

GUTACHTEN

Vergleich der Beschaffenheitsanforderungen von Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung mit den Anforderungen des RID/ADR 2009 zur Zulassung von wiederbefüllbaren geschweißten Gasflaschen aus Stahl

Rev. 1

BAM-Aktenzeichen	DG-03-051
Bearbeitende OE	BAM – III.2; AG „Druckgeräte – Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme“
Auftraggeber	Industriegaseverband e. V. Komödienstraße 48 D - 50667 Köln
Auftrag vom:	19. Mai 2003
Gesamtseitenzahl	29 + Anlagen
Ausfertigung	1. von 6 Ausfertigungen
Verteiler:	Ausfertigung 1-3 Auftraggeber Ausfertigung 4 BAM III.2, AG Druckgeräte- Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme Ausfertigung 5 BAM, III.2 Ausfertigung 6 BAM, BZS

Veröffentlichungen von Gutachten, auch auszugsweise, Hinweise auf Untersuchungen zu Werbezwecken und die Verarbeitung von Gutachteninhalten bedürfen in jedem Einzelfall der widerruflichen schriftlichen Einwilligung der BAM.

Gutachten

Vergleich der Beschaffenheitsanforderungen von Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung mit den Anforderungen des RID/ADR 2009 zur Zulassung von wiederbefüllbaren geschweißten Gasflaschen aus Stahl

Gliederung

1	Aufgabenstellung und Einführung	2
2	Liste der betrachteten Rechtsgrundlagen	3
3	Anforderungen zur Neubewertung nach der TPED	7
4	Anforderungen nach RID/ADR 2007	8
4.1	Grundlegende Anforderungen	8
4.2	Verweis auf Normen im RID/ADR	8
5	Entwicklung der Anforderungen an in Deutschland zugelassene Flaschen	10
5.1	Vergleich der Druckgasverordnung mit der Druckbehälterverordnung inkl. TRG	10
5.2	Folgerungen für die Vergleichbarkeit mit der DIN EN 13322-1 und der EN 1442	11
6.	Vorgehen zur vergleichenden Bewertung der Anforderungen	13
7	Vergleich und Beurteilung der Gestaltungsvorgaben	15
7.1	Anwendungsbereich - Geltungsbereich	15
7.2	Werkstoffe	16
7.3	Wärmebehandlung	16
7.4	Härteprüfung	17
7.5	Gestaltung und Berechnung	17
7.6	Ausrüstung	19
8	Vergleich und Beurteilung bzgl. der Prüfungen zur Bauartzulassung	20
8.1	Zugversuch	20
8.2	Faltversuch	21
8.3	Kerbschlagbiegeversuch	21
8.4	Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte	21
8.5	Wasserdruckprüfung	22
8.6	Berstprüfung	22
8.7	Lastwechselversuch	23
9	Kennzeichen von besonderen Maßgaben	27
10	Gutachtenbedingungen	28
11	Zusammenfassung und Gesamtbeurteilung	29

Anlagen: 1 Ergebnisse der Berechnungen zur Wechselbeanspruchung nach
AD 2000-Merkblatt S2 für die exemplarischen Bauarten (Tabelle)

2 Prüfbericht über Druckschwellversuche an Acetylenbehältern

1 Aufgabenstellung und Einführung

Die BAM wurde vom Industriegaseverband (IGV) zur Beantwortung der Frage, ob eine positive Neubewertung von in Deutschland zugelassenen Bauarten geschweißter Gasflaschen aus Stahl im Sinne der europäischen Richtlinie über ortsbewegliche Druckgeräte (RL 1999/36/EG) möglich ist, mit der Erstellung eines Gutachtens beauftragt. Es soll insbesondere die systematische Entwicklung der Zulassungsanforderungen für diese Art von Druckgefäßen in Deutschland berücksichtigen.

Explizit sind im Rahmen des Auftrages zu betrachten:

Bauarten von geschweißten Gasflaschen aus Stahl für Gase, wie von der EN 13322-1:2006 und EN 1442:2008 erfasst, deren Zulassung ohne jedwede Art von Auflagen oder Einschränkungen auf der Basis der Druckgasverordnung (vom 20. Juni 1968) oder nachfolgend der Druckbehälterverordnung erteilt wurde.

Aufgrund der systematischen Betrachtung können Bauarten, deren Zulassungen unter irgendeiner Art von Betriebsauflagen oder sonstigen Einschränkungen erteilt worden sind, nicht von diesem Gutachten erfasst werden.

Dieses Gutachten analysiert die Unterschiede in den Beschaffenheitsanforderungen nach Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung gegenüber dem geltenden RID/ADR 2009. Es soll den benannten Stellen nach Richtlinie 1999/36/EG (TPED [1]) eine Vereinfachung ihrer Bewertungsarbeit zur Neubewertung von in Deutschland zugelassenen Gasflaschen ermöglichen.

Für die Anwendung dieses Gutachtens wird auf die sog. „Flaschen-Negativliste“ der EIGA (Doc. 86/02 Gas cylinders with restricted use in the EU WG-2) und ggf. weitere zukünftig verfügbare Erkenntnisquellen verwiesen. Die dort beschriebenen Flaschen u. a. aus Deutschland werden unabhängig von der formalen Konformität mit der Richtlinie 1999/36/EG von den Mitgliedern der EIGA bzw. des IGV nicht den benannten Stellen zur wiederkehrenden Prüfung und damit auch nicht zur Neubewertung vorgestellt.

2 Liste der betrachteten Rechtsgrundlagen

Europäische Richtlinien:

- [1] Richtlinie 1999/36/EG des Rates vom 29. April 1999 über ortsbewegliche Druckgeräte (Transportable Pressure Equipment Directive, TPED), zuletzt geändert durch die Richtlinie 2002/50/EG der Kommission vom 6. Juni 2002
- [2] RID/ADR 2009
Für die Neubewertung anzuwendende Fassung der Dokumente [2a] bis [2d]
- [2a] ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route) Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße von 1957 (19. ADRÄndV vom 11. September 2008).
- [2b] RID (Règlement concernant le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses) Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter von 1980 (14. RIDÄndV vom 14. November 2008)
- [2c] Richtlinie 94/55/EG - Rahmenrichtlinie zu [2a] vom 21. November 1994, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2006/89/EG vom 3. November 2006
- [2d] Richtlinie 96/49/EG - Rahmenrichtlinie zu [2b] vom 23. Juli 1996, zuletzt geändert durch die Richtlinie 2006/90/EG vom 3. November 2006
- [3] Richtlinie 84/527/EWG vom 17. September 1984 über geschweißte Gasflaschen aus Stahl

Deutsche Verordnungen

- [4] Druckgasverordnung (DruckgasV) vom 20. Juni 1968 (BGBl. I S. 730), ersetzt durch DruckbehV:
- [5] Druckbehälterverordnung (DruckbehV) vom 27. Februar 1980, zuletzt geändert: 23. Juni 1999 (BGBl. I S. 1435) zurückgezogen: 31. 12. 2002
- [6] Verordnung über ortsbewegliche Druckgeräte (OrtsDruckV) vom 17. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3711)
- [7] Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn (GGVSE) vom 24. November 2006 (BGBl. I S. 2683)

Technische Regeln Gase (TRG)

- [8] TRG 001 "Allgemeines – Aufbau und Anwendung der TRG"
 - erschieden 1972 (ArbSch.1/1973, S. 42)
 - geändert 1982 (BArbBl 7-8/1982, S. 55)
 - zuletzt geändert 1989 (BArbBl 9/1989, S. 50)

-
- [9] TRG 200 "Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter"
erschieden 1977 (ArbSch.8-9/1977, S. 225)
- [10] TRG 201 "Bleche aus Stahl für geschweißte Behälter"
erschieden 1974 (ArbSch. 10/1974, S. 300)
- [11] TRG 203 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe, Stähle für tiefe Temperaturen
erschieden 1974 (ArbSch. 10/1974, S. 300)
- [12] TRG 220 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Berechnen der Druckgasbehälter
erschieden 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 236)
ersetzt 1992 (BArbBl.10/1992 S. 63)
- [13] TRG 221 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Zylinder und Kugeln
erschieden 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 236)
- [14] TRG 222 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Gewölbte Böden
erschieden 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 238)
- [15] TRG 250 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Ausrüstung der Druckgasbehälter
erschieden 1975 (ArbSch. 10/1975, S. 405)
- [16] TRG 252 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Ausrüstung – Verschlüsse; Besichtigungs-, Befahr - und Reinigungsöffnungen
erschieden 1975 (ArbSch. 10/1975, S. 406)
- [17] TRG 254 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Ausrüstung – Sicherheitsventile und Berstscheiben – Einrichtungen
erschieden 1975 (ArbSch. 10/1975, S. 408)
geändert 1980 (BArbBl. 7-8/1980, S. 60)
geändert 1989 (BArbBl. 9/1989, S. 49)
- [18] TRG 256 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Ausrüstung – Sonstige Ausrüstung
erschieden 1975 (ArbSch. 10/1975, S. 409)
- [19] TRG 270 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Kennzeichen der Druckgasbehälter
erschieden 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 245)
geändert 1992 (BArbBl. 10/1992, S. 67)
zuletzt geändert 1997 (BArbBl. 1/1997, S. 59)
- [20] TRG 310 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Flaschen aus Stahl
erschieden 1978 (ArbSch.11/1978, S. 414)
geändert 1979 (BArbBl. 9 /1979, S. 98)
zuletzt geändert 1990 (BArbBl. 5/1990, S. 80)

- [21] TRG 311 – Flaschen, Acetylenflaschen
erschieden 1985 (BArbBl.11/1985, S. 55)
zuletzt geändert 2000 (BArbBl. 4 /2000, S. 51)
- [22] TRG 760 "Richtlinie für das Prüfen von Druckgasbehältern durch den Sachverständigen – Prüfen im Bauartzulassungsverfahren, erstmaliges Prüfen und Prüfen nach Änderung und Instandsetzung"
erschieden 1985 (BArbBl.1/1985, S. 45)
geändert 1995 (BArbBl.10/1995, S. 66)
zuletzt geändert 1997 (BArbBl.11/1997, S. 76)
- [23] TRG 760 Anlage 3 "Geschweißte Flaschen und Treibgastanks aus Stahl"
erschieden 1990 (BArbBl. 5/1990, S. 8047)
- [24] TRG 803 – Geschweißte Gasflaschen aus unlegiertem Stahl
erschieden 1986 (BArbl. 6/1986, S. 62)

Deutsche und europäische Normen (DIN/DIN EN)

