BAM
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

D-12200 Berlin
Telefon: 0 30 / 81 04-0
Telefax: 0 30 / 8 11 20 29

Dieses Dokument darf nur in vollem Wortlaut und ohne Zusätze veröffentlicht werden. Für die veränderte Wiedergabe und Auszüge ist vorher die Einwilligung der BAM einzuholen.

GUTACHTEN

Vergleich der Beschaffenheitsanforderungen von Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung mit den Anforderungen des RID/ADR 2007 zur Zulassung von wiederbefüllbaren nahtlosen Gasflaschen aus Stahl

BAM-Aktenzeichen:	DG-08-020
Bearbeitende OE:	BAM - III.2; AG „Druckgeräte – Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme“
Auftraggeber:	Industriegaseverband e. V. Komödienstraße 48 D - 50667 Köln
Auftrag vom:	5. März 2008
Gesamtseitenzahl:	24
Ausfertigung:	1. von 5 Ausfertigungen
Verteiler:	Ausfertigung 1-3 Auftraggeber Ausfertigung 4 BAM III.2, AG Druckgeräte Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme Ausfertigung 5 BAM, III.2

GUTACHTEN

Gutachten

Vergleich der Beschaffenheitsanforderungen von Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung mit den Anforderungen des RID/ADR 2007 zur Zulassung von wiederbefüllbaren nahtlosen Gasflaschen aus Stahl

Gliederung

1. Aufgabenstellung und Einführung **3**

2. Liste der betrachteten Rechtsgrundlagen **4**

3 Anforderungen zur Neubewertung nach der TPED **7**

4. Anforderungen nach RID/ADR 2007 ..... **8**

4.1 Grundlegende Anforderungen
4.2 Verweis auf Normen im RID/ADR

5. Entwicklung der Anforderungen an in Deutschland zugelassene Flaschen **9**

5.1 Vergleich der Druckgasverordnung mit der Druckbehälterverordnung inkl. TRG
5.2 Folgerungen für die Vergleichbarkeit mit der EN 1964-1:1999

6. Vorgehen zur vergleichenden Bewertung der Anforderungen **12**

7. Vergleich und Beurteilung der Gestaltungsvorgaben **14**

7.1 Anwendungsbereich - Geltungsbereich
7.2 Werkstoffe
7.3 Wärmebehandlung
7.4 Härteprüfung
7.5 Gestaltung und Berechnung
7.6 Ausrüstung

8. Vergleich und Beurteilung bzgl. der Prüfungen zur Bauartzulassung **18**

8.1 Zugversuch
8.2 Faltversuche
8.3 Kerbschlagbiegeversuch
8.4 Kontrolle der Flaschenböden (Bodenbruchversuch)
8.5 Wasserdruckprüfung
8.6 Berstprüfung
8.7 Lastwechselversuch

9. Kennzeichnung von besonderen Maßgaben **22**

10. Gutachtensbedingungen **23**

11. Zusammenfassung und Gesamtbeurteilung **24**

1. Aufgabenstellung und Einführung

Die BAM wurde vom Industriegaseverband (IGV) zur Beantwortung der Frage, ob eine positive Neubewertung von in Deutschland zugelassenen Bauarten 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 nahtlosen Gasflaschen aus Stahl mit einer Zugfestigkeit (R_m) von weniger als 1.100 MPa für Industriegase, deren Zulassung ohne jedwede Art von Auflagen oder Einschränkungen auf der Basis der Druckgasverordnung (vom 20. Juni 1968) und nachfolgend der Druckbehälterverordnung erteilt wurde.**

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

Dies Gutachten analysiert die Unterschiede in den Beschaffenheitsanforderungen nach Druckgas- bzw. Druckbehälterverordnung gegenüber dem geltenden RID/ADR 2007. 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“) und ggf. auf 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.

Dieses Gutachten ersetzt das

Gutachten zur Neubewertung von vorhandenen und in Deutschland ohne Auflagen oder Einschränkungen zugelassenen Bauarten von nahtlosen Stahlflaschen, Gutachten der BAM vom 21. August 2001; Gutachter: Mair, G.W. und Müller, H.-J. und die gleichnamige Überarbeitung (Rev. 1) vom 20. Juli 2007

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)

[2] RID/ADR 2007
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 (Fassung vom 18. September 2006).

