

**DIN/TS 17026**

ICS 23.020.30; 25.030

**Unbefeuerte Druckbehälter –  
Zusätzliche Anforderungen an additiv gefertigte Druckgeräte und deren  
Bauteile**

Unfired pressure vessels –

Additional Requirements for pressure equipment and pressure components fabricated with additive manufacturing methods

Récipients sous Pression non soumis à la flamme –

Exigences complémentaires pour équipement et des parts sous pression fabriqué à coup de fabrication additive

Gesamtumfang 70 Seiten

DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT)

DIN-Normenausschuss Armaturen (NAA)

DIN-Normenausschuss Chemischer Apparatebau (FNCA)

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

DIN-Normenausschuss Rohrleitungen und Dampfkesselanlagen (NARD)

DIN-Normenausschuss Schweißen und verwandte Verfahren (NAS)

# Inhalt

|                                                                                                                                                        | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                                                                                          | 5     |
| Einleitung .....                                                                                                                                       | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                              | 7     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                                         | 7     |
| 3 Begriffe .....                                                                                                                                       | 11    |
| 4 Allgemeine Anforderungen .....                                                                                                                       | 15    |
| 5 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) und Berechnungsnennspannung .....                                                                                    | 15    |
| 5.1 Allgemeine Anforderungen .....                                                                                                                     | 15    |
| 5.2 Daten für die Ermittlung des Auslegungsbezugswerts $R_F$ .....                                                                                     | 15    |
| 5.2.1 Allgemeines .....                                                                                                                                | 15    |
| 5.2.2 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) mit mechanischen Daten in Europäischen Normen<br>oder anderen veröffentlichten Spezifikationen .....             | 16    |
| 5.2.3 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe), deren mechanische Eigenschaften vom Hersteller des<br>Druckbehälters oder dessen Bauteils bestimmt werden ..... | 16    |
| 5.3 Ermittlung der Berechnungsnennspannungen .....                                                                                                     | 16    |
| 5.4 Vermeidung von Sprödbruch bei niedrigen Temperaturen .....                                                                                         | 16    |
| 5.5 Werkstoff- und Komponenten-Dokumentation .....                                                                                                     | 17    |
| 6 Auslegung .....                                                                                                                                      | 17    |
| 7 Herstellung .....                                                                                                                                    | 18    |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                                                                  | 18    |
| 7.2 Identifikationssysteme .....                                                                                                                       | 18    |
| 7.3 Wärmebehandlung .....                                                                                                                              | 18    |
| 7.4 Kontrolle der Parameter .....                                                                                                                      | 18    |
| 8 Inspektion und Prüfung .....                                                                                                                         | 18    |
| 8.1 Allgemeines .....                                                                                                                                  | 18    |
| 8.2 Zerstörungsfreie und zerstörende Prüfung .....                                                                                                     | 19    |
| 8.3 Kennzeichnung und Dokumentation .....                                                                                                              | 20    |
| 8.3.1 Kennzeichnung von Bauteilen .....                                                                                                                | 20    |
| 8.3.2 Dokumentation .....                                                                                                                              | 20    |
| Anhang A (normativ) Pulverbettverfahren (PBF) .....                                                                                                    | 21    |
| A.1 Allgemeines .....                                                                                                                                  | 21    |
| A.2 Werkstoffe .....                                                                                                                                   | 21    |
| A.2.1 Anforderungen an den Ausgangsmaterialhersteller .....                                                                                            | 21    |
| A.2.2 Anforderungen an Ausgangsmateriallieferanten .....                                                                                               | 21    |
| A.2.3 Anforderungen an das Ausgangsmaterial .....                                                                                                      | 22    |
| A.3 Festlegung von Werkstoffspezifikationen für Materialhersteller .....                                                                               | 24    |
| A.3.1 Allgemeines .....                                                                                                                                | 24    |
| A.3.2 Weg über eine direkte Prüfung .....                                                                                                              | 25    |
| A.3.3 Weg über ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) .....                                                                                               | 25    |
| A.3.4 Maximal zulässige Werte für Berechnungsnennspannungen .....                                                                                      | 28    |
| A.4 Auslegung .....                                                                                                                                    | 29    |
| A.5 Fertigung .....                                                                                                                                    | 29    |
| A.5.1 Anforderung an Maschine .....                                                                                                                    | 29    |

|                                                                                                         |                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A.5.2                                                                                                   | Anforderungen an die Bauteilvorbereitung.....                                                                                                                                               | 29 |
| A.5.3                                                                                                   | Anforderungen an Bauteilfertigung.....                                                                                                                                                      | 29 |
| A.5.4                                                                                                   | Anforderungen an den Maschinenbediener.....                                                                                                                                                 | 29 |
| A.5.5                                                                                                   | Bestimmung von Maßtoleranzen.....                                                                                                                                                           | 30 |
| A.5.6                                                                                                   | Qualifizierung des Verfahrens (Verfahrensprüfung/Arbeitsprüfungen).....                                                                                                                     | 30 |
| A.5.7                                                                                                   | Anforderungen an die Bauteilnachbehandlung.....                                                                                                                                             | 31 |
| A.6                                                                                                     | Prüfung.....                                                                                                                                                                                | 31 |
| A.6.1                                                                                                   | Allgemeines.....                                                                                                                                                                            | 31 |
| A.6.2                                                                                                   | Zerstörende Prüfungen.....                                                                                                                                                                  | 32 |
| A.6.3                                                                                                   | Zerstörungsfreie Prüfungen.....                                                                                                                                                             | 33 |
| A.6.4                                                                                                   | Prüfplan.....                                                                                                                                                                               | 33 |
| Anhang B (normativ) Gerichtete Energieeinbringung (DED) .....                                           |                                                                                                                                                                                             | 34 |
| B.1                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragende Teile, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden.....                      | 34 |
| B.1.1                                                                                                   | Allgemeines.....                                                                                                                                                                            | 34 |
| B.1.2                                                                                                   | Referenzen.....                                                                                                                                                                             | 34 |
| B.1.3                                                                                                   | Allgemeine Anforderungen.....                                                                                                                                                               | 34 |
| B.1.4                                                                                                   | Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) und Berechnungsnennspannung.....                                                                                                                            | 34 |
| B.1.5                                                                                                   | Auslegung.....                                                                                                                                                                              | 35 |
| B.1.6                                                                                                   | Herstellung.....                                                                                                                                                                            | 36 |
| B.1.7                                                                                                   | Inspektion und Prüfung.....                                                                                                                                                                 | 50 |
| B.2                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und Druckkomponenten aus Stahl, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden.....               | 50 |
| B.3                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragende Teile aus Aluminium, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden.....        | 51 |
| B.3.1                                                                                                   | Allgemeines.....                                                                                                                                                                            | 51 |
| B.3.2                                                                                                   | Referenzen.....                                                                                                                                                                             | 51 |
| B.3.3                                                                                                   | Allgemeine Anforderungen.....                                                                                                                                                               | 51 |
| B.3.4                                                                                                   | Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) und Berechnungsnennspannung.....                                                                                                                            | 51 |
| B.3.5                                                                                                   | Auslegung.....                                                                                                                                                                              | 53 |
| B.3.6                                                                                                   | Herstellung.....                                                                                                                                                                            | 53 |
| B.3.7                                                                                                   | Inspektion und Prüfung.....                                                                                                                                                                 | 65 |
| B.4                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragenden Teile aus Nickellegierung, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden..... | 68 |
| B.5                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragenden Teile aus Titanlegierung, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden.....  | 68 |
| B.6                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragenden Teile aus Kupferlegierung, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden..... | 68 |
| B.7                                                                                                     | Zusätzliche Anforderungen für Druckgeräte und drucktragenden Teile aus Zirkonlegierung, die mit gerichteter Energieeinbringung (en: Directed Energy Deposition – DED) gefertigt werden..... | 68 |
| Anhang C (normativ) Materialauftrag mit gerichteter Energieeinbringung und Pulverausgangswerkstoff..... |                                                                                                                                                                                             | 69 |
| C.1                                                                                                     | Allgemeines.....                                                                                                                                                                            | 69 |
| C.2                                                                                                     | Stähle.....                                                                                                                                                                                 | 69 |
| C.3                                                                                                     | Aluminiumlegierungen.....                                                                                                                                                                   | 69 |
| C.4                                                                                                     | Nickelbasierte Legierungen.....                                                                                                                                                             | 69 |
| C.5                                                                                                     | Titanlegierungen.....                                                                                                                                                                       | 69 |