- [25] EN 13322-1:2003 + A1:2006
Ortsbewegliche Gasflaschen – Wiederbefüllbare geschweißte Flaschen aus Stahl;
Gestaltung und Konstruktion – Teil 1: Flaschen aus Kohlenstoffstahl
- [26] EN 1442:2006 + A1:2008
Ortsbewegliche wiederbefüllbare geschweißte Flaschen aus Stahl für Flüssiggas
(LPG) – Gestaltung und Konstruktion
- [27] DIN EN 10045 – 1:1990, Ausgabe:1991-04
Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy; Teil 1: Prüfverfahren;
Deutsche Fassung der EN 10045-1:1990
- [28] DIN EN 10002-1, Ausgabe: 2001-12
Metallische Werkstoffe; Zugversuch; Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur
Deutsche Fassung der EN 10002-1:2001
ersetzt DIN 50145, Ausgabe 1991-04 (zurückgezogen)
- [29] DIN 50115, Ausgabe: 1991-04
Prüfung metallischer Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch; Besondere
Probenformen und Auswertung
- [30] DIN EN ISO 18265, Ausgabe 2004-02
Metallische Werkstoffe – Umwertung von Härtewerten
ersetzt DIN 50150:2000-10
- [31] DIN EN ISO 6506-1; Ausgabe: 2006-03
Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren
ersetzt DIN EN 10003-1, Ausgabe 1995-01 (zurückgezogen)
- [32] DIN 4661 Teil 1-7; Ausgabe: 1968-09
Druckgasflaschen – Geschweißte Stahlflaschen

Sonstige Literatur

- [33] Wehrstedt, A.: Entwicklung der Normungsarbeit zum Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy, Mat.-wiss. und Werkstofftechn., Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001
- [34] AD 2000-Merkblatt B1 – Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck; VdTÜV Essen, Fassung 2000-10
- [35] AD 2000-Merkblatt S2 – Berechnung auf Wechselbeanspruchung; VdTÜV Essen, Fassung 2004-10

3. Anforderungen zur Neubewertung nach der TPED

Gemäß Artikel 5 der Richtlinie 1999/36/EG (TPED [1]) können bereits vorhandene und in Verkehr gebrachte Druckgeräte (Gefäße und Tanks einschließlich ihrer Ventile und sonstiger für die Beförderung benutzten Ausrüstungsteile) dem Regime der Richtlinie 1999/36/EG (TPED) unterworfen werden, wenn eine für die Aufgaben der TPED benannte Stelle das Einhalten der Erfordernisse gemäß [1] und [2] feststellt. Nach RL 1999/36/EG, Artikel 5, Absatz 1, zweiter Abschnitt kommt bei in Serie hergestellten Geräten als Verfahren zur Neubewertung der Konformität die Neubewertung des Baumusters durch eine benannte Stelle und die anschließende Neubewertung des kompletten Gerätes durch eine benannte (oder zugelassene) Stelle, in Verbindung mit der Einzelbetrachtung jeder einzelnen Gasflasche, zur Anwendung.

Nach der Richtlinie 1999/36/EG [1], Anhang IV, Teil II, Punkt 2 stellt der Betreiber der benannten Stelle folgende Daten über die neu zu bewertenden Druckgeräte zur Verfügung:

- 3.a) Herkunft
- 3.b) Angewandte Konstruktionsregeln
- 3.c) Angaben zu Betriebsbeschränkungen
- 3.d) Aufzeichnungen zu Schäden bzw. Reparaturen

Die benannte Stelle bewertet auf Basis dieser Daten ggf. unter Berücksichtigung ergänzender Untersuchungen das Baumuster.

Auch die unter die Richtlinie [1] fallenden Ventile und sonstigen Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion sind für die Neubewertung einem Verfahren zu unterziehen, das mindestens dem Verfahren des Gefäßes oder Tanks entspricht. Hierbei können sie und werden üblicherweise einem von den Gefäßen oder Tanks unabhängigen Bewertungsverfahren unterworfen, weshalb dieses Gutachten die Ausrüstungsteile nicht mit betrachtet.

Nach der Richtlinie 1999/36/EG [1], Anhang IV, Teil II, Punkt 3 überprüft die benannte Stelle, auf Basis der o. g. dokumentierten Daten und evtl. ergänzender Untersuchungen, ob die Druckgeräte das Sicherheitsniveau des RID/ADR zum Zeitpunkt der Überprüfung erfüllen.

Ist die Baumusterneubewertung mit positivem Ergebnis abgeschlossen worden, prüft die benannte Stelle oder eine zugelassene Prüfstelle die Konformität jedes einzelnen Druckgerätes mit dem Baumuster und den sicherheitstechnischen Zustand des Produkts im Rahmen einer wiederkehrenden Prüfung. Erst nach dieser Prüfung erhält das einzelne Druckgerät die Pi-Kennzeichnung (außerdem wird die Nummer der benannten Stelle oder der zugelassenen Prüfstelle geprägt) und profitiert somit von den Vorteilen der TPED bezüglich der EU-weiten Anerkennung.

4. Anforderungen nach RID/ADR 2009

4.1 Grundlegende Anforderungen

Das RID/ADR [2] beschreibt im Kapitel 6.2 die grundlegenden Anforderungen an die Beschaffenheit von Gasflaschen, die zur Erlangung einer Zulassung (Transporterlaubnis als Gefahrgut) in einem Mitgliedsstaat des RID/ADR für den grenzüberschreitenden Verkehr mindestens erfüllt sein müssen.

Folgende Eigenschaften geschweißter Gasflaschen aus Stahl sind u. a. nachzuweisen:

- Druckgefäße müssen entweder in Übereinstimmung mit einer in Unterabschnitt 6.2.2 oder 6.2.4 RID/ADR [2] genannten Norm ausgelegt, gebaut und geprüft sein oder, sofern keine zutreffende Norm verfügbar ist, nach den Vorschriften eines durch die zuständige Behörde national anerkannten Regelwerkes ausgelegt, gebaut und geprüft sein (s. Unterabschnitt 6.2.5 in [2]).
- Druckgefäße dürfen beim Prüfdruck keine bleibende plastische Verformung oder Risse aufweisen (s. Unterabschnitt 6.2.1.5.1 g) in [2]).
- Bei Temperaturen zwischen -20°C und +50°C muss Trennbruchsisicherheit und Unempfindlichkeit gegen Spannungsrissskorrosion gewährleistet sein (s. Unterabschnitt 6.2.5.3 in [2]).
- Die Schweißnähte müssen nach den Regeln der Technik ausgeführt sein und volle Sicherheit bieten.

Diese Anforderungen sind mit Verweis auf die Umsetzung der Rahmenrichtlinien [2c, 2d] durch die GGVSE [7] weiterhin in Deutschland zu erfüllen.

4.2 Verweis auf Normen im RID/ADR

Das Sicherheitsniveau wird durch die grundlegenden Anforderungen (essential requirements) für Druckgefäße im RID/ADR nicht hinreichend beschrieben. Aus diesem Grund sind für Druckgeräte Gefäß- und Ventilnormen im RID/ADR (s. Kap. 6.2.2 in [2]) aufgeführt. Im RID/ADR 2009 sind bzgl. der hier zu diskutierenden Flaschen die Normen EN 13322-1 [25] und EN 1442 [26] (Flüssiggasflaschen) aufgeführt, die das Sicherheitsniveau umfassend beschreiben.

Damit verbunden ist die Aussage, dass EG-Baumuster (bzw. zugelassene Bauarten) von Flaschen, deren Auslegung und Beschaffenheit der Norm EN 13322-1 [25] oder EN 1442 [26] entsprechen, auch die Anforderungen des RID/ADR 2009 erfüllen. Wird dies aufgrund entsprechender Versuchsberichte bzgl. Auslegung und Gestaltung für eine zugelassene Bauart durch eine benannte Stelle bestätigt, berechtigt dies im Rahmen der Neubewertung

der Konformität bereits im Verkehr befindlicher Flaschen zum Abschluss des Verfahrens durch „ π “-Stempelung nach Einzelprüfung aller Flaschen einer Bauart. Bei der Einzelprüfung wird der aktuelle Zustand der vorgestellten Flaschen im Vergleich zur Neuf Flasche (wiederkehrende Prüfung der zugelassenen Bauart) bewertet. Die vorgestellte Flasche darf keine altersbedingten Veränderungen aufweisen die vermuten lassen, dass die Flasche die durch die Zulassung belegten Eigenschaften nicht mehr erfüllt bzw. im Zeitraum bis zur nächsten wiederkehrenden Prüfung nicht erfüllen wird.

5. Entwicklung der Anforderungen an in Deutschland zugelassene geschweißte Gasflaschen

5.1 Vergleich der Druckgasverordnung mit der Druckbehälterverordnung inkl. TRG

Bereits nach der Druckgasverordnung vom 20. Juni 1968 [4] mussten Druckgasbehälter und Füllanlagen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet und betrieben werden.

Die Druckgasverordnung galt für die Errichtung und den Betrieb von ortsbeweglichen Druckgasbehältern und von Anlagen zum Füllen solcher Druckgasbehälter, die gewerblichen Zwecken dienen. Diese Verordnung wurde ersetzt durch die Druckbehälterverordnung vom

27. Februar 1980 [5], mit letzter Änderung vom 23. Juni 1999.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Verordnungen (DruckgasV/DruckbehV) besteht darin, dass die Druckbehälterverordnung nicht nur für die Errichtung und den Betrieb von ortsbeweglichen Druckgasbehältern und Füllanlagen, sondern auch für die Errichtung von stationären Druckbehältern und Rohrleitungen galt.

Die sicherheitstechnischen Anforderungen in Bezug auf Werkstoffe, Herstellung, Berechnung, Ausrüstung, Kennzeichnung, Prüfung und Betrieb für Druckgasbehälter waren im Anhang zur Druckgasverordnung und in den vom Deutschen Druckbehälterausschuss (DBA) aufgestellten „Technischen Regeln für Druckgase“ (TRG; vergl. [8] bis [24]) enthalten.

Bis 1971/72 galten die Bestimmungen der Technischen Grundsätze (TG) und die Beschlüsse des früheren Deutschen Druckgasausschusses (DGA).

Mit der Bekanntmachung der TRG im Dezember 1971 und ihrer Anwendung seit dem 1. August 1972 wurden die TG gegenstandslos. Grundlage bei der Begutachtung und Zulassung von geschweißten Druckgasflaschen aus Stahl sind die vom DGA seit 1972 sowie vom DBA seit 1980 aufgestellten sicherheitstechnischen Anforderungen in den Technischen Regeln Druckgase (s. z. B. [8] bis [24]).

Zum Vergleich beider Verordnungen und der Vorschriften in den TG bzw. TRG ist insbesondere in Bezug auf Druckgasbehälter festzuhalten:

- Die Begriffsbestimmungen in der DruckbehV (1980, zuletzt geändert 1999, § 3) sind umfangreicher als in der DruckgasV (1968, § 2). Sicherheitstechnisch relevante Unterschiede gibt es nicht.
- Hinsichtlich der Anforderungen zur Befüllung von Druckgasbehältern besteht zwischen beiden Verordnungen kein Unterschied.
- Ein signifikanter Unterschied besteht hinsichtlich der Vorschriften über Bau und Ausrüstung von Druckgasbehältern. Die DruckbehV von 1980 wurde um die Anhänge I

und II erweitert. Diese enthalten besondere Anforderungen zum Bau und zur Ausrüstung und Prüfung.