[2b] RID (Règlement concernant le transport international ferroviaire de marchandises dangereuses) Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter von 1980 (Fassung vom 18. September 2006)

[2c] Richtlinie 94/55/EG - Rahmenrichtlinie zu [2a] vom 21. November 1994, zuletzt geändert: 3. November 2006

[2d] Richtlinie 96/49/EG - Rahmenrichtlinie zu [2b] vom 23. Juli 1996, zuletzt geändert: 4. November 2006

Deutsche Verordnungen

[3a] Druckgasverordnung (DruckgasV) vom 20. Juni 1968 (BGBl. I S. 730) ersetzt durch DruckBehV:

[3b] Druckbehälterverordnung (DruckbehV) vom 27. Februar 1980, zuletzt geändert: 23. Juni 1999 (BGBl. I S. 1435) zurückgezogen: 31. 12. 2002

[4] Verordnung über ortsbewegliche Druckgeräte (OrtsDruckV) vom 17. Dezember 2004 (BGBl. I .S 3711)

Technische Regeln Gase (TRG)

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

[6] TRG 200 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe
erschienen 1977 (ArbSch.8-9/1977, S.225)

[7] TRG 202 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe; Hohlkörper aus Stahl für nahtlose Behälter
erschienen 1974 (ArbSch.10/1974, S.301)

[8] TRG 220 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Berechnen
erschienen 1973 (ArbSch. 5/1973, S.236)
ersetzt 1992 (BArbBl.10/1992 S.63)

[9] TRG 221 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Berechnen; Zylinder und Kugeln
erschienen 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 236)
mit Anwendung der TRG 220 (1992) gegenstandslos geworden.

[10] TRG 222 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Berechnen; Gewölbte Böden
erschienen 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 238)
mit Anwendung der TRG 220 (1992) gegenstandslos geworden.

[11] TRG 270 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Kennzeichnen
erschienen 1973 (ArbSch. 5/1973, S. 245)
geändert 1992 (BArbBl. 10/1992, S.67)
zuletzt geändert 1997 (BArbBl. 1/1997, S.59)

[11a] TRG 270 Anlage 1 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Kennzeichnen; Erläuterungen und Maßgaben zur Tafel 1
erschienen 1973 (ArbSch. 5/193, S. 245)
geändert 1992 (BArbBl. 10/1992 S. 70)
zuletzt geändert 1997 (BArbBl. 1/1997 S. 59)

[12] TRG 310 Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter – Flaschen aus Stahl
erschienen 1978 (ArbSch.11/1978, S.414)
geändert 1979 (BArbBl. 9 /1979, S.98)
zuletzt geändert 1990 (BArbBl. 5/1990, S.80)

[13] TRG 311 Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter – Acetylen-Flaschen
erschienen 1974 (ArbSch. 1/1975, S. 54)
ersetzt 1985 (BArbBl. 11/1985 S.55)

[14] TRG 760 Richtlinie für das Prüfen von Druckgasbehältern durch den Sachverständigen, Prüfen im Bauartzulassungsverfahren, erstmaliges Prüfen und Prüfen nach Änderung und Instandsetzung
erschienen 1985 (BArbBl.1/1985, S.45)
geändert 1995 (BArbBl.10/1995, S.66)
zuletzt geändert 1997 (BarbBl.11/1997, S.76)

[15] TRG 760 Anlage 1 Prüfen im Bauartzulassungsverfahren und erstmaliges Prüfen - Nahtlose Gasflaschen aus Stahl
erschienen 1985 (BArbBl.1/1985, S.47)
zuletzt geändert 1987 (BArbBl.1/1987, S.72)

Deutsche und Europäische Normen (DIN/DIN EN)

[16] DIN EN 1964-1, Ausgabe: 1999-03
Ortsbewegliche Gasflaschen - Gestaltung und Konstruktion von nahtlosen wiederbefüllbaren ortsbeweglichen Gasflaschen aus Stahl mit einem Fassungsraum von 0,5 Liter bis einschließlich 150 Liter; Teil 1: Nahtlose Flaschen aus Stahl mit einem R_m-Wert weniger als 1100 MPa
Deutsche Fassung der EN 1964-1: 1999
Diese ist trotz der Ausgabe in 1999 die aktuelle, durch das RID/ADR 2007 in Bezug genommene (6.2.2) und die letzte von CEN verabschiedete Fassung.

[17] DIN EN 10045 - 1, Ausgabe:1991-04 Metallische Werkstoffe; Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy; Teil 1: Prüfverfahren

[18] DIN 4664, Ausgabe:1989-08 Druckgasbehälter;
Nahtlose Flaschen aus Stahl

[19] DIN 50145; zurückgezogen und ersetzt durch:

DIN EN 10002-1, Ausgabe:1991-04
Metallische Werkstoffe; Zugversuch; Teil 1: Prüfverfahren (bei Raumtemperatur); enthält Änderung AC 1:1990;
Deutsche Fassung der EN 10002-1:1990 und AC 1:1990

[20] DIN 50115 Ausgabe:1991-04 Prüfung metallischer Werkstoffe;
Kerbschlagbiegeversuch; Besondere Probenform und Auswerteverfahren

[21] DIN EN 10003-1; zurückgezogen und ersetzt durch:

DIN EN ISO 6506-1, Ausgabe:1999-10
Metallische Werkstoffe - Härteprüfung nach Brinell - Teil 1: Prüfverfahren

Sonstige Literatur

[22] Wehrstedt, A; Entwicklung der Normungsarbeit zum Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy, Mat.-wiss. und Werkstofftechn., Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001

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 sonstigen 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 (1), Absatz 2 kann bei in Serie hergestellten Geräten dieses Verfahren zur Neubewertung der Konformität vereinfacht werden. Hierbei tritt an die Stelle der Einzelbewertung von Konstruktion und Produkt durch eine benannte Stelle die Neubewertung des Baumusters durch eine benannte Stelle und die stückweise Neubewertung des kompletten Gerätes durch eine zugelassene (oder benannte) Stelle.

