

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <b>DIN IEC 62282-3-1<br/>(VDE 0130-3-1)</b>   |  |
|   | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden. |  |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>ICS 27.070</span> <span>Einsprüche bis 2010-07-31</span> </div> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px 20px;"> <b>Entwurf</b> </div> <div style="margin-left: 20px;">         Vorgesehen als Ersatz für<br/>         DIN EN 62282-3-1<br/>         (VDE 0130-301):2008-02       </div> </div> <div style="margin-top: 20px;"> <p><b>Brennstoffzellentechnologien –<br/>Teil 3-1: Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme –<br/>Sicherheit<br/>(IEC 105/251/CD:2009)</b></p> <p>Fuel cell technologies –<br/>Part 3-1: Stationary fuel cell power systems –<br/>Safety<br/>(IEC 105/251/CD:2009)</p> <p>Technologies des piles à combustible –<br/>Partie 3-1: Systèmes à piles à combustible stationnaires –<br/>Sécurité<br/>(CEI 105/251/CD:2009)</p> <p><b>Anwendungswarnvermerk</b></p> <p>Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2010-05-03 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.</p> <p>Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.</p> <p>Stellungnahmen werden erbeten</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– vorzugsweise als Datei per E-Mail an <b>dke@vde.com</b> in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter <b>www.dke.de/stellungnahme</b> abgerufen werden</li> <li>– oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.</li> </ul> <p>Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevante Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">Gesamtumfang 165 Seiten</div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</div> </div> |   |   |
|   |   |   |

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

### Inhalt

|   | Seite |
|---|-------|
| 1 Anwendungsbereich .....   | 11    |
| 2 Normative Verweisungen.....   | 13    |
| 3 Begriffe.....   | 15    |
| 4 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen .....                                | 23    |
| 4.1 Grundsätzliche Sicherheitsstrategie .....                                       | 23    |
| 4.2 Physikalische Umgebung und Betriebsbedingungen .....                            | 24    |
| 4.3 Materialauswahl.....  | 25    |
| 4.4 Allgemeine Anforderungen .....  | 26    |
| 4.5 Druckausrüstung und Verrohrung.....   | 28    |
| 4.6 Schutz vor Brand und Explosionsgefährdungen .....                               | 29    |
| 4.7 Elektrische Sicherheit .....  | 34    |
| 4.8 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) .....                                  | 45    |
| 4.9 Regelungssysteme und Schutz-/Sicherheitskomponenten .....                       | 46    |
| 4.10 Pneumatisch und hydraulisch betriebene Ausrüstung .....                        | 49    |
| 4.11 Ventile .....  | 50    |
| 4.12 Drehende Teile .....   | 50    |
| 4.13 Gehäuse .....  | 51    |
| 4.14 Wärmeisolierungsmaterialien .....  | 52    |
| 4.15 Versorgung .....   | 52    |
| 4.16 Installation und Wartung .....   | 53    |
| 5 Typprüfung.....   | 54    |
| 5.1 Allgemeine Anforderungen .....  | 54    |
| 5.2 Prüfbrennstoffe .....   | 55    |
| 5.3 Grundsätzliche Prüfanordnungen.....   | 56    |
| 5.4 Dichtigkeitsprüfungen .....   | 56    |
| 5.5 Festigkeitsprüfungen.....   | 59    |
| 5.6 Typprüfung Normalbetrieb .....  | 62    |
| 5.7 Elektrische Überlastprüfung.....  | 62    |
| 5.8 Dielektrische Anforderungen und simulierte anomale Bedingungen.....             | 62    |
| 5.9 Abschaltbedingungen .....   | 63    |
| 5.10 Prüfung der Brennerbetriebscharakteristik .....                                | 63    |
| 5.11 Automatische Regelung von Brennern und katalytischen Oxidationsreaktoren ..... | 63    |
| 5.12 Abgastemperaturprüfung .....   | 67    |
| 5.13 Oberflächen- und Bauteiltemperaturen.....                                      | 67    |