Damit ist die Voraussetzung für eine Neubewertung entsprechend 3.b) bezüglich der Kenntnis der Konstruktionsregeln (siehe Kapitel 3) für die in Deutschland nach DruckgasV bzw. DruckbehV zugelassenen Bauarten von Flaschen formal erfüllt.

5.2 Folgerungen für die Vergleichbarkeit mit der EN 13322-1 und EN 1442

Grundlage der angestrebten Neubewertung nach RL 1999/36/EG [1] ist die generelle Forderung in Deutschland, dass seit dem Inkrafttreten der Druckgasverordnung von 1968 (zu Beginn des Jahres 1969) die Füllung und der Transport von Gasflaschen nur dann gestattet ist, wenn ein Bauartzulassungsverfahren absolviert worden ist.

Bei der Betrachtung des Sicherheitsniveaus von Gasflaschen ist zu beachten, dass die technische Entwicklung in der Fertigung und der Prüfung von Gasflaschen erheblichen Einfluss auf die Gestaltung von Auslegungs- und Prüfnormen hat.

In den einzelnen ADR-Mitgliedstaaten haben sich aufgrund unterschiedlicher Anforderungen und Erfahrungen die Gestaltungsregeln und die entsprechenden national anerkannten technischen Regelwerke verschieden entwickelt.

Als Beispiele hierzu seien die Verwendung höherfester Werkstoffe, die Verbesserung in den Fertigungsverfahren und die Einführung zerstörungsfreier Prüftechniken genannt. Bei amtlichen Neuzulassungen in Deutschland mussten beispielsweise Durchstrahlungsprüfungen an den Schweißnähten vorgenommen werden (TRG 760 Anlage 3 [22]), wie sie auch in der EN 13322-1 in ähnlicher Form verlangt werden.

Mit der Entwicklung von Feinkornbaustählen höherer Qualität wurde begonnen, als die Stahlmetallurgie zu vertretbaren Kosten den Reinheitsgrad der Schmelzen verbessern konnte. Über die verbesserte Sekundärmetallurgie konnte die Reproduzierbarkeit der Festigkeitskennwerte der Stähle deutlich verbessert werden, was in der Flaschenherstellung zu verringerten Wanddicken und höheren Anforderungen an die Festigkeit und Kerbschlagzähigkeit der Stähle führte.

So muss das Leck-vor-Bruch-Verhalten neben der Ermüdungsfestigkeit als der wesentlichste Aspekt einer sicheren Gestaltung gelten. Dieses muss in der aktuellen Norm EN 13322-1 [25] zum einen über die Kerbschlagzähigkeit des Werkstoffes, zum anderen mittels eines Druckschwellversuches nachgewiesen werden. In der TRG 201 wurden bereits Anforderungen an die Kerbschlagzähigkeit der Werkstoffe gestellt, die mit den heutigen Anforderungen vergleichbar sind. Ebenso wurde damals bereits eine Bruchdehnung von mindestens 16% (EN 13322: $A \geq 14\%$) gefordert und für die verwendeten Stahlsorten musste die Eignung zur Schweißbarkeit nachgewiesen werden. Die Festigkeitswerte blieben bei den vorgeschriebenen Werkstoffen auch nach thermischer Behandlung (Spannungsfreiglühen) weitgehend konstant und garantieren so bis heute die Sicherheit der Gasflaschen.

Es kann zwar einerseits davon ausgegangen werden, dass die heutigen für Druckgasflaschen verwendeten Werkstoffe noch weiter verbesserte Festigkeitseigenschaften haben, dennoch verhält sich die meist dickwandigere Referenzflasche aus früheren Herstelljahren in Bezug auf das Leck-vor-Bruch-Verhalten vergleichbar sicher wie eine moderne Druckgasflasche.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass in Deutschland die gestalterische Entwicklung von geschweißten Gasflaschen aus Stahl mit größter Sorgfalt auf Schadensfreiheit und Leck-vor-Bruch-Verhalten ausgerichtet war. Ein Vergleich der gemäß deutscher Auslegungsphilosophie nach 1968 zugelassenen Flaschen mit den Anforderungen nach der EN 13322-1:2006 [25] kann insbesondere für alte Flaschen nur indirekt geführt werden und sich nur auf einzelne Konstruktions- und Eigenschaftselemente sowie auf die Zuverlässigkeit im Betrieb – also das Sicherheitsniveau – beschränken. Die Analyse der bekannt gewordenen Unfälle mit geschweißten Gasflaschen aus Stahl in Deutschland belegt zudem, dass als Ursache in den allermeisten Fällen nicht die Eigenschaften der Gasflaschen zu benennen sind. Vielmehr ist neben Betriebs- bzw. Füllfehlern davon auszugehen, dass die Prüfmethode in der Qualitätssicherung oder der wiederkehrenden Prüfung nicht geeignet waren, um die zum Versagen führenden Anomalien rechtzeitig zu erkennen. Heute stehen für die wiederkehrenden Prüfungen, besonders auch im Rahmen der Neubewertung, geeignete zerstörungsfreie Prüfmethode zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten zur Verfügung. Diese Möglichkeiten überragen die Möglichkeiten in der damaligen Fertigungskontrolle erheblich. Und nicht zuletzt steht heute den Prüfern das „Know How“ der vergangenen 40 Jahre aus den wiederkehrenden Prüfungen und aus der Verwendung von Flaschen der betreffenden Bauartzulassungen zur Verfügung.

6. Vorgehen zur vergleichenden Bewertung der Anforderungen

Grundlage für die Neubewertung nach der Richtlinie 1999/36/EG (TPED, [1]) bzw. der OrtsDruckV [6] ist die Tatsache, dass ab dem Jahr 1968 Gasflaschen nach § 13 DruckgasV [4] bzw. § 22 DruckbehV [5] einem Zulassungsverfahren zu unterwerfen waren, wenn deren Füllung und Transport in Deutschland gestattet werden sollte.

- a) Wie im vorhergehenden Abschnitt 5 dargelegt, können insbesondere die Flaschen aus den Anfangsjahren der Bauartzulassung in Deutschland nicht nach den heutigen Auslegungskriterien beurteilt werden. Sowohl die Gestaltung als auch die Beurteilung sind abhängig von der zeitlichen Entwicklung der technischen Möglichkeiten bzgl. Auslegung, Fertigung und Prüfung, die sich von der Druckgasverordnung (1968) über die Druckbehälterverordnung (1980) bis heute permanent fortentwickelt haben.
- b) Nationale Anforderungen und damit die danach gebauten Flaschen unterscheiden sich teilweise von denen nach harmonisierten Vorschriften. In den älteren nationalen Vorschriften waren oft auch Überdimensionierung, eine geringere Werkstoffausnutzung und höhere Sicherheitsbeiwerte gefordert. Daher kann auch ohne die nachfolgende detaillierte Betrachtung der Einzelkriterien nicht notwendigerweise von einem niedrigeren Sicherheitsniveau dieser Flaschen gegenüber den heutigen Anforderungen ausgegangen werden.
- c) So bleibt zur Bewertung der nationalen Bauartzulassung gegenüber dem RID/ADR 2009 [2] nach den allgemeinen Feststellungen zum RID/ADR in 4.1 noch der Vergleich der letzten Novellierung der Druckbehälterverordnung [5] und der dort herangezogenen TRG mit den Anforderungen der im RID/ADR 2009 [2] aufgeführten Normen für diese Flaschenart, der EN 13322-1:2006 [25] oder der EN 1442:2008 [26].

Festgestellte Unterschiede in den Beschaffenheitsanforderungen werden nach dem Gesichtspunkt der Gleichwertigkeit bzgl. der Sicherheit des Gesamtkonzeptes, der Beschaffenheit, der Fertigungsüberwachung und der Abnahmeprüfung analysiert und vergleichend bewertet.

Es werden hier ausschließlich die regulären Anforderungen an Bauarten betrachtet, weshalb Zulassungen mit betrieblichen Einschränkungen oder Auflagen (z. B. die Ziffer "B" am Ende der Zulassungsnummer) von dieser Betrachtung **ausdrücklich ausgenommen** sind.

Zunächst sind jeweils eine kurze Darstellung der Anforderungen nach RID/ADR bzw. EN 13322-1 und EN 1442 und dann nach Druckbehälterverordnung von 1999 (oder älteren TRG) wiedergegeben. Die Vergleiche der zu betrachtenden Anforderungen sind danach *in kursiver Schrift* kommentiert und abschließend **in Fettdruck** bewertet. Zur systematischeren Vergleichbarkeit werden vier Bewertungskategorien angewendet, die wie folgt definiert sind:

- "übererfüllt"** Die Anforderungen zu dem jeweils diskutierten Punkt für eine reguläre deutsche Zulassung sind im Vergleich mit denen aus der zitierten Norm bzw. RID/ADR 2009 höher und nicht nur als gleichwertig zu beurteilen.
- "erfüllt"** Die Anforderungen zu dem jeweils diskutierten Punkt für eine reguläre deutsche Zulassung sind im Vergleich mit denen aus der zitierten Norm bzw. RID/ADR 2009 als gleichwertig zu beurteilen.
- "indirekt erfüllt"** Die Anforderungen zu dem jeweils diskutierten Punkt für eine reguläre deutsche Zulassung sind im Vergleich mit denen aus der zitierten Norm bzw. RID/ADR 2009 als nicht gleichwertig zu beurteilen. Die gewährleistete Sicherheit ist dennoch als gleichwertig anzusehen, da andere Anforderungen zusätzlich erfüllt oder übererfüllt werden. Diese Anforderungen sind im jeweiligen Kommentar vor der Bewertung aufgeführt.
- "nicht erfüllt"** Die Anforderungen zu dem jeweils diskutierten Punkt für eine reguläre deutsche Zulassung sind im Vergleich mit denen aus der zitierten Norm bzw. dem RID/ADR 2009 weder als direkt erfüllt noch als auf anderem Wege sicherheitstechnisch erfüllt zu beurteilen.

Bei erfolgreichem Nachweis, dass die der Bauartzulassung zugrunde gelegten Konstruktions- und Prüfregeln das geforderte Sicherheitsniveau gewährleisten, ist die Anforderung nach der Richtlinie 1999/36/EG [1], Anhang IV, Teil II, Punkt 3 erfüllt, ohne dass ergänzende Untersuchungen erforderlich werden.

7. Vergleich und Beurteilung der Gestaltungsvorgaben

Die Gestaltung und Konstruktion von geschweißten Gasflaschen aus Stahl und deren Sicherheitsniveau sind in der EN 13322-1 [25] festgeschrieben.