Vor dem Hintergrund der langjährigen Zulassungspraxis in Deutschland sind demnach die nach den Bauartzulassungen gefertigten Gasflaschen im Sinne eines EG-Baumusters neu zu bewerten und die Konformität jeder Einzelflasche mit der bewerteten Bauartzulassung zu bestätigen.

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 einem Verfahren zu unterwerfen, 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. ergänzenden 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 bzw. den sicherheitstechnischen Zustand des Produkts wie bei 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 2007

4.1 Grundlegende Anforderungen

RID/ADR ([2]) beschreibt im Abschnitt 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 nahtloser Gasflaschen aus Stahl sind u. a. nachzuweisen:

- Druckgefäße müssen entweder in Übereinstimmung mit einer in Unterabschnitt 6.2.2 oder 6.2.5 RID/ADR ([2]) genannten Norm ausgelegt, gebaut und geprüft sein oder nach den Vorschriften eines durch die zuständige Behörde national anerkannten Regelwerkes ausgelegt, gebaut und geprüft sein (s. Unterabschnitt 6.2.3 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 Trennbruchsicherheit und Unempfindlichkeit gegen Spannungsrisskorrosion gewährleistet sein (s. Unterabschnitt 6.2.3.1 in [2]).

Diese Anforderungen waren bisher und sind weiterhin auch nach nationalem Regelwerk in Deutschland zu erfüllen.

4.2 Verweis auf Normen im RID/ADR

Im Gegensatz zu den Anforderungen an die meisten Tanks kann das Sicherheitsniveau durch die grundlegenden Anforderungen (essential requirements) für Druckgefäße nicht als hinreichend beschrieben gelten. Aus diesem Grund sind für neue ortsbewegliche Druckgeräte Gefäß- und Ventilnormen im RID/ADR (s. Kap. 6.2.2 in [2]) aufgeführt. Im RID/ADR 2007 ist bzgl. der hier zu diskutierenden Flaschen eine Norm (EN 1964-1:1999; [16]) aufgeführt, die das Sicherheitsniveau umfassend beschreibt.

Damit verbunden ist die Aussage, dass EG-Baumuster (bzw. zugelassene Bauarten) von Gasflaschen, deren Auslegung und Beschaffenheit der Norm 1964-1:1999 entsprechen, auch die Anforderungen des RID/ADR 2007 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 zur Einzelprüfung aller Flaschen einer Bauart. Hierbei wird der aktuelle Zustand der vorgestellten Flaschen im Vergleich zur Neuflasche (wiederkehrende Prüfung der zugelassenen Bauart) bewertet. Das gesamte Neubewertungsverfahren gemäß [1] Anhang IV

Teil II kann mit der "π"-Stempelung gemäß [1] Artikel 10 abgeschlossen werden, wenn die vorgestellte Flasche keine altersbedingten Veränderungen aufweist, 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 nahtlosen Gasflaschen aus Stahl

5.1 Vergleich der Druckgasverordnung mit der Druckbehälterverordnung inkl. TRG

Bereits nach der Druckgasverordnung vom 20. Juni 1968 [3a] 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 [3b], mit letzter Änderung vom 23. Juni 1999.
Ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Verordnungen 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 gilt.
Die sicherheitstechnischen Anforderungen hinsichtlich 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. [5] bis [15]) 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 1. August 1972 wurden die TG gegenstandslos. Grundlage sind bei der Begutachtung und Zulassung von nahtlosen Druckgasflaschen aus Stahl die vom DGA seit 1972 sowie vom DBA seit 1980 aufgestellten sicherheitstechnischen Anforderungen in den Technischen Regeln Druckgase (s. z. B. [5] bis [15]).

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 um-

fangreicher 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 zu Bau und zur Ausrüstung und Prüfung.

Damit ist die Vorraussetzung bzgl. der Kenntnis über die Konstruktionsregeln der für eine Neubewertung nach 3.b) formal für die in D nach DruckgasV bzw. DruckbehV zugelassenen Bauarten Flaschen erfüllt (vergl. S.7).

5.2 Folgerungen für die Vergleichbarkeit mit der EN 1964-1

Grundlage der angestrebten Neubewertung ist die generelle Forderung in Deutschland, nach der seit dem Inkrafttreten der Druckgasverordnung von 1968 seit Mitte 1968 (bzw. 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 entsprechend national anerkannten technischen Regelwerke verschieden entwickelt.

Als Beispiele hierzu seien die Einführung von und der fortschreitende Übergang auf Konkavböden, die Verwendung höherfester Werkstoffe, die Verbesserung in den Fertigungsverfahren und die Einführung der Ultraschallprüfung (Ultrasonic Testing: UT) betrachtet und kurz diskutiert.

