für die Schweißnähte zwischen einem geschweißten und einem nahtlosen Bauteil oder zwischen zwei nahtlosen Bauteilen richtet sich nach der verfügbaren Wanddicke (d. h. tatsächliche Wanddicke abzüglich Toleranzen und Korrosionszuschlag) im Bereich der Schweißverbindung. Beträgt diese mehr als 1,17fache der Mindestwanddicke (dies entspricht $1/0,85$), muss mindestens die Prüfgruppe 3 angewendet werden. Andernfalls ist nach Tabelle 6.6.1-1 entweder Prüfgruppe 1 oder 2 anzuwenden.

6.6.1.1.3 Prüfgruppe 4

Die Prüfgruppe 4 darf jeweils nur allein als einzige Prüfgruppe für den gesamten Druckbehälter verwendet werden; eine Kombination mit einer anderen Prüfgruppe ist nicht zulässig.

6.6.1.1.4 Nachweis der zufriedenstellenden Erfahrung bei Prüfgruppe 2

„Zufriedenstellende Erfahrung“ gilt als die Mindestanzahl von Schweißnähten oder Druckbehältern, die nach den nachstehenden Maßgaben der Schweißverfahrensprüfung erfolgreich gefertigt und geprüft wurden:

- Bei den Werkstoffgruppen 1.1, 1.2 und 8.1 die erfolgreiche Herstellung von 25 aufeinanderfolgenden Druckbehältern oder 50 m aufeinanderfolgenden bestimmenden Schweißnähten;
- Bei den übrigen Werkstoffgruppen die erfolgreiche Herstellung von 50 aufeinanderfolgenden Druckbehältern oder 100 m aufeinanderfolgenden bestimmenden Schweißnähten;
- Erfahrung bei der Werkstoffgruppe 3.1 schließt die Werkstoffgruppen 1.1, 1.2 und 1.3 ein;
- Erfahrung bei der Werkstoffgruppe 1.3 schließt die Werkstoffgruppen 1.1 und 1.2 ein;
- Das Kriterium „zufriedenstellende Erfahrung“ gilt als erfüllt, wenn eine anerkannte Schweißverfahrensprüfung für einen kritischeren oder zumindest vergleichbaren Werkstoff vorliegt.

Nach jedem beim Nachweis der zufriedenstellenden Erfahrung festgestellten Fehler, der eine Ausbesserung notwendig macht, muss der Hersteller das Nachweisverfahren wieder von vorn beginnen.

Anschließend werden (nach dem Nachweis der zufriedenstellenden Erfahrung festgestellte) vereinzelte Fehler nach den Bestimmungen in 6.5.3 gehandhabt und haben keine Auswirkung auf den Nachweis der zufriedenstellenden Erfahrung.

Mehrfach auftretende, systematische oder Verfahrensfehler dagegen müssen untersucht und beseitigt werden und erfordern eine Wiederholung des vollständigen Nachweisverfahrens der zufriedenstellenden Erfahrung. Derartige Fehler treten häufig wiederholt auf und sind von gleicher Art. Sie können das Ergebnis unzureichender Schweißparameter (z. B. aufgrund fehlerhaften Schweißgeräts, eines zu großen Parameterbereichs, nicht vorschriftsmäßiger Anwendung der Parameter innerhalb des Zulässigkeitsbereichs) oder von Bedienerfehlern sein. Im Falle unzureichender Parameter ist eine erneute Prüfung der Schweißverfahrensanweisung (WPS) in Erwägung zu ziehen.

Die Dokumentation über das Nachweisverfahren muss vom Hersteller geführt werden.

Tabelle 6.6.1-1 — Prüfgruppen für Druckbehälter aus Stahl

Anforderungen	Prüfgruppe ^a						
	1		2		3		4 ^{b,j}
	1a	1b	2a	2b	3a	3b	
Zugelassene Werkstoffe ^g	1 bis 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Umfang der zerstörungsfreien Prüfung von bestimmenden Schweißnähten ^{e,h}	100 %	100 %	100-10 % ^d	100-10 % ^d	25 %	10 %	0 %
Zerstörungsfreie Prüfung von anderen Schweißnähten	In Tabelle 6.6.2-1 für alle Arten von Schweißnähten festgelegt.						
Schweißnahtfaktor	1	1	1	1	0,85	0,85	0,7
Maximale zulässige Werkstoffdicke in der betreffenden Prüfgruppe	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	30 mm für 9.1, 9.2 16 mm für 9.3, 8.2 ⁱ , 10	50 mm für 1.1., 8.1 30 mm für 1.2	30 mm für 9.2, 9.1 16 mm für 8.2, 10	50 mm für 1.1, 8.1 30 mm für 1.2	12 mm für 1.1, 8.1
Schweißprozess	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	Nur vollmechanisiertes Schweißen ^c		Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f
Betriebstemperaturbereich	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f	Unbegrenzt ^f		Begrenzt auf (– 10 bis + 200) °C für 1.1 (– 50 bis + 300) °C für 8.1

^a Alle Prüfgruppen erfordern eine 100-%-Sichtprüfung mit größtmöglichem Umfang.