|                                              |                                  |    |
|----------------------------------------------|----------------------------------|----|
| C.6                                          | Kupferlegierungen .....          | 69 |
| C.7                                          | Zirkonlegierungen .....          | 69 |
| Anhang D (normativ) Bindemittelauftrag ..... |                                  | 70 |
| D.1                                          | Allgemeines .....                | 70 |
| D.2                                          | Stähle .....                     | 70 |
| D.3                                          | Aluminiumlegierungen .....       | 70 |
| D.4                                          | Nickelbasierte Legierungen ..... | 70 |
| D.5                                          | Titanlegierungen .....           | 70 |
| D.6                                          | Kupferlegierungen .....          | 70 |
| D.7                                          | Zirkonlegierungen .....          | 70 |

## Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Gemeinschaftsarbeitskreis NA 145-04-02-01 GAK „Additive Fertigung — Gemeinschaftsarbeitskreis NWT/NAM/NAS/FNCA/NAA/NARD: Additiv gefertigte Bauteile unter der Druckgeräte-richtlinie“ im DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT) erarbeitet.

Technische Spezifikationen sind nicht Bestandteil des Deutschen Normenwerks.

Eine Technische Spezifikation ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens von DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird.

Zur vorliegenden Technischen Spezifikation wurde kein Entwurf veröffentlicht.

Erfahrungen mit dieser Technischen Spezifikation sind erbeten:

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [nwt@din.de](mailto:nwt@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Werkstofftechnologie (NWT), 10722 Berlin.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

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.

## Einleitung

Dieses Dokument gilt für unbefeuerte Druckbehälter oder Teile von unbefeuerten Druckbehältern, die im Rahmen eines additiven Fertigungsverfahrens hergestellt werden.

Dieses Dokument gliedert sich in einen gemeinsamen Hauptteil für alle additiven Fertigungsverfahren und die normativen Anhang A bis Anhang D.

Dieses Anhang befasst sich mit spezifischen additiven Fertigungsverfahren (en: additive manufacturing – AM) und enthalten Anforderungen in Abhängigkeit von bestimmten Werkstoffen.

In der ersten Ausgabe dieses Dokuments stehen nur Anhang A und Anhang B zur Verfügung. Die weiteren Anhänge werden diesem Dokument im Rahmen der folgenden Überarbeitungen entsprechend dem Stand der Technik hinzugefügt.

Der Aufbau der jeweiligen Anhänge ist in Tabelle 1 beschrieben.

**Tabelle 1 — Geplanter Aufbau der Anhänge dieses Dokuments**

| Anhang      |                            | Anhang A            | Anhang B                       | Anhang C                        | Anhang D            |
|-------------|----------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| AM-Prozess  |                            | Pulverbettverfahren | DED mit Drahtausgangswerkstoff | DED mit Pulverausgangswerkstoff | Bindemittel-auftrag |
| Allgemeines |                            | A1                  | B1                             | C1                              | D1                  |
| Werkstoffe  | Stahl                      | A2                  | B2                             | C2                              | D2                  |
|             | Aluminium-legierungen      | A3                  | B3                             | C3                              | D3                  |
|             | Nickelbasierte Legierungen | A4                  | B4                             | C4                              | D4                  |
|             | Titan-legierungen          | A5                  | B5                             | C5                              | D5                  |
|             | Kupfer-legierungen         | A6                  | B6                             | C6                              | D6                  |
|             | Zirkon-legierungen         | A7                  | B7                             | C7                              | D7                  |

## 1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen für die Anwendung additiver Fertigungsprozesse für Druckbehälter und deren Bauteile fest. Diese allgemeinen Anforderungen, die Werkstoff, Auslegung, Herstellung sowie Inspektion und Prüfung umfassen, sind im Kontext dieses Dokuments obligatorisch.

Separate Anhänge zu diesem Dokument legen detaillierte Anforderungen für bestimmte additive Fertigungsprozesse fest.

Auf einen Druckbehälter oder dessen Bauteil, der bzw. das nach einem bestimmten additiven Fertigungsprozess hergestellt wird, sind die Anforderungen des Haupttextes und des entsprechenden Anhangs anzuwenden.

In Fällen, in denen es erforderlich ist, von den allgemeinen Anforderungen des Haupttextes abzuweichen, muss eine angemessene technische Lösung angewendet werden, und diese muss im jeweiligen Anhang spezifisch beschrieben werden.

Dieses Dokument beschränkt sich derzeit auf Anwendungen metallischer Werkstoffe. Wenn ein drucktragendes Teil, das nach diesem Dokument gefertigt wird, in einen Druckbehälter eingebaut wird, gelten für diesen Einbau alle Teile der EN 13445.

