

DIN ISO 19887



ICS 27.075; 43.060.40

Einsprüche bis 2024-09-12

Entwurf

**Gasförmiger Wasserstoff –
Bauteile des Betankungssystems für Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb
(ISO/DIS 19887:2023);
Text Deutsch und Englisch**

Gaseous hydrogen –

Fuel system components for hydrogen fuelled vehicles (ISO/DIS 19887:2023);

Text in German and English

Hydrogène gazeux –

Composants des systèmes d'alimentation des véhicules à hydrogène (ISO/DIS 19887:2023);

Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-07-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nagas@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas), 53058 Bonn, Postfach 14 03 62 oder Josef-Wirmer-Str. 1 - 3, 53123 Bonn.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 187 Seiten

DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas)
DIN-Normenausschuss Auto und Mobilität (NAAutomobil)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	8
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	9
Vorwort	10
Einleitung	11
1 Anwendungsbereich	12
1.1 Einschlüsse	12
1.2 Anwendbarkeit	12
1.3 Ausschlüsse	13
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Allgemeine Anforderungen	19
4.1 Allgemeine Konstruktion und Montage	19
4.1.1 Vorgesehener Verwendungszweck	19
4.1.2 Werkstoffanforderungen	20
4.1.3 Gewindeöffnungen	21
4.1.4 Betriebstemperaturen	22
4.1.5 Bemessungslebensdauer	22
4.2 Fehler-Möglichkeiten- und -Einflussanalyse (FMEA, en: failure modes and effects analysis)	22
4.3 Elektrische Ausrüstung und Verkabelung	22
4.3.1 Öffnungen	22
4.3.2 Ausrüstung	22
4.3.3 Werkstoffe	22
4.4 Bauteilunterlagen	23
4.4.1 Allgemeines	23
4.4.2 Anweisungen – Allgemeines	23
4.4.3 Anleitungen – Zusätzliche Betrachtungen	23
4.4.4 Einbauanweisungen	23
4.5 Kennzeichnung	24
4.5.1 Allgemeine Kennzeichnungsangaben	24
4.5.2 Kennzeichnungsverfahren	24
4.5.3 Ausgliederung von Kennzeichnungen	24
5 Allgemeine Prüfverfahren	24
5.1 Allgemeine Prüfanforderungen	24
5.1.1 Prüflinge	24
5.1.2 Verweisungen auf andere Normen	25
5.1.3 Druck- und Temperaturanforderungen	25
5.1.4 Prüfgase	25
5.1.5 Werkstoffannahme	26
5.1.6 Multifunktionsbauteile	26
5.1.7 Auswirkungen von Vorkühlung	26
5.1.8 Elektrisch betriebene Bauteile	26
5.2 Hydrostatische Festigkeit	26
5.2.1 Allgemeines	26
5.2.2 Prüfverfahren	27
5.3 Leckage	27
5.3.1 Allgemeines	27
5.3.2 Äußere Dichtheit	27
5.3.3 Innere Dichtheit	27
5.3.4 Prüfbedingungen	28
5.4 Beständigkeit gegen Drehmomentüberlastung	28

5.5	Biegemoment	28
5.6	Dauerbetrieb	30
5.6.1	Allgemeines	30
5.6.2	Prüfverfahren	30
5.7	Korrosionsbeständigkeit	31
5.7.1	Allgemeines	31
5.7.2	Auswirkung von Salzsprühnebel	32
5.7.3	Beschleunigte zyklische Korrosion	32
5.8	UV-Beständigkeit von äußeren Oberflächen	35
5.8.1	Allgemeines	35
5.8.2	Prüfung der UV-Beständigkeit	35
5.8.3	Annahmekriterien	35
5.9	Einwirkung von Kraftfahrzeug-Flüssigkeiten	35
5.9.1	Allgemeines	35
5.9.2	Prüfverfahren	35
5.9.3	Flüssigkeiten	35
5.9.4	Annahmekriterien	36
5.10	Freibewitterung	36
5.10.1	Sauerstoffalterung	36
5.10.2	Ozon	36
5.11	Anormale elektrische Spannungen	36
5.11.1	Überspannungsprüfung	36
5.11.2	Mindest-Öffnungsspannung	37
5.12	Wasserstoffverträglichkeit nichtmetallischer Werkstoffe	37
5.12.1	Allgemeines	37
5.12.2	Einwirkung von Wasserstoffgas	38
5.13	Schwingungsbeständigkeit	38
5.14	Beständigkeit gegen Spannungsrissskorrosion	38
5.14.1	Allgemeines	38
5.14.2	Prüfverfahren	39
5.15	Isolationswiderstand	39
5.16	Einwirkung von vorgekühltem Wasserstoff	39
6	Qualitätssicherung	39
7	Produktionskontrolle und Annahmeprüfung	40
7.1	Inspektions- und Annahmeprüfplan	40
7.2	Inspektion systemkritischer Bauteile	40
7.3	Äußere Dichtheitsprüfung	40
8	Rückflussverhinderer	40
8.1	Kennzeichnung	40
8.2	Konstruktion und Montage	40
8.3	Prüfungen	41
8.3.1	Allgemeines	41
8.3.2	Dauerbetrieb	41
9	Handbetätigte Ventile	42
9.1	Kennzeichnung	42
9.2	Konstruktion und Montage	43
9.2.1	Allgemeines	43
9.2.2	Griffe	43
9.2.3	Handbetätigte Not-Absperrventile	43
9.2.4	Ventile mit Vierteldrehung	43
9.2.5	Ventile mit Mehrfachdrehung	43
9.3	Prüfungen	43
9.3.1	Allgemeines	43
9.3.2	Dauerbetrieb	44
9.3.3	Betätigungsdrehmoment	45
9.3.4	Drehmoment des Ventileinschraubstutzens	46
10	Handbetätigte Behälterventile	46

10.1	Kennzeichnung	46
10.2	Konstruktion und Montage	47
10.2.1	Allgemeines	47
10.2.2	Griffe	47
10.2.3	Rotationsgrenze	47
10.2.4	Ventile mit Vierteldrehung	47
10.2.5	Ventile mit Mehrfachdrehung	47
10.2.6	Innere Strömungsbegrenzungseinrichtung	47
10.3	Prüfungen	47
10.3.1	Allgemeines	47
10.3.2	Dauerbetrieb	48
10.3.3	Betätigungsdrehmoment	49
10.3.4	Drehmoment des Ventileinschraubstutzens	49
11	Automatische Ventile und automatische Behälterventile	50
11.1	Kennzeichnung	50
11.2	Konstruktion und Montage	50
11.2.1	Allgemeines	50
11.2.2	Ausgeschaltete Stellung	50
11.2.3	Stellung des Absperrventils bei Versagen	50
11.2.4	Innere Strömungsbegrenzungseinrichtung	50
11.2.5	Elektrischer Betrieb	50
11.3	Prüfungen	51
11.3.1	Allgemeines	51
11.3.2	Dauerbetrieb	51
11.3.3	Drehmoment für Handbetätigung automatischer Ventile	52
12	Wasserstoff-Einspritzdüsen	53
12.1	Kennzeichnung	53
12.2	Konstruktion und Montage	53
12.2.1	Allgemeines	53
12.2.2	Ausgeschaltete Stellung	53
12.3	Prüfungen	53
12.3.1	Allgemeines	53
12.3.2	Dauerbetrieb	54
12.3.3	Isolationswiderstand	54
12.3.4	Pneumatische Festigkeit	55
12.3.5	Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen	55
13	Druckaufnehmer, Temperaturfühler und Druckmessgeräte	56
13.1	Kennzeichnung	56
13.2	Konstruktion und Montage	57
13.2.1	Allgemeines	57
13.2.2	Sichtscheibe und Druckentlastung	57
13.3	Prüfungen	57
13.3.1	Allgemeines	57
13.3.2	Dauerbetrieb	58
13.3.3	Anormale elektrische Spannungen	58
14	Druckregler	59
14.1	Kennzeichnung	59
14.2	Konstruktion und Montage	59
14.2.1	Allgemeines	59
14.2.2	Nennausgangsdruck	60
14.2.3	Druckregler	60
14.2.4	Entlüftung	60
14.3	Prüfungen	60
14.3.1	Allgemeines	60
14.3.2	Hydrostatische Festigkeit	61
14.3.3	Leckage	61
14.3.4	Dauerbetrieb	61

14.3.5	Druckimpuls	62
14.3.6	Druckkammer – PRV-Betrieb	63
15	Sicherheitsventile	63
15.1	Kennzeichnung	63
15.2	Konstruktion und Montage	63
15.2.1	Allgemeines	63
15.2.2	Inspektion und Annahmeprüfung	63
15.3	Prüfungen	63
15.3.1	Allgemeines	63
15.3.2	Hydrostatische Festigkeit	64
15.3.3	Leckage	64
15.3.4	Dauerbetrieb	65
15.3.5	Öffnungs- und Schließseigenschaften	65
16	Druckentlastungseinrichtungen	65
17	Strömungsbegrenzungseinrichtungen	65
17.1	Kennzeichnung	65
17.2	Konstruktion und Montage	66
17.3	Prüfungen	66
17.3.1	Allgemeines	66
17.3.2	Dauerbetrieb	67
17.3.3	Umgehungsströmung	67
18	Gasdichte Gehäuse und Leckage-Aufnahmekanäle	67
18.1	Kennzeichnung	67
18.2	Konstruktion und Montage	68
18.2.1	Allgemeines	68
18.2.2	Inspektion und Annahmeprüfung	68
18.3	Prüfungen	68
18.3.1	Allgemeines	68
18.3.2	Leckage	69
18.3.3	Entlüftungsfähigkeit und Druckhaltung	69
18.3.4	Abziehen	69
19	Starre Kraftstoffleitungen aus nichtrostendem Stahl	70
19.1	Kennzeichnung	70
19.2	Konstruktion und Montage	70
19.3	Prüfungen	70
19.3.1	Allgemeines	70
19.3.2	Dauerbetrieb	71
19.3.3	Biegung	71
20	Flexible Kraftstoffleitungen, Schläuche und Baugruppen	72
20.1	Kennzeichnungen	72
20.1.1	Allgemeines	72
20.1.2	Schlauchmeterware	72
20.1.3	Schlauchleitungen	72
20.1.4	Kennzeichnungsflächen	73
20.1.5	Datumscode	73
20.2	Anweisungen für Konstruktion, Montage und Einbau	73
20.2.1	Flexible Kraftstoffleitungen	73
20.2.2	Innenschichten	73
20.2.3	Außenschicht des Schlauches	74
20.2.4	Schutz gegen Permeation oder Leckage	74
20.2.5	Ableitung statischer Elektrizität	74
20.2.6	Endanschlüsse	74
20.2.7	Bauteilunterlagen	74
20.3	Prüfungen	75
20.3.1	Allgemeines	75
20.3.2	Hydrostatische Festigkeit	76
20.3.3	Leckage	77

20.3.4	Korrosionsbeständigkeit	77
20.3.5	Einwirkung von Kraftfahrzeug-Flüssigkeiten	77
20.3.6	Schwingungsbeständigkeit	79
20.3.7	Druckzyklus	80
20.3.8	Elektrische Leitfähigkeit	83
20.3.9	SchlauchPermeation	83
20.3.10	Einwirkung von ultraviolettem Licht und Wasser	84
20.3.11	Wasserstoffimpuls	85
20.3.12	Beständigkeit gegen Ozoneinwirkung	86
20.4	Herstellungsplan	87
20.4.1	Dokumentation	87
20.4.2	Qualifizierungsprogramm und Rückverfolgbarkeit	87
20.4.3	Herstellungsprozesse	87
20.4.4	Dichtheitsprüfung als Fertigungsprüfung	87
21	Filterbaugruppen	88
21.1	Kennzeichnung	88
21.2	Konstruktion und Montage	89
21.2.1	Allgemeines	89
21.2.2	Elektrische Leitfähigkeit	89
21.3	Prüfungen	89
21.3.1	Allgemeines	89
21.3.2	Dauerbetrieb	90
22	Fittings	90
22.1	Kennzeichnung	90
22.2	Konstruktion und Montage	90
22.3	Prüfungen	90
22.3.1	Allgemeines	90
22.3.2	Dauerbetrieb	91
22.3.3	Wiederholte Montage	92
23	Nichtmetallische starre Niederdruck-Kraftstoffleitungen	92
23.1	Allgemeines	92
23.2	Kennzeichnung	92
23.3	Konstruktion und Montage	92
23.4	Prüfungen	92
23.4.1	Allgemeines	92
23.4.2	Hydrostatische Festigkeit	93
23.4.3	Dauerbetrieb	93
23.4.4	Chloridbeständigkeit	94
24	Verschlüsse der Auslassleitung	94
24.1	Kennzeichnungen	94
24.2	Konstruktion und Montage	94
24.2.1	Allgemeines	94
24.2.2	Inspektion und Annahmeprüfung	95
24.3	Prüfungen	95
24.3.1	Allgemeines	95
24.3.2	Dauerbetrieb	96
24.3.3	Wasserstrahlschutz	96
24.3.4	Leckageentlüftung	97
Anhang A (informativ)	Prüfung der Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen	98
A.1	Anwendungsbereich	98
A.2	Prüfung der Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen mit Antrieb	98
A.3	Anweisungen	98
Literaturhinweise		100

Bilder

Bild 1 — Hypothetisches Betankungssystem für verdichteten Wasserstoff	20
Bild 2 — Darstellung des Biegemoments	30
Bild 3 — Flussdiagramm der beschleunigten zyklischen Korrosion	33
Bild 4 — Prüfzyklus mit anormalen elektrischen Spannungen	37
Bild 5 — Profil der Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen	56
Bild 6 — Prüfzyklus mit anormalen elektrischen Spannungen	59
Bild 7 —	79
Bild A.1 — Flussdiagramm für die Prüfung der Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen	99

Tabellen

Tabelle 1 — Biegemoment-Prüfkraft	29
Tabelle 2 — Anwendbarkeit der Korrosionsprüfung	31
Tabelle 3 — Anwendbare Prüfungen	41
Tabelle 4 — Anwendbare Prüfungen	43
Tabelle 5 — Drehmomentprüfung	46
Tabelle 6 — Anwendbare Prüfungen	47
Tabelle 7 — Drehmomentprüfung	49
Tabelle 8 — Anwendbare Prüfungen	51
Tabelle 9 — Anwendbare Prüfungen	53
Tabelle 10 — Anwendbare Prüfungen	57
Tabelle 11 — Anwendbare Prüfungen	60
Tabelle 12 — Anwendbare Prüfungen	63
Tabelle 13 — Anwendbare Prüfungen	66
Tabelle 14 — Anwendbare Prüfungen	68
Tabelle 15 — Anwendbare Prüfungen	70
Tabelle 16 — Außen- und Dorndurchmesser von starren Kraftstoffleitungen aus nichtrostendem Stahl	72
Tabelle 17 — Anwendbare Prüfungen	75
Tabelle 18 — Einwirkung von Kraftfahrzeug-Flüssigkeiten	79
Tabelle 19 — Anwendbare Prüfungen	89
Tabelle 20 — Anwendbare Prüfungen	90
Tabelle 21 — Anwendbare Prüfungen	92
Tabelle 22 — Anwendbare Prüfungen	95

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO/DIS 19887:2023, die vom Technischen Komitee ISO/TC 197 „Hydrogen technologies“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von SCC (Kanada) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 032-03-07 AA "Gasversorgung für erdgasbetriebene Fahrzeuge" im DIN-Normenausschuss Gastechnik (NAGas).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 6270-2:2017	siehe	DIN ISO 6270-2:2018-04
ISO 9227:2022	siehe	DIN EN ISO 2023-03
IEC 60079-10-1:2020	siehe	DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-101):2022-02
ISO 6803:2017	siehe	DIN EN ISO 6803:2017-07
ISO 4080:2009	siehe	DIN EN ISO 4080:2010-05
IEC 62282-4-101:2022	siehe	DIN EN IEC 62282-4-101 (VDE 0130-4-101):2023-06

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN IEC 60079-10-1 (VDE 0165-101):2022-02, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10-1: Einteilung der Bereiche — Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 60079-10-1:2020 + COR1:2021); Deutsche Fassung EN IEC 60079-10-1:2021*

DIN EN IEC 62282-4-101 (VDE 0130-4-101):2023-06, *Brennstoffzellen-Technologien — Teil 4-101: Brennstoffzellen-Energiesysteme für elektrisch betriebene Flurförderzeuge — Sicherheit (IEC 62282-4-101:2022); Deutsche Fassung EN IEC 62282-4-101:2022*

DIN EN ISO 4080:2010-05, *Gummi- und Kunststoffschläuche und Schlauchleitungen — Bestimmung der Gasdurchlässigkeit (ISO 4080:2009); Deutsche Fassung EN ISO 4080:2009*

DIN EN ISO 6803:2017-07, *Gummi- oder Kunststoffschläuche und -schlauchleitungen — Hydraulik-Druck-Impulsprüfung ohne Biegung (ISO 6803:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6803:2017*

DIN EN ISO 9227:2023-03, *Korrosionsprüfungen in künstlichen Atmosphären — Salzsprühnebelprüfungen (ISO 9227:2022); Deutsche Fassung EN ISO 9227:2022*

DIN ISO 6270-2:2018-04, *Beschichtungsstoffe — Bestimmung der Beständigkeit gegen Feuchtigkeit — Teil 2: Kondensation (Beanspruchung in einer Klimakammer mit geheiztem Wasserbehälter) (ISO 6270-2:2017); Deutsche Fassung EN ISO 6270-2:2018*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 197 und ISO/TC 22/SC 41/Joint WG 30, *Gaseous hydrogen land vehicle fuel system components*, erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Zweck dieses Dokuments ist es, die Einführung von Landfahrzeugen mit Wasserstoffantrieb durch die Schaffung leistungsbezogener Prüfanforderungen für Bauteile von Fahrzeugen mit Wasserstoffantrieb zu fördern. Die erfolgreiche Vermarktung von Technologien für wasserstoffbetriebene Landfahrzeuge erfordert Normen zu Tankstellen, Bauteilen des Betankungssystems von Fahrzeugen und weltweite Homologation von Normenanforderungen für Technologien mit demselben Verwendungszweck. Damit können Hersteller durch die Fähigkeit, ein Produkt für den weltweiten Einsatz herzustellen, Betriebsgrößensparnisse bei der Herstellung erzielen.