Mit der zunehmenden Marktverbreitung der Druckgasflaschen mit Konkavböden in Westeuropa wurde im Vergleich zu den bisher hauptsächlich genutzten spannungsunkritischeren Flaschen mit Konvexböden (Korbbogenboden, Halbkugelboden) insbesondere auf den biegebeanspruchten Übergang zum Flaschenboden geachtet, um diesen ausreichend sicher zu gestalten. Die genaue Analyse der erheblichen lokalen Biegespannung im Übergang vom zylindrischen Teil zum Konkavboden war wegen der noch nicht ausreichenden Qualifizierung der Finite-Elemente-Bewertungen flächendeckend nicht möglich und konnte durch die zulassende Behörde nicht einfach und eindeutig nachvollzogen werden. In der Bundesrepublik Deutschland wur-

de daher eine definierte konische Wandverdickung (TRG 310, Abschnitt 4.2.9) im sogenannten Übergangsbereich für Konkavbodenflaschen gefordert. Alle Flaschen mussten weiterhin bei amtlichen Neuzulassungen einen obligatorischen Ermüdungsversuch (TRG 760 Anlage 1) bestehen. Hierbei zeigte sich eine ausreichend sichere Dimensionierung aller TRG-Flaschen, die somit auch auf die vor dieser Zeit gebauten konvexen Flaschenböden übertragen werden kann.

Mit der Entwicklung höherfester Werkstoffe wurde begonnen, als die Stahlmetallurgie zu vertretbaren Kosten den Reinheitsgrad der Schmelzen verbessern konnte und eine moderne Legierungstechnik möglich machte. Über die verbesserte Stahlmetallurgie konnten deutlich höher vergütbare Stähle in gleichmäßigerer Qualität gefertigt werden, was in der Flaschenherstellung zu erheblich 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, deren Nachweis auch in der aktuellen Norm EN 1964-1 indirekt über die Kerbschlagzähigkeit des Werkstoffes gefordert wird.

Bei der Flaschenherstellung war seit der Zeit der Einführung der Druckgasverordnung die Verwendung von mittelfesten Mn-Stählen oder CrMo-Vergütungsstählen mit ausreichenden Bruchdehnungen (von >16 %) Stand der Technik. In diesem Festigkeitsbereich konnte ein ausreichend zähes Bruchverhalten auch ohne hohe Bruchzähigkeiten realisiert werden. Das gewünschte Leck-vor-Bruch-Verhalten im Berstversuch war ausgeprägt.

Es kann folglich grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die modernen für Druckgasflaschen verwendeten Werkstoffe verbesserte Festigkeitseigenschaften haben. Dennoch verhält sich aber die aus o. g. Gründen meist dickwandigere Referenzflasche aus früheren Herstelljahren vergleichbar sicher wie eine moderne Druckgasflasche.

Seit einiger Zeit findet die Ultraschallprüfung (UT) zunehmende Verbreitung. Dieses Prüfverfahren hat, auch wenn es noch nicht zwingend vorgeschrieben ist, eine weitere wichtige Entwicklung zur Folge. So werden ältere Flaschen im Rahmen einer wiederkehrenden Prüfung mit UT sensibler, d. h. auch auf andere Fehler geprüft, als es bei der Herstellung der Flasche ohne UT möglich war. Bei Einführung der UT wurde dabei gegenüber dem klassischen Verfahren der wiederkehrenden Prüfung auch aufgrund bestimmter Fertigungsfehler, die bisher unkritisch waren, eine anfangs deutlich erhöhte Aussonderungsrate festgestellt. Es werden auf diese Weise Fehler detektiert, die vorher ohne UT nicht erkennbar waren. Folglich hatten die vor der Anwendung der Ultraschallprüfung in der Fertigung in den Markt gelangten Flaschen zwar solche Fehler statistisch verteilt enthalten, aber die Anforderungen der Bauartprüfungen und des Betriebes (trotz unbekannter Fehler) erfüllt. So können zwar alte Flaschen mehr Fehler enthalten haben, was aber aufgrund der bestandenen wiederkehrenden Prüfungen als sicherheitstechnisch unbedenklich anzusehen ist. Wegen der Anwendung der UT in der Flaschenfertigung werden in Zukunft bei der wiederkehrenden Prüfung mit UT herstellbedingte Fehler auch nicht mehr in nennenswertem Maße detektiert werden.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass in Deutschland die gestalterische Entwicklung von Industriegasflaschen 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 1964-1 kann insbesondere für alte Flaschen nur bedingt 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 Industriegasflaschen 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 Prüfmethoden in der Qualitätssicherung oder der wiederkehrenden Prüfung nicht geeignet waren, um die zum Versagen führenden Anomalien rechtzeitig zu erkennen.