|   | Seite  |    |
|---|--|----|
| 5.14  | Windprüfungen .....                                      | 68 |
| 5.15  | Regenprüfung .....                                       | 71 |
| 5.16  | Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen .....                       | 71 |
| 5.17  | Dichtigkeitsprüfung (Wiederholung) .....                 | 72 |
| 6   | Stückprüfungen .....                                     | 72 |
| 6.1   | Gasdichtigkeitsprüfung .....                             | 72 |
| 7   | Kennzeichnung, Markierungen und Verpackung .....         | 73 |
| 7.1   | Allgemeine Anforderungen .....                           | 73 |
| 7.2   | Kennzeichnung von Brennstoffzellen-Energiesystemen ..... | 73 |
| 7.3   | Bauteilkennzeichnung .....                               | 74 |
| 7.4   | Technische Dokumentation .....                           | 74 |
| Anhang A (informativ) Signifikante Gefährdungen, gefährbringende Situationen und Ereignisse, die in dieser Norm berücksichtigt werden ..... |  | 82 |
| Anhang B (informativ) Aufkohlen und Materialverträglichkeit für die Handhabung von Wasserstoff .....  |  | 84 |
| Anhang C (normativ) Prüfwand .....  |  | 90 |
| Anhang D (normativ) Lüftungsprüfwand .....  |  | 91 |
| Anhang E (normativ) Piezoring und Einzelheiten eines typischen Aufbaus .....  |  | 92 |
| <br><b>Bilder</b>   |  |    |
| Bild 1 – Stationäres Brennstoffzellen-Energiesystem .....   |  | 12 |
| Bild 2 – Erdungssymbol .....  |  | 45 |
| Bild 3 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit odoriertem Gas betrieben werden .....  |  | 77 |
| Bild 4 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit nicht-odoriertem Gas betrieben werden .....  |  | 78 |
| Bild 5 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden .....  |  | 79 |
| Bild C.1 – Prüfwand mit statischen Druckmessanschlüssen und Orten der Luftauslässe .....  |  | 90 |
| Bild D.1 – Lüftungsprüfwand .....   |  | 91 |
| Bild E.1 – Piezoring und Details der typischen Konstruktion .....   |  | 92 |
| <br><b>Tabellen</b>   |  |    |
| Tabelle 1 – Zulässige Oberflächentemperaturdifferenzen .....  |  | 27 |
| Tabelle 2 – SELV-Spannungsgrenzen .....   |  | 35 |
| Tabelle 3 – Minimale Isolationsstärken für interne Verdrahtung .....  |  | 36 |
| Tabelle 4 – Beschränkungen für Stromquellen ohne Überstromschutz .....  |  | 38 |
| Tabelle 5 – Beschränkungen für Stromquellen mit Überstromschutz .....   |  | 38 |
| Tabelle 6 – Dimensionierung von Leitungen und Verbindern für Ausrüstungsteile mit einem Bemessungsstrom bis 16 A .....                      |  | 42 |
| Tabelle 7 – Prüfanforderungen an Dichtigkeit .....  |  | 58 |
| Tabelle 8 – Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit .....  |  | 61 |
| Tabelle 9 – Windgeschwindigkeitskalibrierung .....  |  | 68 |
| Tabelle A.1 – Gefahrbringende Situationen und Ereignisse .....  |  | 82 |

## Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 105/251/CD:2009 „Fuel cell technologies – Part 3-1: Stationary fuel cell power systems – Safety“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 105 „Fuel cell technologies“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 384 „Brennstoffzellen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE ([www.dke.de](http://www.dke.de)) zuständig.

## Änderungen

Gegenüber DIN EN 62282-3-1 (VDE 0130-301):2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anforderungen in 4.7 *Elektrische Sicherheit*, 5.4 *Dichtigkeitsprüfungen* und 5.5 *Festigkeitsprüfungen* an den Stand der Technik angepasst.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

| Europäische Norm  | Internationale Norm  | Deutsche Norm  | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk   |
|---|--|--|--|
| EN 60079-0:2006   | IEC 60079-0:2004   | DIN EN 60079-0<br>(VDE 0170-1):2007-05   | VDE 0170-1   |
| EN 60079-2:2007   | IEC 60079-2:2007   | DIN EN 60079-2<br>(VDE 0170/0171-301):2008-07  | VDE 0170/0171-301  |
| EN 60079-10:2003<br>ersetzt durch<br>EN 60079-10-1:2009   | IEC 60079-10:2002<br>ersetzt durch<br>IEC 60079-10-1:2008  | DIN EN 60079-10<br>(VDE 0165-101):2004-08<br>ersetzt durch<br>DIN EN 60079-10-1<br>(VDE 0165-101):2009-10  | VDE 0165-101<br><br>VDE 0165-101   |
| –   | IEC 60079-16:1990  | –  | –  |
| –   | IEC 60079-20:1996  | –  | –  |
| EN 60204-1:2006<br><br>+ A1:2009  | IEC 60204-1:2005<br><br>+ A1:2009  | DIN EN 60204-1<br>(VDE 0113-1):2007-06<br><br>+ DIN EN 60204-1/A1<br>(VDE 0113-1/A1):2009-10   | VDE 0113-1<br><br>VDE 0113-1/A1  |
| –   | IEC 60300-3-9:1995   | –  | –  |
| EN 60335-1:2002<br>+ A11:2004<br>+ A1:2004<br>+ A12:2006<br>+ Cor.:2006<br>+ A2:2006              | IEC 60335-1:2001 mod.<br>+ Cor.1 (ed. 4.0):2002<br>+ A1:2004<br>+ Cor.1 (ed. 4.1):2005<br>+ A2:2006<br>+ Cor.1 (A2):2006 | DIN EN 60335-1<br>(VDE 0700-1):2007-02<br><br>+ DIN EN 60335-1 Berichtigung 1<br>(VDE 0700-1<br>Berichtigung 1):2007-07<br><br>+ DIN EN 60335-1 Berichtigung 2<br>(VDE 0700-1<br>Berichtigung 2):2009-10 | VDE 0700-1<br><br>VDE 0700-1<br>Berichtigung 1<br><br>VDE 0700-1<br>Berichtigung 2 |
| EN 60335-2-51:2003<br>+ A1:2008   | IEC 60335-2-51:2002<br>+ A1:2008   | DIN EN 60335-2-51<br>(VDE 0700-51):2009-02   | VDE 0700-51  |
| EN 60384-14:2005  | IEC 60384-14:2005  | DIN EN 60384-14<br>(VDE 0565-1-1):2006-04  | VDE 0565-1-1   |
| Normen der Reihe<br>EN 60417  | Normen der Reihe<br>IEC 60417  | Normen der Reihe<br>DIN EN 60417   | –  |
| EN 60529:1991<br>+ A1:2000  | IEC 60529:1989<br>+ A1:1999  | DIN EN 60529<br>(VDE 0470-1):2000-09   | VDE 0470-1   |
| EN 60730-1:2000<br>+ A1:2004<br>+ A12:2003<br>+ A13:2004<br>+ A14:2005<br>+ A16:2007<br>+ A2:2008 | IEC 60730-1:1999 mod.<br>+ A1:2003 mod.<br>+ A2:2007 mod.  | DIN EN 60730-1<br>(VDE 0631-1):2009-06   | VDE 0631-1   |
| EN 60730-2-5:2002<br>+ A1:2004<br>+ A11:2005  | IEC 60730-2-5:2000 mod.<br>+ A1:2004 mod.<br><br>+ A2 :2008  | DIN EN 60730-2-5<br>(VDE 0631-2-5):2005-05<br><br>–  | VDE 0631-2-5<br><br>–  |
| EN 60730-2-6:2008   | IEC 60730-2-6:2007   | DIN EN 60730-2-6<br>(VDE 0631-2-6):2009-04   | VDE 0631-2-6   |