## 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).

DIN 35224, *Schweißen im Luft- und Raumfahrzeugbau — Abnahmeprüfung von pulverbettbasierten Laserstrahlmaschinen zur additiven Fertigung*

DIN 51006, *Thermische Analyse (TA) — Thermogravimetrie (TG) — Grundlagen*

DIN 51418-1, *Röntgenspektralanalyse — Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) — Teil 1: Allgemeine Begriffe und Grundlagen*

DIN 51418-2, *Röntgenspektralanalyse — Röntgenemissions- und Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) — Teil 2: Begriffe und Grundlagen zur Messung, Kalibrierung und Auswertung*

DIN 65122, *Luft- und Raumfahrt — Pulver zur Verwendung für die additive Fertigung mittels Pulverbettverfahren — Technische Lieferbedingungen*

DIN EN 764-4:2015-03, *Druckgeräte — Teil 4: Erstellung von technischen Lieferbedingungen für metallische Werkstoffe; Deutsche Fassung EN 764-4:2014*

DIN EN 764-5:2015-03, *Druckgeräte — Teil 5: Prüfbescheinigungen für metallische Werkstoffe und Übereinstimmung mit der Werkstoffspezifikation; Deutsche Fassung EN 764-5:2014*

DIN EN 3976, *Luft- und Raumfahrt — Titan und Titanlegierungen — Prüfverfahren — Chemische Analyse zur Bestimmung des Wasserstoffgehaltes*

DIN EN 10028 (alle Teile), *Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen*

DIN EN 10204:2005-01, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen; Deutsche Fassung EN 10204:2004*

DIN EN 10276-1, *Chemische Analyse von Eisenmetallen — Bestimmung des Sauerstoffgehaltes von Stahl und Eisen — Teil 1: Herstellung und Vorbereitung der Stahlproben für die Sauerstoff-Bestimmung*

DIN EN 10276-2, *Chemische Analyse von Eisenwerkstoffen — Bestimmung des Sauerstoffgehaltes von Stahl und Eisen — Teil 2: Messung der Infrarotabsorption nach Aufschmelzen unter Inertgas*

DIN EN 13445-1, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 1: Allgemeines*

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

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

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

DIN EN 13445-5, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 5: Inspektion und Prüfung*

DIN EN 13445-8, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 8: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Aluminium und Aluminiumlegierungen*

DIN EN 13445-10, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 10: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Nickel und Nickellegierungen*

DIN EN 13445-11, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 11: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Titan und Titanlegierungen*

DIN EN 13445-12, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 12: Zusätzliche Anforderungen an Druckbehälter aus Kupfer und Kupferlegierungen*

DIN EN 13445-14, *Unbefeuerte Druckbehälter — Teil 14: Zusätzliche Anforderungen an additiv gefertigte Druckgeräte und deren Bauteile*

DIN EN 14532-3, *Schweißzusätze — Prüfverfahren und Qualitätsanforderungen — Teil 3: Konformitätsbewertung von Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Schweißen von Aluminiumlegierungen*

DIN EN 24935, *Stahl und Eisen; Bestimmung des Schwefelgehalts; Methode mit Infrarotabsorption nach Verbrennung im Induktionsofen*

DIN EN ISO 148-1, *Metallische Werkstoffe — Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy — Teil 1: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 3954:2007-11, *Pulver für die Pulvermetallurgie — Probenahme (ISO 3954:2007); Deutsche Fassung EN ISO 3954:2007*

DIN EN ISO 4136, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Querkzugversuch*

DIN EN ISO 4491-4, *Metallpulver — Bestimmung des Sauerstoffgehaltes durch Reduktionsverfahren — Teil 4: Gesamt-Sauerstoffgehalt durch Reduktionsextraktion*

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

DIN EN ISO 5178, *Zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen an metallischen Werkstoffen — Längszugversuch an Schweißgut in Schmelzschweißverbindungen*

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

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

DIN EN ISO 9556, *Stahl und Eisen — Bestimmung des Gesamtkohlenstoffgehalts — Verfahren mit Infrarotabsorption nach Verbrennung im Induktionsofen*

DIN EN ISO 10042, *Schweißen — Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten*

DIN EN ISO 10720, *Eisen und Stahl — Bestimmung des Stickstoffgehaltes — Messung der Wärmeleitfähigkeit nach Aufschmelzen in strömendem Inertgas*

DIN EN ISO 11146 (alle Teile), *Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Laserstrahlmessungen, Divergenzwinkel und Beugungsmaßzahlen*

DIN EN ISO 11554, *Optik und Photonik — Laser und Laseranlagen — Prüfverfahren für Leistung, Energie und Kenngrößen des Zeitverhaltens von Laserstrahlen*

DIN EN ISO 15350, *Stahl und Eisen — Bestimmung der Gesamtgehalte an Kohlenstoff und Schwefel — Infrarotabsorptionsverfahren nach Verbrennung in einem Induktionsofen*

DIN EN ISO 15351, *Stahl und Eisen — Bestimmung des Stickstoffgehaltes — Messung der Wärmeleitfähigkeit nach Aufschmelzen in strömendem Inertgas*

DIN EN ISO 15614 (alle Teile), *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung*

DIN EN ISO 17296-3:2016-12, *Additive Fertigung — Grundlagen — Teil 3: Haupteigenschaften und entsprechende Prüfverfahren (ISO 17296-3:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17296-3:2016*

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

DIN EN ISO 17636-1, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 1: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit Filmen*

DIN EN ISO 17636-2, *Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen — Durchstrahlungsprüfung — Teil 2: Röntgen- und Gammastrahlungstechniken mit digitalen Detektoren*

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

DIN EN ISO 18273, *Schweißzusätze — Massivdrähte und -stäbe zum Schmelzschweißen von Aluminium und Aluminiumlegierungen — Einteilung*

DIN EN ISO 22827-2, *Abnahmeprüfungen für Nd:YAG-Laserstrahlschweißmaschinen — Maschinen mit Versorgung durch Lichtleitfaser — Teil 2: Mechanische Bewegungseinrichtung*

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

DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, *Additive Fertigung — Grundlagen — Terminologie (ISO/ASTM 52900:2015); Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52900:2017*

DIN EN ISO/ASTM 52901:2018-12, *Additive Fertigung — Grundlagen — Anforderungen an erworbene additive gefertigte Bauteile (ISO/ASTM 52901:2017); Deutsche Fassung EN ISO/ASTM 52901:2018*

DIN EN ISO/ASTM 52902, *Additive Fertigung— Testkörper— Allgemeine Leitlinie für die Bewertung der geometrischen Leistung additiver Fertigungssysteme (AM-Systeme)*

DIN EN ISO/ASTM 52907, *Additive Fertigung — Ausgangswerkstoffe — Verfahren zur Charakterisierung von Metallpulvern*

DIN EN ISO/ASTM 52911-1, *Additive Fertigung— Konstruktion — Teil 1: Laserbasierte Pulverbettfusion von Metallen*

DIN EN ISO/ASTM 52921, *Normbegrifflichkeiten für die Additive Fertigung — Koordinatensysteme und Prüfmethodologien*