^b Die Prüfgruppe 4 ist nur anwendbar bei:

- Fluiden der Gruppe 2; und
- $P_s \leq 20$ bar; und
- $P_s V \leq 20\,000$ bar L bei Temperaturen über 100 °C; oder
- $P_s V \leq 50\,000$ bar L bei Temperaturen bis einschließlich 100 °C;
- Druckprüfungen mit höheren Drücken (siehe Abschnitt 10);
- maximale Anzahl der vollen Druckzyklen unter 500;
- geringerer zulässiger Spannung (siehe EN 13445-3).

^c Vollmechanisiertes und/oder automatisches Schweißverfahren (siehe EN 1418:1997).

^d Erste Zahl: Ursprünglicher Wert; zweite Zahl: Nach zufriedenstellender Erfahrung. Die Definition des Begriffs „zufriedenstellende Erfahrung“ ist in 6.6.1.1.4 enthalten.

^e Nähere Angaben zur Prüfung sind in Tabelle 6.6.2-1 enthalten.

^f „Unbegrenzt“ bedeutet keine zusätzliche Begrenzung aufgrund der Prüfung. Die in der Tabelle aufgeführten Grenzwerte sind prüfungsinduzierte Grenzwerte. Sonstige in den verschiedenen Abschnitten der vorliegenden Norm angegebene Grenzwerte (z. B. Konstruktions- und Werkstoffgrenzwerte) sind ebenfalls zu berücksichtigen.

^g Zugelassene Werkstoffe sind EN 13445-2 zu entnehmen.

^h Diese Zahl gibt den Prozentsatz der Schweißnähte jedes einzelnen Druckbehälters an.

ⁱ 30 mm bei Werkstoffgruppe 8.2 ist zulässig, wenn deltaferrithaltige Schweißzusätze und –hilfsstoffe für Füllagen bis zur Decklage (jedoch nicht einschließlich) verwendet werden.

^j Begrenzt auf Druckbehälter mit einem Druckraum und einer Werkstoffgruppe.

6.6.2 Festlegung des Umfangs der zerstörungsfreien Prüfung

Der Umfang der zerstörungsfreien Prüfung ist in Tabelle 6.6.2-1 als Prozentwert angegeben.

ANMERKUNG 1 Der Prozentwert bezeichnet den Anteil der gesamten Schweißverbindung, der einer zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen ist, und berücksichtigt die Prüfgruppe und die Art der Schweißnaht.

ANMERKUNG 2 Tabelle 6.6.2-1 gilt im wesentlichen für Stahlbehälter mit:

- beidseitig in mehreren Lagen geschweißten Nähten,
- mit Schweißzusätzen und -hilfsstoffen ausgeführten Nähten,
- nach folgenden typischen Schweißverfahren hergestellten Nähten: Lichtbogenhandschweißen 111, Unterpulverschweißen mit Drahtelektrode 121, MAG-Schweißen 135, MIG-Schweißen 131, WIG-Schweißen 141;

In Verbindung mit den nachstehend beschriebenen Verfahren sind vor allen Dingen bei Längsnähten besondere Schwierigkeiten zu berücksichtigen:

- andere Schweißverfahren, z. B. Plasmaschweißen 15, Elektronenstrahlschweißen 76, Reibschweißen 42, Abbrennstumpfschweißen 24, usw.;
- Einlagenschweißung, Lage-Gegenlage-Verfahren;
- Schweißen auf Kupferunterlage;
- Schweißen ohne Schweißzusätze und -hilfsstoffe;
- Schweißen an heissrissempfindlichen Werkstoffen (vollaustenitische Stähle, Ni-Legierungen, Al-Legierungen usw.);
- bindefehlerkritische Verfahren (z. B. MAG-Schweißen 135),
- Verbindungen zwischen artungleichen Werkstoffen oder artfremden Schweißzusätzen und -hilfsstoffen;
- automatische Schweißprozesse.