Dieses Dokument beruht auf der CSA-Norm ANSI/CSA HGV 3.1:22.

1 Anwendungsbereich

1.1 Einschlüsse

Dieses Dokument legt Anforderungen für neu hergestellte Bauteile von Betankungssystemen für verdichtetes Wasserstoffgas entsprechend nachstehender Auflistung fest, welche für die Verwendung in mit Wasserstoffgas betriebenen Landfahrzeugen vorgesehen sind:

- a) Rückflussverhinderer (siehe Abschnitt 8);
- b) handbetätigte Ventile (siehe Abschnitt 9);
- c) handbetätigte Behälterventile (siehe Abschnitt 10);
- d) automatische Ventile und automatische Behälterventile (siehe Abschnitt 11);
- e) Wasserstoff-Einspritzdüsen (siehe Abschnitt 12);
- f) Druckaufnehmer, Temperaturfühler und Druckmessgeräte (siehe Abschnitt 13);
- g) Druckregler (siehe Abschnitt 14);
- h) Sicherheitsventile (PRV) (siehe Abschnitt 15);
- i) Druckentlastungseinrichtungen (PRD) (siehe Abschnitt 16 und ISO 19882);
- j) Strömungsbegrenzungseinrichtungen (siehe Abschnitt 17);
- k) gasdichte Gehäuse und Lüftungskanäle (siehe Abschnitt 18);
- l) starre Kraftstoffleitungen aus nichtrostendem Stahl (siehe Abschnitt 19);
- m) flexible Kraftstoffleitungen, Schläuche und Baugruppen (siehe Abschnitt 20);
- n) Filterbaugruppen (siehe Abschnitt 21);
- o) Fittings (siehe Abschnitt 22);
- p) nichtmetallische starre Niederdruck-Kraftstoffleitungen (siehe Abschnitt 23); und
- q) Verschlüsse der Auslassleitung (siehe Abschnitt 24).

ANMERKUNG Sonstige Bauteile, die hier nicht im Besonderen abgedeckt sind, können untersucht werden, um die Kriterien nach ISO 19887 zu erfüllen, und entsprechend den jeweiligen erforderlichen Funktionen geprüft werden.

1.2 Anwendbarkeit

Dieses Dokument gilt für Bauteile mit einem vom Hersteller festgelegten Nennbetriebsdruck von 25 MPa, 35 MPa, 50 MPa oder 70 MPa bei 15 °C, der in diesem Dokument mit den folgenden Druckklassen bezeichnet wird:

- a) „H25“ – 25 MPa;
- b) „H35“ – 35 MPa;
- c) „H50“ – 50 MPa; und

d) „H70“ – 70 MPa.

Andere als die festgelegten Nennbetriebsdrücke für Wasserstoffgas sind zulässig, sofern die erforderlichen Qualifizierungsprüfanforderungen nach diesem Dokument erfüllt sind.

Dieses Dokument gilt ebenfalls für Bauteile abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe mit einem vom Hersteller in MPa oder kPa angegebenen maximalen Betriebsdruck.

1.3 Ausschlüsse

Dieses Dokument gilt nicht für Folgendes:

- a) Bauteile des Wasserstoffgas-Betankungssystems, die bei der Herstellung von Kraftfahrzeugen eingebaut werden und ursprünglich entsprechend den internationalen Vorschriften für Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge wie UN-GTR Nr. 13, UN-Regelung Nr. 134, UN-Regelung Nr. 146 oder IEC 62282-4-101 hergestellt wurden;
- b) Kraftstoffbehälter;
- c) Anwendungen der stationären Stromerzeugung;
- d) Befestigungsmittel für den Behälter;
- e) elektronisches Kraftstoffmanagement;
- f) Tankanschlüsse; oder
- g) für flüssigen Wasserstoff bestimmte Bauteile.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 188:2011, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Accelerated ageing and heat resistance tests*

ISO 1431-1:2022, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Resistance to ozone cracking — Part 1: Static and dynamic strain testing*

ISO 6270-2:2017, *Paints and varnishes — Determination of resistance to humidity — Part 2: Condensation (in-cabinet exposure with heated water reservoir)*

ISO 6722-1:2011, *Road vehicles — 60 V and 600 V single-core cables — Part 1: Dimensions, test methods and requirements for copper conductor cables*

ISO 6722-2:2013, *Road vehicles — 60 V and 600 V single-core cables — Part 2: Dimensions, test methods and requirements for aluminium conductor cables*

ISO 9227:2022, *Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests*

ISO/TR 11340:1994, *Rubber and rubber products — Hydraulic hose assemblies — External leakage classification for hydraulic systems*

ISO 14687, *Hydrogen fuel quality — Product specification*

E DIN ISO 19887:2024-08

ISO/TR 15916, *Basic considerations for the safety of hydrogen systems*

ISO 16750-2:2012, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 2: Electrical loads*

ISO 19882, *Gaseous hydrogen — Thermally activated pressure relief devices for compressed hydrogen vehicle fuel containers*

Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC)

IEC 60079-10-1:2020, *Explosive atmospheres — Part 10-1: Classification of areas — Explosive gas atmospheres*

ASTM International

ASTM A269/A269M-22, *Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service*

ASTM A632-19, *Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing (Small-Diameter) for General Service*

ASTM B117-19, *Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus*

ASTM D572-04(2019), *Standard Test Method for Rubber — Deterioration by Heat and Oxygen*

ASTM D1149-18, *Standard Test Methods for Rubber Deterioration — Cracking in an Ozone Controlled Environment*

ASTM D1193-06(2018), *Standard Specification for Reagent Water*

ASTM G154-16, *Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials*

SAE International

SAE 343_200401, *Test and Test Procedures for SAE 100R Series Hydraulic Hose and Hose Assemblies*

SAE J2719_201109, *Hydrogen Fuel Quality for Fuel Cell Vehicles*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

— IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Umgehungsströmung

beabsichtigter Durchfluss durch, oder um eine Strömungsbegrenzungseinrichtung, oder ein vergleichbares Ventil in aktivierter Stellung

3.2

verdichtetes Wasserstoffgas

Wasserstoffgas, das verdichtet wurde (siehe 5.1.4.3)

3.3

Auslassleitung

Bauteile, die an der Abgasöffnung von Druckentlastungseinrichtungen oder Sicherheitsventilen oder anderen Einrichtungen zur Freisetzung von Gas angebracht sind

3.4

Verschluss der Auslassleitung

Einrichtung, die das Eindringen von Verschmutzung in eine Auslassleitung verhindert, während Gas weiterhin aus der Leitung in die Atmosphäre austreten kann

3.4.1

Verschluss der Auslassleitung für wiederholte Verwendung

Verschluss der Auslassleitung (3.4) für mehrere Freisetzen von Gas

3.4.2

Verschluss der Auslassleitung für einmalige Verwendung

Verschluss der Auslassleitung (3.4) für eine einzelne Freisetzung von Gas

3.5

Einschaltzyklus

vollständige Betätigung des Bauteils, z. B. Druckbeaufschlagung und Druckentlastung oder Ein- und Ausschalten, sofern zutreffend

3.6

Einschaltzyklus der Einspritzdüse

Betriebsfrequenz einer Einspritzdüse entsprechend den Festlegungen des Herstellers

3.7

Füllzyklus

Druckanstieg, der die Fahrzeugbetankung widerspiegelt, bei mit Behälterdruck beaufschlagten Bauteilen

3.8

Filtergehäuse

Baugruppe, die ein Filtermedium für das Entfernen von Verunreinigungen aus dem Gasstrom enthält

3.9

Fitting

Verbindungsstück zum Verbinden der Abschnitte von Rohren, Leitungen, Schläuchen oder Bauteilen

3.10

flexible Kraftstoffleitung

biegsame(r) Rohrleitung oder Schlauch, durch die/den Wasserstoffgas strömt

3.11

Gaseinspritzdüse

Magnetbetätigungsventil zur Regelung des Durchflusses in den Motor oder einen zugehörigen Einlass, das bei jedem Zylinderzyklus des Motors betätigt wird

3.12

gasdichtes Gehäuse

Einhausung zur Aufnahme von Leckage aus druckführenden Bauteilen

3.13

Leckage

3.13.1

innere Leakage

Leckage zwischen druckführenden Kammern, wobei beide als druckdicht bei Normalbetrieb vorgesehen sind

3.13.2

äußere Leakage

Leckage zwischen einer druckführenden Kammer und der Atmosphäre oder einer Kammer, die zur Atmosphäre entlüftet

3.14

Leckage-Aufnahmeschlauch

Schlauch zur Aufnahme von Leckage aus gasdichten Gehäusen oder deren Ableitung aus dem Fahrzeug nach außen

3.15

Leckage-Aufnahmekanäle

Teile druckführender Bauteile zur Aufnahme und Leitung von Gasleckage aus den druckführenden Dichtungen dieses Bauteils

3.16

Schließdruck

stabilisierter Druck am Auslass eines Druckreglers bei Null-Durchfluss

3.17

Ncm³ (Standardkubikzentimeter)

die Menge des festgelegten Trockengases, die bei einer Temperatur von 273,15 K (0 °C) und einem absoluten Druck von 101,325 kPa (1 atm) ein Volumen von 1 cm³ einnimmt

3.18

Periode

Zeit zwischen dem Beginn eines Zyklus und dem Beginn des darauffolgenden Zyklus

3.19

Druck

3.19.1

Berstdruck

Druck, der zu Strukturversagen des Bauteils und somit zu Flüssigkeitsverlust aus der Bauteilhülle, mit Ausnahme von Dichtungen, führt. Es handelt sich um den höchsten während einer Berstprüfung aufgezeichneten Druck

3.19.2

Behälterdruck

Gasdruck innerhalb eines Behälters bis 125 % des Nennbetriebsdrucks unmittelbar nach dem Befüllen und unabhängig von der Temperatur

3.19.3

hydrostatischer Druck

Wasserdruck, dem ein Bauteil während der Prüfung ausgesetzt ist

3.19.4

maximaler Eingangsdruck

größter auf den Einlass eines Druckreglers oder einer Druckreglerstufe aufzubringender Druck

3.19.5

maximaler Betriebsdruck

MOP, en: maximum operating pressure

größter Druck, dem ein Bauteil erwartungsgemäß im tatsächlichen Betrieb ausgesetzt ist. Der Begriff maximaler Betriebsdruck gilt ausschließlich für Bauteile, die der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der MOP ist gewöhnlich der Ansprechdruck des Druckreglers eines PRV.

3.19.6

Nennbetriebsdruck

NWP, en: nominal working pressure

sich bei konstanter Gastemperatur von 15 °C einstellender Druck. Der Nennbetriebsdruck gilt ausschließlich für Bauteile, die der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet sind

3.19.7

Öffnungsdruck

Druck, bei dem eine Schließeinrichtung oder ein Sicherheitsventil erstmals öffnet, um Durchfluss aus der Einrichtung zu ermöglichen

3.19.8

Ansprechdruck

Druck, bei dem vorgesehen ist, dass das Sicherheitsventil vollständig geöffnet ist

3.20

Druckmessgerät

mechanische Einrichtung, die Druck in eine visuelle Anzeige oder ein Druckmaß umwandelt

3.21

Druckregler

Einrichtung zur Regelung des Förderdrucks von gasförmigen Kraftstoffen

3.22

Druckentlastungseinrichtung

PRD, en: pressure relief device

Einrichtung, die bei Auslösung unter festgelegten Leistungsbedingungen für die Entlüftung des Behälterinhalts verwendet wird

3.23

Sicherheitsventil

PRV, en: pressure relief valve

Wiederschließeinrichtung, die zur Druckentlastung bei einem vorbestimmten zuströmseitigen Druck öffnet

3.24

Druckaufnehmer

Einrichtung zur Messung von Gasdruck für die elektronische Übertragung

3.25

starre Kraftstoffleitung

Rohrleitung, die so ausgelegt ist, dass sie sich bei Normalbetrieb nicht biegt, und durch die Kraftstoff strömt

Anmerkung 1 zum Begriff: Als starre Leitungen werden beispielsweise Kraftstoffleitungen aus nichtrostendem Stahl oder Polymerrohrleitungen angesehen.

3.26

Prüfgas

für die Leistungsprüfungen des Bauteils nach diesem Dokument verwendetes Gas, das entweder verdichtetes Wasserstoffgas oder nicht reaktionsfähiges Gas sein darf, sofern in den spezifischen Abschnitten zu Prüfungen nicht anders festgelegt

3.27

Ventil

Bauteil, mit dem der Flüssigkeitsstrom geregelt werden kann

3.27.1

automatisches Ventil

Zweipunktventil für die Regelung des Gasstroms, das nicht von Hand betätigt wird

3.27.2

automatisches Behälterventil

automatisches Ventil, das starr am Behälter angebracht ist und den Gasstrom zum Betankungssystem regelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein automatisches Behälterventil kann auch als Absperrventil angesehen werden, das in UN-GTR Nr. 13 als Ventil zwischen dem Behälter und dem Betankungssystem des Fahrzeugs definiert ist, welches standardmäßig die Geschlossenstellung einnehmen muss, wenn es nicht an eine Energiequelle angeschlossen ist.

3.27.3

Rückflussverhinderer

mechanisches Ventil, das den Gasstrom nur in eine Richtung zulässt

3.27.4

Strömungsbegrenzungseinrichtung

Ventil das dafür vorgesehen ist, den Durchfluss automatisch abzusperren oder zu begrenzen, wenn eine festgelegte Durchflussrate (oder Druckdifferenz) durch das Ventil überschritten wird

3.27.4.1

äußere Strömungsbegrenzungseinrichtung

Strömungsbegrenzungseinrichtung, die außerhalb des Behälters oder Behälterventils eingebaut ist

3.27.4.2

durchflussbegrenzende Strömungsbegrenzungseinrichtung

Strömungsbegrenzungseinrichtung, die bei Auslösung den Durchfluss begrenzt

3.27.4.3

innere Strömungsbegrenzungseinrichtung

Strömungsbegrenzungseinrichtung, die innerhalb des Behälters oder Behälterventils eingebaut ist

3.27.4.4

absperrende Strömungsbegrenzungseinrichtung

Strömungsbegrenzungseinrichtung, die bei Auslösung den Durchfluss unterbricht

3.27.5

handbetätigtes Behälterventil

handbetätigtes Ventil, dass für starres Befestigen an Kraftstoffbehältern vorgesehen ist

3.27.6

handbetätigtes Ventil

von Hand betätigtes Ventil zur Regelung des Gasstroms

3.27.7

Wartungsventil

Ventil, das ausschließlich für den Einsatz während Instandhaltung oder Reparatur vorgesehen ist und für dessen Betätigung Werkzeug erforderlich ist

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Allgemeine Konstruktion und Montage

4.1.1 Vorgesehener Verwendungszweck

Bauteile müssen aus Werkstoffen hergestellt sein, die für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas geeignet sind.

