

RECHTSAKTE VON GREMIEN, DIE IM RAHMEN INTERNATIONALER ÜBEREINKÜNFTE EINGESETZT WURDEN

Nur die von der UNECE verabschiedeten Originalfassungen sind international rechtsverbindlich. Der Status dieser Regelung und das Datum ihres Inkrafttretens sind der neuesten Fassung des UNECE-Statusdokuments TRANS/WP.29/343 zu entnehmen, das von folgender Website abgerufen werden kann:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

Regelung Nr. 134 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bestimmungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeugbauteilen hinsichtlich der sicherheitsrelevanten Eigenschaften von mit Wasserstoff und Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeugen (HFCV) [2019/795]

Einschließlich des gesamten gültigen Textes bis:

Ergänzung 3 zur Regelung in ihrer ursprünglichen Fassung — Datum des Inkrafttretens: 19. Juli 2018

INHALT

REGELUNG

1. Anwendungsbereich
2. Begriffsbestimmungen
3. Antrag auf Erteilung einer Genehmigung
4. Genehmigung
5. Teil I — Spezifikationen des Druckwasserstoff-Speichersystems
6. Teil II — Spezifikationen bestimmter Bauteile für das Druckwasserstoff-Speichersystem
7. Teil III — Spezifikationen eines Kfz-Kraftstoffsystems mit dem Druckwasserstoff-Speichersystem
8. Änderung des Typs und Erweiterung der Genehmigung
9. Übereinstimmung der Produktion
10. Maßnahmen bei Abweichungen in der Produktion
11. Endgültige Einstellung der Produktion
12. Namen und Anschriften der technischen Dienste, die die Prüfungen für die Genehmigung durchführen, und der Typgenehmigungsbehörden

ANHÄNGE

- 1 Teil 1 Muster I — Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung eines Wasserstoff-Speichersystems hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb
Muster II — Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung eines spezifischen Bauteils für ein Wasserstoff-Speichersystem hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb
Muster III — Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung eines Fahrzeugs hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb

- Teil 2
- Muster I — Mitteilung betreffend die Erteilung oder Erweiterung oder Versagung oder Zurücknahme der Genehmigung oder die endgültige Einstellung der Produktion eines Typs eines Druckwasserstoff-Speichersystems hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb gemäß der Regelung Nr. 134.
- Muster II — Mitteilung betreffend die Erteilung oder Erweiterung oder Versagung oder Zurücknahme der Genehmigung oder die endgültige Einstellung der Produktion eines Typs eines spezifischen Bauteils (TPRD/Rückschlagventil/Automatisches Absperrventil) hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb gemäß der Regelung Nr. 134.
- Muster III — Mitteilung betreffend die Erteilung oder Erweiterung oder Versagung oder Zurücknahme der Genehmigung oder die endgültige Einstellung der Produktion eines Fahrzeugtyps hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb gemäß der Regelung Nr. 134.

- 2 Anordnungen der Genehmigungszeichen
 - 3 Prüfverfahren für das Druckwasserstoff-Speichersystem
 - 4 Prüfverfahren für bestimmte Bauteile für das Druckwasserstoff-Speichersystem
- Anlage 1 — Übersicht der TPRD-Prüfungen
- Anlage 2 — Übersicht über die Überprüfungen von Rückschlagventilen und automatischen Absperrventilen
- 5 Prüfverfahren für Kfz-Kraftstoffsysteme mit dem Druckwasserstoff-Speichersystem

1. ANWENDUNGSBEREICH

Diese Regelung gilt für ⁽¹⁾:

- 1.1. Teil I — Druckwasserstoff-Speichersysteme für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge hinsichtlich ihrer sicherheitsrelevanten Eigenschaften
- 1.2. Teil II — Spezifische Bauteile für Druckwasserstoff-Speichersysteme für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb hinsichtlich ihrer sicherheitsrelevanten Eigenschaften
- 1.3. Teil III — Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge der Klassen M und N ⁽²⁾ mit einem Druckwasserstoff-Speichersystem hinsichtlich ihrer sicherheitsrelevanten Eigenschaften

2. BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Für die Zwecke dieser Regelung gelten folgende Begriffsbestimmungen:

- 2.1. „Berstscheibe“ bezeichnet ein nicht wieder verschließendes Betriebsteil einer Druckentlastungsvorrichtung, das, wenn es in die Vorrichtung eingebaut ist, bei einem vorgegebenen Druck birst, um die Abgabe von Druckwasserstoff zu ermöglichen.
- 2.2. „Rückschlagventil“ bezeichnet ein Sperrventil, das den Rückfluss in der Kraftstoffleitung des Fahrzeugs verhindert.
- 2.3. „Druckwasserstoff-Speichersystem“ (Compressed hydrogen storage system; CHSS) bezeichnet ein System, das zum Speichern von Wasserstoffkraftstoff für ein mit Wasserstoff betriebenes Fahrzeug ausgelegt ist und aus einem Druckbehälter, Druckentlastungsvorrichtungen (pressure relief device; PRD) und Absperrvorrichtungen besteht, die den gespeicherten Wasserstoff vom Rest des Kraftstoffsystems und seiner Umgebung isolieren.
- 2.4. „Behälter“ (für die Wasserstoffspeicherung) bezeichnet ein Bauteil innerhalb des Wasserstoff-Speichersystems, das das primäre Volumen von Wasserstoffkraftstoff speichert.
- 2.5. „Datum der Außerbetriebnahme“ bezeichnet das Datum (Monat und Jahr), das für die Außerbetriebnahme angegeben ist.

⁽¹⁾ Diese Regelung gilt nicht für die elektrische Sicherheit des elektrischen Antriebsstrangs, die Materialverträglichkeit und Wasserstoffversprödung des Kfz-Kraftstoffsystems sowie die Integrität des Kraftstoffsystems nach einem Unfall im Falle eines Frontalaufpralls oder eines Heckaufpralls über die gesamte Breite.

⁽²⁾ Entsprechend den Definitionen in der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3), Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, Absatz 2. — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 2.6. „Herstellungsdatum“ (eines Druckwasserstoffbehälters) bezeichnet das Datum (Monat und Jahr) der bei der Herstellung durchgeführten Druckprüfung.
- 2.7. „Geschlossene oder teilgeschlossene Räume“ bezeichnen spezielle Räume innerhalb des Fahrzeugs (oder der Fahrzeugkontur über Öffnungen), die sich außerhalb des Wasserstoffsystems (Speichersystem, Brennstoffzellensystem und Kraftstoffflussmanagementsystem) und seiner Gehäuse (falls vorhanden) befinden, in denen sich Wasserstoff ansammeln (und dadurch eine Gefahr darstellen) kann, wie es im Fahrgastraum, Kofferraum und Motorraum der Fall sein kann.
- 2.8. „Abgasausstoß“ bezeichnet das geometrische Zentrum des Bereichs, in dem das durch die Brennstoffzelle freigesetzte Gas aus dem Fahrzeug ausgestoßen wird.
- 2.9. „Brennstoffzellensystem“ bezeichnet ein System, das den/die Brennstoffzellenstapel, das Luftaufbereitungssystem, das Kraftstoffdurchfluss-Kontrollsystem, das Abgassystem, das Wärmemanagementsystem und das Wassermanagementsystem enthält.
- 2.10. „Anschlussvorrichtung für die Betankung“ bezeichnet eine Vorrichtung, an der ein Tankstutzen am Fahrzeug befestigt wird, durch die Kraftstoff in das Fahrzeug geleitet wird. Die Anschlussvorrichtung für die Betankung wird alternativ zu einer Tanköffnung verwendet.
- 2.11. „Wasserstoffkonzentration“ bezeichnet den Prozentsatz der Wasserstoffmole (oder -moleküle) innerhalb des Gemischs aus Wasserstoff und Luft (entspricht dem Teilvolumen des Wasserstoffgases).
- 2.12. „Wasserstoffbetriebenes Fahrzeug“ bezeichnet jedes Kraftfahrzeug, das komprimierten gasförmigen Wasserstoff als Kraftstoff zum Antrieb des Fahrzeugs verwendet, einschließlich von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen und Verbrennungsmotor. Wasserstoffkraftstoff für Personenkraftwagen ist festgelegt in ISO 14687-2: 2012 und SAE J2719: (September 2011 Überarbeitung).
- 2.13. „Gepäckraum“ bezeichnet den Raum im Fahrzeug für Gepäck- und/oder Güteraufbewahrung, der durch das Dach, die Motorhaube, den Boden und die Seitenwände begrenzt und vom Fahrgastraum durch die Stirnwand und das hintere Querblech getrennt ist.
- 2.14. „Hersteller“ bezeichnet die Person oder Stelle, die gegenüber der Genehmigungsbehörde für alle Belange des Typengenehmigungsverfahrens sowie für die Sicherstellung der Übereinstimmung der Produktion verantwortlich ist. Die Person oder Stelle braucht nicht bei allen Phasen der Fertigung des Fahrzeugs oder Bauteils, das Gegenstand des Genehmigungsverfahrens ist, direkt mitzuwirken.
- 2.15. „Höchstzulässiger Betriebsdruck (Maximum allowable working pressure; MAWP)“ bezeichnet den höchsten Manometerdruck, bei dem ein Druckbehälter oder ein Speichersystem unter normalen Betriebsbedingungen betrieben werden darf.
- 2.16. „Höchstzulässiger Betankungsdruck (Maximum fuelling pressure; MFP)“ bezeichnet den maximalen Druck, der während des Betankens auf das Drucksystem ausgeübt wird. Der höchstzulässige Betankungsdruck beträgt 125 Prozent des Nennbetriebsdrucks.
- 2.17. „Nennbetriebsdruck (Nominal working pressure; NWP)“ bezeichnet den Überdruck, der den typischen Betrieb eines Systems charakterisiert. Für Druckwasserstoffgasbehälter ist der NWP der festgelegte Druck des verdichteten Gases im vollgetankten Behälter oder Speichersystem bei einer konstanten Temperatur von 15 °C.
- 2.18. „Druckentlastungsvorrichtung (Pressure relief device; PRD)“ bezeichnet eine Vorrichtung, die bei Aktivierung unter bestimmten Betriebsbedingungen verwendet wird, um Wasserstoff aus einem unter Druck stehenden System freizusetzen und dadurch einen Ausfall des Systems zu verhindern.
- 2.19. „Brechen“ oder „Bersten“ bezeichnet eine plötzliche und heftige Zerstörung, ein Aufbrechen oder ein Zerspringen durch die Kraft des Innendrucks.
- 2.20. „Überdruckventil“ bezeichnet eine Druckentlastungsvorrichtung, die bei einem voreingestellten Druck öffnen und wieder schließen kann.
- 2.21. „Lebensdauer“ (eines Druckwasserstoffbehälters) bezeichnet den Zeitraum, in dem der Betrieb (die Nutzung) gestattet ist.
- 2.22. „Absperrentil“ bezeichnet ein Ventil zwischen dem Speicherbehälter und dem Kraftstoffsystem des Fahrzeugs, das automatisch aktiviert werden kann; das standardmäßig „geschlossen“ ist, wenn es nicht an eine Stromquelle angeschlossen ist.
- 2.23. „Einzelner Ausfall“ bezeichnet eine Störung, die durch ein einzelnes Ereignis verursacht wird, einschließlich aller daraus resultierenden Folgestörungen.
- 2.24. „Thermische Druckentlastungsvorrichtung (Thermally-activated pressure relief device; TPRD)“ bezeichnet ein nicht wieder verschließbares PRD, das durch eine bestimmte Temperatur aktiviert und geöffnet wird, um Wasserstoffgas freizusetzen.

- 2.25. „Typ des Wasserstoffspeichersystems“ bezeichnet die Anordnung von Bauteilen, die sich nur unwesentlich in wichtigen Merkmalen wie den folgenden unterscheiden:
- Fabrik- oder Handelsmarke des Herstellers
 - Zustand des gespeicherten Wasserstoffkraftstoffs; verdichtetes Gas;
 - Nennbetriebsdruck (NWP);
 - Struktur, Materialien, Kapazität und Abmessungen des Behälters; und
 - Struktur, Materialien und wesentliche Merkmale von TPRD, Rückschlagventil und Absperrventil, falls vorhanden.
- 2.26. „Typ spezifischer Bauteile des Wasserstoffspeichersystems“ bezeichnet ein Bauteil oder eine Anordnung von Bauteilen, die sich nur unwesentlich in wichtigen Merkmalen wie den folgenden unterscheiden:
- Fabrik- oder Handelsmarke des Herstellers;
 - Zustand des gespeicherten Wasserstoffkraftstoffs; verdichtetes Gas;
 - Art des Bauteils: (T)PRD, Rückschlagventil oder Absperrventil; und
 - Struktur, Materialien und wesentliche Eigenschaften.
- 2.27. „Fahrzeugtyp“ bezeichnet hinsichtlich der Sicherheit von Wasserstoff Fahrzeugen, die sich in wichtigen Merkmalen wie den folgenden nicht unterscheiden:
- Fabrik- oder Handelsmarke des Herstellers und
 - Grundkonfiguration und wichtigste Merkmale des Kraftstoffsystems des Fahrzeugs.
- 2.28. „Kfz-Kraftstoffsystem“ bezeichnet eine Anordnung von Bauteilen zur Lagerung oder Zufuhr von Wasserstoffkraftstoff zu einer Brennstoffzelle oder einem Verbrennungsmotor.
3. ANTRAG AUF ERTEILUNG EINER GENEHMIGUNG
- 3.1. Teil I: Antrag auf Erteilung einer Typengenehmigung für ein Druckwasserstoff-Speichersystem
- 3.1.1. Der Antrag auf Genehmigung eines Typs eines Wasserstoffspeichersystems ist vom Hersteller des Wasserstoffspeichersystems oder von seinem ordentlich bevollmächtigten Vertreter zu stellen.
- 3.1.2. Ein Muster für einen Beschreibungsbogen zeigt Anhang 1, Teil 1-I.
- 3.1.3. Dem technischen Dienst, der die Genehmigungsprüfungen durchführt, ist eine ausreichende Anzahl von Wasserstoffspeichersystemen vorzulegen, die für den zu genehmigenden Typ repräsentativ sind.
- 3.2. Teil II: Antrag auf Erteilung einer Typengenehmigung für spezifische Bauteile eines Druckwasserstoff-Speichersystems
- 3.2.1. Der Antrag auf Genehmigung eines Typs eines spezifischen Bauteils ist vom Hersteller des spezifischen Bauteils oder seinem ordentlich bevollmächtigten Vertreter zu stellen.
- 3.2.2. Ein Muster für einen Beschreibungsbogen zeigt Anhang 1, Teil 1-II.
- 3.2.3. Dem technischen Dienst, der die Genehmigungsprüfungen durchführt, ist eine ausreichende Anzahl von spezifischen Bauteilen für Wasserstoffspeichersysteme vorzulegen, die für den zu genehmigenden Typ repräsentativ sind.
- 3.3. Teil III: Antrag auf Genehmigung eines Fahrzeugtyps
- 3.3.1. Der Antrag auf Erteilung einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp ist vom Fahrzeughersteller oder seinen ordentlich bevollmächtigten Vertretern zu stellen.

- 3.3.2. Ein Muster für einen Beschreibungsbogen zeigt Anhang 1, Teil I-III.
- 3.3.3. Dem technischen Dienst, der die Genehmigungsprüfungen durchführt, ist eine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen vorzulegen, die für den zu genehmigenden Typ repräsentativ sind.
4. GENEHMIGUNG
- 4.1. Erteilung der Typgenehmigung
- 4.1.1. Typgenehmigung eines Druckwasserstoff-Speichersystems
- Entspricht das zur Genehmigung nach dieser Regelung vorgeführte Wasserstoffspeichersystem den in Teil I folgenden Vorschriften, dann ist die Genehmigung für diesen Wasserstoffspeichersystem-Typ zu erteilen.
- 4.1.2. Typgenehmigung für spezifische Bauteile des Druckwasserstoff-Speichersystems
- Entspricht das zur Genehmigung nach dieser Regelung vorgeführte spezifische Bauteil den Vorschriften in Teil II, dann ist die Genehmigung für diesen Typ eines spezifischen Bauteils zu erteilen.
- 4.1.3. Genehmigung eines Fahrzeugtyps
- Entspricht das zur Genehmigung nach dieser Regelung vorgeführte Fahrzeug den Vorschriften in Teil III, dann ist die Genehmigung für diesen Fahrzeugtyp zu erteilen.
- 4.2. Jedem genehmigten Typ wird eine Genehmigungsnummer zugeteilt: ihre ersten beiden Ziffern (00 für die Regelung in ihrer ersten Fassung) bezeichnen die Änderungsserie mit den neuesten wichtigsten technischen Änderungen, die zum Zeitpunkt der Erteilung der Genehmigung in die Regelung aufgenommen sind. Dieselbe Vertragspartei darf diese Nummer keinem anderen Fahrzeugtyp oder Bauteiltyp zuteilen.
- 4.3. Über die Erteilung, Erweiterung, Versagung oder Zurücknahme einer Genehmigung für einen Fahrzeugtyp nach dieser Regelung sind die Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Anhang 1, Teil 2 dieser Regelung entspricht. Diesem Mitteilungsblatt sind Fotografien und/oder Zeichnungen in geeignetem Maßstab beizufügen, die vom Antragsteller zur Verfügung zu stellen sind und deren Format nicht größer als A4 (210 mm × 297 mm) ist oder die auf dieses Format gefaltet sind.
- 4.4. An jedem Fahrzeug, jedem Wasserstoffspeichersystem oder jedem spezifischen Bauteil, das einem nach dieser Regelung genehmigten Typ entspricht, ist sichtbar und an gut zugänglicher Stelle, die im Mitteilungsblatt angegeben ist, ein internationales Genehmigungszeichen nach den Mustern in Anhang 2 anzubringen, bestehend aus:
- 4.4.1. einem Kreis, in dem sich der Buchstabe „E“ und die Kennzahl des Landes befinden, das die Genehmigung erteilt hat ^(?);
- 4.4.2. der Nummer dieser Regelung mit dem nachgestellten Buchstaben „R“, einem Bindestrich und der Genehmigungsnummer rechts neben dem Kreis nach Absatz 4.4.1.
- 4.5. Entspricht das Fahrzeug einem Fahrzeugtyp, der auch nach einer oder mehreren anderen Regelungen zum Übereinkommen in dem Land genehmigt wurde, das die Genehmigung nach dieser Regelung erteilt hat, dann braucht das Zeichen nach Absatz 4.4.1 nicht wiederholt zu werden; in diesem Fall sind die Regelungs- und Genehmigungsnummern und die zusätzlichen Zeichen aller Regelungen, aufgrund derer die Genehmigung erteilt wurde, untereinander rechts neben dem Zeichen nach Absatz 4.4.1 anzuordnen.
- 4.6. Das Genehmigungszeichen muss deutlich lesbar und dauerhaft sein.
- 4.6.1. Im Falle eines Fahrzeugs, ist das Genehmigungszeichen dicht neben dem Typenschild des Fahrzeugs oder auf diesem selbst anzubringen.
- 4.6.2. Im Falle eines Wasserstoffspeichersystems ist das Genehmigungszeichen auf dem Behälter anzubringen.
- 4.6.3. Im Falle eines spezifischen Bauteils ist das Genehmigungszeichen auf dem spezifischen Bauteil anzubringen.

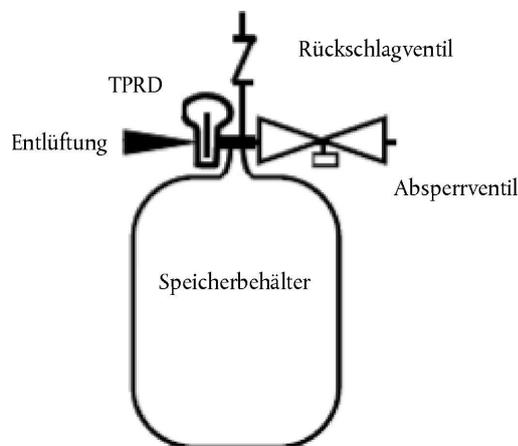
^(?) Die Kennzahlen der Vertragsparteien des Übereinkommens aus dem Jahr 1958 sind in Anhang 3 der Sammelresolution über Fahrzeugtechnik enthalten (R.E.3) (Dokument ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, Anhang 3 — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html)

5. TEIL I — SPEZIFIKATIONEN DES DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEMS

Dieser Teil beschreibt die Anforderungen an das Druckwasserstoff-Speichersystem. Das Wasserstoffspeichersystem besteht aus dem Hochdruck-Speicherbehälter und primären Absperrvorrichtungen für Öffnungen des Hochdruck-Speicherbehälters. Abbildung 1 zeigt ein typisches Druckwasserstoff-Speichersystem, bestehend aus einem Druckbehälter, drei Absperrvorrichtungen und deren Armaturen. Die Absperrvorrichtungen müssen folgende Funktionen beinhalten, die kombiniert werden können:

- a) TPRD;
- b) Rückschlagventil, das den Rückfluss zur Einfüllöffnung verhindert; und
- c) automatisches Absperrventil, das sich schließen kann, um den Fluss vom Behälter zur Brennstoffzelle oder zum Verbrennungsmotor zu verhindern. Jedes Absperrventil und TPRD, das zum primären Verschluss des Durchflusses aus dem Vorratsbehälter dient, muss direkt an oder in jedem Behälter installiert werden. Mindestens ein Bauteil mit Rückschlagventilfunktion muss direkt an oder in jedem Behälter installiert sein.

Abbildung 1

Typisches Druckwasserstoff-Speichersystem

Alle neuen Druckwasserstoff-Speichersysteme, die für den Straßenfahrzeugbetrieb hergestellt werden, müssen einen NWP von 70 MPa oder weniger und eine Lebensdauer von 15 Jahren oder weniger aufweisen und die Anforderungen von Absatz 5 erfüllen.