— Entwurf —

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

| Europäische Norm   | Internationale Norm  | Deutsche Norm  | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|--|--|--|--|
| EN 60730-2-9:2002<br>+ A1:2003<br>+ A11:2003<br>+ A12:2004<br>+ A2:2005<br>— | IEC 60730-2-9:2000 mod.<br>+ A1:2002 mod.<br>+ A2:2004 mod.<br>ersetzt durch<br>IEC 60730-2-9:2008 | DIN EN 60730-2-9<br>(VDE 0631-2-9):2005-10<br><br>—  | VDE 0631-2-9<br><br>—                  |
| —  | IEC 60730-2-17:1997<br>+ A1:2000<br>+ A2:2007  | —  | —                                      |
| EN 60730-2-19:2002<br>+ A11:2005<br>+ A2:2008                                | IEC 60730-2-19:1997<br>+ A1:2000 mod.<br>+ A2:2007   | DIN EN 60730-2-19<br>(VDE 0631-2-19):2009-01   | VDE 0631-2-19                          |
| EN 60812:2006  | IEC 60812:2006   | DIN EN 60812:2006-11   | —                                      |
| EN 60950:2006  | IEC 60950-1:2005 mod.  | DIN EN 60950-1<br>(VDE 0805-1):2006-11   | VDE 0805-1                             |
| EN 61000-3-2:2006<br>+ A1:2009<br>+ A2:2009                                  | IEC 61000-3-2:2005<br>+ A1:2008<br>+ A2:2009   | DIN EN 61000-3-2<br>(VDE 0838-2):2010-03   | VDE 0838-2                             |
| EN 61000-3-3:2008  | IEC 61000-3-3:2008   | DIN EN 61000-3-3<br>(VDE 0838-3):2009-06   | VDE 0838-3                             |
| —  | IEC 61000-3-4:1998   | —  | —                                      |
| —  | IEC/TS 61000-3-5:2009  | —  | —                                      |
| EN 61000-6-1:2007  | IEC 61000-6-1:2005   | DIN EN 61000-6-1<br>(VDE 0839-6-1):2007-10   | VDE 0839-6-1                           |
| EN 61000-6-2:2005  | IEC 61000-6-2:2005   | DIN EN 61000-6-2<br>(VDE 0839-6-2):2006-03   | VDE 0839-6-2                           |
| EN 61000-6-3:2007  | IEC 61000-6-3:2006   | DIN EN 61000-6-3<br>(VDE 0839-6-3):2007-09   | VDE 0839-6-3                           |
| EN 61000-6-4:2007  | IEC 61000-6-4:2006   | DIN EN 61000-6-4<br>(VDE 0839-6-4):2007-09   | VDE 0839-6-4                           |
| EN 61025:2007  | IEC 61025:2006   | DIN EN 61025:2007-08   | —                                      |
| Normen der Reihe<br>EN 61508   | Normen der Reihe<br>IEC 61508  | Normen der Reihe<br>DIN EN 61508 (VDE 0803)  | VDE 0803                               |
| EN 61511-1:2004  | IEC 61511-1:2003<br>+ Corrigendum 2004   | DIN EN 61511-1<br>(VDE 0810-1):2005-05   | VDE 0810-1                             |
| EN 61511-3:2004  | IEC 61511-3:2003<br>+Corrigendum 2004  | DIN EN 61511-3<br>(VDE 0810-3):2005-05   | VDE 0810-3                             |
| —  | IEC 61882:2001   | —  | —                                      |
| EN 62086-1:2005<br><br>ersetzt durch<br>EN 60079-30-1:2007                   | IEC 62086-1:2001<br>+ Corrigendum 2003<br><br>ersetzt durch<br>IEC 60079-30-1:2007-01              | DIN EN 62086-1<br>(VDE 0170-60-1):2006-05<br><br>ersetzt durch<br>DIN EN 60079-30-1<br>(VDE 0170-60-1):2007-12 | VDE 0170-60-1<br><br>VDE 0170-60-1     |