Nach der Druckgasverordnung aus 1968 [4] bzw. der Druckbehälterverordnung aus 1980 [5] galten für geschweißte Gasflaschen aus Stahl nachstehende TRG:

- TRG 200 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe [9]
- TRG 201 – Bleche aus Stahl für geschweißte Behälter [10]
- TRG 220 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Berechnung der Druckgasbehälter [12]
- TRG 270 – Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Kennzeichnen der Druckgasbehälter [19]

- TRG 310 – Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter – Flaschen aus Stahl [20]
- TRG 311 – Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter – Flaschen, Acetylenflaschen [21]
- TRG 760 Anlage 3 – Prüfen im Bauartzulassungsverfahren, erstmaliges Prüfen –
Geschweißte Flaschen aus Stahl [23]
- TRG 803 – Geschweißte Gasflaschen aus unlegiertem Stahl [24]

Hierbei sind für alle Flaschen die allgemeinen Anforderungen nach TRG 310 anzuwenden. Je nach Druckniveau und Verwendung gelten weitergehend die TRG 311. Bezüglich der Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe sind die TRG 200 (allgemein) und 201 (Schweißbleche) zu befolgen. Die Prüfung hat nach TRG 760 (hier Anlage 3) zu erfolgen.

Im Nachstehenden werden die signifikanten Eigenschaftsanforderungen der europäischen Norm EN 13322-1 und EN 1442 mit den vorgenannten, jeweils zutreffenden TRG verglichen und sicherheitstechnisch bewertet.

7.1 Anwendungsbereich - Geltungsbereich

Die EN 13322-1:2006 gilt für ortsbewegliche geschweißte Gasflaschen aus Kohlenstoffstahl ab 0,5 l bis einschließlich 150 l für verdichtete, verflüssigte und unter Druck gelöste Gase. Sie kann auch auf Flaschen für Flüssiggas angewandt werden. Der Anwendungsbereich der EN 1442:2008 beschränkt sich auf reine Flüssiggasflaschen aus Stahl desselben Fassungsraumbereiches.

Der Geltungsbereich nach Abschnitt 2.1 TRG 310 ist hier ebenfalls auf einen Fassungsraum von 150 l begrenzt, nach unten ist keine Grenze definiert. Gleiches gilt für die TRG 311, welche die besonderen Anforderungen für Acetylenflaschen enthält.

Der Anwendungsbereich beider Regelwerke ist weitgehend identisch. Die Einbeziehung auch kleiner Gasflaschen mit weniger als 0,5 l Fassungsraum (mit entsprechend geringem Schadenspotential) repräsentiert eher ein höheres sicherheitstechnisches Niveau.

erfüllt

7.2 Werkstoffe

Die allgemeinen Bestimmungen der EN 13322-1 und EN 1442 fordern einen Stahl, der mit dem beabsichtigten Füllgut (Gas) kompatibel ist. Der Gasflaschenhersteller muss den Nachweis über die Schmelzanalyse und die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes führen können und in der Lage sein, bei jeder Gasflasche die Stahlschmelze zu garantieren, aus der sie gefertigt wurde (EN 13322-1, Abschnitt 4.1.7).

Nach TRG 310 (Nr. 4.1) dürfen Flaschen aus Werkstoffen hergestellt werden, die den Anforderungen der TRG 200 sowie TRG 201 bzw. TRG 203 genügen. Danach müssen sie u. a. so beschaffen sein, dass sie von der Füllung nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit der Füllung keine gefährlichen Verbindungen eingehen (TRG 200, Abschnitt 2.3). Weiterhin werden in der TRG 200 (Abschnitt 2.2 bis 2.3) Anforderungen zu den Mindestwerten der Bruchdehnung und der Kerbschlagzähigkeit, zum Nachweis der Schweißbeignung und zum Herstellungsprozess festgelegt. Die zulässigen Stähle sind in der TRG 201 Anlage 1 aufgeführt. Zu jeder Lieferung von Blechen muss ein Abnahmeprüfzeugnis nach DIN 50049 vorliegen.

Die Werkstoffanforderungen der TRG für die Anwendung zur Herstellung von Druckgasflaschen stimmen im Wesentlichen mit den Werkstoffanforderungen der EN 13322-1 überein.

erfüllt

7.3 Wärmebehandlung

Die Anforderungen hinsichtlich der Wärmebehandlung für Flaschen aus Kohlenstoffstahl finden sich in der EN 13322-1 unter Nr. 4.2. Dort wird festgelegt, dass der Flaschenhersteller Aufzeichnungen bereithalten muss, die belegen, dass nach Beendigung aller Schweißarbeiten eine Wärmebehandlung stattgefunden hat. Auch die EN 1442 fordert unter 6.6 eine Wärmebehandlung und Aufzeichnungen durch den Hersteller.

In der TRG 310 Tafel 2 sind die Angaben für die Wärmebehandlung sowie die Mindestwerte für die Kerbschlagzähigkeit aufgeführt. Nach TRG hat eine Zertifizierung des Wärmebehandlungsverfahrens beim Hersteller nicht zu erfolgen, jedoch wird nach TRG 760 in jedem einzelnen Bauartprüfungsverfahren durch den Sachverständigen geprüft, ob die an den

Hersteller zu stellenden Anforderungen erfüllt sind, um ein sachgemäßes und dem Stand der Technik entsprechendes Herstellen und Prüfen sowie eine ausreichende Güteüberwachung zu gewährleisten. Aufzeichnungen über stattgefundene Wärmebehandlungen waren in dem betroffenen Zeitraum bereits Stand der Technik.

Sicherheitstechnisch sind die Anforderungen der TRG hinsichtlich des Wärmebehandlungsverfahrens und dessen Überwachung im Vergleich zur EN 13322-1 als zwar anders aufgebaut aber im Ergebnis gleichwertig einzustufen.

erfüllt

7.4 Härteprüfung

Die EN 13322-1 und die EN 1442 sehen keine Härtemessung vor.

Nach TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.8 sind die Härteprüfungen nach DIN 85103, DIN 50351 oder DIN 50133 durchzuführen.

Kriterium: Eindruckhärte an der Oberfläche jeder Flasche.

Die Aussagekraft der gemessenen Härtewerte in Bezug auf die Festigkeitseigenschaften des Werkstoffs ist bis heute umstritten. In der DIN EN ISO 18265:2004 (Umwertung von Härtewerten, [30]) wird ausdrücklich vor einer leichtfertigen Umwertung von Härtewerten in Festigkeitswerte gewarnt und es werden die engen Einsatzgrenzen der Methode erläutert. Das Fehlen der Härteprüfung in der EN 13322-1 stellt daher aufgrund ihrer nicht zuverlässigen Aussagekraft bezüglich der eigentlich interessierenden Festigkeit des Flaschenwerkstoffs gegenüber der alten Praxis nach TRG keine signifikante Abschwächung der Anforderungen dar.

übererfüllt

7.5 Gestaltung und Berechnung

Die Gestaltung und Berechnung der drucktragenden Teile erfolgt in EN 13322-1 und EN 1442 jeweils nach Abschnitt 5. Danach muss zur Berechnung der Wanddicke der drucktragenden Teile die Streckgrenze des Werkstoffes herangezogen werden. Außerdem müssen alle Öffnungen am Boden der Flasche angebracht sein. Der Innendruck, auf dem die Berechnung der Wanddicke beruht, muss der Prüfüberdruck (EN 13322-1) oder der Berechnungsdruck (EN 1442) sein.

Entsprechend TRG erfolgte die Konstruktion und Berechnung nach TRG 310 und TRG 220. Für Besichtigungs- und Reinigungsöffnungen sowie blindverschlossene Öffnungen gilt TRG 252. Flaschen mit nach außen gewölbtem Boden müssen mit einem Flaschenfuß ausgerüstet sein. Der Flaschenfuß muss so beschaffen sein, dass eine senkrechte Aufstellung der Flasche möglich ist. Als nichtdrucktragendes Teil muss der Fußring nach TRG 310 gleich oder ähnlich DIN 4661 Blatt 5 (s. [32]) gestaltet sein. Die Berechnung der Wanddicke erfolgt nach TRG 310 entsprechend AD-Merkblatt B1 [34]. In den beiden Diagrammen (Abb. 7.1 u. 7.2) ist zu erkennen, dass die nach TRG und AD Merkblatt berechneten Wand-

dicken in jedem Fall deutlich über den nach EN 13322-1 und EN 1442 berechneten liegen, unabhängig vom Durchmesser und vom Prüfüberdruck der Flaschen. Dazu ist gezeigt, dass aus beiden Berechnungsformeln Wanddicken weit entfernt von denen aus der Kesselformel resultieren. Die Diagramme zeigen nur die Berechnungsergebnisse nach den jeweiligen Wanddickenformeln und berücksichtigen nicht die weiteren Anforderungen, wie beispielsweise die Mindestwanddicke von 1,1 mm bei einem Durchmesser größer oder gleich 100 mm gemäß EN 13322-1. Diese Anforderungen führen jedoch an keiner Stelle zu einer Unterschreitung der Wanddicken-Werte nach alten Regelwerken gegenüber denen nach aktuellen Normen.

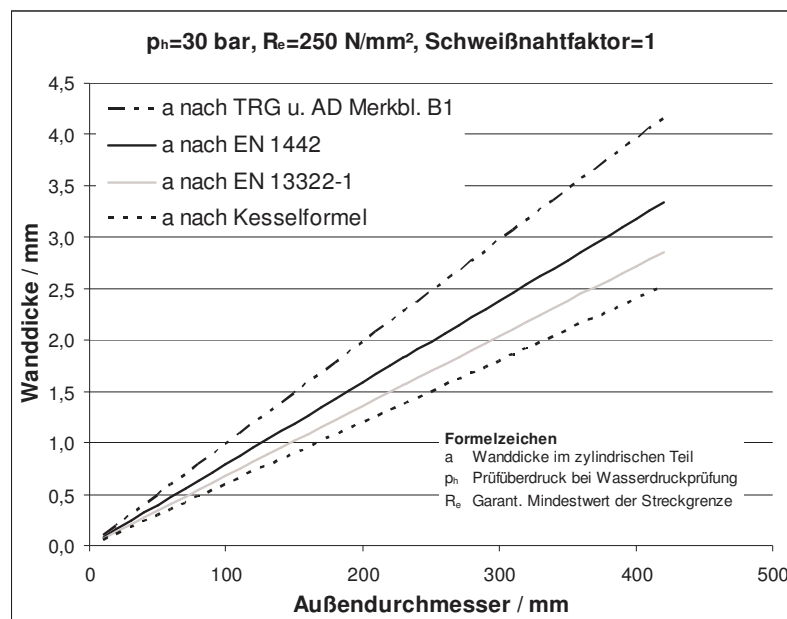


Abbildung 7.1 Vergleich der Wanddicken, berechnet mit den jeweiligen Wanddickenformeln (ohne weitere Anforderungen) der angeführten Normen/Regelwerke bei einem Prüfdruck von 30 bar

Kriterien: Wanddicke des zylindrischen Teiles, Form und Dicke von Hals und Boden

Ein Vergleich der EN 13322-1 und EN 1442 mit den TRG hinsichtlich Gestaltung und Berechnung der Flasche ergibt keine signifikanten Abweichungen, in weiten Teilen liegt sogar eine Übererfüllung vor.

erfüllt

7.6 Ausrüstung

Die EN 13322-1 und die EN 1442 enthalten beide keine gesonderten Anforderungen zur Ausrüstung von Druckgasflaschen. Anforderungen an die Ausrüstung für den Transport sind im RID/ADR (4.1.4.1 P 200, 4.1.6 und 6.2.1.3) und der RL 1999/36/EG mit teilweise Verweis auf die Verfahren nach der RL 97/23/EG zu finden.