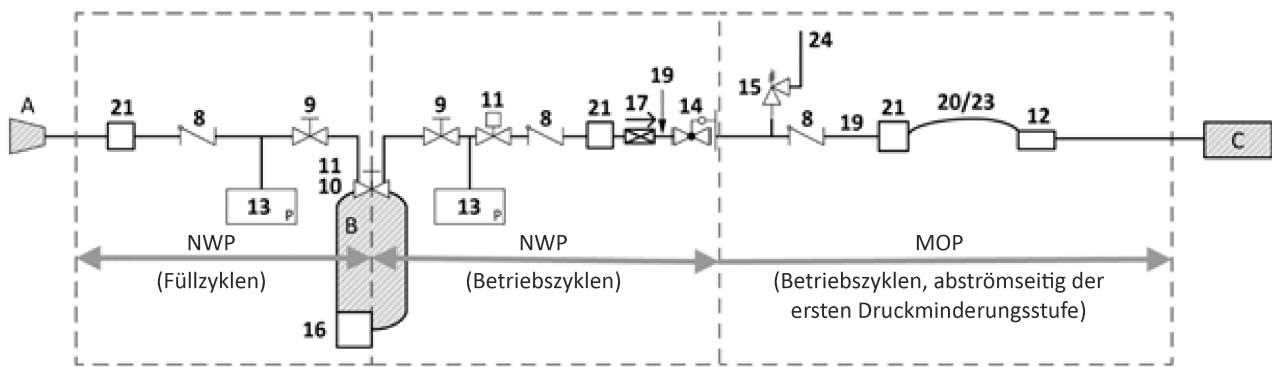
Für die Übereinstimmung mit diesem Dokument ausgelegte Bauteile sind für die Verwendung mit Wasserstoff als Kraftstoff nach ISO 14687 oder SAE J2719 vorgesehen.

ANMERKUNG Die in den folgenden Abschnitten angegebenen Prüfungen und Anforderungen berücksichtigen nicht das Vorhandensein von Wasser in Bauteilen von Brennstoffzellen. Anwender dieses Dokuments müssen bei dessen Anpassung an Bauteile, die für die Verwendung mit feuchtem Wasserstoff ausgelegt sind, die korrosiven und sonstigen Auswirkungen berücksichtigen.

Hersteller von Bauteilen für Fahrzeuge mit Wasserstoffgasantrieb müssen die vorgesehene Einbaulage und Druckklasse berücksichtigen. Der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltete Bauteile werden im Betrieb mit dem Behälterdruck beaufschlagt und müssen entsprechend den Anforderungen an den Nennbetriebsdruck (NWP) geprüft werden. Der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltete Bauteile werden mit dem maximalen Betriebsdruck (MOP) beaufschlagt, der gewöhnlich durch den Einstellwert des Sicherheitsventils (PRV) bestimmt wird.

Darüber hinaus müssen mit dem Behälterdruck beaufschlagte Bauteile als Füllzyklus- oder Einschaltzyklus-Bauteile eingestuft werden, um die jeweiligen Prüfanforderungen zu bestimmen. Füllzyklus-Bauteile sind Bauteile, die Druck- und Temperaturzyklen während der Fahrzeugbetankung ausgesetzt sind. Einschaltzyklus-Bauteile sind Bauteile, die Druck- und Temperaturzyklen infolge der Fahrzeug-Ein-/Ausschaltzyklen des Behälterventils oder Schwankungen während des üblichen Fahrzeugbetriebs ausgesetzt sind.

In Bild 1 ist ein Beispiel für ein hypothetisches Betankungssystem für verdichteten Wasserstoff mit getrenntem Ein- und Auslass am Behälterventil dargestellt. Eine andere Variante des in Bild 1 dargestellten Systems könnte ein einzelner Ein- und Auslass am Behälterventil sein, was die Anwendung der Füllzyklen und Einschaltzyklen auf die anderen Bauteile des gesamten Betankungssystems erweitern würde. Bild 1 dient lediglich zur Veranschaulichung und ist als Beispiel für die Einstufung verschiedener Bauteile vorgesehen. Das Bild ist nicht als vollständige Liste aller Bauteile in allen Konfigurationen vorgesehen.



Legende

Bauteil nach Abschnittsnummer:	18 gasdichte Gehäuse und Leckage-Aufnahmekanäle (nicht im Bild)
8 Rückflussverhinderer	19 starre Kraftstoffleitungen aus nichtrostendem Stahl
9 handbetätigte Ventile	20 flexible Kraftstoffleitungen, Schläuche und Baugruppen
10 handbetätigte Behälterventile	21 Filterbaugruppen
11 automatische Ventile und automatische Behälterventile	22 Fittings (nicht im Bild)
12 Wasserstoff-Einspritzdüsen	23 nichtmetallische starre Niederdruck-Kraftstoffleitungen
13 Druckaufnehmer, Temperaturfühler und Druckmessgeräte	24 Verschlüsse der Auslassleitung
14 Druckregler	A Tankanschluss (außerhalb des Anwendungsbereichs)
15 Sicherheitsventile	B Behälter (außerhalb des Anwendungsbereichs)
16 Druckentlastungseinrichtungen	C Brennstoffzelle/ICE (außerhalb des Anwendungsbereichs)
17 Strömungsbegrenzungseinrichtungen	

Bild 1 — Hypothetisches Betankungssystem für verdichteten Wasserstoff

4.1.2 Werkstoffanforderungen

4.1.2.1 Allgemeines

Bei druckführenden Werkstoffen in Kontakt mit Wasserstoff muss deren Zulässigkeit für den Wasserstoffbetrieb unter besonderer Beachtung von Wasserstoffversprödung und wasserstoffbeschleunigter Ermüdung bestimmt werden. Werkstoffe und Auslegung sollten zu keiner wesentlichen Änderung der Funktionsweise der Einrichtung, zu keiner Verformung oder mechanischen Veränderung der Einrichtung sowie zu keiner schädlichen Korrosion, Verformung oder Verschlechterung der Werkstoffe führen.

4.1.2.2 Metallische Werkstoffe

Die Werkstoffverträglichkeit für metallische Werkstoffe ist durch Versuche oder durch Bezugnahme auf veröffentlichte Daten für denselben Werkstoff, einer repräsentativen Form (z. B. Stange oder Platte, Schmiedestück oder Gussstück usw.), ähnlicher Festigkeit und gleichwertiger Betriebsbedingungen nachzuweisen.

ANMERKUNG Angaben zum Verhalten von Werkstoffen in Wasserstoffumgebungen können ISO/TR 15916, ANSI/CSA CHMC 1, ASME B31.12 und SAE J2579, Anhang B entnommen werden. Die Wasserstoffverträglichkeit kann auch durch Prüfungen in Wasserstoffumgebungen, wie sie im Betrieb erwartet werden, nachgewiesen werden, wie z. B. durch die Dauerbetriebsprüfung nach 5.6.

Die Beständigkeit gegen Chloridinduzierte-Spannungsrissskorrosion ist bei der Auswahl von Werkstoffen aus nichtrostendem Stahl zu berücksichtigen. Bei der Auswahl von Werkstoffen aus kohlenstoffhaltigem Stahl ist die Beständigkeit gegen Risskorrosion zu berücksichtigen (z. B. durch die Wahl geeigneter Beschichtungen und Herstellungsverfahren).

Bei der Auswahl von Aluminiumwerkstoffen muss die Beständigkeit gegen Rissbildung unter Dauerbeanspruchung berücksichtigt werden.

Beim Verbinden von Bauteilen, die unterschiedliche Werkstoffe enthalten, muss die Beständigkeit gegen galvanische Korrosion berücksichtigt werden.

4.1.2.3 Nichtmetallische Werkstoffe

Die Eignung nichtmetallischer Werkstoffe für den Wasserstoffbetrieb muss unter Berücksichtigung der Tatsache nachgewiesen werden, dass Wasserstoff leichter durch diese Werkstoffe diffundiert als durch Metalle.

Nichtmetallische Werkstoffe sollten ihre mechanische Stabilität in Bezug auf die Festigkeit (z. B. Ermüdungseigenschaften, Dauerfestigkeit, Kriechfestigkeit) beibehalten, wenn sie dem gesamten Bereich der vom Hersteller festgelegten Betriebsbedingungen und Lebensdauer ausgesetzt sind.

Die Werkstoffe sollten ausreichend beständig gegen die chemische und physikalische Einwirkung der in ihnen enthaltenen Flüssigkeiten und gegen umgebungsbedingte Verschlechterung sein. Die für die Betriebssicherheit erforderlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften sollten während der geplanten Lebensdauer der Ausrüstung nicht wesentlich beeinträchtigt werden, sofern kein Austausch vorgesehen ist. Bei der Auswahl von Werkstoffen und Herstellungsverfahren sollten insbesondere die Korrosionsbeständigkeit und Verschleißfestigkeit, die elektrische Leitfähigkeit, die Schlagfestigkeit, die Alterungsbeständigkeit, die Auswirkungen von Temperaturschwankungen, die Auswirkungen, die beim Zusammenfügen von Werkstoffen entstehen (z. B. galvanische Korrosion), die Auswirkungen von ultravioletter Strahlung und die beeinträchtigenden Auswirkungen von Wasserstoff auf die mechanische Leistungsfähigkeit eines Werkstoffs berücksichtigt werden.

Der Hersteller muss die Eignung des Werkstoffs unter Einbeziehung von Merkmalen wie Permeabilität, Kriechen, Langzeitalterung, Spannungsrisssbildung und Beibehaltung mechanischer Eigenschaften, sofern zutreffend, nachweisen. Der Sicherheitszuschlag muss anhand von Prüfung der hydrostatischen Festigkeit, zulässiger Leckage und Verwendung von Werkstoffen unterhalb ihrer Kriechgrenze für die jeweilige Qualifizierungstemperatur nachgewiesen werden.

ANMERKUNG Hinweise zur Berücksichtigung der beeinträchtigenden Auswirkung von Wasserstoff auf die mechanische Leistung eines Werkstoffs können ISO/TR 15916 und ANSI/AIAA G-095 entnommen werden. Die Wasserstoffverträglichkeit für nichtmetallische Werkstoffe darf auch durch Prüfungen in Wasserstoffumgebungen, wie sie im Betrieb erwartet werden, für einen oder mehrere der folgenden Punkte nachgewiesen werden:

- 1) dokumentierte praktische Erfahrungen mit der erfolgreichen Verwendung des Werkstoffs in Wasserstoffumgebungen mit vergleichbaren Betriebsbedingungen;
- 2) Erfüllung der von der Industrie anerkannten Normen für Wasserstoffverträglichkeit, z. B. CSA/ANSI CHMC 2;
- 3) Verwendung von Wasserstoff als Prüfgas für die Dauerbetriebsprüfung nach 5.6 (und den anderen bauteilspezifischen Abschnitten); und
- 4) die Prüfung mit Wasserstoffgas nach 5.12.2.

4.1.3 Gewindeöffnungen

Alle Gewinde müssen einer anerkannten internationalen oder nationalen Norm entsprechen.

NPT-Gewinde sollten nicht in Hochdruckanwendungen verwendet werden, da sich NPT-Gewinde als weniger robust erwiesen haben als andere Gewindeausführungen. Sofern verwendet, müssen die Gewinde mit geeignetem Verbindungsmaterial (z. B. behandeltes PTFE-Band) abgedichtet werden.

4.1.4 Betriebstemperaturen

Alle Bauteile müssen für den Betrieb innerhalb eines Temperaturbereichs von -40 °C bis 85 °C geeignet sein. Bauteile in einem Verbrennungsmotorraum müssen für den Betrieb innerhalb eines Temperaturbereichs von -40 °C bis 120 °C geeignet sein.

ANMERKUNG Die Betriebstemperaturen der Gase könnten außerhalb dieses Bereichs liegen. Der Hersteller darf sich für die Prüfung über die Betriebstemperaturen hinaus entscheiden.

4.1.5 Bemessungslebensdauer

Die Bemessungslebensdauer des Bauteils muss vom Bauteilhersteller festgelegt werden.

ANMERKUNG 1 Die in diesem Dokument beschriebenen Prüfungen beruhen auf einer erwarteten Lebensdauer von 20 Jahren. Die Lebensdauer kann verlängert werden, indem die Füll- oder Arbeitszyklen mit einem entsprechenden Faktor (Verhältnis) angepasst werden. Bei einer Lebensdauer von 25 Jahren müssen die Zyklen beispielsweise mit 1,25 multipliziert werden.

ANMERKUNG 2 Die Prüfung der Füllzyklen beruht auf 15 000 Zyklen mit eingebettetem Sicherheitsfaktor unter Berücksichtigung von höchstens 750 Betankungen je Jahr multipliziert mit der Lebensdauer des Bauteils. Die Einschaltzyklen sind bauteilspezifisch für den vorgesehenen Verwendungszweck und Sicherheitsfaktor des jeweiligen Bauteils.

4.2 Fehler-Möglichkeiten- und -Einflussanalyse (FMEA, en: failure modes and effects analysis)

Konstruktions-FMEA und Prozess-FMEA müssen für alle durch dieses Dokument abgedeckten Bauteile durchgeführt werden.

ANMERKUNG Die FMEA ist eine Methode, die in der Automobilindustrie eingesetzt wird, um potenziell gefährliche Ausfallarten von Sicherheitseinrichtungen zu erkennen und Änderungen in Auslegung, Herstellung, Inspektion oder Prüfung zu empfehlen, die diese Ausfallarten ausschließen oder ihre Auswirkungen auf ein Mindestmaß begrenzen. Die FMEA wird sowohl auf die Auslegung als auch auf den Herstellungs- und Montageprozess von Einrichtungen angewendet, um Korrekturmaßnahmen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit und Sicherheit der Einrichtungen zu ermitteln. Siehe SAE J1739 für weitere Informationen.

4.3 Elektrische Ausrüstung und Verkabelung

4.3.1 Öffnungen

Alle Bauteilöffnungen, durch die elektrische Leitungen geführt werden, müssen mit Mitteln zur Verhinderung von Scheuern und Abrieb der Leiterisolierung versehen sein.

4.3.2 Ausrüstung

Die elektrische Ausrüstung und die Verkabelung der Stromkreise in einem Bauteil müssen ISO 6722-1 und ISO 6722-2 entsprechen.

4.3.3 Werkstoffe

Für elektrische Konstruktionen verwendete Werkstoffe müssen für ihre jeweilige Anwendung geeignet sein. Bei der Bestimmung der Zulässigkeit eines elektrischen Isoliermaterials müssen dessen mechanische Festigkeit, Durchschlagsfestigkeit, hitzebeständigen Eigenschaften, Einhausungs- oder Schutzgrad sowie alle seine sonstigen Merkmale mit Einfluss auf Brand- und Unfallgefährdungen berücksichtigt werden.

4.4 Bauteilunterlagen

4.4.1 Allgemeines

Hersteller von Bauteilen für mit verdichtetem Wasserstoffgas angetriebene Fahrzeuge müssen Unterlagen zu ihren Bauteilen bereitstellen. Diese Unterlagen müssen Angaben zur Anleitung des Einbaubetriebs beim ordnungsgemäßen Einbau bereitstellen. In den Unterlagen muss auch vorgeschrieben sein, dass zwischengeschaltete Montagebetriebe die Warnhinweise und Unterlagen für das Bauteil an den Einbaubetrieb weitergeben. Der Hersteller muss auf Anfrage Kopien der Unterlagen zur Verfügung stellen, auch für Ersatzteile. Kritische Teile der Bauteilunterlagen müssen im Imperativ formuliert sein.

4.4.2 Anweisungen – Allgemeines

Die Anweisungen müssen mindestens Folgendes einschließen:

- a) Nennbetriebsdruck (MPa) und Spezifikation für die Verwendung mit Wasserstoff mit Angabe als „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“, oder maximaler Betriebsdruck für Bauteile, die nicht dem Behälterdruck ausgesetzt sind;
- b) Grenzen der Betriebstemperatur;
- c) Montagebegrenzungen hinsichtlich der Korrosionsbeständigkeit, einschließlich der Bestimmung, ob das Bauteil für Unterboden-, Außen- oder Innenbereiche geeignet ist;
- d) Fließverhalten (z. B. Cv) von Verbindungen, sofern aus Sicherheitsgründen erforderlich, wie z. B. Durchflussanforderungen in und aus Sicherheitsventile(n);
- e) Anforderungen an Warnschilder, die als Teil des Einbaus erforderlich sein könnten;
- f) Bauteile, deren regelmäßiger Austausch erforderlich ist, müssen gekennzeichnet werden;
- g) Kontaktinformationen des Herstellers oder seines Vertreters;
- h) vom Hersteller festgelegte Bemessungslebensdauer der Bauteile; und
- i) sonstige Angaben, die nach den bauteilspezifischen Abschnitten erforderlich sind.