6. Vorgehen zur vergleichenden Bewertung der Anforderungen

Grundlage für die Neubewertung nach der Richtlinie 1999/36/EG (TPED, [1]) bzw. der OrtsDruckV ([4]) ist die Tatsache, dass ab dem Jahr 1968 Gasflaschen nach § 13 DruckGasV ([3a]) bzw. § 22 DruckbehV ([3b]) 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 aus 1968 über die Druckbehälterverordnung aus 1980 bis heute permanent fortentwickelt haben.
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.

b) So bleibt zur Bewertung der nationalen Bauartzulassung gegenüber dem RID/ADR 2007 ([2]) nach den allgemeinen Feststellungen zum RID/ADR in 4.1 noch der Vergleich der letzten Novellierung der Druckbehälterverordnung ([3b]) und der dort herangezogenen TRG mit den Anforderungen der im RID/ADR 2007 ([2]) aufgeführten Norm für diese Flaschenart, der EN 1964-1:1999 ([16]).

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 sein müssen.

Zunächst sind jeweils eine kurze Darstellung der Anforderungen nach RID/ADR bzw. EN-1964-1:1999 und dann nach Druckbehälterverordnung aus 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 2007 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 2007 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 2007 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 2007 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 nahtlosen Gasflaschen aus Stahl und deren Sicherheitsniveau sind in der EN 1964-1:1999 ([16]) festgeschrieben.

Nach der Druckgasverordnung aus 1968 ([3a]) bzw. der Druckbehälterverordnung aus 1980 [3b] galten für nahtlose Gasflaschen aus Stahl nachstehende TRG.

- TRG 760 Anlage 1 Prüfen im Bauartzulassungsverfahren und erstmaliges Prüfen – Nahtlose Gasflaschen aus Stahl ([15])
- TRG 310 Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter – Flaschen aus Stahl [12]
- TRG 202 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe; Hohlkörper aus Stahl für nahtlose Behälter ([7])
- TRG 200 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter – Werkstoffe ([6]).

Weitere TRG, z. B. TRG 240 bis TRG 242 zur Wärmebehandlung erhalten durch Verweis in oben stehenden TRG Verbindlichkeit. Im Nachstehenden werden die signifikanten Eigenschaftsanforderungen der europäischen Norm EN 1964-1:1999 mit den vorgenannten TRG verglichen und sicherheitstechnisch bewertet.

7.1 Anwendungsbereich - Geltungsbereich

Die EN 1964-1:1999 gilt für nahtlose Gasflaschen aus Stahl ab 0,5 l bis einschließlich 150 l und ist auch anwendbar für die Herstellung von Flaschen kleiner als 0,5 l. Sie ist anwendbar auf Gasflaschen aus Stahl mit einer maximalen Bruchfestigkeit von weniger als 1100 MPa.

In TRG 310 Nr. 2.1 ist der Fassungsraum ebenfalls auf 150 l begrenzt. Zusätzlich sind jedoch noch der maximale äußere Durchmesser und die maximale Länge der Flasche angegeben. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass zu einer Flasche der Behälter und seine Ausrüstung gehören.

Der Anwendungsbereich der TRG 310, in Bezug auf das Volumen und die Abmessungen der Gasflaschen, ist eine Teilmenge des Anwendungsbereichs der EN 1964-1:1999.

erfüllt

7.2 Werkstoffe

Die allgemeinen Bestimmungen der EN 1964-1:1999 fordern einen Stahl, der geeignete alterungsbeständige Eigenschaften besitzen muss und nicht unberuhigt sein darf. Der Stahl muss mit dem beabsichtigten Füllgut (Gas) kompatibel sein. Die Kontrolle der chemischen Zusammensetzung der Werkstoffe wird im Kapitel 4.2 in [16] gefordert.

Nach TRG 310 (Abschnitt 4.1) dürfen nahtlose Flaschen aus Werkstoffen hergestellt werden, die den Anforderungen der TRG 200 sowie TRG 202 bzw. TRG 203 genügen. Die zulässigen Stähle sind in der TRG 202 Anlage 1 aufgeführt. Bezüglich chemischer Beanspruchungen wird in der TRG 310 auf die TRG 200 verwiesen. Dort heißt es, dass Werkstoffe die dem Füllgut ausgesetzt sind so beschaffen sein müssen, dass sie von ihm nicht in gefährlicher Weise angegriffen werden und mit ihm keine gefährlichen Verbindungen eingehen.

Die Werkstoffanforderungen der TRG für die Anwendung zur Herstellung von Druckgasflaschen stimmen im Wesentlichen mit den Werkstoffanforderungen der EN 1964-1:1999 überein und sind als gleichwertig einzustufen.

erfüllt

7.3 Wärmebehandlung

Die EN 1964-1:1999 verlangt vom Gasflaschenhersteller die Zertifizierung des Wärmebehandlungsverfahrens. Die speziellen Anforderungen sind in Nr. 4.3 festgelegt.

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.

Sicherheitstechnisch sind die Anforderungen der TRG hinsichtlich des Wärmebehandlungsverfahrens und dessen Überwachung im Vergleich zur EN 1964-1:1999 als zwar anders aufgebaut aber im Ergebnis gleichwertig einzustufen.

erfüllt

7.4 Härteprüfung

Nach EN 1964-1:1999 Nr. 7.4 muss eine Härteprüfung in Übereinstimmung mit EN 10003-1 nach der Wärmebehandlung an jeder Flasche durchgeführt werden. In den TRG ist für eine Härteprüfung nicht für jede Flasche vorgeschrieben.