In der TRG 310 sind dagegen in Bezug auf die Zulassung von Flaschen gesonderte Angaben zur Ausrüstung enthalten. Die Ausrüstung der Flaschen muss den allgemeinen Anforderungen nach TRG 250 genügen. Für vorgesehene Besichtigungs- und Reinigungsöffnungen sowie blindverschlossene Öffnungen gilt TRG 252. Wenn Flaschen mit Sicherheitsventilen oder Berstscheiben-Einrichtungen ausgerüstet werden, gilt für diese Sicherheitseinrichtungen die TRG 254. Flaschen dürfen mit Einrichtungen zum Tragen nach TRG 256 ausgerüstet sein.

Die Zulassung nach DruckbehV ist umfassender, da die EN 13322-1 und die EN 1442 keine Anforderungen an die Ventile stellen. Gemäß der Richtlinie 1999/36/EG Artikel 3 Absatz 3 können Ventile und sonstige für die Beförderung benutzte Ausrüstungsteile – unabhängig vom Konformitätsbewertungsverfahren für das Gefäß – einem gesonderten Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen werden. (Hinweis: Ventile sind nicht von diesen Gutachten erfasst.)

erfüllt

Zusammenfassung bzgl. der Gestaltungsvorgaben

Mit den vorstehenden Vergleichen ist der Nachweis erbracht, dass die den Bauartzulassungen im Rahmen der DruckgasV bzw. DruckbehV zugrunde gelegten Konstruktionsregeln das gemäß RID/ADR 2009 in Verbindung mit der Norm EN 1442 und EN 13322-1 geforderte Sicherheitsniveau gewährleisten.

Die Erfüllung der Anforderungen nach der Richtlinie 1999/36/EG, Anhang IV, Teil II, Punkt 3 bzgl. der Gestaltungsvorgaben sind im Rahmen der Gutachtensbedingungen auch ohne ergänzende Prüfungen erfüllt.

8. Vergleich und Beurteilung bzgl. der Prüfungen zur Bauartzulassung

Sowohl nach EN 13322-1 Nr. 7 im Zusammenhang mit Nr. 4, ebenso nach EN 1442 Nr. 7.1, als auch nach TRG 760 Anlage 3 Nr. 4.2 sind die Prüfungen der Werkstoffeigenschaften am Werkstoff von fertigen wärmebehandelten Flaschen durchzuführen.

8.1 Zugversuch

Der in EN 13322-1 Nr. 8.4 und in EN 1442 Nr. 7.4 jeweils aufgeführte Zugversuch ist weitestgehend mit dem in TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.6.1 (aus 1990) aufgeführten Zugversuch nach DIN 50145 (s. [19]) identisch.

Die Anzahl der maximal zulässigen Loszahl ist mit 503 Stück in der TRG 760 Anlage 3 deutlich geringer als die in der EN 13322-1 und EN 1442 geforderten 3000 Stück. Gemäß TRG muss eine Flasche von 503 Stück entnommen werden, um aus ihr Probestücke für den Zugversuch zu gewinnen, gemäß EN 13322-1 bei einer Losgröße von 3000 Stück müssen nur 3 Flaschen zur Gewinnung von Probestücken entnommen werden (bei kleineren Losgrößen auch eine relativ größere Zahl).

Gemäß TRG 760 Anlage 3 Nr. 4.2.4 muss an Probestücken einer Flasche des Loses ein Zugversuch mit dem Grundwerkstoff (Bereich außerhalb der Schweißnaht) und einer quer zur Schweißnaht durchgeführt werden. Die EN 13322-1 und die EN 1442 fordern abhängig von der Zwei- oder Dreiteiligkeit der Flasche Zugversuche an Probestücken, jeweils quer zur Schweißnaht und aus dem schweißnahtfreien zylindrischen Bereich oder – falls dies nicht möglich sein sollte, weil keine ausreichende Länge im zylindrischen Bereich vorhanden ist – aus dem Flaschenboden. Dieser alternative Probenort ist in der TRG 760 Anlage 3 Nr. 6.6.1.1 nicht explizit beschrieben, ergibt sich aber aus der Bezeichnung „aus dem Grundwerkstoff“.

Kriterien: Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung bei Raumtemperatur.

Die Anzahl der zur Probengewinnung heranzuziehenden Flaschen ist nach TRG 760 Anlage 3 in bestimmten Fällen höher, jedoch immer mindestens gleich hoch als nach EN 13322-1. Eine Reduzierung der Anzahl der Losprüfungen nach den ersten 3000 produzierten Flaschen, wie nach EN 1442 zugelassen, erlaubt die TRG 760 Anlage 3 nicht. Die Orte der zu entnehmenden Flachproben liegen nach allen drei Regelwerken im Grundwerkstoff und an den Schweißnähten. Ebenso ist der Zugversuch in Durchführung und geforderten Kriterien gleichwertig. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 13322-1 bzw. EN 1442 und der deutschen Regel kein sicherheitstechnisch signifikanter Unterschied.

erfüllt

8.2 Faltversuche

Sowohl nach EN 13322-1 Nr. 8.5 und nach EN 1442 Nr. 7.5 als auch nach TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.6.2 ist ein Faltversuch an Proben aus der Flaschenwand erforderlich. Unter Faltversuchen wird sowohl in TRG als auch in EN 13322-1 und in EN 1442 das Falten von Ringproben oder von Ringsegmenten verstanden.

Kriterium: Der Versuch ist bestanden, wenn die Proben keine sichtbaren Risse aufweisen.

Faltversuche werden sowohl nach TRG als auch nach EN 13322-1 und EN 1442 gefordert. Die Kriterien sind gleich.

erfüllt

8.3 Kerbschlagbiegeversuch

Nach EN 13322-1 muss der Kerbschlagbiegeversuch in Übereinstimmung mit DIN EN 10045-1 (s. [18]) durchgeführt werden. Die Mindestwerte sind in Tabelle 4 festgelegt. Nach EN 1442 sind keine Kerbschlagbiegeversuche vorgeschrieben.

Nach TRG 760 Anlage 3 wurde der Kerbschlagbiegeversuch nach DIN 50115 (s. [20]) durchgeführt.

Kriterium: Die Kerbschlagzähigkeit ist zu ermitteln und das Bruchaussehen zu bewerten.

Wesentliche Änderung der DIN EN 10045 gegenüber der älteren DIN 50115 ist eine Einschränkung der möglich Probenformen durch Wegfall der Probenformen DVM, DVMK und KLST [33]. Nach TRG 760 Anlage 3 werden jedoch nur Prüfungen an ISO-V-Proben (Spitzkerbproben) verlangt. Diese sind auch weiterhin in der EN 13322-1:2006 enthalten [25]. Sowohl nach TRG 760 als auch nach EN 13322-1 war bzw. ist auf nahezu identische Weise und an identisch gekerbten Proben eine ausreichende Zähigkeit des Werkstoffes nachzuweisen, um ein Leck-vor-Bruch-Verhalten sicherzustellen bzw. Sprödbrüche zu vermeiden. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 13322-1 und den zugrunde gelegten vormals angewendeten deutschen Regeln kein sicherheitstechnischer Unterschied. Im Vergleich zur EN 1442 sind die Anforderungen gemäß TRG 760 Anlage 3 sogar als höherwertig einzustufen.

erfüllt

8.4 Zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte

EN 13322-1 Nr. 8.7 und EN 1442 Nr. 7.9 verlangen jeweils eine makroskopische Untersuchung (Durchstrahlungsprüfung) bei jedem Schweißverfahren. Die vollständige Durchschweißung muss erkennbar sein, und es dürfen keine Bindefehler, wesentliche Einschlüsse und sonstige Fehler auftreten.

Gemäß TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.6.4 muss das Gefüge des Schweißgutes, der Übergangszone und des Grundwerkstoffes auf einen einwandfreien Aufbau und einwandfreie Durchschweißung der Schweißnaht durch Makroschliff untersucht werden. Außerdem wird in der

TRG 760 Anlage 3 Nr. 4.4.1 und 4.4.2 eine Durchstrahlungsprüfung zu Anfang und zum Ende einer jeden Schicht und nach Änderungen an der Schweißanlage verlangt. Unter bestimmten Bedingungen werden sogar Rissprüfungen mit Hilfe des Farbeindringverfahrens verlangt.

Kriterium: Einwandfreier Aufbau und vollständige Durchschweißung müssen erkennbar sein. Bindefehler, wesentliche Einschlüsse und sonstige Fehler dürfen nicht auftreten.

Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 13322-1 bzw. EN 1442 und der deutschen Richtlinie aufgrund der nur geringfügig abweichenden Beschreibung bei im Grunde gleichen Kriterien kein sicherheitstechnisch signifikanter Unterschied. Durch die zusätzliche Forderung eines Makroschliffes und in bestimmten Fällen auch des Farbeindringverfahrens hat die deutsche Regel eher höhere Anforderungen.

erfüllt

8.5 Wasserdruckprüfung

Die in der EN 13322-1 Nr. 9.1 und EN 1442 Nr. 7.7 jeweils vorgeschriebene Wasserdruckprüfung und die Druckprüfung nach TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.2 stimmen im Wesentlichen überein. In beiden Fällen muss der Prüfdruck mindestens 30 Sekunden gehalten werden. In dieser Zeit dürfen nach den Anforderungen beider Regelwerken keine Druckabsenkung (permanente Verformung) und keine Undichtigkeiten auftreten. Die Möglichkeit nach EN 13322-1 Nr. 9.1 bzw. EN 1442 7.7.1.1 unter bestimmten Sicherheitsauflagen auch eine pneumatische Druckprüfung durchführen zu können, dient nur der Wirtschaftlichkeit des Prüfverfahrens und ermöglicht keine höherwertigen Aussagen im Vergleich zur hydraulischen Prüfung.

Kriterium: Druckabsenkung (Plastifizieren) und Undichtigkeiten dürfen nicht auftreten.

Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 13322-1 bzw. EN 1442 und der deutschen Regel kein sicherheitstechnisch signifikanter Unterschied.

erfüllt

8.6 Berstprüfung

In der EN 13322-1 Abschnitt 7.3.1 und in der EN 1442 Nr. 7.6 ist eine hydraulische Berstprüfung mit Wasser vorgeschrieben. Sie dient zur Bestimmung des Berstüberdrucks und des Dehnungsdrucks sowie zur Untersuchung des Risses und der Form seiner Kanten.