4.4.3 Anleitungen – Zusätzliche Betrachtungen

Die Anweisungen müssen auch Folgendes enthalten, sofern zutreffend:

- a) Einbauanweisungen, einschließlich Drehmomenten;
- b) Anforderungen an die Einbaulage;
- c) Betriebsabläufe; und
- d) Empfehlungen für den Zugang zu Wartungszwecken.

4.4.4 Einbauanweisungen

In den Einbauanweisungen muss angegeben werden, dass der Einbau den Vorschriften der zuständigen örtlichen Behörde entsprechen muss.

4.5 Kennzeichnung

4.5.1 Allgemeine Kennzeichnungsangaben

Die Bauteile müssen mit den folgenden nach dem maßgebenden Abschnitt dieses Dokuments erforderlichen Angaben gekennzeichnet werden:

- a) Name, Markenzeichen oder Symbol des Herstellers oder Vertreters;
- b) Modellbezeichnung (Bauteilnummer);
- c) Spezifikation für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas, sowie entweder
 - i) Nennbetriebsdruck, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist (darf mit „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“ angegeben werden); oder
 - ii) maximaler Betriebsdruck, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist;
- e) Strömungsrichtung (sofern für den korrekten Einbau erforderlich);
- f) Seriennummer, Datumscode oder geeigneter Rückverfolgbarkeitscode; und
- g) Bezeichnung dieses Dokuments „ISO 19887“.

ANMERKUNG Zusätzliche spezifische Anforderungen an die Bauteilkennzeichnung können den nachstehenden Abschnitten dieses Dokuments entnommen werden.

4.5.2 Kennzeichnungsverfahren

Kennzeichnungen müssen während der gesamten Lebensdauer des Bauteils lesbar bleiben und dürfen nicht entfernt sein, ohne die Kennzeichnung zu zerstören oder zu entstellen. Es dürfen dauerhafte klebende Etiketten verwendet oder die Kennzeichnungen in das Bauteil geätzt, gestempelt oder eingegossen werden.

ANMERKUNG Die Kennzeichnungsangaben können durch einen geeigneten Kennzeichnungscode auf mindestens einem Teil des Bauteils bereitgestellt werden, wenn dieses aus mehr als einem Teil besteht.

4.5.3 Ausgliederung von Kennzeichnungen

Wenn Größe und Form von Bauteilen die erforderlichen Kennzeichnungen nicht zulassen, gilt für die erforderlichen Angaben Folgendes:

- a) sie müssen in den Herstellerunterlagen enthalten sein; und
- b) sie dürfen auf dem Bauteil in umgekehrter Reihenfolge ihrer Auflistung im anwendbaren Kennzeichnungsabschnitt (entweder im bauteilspezifischen Kennzeichnungsabschnitt oder in 4.5.1) weggelassen werden.

5 Allgemeine Prüfverfahren

5.1 Allgemeine Prüfanforderungen

5.1.1 Prüflinge

Die Prüfungen müssen an für die übliche Produktion repräsentativen fertiggestellten Bauteilen oder, sofern festgelegt, an Werkstoffproben durchgeführt werden. Sofern nicht anders festgelegt, darf für jede der hier festgelegten Prüfungen ein neues Bauteil verwendet werden.

5.1.2 Verweisungen auf andere Normen

Dieses Dokument verweist auf andere Normen, in denen Temperatur-, Druck- und Umgebungsbedingungen für Systeme für verdichtetes Wasserstoffgas nicht berücksichtigt sein könnten. Da diese Bedingungen die Werkstoff- oder Betriebseigenschaften von Bauteilen beeinflussen können, müssen sie bei der Bewertung des Bauteils nach der in Bezug genommenen Norm berücksichtigt und herangezogen werden. Die Bauteile müssen unter diesen Bedingungen den Bestimmungen der in Bezug genommenen Norm entsprechen.

5.1.3 Druck- und Temperaturanforderungen

5.1.3.1 Umgebungstemperatur

Die hier festgelegten Prüfungen müssen, sofern nicht anders angegeben, bei der auf $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ festgelegten Umgebungstemperatur durchgeführt werden.

5.1.3.2 Grenزابweichungen der Temperatur

Die hier festgelegten Prüfungen müssen, sofern nicht anders angegeben, mit den folgenden Grenزابweichungen von den festgelegten Temperaturen durchgeführt werden:

- a) $-40^\circ\text{C} + 0^\circ\text{C}$ oder niedriger;
- b) $85^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}$ oder höher; oder
- c) $120^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}$ oder höher.

Die Abweichungsgrenzen „oder niedriger“ sowie „oder höher“ müssen vom Bauteilhersteller festgelegt werden.

5.1.3.3 Grenزابweichungen des Drucks

Die hier festgelegten Prüfungen müssen, sofern nicht anders angegeben, mit den folgenden Grenزابweichungen von den festgelegten Drücken durchgeführt werden:

- a) Drücke von höchstens 2 MPa: $+0\text{ MPa}/-1\text{ MPa}$;
- b) Drücke von mindestens 125 % NWP: $+2\text{ MPa}/-0\text{ MPa}$.

5.1.4 Prüfgase

5.1.4.1 Allgemeines

Alle Prüfungen müssen, sofern nicht anders festgelegt, unter Verwendung von Wasserstoffgas oder nicht reaktionsfähigem Gas durchgeführt werden.

Der Taupunkt des Prüfgases bei Prüfdruck muss bei einer Temperatur liegen, bei der keinerlei Vereisung oder Hydrat- oder Flüssigkeitsbildung vorliegt.

Bei Prüfung mit Wasserstoff sollte das Bauteil mit einem nicht reaktionsfähigen Gas gespült werden.

ANMERKUNG Die in diesen Anforderungen beschriebenen Prüfungen könnten zu einer plötzlichen Freisetzung von Prüfgas unter hohem Druck mit gefährlicher Explosionskraft führen. Angemessener Schutz vor Explosionen, Erschütterungen und herausgeschleuderten Bruchstücken sollte zum Schutz des Prüfpersonals und der Einrichtungen angewendet werden.

5.1.4.2 Gas für die Dichtheitsprüfung

Das Gas für die Dichtheitsprüfung muss Wasserstoff, Helium oder ein nicht reaktionsfähiges Gasgemisch sein, das eine nachweisbare Menge Wasserstoff oder Helium enthält.

5.1.4.3 Wasserstoffgas

Das für die Prüfung verwendete Wasserstoffgas muss ISO 14687 oder SAE J2719 oder den folgenden Festlegungen entsprechen:

- a) Wasserstoffkraftstoff-Index: $\geq 99,97\%$;
- b) Gesamtanteil anderer Gase als Wasserstoff: $\leq 300\ \mu\text{mol/mol}$;
- c) Wasser: $\leq 5\ \mu\text{mol/mol}$; und
- d) Partikelkonzentrationen: $\leq 1\ \text{mg/kg}$.

5.1.5 Werkstoffannahme

Prüfungen, die für die Zulassung eines (metallischen oder nichtmetallischen) Werkstoffs zur Verwendung in einem Bauteil festgelegt sind, dürfen entfallen, wenn der Antragsteller einen annehmbaren Nachweis in Form einer Erklärung des Werkstoffherstellers vorlegt, um die Eignung des Werkstoffs für die Verwendung in der erwarteten Umgebung zu bestätigen.

5.1.6 Multifunktionsbauteile

Es wird anerkannt, dass Multifunktionsbauteile aus mehreren der in 1.1 definierten Bauteile zusammengesetzt sein könnten. Diese Bauteile müssen auf Übereinstimmung mit Abschnitt 4 und Abschnitt 5 dieses Dokuments untersucht und entsprechend den jeweiligen Funktionsprüfungen geprüft werden.

5.1.7 Auswirkungen von Vorkühlung

Bei Bauteilen für Wasserstoffbetrieb, die während des Betankungsvorgangs dem Wasserstoffstrom (zuströmseitig des Behälters) ausgesetzt sein könnten, müssen die Auswirkungen der Vorkühlung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Zusätzliche Angaben zur Wasserstoff-Vorkühlung sind 5.16 zu entnehmen.

5.1.8 Elektrisch betriebene Bauteile

Sofern nicht anders festgelegt, muss der elektrische Betrieb eines Bauteils bei der vom Hersteller festgelegten Nennspannung erfolgen.

5.2 Hydrostatische Festigkeit

5.2.1 Allgemeines

Bauteile, die für die Verwendung bei einem Nenndruck von mindestens 14 kPa vorgesehen sind, dürfen bei der Prüfung nach 5.2.2 nicht bersten.

Diese Prüfung muss bei Umgebungstemperatur durchgeführt werden. Die Auslassöffnung in Bauteilen muss verschlossen und Ventilsitze oder innenliegende Blöcke müssen in die Offenstellung gebracht werden. Ein Neubauteil muss ebenso dieser Prüfung unterzogen werden wie zusätzliche Bauteile entsprechend den Festlegungen der anschließenden Prüfungen.

5.2.2 Prüfverfahren

Das Prüfverfahren ist wie folgt:

- a) Ein hydrostatischer Druck von 250 % des festgelegten Nennbetriebsdrucks bei Bauteilen, die der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet sind, bzw. von 250 % des maximalen Betriebsdrucks bei Bauteilen, die der ersten Druckminderungsstufe des Bauteils nachgeschaltet sind, muss für mindestens 3 min auf den Einlass des Bauteils aufgebracht werden. Das Bauteil muss einer Sichtprüfung unterzogen werden, um nachzuweisen, dass kein Bersten eingetreten ist.
- b) Der hydrostatische Druck muss dann mit einer Geschwindigkeit von höchstens 5 % des Nennbetriebsdrucks bzw. des maximalen Betriebsdrucks je Sekunde, je nach Anwendbarkeit, bis zum Bersten des Bauteils erhöht werden. Der hydrostatische Druck beim Bersten muss aufgezeichnet werden. Der Berstdruck von Bauteilen, die den Leistungsprüfungen nach anderen Abschnitten dieses Dokuments unterzogen werden, darf nicht weniger als 80 % des Berstdrucks des Neubauteils betragen, sofern nicht der hydrostatische Druck 400 % des Nennbetriebsdrucks bzw. des maximalen Betriebsdrucks, je nach Anwendbarkeit, übersteigt.

5.3 Leckage

5.3.1 Allgemeines

Vor der Konditionierung muss das Bauteil mit Dichtheitsprüfgas bei mindestens 2,5 % des Nennbetriebsdrucks, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bei mindestens 2,5 % des maximalen Betriebsdrucks, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, verschlossen werden.

Alle Prüfungen müssen durchgeführt werden, während das Bauteil durchgehend den festgelegten Prüftemperaturen ausgesetzt ist. Vor der Prüfung muss das Bauteil bei jeder der erforderlichen Prüftemperaturen thermisch konditioniert und für mindestens 1 h gehalten werden, um die thermische Stabilität sicherzustellen. Das Bauteil muss entweder blasenfrei sein oder eine Leckrate aufweisen, welche unter den in den 5.3.2 und 5.3.3 festgelegten Werten liegt.

5.3.2 Äußere Dichtheit

Jede Auslassöffnung des Bauteils muss mit dem entsprechenden Gegenstück verschlossen werden, und das Gas für die Dichtheitsprüfung muss an den Einlass angeschlossen werden.

Bei allen Prüftemperaturen muss die äußere Leckrate des Bauteils anhand eines geeigneten Verfahrens (z. B. Eintauchen in eine geeignete Flüssigkeit, globales Akkumulationsverfahren oder andere gleichwertige Verfahren) für mindestens 1 min überwacht werden.

Wird während des festgelegten Zeitraums keine Leckage beobachtet, hat die Probe die Prüfung bestanden. Wird eine Leckage festgestellt, muss die Leckrate mit einem geeigneten Verfahren gemessen werden und darf $10 \text{ Ncm}^3/\text{h}$ Wasserstoffgas nicht überschreiten.

5.3.3 Innere Dichtheit

Die Prüfung auf innere Dichtheit gilt ausschließlich für Bauteile in Geschlossenstellung. Ist das Bauteil für den Betrieb mit Druckdifferenzen in beiden Richtungen ausgelegt, muss die Dichtheitsprüfung in jeder Richtung durchgeführt werden. Für jede Richtung dürfen gesonderte Proben verwendet werden.

Die druckbeaufschlagte Seite des Bauteils muss mit dem entsprechenden Gegenstück verbunden werden, während der gegenüberliegende Anschluss bzw. die gegenüberliegenden Anschlüsse offen bleiben.

Am geschlossenen Bauteil muss Dichtheitsprüfgas an der angeschlossenen Öffnung eingeleitet und die Leckage an der anderen Öffnung des Bauteils für mindestens 1 min mit einem geeigneten Verfahren gemessen werden.

Die Leckrate darf $10 \text{ Ncm}^3/\text{h}$ Wasserstoffgas nicht überschreiten, sofern nicht anders festgelegt.

5.3.4 Prüfbedingungen

5.3.4.1 Bauteile unter Behälterdruck

Das Bauteil muss bei Umgebungstemperatur konditioniert und mit sowohl 5 % als auch 125 % des Nennbetriebsdrucks beaufschlagt werden.

Das Bauteil muss bei -40 °C konditioniert und mit sowohl 100 % als auch 5 % des Nennbetriebsdrucks beaufschlagt werden.

Das Bauteil muss bei 85 °C oder 120 °C , je nach Anwendbarkeit, konditioniert und mit sowohl 5 % als auch 125 % des Nennbetriebsdrucks beaufschlagt werden.

5.3.4.2 Bauteile abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe

Das Bauteil muss bei Umgebungstemperatur konditioniert und mit sowohl 5 % als auch 100 % des maximalen Betriebsdrucks beaufschlagt werden.

Das Bauteil muss bei -40 °C konditioniert und mit sowohl 100 % als auch 5 % des maximalen Betriebsdrucks beaufschlagt werden.

Das Bauteil muss bei 85 °C oder 120 °C , je nach Anwendbarkeit, konditioniert und mit sowohl 5 % als auch 100 % des maximalen Betriebsdrucks beaufschlagt werden.

5.4 Beständigkeit gegen Drehmomentüberlastung

Ein Bauteil, das für den direkten Anschluss an Gewindefittings vorgesehen ist, muss einer beim Einbau des Bauteils aufgetragenen Drehlast von 150 % der maximalen Nenndrehlast (oder dem Überdrehmomentprüfwert, der in der spezifischen Norm für die Gewindeverbindung festgelegt ist) ohne Verformung, Bruch oder Leckage widerstehen können.

Das Bauteil muss wie folgt geprüft werden:

- a) Ein ungebrauchtes Bauteil wird durch Aufbringen des Drehmoments neben dem Fitting geprüft, wodurch es in eine Gewindevorrichtung geeigneter Größe eingebaut wird.
- b) Bei einem Bauteil mit Schraubverbindung(en) wird das Drehmoment für 15 min auf jede Schraubverbindung aufgebracht, anschließend wird das Drehmoment gelöst, dann wird das Bauteil entfernt und einer Sichtprüfung auf Verformung oder Bruch unterzogen.
- c) Bei einem Bauteil, für das ein Hochziehen durch Umdrehungen festgelegt ist, werden die Herstelleranweisungen befolgt, die 1,5-fache Anzahl der festgelegten Umdrehungen wird ausgeführt, dann wird das Bauteil entfernt und einer Sichtprüfung auf Verformung oder Bruch unterzogen.

Das Bauteil wird der Prüfung auf äußere Dichtheit nach 5.3.2 und der hydrostatischen Prüfung nach 5.2 unterzogen.

5.5 Biegemoment

Ein Bauteil, das Biegemomentprüfungen unterzogen wird, muss unter Einwirkung eines Biegemoments mit dem in Tabelle 1 festgelegten Gewicht entsprechend dem folgenden Prüfverfahren ohne Rissbildung, Bruch oder Leckage betrieben werden können:

- a) Die Einlass- und Auslassanschlüsse des Bauteils müssen mit den jeweils zutreffenden Armaturen entsprechend den Punkten i) bis iii) dicht verbunden sein. Die Länge des Einlassfittings muss so bemessen sein, dass nach der Montage die Maße ab dem Einlassfitting 330 mm oder mehr betragen müssen:

- i) Rohrgewindeanschlüsse müssen an Schedule 80-Rohren montiert werden.
 - ii) Leitungsanschlüsse müssen mit Leitungen verbunden sein, die dem in Tabelle 1 festgelegten Gewicht widerstehen können.
 - iii) Verbindungen, die für andere Anschlüsse als Rohr- oder Leitungsverschraubungen ausgelegt sind, müssen mit einer oder mehreren Prüfvorrichtung(en) verbunden werden, die für das vorgesehene Verbindungsmittel repräsentativ ist/sind.
- b) Das Auslassfitting des Bauteils muss über eine Länge von 25 mm ab dem Bauteilauslass starr aufgelagert sein, sofern nicht die folgenden Ausnahmen gelten:
- i) Verfügt das Bauteil über von den Ein- und Auslassanschlüssen unabhängige, fest eingebaute Befestigungsmittel, muss es unter Verwendung dieser eingebauten Befestigungsmittel entsprechend den Festlegungen des Herstellers montiert werden.
 - ii) Ist das Bauteil zur Befestigung entweder mit dem fest eingebauten Befestigungsmittel oder mit dem Bauteilauslass vorgesehen, muss das Befestigungsmittel verwendet werden, das die ungünstigsten Prüfbedingungen erzeugt.