Die in der TRG fehlende Messung der Oberflächenhärte an jeder Flasche wird im Rahmen der Losprüfung (Wärmebehandlungslos) gefordert und stellt damit vor dem Hintergrund der in Deutschland bisher üblichen Verfahren zur Qualitätskontrolle für die bestehenden Flaschen in Verbindung mit den Vorgaben zur Wärmebehandlung nach TRG (s. Punkt 7.3) eine als gleichwertig anzusehende Methode dar. Zudem ist nach TRG 242 bei nahtlosen Flaschen unter bestimmten strengen Bedingungen eine Wärmebehandlung nicht notwendig, wobei dann gegenüber dem Sachverständigen der Nachweis zu erbringen ist, dass die Werkstoffeigenschaften der fertigen nicht wärmebehandelten Flaschen nicht oder nur unwesentlich von denen normalgeglühter Vergleichsflaschen abweichen.

indirekt erfüllt

7.5 Gestaltung und Berechnung

Die Gestaltung und Berechnung der drucktragenden Teile erfolgt in EN 1964-1:1999 nach Abschnitt 5. Danach können Flaschen mit einer oder zwei Öffnungen an der Flaschenmittelachse konstruiert sein. Der Innendruck, auf dem die Berechnung der Wanddicke beruht, muss der Prüfüberdruck sein.

In den TRG erfolgt 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 4664 Blatt 12 (s. [18]) gestaltet sein. Der Fußring darf nicht durch Schweißen, Hartlöten oder Löten angebracht werden.

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

Ein Vergleich der EN 1964-1:1999 mit den TRG hinsichtlich Gestaltung und Berechnung der Flasche ergibt keine signifikanten Abweichungen und muss als gleichwertig beurteilt werden.

erfüllt

7.6 Ausrüstung

Die EN 1964-1:1999 enthält keine gesonderten Anforderungen zur Ausrüstung von Druckgasflaschen. Anforderungen an die Ausrüstung für den Transport sind im RID/ADR und der Richtlinie 1999/36/EG mit Verweis auf die Richtlinie 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 TRG 254. Flaschen dürfen mit Einrichtungen zum Tragen nach TRG 256 ausgerüstet sein.

Im Gegensatz zur TRG 310 enthält die EN 1965-1:1999 keine Anforderungen an Ventile. Hierzu wird in der Richtlinie 1999/36/EG auf das RID/ADR und die dort spezifizierten Normen verwiesen. Gemäß der Richtlinie 1999/36/EG Artikel 3 Absatz 3 sind außerdem Ventile und sonstige für die Beförderung benutzte Ausrüstungsteile – unabhängig von dem Konformitätsbewertungsverfahren für das Gefäß – einem gesonderten Konformitätsbewertungsverfahren nach diesen Normen zu unterziehen. Berücksichtigt man alle Aspekte, ergeben sich gleichwertige Anforderungen.

erfüllt

Zusammenfassung bzgl. Gestaltungsvorgaben

Damit ist der Nachweis erbracht, dass die den Bauartzulassungen im Rahmen der DruckgasV bzw. DruckbehV zugrunde gelegten und im Rahmen des Gutachtens betrachteten Konstruktionsregeln das gemäß RID/ADR 2007 in Verbindung mit der Norm EN 1964-1:1999 geforderte Sicherheitsniveau gewährleisten.

Die Anforderung nach der Richtlinie 1999/36/EG ([1]), Anhang IV, Teil II, Punkt 3 bzgl. der Gestaltungsvorgaben im Rahmen der Gutachtensbedingungen ist erfüllt, ohne dass ergänzende Untersuchungen erforderlich sind.

8. Vergleich und Beurteilung bzgl. der Prüfungen zur Bauartzulassung

Sowohl nach der EN 1964-1:1999 Nr. 7.1.1 als auch nach der TRG 760 Anlage 1 Nr. 4.2.4 sind die Prüfungen der Werkstoffeigenschaften am Werkstoff von fertigen wärmebehandelten Flaschen durchzuführen. Es ergeben sich diesbezüglich also keine Unterschiede.

8.1 Zugversuch

Der in EN 1964-1:1999 Nr. 7.1.2.1 aufgeführte Zugversuch ist weitestgehend mit dem in TRG 760 Anlage 1 Nr. 5.7.1 (aus 1985) aufgeführten Zugversuch nach DIN 50 145 (s. [19]) identisch.