DIN EN ISO/ASTM 52941, *Additive Fertigung — Systemleistung und Betriebssicherheit — Standard Richtlinie zur Abnahmeprüfung von pulverbettbasierten Laserstrahlmaschinen für metallische Werkstoffe zur additiven Fertigung für Luft- und Raumfahrtanwendungen*

DIN EN ISO/ASTM 52942, *Additive Fertigung — Grundsätze der Qualifizierung — Standard Richtlinie zur Prüfung von Anlagenbedienern für pulverbettbasierte Laserstrahlanlagen zur additiven Fertigung für Luft- und Raumfahrtanwendungen*

DIN ISO 4497, *Metallpulver; Bestimmung der Teilchengrößen durch Trockensiebung*

DIN ISO 9277, *Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Festkörpern mittels Gasadsorption — BET-Verfahren*

DIN ISO 22412, *Partikelgrößenanalyse —Dynamische Lichtstreuung*

ISO 9328 (alle Teile), *Steel flat products for pressure purposes — Technical delivery conditions*

ISO 13320, *Particle size analysis —Laser diffraction methods*

ISO 13322-1, *Particle size analysis —Image analysis methods —Part 1: Static image analysis methods*

ISO 13322-2, *Particle size analysis —Image analysis methods —Part 2: Dynamic image analysis methods*

ISO/TR 17671-1, *Welding — Recommendations for welding of metallic materials — Part 1: General guidance for arc welding*

ISO/TR 17671-4, *Welding — Recommendations for welding of metallic materials — Part 4: Arc welding of aluminium and aluminium alloys*

ISO/TR 25901-1:2016, *Welding and allied processes —Vocabulary —Part 1: General terms*

DIN-Fachbericht ISO/TR 25901:2008-11, *Schweißen und verwandte Verfahren — Terminologie*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 764-4, DIN EN 13445-1, DIN EN ISO 15607, DIN EN 15609-4, DIN EN ISO/ASTM 52900, DIN EN ISO/ASTM 52921 und die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Begriffe im Zusammenhang mit PBF sind in DIN EN ISO/ASTM 52900 und DIN EN ISO/ASTM 52921 enthalten.

ANMERKUNG 2 Begriffe im Zusammenhang mit DED sind in DIN EN ISO 15607 und DIN EN 15609-4 enthalten.

ANMERKUNG 3 Bei der additiven Fertigung können einige Begriffe aus DIN EN ISO 15607 und DIN EN ISO 15609-4 leicht abweichen; dabei gelten im Fall dieser abweichenden Definitionen diese beiden Normen analog (aus dem Teil „Prozessqualifizierung“).

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

— DIN-TERMinologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term/>

— DKE-IEV: verfügbar unter <http://www.dke.de/DKE-IEV>

#### 3.1

##### **Werkstofflieferant**

(en: material supplier)

Bereitsteller von Werkstoffen/Ausgangswerkstoffen, die im additiven Fertigungssystem zu verarbeiten sind

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.1.8]

#### 3.2

##### **Ausgangswerkstoff**

Massenrohwerkstoff, der für den additiven Fertigungs-Aufbauprozess geliefert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ausgangswerkstoff kann Hilfsstoffe beinhalten, z. B. Schutzgas.

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.5.2, modifiziert - Die englische Benennung und vier abgelehnte englische Benennungen wurden weggelassen. Die Anmerkung 1 zum Begriff wurde geändert.]

#### 3.3

##### **additive Fertigung**

##### **AM**

(en: additive manufacturing)

Prozess des Verbindens von Werkstoffen, um Bauteile (3.6) aus 3-D-Modelldaten, im Gegensatz zu subtraktiven und umformenden Fertigungsmethoden üblicherweise Schicht für Schicht, herzustellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Historische Begriffe: additive Fabrikation, additive Prozesse, additive Techniken, additive Schichtfertigung, Schichtfertigung, Festkörper-Freiform-Fertigung und Freiform-Fertigung.

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.1.2, modifiziert - Die Anmerkung 2 zum Begriff wurde weggelassen]

### 3.4

#### Bezugswert

##### $R_r$

Wert, der für Auslegungsberechnungen oder Berstprüfungsverfahren verwendet wird; bei Druckbehältern und deren Bauteilen mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften abhängig von Position und Ausrichtung innerhalb des Bauteils ist dies der Wert, der die Wanddicke bestimmt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies ist der Wert unter Berücksichtigung aller Spannungsrichtungen oder für einen vereinfachten Ansatz der niedrigste Wert der mechanischen Eigenschaften unter Berücksichtigung aller Positionen/Ausrichtungen.

### 3.5

#### Lage

Ausgangswerkstofflage, die aus einer oder mehreren Raupen bestehen kann

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016-03, 2.1.8.13]

### 3.6

#### Bauteil

verbundener Werkstoff, der ein Funktionselement bildet, das ein gesamtes oder einen Abschnitt eines vorgesehenen Produkts darstellen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die funktionellen Anforderungen an ein Bauteil sind typischerweise durch die vorgesehene Anwendung bestimmt.

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.6.1, modifiziert – Die englische Benennung wurde weggelassen.]

### 3.7

#### Bauteileanbieter

Hersteller oder Vertreiber von Bauteilen, die durch additive Fertigung hergestellt wurden

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52901:2018-12, 3.7]

### 3.8

#### reines Schweißgut

Zusatzwerkstoff (Ausgangswerkstoff), der während der additiven Fertigung zugeführt wurde

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.1.2.4, modifiziert - Additive Fertigung wurde ergänzt.]

### 3.9

#### gerichtete Energieeinbringung

additiver Fertigungs-Prozess, in dem eine fokussierte Wärmeenergie verwendet wird, um Werkstoffe während des Absetzens durch Schmelzen zu vereinigen

Anmerkung 1 zum Begriff: „Fokussierte Wärmeenergie“ bedeutet, dass eine Energiequelle (z.B. ein Laser, Elektronenstrahl oder Plasmabogen) fokussiert wird, um die abgesetzten Werkstoffe zu schmelzen.

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.2.2, modifiziert – Die englische Benennung wurde weggelassen.]

### 3.10

#### Prozessparameter

Satz von Betriebsparametern und Systemeinstellungen, die während eines Bauzyklus verwendet werden

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.3.18, modifiziert – Die englische Benennung wurde weggelassen.]

**3.11****Schmelzbadsicherung**

Stück Metall oder Hilfsstoff, das bzw. der entweder an der Rückseite, an der Stirnseite oder an der Seitenfläche des Bauteils (3.6) das Schmelzbad stützt

[QUELLE: DIN-Fachbericht ISO/TR 25901:2008-11-, 2.24, modifiziert – Seitenfläche wurde ergänzt.]