Das Bauteil muss in waagerechter Lage montiert werden. Ein typischer Prüfaufbau ist in Bild 2 dargestellt.

- c) Beim Bauteil in Geschlossenstellung muss die entsprechende Kraft in einem Abstand von 300 mm zum Einlass aufgebracht und mindestens 15 Minuten beibehalten werden. Ohne Entfernen der Kraft muss das Bauteil auf Dichtheit geprüft werden. Bauteile dürfen keine äußere Leckage aufweisen, welche die in 5.3.2 festgelegten Leckraten überschreitet.
- d) Die Prüfung nach Punkt c) muss dreimal wiederholt werden, wobei das Bauteil nach jeder Prüfung um 90° um die waagerechte Achse gedreht wird. Zwischen den Prüfungen müssen die Bauteile ohne Einwirkung des Gewichts dreimal ein- und ausgeschaltet werden.
- e) Nach Abschluss der vorstehend angegebenen Prüfungen muss das Bauteil entfernt und einer Sichtprüfung auf Verformung und Bruch sowie anschließend der Dichtheitsprüfung nach 5.3 und der hydrostatischen Prüfung nach 5.2 unterzogen werden.

Tabelle 1 — Biegemoment-Prüfkraft

Außendurchmesser der Rohrleitung	Kraft
6 mm (1/4 in)	3,4 N
8 mm (3/8 in)	9,0 N
≥ 12 mm (1/2 in)	17,0 N

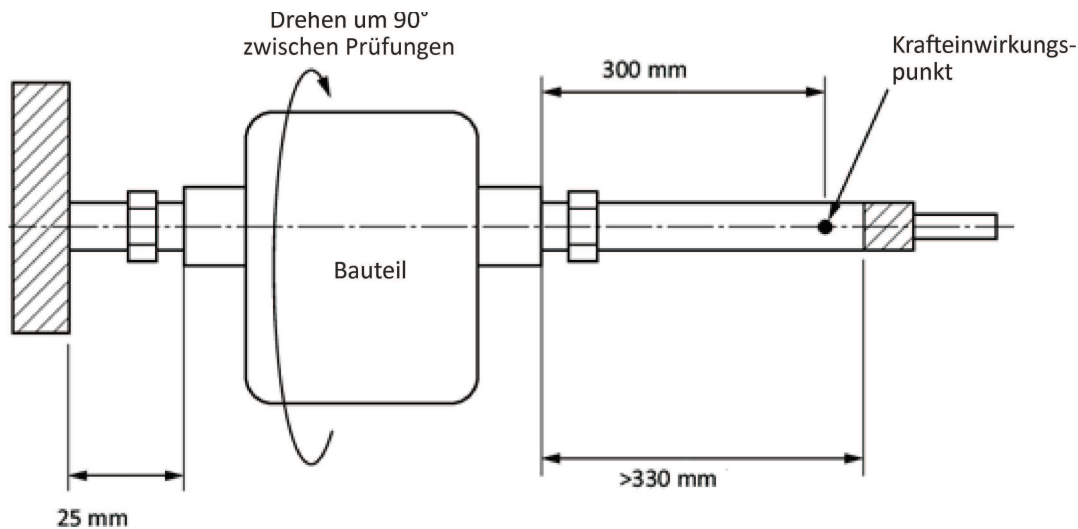


Bild 2 — Darstellung des Biegemoments

5.6 Dauerbetrieb

5.6.1 Allgemeines

Drei Muster des Bauteils sind der Dauerbetriebsprüfung zu unterziehen. Die Einzelheiten der Prüfverfahren für bestimmte Bauteile sind den entsprechenden Abschnitten (z. B. Abschnitt 8 bis Abschnitt 24) dieses Dokuments zu entnehmen. Andere Bauteile (d. h. solche, für die keine spezifischen Anforderungen festgelegt sind) sind den Anforderungen der Dauerbetriebsprüfung nach 5.6.2 zu unterziehen.

5.6.2 Prüfverfahren

5.6.2.1 Anzahl der Zyklen

Bauteile müssen der folgenden Dauerbetriebsprüfung für eine Gesamtanzahl von Zyklen unterzogen werden, die der erwarteten Lebensdauer des Bauteils entspricht.

- a) Das Bauteil muss wie angegeben eingebaut und zyklischer Beanspruchung mit Prüfgas unter allen zutreffenden Lasten unterzogen werden. Die zyklische Beanspruchung darf erforderlichenfalls für eine zwischenzeitliche Dichtheitsprüfung unterbrochen werden.
- b) Ein Zyklus muss aus einem vollständigen Betriebsablauf und einer Rückstellung bestehen.
- c) Nach Abschluss aller Zyklen muss das Bauteil der hydrostatischen Prüfung nach 5.2 unterzogen werden.

ANMERKUNG 1 Die Bestimmung der Gesamtanzahl der Zyklen sollte im Allgemeinen auf der Grundlage von 15 000 Füllzyklen oder 50 000 Einschaltzyklen erfolgen. Anzahl und Dauer der Zyklen sollten auf der Funktionalität des Bauteils und der erwarteten Lebensdauer bis zum Austausch beruhen.

ANMERKUNG 2 Die Prüfung mit Wasserstoffgas für den Dauerbetrieb ist anwendbar, um die Wasserstoffverträglichkeit für im Betrieb erwartete Wasserstoffumgebungen nachzuweisen.

ANMERKUNG 3 Die Dichtheitsprüfungen können in den im Verfahren nach 5.6.2.2 bis 5.6.2.4 aufgeführten Zeitintervallen durchgeführt werden, während die Bauteile bereits auf die entsprechenden Temperaturen konditioniert sind. Alternativ können alle Dichtheitsprüfungen bei allen erforderlichen Temperaturen entsprechend 5.3 nach Abschluss aller Zyklen durchgeführt werden.

5.6.2.2 Zyklische Beanspruchung mit Umgebungstemperatur

Das Bauteil muss über 90 % der Gesamtanzahl der Zyklen betrieben werden, wobei das Bauteil bei Umgebungstemperatur bzw. bei 125 % des Nennbetriebsdrucks, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bei maximalem Betriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, stabilisiert wird. Bei Bauteilen, die Füllzyklen unterzogen werden, müssen die ersten 10 Zyklen von ≤ 10 % des Nennbetriebsdrucks auf ≥ 150 % des Nennbetriebsdrucks durchgeführt werden. Nach Abschluss der Zyklen bei Umgebungstemperatur muss das Bauteil die in 5.3 festgelegte Dichtheitsprüfung bei Umgebungstemperatur bestehen.

5.6.2.3 Zyklische Beanspruchung mit hohen Temperaturen

Das Verfahren der zyklischen Beanspruchung muss wiederholt werden, wobei das Bauteil bei der jeweiligen Höchsttemperatur, 85 °C oder 120 °C, für 5 % der Gesamtanzahl der Zyklen bei 125 % des Nennbetriebsdrucks, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bei maximalem Betriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, stabilisiert wird. Nach Abschluss der Zyklen bei hohen Temperaturen muss das Bauteil die in 5.3 festgelegte Dichtheitsprüfung bei Höchsttemperatur bestehen.

5.6.2.4 Zyklische Beanspruchung mit niedrigen Temperaturen

Das Verfahren der zyklischen Beanspruchung muss wiederholt werden, wobei das Bauteil bei -40 °C für 5 % der Gesamtanzahl der Zyklen bei 80 % des Nennbetriebsdrucks, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bei maximalem Betriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, stabilisiert wird. Nach Abschluss der Zyklen bei niedrigen Temperaturen muss das Bauteil die in 5.3 festgelegte Dichtheitsprüfung bei -40 °C bestehen.

5.7 Korrosionsbeständigkeit

5.7.1 Allgemeines

Alle Bauteile müssen entweder einer Salzsprühnebelprüfung oder einer beschleunigten zyklischen Korrosionsprüfung unterzogen werden (siehe Tabelle 2).

ANMERKUNG 1 Siehe 4.1.2 zu Bedenken hinsichtlich Spannungskorrosion. Siehe Anhang A zu einer zusätzlichen Prüfung des Magnetventils bei Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen.

ANMERKUNG 2 Austenitische nichtrostende Stähle der AISI-Serie 300 sind von der Salzsprühnebelprüfung der Korrosionsbeständigkeit und der zyklischen Korrosionsprüfung ausgenommen.

ANMERKUNG 3 Siehe Anhang A zu einer zusätzlichen Prüfung des Magnetventils bei Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen.

Tabelle 2 — Anwendbarkeit der Korrosionsprüfung

Bauteiltyp	Einbaulage am Fahrzeug	Salz-sprühnebel	Zyklische Korrosion über 20 Zyklen	Zyklische Korrosion über 100 Zyklen	60 Zyklen mit Antrieb - Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen
Druckhaltung des Primärbehälters	Unterboden oder unbekannt			X	
Druckhaltung ohne Behälter	Unterboden oder unbekannt		X		
Druckhaltung des Primärbehälters	Anderes Teil als der Unterboden		X		
Druckhaltung ohne Behälter	Anderes Teil als Unterboden	X			

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Bauteiltyp	Einbaulage am Fahrzeug	Salz-sprühnebel	Zyklische Korrosion über 20 Zyklen	Zyklische Korrosion über 100 Zyklen	60 Zyklen mit Antrieb - Wechselbeanspruchung mit extremen Temperaturen
Magnetventil	Unterboden, unter der Motorhaube oder unbekannt				Siehe Anhang A
ANMERKUNG Die Bauteile zur Druckhaltung des Primärbehälters bestehen entsprechend den Angaben des Bauteilherstellers beispielsweise aus automatischen und handbetätigten Behälterventilen, Fittings, Leitungen und Rückflussverhinderern.					

5.7.2 Auswirkung von Salzsprühnebel

Alle Bauteile, von denen der Betrieb bei anderen Betriebsbedingungen als denen des Fahrzeugunterbodens erwartet wird, müssen einer Salzsprühnebelprüfung unterzogen werden; davon ausgenommen sind Bauteile, deren Versagen zu unkontrolliertem Freisetzen des Behälterinhalts führen könnte.

Mindestens drei Proben des Bauteils müssen entsprechend dem vom Hersteller empfohlenen Verfahren eingebaut und für 144 h einer Salzsprühnebelprüfung entsprechend den Festlegungen nach ISO 9227 oder ASTM B117 unterzogen werden.

Die Temperatur innerhalb der Nebelkammer muss bei $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ gehalten werden. Die Salzwasserlösung muss aus 5 % (Massenanteil) Natriumchlorid und 95 % (Massenanteil) destilliertem Wasser bestehen.

Unmittelbar im Anschluss an die Korrosionsprüfung müssen die Bauteile abgespült und vorsichtig von Salzablagerungen gereinigt, auf Verformung untersucht und dann der Dichtheitsprüfung nach 5.3 sowie anschließend der Prüfung der hydrostatischen Festigkeit nach 5.2 unterzogen werden.

5.7.3 Beschleunigte zyklische Korrosion

5.7.3.1 Allgemeines

Alle Bauteile müssen einer Laborprüfung der beschleunigten Korrosion unter einer Kombination zyklischer Bedingungen (Salzlösung, verschiedene Temperaturen, Luftfeuchte und Umgebungsbedingungen) unterzogen werden. Dazu gehören:

- a) Bauteile, von denen der Betrieb bei anderen Betriebsbedingungen als denen des Fahrzeugunterbodens erwartet wird oder deren Einbaulage im Fahrzeug unbekannt ist; und
- b) alle Bauteile, deren Versagen zu unkontrolliertem Freisetzen des Behälterinhalts führen könnte (z. B. automatische und handbetätigte Behälterventile, Fittings, Leitungen, Rückflussverhinderer usw.).

Das Prüfverfahren muss (etwa) 1%ige komplexe Salznebelanwendungen in Verbindung mit hoher Temperatur, hoher Luftfeuchte und hoher Trockentemperatur umfassen. Elektrische Bauteile müssen an eine Stromquelle angeschlossen und mit Nennspannung versorgt werden, während der aktiven Prüfabschnitte für 1 h eingeschaltet und für 1 h ausgeschaltet sein sowie entsprechend dem vorgesehenen Einbauverfahren im Fahrzeug geerdet werden. Ein Prüfzyklus entspricht 24 h, wie in Bild 3 dargestellt.

Das für diese Prüfung verwendete Gerät muss aus einer Nebel-/Umgebungskammer, geeigneter Wasserversorgung entsprechend Typ IV nach ASTM D1193, Vorkehrungen zum Beheizen der Kammer und den erforderlichen Mitteln zur Temperaturregelung zwischen 22°C und 62°C bestehen. Das Gerät muss Vorkehrungen für die Zufuhr von geeignet konditionierter Druckluft sowie eine oder mehrere Düse(n) zur Erzeugung von Nebel einschließen. Die für die Erzeugung des Nebels verwendete(n) Düse(n) muss/müssen so ausgerichtet sein, dass jede direkte Einwirkung auf die Prüflinge auf ein Mindestmaß begrenzt wird.

Das Gerät muss aus der in ISO 6270-2 definierten Kammerkonstruktion bestehen. Während der Zyklen, bei denen die Luftfeuchte auf dem „nassen Boden“ erzeugt wird, muss eine Sichtprüfung erfolgen, um das Vorliegen sichtbarer Wassertropfen auf den Proben zu bestätigen und somit ordnungsgemäße Befeuchtung nachzuweisen.

Durch Dampf erzeugte Luftfeuchte darf verwendet werden, sofern die zur Dampferzeugung eingesetzte Wasserquelle frei von Korrosionsinhibitoren ist. Während der Zyklen, bei denen die Luftfeuchte durch Dampf erzeugt wird, muss eine Sichtprüfung erfolgen, um das Vorliegen sichtbarer Wassertropfen auf den Proben zu bestätigen und somit ordnungsgemäße Befeuchtung nachzuweisen.

Das Gerät für die Trocknungsphase muss in der Lage sein, eine Temperatur von $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ und eine relative Luftfeuchte von $\leq 30\% \text{ RH}$ zu erreichen und zu halten.

Das Gerät muss über ausreichende Luftzirkulation verfügen, um Temperaturschichtung zu verhindern und gründliche Trocknung der Prüflinge zu ermöglichen.

Die Kraft/Beeinträchtigung durch diese Salzanwendung sollte nicht Korrosion entfernen oder die Beschichtungen/Farbsysteme der Prüflinge beschädigen.

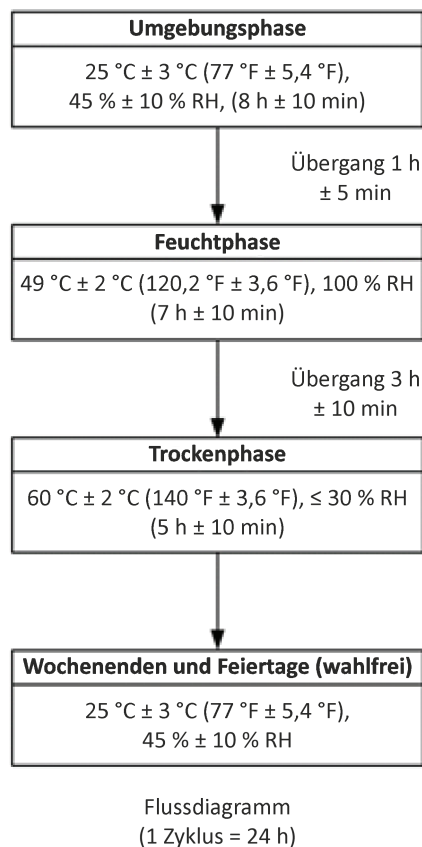


Bild 3 — Flussdiagramm der beschleunigten zyklischen Korrosion

5.7.3.2 Salzlösung

Die Zusammensetzung der komplexen Salzlösung in Massenprozent muss Folgendem entsprechen:

- a) Natriumchlorid (NaCl): 0,9 %;
- b) Calciumchlorid (CaCl_2): 0,1 %; und

E DIN ISO 19887:2024-08

c) Natriumhydrogencarbonat (NaHCO_3): 0,075 %.