Tabelle NA.1 (fortgesetzt)

| Europäische Norm  | Internationale Norm   | Deutsche Norm  | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|---|---|--|--|
| Normen der Reihe EN 62282                               | Normen der Reihe IEC 62282                                  | Normen der Reihe DIN EN 62282 (VDE 0130)                           | VDE 0130                               |
| EN 62282-2:2004 + A1:2007                               | IEC 62282-2:2004 + A1:2007                                  | DIN EN 62282-2 (VDE 0130-201):2008-01                              | VDE 0130-201                           |
| EN 62282-3-2:2006                                       | IEC 62282-3-2:2006  | DIN EN 62282-3-2 (VDE 0130-302):2007-02                            | VDE 0130-302                           |
| –   | IEC Guide 104:1997  | –  | –                                      |
| –   | ISO 3864-2:2004   | DIN ISO 3864-2:2008-07   | –                                      |
| –   | ISO 4413:1998   | –  | –                                      |
| –   | ISO 4414:1998   | –  | –                                      |
| –   | ISO 5388:1981   | –  | –                                      |
| –   | ISO 7000:2004   | DIN ISO 7000:2008-12   | –                                      |
| EN ISO 10439:2002                                       | ISO 10439:2002  | DIN EN ISO 10439:2004-02   | –                                      |
| EN ISO 10440-1:2007                                     | ISO 10440-1:2007  | DIN EN ISO 10440-1:2008-09   | –                                      |
| EN ISO 10440-2:2001                                     | ISO 10440-2:2001  | DIN EN ISO 10440-2:2003-02   | –                                      |
| EN ISO 10442:2002                                       | ISO 10442:2002  | DIN EN ISO 10442:2005-07   | –                                      |
| EN ISO 13631:2002                                       | ISO 13631:2002  | DIN EN ISO 13631:2003-02   | –                                      |
| –   | ISO 13707:2000  | –  | –                                      |
| EN ISO 13709:2003<br>ersetzt durch<br>EN ISO 13709:2009 | ISO 13709:2003<br>ersetzt durch<br>ISO 13709:2009           | DIN EN ISO 13709:2005-07<br><br>–                                  | –<br><br>–                             |
| EN ISO 13850:2008                                       | ISO 13850:2006  | DIN EN ISO 13850:2008-09   | –                                      |
| EN 1050:1996<br>ersetzt durch<br>EN ISO 14121-1:2007    | ISO 14121:1999<br>ersetzt durch<br>ISO 14121-1:2007         | DIN EN 1050:1997-01<br>ersetzt durch<br>DIN EN ISO 14121-1:2007-12 | –                                      |
| EN ISO 14847:1999                                       | ISO 14847:1999  | DIN EN ISO 14847:1999-08   | –                                      |
| –   | ISO 15649:2001  | –  | –                                      |
| –   | ISO/IEC Guide 7:1994<br>ersetzt durch<br>ISO/IEC 17007:2009 | –  | –                                      |
| –   | ISO/IEC Guide 51:1999                                       | DIN 820-120:2001-10  | –                                      |
| –   | ISO/TR 15916:2004   | –  | –                                      |
| –   | ISO/TS 16528:2002<br>ersetzt durch<br>ISO 16528-1:2002      | –  | –                                      |
| –   | ISO 16528-1:2002  | –  | –                                      |

# — Entwurf —

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN 820-120:2001-10, *Normungsarbeit – Teil 120: Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen (ISO/IEC-Guide 51:1999)*

DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1):2007-05, *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Allgemeine Anforderungen (IEC 60079-0:2004); Deutsche Fassung EN 60079-0:2004*

DIN EN 60079-2 (VDE 0170/0171-301):2008-07, *Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 2: Geräteschutz durch Überdruckkapselung "p" (IEC 60079-2:2007); Deutsche Fassung EN 60079-2:2007*

DIN EN 60079-10-1 (VDE 0165-101):2009-10, *Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 60079-10-1:2008); Deutsche Fassung EN 60079-10-1:2009*

DIN EN 60079-30-1 (VDE 0170-60-1):2007-12, *Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 30-1: Elektrische Widerstands-Begleitheizungen – Allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen (IEC 60079-30-1:2007); Deutsche Fassung EN 60079-30-1:2007*

DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1):2007-06, *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2005, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60204-1:2006*

DIN EN 60204-1/A1 (VDE 0113-1/A1):2009-10, *Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2005/A1:2008); Deutsche Fassung EN 60204-1:2006/A1:2009*

DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2007-02, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1:2001, modifiziert + Corrigendum 1 (Ed. 4.0):2002 + A1:2004 + Corrigendum 1 (Ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Corrigendum 1 (A2):2006); Deutsche Fassung EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Corrigendum:2006 + A2:2006*

DIN EN 60335-1 Berichtigung 1 (VDE 0700-1 Berichtigung 1):2007-07, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1:2001, modifiziert + Corrigendum 1 (ed. 4.0):2002 + A1:2004 + Corrigendum 1 (ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Corrigendum 1 (A2):2006); Deutsche Fassung EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Corrigendum:2006 + A2:2006 Berichtigungen zu DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2007-02*