**3.12****Schweißraupe**

Einlagenschweißen mit Ausgangswerkstoff (3.2) auf der Oberfläche der nächsttieferen Lagen-/Stütz-/Bauplattform

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016-03, 2.1.8.7, modifiziert – Lagen-/Stütz-/Bauplattform wurden ergänzt.]

**3.13****Raupendicke, Raupenhöhe**

Dicke bzw. Höhe einer Schweißraupe

**3.14****Bauzyklus**

einzelner Prozesszyklus, in dem eine oder mehrere Bauteile in Schichten aufgebaut werden

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.3.3, modifiziert – „Prozesskammer des additiven Fertigungssystems“ wurde weggelassen]

**3.15****Bauplattform**

<einer Maschine> Basis, die eine Oberfläche bietet, auf welcher der Bau des Bauteils/der Bauteile (3.6) begonnen und während des Aufbauprozesses gestützt wird

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.3.5, modifiziert – Die englische Benennung und die Anmerkung 1 zum Begriff wurden weggelassen]

**3.16****Bauoberfläche**

Bereich, wo Werkstoff hinzugefügt wird, normalerweise auf der zuletzt aufgebauten Schicht, welche zur Grundlage für die nächste zu formende Schicht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der ersten Schicht ist die Bauoberfläche oft die Bauplattform (A.2.3.5).

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Fall von gerichteten Energieeinbringungsprozessen kann die Bauoberfläche ein bestehendes Bauteil sein, dem Werkstoff hinzugefügt wird.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wenn die Ausrichtung der Werkstoffabsetzung oder des Konsolidierungsmittels, oder beides, variabel ist, kann sie als relativ zur Bauoberfläche festgelegt werden.

[QUELLE: DIN EN ISO/ASTM 52900:2017-06, 2.3.7, modifiziert – Die englische Benennung wurde weggelassen]

**3.17****nicht unterbrochene Naht**

über die gesamte Länge der nächsttieferen Lagen-/Stütz-/Bauplattform durchgehende Schweißnaht ohne Riss oder ungeplante Unterbrechung

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.1.8.22, modifiziert - Ohne Riss oder ungeplante Unterbrechung wurde ergänzt.]

### 3.18

#### **unterbrochene Naht**

mit Abständen angebrachte Folge von Schweißungen entlang der nächsttieferen Lagen-/Stütz-/Bauplattform mit oder ohne Änderung der Schweißrichtung

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2007, 2.1.6.15, modifiziert - Lagen-/Stütz-/Bauplattform mit oder ohne Änderung der Schweißrichtung wurde ergänzt.]

### 3.19

#### **Längsbiegeprobe**

Probe für eine Biegeprüfung, die längs der Schweißnaht getrennt wird; Prüfungen in Schweißrichtung bzw. innerhalb der Lagen

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.2.3.8, ]

### 3.20

#### **Mehrfachraupen-Ausführung**

Wanddicke wird mit zwei oder mehr Schweißraupen hergestellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Mehrfachraupen-Ausführung kann Pendeln beinhalten.

### 3.21

#### **Einfachraupen-Ausführung**

Wanddicke wird mit einer Schweißraupe hergestellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einfachraupen-Ausführung kann Pendeln beinhalten.

### 3.22

#### **Neigungswinkel**

Winkel des Bauteils zur Bauoberfläche bzw. zur letzten Lage

### 3.23

#### **Querbiegeprobe**

Probe für eine Biegeprüfung, die quer zur Schweißnaht getrennt wird; die Prüfung erfolgt in Höhe der Bauteile bzw. von „Lage zu Lage“

[QUELLE: ISO/TR 25901-1:2016, 2.2.3.9]

### 3.24

#### **Pendelraupe**

Schweißraupe, die durch Pendeln hergestellt wird

### 3.25

#### **Schweißraupenfolge**

Reihenfolge, in der die Schweißraupen einer Lage ausgeführt werden

[QUELLE: ISO/TR 25901:2007, 2.1.8.37]

### 3.26

#### **aufgebrachtes Material**

Zusatzwerkstoff (= Ausgangswerkstoff), der während der additiven Fertigung zugeführt wurde

### 3.27

#### **Materialauftrag mit gerichteter Energieeinbringung**

additiver Fertigungsprozess, in dem eine fokussierte Wärmeenergie verwendet wird, um Werkstoffe während des Auftrags durch Schmelzen zu vereinigen

Anmerkung 1 zum Begriff: „Fokussierte Wärmeenergie“ bedeutet, dass eine Energiequelle (z. B. ein Laser, Elektronenstrahl oder Plasmabogen) fokussiert wird, um die abgesetzten Werkstoffe zu schmelzen.

**3.28****nicht unterbrochener Materialauftrag**

über die gesamte Länge der nächsttieferen Lagen-/Stütz-/Bauplattform durchgehender Materialauftrag ohne Pause oder Unterbrechung

**3.29****unterbrochener Materialauftrag**

mit Abständen angebrachte Folge von Materialaufträgen entlang der nächsttieferen Lagen-/Stütz-/Bauplattform mit oder ohne Änderung der Richtung

**3.30****Materialauftragsfolge**

Reihenfolge, in der die Raupen einer Lage ausgeführt werden

**4 Allgemeine Anforderungen**

Der Werkstoffhersteller ist die rechtliche Organisation jener Partei, die den additiven Fertigungsprozess ausführt und die mit dem Druckgerät-Hersteller identisch sein kann, aber nicht sein muss.

Der Werkstoffhersteller muss eine Abnahmeprüfzeugnis 3.1 oder 3.2, wie in DIN EN 10204:2005-01 festgelegt, nach DIN EN 764-5:2015-03 vorlegen, basierend auf einer in Übereinstimmung mit DIN EN 764-4:2015-03 und dem jeweiligen Anhang dieses Dokuments herausgegebenen Werkstoffspezifikation.

**5 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) und Berechnungsnennspannung****5.1 Allgemeine Anforderungen**

DIN EN 13445-2 gilt soweit anwendbar.

Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe), die mit diesem Dokument verwendet werden sollen, müssen für die Verwendung in additiven Fertigungsprozessen geeignet sein.

Das Dokument unterscheidet zwischen:

- a) Werkstoffen (Ausgangswerkstoffen), für die Angaben zu den mechanischen Eigenschaften in einer Werkstoffspezifikation vorliegen oder vom Werkstofflieferanten erhalten werden können;
- b) Werkstoffen (Ausgangswerkstoffen), deren mechanische Eigenschaften vom Hersteller des Druckbehälters oder dessen Bauteils bestimmt werden.

Der Hersteller des Druckbehälters oder dessen Bauteils muss die mechanischen Eigenschaften dokumentieren, die für die Auslegung verwendet werden, sowie die Quelle dieser Daten.