Nach der TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.4 ist zur Ermittlung des Berstdruckes und zur Beurteilung des Rissverhaltens ein hydraulischer Berstversuch mit Wasser oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit vorgesehen.

Kriterien:

Bestimmung des Berstüberdrucks. Die Hauptbruchstelle darf nicht sprödebrüchig sein. Es dürfen sich von der Flasche keine Bruchstücke ablösen.

Bei einem Prüfüberdruck ≤ 60 bar muss der Berstüberdruck $\geq 9/4$ des Prüfüberdrucks sein und darf nicht < 50 bar sein. (EN 13322-1)

Bei einem Prüfüberdruck > 60 bar darf der Berstüberdruck nicht weniger als das 2-fache des Prüfüberdrucks sein. (EN 13322-1)

Der gemessene Berstdruck darf nicht kleiner als $9/4$ des Berechnungsdruckes sein. (EN 1442)

Der gemessene Berstdruck darf nicht kleiner sein als der mittels leicht modifizierter Kesselformel (siehe TRG 760 Anlage 3 Nr. 5.4) unter Einsetzen der Mindestzugfestigkeit (R_m) berechnete theoretische Berstdruck.

Der geforderte Mindestwert für das Bersten wird in der TRG durch die leicht modifizierte Kesselformel definiert. Dieser Wert entspricht somit quasi dem theoretischen Berstdruck. Die in der EN 13322-1 bzw. EN 1442 geforderten Mindestwerte für den Berstdruck können somit nicht strenger sein, da nach Überschreiten einer Tangentialspannung in Höhe von R_m ein Bersten zulässig sein muss. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 13322-1 bzw. EN 1442 und der deutschen Regel kein sicherheitstechnisch signifikanter Unterschied.

erfüllt

8.7 Lastwechselfersuch

Nach EN 13322-1, Abschnitt 7.3.2 und nach EN 1442 Abschnitt 7.11 muss ein hydraulischer Druckschwellversuch mit einer nichtkorrosiven Flüssigkeit durchgeführt werden.

Nach der TRG 760 Anlage 3 ist ein solcher Versuch nicht vorgesehen.

Der Unterschied in diesem Punkt bei den hier betrachteten *geschweißten* Gasflaschen aus Stahl im Gegensatz zu *nahtlosen* Gasflaschen aus Stahl ist historisch in erster Linie auf die andere Verwendung zurück zu führen: Die Flaschen werden für unter Druck verflüssigte Gase verwendet. Damit unterliegen sie keinen Druckschwankungen in Abhängigkeit des Füllgrades. Die hier zu berücksichtigenden Druckschwankungen sind nahezu ausschließlich auf den von der Temperatur abhängigen Dampfdruck zurückzuführen.

Es lässt sich zwar aus den langjährigen Erfahrungen in Deutschland ableiten, dass die Ermüdungsfestigkeit der nach TRG 760 Anlage 3 gebauten Flaschen keinerlei Problem darstellt; dennoch muss die Gleichwertigkeit der Sicherheit der entsprechenden Flaschen mit dem Sicherheitsniveau nach den aktuellen CEN-Normen auch formal hinterfragt werden.

Hierzu sind 11 zufällig ausgesuchte Bauartzulassungen geschweißter Gasflaschen aus Stahl exemplarisch vertieft untersucht worden. Es handelt sich dabei um Gasflaschen für Acetylen und für Flüssiggas mit Prüfdrücken zwischen 30 und 77 bar. Die genauen technischen Daten und auch weitere Daten zu diesen Flaschen können der Tabelle 1 im Anhang dieses Gutachtens entnommen werden.

Die vorgenannten Baumuster wurden im Hinblick auf ihre Wechselbeanspruchbarkeit (Ermüdungsfestigkeit) nach dem AD-2000 Merkblatt S2 (Ausgabe Juli 2003 [35]) bzgl. der im Mittel maximal ertragbaren Befüllzyklen (Lastspielzahlen) rechnerisch analysiert.

In die Berechnungsformeln zur Bestimmung der zulässigen Lastspielzahl wurden die äquivalenten Werte aus den Vorgaben zum Druckschwellversuch nach EN 13322 und EN 1442 eingesetzt. Der Prüfüberdruck wurde somit als oberer und dessen 10%-Wert als unterer zyklischer Druck eingesetzt.

Für die Berechnungen nach AD-2000 Merkblatt S2 kann zur Bestimmung der Vergleichsspannung und somit zur Berechnung der Vergleichsspannungsschwingbreite sowohl die Mises-Hypothese (Gestaltänderungsenergiehypothese, GEH) oder auch die Tresca-Hypothese (Schubspannungshypothese, SSH) herangezogen werden, wobei die erstgenannte die genauere und die zweitgenannte die konservativere ist [35]. Die im Rahmen dieses Gutachtens durchgeführten Berechnungen erfolgten für jede exemplarisch betrachtete Bauartzulassung nach beiden Vergleichsspannungshypothesen, bei Anwendung der Tresca-Hypothese resultierten erwartungsgemäß niedrigere maximale Lastspielzahlen.

Bei den meisten betrachteten Gasflaschen ergeben sich für verschiedene Bauteilbereiche (Deckel, Boden, zylindrischer Bereich) unterschiedliche zulässige Lastspielzahlen. Dies liegt unter anderem an unterschiedlichen Wanddicken und Spannungstensoren in den verschiedenen Bauteilbereichen. Erwartungsgemäß lagen die geringsten zulässigen Lastspielzahlen ausnahmslos bei allen 11 berechneten Baumustern im zylindrischen Bereich.

In Abbildung 8.1 zeigt das Balkendiagramm die Ergebnisse der Berechnungen der zulässigen Lastspielzahlen, unter Annahme zum einen der Gestaltänderungsenergiehypothese und zum anderen der Schubspannungshypothese.

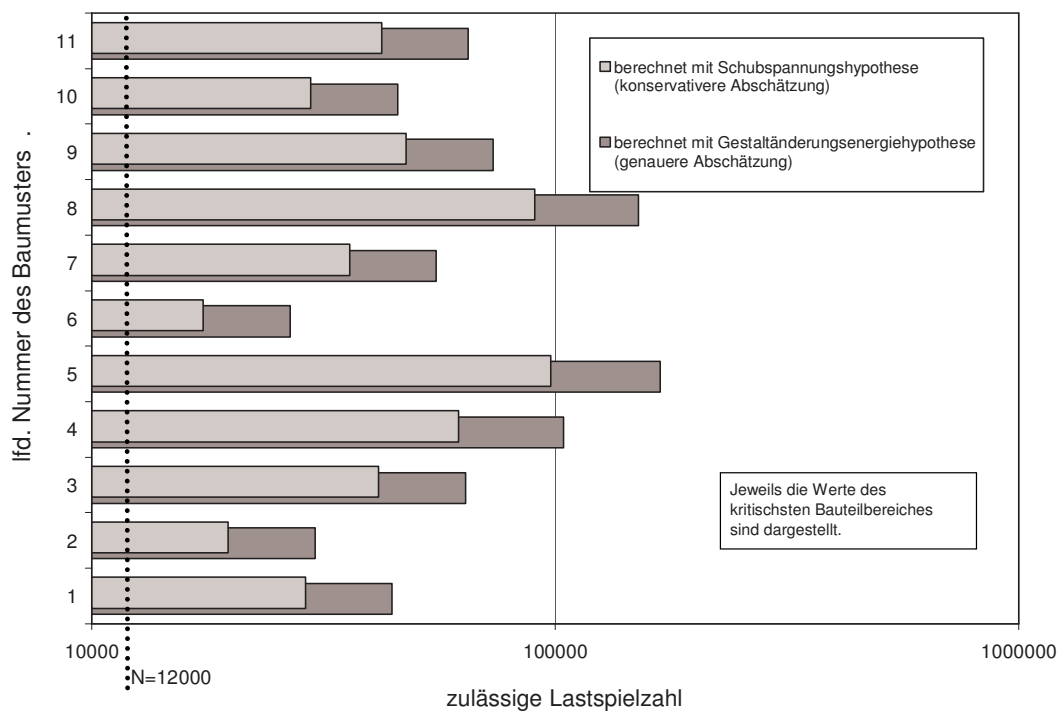


Abbildung 8.1: Zulässige Lastspielzahl der 11 Baumuster von geschweißten Gasflaschen aus Stahl, berechnet nach AD-2000 Merkblatt S2

Beim überwiegenden Anteil der 11 berechneten Baumuster geschweißter Gasflaschen ergaben sich zulässige Lastspielzahlen von weit mehr als dem doppelten Wert der nach EN 13322-1 und EN 1442 versagensfrei nachzuweisenden 12.000 Lastwechsel. Lediglich zwei der berechneten Gasflaschen liegen mit den konservativen Werten (Tresca) unterhalb des doppelten Wertes, jedoch in jedem Fall immer noch deutlich oberhalb von 12.000.

Berechnungen nach AD-2000 Merkblatt S2, mit 80.000 Lastwechseln für Flüssiggasflaschen unter den 11 Bauartzulassungen, bei Einsetzen des Betriebsdruckes als oberen zyklischen Druck, wie für Lastwechselversuche nach EN 1442 alternativ zugelassen, ergaben zulässige Lastspielzahlen, deren absoluter Abstand zu den erlaubten 80.000 Lastspielen um ein vielfaches größer war, als die in Abbildung 8.1 präsentierten Ergebnisse für 12.000 Lastwechsel.

Um die Berechnung bzgl. möglicher systematischer Fehler in den Eingangsgrößen oder in der Berechnungsformel abzusichern, wurden ergänzend Lastwechselversuche durchgeführt.

Diese Versuche erfolgten an zwei langjährig genutzten, geschweißten Gasflaschen aus Stahl für Acetylen mit einem Volumen von 20 L (Bauart Nr. 1 in obigem Diagramm; Hersteller Fa. Schneider; BAZ-Nr., 01 F 203). Die Prüfungen wurden den Vorgaben aus DIN EN 13322-1:2006 – Kapitel 7.3.2 „Druckschwellversuch“ entsprechend durchgeführt. Beide Prüflinge erzielten ohne Versagen 100.000 Lastwechsel, nach denen die Versuche jeweils abgebrochen wurden. Damit sind sowohl der 8,3-fache Wert gegenüber den geforderten 12.000 Lastwechseln als auch der mehr als 3-fache Wert im Vergleich zur rechnerischen Analyse (28.900 LW) bis Abbruch nachgewiesen worden.

Im Ergebnis sind sowohl die durchgeführten Lebensdauerberechnungen nach dem AD-Regelwerk wie auch die Vorgaben aus der TRG als konservativ zu bewerten, was ergänzend als in der Praxis bestätigt anzusehen ist, da hier keine Unfälle aufgrund von Ermüdungsversagen bekannt sind.