DIN EN 60335-1 Berichtigung 2 (VDE 0700-1 Berichtigung 2):2009-10, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1:2001, modifiziert + Corrigendum 1 (ed. 4.0):2002 + A1:2004 + Corrigendum 1 (ed. 4.1):2005 + A2:2006 + Corrigendum 1 (A2):2006); Deutsche Fassung EN 60335-1:2002 + A11:2004 + A1:2004 + A12:2006 + Corrigendum:2006 + A2:2006, Berichtigung zu DIN EN 60335-1 (VDE 0700-1):2007-02; Deutsche Fassung CENELEC-Cor.:2009 zu EN 60335-1:2002*

DIN EN 60335-2-51 (VDE 0700-51):2009-02, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke – Teil 2-51: Besondere Anforderungen für ortsfeste Umwälzpumpen für Heizungs- und Brauchwasseranlagen (IEC 60335-2-51:2002 + A1:2008); Deutsche Fassung EN 60335-2-51:2003 + A1:2008*

DIN EN 60384-14 (VDE 0565-1-1):2006-04, *Festkondensatoren zur Verwendung in Geräten der Elektronik – Teil 14: Rahmenspezifikation – Festkondensatoren zur Unterdrückung elektromagnetischer Störungen, geeignet für Netzbetrieb (IEC 60384-14:2005); Deutsche Fassung EN 60384-14:2005*

Normen der Reihe DIN EN 60417, *Graphische Symbole für Betriebsmittel*

DIN EN 60529 (VDE 0470-1):2000-09, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000*

DIN EN 60730-1 (VDE 0631-1):2009-06, *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60730-1:1999, modifiziert + A1:2003, modifiziert + A2:2007, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-1:2000 + A1:2004 + A12:2003 + A13:2004 + A14:2005 + A16:2007 + A2:2008*

DIN EN 60730-2-5 (VDE 0631-2-5):2005-05, *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen – Teil 2-5: Besondere Anforderungen an automatische elektrische Brenner- Steuerungs- und Überwachungssysteme (IEC 60730-2-5:2000, modifiziert + A1:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-2-5:2002 + A1:2004 + A11:2005*

DIN EN 60730-2-6 (VDE 0631-2-6):2009-04, *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen – Teil 2-6: Besondere Anforderungen an automatische elektrische Druckregel- und Steuergeräte einschließlich mechanischer Anforderungen (IEC 60730-2-6:2007, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-2-6:2008*

DIN EN 60730-2-9 (VDE 0631-2-9): 2005-10, *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen – Teil 2-9: Besondere Anforderungen an temperaturabhängige Regel- und Steuergeräte (IEC 60730-2-9:2000, modifiziert + A1:2002, modifiziert + A2:2004, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60730-2-9:2002 + A1:2003 + A11:2003 + A12:2004 + A2:2005*

DIN EN 60730-2-19 (VDE 0631-2-19):2009-01, *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen – Teil 2-19: Besondere Anforderungen an elektrisch betriebene Ölventile einschließlich mechanischer Anforderungen (IEC 60730-2-19:1997 + A1:2000, modifiziert + A2:2007); Deutsche Fassung EN 60730-2-19:2002 + A11:2005 + A2:2008*

DIN EN 60812:2006-11, *Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA) (IEC 60812:2006); Deutsche Fassung EN 60812:2006*

DIN EN 60950-1 (VDE 0805-1):2006-11, *Einrichtungen der Informationstechnik – Sicherheit – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60950-1:2005, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60950-1:2006*

DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2):2010-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte - Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom kleiner gleich 16 A je Leiter) (IEC 61000-3-2:2005 + A1:2008 + A2:2009); Deutsche Fassung EN 61000-3-2:2006 + A1:2009 + A2:2009*

DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):2009-06, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-3: Grenzwerte - Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen für Geräte mit einem Bemessungsstrom <kleiner => 16 A je Leiter, die keiner Sonderanschlussbedingung unterliegen (IEC 61000-3-3:2008); Deutsche Fassung EN 61000-3-3:2008*

DIN EN 61000-6-1 (VDE 0839-6-1):2007-10, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-1: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-1:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-1:2007*

DIN EN 61000-6-2 (VDE 0839-6-2):2006-03, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2005); Deutsche Fassung EN 61000-6-2:2005*

DIN EN 61000-6-3 (VDE 0839-6-3):2007-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-3: Fachgrundnormen – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 61000-6-3:2006); Deutsche Fassung EN 61000-6-3:2007*

DIN EN 61000-6-4 (VDE 0839-6-4):2007-09, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche (IEC 61000-6-4:2006); Deutsche Fassung EN 61000-6-4:2007*

DIN EN 61025:2007-08, *Fehlzustandsbaumanalyse (IEC 61025:2006); Deutsche Fassung EN 61025:2007*

## — Entwurf —

### E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

Normen der Reihe DIN EN 61508 (VDE 0803), *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme*

DIN EN 61511-1 (VDE 0810-1):2005-05, *Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie – Teil 1: Allgemeines, Begriffe, Anforderungen an Systeme, Software und Hardware (IEC 61511-1:2003 + Corrigendum 2004); Deutsche Fassung EN 61511-1:2004*

DIN EN 61511-3 (VDE 0810-3):2005-05, *Funktionale Sicherheit – Sicherheitstechnische Systeme für die Prozessindustrie – Teil 3: Anleitung für die Bestimmung der erforderlichen Sicherheits-Integritätslevel (IEC 61511-3:2003 + Corrigendum 2004); Deutsche Fassung EN 61511-3:2004*