**5.2 Daten für die Ermittlung des Auslegungsbezugswerts  $R_r$** **5.2.1 Allgemeines**

Im Kontext der Richtlinie über Druckgeräte (en: Pressure Equipment Directive – PED) wird die Eignung von Werkstoffen normalerweise über harmonisierte Werkstoffnormen, Europäische Werkstoffzulassungen (en: European Approval for Materials – EAM) oder Einzelgutachten für Werkstoffe (en: Particular Material Appraisal – PMA) bescheinigt. Dieses Konzept ist jedoch nicht direkt auf die additive Fertigung übertragbar.

Stattdessen erfolgt die Harmonisierung der Werkstoffe, die in diesem Dokument verwendet werden, durch die Anwendung von 5.2.2 und 5.2.3. Für Werkstoffe, die in diesen Abschnitten beschrieben werden und für die eine Werkstoffspezifikation nach Abschnitt 4 erarbeitet wurde, ist daher kein gesondertes PMA erforderlich, da dieses Bestandteil der Werkstoffspezifikation ist.

ANMERKUNG Leitlinie G-01 beschreibt dieses Verfahren.

### 5.2.2 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) mit mechanischen Daten in Europäischen Normen oder anderen veröffentlichten Spezifikationen

Die Europäischen Normen oder anderen veröffentlichten Spezifikationen für Werkstoffe, die für additive Fertigungsverfahren verwendet werden, müssen im entsprechenden Anhang dieses Dokuments angegeben werden. Die mechanischen Daten, die für die Auslegung verwendet werden, müssen auf den Werten in diesen Dokumenten beruhen, und das Verfahren zur Verifizierung dieser Werte muss im entsprechenden Anhang dieses Dokuments angegeben werden. Dies kann zu mechanischen Daten für die Auslegung führen, die den mechanischen Daten aus den Europäischen Normen oder anderen veröffentlichten Spezifikationen entsprechen oder diese unterschreiten.

**ANMERKUNG** Bei diesen Europäischen Normen oder anderen veröffentlichten Spezifikationen kann es sich um Normen für z. B. Schweißzusätze wie Drähte handeln.

Die mechanischen Daten, die für die Auslegung verwendet werden, stellen die in 5.3 erwähnten Bezugswerte  $R_r$  dar.

### 5.2.3 Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe), deren mechanische Eigenschaften vom Hersteller des Druckbehälters oder dessen Bauteils bestimmt werden

Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe), die für additive Fertigungsverfahren verwendet werden, müssen im entsprechenden Anhang dieses Dokuments angegeben werden. Die mechanischen Daten, die für die Auslegung verwendet werden, müssen entweder im entsprechenden Anhang angegeben werden, oder das Verfahren zur Ermittlung der Werte muss im Anhang beschrieben werden.

Die mechanischen Daten, die für die Auslegung verwendet werden, stellen die in 5.3 erwähnten Bezugswerte  $R_r$  dar.

## 5.3 Ermittlung der Berechnungsnennspannungen

Die Berechnungsnennspannungen  $f_{Rr}$  sind wie folgt zu bestimmen:

$$f_{Rr} = R_r / S \cdot F_{dc} \quad (1)$$

Dabei ist

$f_{Rr}$  anstelle der Nennspannungen in DIN EN 13445-3 zur Ermittlung der berechneten Wanddicke  $e$  oder zur Ermittlung des Auslegungsdrucks für die Berstprüfung entsprechend der Beschreibung in EN 13445-3, Anhang T, zu verwenden;

$S$  der Sicherheitsfaktor, der in DIN EN 13445-3, DIN EN 13445-8, DIN EN 13445-10, DIN EN 13445-11 und DIN EN 13445-12 zur Ermittlung der Berechnungsnennspannungen verwendet wird;

$F_{dc}$  der Qualitätsfaktor, angegeben als Auslegungsklasse DC (en: Design Class) und ermittelt nach Abschnitt 8;

## 5.4 Vermeidung von Sprödbruch bei niedrigen Temperaturen

Das Verfahren zur Vermeidung von Sprödbruch bei niedrigen Temperaturen muss entweder einem der in DIN EN 13445-2, DIN EN 13445-8 oder DIN EN 13445-10 beschriebenen Verfahren entsprechen oder im entsprechenden Anhang angegeben werden.

Wenn ein Verfahren in einem entsprechenden Anhang beschrieben wird, der sich mit Kohlenstoffstählen, niedriglegierten Stählen oder austenitischen Stählen befasst, müssen die Zähigkeitsanforderungen in DIN EN 13445-2, 4.1.6, berücksichtigt werden.

## 5.5 Werkstoff- und Komponenten-Dokumentation

Der Hersteller der Druckbehälter und deren Bauteile muss sicherstellen, dass der verwendete Werkstoff der erforderlichen Spezifikation entspricht.

In den harmonisierten Druckbehälternormen DIN EN 13445-4, DIN EN 13445-8 und DIN EN 13445-10 ist festgelegt, dass die vom Werkstoffhersteller erstellten Werkstoffbescheinigungen, die die Einhaltung einer Spezifikation bestätigen, für alle Werkstoffe eingeholt werden müssen. Dieses Konzept ist jedoch nicht direkt auf alle Arten der additiven Fertigung übertragbar.

Während im ersten Fall die von einem Werkstoffhersteller in Übereinstimmung mit einer bestimmten Werkstoffspezifikation erhaltenen Werkstoffdaten vom Hersteller des Druckbehälters direkt für die Auslegung verwendet werden, werden diese Daten bei der additiven Fertigung während der Qualifizierung des additiven Fertigungsprozesses ermittelt, und die Bestimmung der Wertes  $R_T$  erfolgt durch den Hersteller des Druckbehälters oder dessen Bauteils.

Die erforderlichen Dokumentationsarten zur Sicherstellung, dass die Werkstoffe, die bei der additiven Fertigung verwendet werden und die Produkte, die durch additive Fertigung hergestellt werden, der erforderlichen Spezifikation entsprechen, sind in Tabelle 2 dargelegt.