Das Natriumchlorid muss analysenrein oder lebensmittelrein sein. Das Calciumchlorid muss analysenrein sein. Das Natriumbicarbonat muss analysenrein oder lebensmittelrein sein (z. B. ist Backnatron oder ein vergleichbares Produkt zulässig). Wasser muss den Anforderungen an Typ IV nach ASTM D1193 entsprechen.

ANMERKUNG Entweder CaCl_2 oder NaHCO_3 sollten gesondert in Wasser gelöst und der Lösung der anderen Stoffe zugesetzt werden. Werden alle festen Stoffe trocken zugegeben, kann unlösliche Ausfällung entstehen.

5.7.3.3 Verfahren

Mindestens drei Proben des Bauteils müssen in ihrer üblichen Einbaulage befestigt und dem in Bild 2 dargestellten zyklischen Korrosionsprüfverfahren unterzogen werden. Elektrische Bauteile müssen an eine Stromquelle angeschlossen, entsprechend dem vorgesehenen Einbauverfahren des Fahrzeugs geerdet, mit der Nennspannung beaufschlagt sowie für die aktiven Prüfabschnitte für 1 h ein- und für 1 h ausgeschaltet werden. Der Zyklus muss täglich wiederholt werden, bis die festgelegte Anzahl von Einwirkungszyklen abgeschlossen wurde.

ANMERKUNG Der Abschnitt der Prüfung an Wochenenden und Feiertagen ist wahlfrei und wird nicht auf die Anzahl der Prüfzyklen angerechnet.

Bei jeder Salzsprühnebelanwendung muss die Lösung als Sprühnebel versprüht werden, wobei das Bauteil so lange mit dem Sprüherät besprüht wird, bis alle Flächen gründlich benetzt und tropfnass sind. Geeignete Auftragsstechniken umfassen die Verwendung einer Kunststoffflasche oder eines mit ölfreier, geregelter Luft betriebenen Siphonsprühers zum Besprühen der Prüflinge. Die aufgetragene Sprühnebelmenge sollte ausreichen, um von früheren Sprühvorgängen verbliebene Salzansammlungen sichtbar abzuspielen. In der Umgebungsphase müssen insgesamt vier Salzsprühnebelanwendungen vorgenommen werden. Während keiner anderen Phase der Prüfung wird Salzsprühnebel aufgebracht. Die erste Salzsprühnebelanwendung erfolgt zu Beginn der Umgebungsphase. Jede weitere Salzsprühnebelanwendung sollte etwa 90 min nach der vorangegangenen Anwendung erfolgen, damit der Prüfling ausreichend Zeit zum Trocknen hat.

Die Rampenzeiten für die Luftfeuchte zwischen Umgebungsbedingungen und dem feuchten Zustand sowie zwischen dem feuchten und dem trockenen Zustand können eine wesentliche Auswirkung auf die Prüfbeschleunigung haben (da die Korrosionsgeschwindigkeiten während dieser Übergangszeiten am höchsten sind). Die Zeit von den Umgebungsbedingungen zum feuchten Zustand muss (60 ± 5) min und die Übergangszeit zwischen dem feuchten und dem trockenen Zustand muss (180 ± 10) min betragen.

Bauteile, deren Versagen zu einem unkontrollierten Freisetzen des Behälterinhalts führen kann (z. B. automatische und handbetätigte Behälterventile, Fittings, Leitungen, Rückflussverhinderer usw.) und die sich im Unterbodenbereich oder in unbekannter Lage befinden, müssen für eine Dauer von 100 Zyklen geprüft werden. Alle anderen Bauteile im Unterbodenbereich oder in unbekannter Lage sowie Bauteile, deren Versagen zu einem unkontrollierten Freisetzen des Behälterinhalts in einer anderen Lage als im Unterboden führen könnte, müssen für eine Dauer von 20 Zyklen geprüft werden.

5.7.3.4 Annahmekriterien

Unmittelbar nach dem Abschluss der zyklischen Korrosionsprüfung müssen die Bauteile mit Süßwasser abgespült und vor der Bewertung getrocknet werden. Die geprüften Proben müssen dann der Dichtheitsprüfung nach 5.3 und anschließend der Prüfung der hydrostatischen Festigkeit nach 5.2 unterzogen werden.

Der mittlere Versagensdruck der drei korrodierten Bauteile darf nicht weniger als 80 % des Versagensdrucks des Neubauteils betragen. Elektrische Bauteile dürfen keinerlei Beeinträchtigung der Funktion aufweisen.

5.8 UV-Beständigkeit von äußeren Oberflächen

5.8.1 Allgemeines

Die UV-Beständigkeit darf anhand der Prüfung nach 5.8.2, anhand vergleichbarer veröffentlichter Daten oder anhand bekannter Eigenschaften bestimmt werden.

5.8.2 Prüfung der UV-Beständigkeit

Die äußeren nichtmetallischen Oberflächen, einschließlich Beschichtungen, des Bauteils müssen auf ihre Beständigkeit gegen UV-Auswirkungen durch Einwirkung einer UVA 340-Lampe nach ASTM G154 für mindestens 1 000 h geprüft werden. Die Einlass- und Auslassanschlüsse des Bauteils müssen entsprechend den Einbauanweisungen des Herstellers angeschlossen oder verschlossen sein.

5.8.3 Annahmekriterien

Es dürfen keinerlei Anzeichen von Blasenbildung, Rissbildung, Kreidung oder Erweichung vorhanden sein, welche die Funktion des Bauteils beeinträchtigen würden. Ist der nichtmetallische Werkstoff fester Bestandteil der Druckhaltung oder der Funktion einer Einrichtung, muss die Einrichtung nach dieser Prüfung die Anforderungen an die Dichtheit nach 5.3 und die hydrostatische Festigkeit nach 5.2 erfüllen.

5.9 Einwirkung von Kraftfahrzeug-Flüssigkeiten

5.9.1 Allgemeines

Äußere Bereiche von Bauteilen müssen der Einwirkung der folgenden Flüssigkeiten (siehe 5.9.3) ohne mechanische Beeinträchtigung widerstehen können. Die Beständigkeit darf anhand der Prüfung nach 5.9.2, anhand vergleichbarer veröffentlichter Daten oder anhand bekannter Eigenschaften (z. B. nichtrostender Stahl der Serie 300) bestimmt werden.

5.9.2 Prüfverfahren

Die äußeren Oberflächen des Bauteils müssen der folgenden Prüfung unterzogen werden:

- Die Einlass- und Auslassanschlüsse des Bauteils müssen entsprechend den Einbauanweisungen des Bauteilherstellers angeschlossen oder verschlossen sein.
- Das Bauteil muss bei Umgebungstemperatur durch Besprühen der Außenfläche des Bauteils einmal je Stunde, 24-mal, über einen Zeitraum von bis zu 3 Tagen (z. B. drei 8-h-Schichten über drei Tage oder 24 h am Stück) geprüft werden. Alternativ darf das Bauteil für eine Dauer von 24 h in die Lösung eingetaucht werden. Beim Eintauchverfahren muss die Flüssigkeit nach Bedarf aufgefüllt werden, um vollständige Einwirkung für die Prüfdauer zu bieten.
- Mit jeder der drei in 5.9.3 festgelegten Flüssigkeiten muss eine gesonderte Prüfung durchgeführt werden. Ein Bauteil darf für alle drei Einwirkungen nacheinander verwendet werden.

5.9.3 Flüssigkeiten

Die folgenden Flüssigkeiten müssen verwendet werden:

- Schwefelsäure: 19%ige Lösung (Volumenanteil) in Wasser;
- Ethanol/Ottokraftstoff: Ethanol-Kraftstoff in einer Konzentration von 10 %/90 % (E10) entsprechend den Anforderungen nach ASTM D4814; und
- Scheibenwaschflüssigkeit: 50%ige Lösung (Volumenanteil) von Methanol und Wasser.

5.9.4 Annahmekriterien

Nachdem das Bauteil jeder einzelnen Chemikalie ausgesetzt wurde, muss es abgewischt, mit Wasser abgespült und untersucht werden. Das Bauteil darf keinerlei Anzeichen mechanischer Beeinträchtigung aufweisen, welche die Funktion des Bauteils beeinträchtigen könnte, wie z. B. Rissbildung, Erweichung oder Quellung. Kosmetische Veränderungen wie Lochfraß oder Fleckenbildung werden nicht als Versagen angesehen. Nach allen Einwirkungen muss/müssen das/die Bauteil(e) den Anforderungen an die Dichtheit nach 5.3 und die hydrostatische Festigkeit nach 5.2 entsprechen.

5.10 Freibewitterung

ANMERKUNG Der Freibewitterungsversuch gilt für die Qualifizierung von Bauteilen, deren nichtmetallische Werkstoffe unter üblichen Betriebsbedingungen der Atmosphäre ausgesetzt sind.

5.10.1 Sauerstoffalterung

Alle nichtmetallischen Werkstoffe, welche kraftstoffhaltende Abdichtung bieten, der Atmosphäre ausgesetzt sind und für die der Antragsteller keine zufriedenstellende Eigenschaftserklärung vorlegt, dürfen nach 96-stündiger Einwirkung von Sauerstoff bei 70 °C und 2 MPa entsprechend ISO 188 oder ASTM D572 weder Rissbildung noch sichtbare Anzeichen von Beeinträchtigung aufweisen.

5.10.2 Ozon

Für alle Elastomere muss deren Ozonbeständigkeit durch eines oder mehrere der folgenden Verfahren nachgewiesen werden:

- a) Festlegung von Elastomerverbindungen mit nachgewiesener ausgezeichneter Ozonbeständigkeit;
- b) Prüfung nach ISO 1431-1, ASTM D1149 oder gleichwertigen Prüfverfahren; oder
- c) das Prüfstück muss bis auf 20 % Längsdehnung beansprucht und für 120 h bei 40 °C Luft mit einer Ozonkonzentration von 50 Teilen je 100 Millionen ausgesetzt werden. Die nichtmetallischen Werkstoffe des Prüfstücks dürfen nach der Ozoneinwirkung keinerlei Rissbildung oder sichtbare Anzeichen von Beeinträchtigung aufweisen.

5.11 Anormale elektrische Spannungen

5.11.1 Überspannungsprüfung

5.11.1.1 Allgemeines

Diese Prüfung ist nur für elektrisch betriebene Bauteile anwendbar.

Das Bauteil muss an eine einstellbare Gleichspannungsquelle angeschlossen werden. Die Prüfung muss bei Umgebungstemperatur (sofern nicht anders festgelegt) entsprechend den Zyklen nach Bild 4 durchgeführt werden.

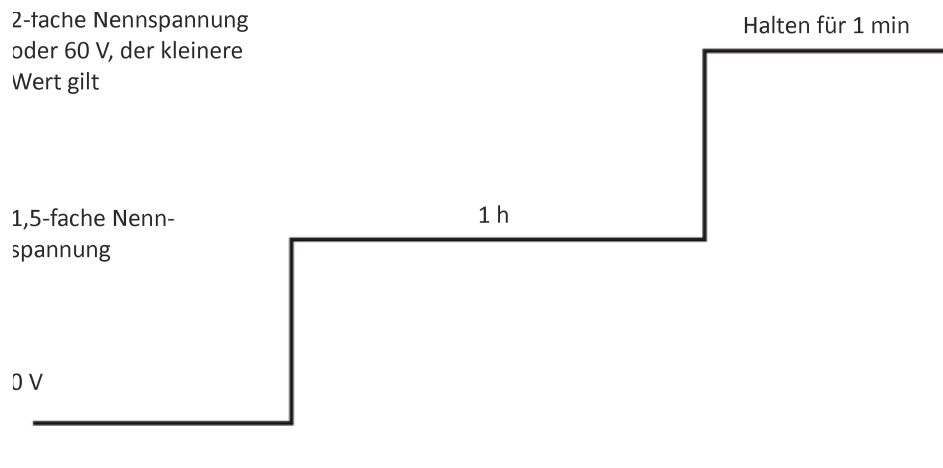


Bild 4 — Prüfzyklus mit anormalen elektrischen Spannungen

5.11.1.2 Prüfverfahren

Bei 1,5-facher Nennspannung wird der Gleichgewichtszustand hergestellt (Temperaturgleichgewicht) und für 1 h gehalten.

Die Spannung wird auf das Zweifache der Nennspannung oder 60 V erhöht, wobei der kleinere Wert gilt, und für 1 min gehalten.

Ein Versagen darf bei der Prüfung bei Umgebungstemperatur nach 5.3.2 nicht zu äußerer Leckage, Offenstellung des Ventils oder einem vergleichbaren unsicheren Zustand führen.

5.11.2 Mindest-Öffnungsspannung

Die Mindest-Öffnungsspannung bei Umgebungstemperatur muss kleiner oder gleich 66 % der Nennspannung des Systems sein. Das Bauteil muss bis auf Nennbetriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bis auf maximalen Betriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, beaufschlagt werden, während die Mindest-Öffnungsspannung angewendet und gemessen wird.

ANMERKUNG Der Hersteller kann auch die Festlegung eines unteren Spannungsgrenzwertes in Betracht ziehen, unterhalb dessen das Bauteil nicht arbeiten darf, um sicherzustellen, dass das Ventil nicht unerwartet aufgrund von Leckstrom aktiviert wird.

5.12 Wasserstoffverträglichkeit nichtmetallischer Werkstoffe

5.12.1 Allgemeines

Sofern nicht der Antragsteller Erklärungen des Herstellers eines im Bauteil verwendeten nichtmetallischen Werkstoffs zur Wasserstoffverträglichkeit vorlegt, müssen diese Werkstoffe mindestens eine der folgenden Anforderungen erfüllen:

- dokumentierte praktische Erfahrungen mit der erfolgreichen Verwendung des Werkstoffs in Wasserstoffumgebungen mit vergleichbaren Betriebsbedingungen;
- Erfüllung der von der Industrie anerkannten Normen für Wasserstoffverträglichkeit, wie z. B. ISO/TR 15916;
- Verwendung von Wasserstoff als Prüfgas für die Dauerbetriebsprüfung nach 5.6 (und entsprechend den anderen bauteilspezifischen Abschnitten); und

- d) Prüfung mit Einwirkung von Wasserstoffgas nach 5.12.2.

5.12.2 Einwirkung von Wasserstoffgas

Ein Teil aus nichtmetallischem Werkstoff in Kontakt mit Wasserstoffgas darf weder Quellung von mehr als 25 % noch Schrumpfung von mehr als 1 % aufweisen, und der Gewichtsverlust darf bei Prüfung nach dem folgenden Verfahren 10 % nicht überschreiten:

- a) Von jedem in einem Bauteil verwendeten nichtmetallischen Werkstoff muss/müssen (eine) repräsentative Probe(n) hergestellt, gemessen und gewogen werden und dann bei Umgebungstemperatur für mindestens 70 h in Wasserstoffgas bei Nennbetriebsdruck bei Bauteilen zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe bzw. bei maximalem Betriebsdruck bei Bauteilen abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe eingetaucht werden.
- b) Nach dem 70-stündigen Eintauchen muss der Prüfdruck mit einer Geschwindigkeit von mindestens 5 MPa/min auf atmosphärischen Druck verringert werden, ohne Zerkleinerung oder Zerfall zu verursachen. Der/die Prüfling(e) muss/müssen innerhalb von 1 h nach der Drucksenkung gemessen und gewogen werden.

ANMERKUNG Die Prüfung kann bei höheren Drücken als NWP oder MOP durchgeführt werden.

5.13 Schwingungsbeständigkeit

Das an beiden Enden verschlossene Bauteil, das mit Prüfgas oder Druckluft bis zu seinem Nennbetriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, bzw. bis zu seinem maximalen Betriebsdruck, wenn es der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist, beaufschlagt wird, muss für 30 min Schwingungen in entgegengesetzten Richtungen dreier orthogonaler Achsen (senkrecht, waagrecht, Längsachse) bei der ungünstigsten Resonanzfrequenz ausgesetzt werden, welche wie folgt bestimmt wird:

- a) durch eine Beschleunigung von 1,5 g;
- b) innerhalb eines sinusförmigen Frequenzbereichs von 10 Hz bis 500 Hz; und
- c) mit einer Durchlaufzeit von 10 min.

Liegt die Resonanzfrequenz außerhalb dieses Bereichs, muss die Prüfung bei 40 Hz durchgeführt werden.

Nach Abschluss der Prüfung darf das Bauteil keinerlei Anzeichen von Ermüdung oder Beschädigung aufweisen und muss die Dichtheitsprüfung nach 5.3 und die Prüfung der hydrostatischen Festigkeit nach 5.2 bestehen.