Das Wasserstoffspeichersystem muss die in diesem Absatz genannten Anforderungen an die Leistungsprüfung erfüllen. Die Qualifikationsanforderungen für den Straßeneinsatz sind:

- 5.1. Überprüfungen der Vergleichskennzahlen
- 5.2. Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (hydraulische Folgeprüfungen)
- 5.3. Überprüfung der zu erwartenden Systemleistung auf der Straße (pneumatische Folgeprüfungen)
- 5.4. Überprüfung der Leistung des Betriebsabbruchsystems im Brandfall
- 5.5. Überprüfung der Leistungsbeständigkeit von primären Verschlüssen

Die Prüfelemente im Rahmen dieser Leistungsanforderungen sind in der Tabelle unten zusammengefasst. Die entsprechenden Prüfverfahren sind in Anhang 3 aufgeführt.

Überblick der Leistungsanforderungen

5.1.	Überprüfungen der Vergleichskennzahlen
5.1.1.	Vergleichswert des erstmaligen Berstdrucks
5.1.2.	Vergleichswert der erstmaligen Druckzyklus-Lebensdauer

5.2.	Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (hydraulische Folgeprüfungen)
5.2.1.	Druckprüfung
5.2.2.	Fall-(Stoß-)Prüfung
5.2.3.	Oberflächenschäden
5.2.4.	Chemische Einwirkung und Druckzyklusprüfungen bei Umgebungstemperatur
5.2.5.	Statische Druckprüfung bei hohen Temperaturen
5.2.6.	Druckzyklus bei extremen Temperaturen
5.2.7.	Prüfung des verbleibenden Drucks
5.2.8.	Prüfung des verbleibenden Berstdrucks
5.3.	Überprüfung der zu erwartenden Leistung auf der Straße (pneumatische Folgeprüfungen)
5.3.1.	Druckprüfung
5.3.2.	Zyklische Gasdruckprüfung bei Umgebungstemperatur und extremen Temperaturen (pneumatisch)
5.3.3.	Leckage- und Permeationsprüfung für statischen Gasdruck bei extremen Temperaturen (pneumatisch)
5.3.4.	Prüfung des verbleibenden Drucks
5.3.5.	Prüfung des verbleibenden Berstdrucks (hydraulisch)
5.4.	Überprüfung der Leistung des Betriebsabbruchsystems im Brandfall
5.5.	Anforderungen an primäre Verschlussvorrichtungen

5.1. Überprüfungen der Vergleichskennzahlen

5.1.1. Vergleichswert des erstmaligen Berstdrucks

Drei (3) Behälter müssen bis zum Bersten hydraulisch unter Druck gesetzt werden (Anhang 3 Absatz 2.1 Prüfverfahren). Der Hersteller muss Dokumentationen (Messungen und statistische Analysen) vorlegen, die den mittleren Berstdruck, BP_0 , neuer Speicherbehälter ermitteln.

Alle geprüften Behälter müssen einen Berstdruck von ± 10 Prozent des BP_0 und mehr aufweisen oder einem minimalen BP_{min} von 225 Prozent des NWP entsprechen.

Darüber hinaus müssen Behälter, die hauptsächlich aus Glasfaserverbundwerkstoff bestehen, einem minimalen Berstdruck von mehr als 350 Prozent des NWP standhalten.

5.1.2. Vergleichswert der erstmaligen Druckzyklus-Lebensdauer

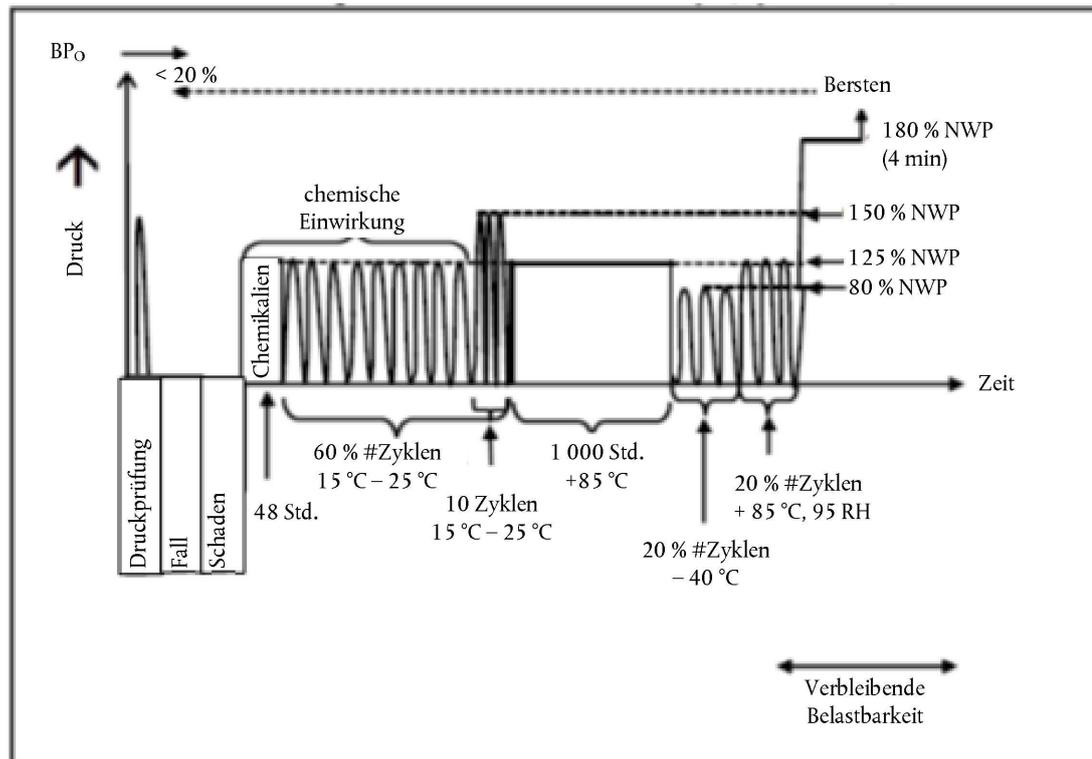
Drei (3) Behälter müssen bei einer Umgebungstemperatur von $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ bis 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) ohne Bruch für 22 000 Zyklen oder bis zum Auftreten eines Lecks hydraulisch zyklisch unter Druck gesetzt werden (Anhang 3, Absatz 2.2 Prüfverfahren). Leckagen dürfen bei einer Lebensdauer von 15 Jahren innerhalb von 11 000 Zyklen nicht auftreten.

5.2. Überprüfungen der Leistungsbeständigkeit (hydraulische Folgeprüfungen)

Wenn alle drei unter Absatz 5.1.2 durchgeführten Druckzyklus-Lebensdauerermessungen 11 000 Zyklen übersteigen oder wenn sie alle innerhalb von ± 25 Prozent liegen, wird gemäß Absatz 5.2 nur ein (1) Behälter geprüft. Andernfalls werden drei (3) Behälter nach Absatz 5.2 geprüft.

Der Wasserstoffspeicherbehälter darf bei der folgenden Abfolge von Prüfungen, die nacheinander auf ein einzelnes System angewendet werden und die in Abbildung 2 dargestellt sind, nicht auslaufen. Einzelheiten zu den anwendbaren Prüfverfahren für Wasserstoffspeichersysteme sind in Anhang 3 Absatz 3 enthalten.

Abbildung 2:

Überprüfung der Leistungsbeständigkeit (hydraulisch)

5.2.1. Druckprüfung

Die Speicherbehälter werden für mindestens 30 Sekunden mit 150 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) unter Druck gesetzt (Anhang 3 Absatz 3.1 Prüfverfahren).

5.2.2. Fall-(Stoß-)Prüfung

Der Speicherbehälter wird in mehreren Aufprallwinkeln fallen gelassen (Anhang 3 Absatz 3.2 Prüfverfahren).

5.2.3. Prüfung auf Oberflächenschäden

Der Speicherbehälter wird Oberflächenbeschädigungen ausgesetzt (Anhang 3, Absatz 3.3 Prüfverfahren).

5.2.4. Chemische Einwirkung und Druckzyklusprüfung bei Umgebungstemperatur

Der Speicherbehälter ist Chemikalien ausgesetzt, die für Gewöhnlich im Straßenverkehr vorkommen, und wird mit einem Druck von 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei 20 (± 5) °C für 60 Prozent der Druckzyklen mit Druck beaufschlagt (Anhang 3, Absatz 3.4 Prüfverfahren). Die chemische Belastung wird vor den letzten 10 Zyklen eingestellt, die mit 150 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) durchgeführt werden.

5.2.5. Statische Druckprüfung bei hohen Temperaturen.

Die Speicherbehälter werden für mindestens 1 000 Stunden bei ≥ 85 °C mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) unter Druck gesetzt (Anhang 3 Absatz 3.5 Prüfverfahren).

5.2.6. Druckzyklus bei extremen Temperaturen

Der Speicherbehälter wird bei ≤ - 40 °C mit bis zu 80 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei 20 Prozent der Zyklen und bei ≥ +85 °C mit 95 (± 2) Prozent relativer Feuchtigkeit mit bis zu 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei 20 Prozent der Zyklen zyklisch unter Druck gesetzt (Anhang 3, Absatz 2.2 Prüfverfahren).

5.2.7. Prüfung des verbleibenden hydraulischen Drucks. Der Speicherbehälter wird für mindestens 4 Minuten mit 180 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) unter Druck gesetzt, ohne zu bersten (Anhang 3 Absatz 3.1 Prüfverfahren).

5.2.8. Prüfung der verbleibenden Berstfestigkeit

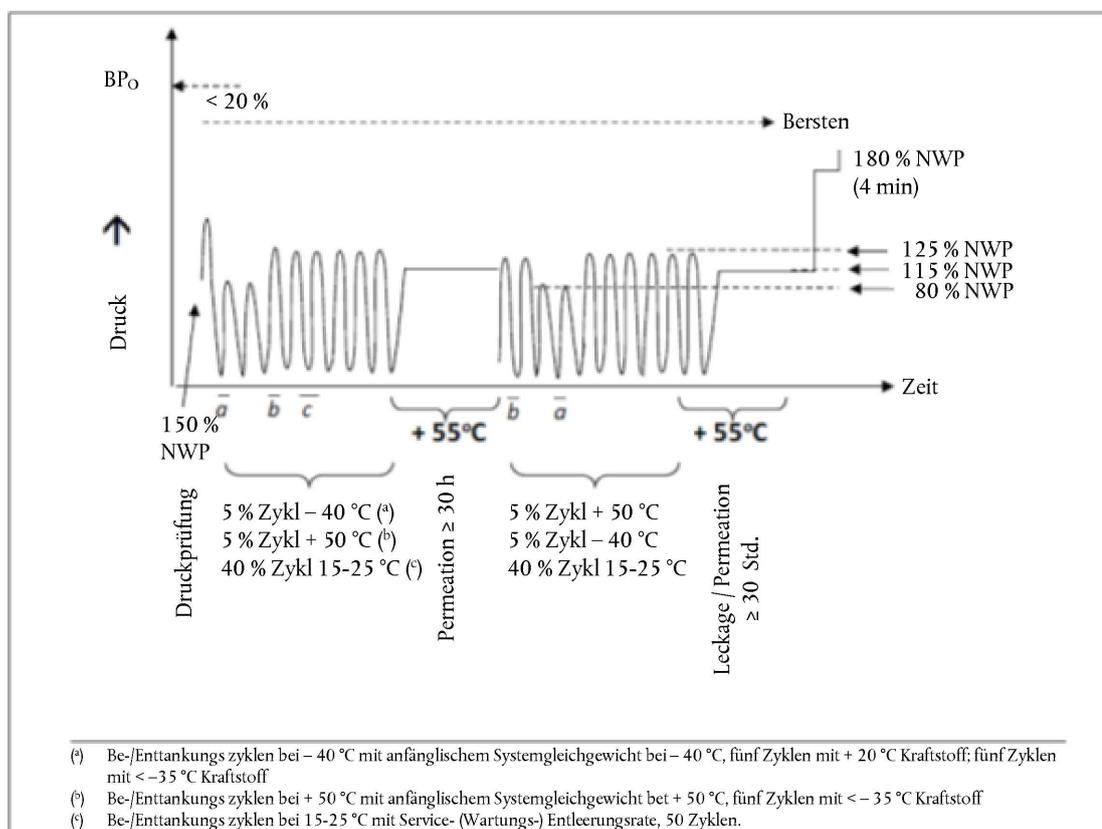
Der Speicherbehälter wird einer hydraulischen Berstprüfung unterzogen, um sicherzustellen, dass der Berstdruck mindestens 80 % des in Absatz 5.1.1 bestimmten erstmaligen Berstdrucks (BP_0) beträgt. (Anhang 3 Absatz 2.1 Prüfverfahren).

5.3. Überprüfung der zu erwartenden Leistung auf der Straße (pneumatische Folgeprüfungen)

Ein Wasserstoffspeichersystem darf bei der folgenden Abfolge von Prüfungen, die in Abbildung 3 dargestellt sind, nicht auslaufen. Einzelheiten zu den anwendbaren Prüfverfahren für Wasserstoffspeichersysteme sind in Anhang 3 enthalten.

Abbildung 3

Überprüfung der zu erwartenden Leistung auf der Straße (pneumatisch/hydraulisch)



5.3.1. Druckprüfung

Das System wird für mindestens 30 Sekunden mit 150 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) unter Druck gesetzt (Anhang 3 Absatz 3.1 Prüfverfahren). Speicherbehälter, die in der Fertigung einer Druckprüfung unterzogen wurden, können von dieser Prüfung ausgenommen werden.

5.3.2. Zyklische Gasdruckprüfung bei Umgebungstemperatur und extremen Temperaturen

Das System wird mit Wasserstoffgas für 500 Zyklen zyklisch unter Druck gesetzt betrieben (Anhang 3, Absatz 4.1 Prüfverfahren).

a) Die Druckzyklen sind in zwei Gruppen unterteilt: Eine Hälfte der Zyklen (250) wird vor der Einwirkung von statischem Druck (Absatz 5.3.3) und die andere Hälfte der Zyklen (250) nach der erstmaligen Einwirkung von statischem Druck (Absatz 5.3.3) durchgeführt, wie in Abbildung 3 dargestellt;

b) In der ersten Gruppe der Druckzyklen werden 25 Zyklen mit 80 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei ≤ -40 °C, dann 25 Zyklen mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei $\geq +50$ °C und 95 (± 2) Prozent relativer Feuchtigkeit und die restlichen 200 Zyklen mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei 20 (± 5) °C durchgeführt;

In der zweiten Gruppe der Druckzyklen werden 25 Zyklen mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei $\geq +50$ °C und 95 (± 2) Prozent relativer Feuchtigkeit durchgeführt, dann 25 Zyklen mit 80 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei ≤ -40 °C und die restlichen 200 Zyklen mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei 20 (± 5) °C.

c) Die Temperatur des Wasserstoffgas-Kraftstoffs beträgt ≤ -40 °C.

d) In der ersten Teilgruppe von 250 Druckzyklen werden fünf Zyklen mit einem Kraftstoff durchgeführt, der eine Temperatur von + 20 (± 5) °C aufweist, nach dem Temperatúrausgleich des Systems bei ≤ -40 °C; fünf Zyklen werden mit einem Kraftstoff durchgeführt, der eine Temperatur von ≤ -40 °C aufweist; und fünf Zyklen werden mit einem Kraftstoff durchgeführt, der eine Temperatur von ≤ -40 °C nach dem Temperatúrausgleich des Systems bei $\geq +50$ °C und 95 Prozent relativer Feuchtigkeit aufweist.

e) Fünfzig Druckzyklen werden mit einem Füllstand durchgeführt, der größer oder gleich dem Füllstand bei Wartungsarbeiten ist.

5.3.3. Leckage- und Permeationsprüfung für statischen Druck bei extremen Temperaturen.

a) Die Prüfung wird nach jeder Gruppe von 250 pneumatischen Druckzyklen gemäß Absatz 5.3.2 durchgeführt.

b) Die höchstzulässige Wasserstoffabgabe aus dem Druckwasserstoff-Speichersystem beträgt 46 ml/h/l der Wasserkapazität des Speichersystems (Anhang 3 Absatz 4.2 Prüfverfahren).

c) Wenn die gemessene Permeationsrate größer als 0,005 mg/sec (3,6 Nml/min) ist, wird eine lokale Dichtheitsprüfung durchgeführt, um sicherzustellen, dass kein Punkt der lokalisierten externen Leckage größer als 0,005 mg/sec (3,6 Nml/min) ist (Anhang 3, Absatz 4.3 Prüfverfahren).

5.3.4. Prüfung des verbleibenden Drucks (hydraulisch)

Die Speicherbehälter werden für mindestens 4 Minuten mit 180 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) unter Druck gesetzt, ohne zu bersten (Anhang 3 Absatz 3.1 Prüfverfahren).

5.3.5. Prüfung des verbleibenden Berstdrucks (hydraulisch)

Der Speicherbehälter wird hydraulisch zum Bersten gebraucht, um sicherzustellen, dass der Berstdruck mindestens 80 % des in Absatz 5.1.1 bestimmten erstmaligen Berstdrucks (BP_0) beträgt. (Anhang 3 Absatz 2.1 Prüfverfahren).

5.4. Überprüfung der Leistung des Betriebsabbruchsystems im Brandfall

In diesem Abschnitt wird die Feuersicherheitsprüfung mit Druckwasserstoff als Prüfgas beschrieben. Als alternatives Prüfgas kann Druckluft verwendet werden.

Das Wasserstoffspeichersystem wird mit dem NWP unter Druck gesetzt und einem Feuer ausgesetzt (Anhang 3 Absatz 5.1 Prüfverfahren). Die enthaltenen Gase müssen durch eine temperaturgesteuerte Druckentlastungsvorrichtung kontrolliert und ohne Bersten freigesetzt werden.

5.5. Anforderungen an primäre Verschlussvorrichtungen

Die primären Verschlussvorrichtungen, die das Hochdruck-Wasserstoffspeichersystem absperren, d. h. TPRD, Rückschlagventil und Absperrventil, wie in Abbildung 1 beschrieben, sind gemäß Teil II dieser Regelung zu prüfen und zu genehmigen und in Übereinstimmung mit dem genehmigten Typ herzustellen.

Eine erneute Prüfung des Speichersystems ist nicht erforderlich, falls alternative Verschlussvorrichtungen mit vergleichbarer Funktion, Armaturen, Materialien, Stabilität und Abmessungen vorgesehen sind und die oben genannte Bedingung erfüllen. Eine Änderung der TPRD-Hardware, ihrer Position oder der Entlüftungsleitungen erfordert jedoch eine neue Feuersicherheitsprüfung gemäß Absatz 5.4.

5.6. Kennzeichnung

Auf jedem Behälter ist ein Etikett mit mindestens den folgenden Angaben fest anzubringen: Name des Herstellers, Seriennummer, Herstellungsdatum, MFP, NWP, Kraftstoffart (z. B. „CHG“ für gasförmigen Wasserstoff) und Datum der Außerbetriebnahme. Jeder Behälter ist außerdem mit der Anzahl der Zyklen zu kennzeichnen, die im Prüfprogramm gemäß Absatz 5.1.2 vorgesehen sind. Jedes Etikett, das gemäß diesem Absatz am Behälter angebracht wird, ist so anzubringen, dass es für die Dauer der vom Hersteller empfohlenen Lebensdauer des Behälters an Ort und Stelle bleibt und lesbar ist.

Der Zeitpunkt der Außerbetriebnahme darf nicht später als 15 Jahre nach dem Herstellungsdatum sein.

6. TEIL II — SPEZIFIKATIONEN SPEZIFISCHER BAUTEILE FÜR DAS DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEM

6.1. TPRD-Anforderungen

TPRD müssen die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen:

- a) Druckzyklusprüfung (Anhang 4 Absatz 1.1)
- b) Beschleunigter Lebensdauertest (Anhang 4 Absatz 1.2)
- c) Temperaturzyklusprüfung (Anhang 4 Absatz 1.3)
- d) Prüfung der Salzkorrosionsbeständigkeit (Anhang 4 Absatz 1.4)
- e) Prüfung auf Einflüsse der Fahrzeugumgebung (Anhang 4 Absatz 1.5)
- f) Prüfung der Spannungsrisskorrosion (Anhang 4 Absatz 1.6)
- g) Fall- und Schwingungsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.7)
- h) Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.8)
- i) Aktivierungsprüfung für TPRD (Anhang 4 Absatz 1.9)
- j) Durchsatzprüfung (Anhang 4 Absatz 1.10).

6.2. Anforderungen für Rückschlagventile und automatische Absperrventile

Rückschlagventile und automatische Absperrventile müssen die folgenden Leistungsanforderungen erfüllen:

- a) Prüfung der hydrostatischen Belastbarkeit (Anhang 4 Absatz 2.1)
- b) Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 2.2)
- c) Druckzyklusprüfung bei extremen Temperaturen (Anhang 4 Absatz 2.3)
- d) Prüfung der Salzkorrosionsbeständigkeit (Anhang 4 Absatz 2.4)
- e) Prüfung auf Einflüsse der Fahrzeugumgebung (Anhang 4 Absatz 2.5)
- f) Prüfung auf Einflüsse der Umgebungsluft (Anhang 4 Absatz 2.6)
- g) Elektrische Prüfungen (Anhang 4 Absatz 2.7)
- h) Schwingungsprüfung (Anhang 4 Absatz 2.8)
- i) Prüfung der Spannungsrisskorrosion (Anhang 4 Absatz 2.9)
- j) Prüfung mit vorgekühltem Wasserstoff (Anhang 4 Absatz 2.10).

6.3. Mindestens die folgenden Informationen: MFP und Kraftstoffart (z. B. „CHG“ für gasförmigen Wasserstoff) sind auf jedem Bauteil, das als primäre Verschlussvorrichtung dient, deutlich lesbar und unauslöschlich anzugeben.

7. TEIL III — SPEZIFIKATIONEN EINES KFZ-KRAFTSTOFFSYSTEMS MIT DEM DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEM

Dieser Teil beschreibt die Anforderungen an das Kraftstoffsystem des Fahrzeugs, zu dem das Druckwasserstoff-Speichersystem, Rohrleitungen, Verbindungselemente und Bauteile, in denen Wasserstoff vorhanden ist, gehören. Das im Kraftstoffsystem des Fahrzeugs enthaltene Wasserstoffspeichersystem ist gemäß Teil I dieser Regelung zu prüfen und zu genehmigen und in Übereinstimmung mit dem genehmigten Typ herzustellen.