**Tabelle 2 — Werkstoff- und Komponenten-Dokumentation**

|                              | Dokumentation                                                                       | Ausgestellt von         | Bemerkungen                                                             |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Ausgangswerkstoff nach 5.2.2 | Bestätigung der erforderlichen Spezifikation, einschließlich der mechanischen Daten | Werkstofflieferant      | Anforderungen wie im entsprechenden Anhang dieses Dokuments beschrieben |
| Ausgangswerkstoff nach 5.2.3 | Bestätigung der erforderlichen Spezifikation                                        | Werkstofflieferant      | Anforderungen wie im entsprechenden Anhang dieses Dokuments beschrieben |
| Drucktragendes Teil          | wie in 8.3.2.1 beschrieben                                                          | Bauteilhersteller       | –                                                                       |
| Druckbehälter                | wie in 8.3.2.2 beschrieben                                                          | Druckbehälterhersteller | Die PED kann zusätzliche Dokumentationspflichten vorgeben.              |

## 6 Auslegung

Es gilt DIN EN 13445-3 mit den folgenden Änderungen:

Sofern nicht ausdrücklich in einem der entsprechenden Anhänge dieses Dokuments behandelt, ist die Auslegung der Ermüdungsfestigkeit für mehr als 500 volle äquivalente Druckzyklen nicht Gegenstand dieses Dokuments für Druckbehälter und deren Bauteile, die durch additive Fertigung hergestellt werden. Zur Bestimmung von 500 vollen äquivalenten Druckzyklen siehe DIN EN 13445-3, 5.4.2.

ANMERKUNG 1 Dieser Punkt wird Gegenstand einer zukünftigen Überarbeitung oder Ergänzung oder Änderung dieses Dokuments sein. Die experimentelle Methode nach DIN EN 13445-3, Anhang T ist hierbei nicht ausgeschlossen.

ANMERKUNG 2 Die Grundlagen der Auslegungen in DIN EN 13445-3 basieren auf einem isotropen Werkstoffverhalten. Der Bezugswert nach 3.4 trägt dieser Annahme Rechnung.

Zur Ermittlung der Berechnungsnennspannungen siehe 5.3.

Der Sicherheitsfaktor  $S$ , der in DIN EN 13445-3, DIN EN 13445-8 und DIN EN 13445-10 zur Ermittlung der Berechnungsnennspannungen verwendet wird, findet Anwendung, sofern die festgelegte Mindestbruchdehnung die in DIN EN 13445-2, DIN EN 13445-8 und DIN EN 13445-10 festgelegten Kriterien erfüllt.

Es dürfen jedoch niedrigere Dehnungswerte angewendet werden, sofern geeignete Maßnahmen zum Ausgleich dieser niedrigeren Werte getroffen werden und die spezifischen Anforderungen nachweisbar sind. Diese Maßnahmen müssen in den entsprechenden Anhängen festgelegt werden.

ANMERKUNG 3 Beispiele für einen Ausgleich:

- Anwendung höherer Sicherheitsfaktoren bei der Auslegung;
- Durchführung von Berstprüfungen zum Nachweisen der dehnbaren Werkstoffeigenschaften.

Wenn DIN EN 13445-14 für andere Druckgeräte als Druckbehälter angewandt wird, kann die Auslegungsberechnung nach den für diese Produkte spezifischen Auslegungsstandards erfolgen (z. B. DIN EN 12516-2 für Armaturen, DIN EN 13480-3 für Rohrleitungen oder DIN EN 14359 für Hydrospeicher).

## **7 Herstellung**

### **7.1 Allgemeines**

DIN EN 13445-4 findet keine Anwendung.

### **7.2 Identifikationssysteme**

Der Hersteller der Druckbehälter und deren Bauteile muss ein Identifikationssystem für Werkstoffe (Ausgangswerkstoffe) besitzen und pflegen, die in der Herstellung verwendet werden, so dass alle Werkstoffe, die Spannungen aufgrund des Drucks in der fertiggestellten Arbeit unterliegen, durch Verzeichnung der Chargennummer auf ihren Ursprung zurückgeführt werden können.

Der Hersteller muss ein dokumentiertes System betreiben, das die Werkstoffrückverfolgbarkeit für alle Werkstoffe im fertiggestellten Druckbehälter oder dessen Bauteil sicherstellt.

### **7.3 Wärmebehandlung**

Die während oder nach der additiven Fertigung erfolgte Wärmebehandlung muss Teil der Prozessqualifizierung und der Ermittlung des Wertes  $R_T$  sein. Diese Qualifizierung muss mindestens die Art der Wärmebehandlung, deren Parameter und die Parametertoleranzen beinhalten. Jedwede Abweichung von diesen Parametern muss eine erneute Qualifizierung erfordern.

### **7.4 Kontrolle der Parameter**

Jeder der Anhänge, die sich mit einem bestimmten additiven Fertigungsverfahren befassen, muss die Anforderungen für die Kontrolle der Parameter angeben, bezogen auf jene in der additiven Fertigung verwendeten Parameter, die für die Vergleichspräzision von  $R_T$  wesentlich sind.

## **8 Inspektion und Prüfung**

### **8.1 Allgemeines**

Es gilt DIN EN 13445-5 mit den folgenden Änderungen:

- In 5.1 und 5.2 muss die Verweisung auf die Prüfgruppen durch eine Verweisung auf die Auslegungsklassen ersetzt werden. 5.3 findet keine Anwendung;
- Zusätzlich zu den in 5.2.2 aufgeführten Anforderungen müssen der Wert  $R_T$ , die festgelegte Mindestbruchdehnung und die Auslegungsklasse DC (en: Design Class) angegeben werden;
- Abschnitt 6 findet keine Anwendung;
- 7.1 findet keine Anwendung.

## 8.2 Zerstörungsfreie und zerstörende Prüfung

Alle Druckbehälter und deren Bauteile müssen einer vollständigen Sichtprüfung sämtlicher Bereiche unterzogen werden, die sich im Sichtbereich befinden.

Der erforderliche Umfang der zerstörungsfreien und zerstörenden Prüfung hängt sowohl von der Auslegungsklasse als auch von der Verfügbarkeit der Werkstoffeigenschaften für den Ausgangswerkstoff ab. Die Beziehung zwischen Auslegungsklassen und Prüfungen ist in Tabelle 3 angegeben.

Wenn die zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) in Tabelle 3 als „vollständig“ vorgegeben ist, müssen alle Bereiche, die für die Auslegung maßgeblich sind, vollständig geprüft werden. Die ZfP muss eine volumetrische Prüfung und eine Oberflächenprüfung umfassen. Die Art der ZfP sowie die Annahmekriterien müssen im Anhang angegeben werden.

Wenn die ZfP in Tabelle 3 als „Punktuell“ vorgegeben ist, müssen Bereiche, die für die Auslegung maßgeblich sind, einer punktuellen Prüfung unterzogen werden. Der Umfang der ZfP muss für jeden einzelnen Druckbehälter bzw. dessen Bauteil im entsprechenden Anhang angegeben werden. Die ZfP muss eine volumetrische Prüfung und eine Oberflächenprüfung umfassen. Die Art der ZfP sowie die Annahmekriterien müssen im Anhang angegeben werden.