5.14 Beständigkeit gegen Spannungsrisskorrosion

5.14.1 Allgemeines

Diese Prüfung gilt ausschließlich für Bauteile, die Kupferlegierungen enthalten und der äußeren Umgebung ausgesetzt sind. Sie gilt nicht für Bauteile, die innenliegende Bauteile aus Kupferlegierungen enthalten (d. h. nicht der äußeren Umgebung ausgesetzt sind).

Alle kraftstoffführenden Bauteile oder Teile davon aus Kupferlegierung, für die keine zufriedenstellende Eigenschaftserklärung vorgelegt wird, müssen nach diesem Abschnitt geprüft und bewertet werden.

Bei drucktragenden Bauteilen aus einer Kupferlegierung mit mehr als 15 % Zinkanteil muss eine Einheit als Baugruppe geprüft werden, wobei die Bauteile aus Kupferlegierung den Beanspruchungen ausgesetzt werden, denen sie gewöhnlich infolge der Montage ausgesetzt sind.

Das Bauteil aus Kupferlegierung muss den höchsten Beanspruchungen ausgesetzt werden, denen es gewöhnlich infolge der Montage ausgesetzt ist. Anschlüsse mit festgelegtem Drehmoment müssen mit dem größten festgelegten Anziehdrehmoment montiert werden.

Kegelige Gewinde, die mit einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen montiert werden, müssen entsprechend den Festlegungen des Herstellers ohne oder mit Dichtmittel sowie bis zur größten für die Montage festgelegten Einschraubtiefe montiert werden.

Bei einer Änderung der Legierung oder einer Veränderung des Bearbeitungsverfahrens, welche Eigenspannungen beeinflussen könnte, muss die Prüfung wiederholt werden. Ein Beispiel wäre der Wechsel von geschnittenen Gewinden zu gewalzten Gewinden.

5.14.2 Prüfverfahren

Alle Bauteile aus Kupferlegierung müssen entfettet und dann für 10 Tage durchgehend einem feuchten Ammoniak-Luft-Gemisch ausgesetzt werden, das in einer Glaskammer mit Glasabdeckung aufrechterhalten wird. Wässriges Ammoniak mit einer relativen Dichte von 0,94 muss am Boden der Glaskammer unterhalb der Proben in einer Konzentration von 20 ml je Liter Kammervolumen gehalten werden. Die Proben müssen in einer inerten Schale (35 ± 5) mm über der wässrigen Ammoniaklösung gehalten werden. Das feuchte Ammoniak-Luft-Gemisch muss bei atmosphärischem Druck und konstanter Temperatur von (35 ± 5) °C gehalten werden. Die Bauteile aus Kupferlegierung dürfen infolge dieser Prüfung keinerlei Rissbildung oder Ablösung aufweisen.

5.15 Isolationswiderstand

ANMERKUNG Zweck dieser Prüfung ist die Überprüfung auf mögliches Versagen der Isolierung zwischen dem Stromleiter des Bauteils und dem Bauteilgehäuse.

Eine Prüfgleichspannung von 1 000 V muss zwischen dem Stromleiter und dem Bauteilgehäuse für mindestens 2 s angelegt werden. Der zulässige Mindestwiderstand für das Bauteil muss 240 k Ω betragen, sofern in den nachstehenden Abschnitten nicht anders festgelegt. Alternativ darf die Konformität durch Erfüllung der Anforderungen für die Isolationswiderstandsprüfung nach ISO 16750-2 nachgewiesen werden.

5.16 Einwirkung von vorgekühltem Wasserstoff

Bauteile im Wasserstoffbetankungspfad werden im Betrieb wahrscheinlich vorgekühltem Wasserstoff ausgesetzt sein. Hersteller von Bauteilen im Betankungspfad müssen die Auswirkungen von vorgekühltem Wasserstoff während Betankungsvorgängen berücksichtigen, bei denen das einströmende Wasserstoffgas möglicherweise Temperaturen von bis zu -40 °C, Drücke von bis zu 125 % des NWP sowie hohe Durchflussraten entsprechend den maßgebenden Industrienormen erreichen kann. Die Bauteile des Betankungspfades sind dafür vorgesehen, während der vorgekühlten Betankung funktionsfähig und leakagefrei ($\leq 10 \text{ Ncm}^3/\text{h}$) zu bleiben.

ANMERKUNG Das Verhalten bei vorgekühltem Wasserstoff auf Systemebene, einschließlich der jeweiligen Bauteile des Betankungspfades, die wie für den Betrieb vorgesehen eingebaut sind, wird mittels Prüfungen der vorgekühlten Betankung des Betankungssystems bestätigt, wie sie in UN-GTR Nr. 13 „Ambient and extreme temperature gas cycle test (pneumatic)“ und SAE J2579 „Expected Service (Pneumatic) Performance Test“ beschrieben sind.

6 Qualitätssicherung

Qualitätssystemprogramme müssen eingerichtet und betrieben werden, um nachzuweisen, dass die Bauteile des Betankungssystems in Übereinstimmung mit der qualifizierten Auslegung hergestellt werden.

7 Produktionskontrolle und Annahmeprüfung

7.1 Inspektions- und Annahmeprüfplan

Der Bauteilhersteller muss einen Plan für die Produktionskontrolle und Annahmeprüfung erstellen. Die Inspektionen und Prüfungen dürfen von Lieferanten, dem Bauteilhersteller oder einer unabhängigen Stelle durchgeführt werden.

7.2 Inspektion systemkritischer Bauteile

Für Bauteile, die bei der FMEA entsprechend 4.2 als systemkritisch festgestellt wurden, muss ein geeigneter Kontrollplan erstellt werden. Der Hersteller muss vor Montage oder Versand die Konformität seiner Bauteile mit diesem Dokument anhand eines geeigneten Qualitätsmanagementsystems nach Abschnitt 6 nachweisen.

7.3 Äußere Dichtheitsprüfung

Sofern in den maßgebenden Abschnitten keine Ausnahmen vorgesehen sind, müssen alle Bauteile zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe bei Umgebungstemperatur und mindestens 125 % des Nennbetriebsdrucks auf Dichtheit geprüft werden.

Sofern in den maßgebenden Abschnitten keine Ausnahmen vorgesehen sind, müssen alle Bauteile abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe bei Umgebungstemperatur und mindestens 100 % des maximalen Betriebsdrucks auf Dichtheit geprüft werden.

Bauteile mit einer Leckrate von mehr als $10 \text{ Ncm}^3/\text{Stunde}$ Wasserstoffäquivalent müssen zurückgewiesen werden. Luft, Wasserstoff oder andere nicht reaktionsfähige Gase in beliebiger Konzentration dürfen bei dieser Prüfung zur Messung der Leckage verwendet werden, sofern die Leckrate des Prüfgases in eine äquivalente Leckrate für Wasserstoffgas umgerechnet wird.

8 Rückflussverhinderer

8.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung des Rückflussverhinderers muss 4.5 entsprechen und mindestens Folgendes einschließen:

- a) Strömungsrichtung für den ordnungsgemäßen Einbau, sofern zutreffend;
- b) Seriennummer, Datumscode oder vergleichbarer Rückverfolgbarkeitscode;
- c) Nennbetriebsdruck und Spezifikation für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas, angegeben durch „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist, oder nur der maximale Betriebsdruck, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist;
- d) Name, MarkenzeichenMarkenzeichen oder Symbol des Herstellers oder Vertreters;
- e) Modellbezeichnung (Bauteilnummer); und
- f) Temperaturbereich.

8.2 Konstruktion und Montage

Rückflussverhinderer müssen den anwendbaren Bestimmungen nach Abschnitt 1, Abschnitt 4 und Abschnitt 5 entsprechen sowie die in 8.3 festgelegten Prüfungen bestehen.

8.3 Prüfungen

8.3.1 Allgemeines

Die anwendbaren Prüfungen für Rückflussverhinderer sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3 — Anwendbare Prüfungen

Prüfung	Anwendbar	Nach Abschnitt 5 erforderliche Prüfungen	Nach Abschnitt 8 erforderliche Prüfungen
Hydrostatische Festigkeit	Ja	X	
Leckage	Ja	X	
Beständigkeit gegen Drehmomentüberlastung	Ja ^a	X	
Biegemoment	Ja ^a	X	
Dauerbetrieb	Ja		X
Korrosionsbeständigkeit	Ja	X	
UV-Beständigkeit von äußeren Oberflächen	Ja	X	
Einwirkung von Kraftfahrzeug- Flüssigkeiten	Ja	X	
Freibewitterung	Ja	X	
Anormale elektrische Spannungen	Nein		
Wasserstoffverträglichkeit nichtmetallischer Werkstoffe	Ja	X	
Schwingungsbeständigkeit	Ja	X	
Widerstand gegen Spannungsrissskorrosion	Ja	X	
Isolationswiderstand	Nein		
Einwirkung von vorgekühltem Wasserstoff	Ja ^b	X	
^a Nicht anwendbar auf in andere Bauteile eingebaute Rückflussverhinderer.			
^b Anwendbar auf H70-Bauteile im Wasserstoffbetankungspfad zwischen Tankanschluss und Behälter des Fahrzeugs, bei denen Betankung mit vorgekühltem Wasserstoff im Betrieb erwartet wird.			

8.3.2 Dauerbetrieb

8.3.2.1 Allgemeines

Ein Rückflussverhinderer zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe muss 15 000 Betriebszyklen entsprechend 8.3.2.2 sowie 24 h Flutterbetrieb nach 8.3.2.4 widerstehen können.

Ein Rückflussverhinderer abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe muss 50 000 Betriebszyklen entsprechend 8.3.2.3 sowie anschließend 24 h Flutterbetrieb nach 8.3.2.4 widerstehen können.

Nach Abschluss der Betriebszyklen und der Prüfungen bei Flutterbetrieb muss das Bauteil die Dichtheitsprüfung nach 5.3 und die Prüfung der hydrostatischen Festigkeit nach 5.2 bestehen.

E DIN ISO 19887:2024-08

ANMERKUNG Die Prüfung mit Wasserstoffgas für den Dauerbetrieb ist anwendbar, um die Wasserstoffverträglichkeit für im Betrieb erwartete Wasserstoffumgebungen nachzuweisen.

8.3.2.2 Betriebszyklus – Füllzyklen

Die Rückflussverhinderungseinheit muss entsprechend den Festlegungen des Herstellers für den Einbau in eine Prüfvorrichtung eingebaut werden. Der Betrieb der Einheit muss durchgehend für 15 000 Zyklen unter Verwendung von Prüfgas bei den in 5.6.2 aufgeführten festgelegten Temperaturen und Drücken wiederholt werden.

Der erforderliche Prüfdruck muss in sechs Druckimpulsen auf den Einlass des Rückflussverhinderers aufgebracht werden, wobei der Auslass geschlossen ist. Der Druck muss dann vom Einlass des Rückflussverhinderers entlüftet werden. Wenn der Rückflussverhinderer nicht wieder schließt und nicht den Rückfluss verhindert, hat er die Prüfung nicht bestanden. Der Druck auf der Auslassseite des Rückflussverhinderers muss vor dem nächsten Zyklus auf weniger als 60 % des Nennbetriebsdrucks gesenkt werden.

Nach Abschluss der Betriebszyklen muss der Rückflussverhinderer für 24 h einem Flutterbetrieb nach 8.3.3.4 unterzogen werden.

8.3.2.3 Betriebszyklus – Einschaltzyklen

Die Rückflussverhinderungseinheit muss entsprechend den Festlegungen des Herstellers für den Einbau in eine Prüfvorrichtung eingebaut werden. Der Betrieb der Einheit muss durchgehend für 50 000 Zyklen unter Verwendung von Prüfgas bei den in 5.7.2 aufgeführten festgelegten Temperaturen und Drücken wiederholt werden.

Der erforderliche Prüfdruck muss auf den Einlass des Rückflussverhinderers aufgebracht werden, wobei der Auslass geschlossen ist. Der Druck muss dann vom Einlass des Rückflussverhinderers entlastet werden. Wenn der Rückflussverhinderer nicht wieder schließt und nicht den Rückfluss verhindert, hat er die Prüfung nicht bestanden. Der Druck auf der Auslassseite des Rückflussverhinderers muss vor dem nächsten Zyklus auf weniger als 60 % des maximalen Betriebsdrucks gesenkt werden.

Nach Abschluss der Betriebszyklen muss der Rückflussverhinderer für 24 h einem Flutterbetrieb nach 8.3.3.4 unterzogen werden.

8.3.2.4 Flutterbetrieb

Nach Abschluss der Betriebszyklen (siehe 8.3.2.2 oder 8.3.2.3) muss der Rückflussverhinderer für 24 h einem Flutterbetrieb bei einer Durchflussrate, die das größte Flattern (Ventilflattern) verursacht, unterzogen werden.

ANMERKUNG Ventilflattern tritt gewöhnlich bei geringen Durchflussraten bei Öffnen und Schließen des Ventils auf. Verursachen übliche Durchflussraten kein Flattern, ist diese Prüfung nicht erforderlich.

Nach Abschluss der Prüfung muss der Rückflussverhinderer die Dichtheitsanforderung nach 5.3 erfüllen und die Prüfung der hydrostatischen Festigkeit nach 5.2 bestehen.

9 Handbetätigte Ventile

ANMERKUNG Dieser Abschnitt gilt nicht für handbetätigte Behälterventile, die durch Abschnitt 10 abgedeckt sind.

9.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung des handbetätigten Ventils muss 4.5 entsprechen und mindestens Folgendes einschließen:

- a) Strömungsrichtung für den ordnungsgemäßen Einbau, sofern zutreffend;
- b) Seriennummer, Datumscode oder vergleichbarer Rückverfolgbarkeitscode;

- c) Nennbetriebsdruck und Spezifikation für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas mit folgender Angabe
 - i) „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist; oder
 - ii) nur maximaler Betriebsdruck, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist;
- d) Name, Markenzeichen oder Symbol des Herstellers oder Vertreters;
- e) Modellbezeichnung (Bauteilnummer); und
- f) Temperaturbereich.

9.2 Konstruktion und Montage

9.2.1 Allgemeines

Handbetätigte Ventile müssen den anwendbaren Bestimmungen nach Abschnitt 1, Abschnitt 4 und Abschnitt 5 entsprechen sowie die in 9.3 festgelegten Prüfungen bestehen.

9.2.2 Griffe

Handbetätigte Ventile mit Ausnahme von Wartungsventilen müssen mit einem Griff versehen sein, der sicher am Einschraubstutzen oder am aktiven Teil des Ventils montiert ist.

9.2.3 Handbetätigte Not-Absperrventile

Ein handbetätigtes Not-Absperrventil muss mit einer Drehung von ca. 90° (Vierteldrehung) von der „Ein“- in die „Aus“-Stellung übergehen und mit starr befestigten Anschlägen zur Rotationsbegrenzung versehen sein.

9.2.4 Ventile mit Vierteldrehung

Bei Ventilen mit einer Drehung von 90° (Vierteldrehung) von der „Ein“- in die „Aus“-Stellung müssen die Griffe rechtwinklig zur Strömungsrichtung am Ventileinlass in „Aus“-Stellung liegen.

9.2.5 Ventile mit Mehrfachdrehung

Ventile mit einer Drehung von mehr als 90° müssen bei Drehung im Uhrzeigersinn in die „Aus“-Stellung übergehen.

9.3 Prüfungen

9.3.1 Allgemeines

Die anwendbaren Prüfungen für handbetätigte Ventile sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 — Anwendbare Prüfungen

Prüfung	Anwendbar	Nach Abschnitt 5 erforderliche Prüfungen	Nach Abschnitt 9 erforderliche Prüfungen
Hydrostatische Festigkeit	Ja	X	
Leckage	Ja	X	
Beständigkeit gegen Drehmomentüberlastung	Ja	X	

Tabelle 4 (fortgesetzt)

Prüfung	Anwendbar	Nach Abschnitt 5 erforderliche Prüfungen	Nach Abschnitt 9 erforderliche Prüfungen
Biegemoment	Ja	X	
Dauerbetrieb	Ja		X
Korrosionsbeständigkeit	Ja	X	
UV-Beständigkeit von äußeren Oberflächen	Ja	X	
Einwirkung von Kraftfahrzeug- Flüssigkeiten	Ja	X	
Freibewitterung	Ja	X	
Anormale elektrische Spannungen	Nein		
Wasserstoffverträglichkeit nichtmetallischer Werkstoffe	Ja	X	
Schwingungsbeständigkeit	Ja	X	
Widerstand gegen Spannungsrissskorrosion	Ja	X	
Isolationswiderstand	Nein		
Einwirkung von vorgekühltem Wasserstoff	Ja ^a	X	
Betätigungsdruckmoment	Ja		X
Druckmoment des Ventileinschraubstutzens	Ja		X
^a Anwendbar auf H70-Bauteile im Wasserstoffbetankungspfad zwischen Tankanschluss und Behälter des Fahrzeugs, bei denen Betankung mit vorgekühltem Wasserstoff im Betrieb erwartet wird.			