7.1. Anforderungen an das in Betrieb befindliche Kraftstoffsystem

7.1.1. Anschlussvorrichtung für die Betankung

7.1.1.1. Die Anschlussvorrichtung für die komprimierte Wasserstoff-Betankung muss den Rückstrom in die Atmosphäre verhindern. Das Prüfverfahren erfolgt durch Sichtprüfung.

7.1.1.2. Kennzeichnung der Anschlussvorrichtung für die Betankung: In der Nähe der Anschlussvorrichtung ist eine Kennzeichnung anzubringen; z. B. auf der Innenseite einer Tanköffnung, mit folgenden Angaben: Kraftstoffart (z. B. „CHG“ für gasförmigen Wasserstoff), MFP, NWP, Datum der Außerbetriebnahme der Behälter.

7.1.1.3. Die Anschlussvorrichtung für die Betankung muss am Fahrzeug montiert sein, um eine formschlüssige Verbindung des Tankstutzens zu gewährleisten. Die Anschlussvorrichtung muss vor Manipulationen und dem Eindringen von Schmutz und Wasser geschützt sein (z. B. in einem abschließbaren Gehäuse). Das Prüfverfahren erfolgt durch Sichtprüfung.

7.1.1.4. Die Anschlussvorrichtung für die Betankung darf nicht in den externen energieabsorbierenden Elementen des Fahrzeugs (z. B. Stoßstange) montiert werden und darf nicht im Fahrgastraum, im Gepäckraum und an anderen Orten installiert werden, an denen sich Wasserstoffgas ansammeln könnte und an denen die Belüftung unzureichend ist. Das Prüfverfahren erfolgt durch Sichtprüfung.

7.1.2. Überdruckschutz für das Niederdrucksystem (Anhang 5 Absatz 6 Prüfverfahren)

Das Wasserstoffsystem hinter dem Druckregler muss gegen Überdruck durch einen möglichen Ausfall des Druckreglers geschützt sein. Der Einstelldruck der Überdruck-Schutzvorrichtung muss niedriger oder gleich dem höchstzulässigen Betriebsdruck für den entsprechenden Abschnitt des Wasserstoffsystems sein.

7.1.3. Wasserstoff-Abgabesysteme

7.1.3.1. Druckentlastungssysteme (Anhang 5 Absatz 6 Prüfverfahren)

a) TPRD des Speichersystems Der Auslass der Entlüftungsleitung, falls vorhanden, für die Ableitung von Wasserstoffgas durch die TPRD des Speichersystems muss durch eine Abdeckung geschützt sein.

b) TPRD des Speichersystems Der Wasserstoffgasausstoß aus den TPRD des Speichersystems darf nicht gerichtet sein:

i) auf geschlossene oder teilgeschlossene Räume;

ii) auf oder in Richtung eines Fahrzeugradgehäuses;

iii) auf Wasserstoffgasbehälter;

iv) vorne aus dem Fahrzeug heraus oder horizontal (parallel zur Straße) aus der Rückseite oder den Seiten des Fahrzeugs.

c) Andere Druckentlastungsvorrichtungen (wie z. B. Berstscheiben) können außerhalb des Wasserstoffspeichersystems verwendet werden. Die Wasserstoffgasabgabe aus anderen Druckentlastungsvorrichtungen darf nicht gerichtet sein:

i) auf freiliegende elektrische Anschlüsse, freiliegende elektrische Schaltelemente oder andere Zündquellen;

ii) auf oder in Richtung des Fahrgastraums oder des Gepäckraums des Fahrzeugs;

iii) auf oder in Richtung eines Fahrzeugradgehäuses;

iv) auf Wasserstoffgasbehälter.

7.1.3.2. Fahrzeugabgassystem (Anhang 5 Absatz 4 Prüfverfahren)

Am Abgasausstoß des Fahrzeugabgassystems muss das Wasserstoffkonzentrationsniveau wie folgt sein:

- a) nicht mehr als vier Volumenprozent im Durchschnitt während jedes Drei-Sekunden-Zeitintervalls im Normalbetrieb einschließlich An- und Abschalten;
- b) und zu keinem Zeitpunkt mehr als acht Prozent (Anhang 5 Absatz 4 Prüfverfahren).

7.1.4. Schutz vor Bedingungen, die eine Entflammung begünstigen: Einzelausfallbedingungen

7.1.4.1. Durch Wasserstoffleckage und/oder -permeation aus dem Wasserstoffspeichersystem ausgetretener Wasserstoff darf nicht direkt in den Fahrgast- oder Gepäckraum oder in geschlossene oder teilgeschlossene Räume innerhalb des Fahrzeugs gelangen, die ungeschützte Zündquellen enthalten.

7.1.4.2. Jeder einzelne Ausfall hinter dem Hauptventil zur Wasserstoffabspernung darf nicht zu Ansammlungen von Wasserstoffkonzentrationen im Fahrgastraum gemäß dem Prüfverfahren in Anhang 5 Absatz 3.2 führen.

7.1.4.3. Führt ein einzelner Ausfall während des Betriebs zu einer Wasserstoffkonzentration von mehr als 3,0 Volumenprozent in der Luft in den geschlossenen oder teilgeschlossenen Räumen des Fahrzeugs, so ist eine Warnmeldung vorzusehen (Absatz 7.1.6). Überschreitet die Wasserstoffkonzentration in der Luft in den geschlossenen oder teilgeschlossenen Räumen des Fahrzeugs 4,0 Volumenprozent, so muss das Hauptabsperrentil geschlossen werden, um das Speichersystem abzutrennen. (Anhang 5 Absatz 3 Prüfverfahren).

7.1.5. Leckage im Kraftstoffsystem

Die Wasserstoff-Betankungsleitung (z. B. Rohrleitungen, Verbindungsstücke usw.) hinter dem/den Hauptabsperrentil(en) zum Brennstoffzellensystem oder zum Motor muss dicht sein. Die Konformität ist anhand des NWP zu überprüfen (Anhang 5 Absatz 5 Prüfverfahren).

7.1.6. Warnung des Fahrers durch Warnleuchte

Die Warnung muss durch ein optisches Signal oder einen Anzeigetext mit den folgenden Merkmalen erfolgen:

- a) Für den Fahrer sichtbar, wenn er sich in der für den Fahrer vorgesehenen Sitzposition befindet und der Sicherheitsgurt des Fahrers angelegt ist.
- b) Gelb bei Fehlfunktionen des Erkennungssystems (z. B. Abschaltung, Kurzschluss, Sensorfehler). In Übereinstimmung mit Absatz 7.1.4.3 muss es rot leuchten.
- c) Beim Aufleuchten muss es für den Fahrer sowohl bei Tageslicht als auch bei Nachtfahrten sichtbar sein.
- d) Leuchtet dauerhaft, wenn eine Konzentration von 3,0 Prozent oder eine Fehlfunktion des Detektionssystems vorliegt und sich die Zündanlage in der Position „eingeschaltet“ („in Betrieb“) befindet oder das Antriebssystem aktiviert ist.

7.2. Integrität des Kraftstoffsystems nach einem Aufprall

Das Kraftstoffsystem des Fahrzeugs muss nach den Crashtests des Fahrzeugs gemäß den folgenden Regelungen die folgenden Anforderungen erfüllen, indem ferner die in Anhang 5 dieser Regelung vorgeschriebenen Prüfverfahren angewendet werden.

- a) Frontalaufprallprüfung gemäß Regelung Nr. 12 oder Regelung Nr. 94 und
- b) Seitliche Schlagprüfung gemäß Regelung Nr. 95.

Für den Fall, dass eine oder beide der vorstehend genannten Fahrzeug-Crashtests für das Fahrzeug nicht anwendbar sind, muss das Kraftstoffsystem des Fahrzeugs stattdessen die nachstehend angegebenen relevanten alternativen Beschleunigungen durchlaufen und das Wasserstoffspeichersystem muss in einer Position montiert sein, die den Anforderungen in Absatz 7.2.4 entspricht. Die Beschleunigungen sind an der Stelle zu messen, an der das Wasserstoffspeichersystem installiert ist. Das Kraftstoffsystem des Fahrzeugs muss an dem repräsentativen Teil des Fahrzeugs angebracht und befestigt sein. Die verwendete Masse muss repräsentativ für einen voll ausgestatteten und gefüllten Behälter oder eine Behälterbaugruppe sein.

Beschleunigungen für Fahrzeuge der Kategorien M₁ und N₁:

- a) 20 g in Fahrtrichtung (vorwärts und rückwärts);
- b) 8 g horizontal senkrecht zur Fahrtrichtung (nach links und rechts).

Beschleunigungen für Fahrzeuge der Kategorien M₂ und N₂:

- a) 10 g in Fahrtrichtung (vorwärts und rückwärts);
- b) 5 g horizontal senkrecht zur Fahrtrichtung (nach links und rechts).

Beschleunigungen für Fahrzeuge der Kategorien M₃ und N₃:

- a) 6,6 g in Fahrtrichtung (vorwärts und rückwärts);
- b) 5 g horizontal senkrecht zur Fahrtrichtung (nach links und rechts).

7.2.1. Grenzwert für Kraftstoffleckagen

Der Volumenstrom von Wasserstoffgasleckagen darf für das Zeitintervall Δt , wie in Anhang 5 Absatz 1.1 oder 1.2 festgelegt, einen Durchschnittswert von 118 Nl pro Minute nicht überschreiten.

7.2.2. Grenzwert für die Konzentration in geschlossenen Räumen

Das Austreten von Wasserstoffgas darf die Wasserstoffkonzentration in der Luft in den Fahrgast- und Gepäckräumen nicht auf mehr als 4,0 Volumenprozent ansteigen lassen (Anhang 5 Absatz 2 Prüfverfahren). Die Anforderung ist erfüllt, wenn bestätigt wird, dass sich das Absperrventil des Speichersystems innerhalb von fünf Sekunden nach dem Aufprall geschlossen hat und keine Leckage aus dem Speichersystem vorliegt.

7.2.3. Verschiebung des Behälters

Der (die) Lagerbehälter muss/müssen an mindestens einem Befestigungspunkt am Fahrzeug befestigt bleiben.

7.2.4. Zusätzliche Montageanforderungen

7.2.4.1. Anforderungen an die Installation von Wasserstoffspeichersystemen, die keiner Frontalaufprallprüfung unterzogen werden:

Der Behälter ist in einer Position zu befestigen, die nach hinten auf einer vertikalen Ebene liegt, die senkrecht zur Mittellinie des Fahrzeugs verläuft und 420 mm nach hinten von der Vorderkante des Fahrzeugs entfernt ist.

7.2.4.2. Anforderungen an die Installation von Wasserstoffspeichersystemen, die keiner seitlichen Schlagprüfung unterzogen werden:

Der Behälter ist in einer Position zu befestigen, die zwischen den beiden vertikalen Ebenen, die parallel zur Mittellinie des Fahrzeugs verlaufen, liegt und 200 mm im Inneren vom äußersten Fahrzeugrand in der Nähe seines/seiner Behälter(s) angeordnet ist.

8. ÄNDERUNG DES TYP UND ERWEITERUNG DER GENEHMIGUNG

8.1. Jede Änderung eines bestehenden Fahrzeugtyps oder Wasserstoffspeichersystems oder eines spezifischen Bauteils für ein Wasserstoffspeichersystem ist der Typgenehmigungsbehörde mitzuteilen, die diesen Typ genehmigt hat. Die Behörde kann dann:

- a) im Benehmen mit dem Hersteller entscheiden, dass eine neue Typgenehmigung zu erteilen ist, oder
- b) das in Absatz 8.1.1 (Überarbeitung) beschriebene Verfahren und gegebenenfalls das in Absatz 8.1.2 (Erweiterung) enthaltene Verfahren anwenden.

8.1.1. Überarbeitung

Wenn sich in den Beschreibungsbögen in Anhang 1 enthaltene Angaben ändern und die Typgenehmigungsbehörde die Auffassung vertritt, dass die vorgenommenen Änderungen keine nennenswerte nachteilige Auswirkung haben und dass das Fahrzeug/Wasserstoffspeichersystem/spezifische Bauteil in jedem Fall noch den Vorschriften entspricht, dann wird diese Änderung als „Überarbeitung“ bezeichnet.

In diesem Fall gibt die Typgenehmigungsbehörde, soweit erforderlich, die überarbeiteten Seiten der Beschreibungsbögen in Anhang 1 heraus und kennzeichnet jede überarbeitete Seite, damit die Art der Änderung und das Datum der Neuausgabe klar ersichtlich sind. Eine konsolidierte, aktualisierte Fassung der Beschreibungsbögen in Anhang 1 mit einer ausführlichen Beschreibung der Änderungen erfüllt diese Anforderung.

8.1.2. Erweiterung

Die Änderung wird als „Erweiterung“ bezeichnet, wenn zusätzlich zu der Änderung an den in der Beschreibungsmappe aufgezeichneten Einzelheiten

- a) weitere Kontrollen oder Prüfungen erforderlich sind oder
- b) Angaben im Mitteilungsblatt (außer in den zugehörigen Anhängen) geändert wurden oder
- c) die Genehmigung nach einer späteren Änderungsserie nach ihrem Inkrafttreten beantragt wird.

8.2. Die Bestätigung oder Versagung der Genehmigung ist den Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, unter Angabe der Änderungen nach dem Verfahren gemäß Absatz 4.3 mitzuteilen. Das Verzeichnis der dem Mitteilungsblatt nach Anhang 1 beigefügten Beschreibungsbögen und Prüfberichte ist entsprechend zu ändern, um das Datum der jüngsten Überarbeitung oder Erweiterung anzugeben.

8.3. Die Typgenehmigungsbehörde, die die Erweiterung der Genehmigung bescheinigt, teilt jedem Mitteilungsblatt über eine solche Erweiterung eine Seriennummer zu.

9. ÜBEREINSTIMMUNG DER PRODUKTION

Die Verfahren zur Kontrolle der Übereinstimmung der Produktion müssen den Bestimmungen in Anlage 2 zum Übereinkommen (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/2/Rev.505) entsprechen und mindestens die folgenden Vorschriften einhalten:

9.1. Ein nach dieser Regelung zugelassenes Fahrzeug, Wasserstoffspeichersystem oder ein nach dieser Regelung zugelassenes Bauteil muss so hergestellt sein, dass es dem genehmigten Typ entspricht, der die jeweiligen Anforderungen der Absätze 5 bis 7 erfüllt.

9.2. Die Typgenehmigungsbehörde, die die Genehmigung erteilt hat, kann jederzeit die Übereinstimmung der Kontrollmethoden für jede Produktionseinheit überprüfen. Diese Überprüfungen werden normalerweise einmal alle zwei Jahre durchgeführt.

9.3. Im Falle eines Druckwasserstoff-Speichersystems muss die Produktionskontrolle des Behälters die folgenden zusätzlichen Anforderungen erfüllen:

9.3.1 Jeder Behälter ist gemäß Absatz 5.2.1 dieser Regelung zu prüfen. Der Prüfdruck beträgt ≥ 150 Prozent des NWP.

9.3.2. Chargenprüfung

In jedem Fall ist für jede Charge, die 200 fertige Zylinder oder Innenbehälter (außer Zylinder und Innenbehälter für zerstörende Prüfungen) oder mehr als die in einer Produktionsschicht nacheinander hergestellten Zylinder oder Innenbehälter, je nachdem, welche Zahl größer ist, nicht überschreiten darf, mindestens ein Behälter der Berstprüfung nach Absatz 9.3.2.1 und darüber hinaus mindestens ein Behälter der Druckzyklusprüfung nach Absatz 9.3.2.2 zu unterziehen.

9.3.2.1. Berstprüfung in der Chargenprüfung

Die Prüfung ist nach Absatz 2.1 (hydrostatische Berstdruckprüfung) des Anhangs 3 durchzuführen. Der erforderliche Berstdruck muss mindestens BP_{min} betragen und der durchschnittliche Berstdruck der letzten zehn Prüfungen muss bei oder über $BP_0 - 10$ Prozent liegen.

9.3.2.2. Druckzyklusprüfung in der Chargenprüfung bei Umgebungstemperatur

Die Prüfung ist gemäß Anhang 3 Absatz 2.2 Buchstaben a bis c (hydrostatische Druckzyklusprüfung) durchzuführen, mit der Ausnahme, dass die Temperaturanforderungen für die Kraftstofflüssigkeit und den Behältermantel sowie die Anforderungen an die relative Feuchtigkeit nicht gelten. Der Zylinder muss mit einem hydrostatischen Druck von ≥ 125 Prozent des NWP in 22 000 Zyklen oder bis eine Undichtigkeit auftritt mit Druck beaufschlagt werden. Bei einer Lebensdauer von 15 Jahren darf der Zylinder innerhalb der ersten 11 000 Zyklen nicht undicht werden oder bersten.

9.3.2.3. Bestimmungen für die Relaxation

Bei der Druckzyklusprüfung in Umgebungstemperatur im Rahmen der Chargenprüfung müssen fertige Zylinder mit einer wie folgt definierten Probenahmehäufigkeit unter Druck gesetzt werden:

- 9.3.2.3.1. Ein Zylinder aus jeder Charge wird mit 11 000 Zyklen über eine Lebensdauer von 15 Jahren zyklisch unter Druck gesetzt.
- 9.3.2.3.2. Sollte bei zehn aufeinanderfolgenden Produktionschargen gleicher Bauart keiner der zyklisch unter Druck gesetzten Zylinder in unter 11 000 Zyklen $\times 1,5$ — für die Lebensdauer von 15 Jahren — auslaufen oder bersten, kann die Druckzyklusprüfung auf einen Zylinder aus jeder fünften Produktionscharge reduziert werden.
- 9.3.2.3.3. Sollte bei zehn aufeinanderfolgenden Produktionschargen gleicher Bauart keiner der zyklisch unter Druck gesetzten Zylinder in unter 11 000 Zyklen $\times 2,0$ — für die Lebensdauer von 15 Jahren — auslaufen oder bersten, kann die Druckzyklusprüfung auf einen Zylinder aus jeder zehnten Produktionscharge reduziert werden.
- 9.3.2.3.4. Sind seit der letzten Produktionscharge mehr als sechs Monate vergangen, so ist die Probenahmehäufigkeit für die nächste Produktionscharge die in Absatz 9.3.2.3.2 oder 9.3.2.3.3 genannte.
- 9.3.2.3.5. Sollte ein Zylinder, der mit der Probenahmehäufigkeit gemäß Absatz 9.3.2.3.2 oder 9.3.2.3.3 geprüft wurde, nicht die erforderliche Anzahl von Druckzyklen erfüllen, so ist es erforderlich, die Druckzyklusprüfung mit der Probenahmehäufigkeit gemäß Absatz 9.3.2.3.1 für mindestens zehn Produktionschargen zu wiederholen. Die Probenahmehäufigkeit für spätere Prüfungen ist die in Absatz 9.3.2.3.2 oder 9.3.2.3.3 genannte.
- 9.3.2.3.6. Erfüllt ein Zylinder, der mit der in den Absätzen 9.3.2.3.1, 9.3.2.3.2 oder 9.3.2.3.3 festgelegten Probenahmehäufigkeit geprüft wurde, nicht die Mindestanforderung an die Anzahl der Druckzyklen (11 000 Zyklen), so ist die Ausfallursache zu ermitteln und nach den Verfahren in Absatz 9.3.2.3.7 zu beheben.

Die Druckzyklusprüfung ist dann an drei zusätzlichen Zylindern der betreffenden Charge zu wiederholen. Erfüllt einer der drei zusätzlichen Zylinder nicht die Mindestanforderung an die Anzahl der Druckzyklen (11 000 Zyklen), so sind alle Zylinder dieser Charge zurückzuweisen.

- 9.3.2.3.7. Werden Prüfanforderungen nicht erfüllt, so ist eine erneute Prüfung oder eine erneute Wärmebehandlung mit anschließender Prüfung wie folgt durchzuführen:
 - a) Gibt es Hinweise darauf, dass bei der Prüfung fehlerhaft vorgegangen wurde oder ein Messfehler aufgetreten ist, ist eine weitere Prüfung vorzunehmen. Ist das Ergebnis dieser Prüfung zufriedenstellend, wird die erste Prüfung nicht berücksichtigt.
 - b) Wurde bei der Prüfung korrekt vorgegangen, ist zu ermitteln, warum ihre Anforderungen nicht erfüllt wurden.

Alle Zylinder, die die Anforderungen nicht erfüllen, sind nach einem zugelassenen Verfahren zurückzuweisen oder in Stand zu setzen. Die nicht zurückgewiesenen Zylinder gelten dann als neue Produktionscharge.

In jedem Fall ist die neue Produktionscharge erneut zu prüfen. Alle zum Nachweis der Annehmbarkeit der neuen Produktionscharge erforderlichen Typ- und Chargenprüfungen sind zu wiederholen. Wird ein Zylinder einer Charge durch eine oder mehrere Prüfungen als nicht zufriedenstellend befunden, so sind alle Zylinder dieser Charge zurückzuweisen.

10. MASSNAHMEN BEI ABWEICHUNGEN IN DER PRODUKTION

- 10.1. Die für einen Fahrzeug-, System- oder Baugruppentyp nach dieser Regelung erteilte Genehmigung kann zurückgenommen werden, wenn die Vorschriften des Absatzes 9 nicht eingehalten sind.
- 10.2. Nimmt eine Vertragspartei des Übereinkommens, die diese Regelung anwendet, eine von ihr erteilte Genehmigung zurück, so hat sie davon unverzüglich die anderen Vertragsparteien, die diese Regelung anwenden, mit einem Mitteilungsblatt zu unterrichten, das dem Muster in Teil 2 des Anhangs 1 dieser Regelung entspricht.

11. ENDGÜLTIGE EINSTELLUNG DER PRODUKTION

Stellt der Genehmigungsinhaber die Herstellung eines nach dieser Regelung genehmigten Fahrzeugtyps, Systems oder Bauteils vollständig ein, so hat er dies der Behörde mitzuteilen, die die Genehmigung erteilt hat, die ihrerseits unverzüglich die anderen Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, mittels eines Mitteilungsformulars nach dem Muster in Teil 2 des Anhangs 1 dieser Regelung informiert.