Normen der Reihe DIN EN 62282 (VDE 0130), *Brennstoffzellentechnologien*

DIN EN 62282-2 (VDE 0130-201):2008-01, *Brennstoffzellentechnologien – Teil 2: Brennstoffzellen-Module (IEC 62282-2:2004 + A1:2007); Deutsche Fassung EN 62282-2:2004 + A1:2007*

DIN EN 62282-3-2 (VDE 0130-302):2007-02, *Brennstoffzellentechnologien – Teil 3-2: Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme – Leistungskennwertepfverfahren (IEC 62282-3-2:2006); Deutsche Fassung EN 62282-3-2:2006*

DIN ISO 3864-2:2008-07, *Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Teil 2: Gestaltungsgrundlagen für Sicherheitsschilder zur Anwendung auf Produkten (ISO 3864-2:2004)*

DIN EN ISO 10439:2004-02, *Erdöl-, Chemie- und Erdgasindustrie – Radial-Turbokompressoren (ISO 10439:2002); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 10439:2002*

DIN EN ISO 10440-1:2008-09, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie – Rotierende Verdrängerkompressoren – Teil 1: Prozesskompressoren (ISO 10440-1:2007); Englische Fassung EN ISO 10440-1:2007*

DIN EN ISO 10440-2:2003-02, *Erdöl- und Erdgasindustrien – Rotierende Verdränger-Kompressoren – Teil 2: Luftkompressoranlagen (ölfrei) (ISO 10440-2:2001); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 10440-2:2001*

DIN EN ISO 10442:2005-07, *Erdöl-, Chemie- und Erdgasindustrie – Turbo-Luftkompressoranlagen mit integriertem Getriebe (ISO 10442:2002); Englische Fassung EN ISO 10442:2002*

DIN EN ISO 13631:2003-02, *Erdöl- und Erdgasindustrien – Gaskolbenkompressoranlagen (ISO 13631:2002); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 13631:2002*

DIN EN ISO 13850:2008-09, *Sicherheit von Maschinen – Not-Halt – Gestaltungsleitsätze (ISO 13850:2006); Deutsche Fassung EN ISO 13850:2008*

DIN EN 14121-1:2007-12, *Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 1: Leitsätze (ISO 14121-1:2007); Deutsche Fassung EN ISO 14121-1:2007*

DIN EN ISO 13709:2005-07, *Kreiselpumpen für den Einsatz in der Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie (ISO 13709:2003); Englische Fassung EN ISO 13709:2003*

DIN EN ISO 14847:1999-08, *Rotierende Verdrängerpumpen – Technische Anforderungen (ISO 14847:1999); Deutsche Fassung EN ISO 14847:1999*

DIN ISO 7000:2008-12, *Graphische Symbole auf Einrichtungen – Index und Übersicht (ISO 7000:2004 + ISO 7000 Datenbank:2008 bis ISO 7000-2750)*

## Brennstoffzellentechnologien – Teil 3-1: Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme – Sicherheit

### 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62282 stellt eine Produktsicherheitsnorm dar, anwendbar für die Konformitätsbewertung nach IEC-Leitfaden 104:1997, ISO/IEC-Leitfaden 51:1999 und ISO/IEC-Leitfaden 7:1994.

Diese Norm gilt für stationäre, fabrikgefertigte komplette Brennstoffzellen-Energiesysteme oder für Brennstoffzellen-Energiesysteme, die vor Ort aus fabrikgefertigten integrierten Baugruppen zusammengefügt werden. Diese Brennstoffzellen-Energiesysteme erzeugen Strom durch elektrochemische Reaktionen.