Kriterien: Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchdehnung

Es bestehen zwischen den Anforderungen der EN 1964-1:1999 und den für die Zulassung der betroffenen Flaschen zugrunde gelegten deutschen Regeln kleine Unterschiede. Aus diesen erwächst jedoch kein Anhaltspunkt für eine sicherheitstechnisch unterschiedliche Beurteilung der Zulassungsanforderungen.

erfüllt

8.2 Faltversuche

Sowohl nach EN 1964-1:1999 als auch nach TRG 760 Anlage 1 ist ein Faltversuch an Proben aus der Flaschenwand erforderlich. Unter Faltversuchen wird sowohl in den TRG als auch in der EN 1964-1:1999 das Falten von Ringproben oder von Ringsegmenten verstanden. Nach der EN 1964-1:1999 sind bei der erstmaligen Prüfung (Baumusterprüfung) beide Prüfverfahren anzuwenden, bei der Losprüfung jedoch kann eines der beiden Verfahren gewählt werden. Nach TRG 760 Anlage 1 kann sowohl bei der Prüfung im Bauartzulassungsverfahren (Baumusterprüfung), als auch beim erstmaligen Prüfen das Verfahren ausgewählt werden.

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

Faltversuche werden sowohl nach TRG als auch nach EN 1964-1:1999 gefordert. Die Kriterien sind gleich. Die zusätzliche Aussagekraft aus einer zweiten Probenform bei der Baumusterprüfung nach EN1964-1:1999 ist nach den Erfahrungen in Deutschland gering. Zudem kann bei der Losprüfung auch nach der EN 1964-1:1999 zwischen beiden Probenformen gewählt werden. Beide Anforderungen sind als gleichwertig anzusehen.

erfüllt

8.3 Kerbschlagbiegeversuch

Nach EN 1964-1:1999 muss der Kerbschlagbiegeversuch in Übereinstimmung mit DIN EN 10045-1 [17] durchgeführt werden. Die Mindestwerte sind in Tabelle 4 der Norm festgelegt.

Nach TRG 760 Anlage 1 wurde der Kerbschlagbiegeversuch nach DIN 50115 ([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. Nach TRG 760 werden jedoch nur Prüfungen an ISO-V-Proben (Spitzkerbproben) verlangt. Diese sind auch weiterhin in der EN 1964-1:1999 enthalten ([22)]. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 1964-1:1999 und den zugrunde gelegten vormals angewendeten deutschen Regeln kein sicherheitstechnischer Unterschied.

erfüllt

8.4 Kontrolle der Flaschenböden (Bodenbruchversuch)

Die EN 1964-1:1999 Nr. 7.6 verlangt eine polierte Schnittfläche die bei 5- bis 10facher Vergrößerung geprüft wird. Die Flasche muss dabei als fehlerhaft angesehen werden, wenn Risse festgestellt werden oder vorhandene Poren oder Einschlüsse so groß sind, dass dadurch die Sicherheit beeinträchtigt ist.

Gemäß TRG 760 Anlage 1 Nr. 5.7.4 sind Falten und nichtmetallische Einschlüsse im Pressschweißbereich zulässig, soweit deren Tiefe 30 % der Bodenwanddicke nicht überschreitet.

Kriterium: Risse dürfen nicht auftreten. Poren und Einschlüsse dürfen nicht so groß sein, dass dadurch die Sicherheit beeinträchtigt wird.

Die Anforderungen gemäß TRG 760 sind detaillierter als in der EN 1964:1999. Dagegen ist der Spielraum des Sachverständigen nach EN 1964:1999 größer. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 1964-1:1999 und den zugrunde gelegten vormals angewendeten deutschen Regeln kein sicherheitstechnischer Unterschied.

erfüllt

8.5 Wasserdruckprüfung

Die in der EN 1964-1:1999 Nr. 7.4.2 vorgeschriebene Wasserdruckprüfung und die Druckprüfung nach TRG 760 Anlage 1 Nr. 5.2 stimmen im Wesentlichen überein.

Kriterium: Druckabsenkung und Undichtigkeiten dürfen nicht auftreten.

Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 1964-1:1999 und den zugrunde gelegten vormals angewendeten deutschen Regeln kein sicherheitstechnischer Unterschied.

erfüllt

8.6 Berstprüfung

In der EN 1964-1:1999 Nr. 7.2 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 1 ist zur Ermittlung des Berstdruckes und zur Beurteilung des Rissverhaltens ein hydraulischer Berstversuch mit Wasser und für den Nachweis einer ausreichenden Sprödbruchsicherheit im Rahmen der Zulassungsprüfungen ein einmaliger Berstversuch mit Luft und Wasser vorgesehen. Hierbei wird der Druck in der bei Betriebsdruck luftgefüllten Flasche mit Wasser bis zum Bersten erhöht.

Kriterien: Bestimmung des Berstüberdrucks. Riss in Längsrichtung. Rissaussehen muss auf zähes Bruchverhalten schließen lassen. Es dürfen sich von der Flasche keine Bruchstücke ablösen.

Die in der TRG zusätzlich geforderte Luft-Wasser-Berstprüfung stellt gegenüber der EN 1964-1:1999 eine zusätzliche Anforderung dar. Die hydraulische Berstprüfung ist als gleichwertig einzustufen.