9.3.2 Dauerbetrieb

9.3.2.1 Allgemeines

Wartungsventile müssen 100 Betriebszyklen entsprechend 9.3.2.2 widerstehen können. Alle anderen handbetätigten Ventile müssen 7 000 Betriebszyklen entsprechend 9.3.2.3 widerstehen können.

ANMERKUNG Die Prüfung mit Wasserstoffgas für den Dauerbetrieb ist anwendbar, um die Wasserstoffverträglichkeit für im Betrieb erwartete Wasserstoffumgebungen nachzuweisen.

9.3.2.2 Wartungsventile

Der Betrieb des Wartungsventils muss durchgehend für 100 Zyklen bei den in 5.7.2 aufgeführten festgelegten Temperaturen und Drücken wiederholt werden.

Ein Zyklus muss aus einem vollständigen Betriebsablauf und Rückstellung (Öffnen und Schließen) des Wartungsventils bestehen. Bei jedem Zyklus muss der Druck abströmseitig des Ventils auf 0,5 MPa oder weniger verringert werden.

Ist das Ventil für den Einsatz mit Druckdifferenzen in beiden Richtungen ausgelegt, muss das Zyklusverfahren in entgegengesetzter Richtung wiederholt werden.

Das Wartungsventil in seiner üblichen Betriebsstellung muss auch der geeigneten Gesamtanzahl von Druckzyklen für das Bauteil, an das es angeschlossen ist, ausgesetzt werden.

Nach Abschluss der Zyklusprüfungen muss das Ventil Folgendem entsprechen:

- a) Drehmomentanforderungen (siehe 9.3.3);
- b) Anforderungen an das Drehmoment des Ventileinschraubstutzens (siehe 9.3.4);
- c) Anforderungen an die innere und äußere Dichtheit (siehe 5.3); und
- d) Anforderungen an die hydrostatische Festigkeit (siehe 5.2).

9.3.2.3 Alle sonstigen handbetätigten Ventile

Sofern nicht anderweitig durch Auslegung oder Verwendungszweck begrenzt, muss das handbetätigte Ventil einer Prüfung mit 7 000 Einschaltzyklen bei den in 5.6.2 aufgeführten festgelegten Temperaturen und Drücken unterzogen werden.

Jeder Einschaltzyklus muss aus der Druckbeaufschlagung des Einlassstutzens bestehen. Die Zufuhr zur Einlassleitung muss dann unterbrochen werden. Das handbetätigte Ventil muss geöffnet und geschlossen werden. Während des „Aus“-Zyklus muss der abströmseitige Druck auf 50 % des Prüfdrucks verringert werden.

Ist das Ventil für den Einsatz mit Druckdifferenzen in beiden Richtungen ausgelegt, müssen die Zyklen in jeder Richtung ausgeführt werden.

Nach Abschluss der Zyklusprüfungen muss das Ventil Folgendem entsprechen:

- a) Drehmomentanforderungen (siehe 9.3.3);
- b) Anforderungen an das Drehmoment des Ventileinschraubstutzens (siehe 9.3.4);
- c) Anforderungen an die innere und äußere Dichtheit (siehe 5.3); und
- d) Anforderungen an die hydrostatische Festigkeit (siehe 5.2).

9.3.3 Betätigungs-drehmoment

Im Anschluss an die Prüfung nach 9.3.2.2 muss das Wartungsventil unter Einwirkung eines Drehmoments vollständig öffnen und/oder schließen können, wobei das Ventil bei Bauteilen zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe mit 125 % des Nennbetriebsdrucks bzw. bei Bauteilen abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe mit 100 % des maximalen Betriebsdrucks beaufschlagt wird. Beim Prüfungsabschnitt der Ventilöffnung muss der Druck auf eine Seite des Ventils aufgebracht werden, während die andere Seite drucklos ist. Die Prüfung muss bei der zutreffenden Höchsttemperatur durchgeführt und anschließend bei einer Temperatur von –40 °C wiederholt werden. Das zum Öffnen und/oder Schließen des Ventils erforderliche Drehmoment muss den Festlegungen des Herstellers entsprechen.

Im Anschluss an die Prüfung nach 9.3.2.3 muss das handbetätigte Ventil vollständig öffnen und schließen können, wenn ein Drehmoment, das die zutreffenden in Tabelle 6 festgelegten Werte nicht überschreitet, auf den Ventilgriff in einer Richtung, in der das Ventil vollständig öffnet, und in entgegengesetzter Richtung aufgebracht wird, wobei das Ventil bei Bauteilen zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe mit 125 % des Nennbetriebsdrucks bzw. bei Bauteilen abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe mit 100 % des maximalen Betriebsdrucks beaufschlagt wird. Die Prüfung muss bei der zutreffenden Höchsttemperatur durchgeführt und anschließend bei einer Temperatur von –40 °C mit dem zutreffenden in Tabelle 5 festgelegten maximalen Drehmoment wiederholt werden.

Tabelle 5 — Drehmomentprüfung

	Höchsttemperatur	Bei –40 °C
Größe des Bauteileingangs mm (in)	Max. Drehmoment N·m	Max. Drehmoment N·m
6 (1/4)	1,7	3,4
8 oder 10 (3/8)	2,3	4,5
12 (1/2) oder größer	2,8	5,6

9.3.4 Drehmoment des Ventileinschraubstutzens

Das handbetätigte Ventil muss Folgendem widerstehen können

- a) Drehmoment größer als 16,5 N·m; oder
- b) Drehmoment, das auf den Griff jeder Probe aufgebracht wird, entsprechend folgender Gleichung:

$$T = 222,4 \times D(\text{oder } L) \quad (1)$$

Dabei ist

T das Drehmoment, in Newtonmeter;

D der Handraddurchmesser, in Meter;

L die Hebellänge, in Meter.

ANMERKUNG Die Wahl zwischen der Verwendung des Handraddurchmessers (D) oder der Hebellänge (L) ist davon abhängig, welcher der beiden Werte beim Drehen in eine der beiden Richtungen größer ist.

Diese Prüfung muss durchgeführt werden, wobei das Ventil mit 125 % des Nennbetriebsdrucks bei Bauteilen zuströmseitig der ersten Druckminderungsstufe bzw. mit maximalem Betriebsdruck bei Bauteilen abströmseitig der ersten Druckminderungsstufe beaufschlagt wird. Das Ventil muss am Ende der Prüfung funktionsfähig bleiben.

10 Handbetätigte Behälterventile

10.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung des handbetätigten Behälterventils muss 4.5 entsprechen und mindestens Folgendes einschließen:

- a) Seriennummer, Datumscode oder vergleichbarer Rückverfolgbarkeitscode;
- b) Nennbetriebsdruck und Spezifikation für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas mit folgender Angabe „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“;
- c) Name, Markenzeichen oder Symbol des Herstellers oder Vertreters;
- d) Modellbezeichnung (Bauteilnummer); und
- e) Temperaturbereich.

10.2 Konstruktion und Montage

10.2.1 Allgemeines

Handbetätigte Behälterventile müssen den anwendbaren Bestimmungen nach Abschnitt 1, Abschnitt 4 und Abschnitt 5 entsprechen sowie die in 10.3 festgelegten Prüfungen bestehen.

10.2.2 Griffe

Handbetätigte Behälterventile müssen mit einem Griff versehen sein, der sicher am Einschraubstutzen oder am aktiven Teil des Ventils montiert ist.

10.2.3 Rotationsgrenze

Beträgt die Drehung des Griffs eines handbetätigten Behälterventils 90° (Vierteldrehung) von der „Ein“- in die „Aus“-Stellung, müssen starr befestigte Anschläge zur Rotationsbegrenzung vorgesehen sein.

10.2.4 Ventile mit Vierteldrehung

Bei handbetätigten Behälterventilen mit einer Drehung von 90° (Vierteldrehung) von der „Ein“- in die „Aus“-Stellung müssen die Griffe rechtwinklig zur Strömungsrichtung am Ventileinlass in „Aus“-Stellung liegen.

10.2.5 Ventile mit Mehrfachdrehung

Handbetätigte Behälterventile mit einer Drehung von mehr als 90° sollten bei Drehung im Uhrzeigersinn in die „Aus“-Stellung übergehen. Alle Ventile, die in die entgegengesetzte Richtung betätigt werden, müssen eindeutig gekennzeichnet werden.

10.2.6 Innere Strömungsbegrenzungseinrichtung

Handbetätigte Behälterventile mit innerer Strömungsbegrenzungseinrichtung müssen über ein Mittel für die sichere Entlüftung des Behälters verfügen.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen nach 4.4 (Bauteilunterlagen) müssen Ventilhersteller Bauteilunterlagen zur Verfügung stellen, in denen die sichere Entlüftung des Behälterinhalts beschrieben wird.

10.3 Prüfungen

10.3.1 Allgemeines

Die anwendbaren Prüfungen für handbetätigte Behälterventile sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 — Anwendbare Prüfungen

Prüfung	Anwendbar	Nach Abschnitt 5 erforderliche Prüfungen	Nach Abschnitt 10 erforderliche Prüfungen
Hydrostatische Festigkeit	Ja	X	
Leckage	Ja	X	
Beständigkeit gegen Drehmomentüberlastung	Ja	X	
Biegemoment	Ja	X	
Dauerbetrieb	Ja		X

Tabelle 6 (fortgesetzt)

Prüfung	Anwendbar	Nach Abschnitt 5 erforderliche Prüfungen	Nach Abschnitt 10 erforderliche Prüfungen
Korrosionsbeständigkeit	Ja	X	
UV-Beständigkeit von äußeren Oberflächen	Ja	X	
Einwirkung von Kraftfahrzeug- Flüssigkeiten	Ja	X	
Freibewitterung	Ja	X	
Anormale elektrische Spannungen	Nein		
Wasserstoffverträglichkeit nichtmetallischer Werkstoffe	Ja	X	
Schwingungsbeständigkeit	Ja	X	
Widerstand gegen Spannungsrissskorrosion	Ja	X	
Isolationswiderstand	Nein		
Einwirkung von vorgekühltem Wasserstoff	Ja ^a	X	
Betätigungsdrehmoment	Ja		X
Drehmoment des Ventileinschraubstutzens	Ja		X
^a Anwendbar auf H70-Bauteile im Wasserstoffbetankungspfad zwischen Tankanschluss und Behälter des Fahrzeugs, bei denen Betankung mit vorgekühltem Wasserstoff im Betrieb erwartet wird.			

10.3.2 Dauerbetrieb

Sofern nicht anderweitig durch Auslegung oder Verwendungszweck begrenzt, muss das handbetätigte Behälterventil in einer geeigneten Prüfvorrichtung montiert und einer Prüfung mit 2 000 Einschaltzyklen bei den in 5.6.2 aufgeführten festgelegten Temperaturen und Drücken unterzogen werden.

Die Prüfvorrichtung muss mit dem erforderlichen Prüfdruck beaufschlagt werden, und jeder Einschaltzyklus muss aus dem Öffnen und Schließen des handbetätigten Behälterventils bestehen. Während des Zyklusabschnitts im ausgeschalteten (geschlossenen) Zustand muss der abströmseitige Druck auf 50 % des Prüfdrucks oder weniger verringert werden.

Im Anschluss an die 2 000 Einschaltzyklen muss das handbetätigte Behälterventil dann mit zusätzlichen 13 000 Druckzyklen geprüft werden. Jeder Druckzyklus muss aus einer Befüllung über den Einlass und einer anschließenden Druckentlastung auf 50 % des Prüfdrucks bestehen, während das Ventil in Offenstellung bleibt.

Ist das Ventil für den Einsatz mit Druckdifferenzen in beiden Richtungen ausgelegt, muss das Zyklusverfahren in entgegengesetzter Richtung wiederholt werden.

Nach Abschluss der Zyklusprüfungen muss das Ventil Folgendem entsprechen:

- a) Drehmomentanforderungen (siehe 10.3.3);
- b) Anforderungen an das Drehmoment des Ventileinschraubstutzens (siehe 10.3.4);

- c) Anforderungen an die innere und äußere Dichtheit (siehe 5.3); und
- d) Anforderungen an die hydrostatische Festigkeit (siehe 5.2).

ANMERKUNG Die Prüfung mit Wasserstoffgas für den Dauerbetrieb ist anwendbar, um die Wasserstoffverträglichkeit für im Betrieb erwartete Wasserstoffumgebungen nachzuweisen.

10.3.3 Betätigungs Drehmoment

Nach Abschluss der in 10.3.2 angegebenen Prüfung muss das handbetätigte Behälterventil vollständig öffnen und schließen können, wenn ein Drehmoment, das den zutreffenden in Tabelle 7 festgelegten Wert nicht überschreitet, auf den Ventilgriff in der Richtung, die das Ventil vollständig öffnet, sowie in entgegengesetzter Richtung aufgebracht wird.

Die Prüfung muss bei einer Temperatur von -40 °C und bei 125 % des Nennbetriebsdrucks durchgeführt werden.

Tabelle 7 — Drehmomentprüfung

Größe des Bauteileingangs mm (in)	Max. Drehmoment N·m
6 (1/4)	3,4
8 oder 10 (3/8)	4,5
12 (1/2) oder größer	5,6

10.3.4 Drehmoment des Ventileinschraubstutzens

Das handbetätigte Behälterventil muss Folgendem widerstehen können:

- a) Drehmoment größer als 16,5 N·m; oder
- b) Drehmoment, das auf den Griff jeder Probe aufgebracht wird, entsprechend folgender Gleichung:

$$T = 222,4 \times D(\text{oder } L) \quad (1)$$

Dabei ist

T das Drehmoment, in Newtonmeter;

D der Handraddurchmesser, in Meter;

L die Hebellänge, in Meter.

ANMERKUNG Die Wahl zwischen der Verwendung des Handraddurchmessers (D) oder der Hebellänge (L) ist davon abhängig, welcher der beiden Werte beim Drehen in eine der beiden Richtungen größer ist.

Diese Prüfung muss durchgeführt werden, wobei das Ventil mit 125 % des Nennbetriebsdrucks beaufschlagt wird. Das Ventil muss am Ende der Prüfung funktionsfähig bleiben.

11 Automatische Ventile und automatische Behälterventile

11.1 Kennzeichnung

Die Kennzeichnung des automatischen Ventils und des automatischen Behälterventils muss 4.5 entsprechen und mindestens Folgendes einschließen:

- a) Strömungsrichtung für den ordnungsgemäßen Einbau, sofern zutreffend;
- b) Seriennummer, Datumscode oder vergleichbarer Rückverfolgbarkeitscode;
- c) Nennbetriebsdruck und Spezifikation für die Verwendung mit verdichtetem Wasserstoffgas mit folgender Angabe
 - i) „H25“, „H35“, „H50“ oder „H70“, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe vorgeschaltet ist; oder
 - ii) nur maximaler Betriebsdruck, wenn das Bauteil der ersten Druckminderungsstufe nachgeschaltet ist;
- d) Name, Markenzeichen oder Symbol des Herstellers oder Vertreters;
- e) Modellbezeichnung (Bauteilnummer); und
- f) Temperaturbereich.

11.2 Konstruktion und Montage

11.2.1 Allgemeines

Automatische Ventile und automatische Behälterventile müssen den anwendbaren Bestimmungen nach Abschnitt 1, Abschnitt 4 und Abschnitt 5 entsprechen sowie die in 11.3 festgelegten Prüfungen bestehen.

11.2.2 Ausgeschaltete Stellung

Automatische Behälterventile müssen im ausgeschalteten Zustand geschlossen sein.

11.2.3 Stellung des Absperrventils bei Versagen

Absperrventile für den Kraftstoffstrom müssen in der geschlossenen oder in der auf dem Ventil gekennzeichneten Stellung versagen.

11.2.4 Innere Strömungsbegrenzungseinrichtung

Automatische Behälterventile mit innerer Strömungsbegrenzungseinrichtung müssen über ein Mittel für die sichere Entlüftung des Behälters verfügen.

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen nach 4.4 müssen Ventilhersteller Bauteilunterlagen bereitstellen, in denen die sichere Entlüftung des Behälterinhalts beschrieben wird.

11.2.5 Elektrischer Betrieb

Wenn das automatische Ventil elektrisch angetrieben wird und in einem gasdichten Gehäuse zu verwenden ist, muss es entsprechend der Definition nach IEC 60079-10-1 eigensicher sein.