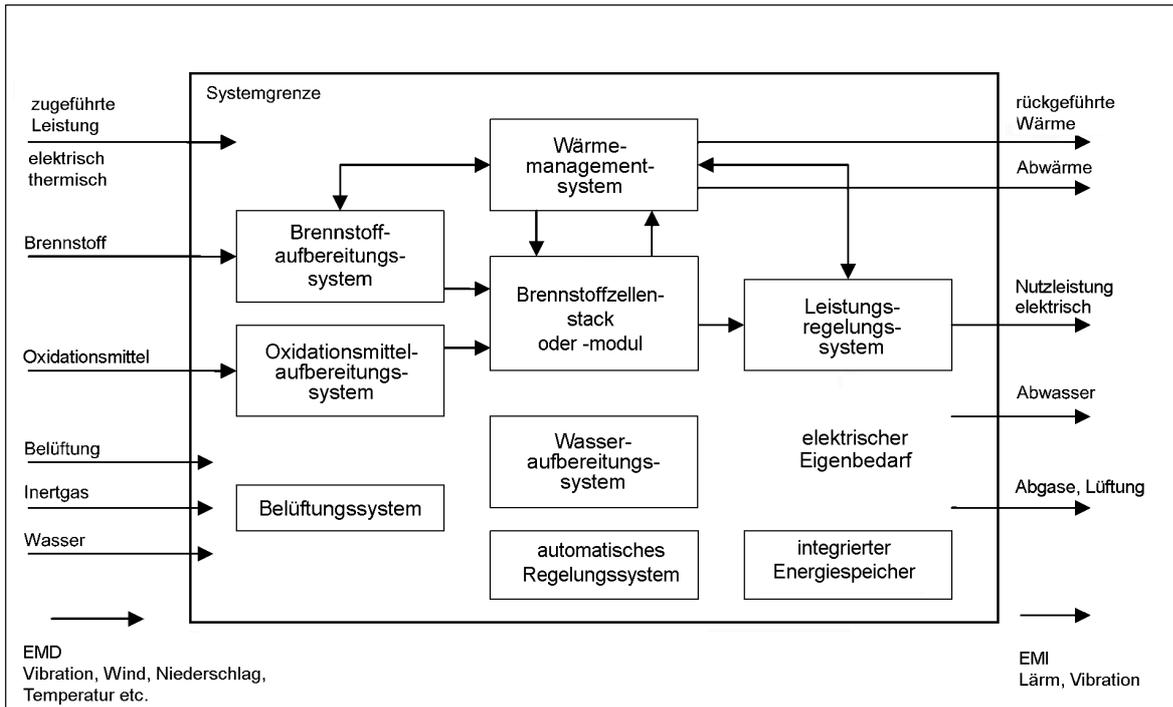
Diese Norm gilt für

- Systeme, die dafür vorgesehen sind direkt oder mittels eines Schalters an das elektrische Netz oder an ein elektrisches Inselnetz angeschlossen zu werden;
- Systeme, die Wechsel- (AC-) oder Gleichstrom (DC-) abgeben;
- Systeme mit und ohne Wärmerückgewinnung;
- Systeme zum Betrieb mit folgenden zugeführten Brennstoffen:
  - a) Erdgas und andere methanreiche Gase aus erneuerbaren (Biomasse) oder fossilen Brennstoffquellen, z. B. Deponiegas, Biogas, Grubengas;
  - b) Brennstoffe aus der Ö raffinierung, z. B. Diesel, Benzin, Kerosin und Flüssiggase wie Propan und Butan;
  - c) Alkohole, Ester, Äther, Aldehyde, Ketone, Fischer-Tropsch-Brennstoffe und andere geeignete wasserstoffreiche organische Verbindungen aus erneuerbaren (Biomasse) oder fossilen Brennstoffquellen, z. B. Methanol, Ethanol, Dimethylester, Biodiesel;
  - d) Wasserstoff, wasserstoffenthaltende Gasgemische, z. B. Synthesegas, Stadtgas.

Diese Norm gilt nicht für:

- portable Brennstoffzellen-Energiesysteme;
- Brennstoffzellen-Energiesysteme zu Antriebszwecken.

Bild 1 Stationäres Brennstoffzellen-Energiesystem zeigt ein typisches stationäres Brennstoffzellen-Energiesystem.



**Bd 1 – Stationäres Brennstoffzellen-Energiesystem**

Die allgemeine Auslegung des Energiesystems im Sinne dieser Norm stellt eine Anordnung integrierter Systeme dar, um, soweit erforderlich, bestimmte nachfolgend aufgeführte Funktionen zu erfüllen:

- Brennstoffaufbereitungssystem: katalytischer oder chemischer Reaktionsapparat mit zugeordnetem(n) Wärmetauscher und Regeleinrichtungen, um den Brennstoff zur Nutzung innerhalb einer Brennstoffzelle aufzubereiten.
- Oxidationsmittelaufbereitungssystem: das System, das den Oxidationsmittelstrom zur Nutzung innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems misst, konditioniert, verarbeitet und ggf. unter Überdruck setzt.
- Wärmemanagementsystem: sorgt für Kühlung sowie Wärmeableitung, um das thermische Gleichgewicht innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems zu gewährleisten und kann der Rückgewinnung überschüssiger Wärme dienen sowie die Wärmeversorgung während der Startphase unterstützen.
- Wasseraufbereitungssystem: dient der Behandlung und Reinigung von zurückgewonnenem oder zugeführtem Wasser zur Nutzung innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems.
- Leistungsregelungssystem: Ausrüstung zur Anpassung des produzierten elektrischen Stromes an die vom Hersteller vorgegebenen Anforderungen.
- Automatisches Regelungssystem: System aus Sensoren, Aktoren, Ventilen, Schaltern und Logikbauteilen, das die Betriebsdaten des Brennstoffzellen-Energiesystems ohne manuellen Eingriff innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Grenzwerte hält.
- Belüftungssystem: System, das das Gehäuse des Brennstoffzellen-Energiesystems durch Einsatz mechanischer Einrichtungen mit Luft versorgt.
- Brennstoffzellenmodul: Baugruppe aus einem oder mehreren Brennstoffzellenstack(s), elektrischen Verbindungen für die von den Stacks gelieferte Leistung sowie Mitteln für die Überwachung und/oder Regelung.
- Brennstoffzellenstack: Baugruppe bestehend aus Zellen, Separatoren, Kühlplatten, Sammelleitungen und unterstützenden Strukturen, die auf elektrochemischem Weg typischerweise wasserstoffreiches Gas und Luft in Gleichstrom (DC), Wärme, Wasser und weitere Nebenprodukte umwandelt.
- Integrierter Energiespeicher: integrierte Energiequelle zum Zweck der Unterstützung oder Ergänzung des Brennstoffzellenmoduls bei der Lieferung von Energie an interne oder externe Lasten.