Diese Schwierigkeiten sollen bei den nächsten Überarbeitungen der vorliegenden Norm näher behandelt werden.

Sind laut dieser Tabelle weniger als 100 % der Schweißnahtlänge auf Oberflächenfehler zu prüfen, müssen die Prüfbereiche vorher festgelegt werden.

Für die Prüfgruppe 2 ist laut Tabelle 6.6.2-1 eine prozentuale Reduzierung des Prüfumfangs durch die beiden Zahlen angegeben (z. B. 100 % – 10 %). Der erste Wert bezieht sich auf den ursprünglichen Prüfumfang der zerstörungsfreien Prüfung; der zweite Wert wird angewendet, wenn in ausreichendem Umfang zufriedenstellende Erfahrungswerte (siehe 6.6.1.1.4) vorliegen.

Wird eine zerstörungsfreie Prüfung mit einem Prozentwert von weniger als 100 % gefordert, richten sich Prüfumfang und Prüfbereiche nach folgenden Kriterien:

- a) Mäntel, geformte Böden, kommunizierende Druckräume und Doppelmäntel;
- 1) die zerstörungsfreie Prüfung ist an allen Schnittstellen von Längs- und Rundstumpfnähten durchzuführen. Die Mindestfilmlänge bzw. Abtastlänge muss 200 mm betragen. Übersteigt die Summe aller Schnittstellen den prozentualen Prüfumfang nach Tabelle 6.6.2-1, gilt der höhere Wert;
 - 2) wenn der in Tabelle 6.6.2-1 vorgeschriebene Prozentwert erreicht werden muss, sind zusätzliche, nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Bereiche der Stumpfschweißnaht der zerstörungsfreien Prüfung zu unterziehen;
 - 3) Ausschnitte in Hauptschweißnähten (Längs- oder Rundnähte) oder näher als 12 mm an Hauptschweißnähten sind beiderseits des Ausschnitts über eine Länge zu prüfen, die mindestens dem Durchmesser des Ausschnitts entspricht. Diese Längen sind, sofern zutreffend, dem in Tabelle 6.6.2-1 angegebenen Prozentwert hinzuzufügen;
- b) an den Druckbehälter angeschweißte Stutzen und Abzweige (Stumpfschweißnähte):

Für die Festlegung des Umfangs der zerstörungsfreien Prüfung ist die Gesamtzahl der Stutzen und Abzweige mit durchgeschweißten Stumpfnähten wie folgt in Gruppen zu unterteilen:

- 1) für die 100-%-Prüfung: Gruppengröße 1 (d. h. jeder einzelne Stutzen und Abzweig);
- 2) für die 25-%-Prüfung: Gruppengröße 4 (d. h. jeweils ein vollständiger Stutzen oder Abzweig pro Vierergruppe);
- 3) für die 10-%-Prüfung: Gruppengröße 10 (d. h. jeweils ein vollständiger Stutzen oder Abzweig pro Zehnergruppe).

Anschließend sind die vollständigen Längs- und Rundstumpfnähte mindestens eines Stutzens oder Abzweigs jeder Gruppe oder Teilgruppe zu prüfen. Übersteigt die Summe aller vollständigen Längs- und Rundstumpfnähte oder Stutzen den in Tabelle 6.6.2-1 angegebenen Prozentwert, gilt der höhere Wert.