12. NAMEN UND ANSCHRIFTEN DER TECHNISCHEN DIENSTE, DIE DIE PRÜFUNGEN FÜR DIE GENEHMIGUNG DURCHFÜHREN, UND DER TYPGENEHMIGUNGSBEHÖRDEN

Die Vertragsparteien des Übereinkommens, die diese Regelung anwenden, übermitteln dem Sekretariat der Vereinten Nationen die Namen und Anschriften der für die Durchführung von Genehmigungsprüfungen zuständigen technischen Dienste und der Typgenehmigungsbehörden mit, die die Genehmigung erteilen und denen die in anderen Ländern ausgestellten Mitteilungsblätter über die Erteilung oder Erweiterung oder Versagung oder Zurücknahme der Genehmigung zu übersenden sind.

ANHANG I

TEIL 1

Muster - I

Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung eines Wasserstoffspeichersystems bezüglich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen.

Die folgenden Informationen müssen gegebenenfalls ein Inhaltsverzeichnis enthalten. Liegen Zeichnungen bei, so müssen diese das Format A4 haben oder auf das Format A4 gefaltet sein und hinreichende Einzelheiten in geeignetem Maßstab enthalten. Liegen Fotografien bei, so müssen diese hinreichende Einzelheiten erkennen lassen.

Verfügen die Systeme oder Bauteile über elektronische Regler, ist ein Bericht über deren Funktion beizufügen.

- 0. Allgemeines
- 0.1. Fabrikmarke (Firmenname des Herstellers):
- 0.2. Typ:
- 0.2.1. Handelsname(n) (sofern vorhanden):
- 0.5. Name und Anschrift des Herstellers:
- 0.8. Name(n) und Anschrift(en) der Fertigungsstätte(n):
- 0.9. (Ggf.) Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
- 3. Antriebsmaschine
- 3.9. Wasserstoffspeichersystem
- 3.9.1. Wasserstoffspeichersystem zur Verwendung von flüssigem/komprimiertem (gasförmigem) Wasserstoff ⁽¹⁾
- 3.9.1.1. Beschreibung und Zeichnung des Wasserstoffspeichersystems:
- 3.9.1.2. Fabrikmarke(n):
- 3.9.1.3. Typ(en):
- 3.9.2. Behälter
- 3.9.2.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.2.2. Typ(en):
- 3.9.2.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.2.4. Nennbetriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.2.5. Anzahl der Befüllungszyklen:.....
- 3.9.2.6. Kapazität: Liter (Wasser)
- 3.9.2.7. Werkstoff:
- 3.9.2.8. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.3. Thermische Druckentlastungsvorrichtung(en)
- 3.9.3.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.3.2. Typ(en):

⁽¹⁾ Nichtzutreffendes streichen (trifft mehr als eine Angabe zu, ist unter Umständen nichts zu streichen).

- 3.9.3.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.3.4. Einstelldruck:
- 3.9.3.5. Einstelltemperatur:
- 3.9.3.6. Abblasleistung:
- 3.9.3.7. Normale maximale Betriebstemperatur: °C
- 3.9.3.8. Nennbetriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.3.9. Werkstoff:
- 3.9.3.10. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.3.11. Zulassungsnummer:
- 3.9.4. Rückschlagventil(e)
- 3.9.4.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.4.2. Typ(en):
- 3.9.4.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.4.4. Nennbetriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.4.5. Werkstoff:
- 3.9.4.6. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.4.7. Zulassungsnummer:
- 3.9.5. Automatische(s) Absperrventil(e)
- 3.9.5.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.5.2. Typ(en):
- 3.9.5.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.5.4. Nennbetriebsdruck (-drücke) und, falls hinter dem ersten Druckregler, höchstzulässige(r) Betriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.5.5. Werkstoff:
- 3.9.5.6. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.5.7. Zulassungsnummer:

Muster - II

Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung spezifischer Bauteile für Wasserstoff-Speichersysteme hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb

Die folgenden Informationen müssen gegebenenfalls ein Inhaltsverzeichnis enthalten. Liegen Zeichnungen bei, so müssen diese das Format A4 haben oder auf das Format A4 gefaltet sein und hinreichende Einzelheiten in geeignetem Maßstab enthalten. Liegen Fotografien bei, so müssen diese hinreichende Einzelheiten erkennen lassen.

Verfügen die Bauteile über elektronische Regler, ist ein Bericht über deren Funktion beizufügen.

0. Allgemeines

0.1. Fabrikmarke (Firmenname des Herstellers):

- 0.2. Typ:
- 0.2.1. Handelsname(n) (sofern vorhanden):
- 0.5. Name und Anschrift des Herstellers:
- 0.8. Name(n) und Anschrift(en) der Fertigungsstätte(n):
- 0.9. (Ggf.) Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
3. Antriebsmaschine
- 3.9.3. Thermische Druckentlastungsvorrichtung(en)
- 3.9.3.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.3.2. Typ(en):
- 3.9.3.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.3.4. Einstelldruck:
- 3.9.3.5. Einstelltemperatur:
- 3.9.3.6. Abblasleistung:
- 3.9.3.7. Normale Höchstbetriebstemperatur: °C
- 3.9.3.8. Nennbetriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.3.9. Werkstoff:
- 3.9.3.10. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.4. Rückschlagventil(e)
- 3.9.4.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.4.2. Typ(en):
- 3.9.4.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.4.4. Nennbetriebsdruck (-drücke): MPa
- 3.9.4.5. Werkstoff:
- 3.9.4.6. Beschreibung und Zeichnung:
- 3.9.5. Automatische(s) Absperrventil(e)
- 3.9.5.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.5.2. Typ(en):
- 3.9.5.3. Höchstzulässiger Betriebsdruck (MAWP): MPa
- 3.9.5.4. Nennbetriebsdruck (-drücke) und, falls hinter dem ersten Druckregler, höchstzulässige(r) Betriebsdruck (-drücke): MPa:
- 3.9.5.5. Werkstoff:
- 3.9.5.6. Beschreibung und Zeichnung:

Muster - III

Beschreibungsbogen Nr. ... über die Typgenehmigung eines Fahrzeugs hinsichtlich der sicherheitstechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb

Die folgenden Informationen müssen gegebenenfalls ein Inhaltsverzeichnis enthalten. Liegen Zeichnungen bei, so müssen diese das Format A4 haben oder auf das Format A4 gefaltet sein und hinreichende Einzelheiten in geeignetem Maßstab enthalten. Liegen Fotografien bei, so müssen diese hinreichende Einzelheiten erkennen lassen.

Verfügen die Systeme oder Bauteile über elektronische Regler, ist ein Bericht über deren Funktion beizufügen.

- 0. Allgemeines
- 0.1. Fabrikmarke (Firmenname des Herstellers):
- 0.2. Typ:
- 0.2.1. Handelsname(n) (sofern vorhanden):
- 0.3. Kennzeichen zur Typenidentifizierung, sofern am Fahrzeug vorhanden (?):
- 0.3.1. Anbringungsstelle dieser Kennzeichnung:
- 0.4. Fahrzeugklasse (?):
- 0.5. Name und Anschrift des Herstellers:
- 0.8. Name(n) und Anschrift(en) der Fertigungsstätte(n):
- 0.9. (Ggf.) Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
- 1. Allgemeine Baumerkmale des Fahrzeugs
- 1.1. Fotografien und/oder Zeichnungen eines repräsentativen Fahrzeugs:
- 1.3.3. Angetriebene Achsen (Zahl, Lage, Verbindung):
- 1.4. Fahrgestell (sofern vorhanden) (Übersichtszeichnung):
- 3. Antriebsmaschine
- 3.9. Wasserstoffspeichersystem
- 3.9.1. Wasserstoffspeichersystem zur Verwendung von flüssigem/komprimiertem (gasförmigem) Wasserstoff (*)
- 3.9.1.1. Beschreibung und Zeichnung des Wasserstoffspeichersystems:
- 3.9.1.2. Fabrikmarke(n):
- 3.9.1.3. Typ(en):
- 3.9.1.4. Zulassungsnummer:
- 3.9.6. Sensoren zur Erkennung von Wasserstoffaustritten:
- 3.9.6.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.6.2. Typ(en):
- 3.9.7. Kraftstofffülleinrichtung
- 3.9.7.1. Fabrikmarke(n):
- 3.9.7.2. Typ(en):
- 3.9.8. Zeichnungen mit den Anforderungen an die Installation und den Betrieb.

(?) Enthalten Kennzeichen der Typenidentifizierung Zeichen, die für die Beschreibung des Fahrzeugtyps gemäß diesem Beschreibungsbogen nicht wesentlich sind, so sind diese Schriftzeichen in den betreffenden Unterlagen durch das Symbol „[...]“ darzustellen. (z. B. [...]).

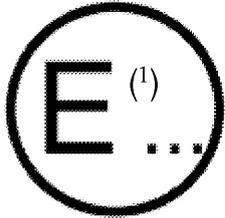
(?) Entsprechend der Definition in der Gesamtresolution über Fahrzeugtechnik (R.E.3) (ECE/TRANS/WP.29/78/Rev. 3, Absatz 2) — www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

(*) Nichtzutreffendes streichen (trifft mehr als eine Angabe zu, ist unter Umständen nichts zu streichen).

TEIL 2

Muster I
MITTEILUNG

(Größtes Format: A4 (210 × 297 mm))



Ausgestellt von: Bezeichnung der Behörde:

.....
.....
.....

- Über die ⁽²⁾: Erteilung der Genehmigung
- Erweiterung der Genehmigung
- Versagung der Genehmigung
- Zurücknahme der Genehmigung
- Endgültige Einstellung der Produktion

eines Typs eines Druckwasserstoff-Speichersystems im Hinblick auf die sicherheitsrelevante Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen gemäß der Regelung Nr. 134.

Nummer der Genehmigung: Nummer der Erweiterung der Genehmigung:

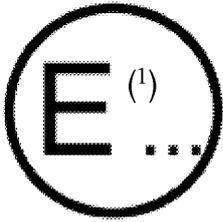
1. Handelsmarke:
2. Typ und Handelsmarken:
3. Name und Anschrift des Herstellers:
4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
5. Kurze Beschreibung des Wasserstoffspeichersystems:
6. Datum der Vorlage des Wasserstoffspeichersystems zur Genehmigung:
7. Technischer Dienst, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt:
8. Datum des Gutachtens des technischen Dienstes:
9. Nummer des Gutachtens des technischen Dienstes:
10. Die Genehmigung hinsichtlich der sicherheitstechnischen Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen wird erteilt/abgelehnt ⁽²⁾:
11. Ort:
12. Datum:
13. Unterschrift:
14. Der dieser Mitteilung beigefügte Beschreibungsbogen:
15. Bemerkungen:

⁽¹⁾ Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen hat (siehe die Vorschriften über die Genehmigung in der Regelung).

⁽²⁾ Nichtzutreffendes streichen.

Muster II
MITTEILUNG

(Größtes Format: A4 (210 × 297 mm))



Ausgestellt von: Bezeichnung der Behörde:

.....
.....
.....

- Über die: ⁽²⁾ Erteilung der Genehmigung
- Erweiterung der Genehmigung
- Versagung der Genehmigung
- Zurücknahme der Genehmigung
- Endgültige Einstellung der Produktion

eines spezifischen Bauteiltyps (TPRD/Rückschlagventil/Automatisches Absperrventil ⁽²⁾) im Hinblick auf die sicherheitsrelevante Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen gemäß der Regelung Nr. 134.

Nummer der Genehmigung: Nummer der Erweiterung der Genehmigung:

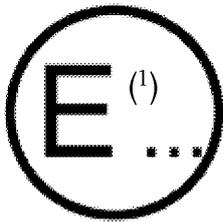
1. Handelsmarke:
2. Typ und Handelsmarken:
3. Name und Anschrift des Herstellers:
4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
5. Kurze Beschreibung des spezifischen Bauteils:
6. Datum der Vorlage des spezifischen Bauteils zur Genehmigung:
7. Technischer Dienst, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt:
8. Datum des Gutachtens des technischen Dienstes:
9. Nummer des Gutachtens des technischen Dienstes:
10. Die Genehmigung hinsichtlich der sicherheitstechnischen Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen wird erteilt/abgelehnt ⁽²⁾:
11. Ort:
12. Datum:
13. Unterschrift:
14. Der dieser Mitteilung beigefügte Beschreibungsbogen:
15. Bemerkungen:

⁽¹⁾ Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen hat (siehe die Vorschriften über die Genehmigung in der Regelung).

⁽²⁾ Nichtzutreffendes streichen.

Muster III
MITTEILUNG

(Größtes Format: A4 (210 × 297 mm))



Ausgestellt von: Bezeichnung der Behörde:

.....
.....
.....

- Über die ⁽²⁾: Erteilung der Genehmigung
- Erweiterung der Genehmigung
- Versagung der Genehmigung
- Zurücknahme der Genehmigung
- Endgültige Einstellung der Produktion

eines Fahrzeugtyps im Hinblick auf die sicherheitsrelevante Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen gemäß der Regelung Nr. 134.

Nummer der Genehmigung: Nummer der Erweiterung der Genehmigung:

1. Handelsmarke:
2. Typ und Handelsmarken:
3. Name und Anschrift des Herstellers:
4. Gegebenenfalls Name und Anschrift des Bevollmächtigten des Herstellers:
5. Kurze Beschreibung des Fahrzeugs:
6. Fahrzeug zur Genehmigung vorgeführt am:
7. Technischer Dienst, der die Prüfungen für die Genehmigung durchführt:
8. Datum des Gutachtens des technischen Dienstes:
9. Nummer des Gutachtens des technischen Dienstes:
10. Die Genehmigung hinsichtlich der sicherheitstechnischen Leistung von mit Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen wird erteilt/abgelehnt ⁽²⁾:
11. Ort:
12. Datum:
13. Unterschrift:
14. Der dieser Mitteilung beigefügte Beschreibungsbogen:
15. Bemerkungen:

⁽¹⁾ Kennzahl des Landes, das die Genehmigung erteilt/erweitert/versagt/zurückgenommen hat (siehe die Vorschriften über die Genehmigung in der Regelung).

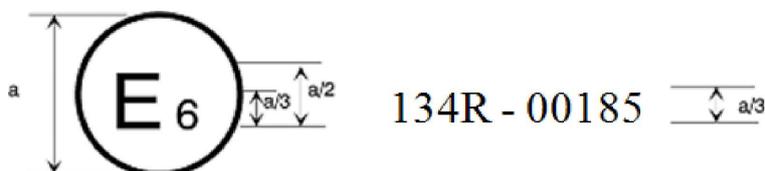
⁽²⁾ Nichtzutreffendes streichen.

ANHANG 2

ANORDNUNGEN DER GENEHMIGUNGSZEICHEN

MUSTER A

(siehe Absätze 4.4 bis 4.4.2 dieser Regelung)

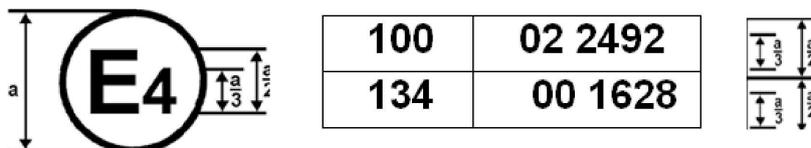


a = mind. 8 mm

Das vorstehende Genehmigungszeichen, das an einem Fahrzeug/Speichersystem/spezifischen Bauteil angebracht ist, zeigt, dass der betreffende Fahrzeugtyp/Speichersystemtyp/spezifische Bauteiltyp in Belgien (E 6) für seine sicherheitsrelevanten Eigenschaften von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb gemäß der Regelung Nr. 134 zugelassen wurde. Aus den ersten beiden Ziffern der Genehmigungsnummer geht hervor, dass die Genehmigung nach den Vorschriften der Regelung Nr. 134 in ihrer ursprünglichen Fassung erteilt worden ist.

MUSTER B

(siehe Absatz 4.5 dieser Regelung)



a = mind. 8 mm

Das oben dargestellte, an einem Fahrzeug angebrachte Genehmigungszeichen besagt, dass das betreffende Straßenfahrzeug in den Niederlanden (E 4) nach den Regelungen Nr. 134 und Nr. 100 genehmigt wurde. (*) Aus der Genehmigungsnummer geht hervor, dass bei der Erteilung der jeweiligen Genehmigungen die Regelung Nr. 100 die Änderungsserie 02 enthielt und die Regelung Nr. 134 noch in ihrer ursprünglichen Fassung vorlag.

(*) Die zweite Nummer dient nur als Beispiel.

ANHANG 3

PRÜFVERFAHREN FÜR DAS DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEM

1. DIE PRÜFVERFAHREN FÜR DIE QUALIFIKATIONSANFORDERUNGEN AN DIE DRUCKWASSERSTOFFSPEICHERUNG SIND WIE FOLGT AUFGEBAUT:

Absatz 2 dieses Anhangs enthält die Prüfverfahren für die grundlegenden Leistungskennzahlen (Anforderung aus Absatz 5.1 dieser Regelung).

Absatz 3 dieses Anhangs enthält die Prüfverfahren für die Leistungsbeständigkeit (Anforderung aus Absatz 5.2 dieser Regelung).

Absatz 4 dieses Anhangs enthält die Prüfverfahren für die zu erwartende Fahrleistung (Anforderung aus Absatz 5.3 dieser Regelung).

Absatz 5 dieses Anhangs enthält die Prüfverfahren für die Leistung des Betriebsabbruchs im Brandfall (Anforderung aus Absatz 5.4 dieser Regelung).

Absatz 6 dieses Anhangs enthält die Prüfverfahren für die Leistungsbeständigkeit von primären Absperrvorrichtungen (Anforderung aus Absatz 5.5 dieser Regelung).

2. PRÜFVERFAHREN FÜR GRUNDLEGENDE LEISTUNGSKENNZAHLEN (ANFORDERUNG AUS ABSATZ 5. 1 DIESER REGELUNG)

- 2.1. Berstprüfung (hydraulisch)

Die Berstprüfung wird bei einer Umgebungstemperatur von 20 (\pm 5) °C mit einer nicht korrosiven Flüssigkeit durchgeführt.

- 2.2. Druckzyklusprüfung (hydraulisch)

Die Prüfung wird nach folgendem Verfahren durchgeführt:

- a) Der Behälter wird mit einer nicht korrosiven Flüssigkeit gefüllt;
- b) Der Behälter und die Flüssigkeit werden zu Beginn der Prüfung auf die vorgegebene Temperatur und relative Feuchtigkeit stabilisiert; die Umgebung, die Kraftstoffflüssigkeit und der Behältermantel werden für die Dauer der Prüfung auf der angegebenen Temperatur gehalten. Die Behältertemperatur kann während der Prüfung von der Umgebungstemperatur abweichen.
- c) Der Behälter wird zwischen 2 (\pm 1) MPa und dem Solldruck mit einer Frequenz von nicht mehr als zehn Zyklen pro Minute für die angegebene Anzahl von Zyklen mit Druck beaufschlagt.
- d) Die Temperatur der Hydraulikflüssigkeit im Behälter wird auf der vorgegebenen Temperatur gehalten und überwacht.

3. PRÜFVERFAHREN FÜR DIE LEISTUNGSBESTÄNDIGKEIT (ANFORDERUNG AUS ABSATZ 5.2 DIESER REGELUNG)

- 3.1. Druckprüfung

Das System wird gleichmäßig und kontinuierlich mit einer nicht korrosiven Hydraulikflüssigkeit unter Druck gesetzt, bis der angestrebte Prüfdruck erreicht ist, und dann für die vorgegebene Zeit gehalten.

- 3.2. Fall-(Stoß-)Prüfung (drucklos)

Der Speicherbehälter wird bei Umgebungstemperatur, ohne Innendruck und ohne Ventile einer Fallprüfung unterzogen. Die Oberfläche, auf die die Behälter fallen gelassen werden, muss eine glatte, horizontale Betonplatte oder ein anderer Bodenbelag mit gleichwertiger Härte sein.

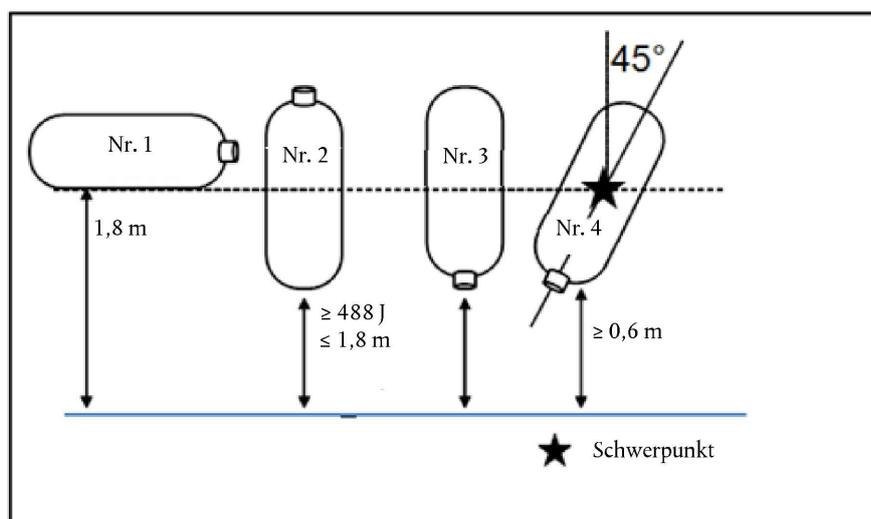
Die Ausrichtung des herunterfallenden Behälters (gemäß der Anforderung des Absatzes 5.2.2) wird wie folgt bestimmt: Ein oder mehrere zusätzliche(r) Behälter sind in jeder der nachstehend beschriebenen Ausrichtungen der Fallprüfung zu unterziehen. Die Fallausrichtungen können mit je einem einzigen Behälter ausgeführt werden oder es können bis zu vier Behälter verwendet werden, um die vier Fallausrichtungen gleichzeitig zu prüfen.