Kriterien:

Druckschwellversuch (Zyklisierung) bis Prüfüberdruck mit 12.000 Lastwechseln (nach EN 1442 auch alternativ: Druckschwellversuch bis 2/3 Prüfdruck mit 80.000 Lastwechseln)
Schadensfreiheit nach 12.000 Lastwechseln (bzw. nach 80.000) Temperatur der Außenoberfläche ≤ 50 °C

Die EN 13322-1 und die EN 1442 fordern einen Nachweis, der mit den vorgenannten Analysen pars pro toto mit gut begründeter Vermutungswirkung für alle geschweißten Gasflaschen aus Stahl, die die Gutachtenbedingungen aus Kapitel 10 erfüllen, erbracht ist. Dies wird zudem durch die Erfahrung der Praxis in der Verwendung betroffener Gasflaschen bis heute bestätigt.

indirekt erfüllt

Zusammenfassung bzgl. der Prüfung von Baumustern

Mit den vorstehenden Vergleichen ist der Nachweis erbracht, dass die den Bauartzulassungen im Rahmen der DruckgasV bzw. DruckbehV zugrunde gelegten Prüfungen das gemäß RID/ADR 2009 in Verbindung mit der Norm EN 13322-1 und EN 1442 geforderte Sicherheitsniveau gewährleisten.

Die Erfüllung der Anforderungen nach der Richtlinie 1999/36/EG, Anhang IV, Teil II, Punkt 3 bzgl. der Prüfverfahren sind im Rahmen der Gutachtenbedingungen auch ohne ergänzende Prüfungen erfüllt.

9. Kennzeichnung von besonderen Maßgaben

Die Kennzeichnung von Druckgasbehältern bzgl. besonderer Maßgaben wurde in den „Technischen Regeln Druckgase“ erstmalig mit der im März 1973 herausgegebenen TRG 270 mit der Anlage 1 festgelegt.

- TRG 270: „Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Kennzeichnen der Druckgasbehälter“ (ArbSch. 5/1973, S. 245)
- TRG 270 Anlage 1: „Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Erläuterungen und Maßgaben zur Tafel 1“

Durch Einführung der TRG 270 wurden die Regelungen gemäß diverser Ziffern der vom früheren Deutschen Druckgasausschuss aufgestellten Technischen Grundsätze (TG) und Beschlüsse des früheren Deutschen Druckgasausschusses gegenstandslos.

Die Übergangsregel bestimmt, dass die TRG 270 („B“-Kennzeichnung) spätestens mit Beginn des auf ihre Veröffentlichung folgenden 6. Kalendermonats angewendet werden musste, d. h. dass seit September 1973 alle in Verkehr gebrachten Druckgasbehälter, die dem Geltungsbereich der TRG 270 unterliegen, nach dieser gekennzeichnet sein müssen. Aufgrund der üblichen Bestandsschutzgarantien für bereits bestehende Zulassungen gilt diese Anforderung an die Kennzeichnung von Druckgasbehältern gemäß TRG 270 zumindest für alle Druckgefäße, deren Zulassung nach Ablauf der Übergangsregel erteilt wurde.

Die „B“-Kennzeichnung war allerdings bereits 1973 langjährige Praxis in Deutschland. Es war jedoch nicht möglich, den Nachweis zu bringen, dass die „B“-Kennzeichnung vor dem September 1973 flächendeckend angewendet wurde bzw. verpflichtend war. Aus diesem Grund muss als Kriterium das In-Verkehr-Bringen ab September 1973 Verwendung finden.

Nach TRG 270 Anlage 1 müssen Druckgasbehälter, deren Zulassung an besondere Maßgaben gebunden ist, ergänzend mit einem „B“ am Ende des Bauart-Zulassungskennzeichens versehen sein. Somit ist davon auszugehen, dass alle Druckgasbehälter, die ab September 1973 in Verkehr gebracht wurden und kein „B“ im Zulassungskennzeichen aufweisen, ohne Einschränkungen die technischen Anforderungen der TRG 760 Anlage 1 erfüllen.

Über Druckgasbehälter, die vor Einführung der TRG 270 in Verkehr gebracht wurden, kann diesbezüglich keine Aussage gemacht werden.

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass Flaschen, die ab September 1973 in Verkehr gebracht wurden und die gemäß TRG 270 Anlage 1 Nr. 6 NICHT ergänzend mit dem Buchstaben „B“ gekennzeichnet sind (vgl. Kapitel 9), die technischen Anforderungen der TRG 760 Anlage 1 ohne Einschränkungen erfüllen.

10. Gutachtenbedingungen

Für die Anwendung der vorgenannten Erkenntnisse zur Neubewertung von geschweißten Gasflaschen aus Stahl im Rahmen der Richtlinie 1999/36/EG (TPED; [1]) im Sinne der abschließenden Stempelung mit „ π “ sind folgende Bedingungen ergänzend zu überprüfen:

1. Die zu betrachtenden Gasflaschen müssen solche im Sinne des RID/ADR sein.
2. Die zu betrachtenden Gasflaschen sind geschweißt, aus Kohlenstoffstahl und entsprechen dem Anwendungsbereich der EN 13322-1:2006 oder EN 1442:2008.
3. Die zu betrachtenden Flaschen müssen einem Hersteller eindeutig zuzuordnen sein (vergl. S. 7 Punkt 3.b) zum Anhang IV der TPED, Teil II, Punkt 2 bzw. 3).
4. Die zu betrachtenden Flaschen müssen nach dem 29. Juni 1968 in Übereinstimmung mit einer Bauartzulassung gebaut worden sein, die auf der Rechtsgrundlage der Druckgasverordnung bzw. der Druckbehälterverordnung erteilt wurde (vergl. S. 7 Punkt 3.b) zum Anhang IV der TPED, Teil II, Punkt 2 bzw. 3).
5. Die Erteilung der Bauartzulassung darf nicht an eine besondere Maßgabe gebunden sein (vergl. S. 7 Punkt 3.c) zum Anhang IV der TPED, Teil II, Punkt 2 bzw. 3).
 - Dies gilt als erfüllt, wenn die Bauartzulassung ab September 1973 erteilt wurde und die Flaschen **NICHT** mit „B“ gekennzeichnet sind.
 - Für Flaschen, die in der Zeit nach dem 29. Juni 1968 zugelassen wurden und vor September 1973 in Verkehr gebracht wurden, muss die Frage der Bindung an besondere Maßgaben und damit die Anwendbarkeit des Gutachtens individuell geprüft werden.
6. Die Flaschen müssen stets bestimmungsgemäß betrieben worden sein und dürfen keine Schäden oder Spuren von Reparaturen aufweisen. (vergl. S. 7 Punkt 3.d) zum Anhang IV der TPED, Teil II, Punkt 2 bzw. 3).

Die Überprüfung der o. g. Gutachtenbedingungen anhand der dokumentierten Daten obliegt in jedem Fall der Stelle, die die technische Begutachtung im Rahmen einer erweiterten wiederkehrenden Prüfung gemäß Richtlinie 1999/36/EG Anhang IV, Teil 3, Punkt 4 vor der Kennzeichnung mit dem Konformitätskennzeichen ausführt.

Es können nur Flaschen neubewertet werden, die bereits in Verkehr gebracht wurden. Die Bewertung von Bauarten im Sinne einer EG-Baumusterprüfung zum Zweck der weiteren Fertigung ist nicht Gegenstand des Gutachtens.

Bei der Prüfung der Einzelflasche im Rahmen der Neubewertung dürfen keine Korrosionsspuren vorliegen, die auf einen Wanddickenverlust durch Innen- oder Außenkorrosion hindeuten. Die Mindestwanddicke darf in keinem Fall unterschritten werden. Bei Flaschen mit aufgesetztem Fußring muss bei der Neubewertung insbesondere sichergestellt werden, dass keine Korrosion zwischen Behälterwand und Fußring vorliegt.

11. Zusammenfassung und Gesamtbeurteilung

Mit den in den Kapiteln 5 bis 8 angestellten Betrachtungen zum Vergleich der sicherheitstechnischen Anforderungen wurde nachgewiesen, dass die nach der Druckgasverordnung bzw. Druckbehälterverordnung und den TRG gebauten und zugelassenen geschweißten Gasflaschen aus Stahl gegenüber der Richtlinie 1999/36/EG (TPED) und dem RID/ADR 2009 bzw. der EN 1442:2008 sowie EN 13322-1:2006 sicherheitstechnisch mindestens gleichwertig sind.

Einzig bzgl. der Ermüdungsfestigkeit (Druckschwellversuch) gibt es eine Lücke im direkten Nachweis mittels eines „Performance-Tests“ gegenüber dem nach EN 1442 und EN 13322-1, Abschnitt 7.3.2 geforderten Druckschwellversuch. Das sicherheitstechnische Niveau der Bauartzulassungen nach TRG wird aufgrund versuchstechnischer und rechnerischer Nachweise dennoch als insgesamt vergleichbar beurteilt.

Die Voraussetzung zur „Neubewertung der Konformität von Baumustern“ gemäß Artikel 5 der Richtlinie 1999/36/EG über ortsbewegliche Druckgeräte sind daher gemäß Kapitel 9 und 10 des Gutachtens erfüllt für

bereits in Verkehr gebrachte geschweißte Gasflaschen aus Stahl mit einem Fassungsraum von 0,5 l bis 150 l, deren Bauartzulassung ab September 1973 erteilt wurde und die vor dem Juli 2003 in Deutschland nach der Druckgasverordnung bzw. der Druckbehälterverordnung ohne die ergänzende Kennzeichnung „B“ gemäß TRG 270 Anlage 1 Nr. 6 in Verkehr gebracht wurden.

Die Konformität der betreffenden geschweißten Gasflaschen aus Stahl mit den Anforderungen an Baumuster nach der Richtlinie 1999/36/EG und ADR/RID 2009 und die Gleichwertigkeit der Anforderungen an diese Bauarten mit dem durch die EN 13322-1: 2006 und EN 1442: 2008 beschriebenen Sicherheitsniveau werden hiermit bestätigt.

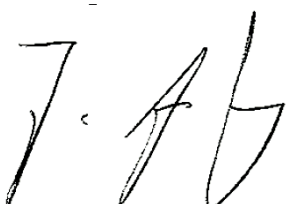
Für Flaschen, die in der Zeit nach dem 29. Juni 1968 zugelassen wurden und vor September 1973 in Verkehr gebracht wurden, muss die Frage der Bindung an besondere Maßgaben für jede Bauart individuell geprüft werden.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

12200 Berlin, den 19. Mai 2009

Fachgruppe III.2
Gefahrgut tanks und Unfallmechanik

im Auftrag



Dir. u. Prof. Dr. Jörg Ludwig

**Arbeitsgruppe „Druckgeräte – Druckgefäße;
Treibgasspeichersysteme“**

im Auftrag



Dr. Jost-Peter Sonnenberg, Wiss. Angest.