Tabelle 6.6.2-1 — Umfang der zerstörungsfreien Prüfung

ART DER SCHWEISSVERBINDUNG ^a		PRÜFUNG ^b	UMFANG BEI PRÜFGRUPPE						
			1a	1b	2a ⁱ	2b ⁱ	3a	3b	4
			UMFANG BEI DEN GRUNDWERKSTOFFEN ^{l, m, n}						
			1 bis 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1
Voll durchgeschweißte Stumpfnaht	1	Längsnähte	100 %	100 %	(100-10) %	(100-10) %	25 %	10 %	0
			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
	2a	Rundnähte an einem Mantel	100 %	25 %	(100-10) %	(25-10) %	10 %	10 % ^c	0
			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
	2b	Rundnähte an einem Mantel mit Unterlage ^k	NA	100 %	NA	25 %	NA	25 %	0
			NA	10 %	NA	10 %	NA	10 %	0
	2c	Einseitig geschweißte Sickenrundnaht ^k	NA	100 %	NA	25 %	NA	25 %	0
Überlappte Rundnaht ^k			NA	10 %	NA	10 %	NA	10 %	0
	3a	Rundnähte an einem Stutzen $d_i > 150$ mm oder $e > 16$ mm	100 %	25 %	(100-10) %	(25-10) %	10 %	10 % ^c	0
			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
	3b	Rundnähte an einem Stutzen $d_i > 150$ mm oder $e > 16$ mm mit Unterlage ^k	NA	100 %	NA	25 %	NA	25 %	0
			NA	10 %	NA	10 %	NA	10 %	0
	4	Rundnähte an einem Stutzen $d_i \leq 150$ mm und $e \leq 16$ mm	0	0	0	0	0	0	0
			100 %	10 %	(100-10) %	10 %	10 %	10 %	0
	5	Alle Nähte von Kugeln, Böden und Halbkugeln an Mänteln	100 %	100 %	(100-10) %	(100-10) %	25 %	10 %	0
			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
	6	Verbindung zwischen kegelförmigem und zylindrischem Mantel, Winkel $\leq 30^\circ$	100 %	25 %	(100-10) %	(25-10) %	10 %	10 %	0
Überlappte Rundnaht ^k			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
	7	Verbindung zwischen kegelförmigem und zylindrischem Mantel, Winkel $> 30^\circ$	100 %	100 %	(100-25) %	(100-25) %	25 %	10 %	10 %
			10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	10 %	10 % ^d	0
Überlappte Rundnaht ^k	8a	Allgemein zwischen Mantel und Boden	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
			NA	NA	NA	NA	NA	NA	0
Überlappte Rundnaht ^k	8b	Zwischen Balgkompensator und Mantel	100 %	100 %	100 %	25 %	25 %	10 %	0
		$e \leq 8$ mm	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0

Tabelle 6.6.2-1 (fortgesetzt)

ART DER SCHWEISSVERBINDUNG ^a		PRÜFUNG ^b	UMFANG BEI PRÜFGRUPPE						
			1a	1b	2a ⁱ	2b ⁱ	3a	3b	4
			UMFANG BEI DEN GRUNDWERKSTOFFEN ^{l, m, n}						
1 bis 10			1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1	
Verbindung eines Flach- oder Rohrbodens mit einem zylindrischen Mantel; Verbindung eines Flansches oder Kragens mit einem Mantel	9	Mit voll durchgeschweißter Naht	100 %	100 %	(100-10) %	(100-10) %	25 %	10 %	0
	10	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht, wenn $a > 16$ mm (a nach Bild 6.6.2-1) ^j	NA	NA	NA	NA	25 %	10 %	0
	11	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht, wenn $a \geq 16$ mm (a nach Bild 6.6.2-1) ^j	NA	NA	NA	NA	0	0	0
Verbindung eines Flansches oder Kragens mit einem Stutzen	12	Mit voll durchgeschweißter Naht	100 %	100 %	(100-10) %	(100-10) %	25 %	10 %	0
	13	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht ^j	NA	NA	NA	NA	0	0	0
	14	Mit voll oder nicht voll durchgeschweißter Naht ⁱ , $d_i \leq 150$ mm und $e \leq 16$ mm	0	0	0	0	0	0	0
Stutzen oder Abzweig ^e	15	Mit voll durchgeschweißter Naht, $d_i > 150$ mm oder $e > 16$ mm	100 %	25 %	(100-25) %	(25-10) %	25 %	10 %	0
	16	Mit voll durchgeschweißter Naht, $d_i \leq 150$ mm und $e \leq 16$ mm	0	0	0	0	0	0	0
	17	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht für alle d_i , $a > 16$ mm (siehe Bild 6.6.2-2)	100 %	10 %	(100-10) %	10 %	10 %	10 %	0
	18	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht, $d_i > 150$ mm, $a \leq 16$ mm (siehe Bild 6.6.2-2)	NA	NA	NA	NA	0	0	0
	19	Mit nicht voll durchgeschweißter Naht, $d_i \leq 150$ mm, $a \leq 16$ mm (siehe Bild 6.6.2-2)	0	0	0	0	0	0	0
Rohrboden an Rohrboden Dauerhaft angeschweißte Anbauteile ^f	20		100 %	100 %	(100-10) %	10 %	10 %	10 %	0
	21	Mit voll oder nicht voll durchgeschweißter Naht	100 %	10 %	100 %	10 %	100 %	10 %	0
	22		100 %	10 %	100 %	10 %	100 %	10 %	0

Tabelle 6.6.2-1 (fortgesetzt)