- i) Einmal aus einer horizontalen Position fallen lassen, wobei sich der Boden des Behälters 1,8 m über der Oberfläche befindet, auf die er fällt.
- ii) Einmal aus einer vertikalen Position auf das Ende des Behälters fallen lassen, mit der Öffnung nach oben und einer potentiellen Energie von nicht weniger als 488 J, wobei die Höhe des unteren Endes nicht über 1,8 m liegt.
- iii) Einmal aus einer vertikalen Position auf das Ende des Behälters fallen lassen, mit der Öffnung nach unten und einer potentiellen Energie von nicht weniger als 488 J, wobei die Höhe des unteren Endes nicht über 1,8 m liegt. Ist der Behälter symmetrisch (identische portierte Enden), ist diese Fallausrichtung nicht erforderlich.
- iv) Einmal in einem Winkel von 45° aus der vertikalen Ausrichtung mit einem nach unten gerichteten Ende fallen lassen, wobei der Schwerpunkt 1,8 m über dem Boden liegt. Ist der Boden des Behälters jedoch näher am Boden als 0,6 m, so ist der Fallwinkel so zu ändern, dass eine Mindesthöhe von 0,6 m und ein Schwerpunkt von 1,8 m über dem Boden erhalten bleiben.

Die vier Fallausrichtungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Abbildung 1

Fallausrichtungen



Es darf kein Versuch unternommen werden, das Abprallen von Behältern zu verhindern, jedoch darf verhindert werden, dass die Behälter bei den vorstehend beschriebenen vertikalen Fallversuchen umkippen.

Werden mehr als ein Behälter zur Ausführung aller Fallspezifikationen verwendet, so müssen diese Behälter einem Druckzyklus gemäß Anhang 3 Absatz 2.2 unterzogen werden, bis entweder eine Leckage auftritt oder 22 000 Zyklen ohne Leckage durchlaufen wurden. Leckagen dürfen nicht innerhalb von 11 000 Zyklen auftreten.

Die Ausrichtung des Behälters, der gemäß den Anforderungen des Absatzes 5.2.2 fallen gelassen wird, ist wie folgt zu kennzeichnen:

- a) Wurde ein einzelner Behälter Fallversuchen in allen vier Fallausrichtungen unterzogen, so ist der Behälter gemäß den Anforderungen des Absatzes 5.2.2 in allen vier Ausrichtungen fallen zu lassen.
- b) Wenn mehr als ein Behälter zur Ausführung der vier Fallausrichtungen verwendet wird und wenn alle Behälter 22 000 Zyklen ohne Leckage überstehen, dann ist die Ausrichtung des Behälters im Fallversuch gemäß den Anforderungen des Absatzes 5.2.2 die 45°-Ausrichtung (iv), und dieser Behälter muss dann einer weiteren Prüfung gemäß Absatz 5.2 unterzogen werden;

- c) Wird zur Ausführung der vier Fallausrichtungen mehr als ein Behälter verwendet und erreicht ein Behälter nicht 22 000 Zyklen ohne Leckage, so ist ein neuer Behälter der/den Fallausrichtung(en) zu unterziehen, die nach der geringsten Anzahl von Zyklen zur Leckage geführt hat/haben, und wird dann einer weiteren Prüfung gemäß Absatz 5.2 unterzogen.

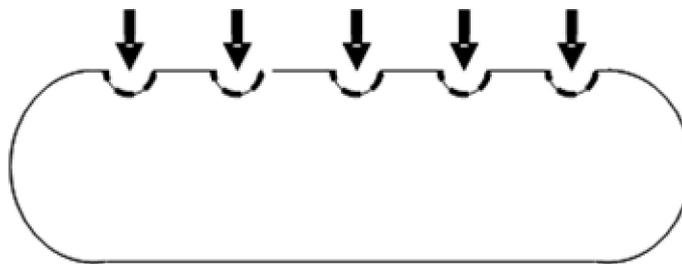
3.3. Prüfung auf Oberflächenschäden (drucklos)

Die Prüfung wird in der folgenden Reihenfolge durchgeführt:

- a) Erzeugung von Oberflächenfehlern: An der unteren Außenfläche des drucklosen horizontalen Speicherbehälters entlang der zylindrischen Zone nahe, aber nicht im Schulterbereich werden zwei Längsschnitte durchgeführt. Der erste Schnitt ist mindestens 1,25 mm tief und 25 mm lang in Richtung des Behälterendes mit Ventil. Der zweite Schnitt ist mindestens 0,75 mm tief und 200 mm lang in Richtung des dem Ventil gegenüberliegenden Endes des Behälters.
- b) Pendelschläge: Der obere Teil des horizontalen Speicherbehälters ist in fünf verschiedene (nicht überlappende) Bereiche mit jeweils 100 mm Durchmesser unterteilt (siehe Abbildung 2). Nach 12 Stunden Vorkonditionierung bei ≤ -40 °C in einer Umweltprüfkammer, ist die Mitte von jedem der fünf Bereiche dem Aufprall eines Pendels mit einer Pyramide mit gleichseitigen Flächen und quadratischer Basis ausgesetzt, wobei die Spitze und die Kanten auf einen Radius von 3 mm abgerundet sind. Der Aufprallpunkt des Pendels stimmt mit dem Schwerpunkt der Pyramide überein. Die Energie des Pendels im Moment des Aufpralls auf jedem der fünf markierten Bereiche auf dem Behälter beträgt 30 J. Der Behälter ist nicht unter Druck und während der Aufpralle des Pendels gesichert.

Abbildung 2:

Seitenansicht des Behälters



Seitenansicht des Behälters

3.4. Chemische Einwirkung und Druckzyklusprüfung bei Umgebungstemperatur

Jeder der 5 Bereiche des drucklosen Behälters, der durch einen Pendelaufprall (Anhang 3, Absatz 3.3) vorkonditioniert ist, wird einer von fünf Lösungen ausgesetzt:

- 19 Volumenprozent Schwefelsäure in Wasser (Batteriesäure);
- 25 Gewichtsprozent Natriumhydroxid in Wasser;
- 5 Volumenprozent Methanol in Benzin (Flüssigkeiten an Tankstellen);
- 28 Gewichtsprozent Ammoniumnitrat in Wasser (Harnstofflösung); und
- 50 Volumenprozent Methylalkohol in Wasser (Scheibenwaschflüssigkeit).

Der Prüfbehälter wird mit den Bereichen, die der Flüssigkeit ausgesetzt werden sollen, nach oben ausgerichtet. Auf jedem der fünf vorkonditionierten Bereiche wird ein Stück Glaswolle von ca. 0,5 mm Dicke und 100 mm Durchmesser platziert. Eine ausreichende Menge der Prüfflüssigkeit wird auf die Glaswolle aufgetragen, um sicherzustellen, dass das Stück während der Dauer der Prüfung komplett durchfeuchtet ist.

Der Behälter wird 48 Stunden lang mit Glaswolle bearbeitet, wobei der Behälter bei 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) (hydraulisch angewandt) und 20 (\pm 5) °C gehalten wird, bevor der Behälter einer weiteren Prüfung unterzogen wird.

Der zyklische Druck erfolgt bei 20 (\pm 5) °C für die angegebene Anzahl von Zyklen mit den angegebenen Soll-Drücken gemäß Absatz 2.2 des vorliegenden Anhangs. Nun werden die Glaswoll-Stücke entfernt und die Behälteroberfläche wird mit Wasser gespült, bevor die letzten zehn Zyklen bis zum vorgegebenen Soll-Enddruck durchgeführt werden.

3.5. Statische Druckprüfung (hydraulisch)

Das Speichersystem wird in einer Kammer mit Temperaturüberwachung auf den Soll-Druck gebracht. Die Temperatur der Kammer und der nicht korrosiven Kraftstoffflüssigkeit wird für die angegebene Dauer auf der Solltemperatur innerhalb einer Toleranz von \pm 5 °C gehalten.

4. PRÜFVERFAHREN FÜR DAS ERWARTETE FAHRVERHALTEN AUF DER STRASSE (ABSATZ 5.3 DIESER REGELUNG)

(Pneumatische Prüfverfahren sind vorgesehen; hydraulische Prüfelemente sind in Anhang 3 Absatz 2.1 beschrieben)

4.1. Druckzyklusprüfung mit Gas (pneumatisch)

Zu Beginn der Prüfung wird das Speichersystem bei der vorgeschriebenen Temperatur, der relativen Feuchtigkeit und dem Kraftstoffstand für mindestens 24 Stunden konstant gehalten. Die angegebene Temperatur und relative Feuchtigkeit wird während des gesamten weiteren Verlaufs der Prüfung in der Prüfumgebung aufrechterhalten. (Wenn in der Prüfvorschrift gefordert, wird die Systemtemperatur zwischen den Druckzyklen auf die externe Umgebungstemperatur eingestellt.) Das Speichersystem wird mit einem Druck zwischen weniger als 2 (+ 0/- 1) MPa und dem angegebenen maximalen Druck (\pm 1 MPa) unter Druck gesetzt. Wenn Systemsteuerungen, die im Fahrzeugbetrieb aktiv sind, ein Absinken des Drucks unter einen bestimmten Wert verhindern, dürfen die Prüfzyklen diesen eingestellten Druck nicht unterschreiten. Die Befüllungsrate wird auf eine konstante 3-minütige Druckanstiegsrate eingestellt, wobei der Kraftstoffdurchfluss 60 g/sec nicht überschreiten darf; die Temperatur des dem Behälter zugeführten Wasserstoffkraftstoffs wird auf die vorgegebene Temperatur geregelt. Die Druckanstiegsrate sollte jedoch verringert werden, wenn die Gastemperatur im Behälter + 85 °C überschreitet. Der Füllstand wird auf größer oder gleich der maximalen vorgesehenen Kraftstoffverbrauchsrate des Fahrzeugs geregelt. Die vorgeschriebene Anzahl von Druckzyklen wird durchgeführt. Werden Vorrichtungen und/oder Steuerungen im vorgesehenen Fahrzeugbetrieb verwendet, um eine extreme Innentemperatur zu verhindern, kann die Prüfung mit diesen Vorrichtungen und/oder Steuerungen durchgeführt werden (oder gleichwertige Maßnahmen).

4.2. Permeationsprüfung mit Gas (pneumatisch)

Ein Speichersystem wird vollständig mit Wasserstoffgas bis zu 115 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) gefüllt (die volle Füll-dichte entspricht 100 Prozent des NWP bei +15 °C und 113 Prozent des NWP bei +55 °C) und bei \geq +55 °C in einem versiegelten Gehäuse bis zu einer stabilen Permeationsrate oder 30 Stunden gehalten, je nachdem, was länger ist. Es wird die gesamte stabile Austrittsrate aufgrund von Leckagen und Permeation aus dem Speichersystem gemessen.

4.3. Lokalisierte Gasdichtheitsprüfung (pneumatisch)

Zur Erfüllung dieser Anforderung kann ein Blasen-test verwendet werden. Die folgende Vorgehensweise wird bei der Durchführung des Blasen-tests angewendet:

- a) Die Austrittsöffnung des Absperrventils (und andere interne Verbindungen zu Wasserstoffsystemen) ist für diese Prüfung mit einer Kappe zu versehen (da die Prüfung auf externe Leckage ausgerichtet ist).

Nach Ermessen des Prüfers kann der Prüfgegenstand in die Flüssigkeit zur Dichtheitsprüfung eingetaucht werden oder die Flüssigkeit wird auf den frei stehenden Prüfgegenstand aufgetragen. Blasen können sich je nach Bedingungen stark in ihrer Größe unterscheiden. Der Prüfer schätzt die Gasleckage aufgrund der Größe und Geschwindigkeit der Blasenbildung.

- b) *Hinweis:* Bei einer lokalisierten Rate von 0,005 mg/sec (3,6 Nml/min) beträgt die resultierende zulässige Rate der Blasen-erzeugung etwa 2 030 Blasen pro Minute bei einer typischen Blasengröße von 1,5 mm im Durchmesser. Selbst wenn sich viel größere Blasen bilden, sollte das Leck leicht erkennbar sein. Für eine ungewöhnlich große Blasengröße von 6 mm Durchmesser würde die zulässige Blasenrate etwa 32 Blasen pro Minute betragen.

5. PRÜFVERFAHREN FÜR DIE LEISTUNG DES BETRIEBSABBRUCHS IM BRANDFALL (ABSATZ 5.4 DIESER REGELUNG)

5.1. Feuersicherheitsprüfung

Die Baugruppe der Wasserstoffbehälter besteht aus dem Druckwasserstoff-Speichersystem mit zusätzlichen relevanten Merkmalen, einschließlich des Entlüftungssystems (wie der Entlüftungsleitung und der Abdeckung der Entlüftungsleitung) und jeder Abschirmung, die direkt am Behälter angebracht ist (wie beispielsweise thermische Umhüllungen des Behälters und/oder Abdeckungen/Barrieren über den TPRD).

Eine der beiden folgenden Methoden wird angewendet, um die Position des Systems über der initialen (lokalisierten) Brandquelle zu bestimmen:

a) Methode 1: Qualifizierung für generische (unspezifische) Fahrzeuganlagen

Wenn keine Konfiguration für die Fahrzeuganlagen angegeben ist (und die Typgenehmigung des Systems nicht auf eine bestimmte Konfiguration für die Fahrzeuganlagen beschränkt ist), ist der lokalisierte Brandbereich der Bereich auf dem Prüfgegenstand, der am weitesten von dem/den TPRD entfernt ist. Der Prüfgegenstand, wie vorstehend beschrieben, beinhaltet nur Wärmeschutzvorrichtungen oder andere direkt am Behälter angebrachte Abschirmvorrichtungen, die in allen Fahrzeug-Applikationen verwendet werden. Entlüftungssysteme (wie die Entlüftungsleitung und die Abdeckung der Entlüftungsleitung) und/oder Abdeckungen/Barrieren über dem/den TPRD sind in der Behälterbaugruppe enthalten, wenn sie für den Einsatz in einer Applikation vorgesehen sind. Wenn ein System ohne repräsentative Bauteile getestet wird, ist eine erneute Prüfung dieses Systems erforderlich, wenn eine Fahrzeug-Applikation die Verwendung dieser Art von Bauteilen vorschreibt.

b) Methode 2: Qualifizierung für bestimmte Fahrzeuganlagen

Wird eine bestimmte Konfiguration der Fahrzeuganlagen vorgegeben und ist die Typgenehmigung des Systems auf diese bestimmte Konfiguration der Fahrzeuganlage beschränkt, so kann der Versuchsaufbau neben dem Wasserstoffspeichersystem auch andere Bauteile des Fahrzeugs einbeziehen. Diese Fahrzeugbauteile (wie Abschirmungen oder Barrieren, die durch Schweißen oder Schrauben dauerhaft an der Fahrzeugstruktur und nicht am Speichersystem befestigt sind) müssen in den Versuchsaufbau in der fahrzeugseitigen Konfiguration in Bezug auf das Wasserstoffspeichersystem einbezogen werden. Diese lokalisierte Feuersicherheitsprüfung wird an den als am ungünstigsten eingestuften Brandbereichen basierend auf den vier Brandausrichtungen durchgeführt: Brände, die ihren Ursprung im Fahrgastraum, im Gepäckraum, in den Radkästen oder im am Boden befindlichen Benzin haben.

5.1.1. Der Behälter kann ohne Bauteile zur Abschirmung, wie in Anhang 3 Absatz 5.2 beschrieben, einem umschließenden Feuer ausgesetzt werden.

5.1.2. Die folgenden Prüfanforderungen gelten unabhängig davon, ob die (obige) Methode 1 oder 2 angewendet wird:

a) Die Behälterbaugruppe ist zu 100 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) mit Druckwasserstoffgas gefüllt. Die Behälterbaugruppe ist horizontal ca. 100 mm über der Brandquelle positioniert.

b) Lokalisierter Teil der Feuersicherheitsprüfung:

i) Der lokalisierte Brandbereich des Prüfkörpers ist die am weitesten von dem/den TPRD entfernte Stelle. Wird Methode 2 ausgewählt und werden für eine bestimmte Konfiguration der Fahrzeuganlage anfälligere Bereiche identifiziert, so wird der am weitesten von dem/den TPRD entfernte Bereich direkt über der initialen Brandquelle positioniert.

ii) Die Brandquelle besteht aus Mitteldruck-Gasbrennern, die konfiguriert sind, um eine gleichmäßige Mindesttemperatur auf dem Prüfgegenstand zu erzeugen, gemessen mit mindestens fünf Thermoelementen, die die Länge des Prüfgegenstandes bis maximal 1,65 m abdecken (mindestens zwei Thermoelemente innerhalb des lokalisierten Brandbereichs und mindestens drei Thermoelemente, die gleichmäßig voneinander entfernt und nicht mehr als 0,5 m im übrigen Bereich voneinander entfernt sind) und 25 (\pm 10) mm von der Außenfläche des Prüfgegenstandes entlang seiner Längsachse angeordnet sind. Nach Wahl des Herstellers oder der Prüfstelle können zusätzliche Thermoelemente an TPRD-Messstellen oder an beliebigen anderen Stellen für optionale Diagnosezwecke angeordnet werden.

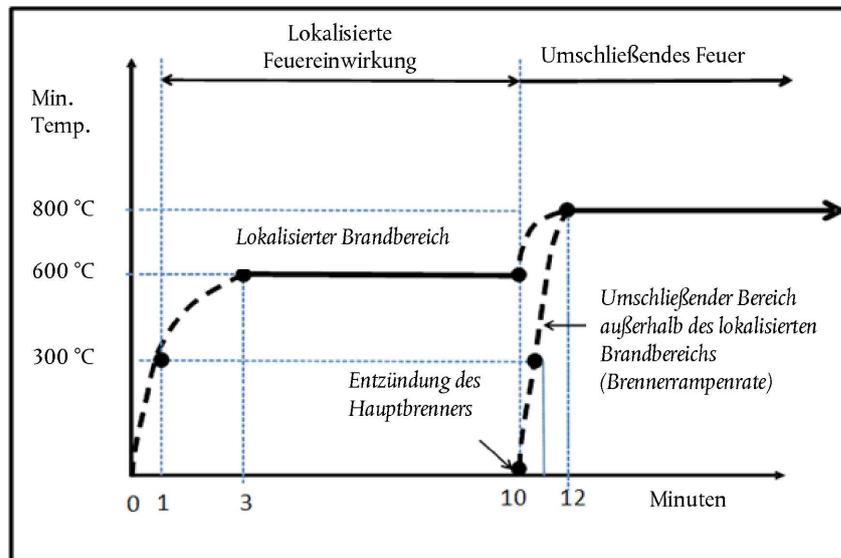
iii) Windschutzvorrichtungen werden angebracht, um eine gleichmäßige Erwärmung zu gewährleisten.

iv) Die Brandquelle wird innerhalb einer Längsausdehnung von 250 (\pm 50) mm entzündet, die unter dem lokalisierten Brandbereich des Prüfkörpers positioniert ist. Die Breite der Brandquelle umfasst den gesamten Durchmesser (Breite) des Speichersystems. Wird die Methode 2 gewählt, so sind Länge und Breite erforderlichenfalls zu verringern, um fahrzeugspezifische Besonderheiten zu berücksichtigen.

v) Wie in Abbildung 3 dargestellt, ist die Temperatur der Thermoelemente im lokalisierten Brandbereich kontinuierlich auf mindestens 300 °C innerhalb von einer Minute nach der Zündung und auf mindestens 600 °C innerhalb von drei Minuten nach der Zündung gestiegen; eine Temperatur von mindestens 600 °C wird daraufhin für die nächsten sieben Minuten gehalten. Die Temperatur im lokalisierten Brandbereich darf in diesem Zeitraum 900 °C nicht überschreiten. Die Konformität mit den thermischen Anforderungen wird eine Minute nach Beginn der Periode mit minimalen und maximalen Grenzwerten erreicht und basiert auf einem 1-minütigen gleitenden Mittel der einzelnen Thermoelemente in dem zu untersuchenden Bereich. (*Hinweis:* Die Temperatur außerhalb des Bereichs der initialen Brandquelle wird während dieser ersten zehn Minuten ab dem Zeitpunkt der Zündung nicht vorgegeben.).

Abbildung 3

Temperaturprofil der Feuersicherheitsprüfung



c) Vom Feuer betroffener Teil bei der Feuersicherheitsprüfung:

Innerhalb der folgenden zwei Minuten ist die Temperatur auf der gesamten Oberfläche des Prüfkörpers auf mindestens 800 °C zu erhöhen und die Brandquelle zu vergrößern, um eine gleichmäßige Temperatur über die gesamte Länge bis zu 1,65 m und die gesamte Breite des Prüfkörpers zu erreichen (umschließendes Feuer). Eine Mindesttemperatur von 800 °C und eine Höchsttemperatur von 1 100 °C müssen eingehalten werden. Die Konformität mit thermischen Anforderungen wird eine Minute nach Beginn der Periode mit konstanten minimalen und maximalen Grenzwerten erreicht und basiert auf einem 1-minütigen gleitenden Mittel der einzelnen Thermoelemente.

Der Prüfkörper wird bei Temperatur gehalten (Bedingung des umschließenden Feuers), bis das System durch das TPRD entlüftet wird und der Druck auf weniger als 1 MPa fällt. Die Entlüftung muss kontinuierlich (ohne Unterbrechung) erfolgen, und das Speichersystem darf nicht bersten. Es darf keine zusätzliche Freisetzung durch Leckage auftreten (Freisetzung durch das TPRD nicht inbegriffen), die zu einer Flamme mit einer Länge von mehr als 0,5 m über den Umfang der angewandten Flamme hinaus führt.