**ANMERKUNG** Eine vollständige Prüfung der Bereiche, die für die Auslegung maßgeblich sind, bedeutet entweder, dass der fragliche Bereich vollständig geprüft wird oder dass ein geeignetes Raster angewendet wird, das diesen Bereich abdeckt. Ebenso müssen bei der punktuellen Prüfung die ausgewählten Bereiche entweder vollständig oder durch Anwendung eines geeigneten Rasters geprüft werden.

Wenn die ZfP in Tabelle 3 als „Zufallsstichprobe“ festgelegt ist, müssen alle Bereiche, die für die Auslegung maßgeblich sind, an einer zufällig ausgewählten Charge von Druckbehältern und deren Bauteilen einer punktuellen Prüfung unterzogen werden. Die Bezeichnung der Charge und der Umfang der ZfP müssen im entsprechenden Anhang festgelegt werden. Die ZfP muss eine volumetrische Prüfung und eine Oberflächenprüfung umfassen. Die Art der ZfP sowie die Annahmekriterien müssen im Anhang angegeben werden.

Wenn in Tabelle 3 eine zerstörende Prüfung vorgegeben ist, muss diese zerstörende Prüfung durchgeführt werden, um  $R_r$  und die festgelegte Mindestbruchdehnung nachzuweisen.

Tabelle 3 — Auslegungsklassen

| Auslegungsklasse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DC 1                      | DC 2         | DC 3                           | DC 4                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
| $F_{DC}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1                         | 0,85         | 0,7                            | 0,5                            |
| Berstprüfungs-<br>verfahren <sup>a,d</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | A, B, C                   | A, B         | A                              | A                              |
| Werkstoffe (Ausgangswerkstoff) nach 5.2.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                           |              |                                |                                |
| Zerstörende<br>Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Erforderlich              | –            | –                              | –                              |
| Zerstörungsfreie<br>Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Vollständig               | Punktuell    | Zufallsstichprobe <sup>b</sup> | – <sup>b</sup>                 |
| Werkstoffe (Ausgangswerkstoff) nach 5.2.3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                           |              |                                |                                |
| Zerstörende<br>Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Erforderlich <sup>c</sup> | Erforderlich | –                              | –                              |
| Zerstörungsfreie<br>Prüfung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Vollständig <sup>c</sup>  | Vollständig  | Punktuell                      | Zufallsstichprobe <sup>b</sup> |
| <sup>a</sup> Zur Erläuterung der verschiedenen Berstprüfungsverfahren siehe DIN EN 13445-3, Anhang T.<br><sup>b</sup> Bei einer pneumatischen Druckprüfung mit einem Prüfdruck von 1,1 PS (siehe z. B. DIN EN 13445-5, 10.2.3.4.2, oder DIN EN 13445-8, 8.7) muss die ZfP durchgeführt werden und ihr Umfang darf nicht geringer sein als für DC 2.<br><sup>c</sup> DC 1 ist nur für Werkstoffe (Ausgangswerkstoff) nach 5.2.3 zulässig, wenn dieser Weg ausdrücklich im entsprechenden Anhang beschrieben und qualifiziert ist.<br><sup>d</sup> Wenn als Auslegungsbasis ausgewählt. |                           |              |                                |                                |

### 8.3 Kennzeichnung und Dokumentation

#### 8.3.1 Kennzeichnung von Bauteilen

Druckbeaufschlagte Teile müssen so gekennzeichnet werden, dass sie den Dokumenten wie in 8.3.2.1 festgelegt zugeordnet werden können.

#### 8.3.2 Dokumentation

##### 8.3.2.1 Dokumentation von Bauteilen

Dieser Unterabschnitt ist anwendbar, wenn ein Hersteller an andere Parteien Druckbehälter-Bauteile liefert, die nach den Bestimmungen dieses Dokuments gefertigt wurden.

Um nachzuweisen, dass das Druckgerät, das das Druckbehälter-Bauteil enthält, diesem Dokument entspricht, muss der Gerätehersteller vom Hersteller des Bauteils eine Bescheinigung einholen, in der der Wert  $R_r$ , die festgelegte Mindestbruchdehnung und die Auslegungsklasse DC ausgewiesen sind.

Falls weitere Informationen/Unterlagen (wie z. B. Informationen zur ZfP, zur zerstörenden Prüfung oder zur Wärmebehandlung) erforderlich sind, muss der Gerätehersteller dies im Auftrag angeben.

##### 8.3.2.2 Dokumentation von Druckbehältern

Die Anforderungen in DIN EN 13445-5, 11.5, und Abschnitt 12 müssen eingehalten werden.

## Anhang A (normativ)

### Pulverbettverfahren (PBF)

#### A.1 Allgemeines

Der Anhang A nennt die zusätzlichen Anforderungen, die sich aus dem Pulverbettverfahren für die Anwendung dieser DIN EN 13445-14 ergeben.

Die Überarbeitungen der Nomenklatur entsprechend Tabelle 1 erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

#### A.2 Werkstoffe

##### A.2.1 Anforderungen an den Ausgangsmaterialhersteller

###### A.2.1.1 Eignung/Fähigkeiten des Ausgangsmaterialherstellers

Der Hersteller des Ausgangsmaterials (Pulver) muss

- über Einrichtungen für ein sachgemäßes Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen,
- über fachkundiges Personal für das Herstellen und Prüfen der Erzeugnisse verfügen,
- die Erzeugnisse nach einem geeigneten Verfahren herstellen, und
- durch geeignete Güteüberwachung mit bezogen auf das Herstelllos rückverfolgbaren Aufzeichnungen sicherstellen, dass der Herstellprozess die spezifizierten Eigenschaften des Pulvers reproduzierbar erzeugt und die in der Werkstoffspezifikation genannten Anforderungen eingehalten werden. Dies gilt für alle Fertigungs- und Lieferphasen.

Sofern der Hersteller Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 ausstellt, muss er zusätzlich über ein geeignetes Qualitätsmanagementsystem verfügen. Die Abnahmeprüfzeugnisse müssen die Bedingungen der DIN EN 10204 erfüllen.

**ANMERKUNG** Mechanisch-technologische Eigenschaften sind üblicherweise nicht Bestandteil der Prüfungen und der Prüfdokumentation am Ausgangswerkstoff.

###### A.2.1.2 Vorgehensweise, wenn Eignung des Ausgangswerkstoffherstellers nach A.2.1.1 nicht nachgewiesen ist

Liegt kein Eignungsnachweis des Ausgangsmaterialherstellers vor, so ist die Eignung des Ausgangsmaterials anhand einer Werkstoffspezifikation nach 5.2.3 nachzuprüfen.

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Materialeigenschaften mit den Bestellspezifikationen hat losbezogen zu erfolgen.

##### A.2.2 Anforderungen an Ausgangsmateriallieferanten

Ausgangsmateriallieferanten müssen für Lagerung und Transport die Vorgaben aus DIN EN ISO/ASTM 52907 einhalten.