ART DER SCHWEISSVERBINDUNG ^a		PRÜFUNG ^b	UMFANG BEI PRÜFGRUPPE						
			1a	1b	2a ⁱ	2b ⁱ	3a	3b	4
			UMFANG BEI DEN GRUNDWERKSTOFFEN ^{l, m, n}						
1 bis 10			1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 10	1.1, 1.2, 8.1	8.2, 9.1, 9.2, 10	1.1, 1.2, 8.1	1.1, 8.1	
Drucktragende Bereiche nach Entfernen von zeitweiligen Anbauteilen	22	MT oder PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0	
Plattieren durch Schweißen ^h	23	MT oder PT	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	0	
Ausbesserungen	24	RT oder UT MT oder PT	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	100 % 100 %	0 0	

^a Siehe Bild 6.6.2-3

^b RT = Durchstrahlungsprüfung, UT = Ultraschallprüfung, MT = Magnetspulverprüfung, PT = Eindringprüfung, NA = Naht nicht anwendbar

^c 2 %, wenn $e \leq 30$ mm und Schweißverfahrensanweisung wie bei Längsnaht, für Stahlgruppen 1.1 und 8.1

^d 10 %, wenn $e > 30$ mm, 0 %, wenn $e \leq 30$ mm.

^e Der Prozentwert in der Tabelle bezieht sich auf die gesamte Schweißnahtlänge aller Stutzen; siehe 6.6.1.2 b)

^f Keine RT oder UT für Kehlnahtdicken ≤ 16 mm.

^g 10 % für die Stahlgruppen 8.2, 9.1, 9.2, 9.3 und 10

^h Volumetrische Prüfung, wenn die Gefahr von Rissen, verursacht durch den Grundwerkstoff oder die Wärmebehandlung, besteht

ⁱ Nähere Angaben zur Reduzierung des Prüfumfangs der ZIP in Prüfgruppe 2, siehe 6.6.1.2

^j In Ausnahmefällen oder bei kritischer Schweißnahtaufführung oder –tragfähigkeit kann es notwendig sein, dass beide Verfahren durchgeführt werden müssen (d. h. RT + UT, MT + PT). Weitere Fälle für die Durchführung beider Verfahren, siehe Tabelle 6.6.3-1.

^k Grenzbedingungen für die Anwendung, siehe EN 13445-3:2002, 5.7.3.2

^l Der prozentuale Anteil der Oberflächenprüfung bezieht sich auf die Länge in % der Schweißnähte auf der Innen- und Außenseite.

^m RT und UT sind volumetrische Prüfungen, MT und PT sind Oberflächenprüfungen. Bei Angabe in dieser Tabelle sind beide Prüfungen in dem angegebenen Umfang erforderlich.

ⁿ „NA“ bedeutet „nicht zutreffend“.

^a Siehe Bild 6.6.2-3

^b RT = Durchstrahlungsprüfung, UT = Ultraschallprüfung, MT = Magnetpulverprüfung,

PT = Eindringprüfung, NA = Naht nicht anwendbar

^c 2 %, wenn $e \leq 30$ mm und Schweißverfahrensanweisung wie bei Längsnaht, für Stahlgruppen 1.1 und 8.1

^d 10 %, wenn $e > 30$ mm, 0 %, wenn $e \leq 30$ mm.

^e Der Prozentwert in der Tabelle bezieht sich auf die gesamte Schweißnahtlänge aller Stutzen; siehe 6.6.1.2 b)

^f Keine RT oder UT für Kehlnahtdicken ≤ 16 mm.

^g 10 % für die Stahlgruppen 8.2, 9.1, 9.2, 9.3 und 10

^h Volumetrische Prüfung, wenn die Gefahr von Rissen, verursacht durch den Grundwerkstoff oder die Wärmebehandlung, besteht

ⁱ Nähere Angaben zur Reduzierung des Prüfumfanges der ZfP in Prüfgruppe 2, siehe 6.6.1.2

^j In Ausnahmefällen oder bei kritischer Schweißnahtausführung oder –tragfähigkeit kann es notwendig sein, dass beide Verfahren durchgeführt werden müssen (d. h. RT + UT, MT + PT). Weitere Fälle für die Durchführung beider Verfahren, siehe Tabelle 6.6.3-1.

^k Grenzbedingungen für die Anwendung, siehe EN 13445-3:2002, 5.7.3.2

^l Der prozentuale Anteil der Oberflächenprüfung bezieht sich auf die Länge in % der Schweißnähte auf der Innen- und Außenseite.

^m RT und UT sind volumetrische Prüfungen, MT und PT sind Oberflächenprüfungen. Bei Angabe in dieser Tabelle sind beide Prüfungen in dem angegebenen Umfang erforderlich.

ⁿ NA bedeutet „nicht zutreffend“.