Zusammenfassung des Feuersicherheitsprüfprotokolls

	Lokalisierte Brandbereich	Zeitraum	Vom Feuer umschlossener Bereich (Außerhalb des lokalisierten Brandbereichs)
Maßnahme	Brenner entzünden	0-1 Minute	Kein Brennerbetrieb
Mindesttemperatur	Nicht festgelegt		Nicht festgelegt
Höchsttemperatur	Unter 900 °C		Nicht festgelegt
Maßnahme	Temperatur erhöhen und Feuer für den Beginn der lokalisierten Feuereinwirkung stabilisieren	1-3 Minuten	Kein Brennerbetrieb
Mindesttemperatur	Über 300 °C		Nicht festgelegt
Höchsttemperatur	Unter 900 °C		Nicht festgelegt

	Lokalisierter Brandbereich	Zeitraum	Vom Feuer umschlossener Bereich (Außerhalb des lokalisierten Brandbereichs)
Maßnahme	Lokalisierte Feuereinwirkung wird fortgesetzt	3-10 Minuten	Kein Brennerbetrieb
Mindesttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel über 600 °C		Nicht festgelegt
Höchsttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel unter 900 °C		Nicht festgelegt
Maßnahme	Temperatur erhöhen	10-11 Minuten	Entzünden des Hauptbrenners nach zehn Minuten
Mindesttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel über 600 °C		Nicht festgelegt
Höchsttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel unter 1 100 °C		Weniger als 1 100 °C
Maßnahme	Temperatur erhöhen und Feuer stabilisieren für den Beginn der umschließenden Feuereinwirkung	11-12 Minuten	Temperatur erhöhen und Feuer stabilisieren für den Beginn der umschließenden Feuereinwirkung
Mindesttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel über 600 °C		Über 300 °C
Höchsttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel unter 1 100 °C		Unter 1 100 °C
Maßnahme	Umschließende Feuereinwirkung wird fortgesetzt	12 Minuten bis Ende der Prüfung	Umschließende Feuereinwirkung wird fortgesetzt
Mindesttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel über 800 °C		1-minütiges gleitendes Mittel über 800 °C
Höchsttemperatur	1-minütiges gleitendes Mittel unter 1 100 °C		1-minütiges gleitendes Mittel unter 1 100 °C

d) Dokumentation der Ergebnisse der Feuersicherheitsprüfung

Die Anordnung des Feuers wird so detailliert aufgezeichnet, dass die Wärmeeinbringung in den Prüfkörper reproduzierbar ist. Die Ergebnisse umfassen die verstrichene Zeit von der Entzündung des Feuers bis zum Beginn der Entlüftung durch das/die TPRD sowie den Höchstdruck und die Entlüftungszeit, bis ein Druck von weniger als 1 MPa erreicht wird. Die Temperaturen der Thermoelemente und der Behälterdruck werden während der Prüfung mindestens alle zehn Sekunden aufgezeichnet. Jede Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Mindesttemperaturanforderungen, basierend auf den 1-minütigen gleitenden Mitteln, führt zur Ungültigkeit des Prüfergebnisses. Jede Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Höchsttemperaturanforderungen, basierend auf den 1-minütigen gleitenden Mitteln, führt nur dann zur Ungültigkeit des Prüfergebnisses, wenn der Prüfgegenstand die Prüfung nicht bestanden hat.

5.2. Prüfung mit umschließendem Feuer:

Die Prüfeinheit ist das Druckwasserstoff-Speichersystem. Das Speichersystem ist zu 100 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) mit Druckwasserstoffgas gefüllt. Der Behälter ist horizontal mit dem Behälterboden ca. 100 mm über der Brandquelle positioniert. Behälterventile, Verbindungsteile und/oder Druckentlastungsvorrichtungen sind mit einer Metallabschirmung vor direkter Flammeneinwirkung zu schützen. Die Metallabschirmung darf nicht in unmittelbarem Kontakt mit dem vorgeschriebenen Feuerschutzsystem (Druckentlastungsvorrichtung oder Behälterventil) stehen.

Eine gleichförmige Brandquelle von 1,65 m Länge sorgt für eine direkte Flammeneinwirkung auf die Behälteroberfläche über den gesamten Durchmesser. Die Prüfung ist fortzusetzen, bis der Behälter vollständig entlüftet ist (bis der Behälterdruck unter 0,7 MPa fällt). Jegliche Störung oder Unregelmäßigkeit des Brandherdes während der Prüfung führt zur Ungültigkeit des Ergebnisses.

Die Flammentemperaturen müssen von mindestens drei Thermoelementen überwacht werden, die in der Flamme etwa 25 mm unterhalb des Bodens des Behälters aufgehängt sind. Thermoelemente können seitlich an Stahlwürfeln in einer Höhe von bis zu 25 mm befestigt werden. Die Temperatur des Thermoelements und der Behälterdruck sind während der Prüfung alle 30 Sekunden aufzuzeichnen.

Innerhalb von fünf Minuten nach dem Entzünden des Feuers wird eine durchschnittliche Flammentemperatur von nicht weniger als 590 °C (bestimmt durch den Mittelwert der beiden Thermoelemente, die die Höchsttemperaturen über einen Zeitraum von 60 Sekunden erfassen) erreicht und für die Dauer der Prüfung beibehalten.

Wenn der Behälter weniger als 1,65 m lang ist, ist der Behälter mittig über der Feuerquelle anzuordnen. Ist der Behälter länger als 1,65 m, so muss, wenn der Behälter an einem Ende mit einer Druckentlastungsvorrichtung ausgestattet ist, die Einwirkung der Wärmequelle am gegenüberliegenden Ende des Behälters beginnen. Wenn der Behälter länger als 1,65 m ist und an beiden Enden des Behälters oder an mehr als einer Stelle in Längsrichtung Druckminderer angebracht sind, muss die Wärmequelle so ausgerichtet werden, dass sie mittig zwischen den Druckminderern liegt, die in der Waagerechten den größten Abstand zueinander haben.

Der Behälter muss durch eine Druckentlastungsvorrichtung entlüftet werden, ohne zu bersten.

—

ANHANG 4

PRÜFVERFAHREN FÜR BESTIMMTE BAUTEILE FÜR DAS DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEM

1. LEISTUNGSPRÜFUNGEN FÜR DIE TPRD-QUALIFIZIERUNG

Die Prüfung erfolgt mit Wasserstoffgas der Gasqualität nach ISO 14687-2/SAE J2719. Alle Prüfungen werden bei einer Umgebungstemperatur von 20 (\pm 5) °C durchgeführt, sofern nicht anders vorgeschrieben. Die Leistungsprüfungen für die TPRD-Qualifikation sind wie folgt festgelegt (siehe auch Anlage 1):

1.1. Druckzyklusprüfung.

Fünf TPRD-Einheiten durchlaufen 11 000 Innendruckzyklen mit Wasserstoffgas der Gasqualität nach ISO 14687-2/SAE J2719. Die ersten fünf Druckzyklen liegen zwischen 2 (\pm 1) MPa und 150 Prozent des NWP (\pm 1 MPa); die verbleibenden Druckzyklen liegen zwischen 2 (\pm 1) MPa und 125 Prozent des NWP (\pm 1 MPa). Die ersten 1 500 Druckzyklen werden bei einer TPRD-Temperatur von 85 °C oder höher durchgeführt. Die übrigen Zyklen werden bei einer TPRD-Temperatur von 55 (\pm 5) °C durchgeführt. Die maximale Änderungshäufigkeit der Druckzyklen beträgt zehn Zyklen pro Minute. Nach dieser Prüfung muss die Druckentlastungsvorrichtung die Anforderungen der Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.8), der Durchsatzprüfung (Anhang 4 Absatz 1.10) und der Aktivierungsprüfung für TPRD (Anhang 4 Absatz 1.9) erfüllen.

1.2. Beschleunigter Lebensdauertest.

Acht TPRD-Einheiten werden geprüft; drei bei der vom Hersteller angegebenen Aktivierungstemperatur (Tact) und fünf bei einer beschleunigten Lebensdauererwartungstemperatur, $T_{life} = 9,1 \times T_{act}^{0,503}$. Das TPRD wird in einen Ofen oder ein Flüssigkeitsbad gelegt, während die Temperatur konstant gehalten wird (\pm 1 °C). Der Wasserstoffgasdruck an der TPRD-Öffnung beträgt 125 Prozent des NWP (\pm 1 MPa). Die Druckversorgung kann sich außerhalb des Ofens oder Bades befinden, in dem die Temperatur kontrolliert wird. Jede Vorrichtung wird einzeln oder über ein Verteilersystem unter Druck gesetzt. Wenn ein Verteilersystem verwendet wird, beinhaltet jeder Druckanschluss ein Rückschlagventil, um einen Druckabfall des Systems beim Versagen einer Probeneinheit zu verhindern. Die drei bei Tact getesteten TPRD müssen sich in weniger als zehn Stunden aktivieren. Die fünf bei Tlife getesteten TPRD dürfen sich nicht in weniger als 500 Stunden aktivieren.

1.3. Temperaturzyklusprüfung

a) Ein druckloses TPRD wird für mindestens zwei Stunden in ein Flüssigkeitsbad gelegt, dessen Temperatur bei -40 °C oder niedriger eingestellt wird. Das TPRD wird in ein Flüssigkeitsbad transferiert, das innerhalb von fünf Minuten auf $+85$ °C oder höher gebracht, und mindestens zwei Stunden auf dieser Temperatur gehalten wird. Das TPRD wird in ein Flüssigkeitsbad transferiert, das innerhalb von fünf Minuten auf -40 °C oder niedriger gebracht und gehalten wird.

b) Schritt (a) wird wiederholt, bis 15 thermische Zyklen erreicht sind.

c) Bei einer Konditionierung des TPRD für mindestens zwei Stunden im Flüssigkeitsbad von -40 °C oder weniger wird der Innendruck des TPRD mit Wasserstoffgas zwischen 2 MPa ($+1/-0$ MPa) und 80 Prozent des NWP ($+2/-0$ MPa) für 100 Zyklen zyklisch mit Druck beaufschlagt, während das Flüssigkeitsbad bei -40 °C oder niedriger gehalten wird.

(d) Nach den Wärme- und Druckzyklen muss die Druckentlastungsvorrichtung die Anforderungen der Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.8) erfüllen, wobei die Dichtheitsprüfung bei -40 °C ($+5/-0$ °C) durchgeführt werden muss. Nach der Dichtheitsprüfung muss das TPRD die Anforderungen der Aktivierungsprüfung (Anhang 4, Absatz 1.9) und dann der Durchsatzprüfung (Anhang 4, Absatz 1.10) erfüllen.

1.4. Prüfung der Salzkorrosionsbeständigkeit

Zwei TPRD-Einheiten werden geprüft. Nicht fest verbundene Verschlusskappen werden entfernt. Jede TPRD-Einheit wird in einer Prüfvorrichtung gemäß dem vom Hersteller empfohlenen Verfahren montiert, sodass die äußere Belastung mit der realen Einbauweise übereinstimmt. Jede Einheit wird 500 Stunden lang einer Salzsprühnebelprüfung gemäß ASTM B117 (Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus; Standardverfahren für den Betrieb von Salzsprühnebelgeräten) unterzogen, mit der Ausnahme, dass bei der Prüfung einer Einheit der pH-Wert der Salzlösung durch Zugabe von Schwefelsäure und Salpetersäure im Verhältnis 2:1 auf $4,0 \pm 0,2$ einzustellen ist, und bei der Prüfung der anderen Einheit der pH-Wert der Salzlösung durch Zugabe von Natriumhydroxid auf $10,0 \pm 0,2$ einzustellen ist. Die Temperatur in der Nebelkammer beträgt konstant 30-35 °C.

Nach diesen Prüfungen muss jede Druckentlastungsvorrichtung die Anforderungen der Dichtheitsprüfung (Anhang 3 Absatz 6.1.8), der Durchsatzprüfung (Anhang 3 Absatz 6.1.10) und der Aktivierungsprüfung der TPRD (Anhang 3 Absatz 6.1.9) erfüllen.

1.5. Prüfung der Fahrzeugumgebung

Die Beständigkeit gegen Zersetzung durch äußere Einwirkung von Betriebsflüssigkeiten von Kraftfahrzeugen wird durch die folgende Prüfung bestimmt:

- a) Die Anschlüsse für Ein- und Auslass des TPRD werden gemäß der Einbauanweisungen des Herstellers angeschlossen oder mit einer Abdeckung versehen. Die Außenflächen des TPRD werden 24 Stunden lang bei $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ jeder der folgenden Flüssigkeiten ausgesetzt:
 - i) Schwefelsäure (19 Volumenprozent in Wasser)
 - ii) Natriumhydroxid (25 Gewichtsprozent Lösung in Wasser)
 - iii) Ammoniumnitrat (28 Gewichtsprozent in Wasser) und
 - iv) Scheibenwaschflüssigkeit (aus 50 Volumenprozent Methylalkohol und Wasser).

Die Flüssigkeiten werden bei Bedarf wieder aufgefüllt, um eine vollständige Einwirkung für die Dauer der Prüfung zu gewährleisten. Mit jeder der Flüssigkeiten wird eine gesonderte Prüfung durchgeführt. Ein Bauteil kann für die aufeinanderfolgende Einwirkung aller Flüssigkeiten verwendet werden.

- b) Nach dem Kontakt mit jeder Flüssigkeit wird das Bauteil abgerieben und mit Wasser gespült.
- c) Das Bauteil darf keine Anzeichen einer physikalischen Beschädigung aufweisen, die die Funktion des Bauteils beeinträchtigen könnte, insbesondere: Risse, Erweichungen oder Aufquellen. Geringfügige oberflächliche Veränderungen wie Korrosionsfraß oder Fleckenbildung sind keine Fehlfunktionen. Nach Abschluss aller Expositionsprüfungen muss/müssen die Einheit(en) die Anforderungen der Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.8), der Durchsatzprüfung (Anhang 4 Absatz 1.10) und der Aktivierungsprüfung der TPRD (Anhang 4 Absatz 1.9) erfüllen.

1.6. Prüfung auf Spannungsrisskorrosion.

Bei TPRD, die Bauteile aus einer Kupferbasislegierung (z. B. Messing) enthalten, wird eine TPRD-Einheit geprüft. Alle der Atmosphäre ausgesetzten Bauteile aus Kupferlegierungen sind zu entfetten und dann zehn Tage lang kontinuierlich in einer Glaskammer mit einer Glasabdeckung einem feuchten Ammoniak-Luft-Gemisch auszusetzen.

Wässrige Ammoniak-Lösung mit einem spezifischen Gewicht von 0,94 wird am Boden der Glaskammer unterhalb des Prüfkörpers in einer Konzentration von mindestens 20 ml pro Liter Kammervolumen aufrechterhalten. Die Probe wird $35 (\pm 5)$ mm über der wässrigen Ammoniak-Lösung positioniert und in einer inerten Schale gelagert. Das feuchte Ammoniak-Luft-Gemisch wird bei atmosphärischem Druck bei $35 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ aufrechterhalten. Bauteile aus Legierungen auf Kupferbasis dürfen nach dieser Prüfung keine Risse oder Delaminationen aufweisen.

1.7. Fall- und Schwingungsprüfung

- a) Sechs TPRD-Einheiten werden aus einer Höhe von 2 m bei Umgebungstemperatur ($20 \pm 5 ^\circ\text{C}$) auf eine glatte Betonoberfläche fallen gelassen. Jeder Prüfkörper darf nach dem ersten Aufprall von der Betonoberfläche abprallen. Eine Einheit wird in sechs Ausrichtungen (entgegengesetzte Richtungen von drei orthogonalen Achsen: vertikal, seitlich und in Längsrichtung) fallen gelassen. Zeigt jeder der sechs Prüfkörper nach der Fallprüfung keine sichtbaren äußeren Schäden, die darauf hindeuten, dass das Bauteil nicht für die Verwendung geeignet ist, so ist mit Schritt (b) fortzufahren.
- b) Jede der sechs TPRD-Einheiten, die in Schritt (a) fallen gelassen wurden, und eine weitere Einheit, die keinem Sturz ausgesetzt war, werden in einer Prüfvorrichtung gemäß den Einbauanweisungen des Herstellers montiert und Schwingung versetzt, 30 Minuten lang entlang jeder der drei orthogonalen Achsen (vertikal, lateral und längs) mit der stärksten Resonanzfrequenz für jede Achse. Die stärksten Resonanzfrequenzen werden durch eine Beschleunigung von 1,5 g und das Durchlaufen eines sinusförmigen Frequenzbereichs von 10 bis 500 Hz innerhalb von zehn Minuten bestimmt. Die Resonanzfrequenz ist durch eine deutliche Zunahme der Schwingungsamplitude gekennzeichnet. Wenn die Resonanzfrequenz nicht in diesem Bereich festgestellt wird, so ist die Prüfung bei 40 Hz durchzuführen. Nach dieser Prüfung darf keiner der Prüfkörper sichtbare äußere Schäden aufweisen, die darauf hindeuten, dass das Bauteil nicht für die Verwendung geeignet ist. Anschließend muss es die Anforderungen der Dichtheitsprüfung (Anhang 4 Absatz 1.8), der Durchsatzprüfung (Anhang 4 Absatz 1.10) und der Aktivierungsprüfung der TPRD (Anhang 4 Absatz 1.9) erfüllen.

1.8. Dichtheitsprüfung

Ein TPRD, das noch nicht geprüft wurde, wird bei Umgebungstemperatur, hohen und niedrigen Temperaturen getestet, ohne anderen Konstruktionseignungsprüfungen unterzogen zu werden. Die Einheit wird vor der Prüfung jeder Temperatur und jedem Prüfdruck eine Stunde lang ausgesetzt. Die drei Temperaturprüfbedingungen sind:

- a) Umgebungstemperatur: Konditionierung der Einheit bei $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$; Prüfung bei 5 Prozent des NWP (+ 0/- 2 MPa) und 150 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa)
- b) Hohe Temperatur: Konditionierung der Einheit bei $85 ^\circ\text{C}$ oder höher; Prüfung bei 5 Prozent des NWP (+ 0/- 2 MPa) und 150 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa)
- c) Niedrige Temperatur: Konditionierung der Einheit bei $-40 ^\circ\text{C}$ oder niedriger; Prüfung bei 5 Prozent des NWP (+ 0/- 2 MPa) und 100 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa).

Zusätzliche Einheiten werden einer Dichtheitsprüfung gemäß anderen Prüfverfahren in Anhang 4 Absatz 1 mit ununterbrochener Belastung bei der in diesen Prüfverfahren angegebenen Temperatur unterzogen.

Bei allen vorgeschriebenen Prüftemperaturen wird das Gerät für eine Minute durch Eintauchen in eine temperierte Flüssigkeit (oder ein gleichwertiges Verfahren) konditioniert. Werden im vorgegebenen Zeitraum keine Blasen beobachtet, besteht der Prüfkörper die Prüfung. Werden Blasen festgestellt, wird die Leckage-Frequenz mit einem geeigneten Verfahren gemessen. Die Wasserstoff-Leckage-Frequenz muss insgesamt weniger als 10 Nml/h betragen.

1.9. Aktivierungsprüfung für TPRD

Zwei neue TPRD-Einheiten werden geprüft, ohne anderen Konstruktionseignungsprüfungen unterzogen zu werden, um einen Vergleichswert für die Aktivierung festzulegen. Zusätzliche vorab geprüfte Einheiten (vorab geprüfte Einheiten gemäß Anhang 4 Absätze 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 oder 1.7) durchlaufen die Aktivierungsprüfung, wie in anderen Prüfungen gemäß Anhang 4 Absatz 1 beschrieben.

- a) Der Versuchsaufbau besteht entweder aus einem Ofen oder einem Kamin, der die Lufttemperatur und den Durchfluss steuern kann, um $600 (\pm 10) ^\circ\text{C}$ in der das TPRD umgebenden Luft zu erreichen. Die TPRD-Einheit ist nicht direkt der Flamme ausgesetzt. Die TPRD-Einheit wird in einer Vorrichtung gemäß den Einbauanweisungen des Herstellers montiert; der Versuchsaufbau ist zu dokumentieren.
- b) Ein Thermoelement wird in dem Ofen oder Kamin platziert, um die Temperatur zu überwachen. Die Temperatur wird in den zwei Minuten vor der Durchführung der Prüfung im zulässigen Bereich gehalten.
- c) Die druckbelastete TPRD-Einheit wird in den Ofen oder Kamin eingeführt und die Zeit bis zur Aktivierung der Vorrichtung aufgezeichnet. Vor dem Einsetzen in den Ofen oder Kamin wird eine neue (nicht vorab geprüfte) TPRD-Einheit mit höchstens 25 Prozent des NWP unter Druck gesetzt (wie die vorab geprüfte). TPRD-Einheiten werden mit höchstens 25 Prozent des NWP unter Druck gesetzt, und eine neue (nicht vorab geprüfte) TPRD-Einheit wird mit 100 Prozent des NWP unter Druck gesetzt.
- d) TPRD-Einheiten, die zuvor anderen Prüfungen gemäß Anhang 4 Absatz 1 unterzogen wurden, müssen sich innerhalb eines Zeitraums aktivieren, der nicht länger als zwei Minuten über die Vergleichszeit der neuen TPRD-Einheit hinausgeht, die mit bis zu 25 Prozent des NWP unter Druck gesetzt wurde.
- e) Die Differenz in der Aktivierungszeit der beiden TPRD-Einheiten, die nicht zuvor geprüft wurden, darf nicht mehr als zwei Minuten betragen.

1.10. Durchsatzprüfung

- a) Die Durchflusskapazität wird anhand von acht TPRD-Einheiten geprüft. Die acht Einheiten umfassen drei neue TPRD-Einheiten und eine TPRD-Einheit aus jeder der folgenden vorherigen Prüfungen: Anhang 4 Absätze 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 und 1.7..
- b) Jede TPRD-Einheit wird gemäß Anhang 4 Absatz 1.9 aktiviert. Nach der Aktivierung und ohne Reinigung, Entnahme von Teilen oder Überholung wird jede TPRD-Einheit einer Durchflussprüfung mit Wasserstoff, Luft oder einem Edelgas unterzogen.
- c) Die Durchsatzprüfung wird mit einem Gaseingangsdruck von $2 (\pm 0,5) \text{ MPa}$ durchgeführt. Der Auslass steht unter Umgebungsdruck. Die Einlasstemperatur und der Einlassdruck werden aufgezeichnet.
- d) Der Durchfluss wird mit einer Genauigkeit von ± 2 Prozent gemessen. Der niedrigste Messwert der acht Druckentlastungsvorrichtungen darf nicht weniger als 90 % des höchsten Durchflusswertes betragen.