Anlage 1: Ergebnisse der Berechnungen zur Wechselbeanspruchung nach AD 2000-Merkblatt S2 für die exemplarischen Bauarten

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ifd. Nr. des Baumusters										
Details der Flasche										
Flaschentyp, Verwendung	Acetylen	Acetylen	Flüssiggas	Flüssiggas	HFL-Längsnaht	HFL-Längsnaht	Brennigas	Acetylen	Acetylen	Acetylen
Hersteller	Schneider	Pecquet, Tesson	Schneider	Siebel	Mannesmann	Mannesmann	Schneider	Siebel	Siebel	Siebel
Zulassungsnummer BAZ, ggf. Revision	01 F 203	01 F 194	82 D 21 für 20l	82 D 21 für 79l	08 D 53	08 D 53	10 F 3	82 D 90 für 50l	82 D 90 für 50l	82 D 90 für 20l
Prüfdruck /bar	60	60	30	30	77	60	30	60	60	60
Zeichnungsnummer	SB 1796	B2 1071	SB 495 f	4.Da.163	51/75 SB	51858 SE	SB 2275 b	BZ-19	BZ-20	BZ-19/20.09
Volumen /l	20	50	27.2	79	20 ... 100	20 ... 54	79 (min.)	50	50	20
Durchm. /mm	203	230	300	318	229	229	318	229	267	204
Höhe /mm	702	1402	454	1155	660 ... 1540	660 ... 1540	880	1420	1045	810
Werkstoffe	BS3	BS1	BS2	MR S142-2	STE 360.7	STE 355	BS2	Mn-Legierung	Mn-Legierung	Mn-Legierung
Werkstoffkennnummer(n)	1.0437	1.0111	1.0423	1.0141, -42	DIN 17172	DIN 17178	BS3	Sonderstahl	Sonderstahl	Sonderstahl
Streckgrenze	310	235	265	255	360	295	265	310	310	265
Zugfestigkeit	460	360	410	410	460	450	410	470	470	400
Berechnungen für zylindrischen Teil										
Wanddicke	2.6	3.755	2.2	2.5	3.2	3.2	3	3.5	3.5	3
Schweißnahtklasse	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2	Klasse 2
Spannung bei Prüfdruck (Kesselformel)	234.2	183.8	204.5	180.0	275.5	214.7	159.0	196.3	228.9	204.0
Berechnungen für Böden, falls limitierend										
- Boden, oben	117.1	91.9	102.3	90.0	137.8	107.3	79.5	98.1	114.4	102.0
- Boden, unten										
Wanddicke /mm	2.6	2.599	2.2	2.5	3		3			
Bodenform	Ellipse 1/2	Halbkugel	Ellipse 1/2	unbekannt	unbekannt	unbekannt	Ellipse 1/2			
- Boden, unten										
Wanddicke /mm	2.6	3.817	2.2	2.5	3.2 ... 4.8	4.8	3			
Bodenform	Ellipse 1/2	Korbbogen	Ellipse 1/2	B DIN 4661	Korbbogen	unbekannt	n. TRG 222			
Berechnete Mindestlastwechselzahlen nach AD-Merkblatt S2 (AD 2000)										
Berechnung mit Gestaltänderungsenergiehypothese (GEH - genauere Berechnung mit Schubspannungshypothese (SSH - konservativere Abschätzung)	44531	30383	64043	104170	26817	55402	151140	73432	45732	65010
Vierfaches von 12000 - GEH	28934	19738	41605	61842	17423	35991	90330	47702	29709	42230
Vierfaches von 12000 - SSH	3.71	2.53	5.34	8.68	2.23	4.62	12.60	6.12	3.811	5.4175
Vierfaches von 12000 - SSH	2.41	1.64	3.47	5.15	1.45	3.00	7.53	3.98	2.47575	3.519166667

Anlage 2: Prüfbericht über Druckschwellversuche an Acetylenbehältern

BAM - III.2: Arbeitsgruppe
Druckgeräte – Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme



Dipl.-Ing. (FH) Eric Duffner
☎ +49 30 8104-3905
e-mail: eric.duffner@BAM.de

Berlin, 29.09.2005

Prüfbericht

Druckschwellversuche an Acetylenbehältern

Aktenzeichen	BAM DG-03-051
Hintergrund	Gutachten zur Neubewertung von geschweißten Stahlflaschen
Auftraggeber	IGV Industrie Gase Verband
Auftrag vom	19.05.2003
Zeichen	-
Eingegangen am	10.06.2003
Proben	2 aus 4 Stück geschweißte Stahl-Acetylen Flaschen Baumuster: 01F203 Lfd-Nr. von 1 bis 4 (von BAM beschriftet)
Eingegangen am	26.04.2005
Prüfdatum	Prüfling Nr. 3: 16.08.05 bis 24.08.05 Prüfling Nr. 2: 24.08.05 bis 29.08.05
Prüfort	BAM Zweigelände „Fabeckstraße“, Unter den Eichen 44-46, Impulsprüfstand PN020, Haus 86, Raum 120
Prüfung	in Anlehnung an DIN 13322-1: 2003

1 Prüfobjekte

Von 4 angelieferten geschweißten Stahl-Acetylenflaschen (Typ I - Baumuster: 01F203) mit einem Volumen von 20 l wurden 2 Behälter (Prüfling Nr. 2 und Nr. 3) geprüft.

Da die eindeutige Kennzeichnung auf den Prüflingen nicht zu erkennen war, wurde den Behältern eine laufende Nummer von 1 bis 4 vergeben und mit weißer Markierung auf dem Prüfling notiert, wie in den folgenden Bildern ersichtlich.



Abbildung 1: Prüfling Nr.2



Abbildung 2: Prüfling Nr.3



Die Prüfparameter sind unter „2 Prüfablauf“ in Tabelle 1 dargestellt.

2. Prüfablauf

Die Prüflinge werden einer zyklischen Ermüdungsprüfung in Anlehnung an DIN EN 13322-1: 2003 - Kapitel 7.3.2 „Druckschwellversuch“ bei einem Prüfdruck zwischen 6 bar und 60 bar (PH) unterzogen, wie nachfolgende Grafik der Soll- und Ist-Druckverläufe zeigt.

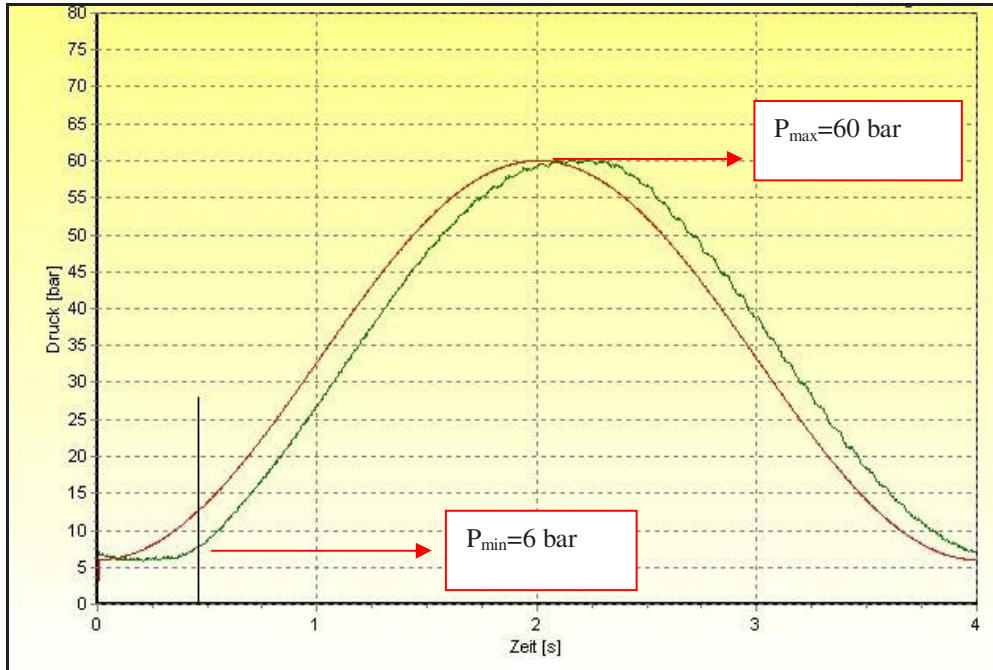


Abbildung 3: Druckverlauf

In der abgebildeten Grafik wird die Sollkurve in rot und die Istkurve in grün dargestellt. Die Verschiebung entlang der Abszissenachse wurde nur aus Darstellungsgründen gewählt, im Rahmen des Versuches gab es keine Phasenverschiebung von Soll- und Ist-Kurve.

Die Prüfungsparameter sind in untenstehender Tabelle dargestellt, der Mittelwert wurde mit p_m und die Standardabweichung mit p_s abgekürzt.

Prüflingsnr.	Maximaldruck			Minimaldruck			Lastwechselgeschwindigkeit	Datum Prüfbeginn
	Soll	Ist p_m	Ist p_s	Soll	Ist p_m	Ist p_s		
	[bar]			[bar]			[LW pro min]	
3	60	60,33	1,84	6	5,67	0,28	15	05-08-16
2	60	60,33	1,18	6	5,53	0,23	15	05-08-24

Tabelle 1: Prüfparameter

Durch Überwachung während der Versuche wurde sichergestellt, dass die Temperatur an der Außenseite der Flaschenwand 50°C nicht überschreitet.

3. Prüfergebnisse

In Tabelle 2 sind die erzielten Lastwechselzahlen und die Lebensdauer in Vielfachem der geforderten Lebensdauer (12.000 LW) angegeben.

Prüflings- nr.	Lastwechsel- geschwindig- keit	Lastwechsel- zahlen	Lebensdauer (in Vielfachem der gefor- derten Lebensdauer)	Bemerkung
	[LW pro min]	in [LW]		
3	15	100.000	>8,3	Versuch ohne Leckage abgebrochen
2	15	100.000	>8,3	Versuch ohne Leckage abgebrochen

Tabelle 2: Prüfungsergebnisse

Die Prüfung von Prüfling Nr. 3 wurde nach 100.000 LW abgebrochen, der Prüfling zeigte zu diesem Zeitpunkt keinen Hinweis auf eine Leckage, dies entspricht etwa einem 8,3-fachen der geforderten Lebensdauer von 12.000 LW dieser Acetylen-Stahlflasche.

Die Prüfung von Prüfling Nr. 2 wurde ebenfalls nach 100.000 LW abgebrochen, der Prüfling zeigte zu diesem Zeitpunkt keinen Hinweis auf eine Leckage, dies entspricht etwa einem 8,3-fachen der geforderten Lebensdauer von 12.000 LW dieser Acetylen-Stahlflasche.

Die Bewertung der Versuchsergebnisse erfolgt gesondert.

**Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
12200 Berlin, den 29.09.2005**

**Arbeitsgruppe
„Druckgeräte - Druckgefäße;
Treibgasspeichersysteme“**

im Auftrag



Eric Duffner
Dipl.-Ing. (FH)