übererfüllt

8.7 Lastwechselversuch

Nach der EN 1964-1:1999 Nr. 7.3 muss ein Druckschwellversuch mit einer nichtkorrosiven Flüssigkeit durchgeführt werden. Der obere zyklische Druck hat dabei dem Überdruck der Wasserdruckprüfung (p_h) zu entsprechen. Nur wenn dieser Wert über 450 bar liegt, kann der obere zyklische Druck auf 2/3 dieses Wertes reduziert werden, wobei dann die Zahl der Lastwechsel von 12000 auf 80000 zu erhöhen ist. Der untere zyklische Druck darf 10% des zyklischen Drucks nicht überschreiten, darf jedoch ein Maximum von 30 bar haben. Die Frequenz der Lastwechsel darf 0,25 Hz nicht überschreiten, weiterhin darf die Temperatur an der Oberfläche des Flaschenkörpers nicht über 50°C ansteigen.

Nach TRG 760 Anlage 1 Nr. 5.4 wird ebenfalls ein Lastwechselversuch (d. h. Druckschwellversuch) mit einer Flüssigkeit, die den Werkstoff nicht in gefährlicher Weise angreift, gefordert.

Kriterien: Schadensfreiheit bei
zyklischem Innendruck bis 2/3 Prüfdruck mit 80.000 Lastwechsel oder
zyklischem Innendruck bis Prüfdruck mit 12.000 Lastwechsel

Die Anforderungen an den Versuch sind weitgehend identisch. Die TRG 760 stellt jedoch die Entscheidung für 2/3 oder für den vollen Wert der Wasserdruckprüfung für den oberen zyklischen Druck frei. Die zugehörige Lastwechselzahl ist für beide wählbaren oberen zyklischen Drücke identisch mit denen der DIN EN 1964-1:1999. Es besteht zwischen den Anforderungen der EN 1964-1:1999 und den zugrunde gelegten vormals angewendeten deutschen Regeln nur ein sehr geringer, aber sicherheitstechnisch unerheblicher Unterschied.

erfüllt

Zusammenfassung bzgl. Prüfungen zur Bauartzulassung

Damit ist der Nachweis erbracht, dass die im Gutachten betrachteten Prüfvorschriften zur Bauartzulassung im Rahmen der DruckgasV bzw. DruckbehV das gemäß RID/ADR 2007 in Verbindung mit der Norm EN 1964-1:1999 geforderte Sicherheitsniveau gewährleisten.

Die Anforderung nach der Richtlinie 1999/36/EG ([1]), Anhang IV, Teil II, Punkt 3 bzgl. Prüfungen der Bauarten sind erfüllt, ohne dass ergänzende Untersuchungen erforderlich sind.

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. Gutachtensbedingungen

Für die Anwendung der vorgenannten Erkenntnisse zur Neubewertung von nahtlosen 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 Flaschen im Sinn des RID/ADR sein.

2. Die zu betrachtenden Flaschen müssen aus nahtlosem Stahl mit einer Zugfestigkeit (R_m) von weniger als 1.100 MPa sein und auch sonst dem Anwendungsbereich der DIN EN 1964-1:1999 in den technischen Anhängen des RID/ADR entsprechen.

3. Die zu betrachtenden Flaschen müssen einem Hersteller eindeutig zuzuordnen sein (vergl. S. 7 Punkt 3.a) 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. Gutachtensbedingungen 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 den 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 Einzelflaschen im Rahmen der Neubewertung dürfen keine Korrosionsspuren vorliegen, die auf einen Wanddickenverlust durch Innen- oder Außenkorrosion weisen. Die Mindestwanddicke darf in keinem Fall unterschritten werden.

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 nahtlosen Gasflaschen aus Stahl gegenüber der Richtlinie 1999/36/EG (TPED) und dem RID/ADR 2007 bzw. der EN 1964-1:1999 sicherheitstechnisch mindestens gleichwertig sind.

Die Vorraussetzungen 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 nahtlose Gasflaschen aus zähem Stahl (maximale Zugfestigkeit R_m von weniger als 1.100 Pa) mit einem geometrischen Volumen von 0,5 l bis 150 l, deren Bauartzulassung ab September 1973 erteilt wurde und die vor Juli 2003 in Deutschland nach der Druckgasverordnung bzw. der Druckbehälterverordnung auf der Basis der TRG ohne die ergänzende Kennzeichnung „B“ gemäß TRG 270 Anlage 1 Nr. 6 in Verkehr gebracht wurden.

Die Konformität der betreffenden Bauarten mit den Anforderungen an Baumuster nach Richtlinie 1999/36/EG (TPED) und RID/ADR 2007 und die Gleichwertigkeit der Anforderungen an diese Bauarten mit dem durch die EN 1964-1:1999 beschriebenen Sicherheitsniveaus 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 und damit die Anwendbarkeit des Gutachtens für jede Bauart individuell geprüft werden.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
12200 Berlin, 13. Juni 2008

Fachgruppe III.2
Gefahrguttanks und Unfallmechanik

im Auftrag

Dir. u. Prof. Dr. Jörg Ludwig

Arbeitsgruppe „Druckgeräte - Druckgefäße; Treibgasspeichersysteme“

im Auftrag

Reg.Dir. Dr. Georg W. Mair