2. PRÜFUNGEN FÜR RÜCKSCHLAGVENTILE UND ABSPERRVENTILE

Die Prüfung muss mit Wasserstoffgas der Gasqualität nach ISO 14687-2/SAE J2719 erfolgen. Alle Prüfungen werden bei einer Umgebungstemperatur von $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ durchgeführt, sofern nicht anders vorgeschrieben. Die Leistungsprüfungen für die Qualifikation der Rückschlagventile und Absperrventile sind wie folgt festgelegt (siehe auch Anlage 2):

2.1. Prüfung der hydrostatischen Belastbarkeit

Die Auslassöffnung in den Bauteilen wird verschlossen und Ventilsitze oder Innenblöcke werden in die geöffnete Position gebracht. Eine Einheit wird geprüft, ohne anderen Konstruktionseignungsprüfungen unterzogen zu werden, um einen Vergleichsberstdruck zu ermitteln, andere Einheiten werden wie in den nachfolgenden Prüfungen des Anhang 4 Absatz 2 beschrieben geprüft.

- a) Der Einlass des Bauteils wird für drei Minuten mit einem hydrostatischen Druck von 250 Prozent des NWP ($+ 2/- 0$ MPa) beaufschlagt. Das Bauteil wird untersucht, um sicherzustellen, dass kein Riss aufgetreten ist.
- b) Der hydrostatische Druck wird dann mit einer Geschwindigkeit von weniger als oder gleich $1,4$ MPa/sec bis zum Ausfall des Bauteils erhöht. Der hydrostatische Druck beim Ausfall wird aufgezeichnet. Der Ausfalldruck der zuvor geprüften Einheiten darf nicht weniger als 80 % des Vergleichsausfalldrucks betragen, es sei denn, der hydrostatische Druck übersteigt 400 % des NWP.

2.2. Dichtheitsprüfung

Eine Einheit, die noch nicht geprüft wurde, wird bei Umgebungstemperatur, hohen und niedrigen Temperaturen getestet, ohne anderen Konstruktionseignungsprüfungen unterzogen zu werden. Die drei Temperaturprüfbedingungen sind:

- a) Umgebungstemperatur: Konditionierung der Einheit bei $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$; Prüfung bei 5 Prozent des NWP ($+ 0/- 2$ MPa) und 150 Prozent des NWP ($+ 2/- 0$ MPa);
- b) Hohe Temperatur: Konditionierung der Einheit bei $85 ^\circ\text{C}$ oder höher; Prüfung bei 5 Prozent des NWP ($+ 0/- 2$ MPa) und 150 Prozent des NWP ($+ 2/- 0$ MPa).
- c) Niedrige Temperatur: Konditionierung der Einheit bei $- 40 ^\circ\text{C}$ oder niedriger; Prüfung bei 5 Prozent des NWP ($+ 0/- 2$ MPa) und 100 Prozent des NWP ($+ 2/- 0$ MPa).

Zusätzliche Einheiten werden einer Dichtheitsprüfung gemäß anderen Prüfverfahren in Anhang 4 Absatz 2 mit ununterbrochener Belastung bei der in diesen Prüfverfahren angegebenen Temperatur unterzogen.

Die Auslassöffnung wird mit dem entsprechenden Gegenstück verschlossen und der Einlass mit Druckwasserstoff belastet. Bei allen vorgeschriebenen Prüftemperaturen wird das Gerät für eine Minute durch Eintauchen in eine temperierte Flüssigkeit (oder ein gleichwertiges Verfahren) konditioniert. Werden im vorgegebenen Zeitraum keine Blasen beobachtet, besteht der Prüfkörper die Prüfung. Werden Blasen festgestellt, wird die Leckage-Frequenz mit einem geeigneten Verfahren gemessen. Die Leckage-Frequenz darf 10 Nml/h Wasserstoffgas nicht überschreiten.

2.3. Druckzyklusprüfung bei extremen Temperaturen

- a) Die Gesamtzahl der Betriebszyklen beträgt $11\ 000$ für das Rückschlagventil und $50\ 000$ für das Absperrventil. Die Ventileinheit wird in eine Prüfvorrichtung eingesetzt, die den Herstellerangaben für die Montage entspricht. Der Betrieb der Einheit wird kontinuierlich mit Wasserstoffgas und allen vorgegebenen Drücken wiederholt.

Ein Betriebszyklus ist wie folgt zu definieren:

- i) Ein Rückschlagventil wird mit einer Prüfvorrichtung verbunden und der Einlass mit 100 Prozent des NWP ($+ 2/- 0$ MPa) in sechs Impulsschritten bei geschlossenem Auslass beaufschlagt. Der Druck wird dann über den Rückschlagventileinlass abgelassen. Der Druck wird auf der Auslass-Seite des Rückschlagventils vor dem nächsten Zyklus auf weniger als 60 Prozent des NWP abgesenkt.
- ii) Ein Absperrventil ist mit einer Prüfvorrichtung verbunden und sowohl die Ein- als auch die Auslass-Seite wird kontinuierlich mit Druck beaufschlagt.

Ein Betriebszyklus besteht aus einem vollständigen Betrieb und einem Reset.

- b) Die Prüfung erfolgt an einer Einheit, die bei den folgenden Temperaturen stabilisiert ist:
- i) Zyklusprüfung bei Umgebungstemperatur. Die Einheit durchläuft Betriebszyklen (offen/geschlossen) bei 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) in bis zu 90 Prozent der Gesamtzyklen, wobei das Bauteil bei 20 (\pm 5) °C stabilisiert ist. Nach Abschluss der Betriebszyklen bei Umgebungstemperatur muss die Einheit die Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur gemäß Anhang 4 Absatz 2.2 erfüllen.
 - ii) Zyklusprüfung bei hoher Temperatur. Die Einheit durchläuft anschließend Betriebszyklen mit 125 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei fünf Prozent der gesamten Betriebszyklen, wobei die Temperatur des Bauteils bei 85 °C oder höher gehalten wird. Nach Abschluss der 85°C-Zyklen muss die Einheit die Dichtheitsprüfung bei hohen Temperaturen (85 °C) gemäß Anhang 4 Absatz 2.2 erfüllen.
 - iii) Zyklusprüfung bei niedriger Temperatur. Die Einheit durchläuft anschließend Betriebszyklen mit 100 Prozent des NWP (+ 2/- 0 MPa) bei fünf Prozent der gesamten Zyklen, wobei die Temperatur des Bauteils bei - 40 °C oder niedriger gehalten wird. Nach Abschluss der Betriebszyklen bei - 40 °C, muss die Einheit die Dichtheitsprüfung bei niedrigen Temperaturen (- 40 °C) gemäß Anhang 4 Absatz 2.2 erfüllen.
- c) Durchflussprüfung bei Rückschlagventilflattern: Nach 11 000 Betriebszyklen und den Dichtheitsprüfungen gemäß Anhang 4 Absatz 2.3 Buchstabe b wird das Rückschlagventil 24 Stunden lang einer Durchflussmenge ausgesetzt, die die größten Schwingungen (Ventilflattern) verursacht. Nach Abschluss der Prüfung muss das Rückschlagventil der Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur (Anhang 4 Absatz 2.2) und der Belastbarkeitsprüfung (Anhang 4 Absatz 2.1) entsprechen.

2.4. Prüfung der Salzkorrosionsbeständigkeit

Das Bauteil wird in seiner normalen Einbaulage abgestützt und 500 Stunden lang einem Salzsprühnebeltest gemäß ASTM B117 (Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus) unterzogen. Die Temperatur in der Nebelkammer beträgt konstant 30 — 35 °C). Die Salzlösung besteht zu 5 Prozent aus Natriumchlorid und zu 95 Gewichtsprozent aus destilliertem Wasser.

Unmittelbar nach der Korrosionsprüfung wird der Prüfkörper abgespült, schonend von Salzablagerungen befreit, auf Verformung untersucht und muss dann den folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Das Bauteil darf keine Anzeichen einer physikalischen Beschädigung aufweisen, die die Funktion des Bauteils beeinträchtigen könnte, insbesondere: Risse, Erweichungen oder Aufquellen. Geringfügige oberflächliche Veränderungen wie Korrosionsfraß oder Fleckenbildung sind keine Fehlfunktionen.
- b) Der Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur (Anhang 4 Absatz 2.2).
- c) Der Prüfung der hydrostatischen Belastbarkeit (Anhang 4 Absatz 2.1).

2.5. Prüfung auf Einflüsse der Fahrzeugumgebung

Die Beständigkeit gegen Zersetzung durch Einwirkung von Betriebsflüssigkeiten von Kraftfahrzeugen wird durch die folgende Prüfung bestimmt.

- a) Die Anschlüsse für Ein- und Auslass der Ventileinheit werden gemäß der Einbauanweisungen des Herstellers angeschlossen oder mit einer Abdeckung versehen. Die Außenflächen der Ventileinheit werden 24 Stunden lang bei 20 (\pm 5) °C jeder der folgenden Flüssigkeiten ausgesetzt:
 - i) Schwefelsäure – 19 Volumenprozent in Wasser;
 - ii) Natriumhydroxid – 25 Gewichtsprozent Lösung in Wasser;
 - iii) Ammoniumnitrat – 28 Gewichtsprozent in Wasser; und
 - iv) Scheibenwaschflüssigkeit (aus 50 Volumenprozent Methylalkohol und Wasser).

Die Flüssigkeiten werden bei Bedarf wieder aufgefüllt, um eine vollständige Einwirkung für die Dauer der Prüfung zu gewährleisten. Mit jeder der Flüssigkeiten wird eine gesonderte Prüfung durchgeführt. Ein Bauteil kann für die aufeinanderfolgende Einwirkung aller Flüssigkeiten verwendet werden.

- b) Nach dem Kontakt mit jeder Chemikalie wird das Bauteil abgerieben und mit Wasser gespült.
- c) Das Bauteil darf keine Anzeichen einer physikalischen Beschädigung aufweisen, die die Funktion des Bauteils beeinträchtigen könnte, insbesondere: Risse, Erweichungen oder Aufquellen. Geringfügige oberflächliche Veränderungen wie Korrosionsfraß oder Fleckenbildung sind keine Fehlfunktionen. Nach Abschluss aller Expositionsprüfungen muss/müssen die Einheit(en) die Anforderungen der Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur (Anhang 4 Absatz 2.2) und der Prüfung der hydrostatischen Belastbarkeit (Anhang 4 Absatz 2.1) entsprechen.

2.6. Prüfung auf Einflüsse durch die Umgebungsluft

Die Prüfung auf Einflüsse durch die Umgebungsluft gilt für die Qualifikation von Rückschlagventilen und automatischen Absperrventilen, wenn das Bauteil nichtmetallische Materialien aufweist, die unter normalen Betriebsbedingungen der Umgebungsluft ausgesetzt sind.

- a) Alle nichtmetallischen Materialien, die zur Abdichtung des Kraftstoffs dienen und der Umgebungsluft ausgesetzt sind, für die der Antragsteller keine ausreichende Eigenschaftserklärung vorlegt, müssen nach einer 96-stündigen Sauerstoffeinwirkung bei 70 °C und 2 MPa gemäß ASTM D572 (Standard Test Method for Rubber- Deterioration by Heat and Oxygen; Verfahren zur Bestimmung der Hitze- und Sauerstoffbeständigkeit) nicht rissig werden oder sichtbare Anzeichen für Schäden aufweisen.
- b) Alle Elastomere müssen eine Ozonbeständigkeit nach einem oder mehreren der folgenden Punkte aufweisen:
 - i) Spezifikation von Elastomer-Verbindungen mit nachgewiesener Ozonbeständigkeit.
 - ii) Bauteilprüfung nach ISO 1431/1, ASTM D1149 oder gleichwertige Prüfverfahren.

2.7. Elektrische Prüfungen

Die elektrischen Prüfungen gelten für die Qualifikation des automatischen Absperrventils; sie gelten nicht für die Qualifikation von Rückschlagventilen.

- a) Prüfung auf unnormale Spannung Das Magnetventil wird an eine variable Gleichspannungsquelle angeschlossen. Das Magnetventil wird wie folgt betätigt:
 - i) Ein Gleichgewichtszustand (Beharrungstemperatur) wird für eine Stunde bei der 1,5-fachen Nennspannung hergestellt.
 - ii) Die Spannung wird auf das Doppelte der Nennspannung oder 60 Volt erhöht, je nachdem, welcher Wert kleiner ist, und für eine Minute gehalten.
 - iii) Ein Ausfall darf nicht zu externen Leckagen, geöffnetem Ventil oder gefährlichen Bedingungen wie Rauch, Feuer oder Schmelzen führen.

Die Mindestöffnungsspannung beim NWP und Raumtemperatur muss kleiner oder gleich 9 V für ein 12-Volt-System und kleiner oder gleich 18 V für ein 24-Volt-System sein.

- b) Isolationswiderstandsprüfung 1 000 V Gleichstrom wird zwischen dem Stromleiter und dem Gehäuse des Bauteils für mindestens zwei Sekunden angelegt. Der zulässige Mindestwiderstand für dieses Bauteil beträgt 240 kΩ.

2.8. Schwingungsprüfung

Die Ventileinheit wird mit Wasserstoff auf ihren 100-prozentigen NWP (+ 2/- 0 MPa) beaufschlagt, an beiden Enden verschlossen und 30 Minuten lang entlang jeder der drei orthogonalen Achsen (vertikal, seitlich und in Längsrichtung) bei den stärksten Resonanzfrequenzen in Schwingung versetzt. Die stärksten Resonanzfrequenzen werden durch eine Beschleunigung von 1,5 g und das Durchlaufen eines sinusförmigen Frequenzbereichs von 10 bis 40 Hz innerhalb von zehn Minuten bestimmt. Wenn die Resonanzfrequenz nicht in diesem Bereich festgestellt wird, so wird die Prüfung bei 40 Hz durchgeführt. Nach dieser Prüfung darf keiner der Prüfkörper sichtbare äußere Schäden aufweisen, die darauf hindeuten, dass die Leistung des Bauteils beeinträchtigt ist. Nach Abschluss der Prüfung muss die Einheit die Anforderungen der Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur gemäß Anhang 4 Absatz 2.2 erfüllen.

2.9. Prüfung auf Spannungsrisskorrosion

Bei Ventileinheiten, die Bauteile aus einer Kupferbasislegierung (z. B. Messing) enthalten, wird eine Ventileinheit geprüft. Die Ventileinheit wird zerlegt, alle Bauteile aus einer Legierung auf Kupferbasis werden entfettet und dann wird die Ventileinheit wieder zusammengesetzt, bevor sie zehn Tage lang kontinuierlich einem feuchten Ammoniak-Luft-Gemisch ausgesetzt wird, das in einer Glaskammer mit einer Glasabdeckung aufrechterhalten wird.

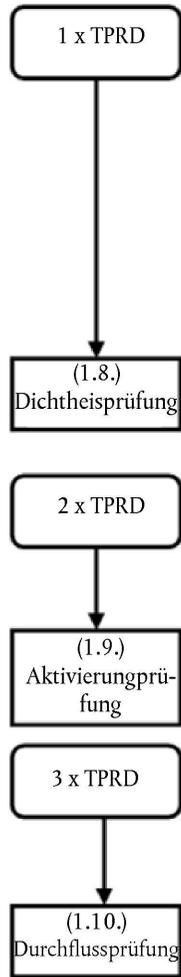
Wässrige Ammoniak-Lösung mit einem spezifischen Gewicht von 0,94 wird am Boden der Glaskammer unterhalb des Prüfkörpers in einer Konzentration von mindestens 20 ml pro Liter Kammervolumen aufrechterhalten. Die Probe wird 35 (± 5) mm über der wässrigen Ammoniak-Lösung positioniert und in einer inerten Schale gelagert. Das feuchte Ammoniak-Luft-Gemisch wird bei atmosphärischem Druck bei 35 (± 5) °C aufrechterhalten. Bauteile aus Legierungen auf Kupferbasis dürfen infolge dieser Prüfung keine Risse oder Delaminationen aufweisen.

2.10. Korrosionsversuch mit vorgekühltem Wasserstoff

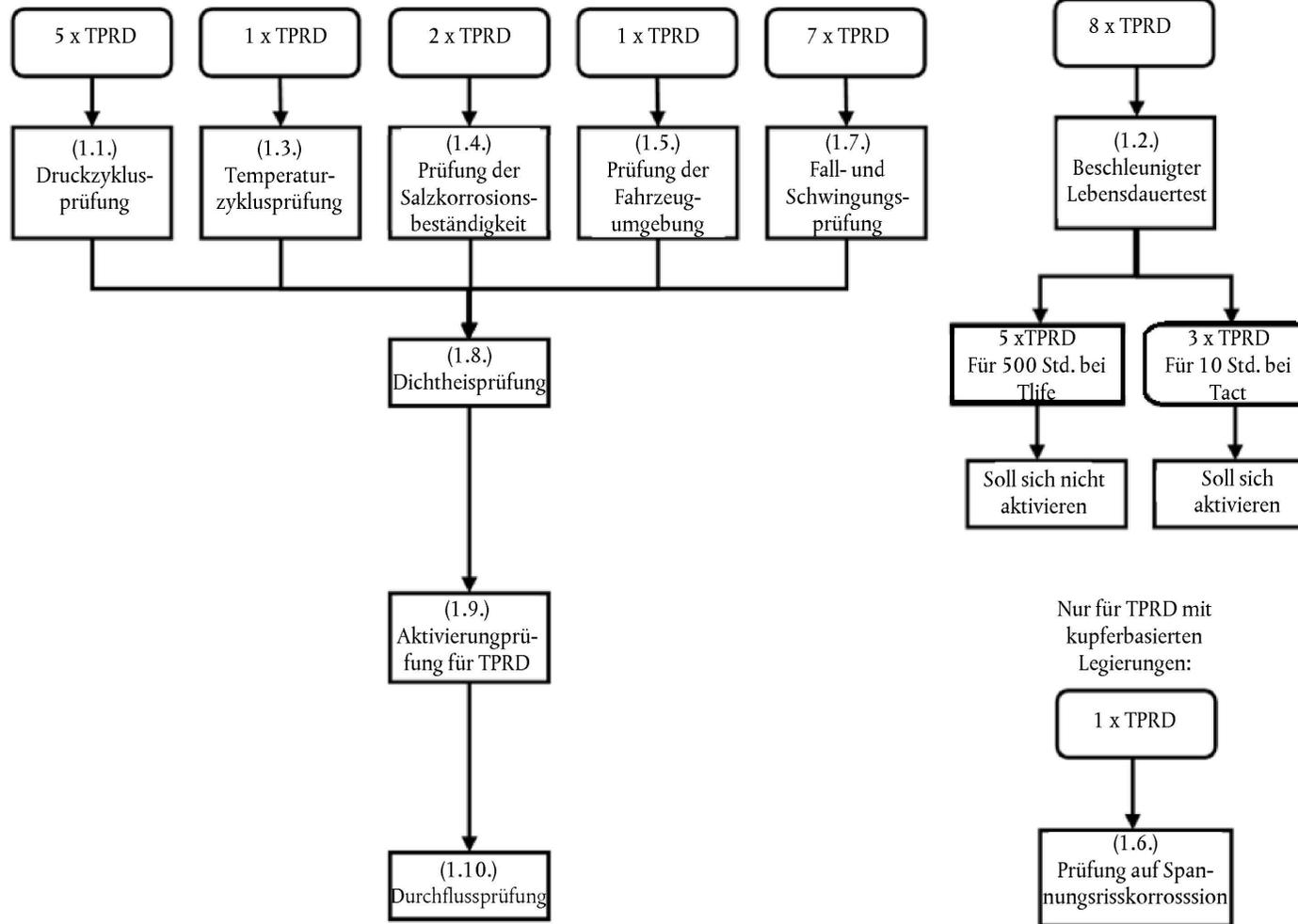
Die Ventileinheit wird bei -40 °C oder niedriger bei einer Durchflussrate von 30 g/sec und einer Außentemperatur von $20 (\pm 5)\text{ °C}$ für mindestens drei Minuten einem vorgekühlten Wasserstoffgas ausgesetzt. Das Gerät wird nach einer Haltezeit von zwei Minuten drucklos gemacht und wieder unter Druck gesetzt. Dieser Versuch wird zehnmal wiederholt. Dieses Prüfverfahren wird dann für weitere zehn Zyklen wiederholt, wobei die Haltezeit auf 15 Minuten erhöht wird. Die Einheit muss dann die Anforderungen der Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur gemäß Anhang 4 Absatz 2.2 erfüllen.

ÜBERSICHT DER TPRD-PRÜFUNGEN

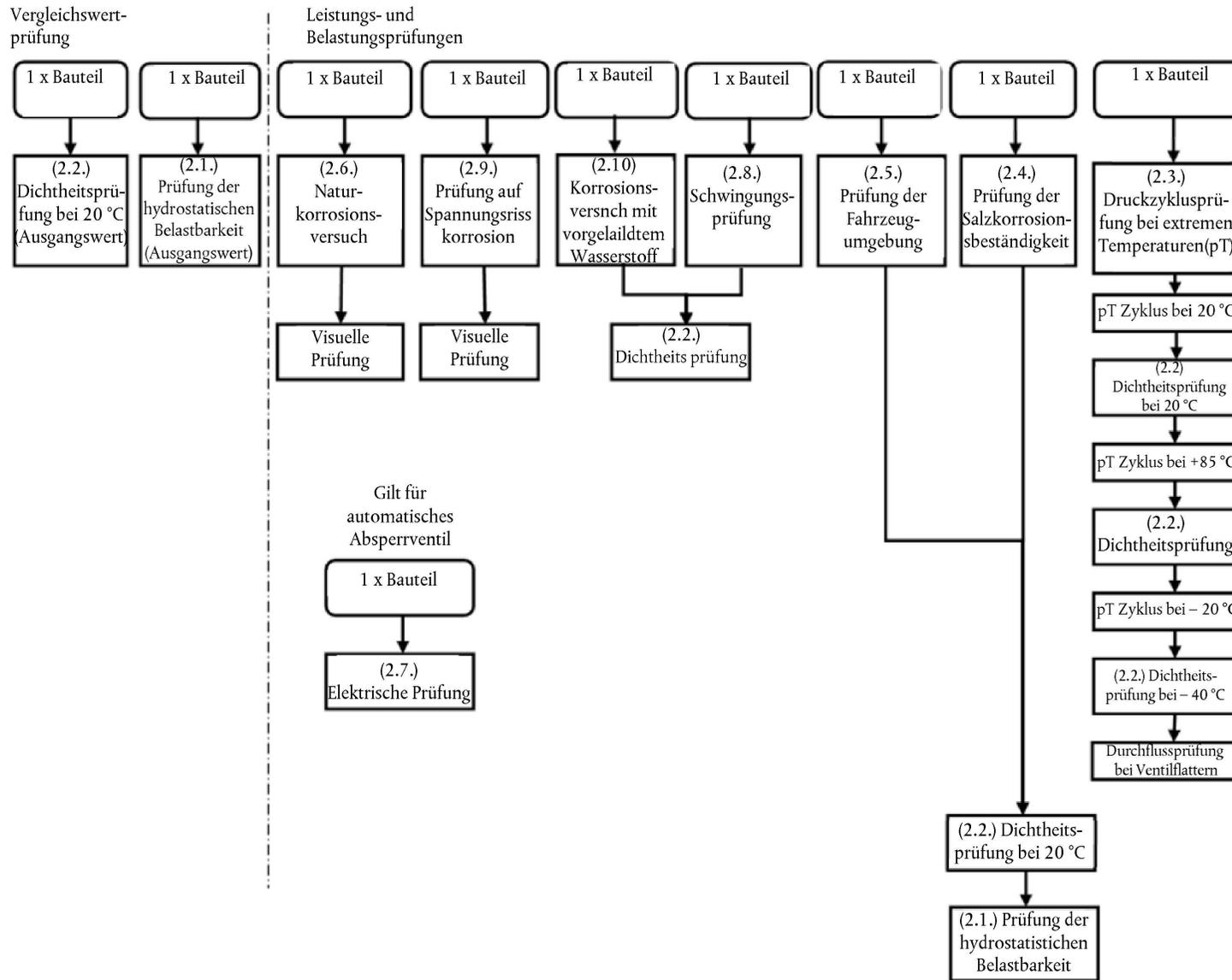
Vergleichswertprüfung



Leistungs- und Belastungsprüfungen



ÜBERSICHT ÜBER DIE PRÜFUNGEN VON RÜCKSCHLAGVENTILEN UND AUTOMATISCHEN ABSPERRVENTILEN



ANHANG 5

PRÜFVERFAHREN FÜR EIN KFZ-KRAFTSTOFFSYSTEM MIT DEM DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEM

1. DICHTHEITSPRÜFUNG DES DRUCKWASSERSTOFF-SPEICHERSYSTEMS NACH EINEM AUFPRALL

Die Crashtests zur Bewertung von Wasserstoffleckagen nach einem Aufprall sind die in Absatz 7.2 dieser Regelung festgelegten.

Vor der Durchführung des Crashtests wird die Messtechnik im Wasserstoffspeichersystem installiert, um die erforderlichen Druck- und Temperaturmessungen durchzuführen, wenn das Standardfahrzeug nicht bereits über eine Messtechnik mit der erforderlichen Genauigkeit verfügt.

Das Speichersystem wird dann, falls erforderlich, nach den Anweisungen des Herstellers gespült, um Verunreinigungen aus dem Behälter zu entfernen, bevor das Speichersystem mit komprimiertem Wasserstoff oder Heliumgas gefüllt wird. Da der Druck des Speichersystems temperaturabhängig ist, hängt der Soll-Fülldruck von der Temperatur ab. Der Soll-Druck ist nach folgender Gleichung zu bestimmen:

$$P_{\text{target}} = NWP \times (273 + T_0) / 288$$

dabei gilt, dass NWP dem Nennbetriebsdruck (MPa) entspricht, T_0 die Umgebungstemperatur ist, auf die sich das Speichersystem voraussichtlich einstellen wird, und P_{target} der Soll-Fülldruck, nachdem sich die Temperatur stabilisiert hat.

Der Behälter wird zu mindestens 95 Prozent des Soll-Fülldrucks gefüllt und kann sich vor der Durchführung des Crashtests setzen (stabilisieren).

Das Hauptabsperrventil und die Absperrventile für Wasserstoffgas, die sich in der nachgeschalteten Wasserstoffgasleitung befinden, befinden sich unmittelbar vor dem Aufprall im normalen Fahrzustand.

1.1. Dichtheitsprüfung nach dem Aufprall: Druckwasserstoff-Speichersystem gefüllt mit Druckwasserstoff

Der Wasserstoffgasdruck, P_0 (MPa) und die Temperatur T_0 (°C) werden unmittelbar vor dem Aufprall und dann in einem Zeitintervall, Δt (min), nach dem Aufprall gemessen. Das Zeitintervall Δt , beginnt, wenn das Fahrzeug nach dem Aufprall zum Stillstand kommt und dauert mindestens 60 Minuten. Das Zeitintervall Δt ist gegebenenfalls zu erhöhen, um die Messgenauigkeit eines Speichersystems mit einem großen Betriebsvolumen von bis zu 70 MPa zu gewährleisten; in diesem Fall wird Δt nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \times NWP / 1\,000 \times ((-0,027 \times NWP + 4) \times R_s - 0,21) - 1,7 \times R_s$$

dabei gilt: $R_s = P_s / NWP$; P_s ist der Druckbereich des Drucksensors (MPa), NWP der Nennarbeitsdruck (MPa), V_{CHSS} das Volumen des Druckwasserstoff-Speichersystems (l) und Δt das Zeitintervall (min). Wenn der berechnete Wert von Δt weniger als 60 Minuten beträgt, wird Δt auf 60 Minuten gesetzt.

Die Wasserstoff-Ausgangsmasse im Speichersystem wird wie folgt berechnet:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_0)$$

$$\rho_o' = -0,0027 \times (P_o')^2 + 0,75 \times P_o' + 0,5789$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{\text{CHSS}}$$

Die Wasserstoff-Endmasse im Speichersystem, M_f , am Ende des Zeitintervalls Δt , wird wie folgt berechnet:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0027 \times (P_f')^2 + 0,75 \times P_f' + 0,5789$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{CHSS}}$$

dabei gilt, dass P_f der gemessene Enddruck (MPa) am Ende des Zeitintervalls ist und T_f die gemessene Endtemperatur (°C).

Der durchschnittliche Wasserstoffdurchfluss im Zeitintervall (der niedriger sein muss als die in Absatz 7.2.1 genannten Kriterien) ist somit

$$V_{\text{H}_2} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 2,016 \times (P_{\text{target}} / P_o)$$

dabei gilt, dass V_{H_2} der durchschnittliche Volumenstrom (NL/min) innerhalb des Zeitintervalls ist und der Ausdruck $(P_{\text{target}} / P_o)$ verwendet wird, um Differenzen zwischen dem gemessenen Ausgangsdruck, P_o , und dem Soll-Fülldruck P_{target} zu kompensieren.

1.2. Dichtheitsprüfung nach dem Aufprall: Druckwasserstoff-Speichersystem gefüllt mit verdichtetem Helium

Der Heliumgasdruck, P_o (MPa) und die Temperatur T_o (°C) werden unmittelbar vor dem Aufprall und dann in einem vorgegebenen Zeitintervall nach dem Aufprall gemessen. Das Zeitintervall Δt , beginnt, wenn das Fahrzeug nach dem Aufprall zum Stillstand kommt und dauert mindestens 60 Minuten. Das Zeitintervall Δt ist gegebenenfalls zu erhöhen, um die Messgenauigkeit eines Speichersystems mit einem großen Betriebsvolumen von bis zu 70 MPa zu gewährleisten; in diesem Fall wird Δt nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\Delta t = V_{\text{CHSS}} \times \text{NWP} / 1\,000 \times ((-0,028 \times \text{NWP} + 5,5) \times R_s - 0,3) - 2,6 \times R_s$$

dabei gilt: $R_s = P_s / \text{NWP}$; P_s ist der Druckbereich des Drucksensors (MPa), NWP der Nennarbeitsdruck (MPa), V_{CHSS} das Volumen des Druckwasserstoff-Speichersystems (l) und Δt das Zeitintervall (min). Wenn der Wert von Δt weniger als 60 Minuten beträgt, wird Δt auf 60 Minuten gesetzt.

Die Helium-Ausgangsmasse im Speichersystem wird wie folgt berechnet:

$$P_o' = P_o \times 288 / (273 + T_o)$$

$$\rho_o' = -0,0043 \times (P_o')^2 + 1,53 \times P_o' + 1,49$$

$$M_o = \rho_o' \times V_{\text{CHSS}}$$

Die Helium-Endmasse im Speichersystem, M_f , am Ende des Zeitintervalls Δt , wird wie folgt berechnet:

$$P_f' = P_f \times 288 / (273 + T_f)$$

$$\rho_f' = -0,0043 \times (P_f')^2 + 1,53 \times P_f' + 1,49$$

$$M_f = \rho_f' \times V_{\text{CHSS}}$$

dabei gilt, dass P_f der gemessene Enddruck (MPa) am Ende des Zeitintervalls ist und T_f die gemessene Endtemperatur (°C).

Der durchschnittliche Heliumdurchfluss innerhalb des Zeitintervalls ist somit

$$V_{\text{He}} = (M_f - M_o) / \Delta t \times 22,41 / 4,003 \times (P_{\text{target}} / P_o)$$

dabei gilt, dass V_{He} der durchschnittliche Volumenstrom (NL/min) innerhalb des Zeitintervalls ist und der Ausdruck $(P_{\text{target}} / P_o)$ verwendet wird, um Differenzen zwischen dem gemessenen Ausgangsdruck, (P_o) und dem Soll-Fülldruck (P_{target}) zu kompensieren.

Die Umrechnung des durchschnittlichen Helium-Volumenstroms in den durchschnittlichen Wasserstoffstrom wird anhand der folgenden Formel berechnet:

$$V_{\text{H}_2} = V_{\text{He}} / 0,75$$

hierbei gilt, dass V_{H_2} der entsprechende mittlere Wasserstoff-Volumenstrom ist. (der kleiner sein muss als die gemäß Absatz 7.2.1. dieser Regelung zu erfüllenden Anforderungen).

2. KONZENTRATIONSMESSUNG IN GESCHLOSSENEN RÄUMEN NACH DEM AUFPRALL

Die Messungen werden im Rahmen des Crashtests zur Bewertung potenzieller Wasserstoff- (oder Helium-) Leckagen protokolliert (Anhang 5 Absatz 1 Prüfverfahren).

Es werden Sensoren eingesetzt, die entweder den Anstieg des Wasserstoff- oder Heliumgases oder die Reduktion des Sauerstoffs (aufgrund der Verdrängung von Luft durch Austritt von Wasserstoff/Helium) messen.

Die Sensoren sind auf rückverfolgbare Referenzen kalibriert, um eine Genauigkeit von ± 5 Prozent bei den Soll-Kriterien von vier Volumenprozent Wasserstoff oder drei Volumenprozent Helium in der Luft und eine Skalenendwert-Messfähigkeit von mindestens 25 Prozent über den Soll-Kriterien zu gewährleisten. Der Sensor muss in der Lage sein, innerhalb von zehn Sekunden zu 90 Prozent auf eine Veränderung der Konzentration in Richtung des Skalenendwerts zu reagieren.

Vor dem Aufprall sind die Sensoren wie folgt im Fahrgastraum und im Gepäckraum des Fahrzeugs angeordnet:

- a) In einem Abstand von 250 mm vom Himmel über dem Fahrersitz oder in der Nähe der oberen Mitte des Fahrgastraums.
- b) In einem Abstand von 250 mm vom Boden vor dem hinteren (oder hintersten) Sitz im Fahrgastraum.
- c) In einem Abstand von höchstens 100 mm von der Oberseite der Gepäckräume im Fahrzeug, die nicht direkt von dem jeweils durchzuführenden Aufprall betroffen sind.

Die Sensoren sind fest an der Fahrzeugkonstruktion oder den Fahrzeugsitzen montiert und für den geplanten Crashtest vor Schmutz, Airbag-Abgasen und Flugkörpern geschützt. Die Messungen nach dem Aufprall werden von im Fahrzeug befindlichen Instrumenten oder durch Fern-Übertragung aufgezeichnet.

Das Fahrzeug kann sich entweder im Freien in einem Bereich befinden, der vor Wind und möglicher Sonneneinstrahlung geschützt ist, oder in einem Raum, der groß genug oder belüftet ist, um den Anstieg von Wasserstoff auf mehr als zehn Prozent der Soll-Kriterien in den Fahrgast- und Gepäckräumen zu verhindern.

Die Datenerfassung nach dem Aufprall in den geschlossenen Räumen beginnt, sobald das Fahrzeug zum Stillstand kommt. Die Daten der Sensoren werden mindestens alle fünf Sekunden erfasst und bleiben nach der Prüfung für einen Zeitraum von 60 Minuten erhalten. Ein Verzögerungsfilter erster Ordnung (Zeitkonstante) bis zu einem Maximum von fünf Sekunden kann auf die Messungen angewendet werden, um eine „Glättung“ zu erreichen und die Auswirkungen von fehlerhaften Datenpunkten zu filtern.

Die gefilterten Messwerte jedes Sensors müssen während des 60-minütigen Zeitabschnitts nach dem Aufprall stets unter den Soll-Kriterien von 4,0 Prozent für Wasserstoff oder 3,0 Prozent für Helium liegen.

3. KONFORMITÄTSPRÜFUNG FÜR EINZELAUSFALLBEDINGUNGEN

Es ist entweder das Prüfverfahren nach Anhang 5 Absatz 3.1 oder Absatz 3.2 durchzuführen:

3.1. Prüfverfahren für Fahrzeuge mit Wasserstoffgasleckagesensoren

3.1.1. Prüfbedingungen

3.1.1.1. Prüffahrzeug: Das Antriebssystem des Prüffahrzeugs wird gestartet, auf seine normale Betriebstemperatur erwärmt und für die Dauer der Prüfung in Betrieb gehalten. Wenn das Fahrzeug kein Brennstoffzellenfahrzeug ist, wird es erwärmt und im Leerlauf betrieben. Verfügt das Prüffahrzeug über ein System zum automatischen Stoppen des Leerlaufs, werden Maßnahmen ergriffen, um ein Anhalten des Motors zu verhindern.

3.1.1.2. Prüfgas: Zwei Mischungen aus Luft und Wasserstoffgas: 3,0-prozentige Konzentration (oder weniger) von Wasserstoff in der Luft zur Überprüfung der Funktion der Warnfunktion und 4,0-prozentige Konzentration (oder weniger) von Wasserstoff in der Luft zur Überprüfung der Abschaltfunktion. Die Auswahl der entsprechenden Konzentrationen erfolgt auf der Grundlage der Empfehlung (oder der Detektorspezifikation) des Herstellers.

3.1.2. Prüfverfahren

3.1.2.1. Vorbereitung der Prüfung: Die Prüfung wird ohne jegliche Windeinwirkung mithilfe geeigneter Mittel durchgeführt, wie beispielsweise:

- a) Am Wasserstoffgasleckagedetektor ist ein Schlauch zum Einleiten von Prüfgas angebracht.
- b) Der Wasserstoffgasleckagedetektor ist mit einer Abdeckung versehen, damit das Gas in der Nähe des Wasserstoffgasleckagedetektors verbleibt.

3.1.2.2. Durchführung der Prüfung

- a) Das Prüfgas wird zum Wasserstoffgasleckagedetektor geleitet.

- b) Die ordnungsgemäße Funktion des Warnsystems gilt als erwiesen, sobald die Prüfung der Funktion des Warnsystems mit dem Gas durchgeführt wurde.
 - c) Das Hauptabsperrenteil ist bei der Prüfung mit dem Gas nachweislich geschlossen, um die Funktion der Absperrung zu überprüfen. So kann beispielsweise die Überwachung der elektrischen Leistung des Absperrventils oder des Geräusches der Aktivierung des Absperrventils verwendet werden, um den Betrieb des Hauptabsperrentails der Wasserstoffversorgung zu bestätigen.
- 3.2. Prüfverfahren für die Integrität von geschlossenen Räumen und Detektionssystemen.
- 3.2.1. Vorbereitung:
- 3.2.1.1. Die Prüfung wird ohne jegliche Windeinwirkung durchgeführt.
 - 3.2.1.2. Besonderes Augenmerk wird auf die Prüfumgebung gelegt, da bei der Prüfung entzündliche Wasserstoff-Luft-Gemische entstehen können.
 - 3.2.1.3. Vor dem Versuch wird das Fahrzeug darauf vorbereitet, ferngesteuerte Wasserstofffreisetzungen aus dem Wasserstoffsystem zu ermöglichen. Die Anzahl, Lage und Durchflusskapazität der Entlüftungsvorrichtungen hinter dem Hauptabsperrenteil für Wasserstoff werden vom Fahrzeughersteller unter Berücksichtigung von Worst-Case-Szenarien hinsichtlich Leckagen unter Einzelausfallbedingungen definiert. Der Gesamtdurchfluss aller ferngesteuerten Entlüftungsvorrichtungen muss mindestens ausreichen, um eine Demonstration der automatischen Funktionen „Warnung“ und Wasserstoffabspernung zu ermöglichen.
 - 3.2.1.4. Für die Zwecke der Prüfung wird ein Wasserstoffkonzentrationsdetektor dort installiert, wo sich das meiste Wasserstoffgas im Fahrgastraum (z. B. in der Nähe des Himmels) ansammeln kann, wenn die Prüfung auf Konformität mit Absatz 7.1.4.2 dieser Regelung durchgeführt wird; weitere Wasserstoffkonzentrationsdetektoren werden in geschlossenen oder teilgeschlossenen Räumen des Fahrzeugs installiert, in denen sich Wasserstoff aus den simulierten Wasserstofffreisetzungen im Rahmen der Prüfung auf Konformität mit Absatz 7.1.4.3 dieser Regelung (siehe Anhang 5, Absatz 3.2.1.3) ansammeln kann.
- 3.2.2. Verfahren:
- 3.2.2.1. Fahrzeugtüren, Fenster und andere Abdeckungen sind verschlossen.
 - 3.2.2.2. Das Antriebssystem wird gestartet, soll sich auf seine normale Betriebstemperatur erwärmen und für die Dauer der Prüfung im Leerlauf verbleiben.
 - 3.2.2.3. Mithilfe der fernbedienbaren Funktion wird eine Leckage simuliert.
 - 3.2.2.4. Die Wasserstoffkonzentration wird kontinuierlich gemessen, bis die Konzentration über einen Zeitraum von drei Minuten nicht mehr ansteigt. Bei der Prüfung auf Konformität mit Absatz 7.1.4.3 dieser Regelung wird die simulierte Leckage anschließend mit der fernbedienbaren Funktion erhöht, bis das Hauptabsperrenteil für Wasserstoff geschlossen und das Warnsignal aktiviert ist. Die Überwachung der elektrischen Leistung des Absperrventils oder des Geräusches der Aktivierung des Absperrventils kann verwendet werden, um den Betrieb des Hauptabsperrentails der Wasserstoffversorgung zu bestätigen.
 - 3.2.2.5. Bei der Prüfung auf Konformität mit Absatz 7.1.4.2 dieser Regelung gilt die Prüfung als erfolgreich abgeschlossen, wenn die Wasserstoffkonzentration im Fahrgastraum 1,0 Prozent nicht überschreitet. Bei der Prüfung auf Konformität mit Absatz 7.1.4.3 dieser Regelung gilt die Prüfung als erfolgreich abgeschlossen, wenn die Warn- und Abschaltfunktion bei den in Absatz 7.1.4.3 dieser Regelung angegebenen Werten (oder darunter) ausgeführt wird; andernfalls ist die Prüfung nicht bestanden und das System ist nicht für den Fahrzeugbetrieb qualifiziert.
4. KONFORMITÄTSPRÜFUNG DES FAHRZEUG-ABGASSYSTEMS
- 4.1. Das Antriebssystem des Prüffahrzeugs (z. B. Brennstoffzellenstapel oder Motor) wird auf seine normale Betriebstemperatur erwärmt.
 - 4.2. Das Messgerät wird vor dem Einsatz auf seine normale Betriebstemperatur erwärmt.
 - 4.3. Der Messabschnitt des Messgeräts befindet sich auf der Mittellinie des Abgasstroms innerhalb von 100 mm von der Abgasaustrittsstelle außerhalb des Fahrzeugs.

- 4.4. Die Wasserstoffkonzentration im Abgas wird in den folgenden Schritten kontinuierlich gemessen:
- a) Das Antriebssystem wird abgeschaltet.
 - b) Nach Abschluss des Abschaltvorgangs wird das Antriebssystem sofort gestartet.
 - c) Nach Ablauf einer Minute wird das Antriebssystem ausgeschaltet und die Messung fortgesetzt, bis der Abschaltvorgang des Antriebssystems abgeschlossen ist.
- 4.5. Das Messgerät muss eine Messreaktionszeit von weniger als 300 Millisekunden aufweisen.
5. KONFORMITÄTSPRÜFUNG DER DICHTHEIT VON KRAFTSTOFFLEITUNGEN
- 5.1. Das Antriebssystem des Prüffahrzeugs (z. B. Brennstoffzellenstapel oder Motor) wird erwärmt und arbeitet bei seiner normalen Betriebstemperatur mit dem Betriebsdruck, der den Kraftstoffleitungen zugeführt wird.
- 5.2. Die Bewertung der Wasserstoffleckage erfolgt an zugänglichen Abschnitten der Kraftstoffleitungen vom Hochdruckbereich zum Brennstoffzellenstapel (oder zum Motor) unter Verwendung eines Gaslecksuchgeräts oder einer Dichtheitsprüfflüssigkeit, wie beispielsweise Seifenlösung.
- 5.3. Die Wasserstoffdichtheitsprüfung wird hauptsächlich an Verbindungsstellen durchgeführt.
- 5.4. Wenn ein Gasleckagedetektor verwendet wird, erfolgt die Erfassung durch den Betrieb des Leckagedetektors für mindestens zehn Sekunden an Orten, die sich so nah wie möglich an Kraftstoffleitungen befinden.
- 5.5. Wenn eine Dichtheitsprüfflüssigkeit verwendet wird, wird die Wasserstoffgas-Dichtheitsprüfung unmittelbar nach dem Auftragen der Flüssigkeit durchgeführt. Darüber hinaus werden einige Minuten nach dem Auftragen der Flüssigkeit visuelle Kontrollen durchgeführt, um Blasen durch Spurenleckagen zu erkennen.
6. ÜBERPRÜFUNG DER INSTALLATION
- Das System wird visuell auf Konformität überprüft.
-