Diese Norm ist anwendbar auf stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme innerhalb und außerhalb geschlossener Räume im kommerziellen, industriellen und häuslichen Einsatz in nicht-explosionsgefährdeten Bereichen (Bereiche ohne Zoneneinteilung).

Diese Norm befasst sich mit allen signifikanten Gefährdungen, gefährbringenden Situationen und Ereignissen, mit Ausnahme derjenigen, die mit Umgebungsbedingungen zusammenhängen (Aufstellungsbedingungen), die für Brennstoffzellen-Energiesysteme erheblich sind, sofern sie bestimmungsgemäß und in der Weise und unter den Bedingungen betrieben werden, für die sie vom Hersteller vorgesehen sind.

Diese Norm befasst sich ausschließlich mit Umständen, aus denen sich Gefährdungen einerseits für Personen und andererseits Schäden außerhalb des Brennstoffzellensystems ergeben können. Schutz vor internen Beschädigungen des Brennstoffzellensystems wird in dieser Norm nicht berücksichtigt, sofern diese nicht zu Gefährdungen außerhalb des Brennstoffzellensystems führen.

Es ist nicht beabsichtigt, durch die Anforderungen dieser Norm den Fortschritt zu hemmen. Sofern Brennstoffe, Werkstoffe, Auslegungen oder Konstruktionen betrachtet werden, die nicht speziell in dieser Norm behandelt werden, sind diese Alternativen hinsichtlich ihrer Eignung zu bewerten, um ein gleichwertiges Maß an Sicherheit und Leistung, verglichen mit den in dieser Norm dargestellten, zu gewährleisten.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-2, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 2: Pressurized enclosures “p”*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-16, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 16: Artificial ventilation for the protection of analyzer(s) houses*

IEC 60079-20, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 60335-2-51, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-51: Particular requirements for stationary circulation pumps for heating and service water installations*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP-Code)*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC 60730-2-5, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems*

## — Entwurf —

### E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

IEC 60730-2-6, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-6: Particular requirements for automatic electrical pressure sensing controls including mechanical requirements*

IEC 60730-2-9, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls*

IEC 60730-2-17, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-17: Particular requirements for electrically operated gas valves, including mechanical requirements*

IEC 60730-2-19, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-19: Particular requirements for electrically operated oil valves, including mechanical requirements*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 60950-1:2005N1), *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection*

IEC 61000-3-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-4: Limits – Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

IEC 61000-3-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-5: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility(EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511-1, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements*

IEC 61511-3, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector – Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels*

IEC 60079-29-1, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating up to 100 % lower explosive limit*

IEC 60079-29-2, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 6: Guide for the selection, installation, use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of flammable gases*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 62086-1, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Electrical resistance trace heating – Part 1: General and testing requirements*

IEC 62282-2, *Fuel cell technologies – Part 2: Fuel cell modules*

IEC 62282-3-2, *Fuel cell technologies – Part 3-2: Stationary fuel cell power plants – Performance test methods*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications*

ISO 3864-2:2004, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

ISO 4413, *Hydraulic fluid power – General rules relating to systems*

ISO 4414, *Pneumatic fluid power – General rules relating to systems*

ISO 5388, *Stationary air compressors – Safety rules and code of practice*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

ISO 10439, *Petroleum, chemical and gas service industries – Centrifugal compressors*

ISO 10440-1, *Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 1: Process compressors (oil-free)*

ISO 10440-2, *Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 2: Packaged air compressors (oil-free)*

ISO 10442, *Petroleum, chemical and gas service industries – Packaged, integrally geared centrifugal air compressors*

ISO 13631, *Petroleum and natural gas industries – Packaged reciprocating gas compressors*

ISO 13707, *Petroleum and natural gas industries – Reciprocating compressors*

ISO 13850, *Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

ISO 14121, *Safety of machinery – Principles of risk assessment*

ISO 14847, *Rotary positive displacement pumps – Technical requirements*

ISO 15649, *Petroleum and natural gas industries – Piping*

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

ISO/TS 16528, *Boilers and pressure vessels – Registration of codes and standards to promote international recognition*

ISO/IEC Guide 7:1994, *Guidelines for drafting of standards suitable for use for conformity assessment*

ISO/IEC Guide 51:1999, *Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

### **3 Begriffe**

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

### 3.1

#### zugängliche Bereiche

Bereich, für den unter normalen Betriebsbedingungen eines der Nachstehenden gilt:

- a) der Zugang ist ohne die Benutzung eines Werkzeugs möglich;
- b) das Hilfsmittel für den Zugang wird dem Anwender mitgeliefert;
- c) der Anwender wird angewiesen, sich Zugang zu diesem Bereich zu verschaffen, unabhängig davon, ob hierfür spezielles Werkzeug benötigt wird oder nicht.

ANMERKUNG Die Ausdrücke „Zugang“ und „zugänglich“ beziehen sich auf den für den Betreiber zugänglichen Bereich wie oben definiert, sofern nicht abweichend beschrieben.

### 3.2

#### ELV-Stromkreis

Sekundärstromkreis mit Spannungen bei bestimmungsgemäßem Betrieb bis 42,4 V Scheitelwert oder 60 V Gleichspannung zwischen zwei beliebigen Leitern des ELV-Stromkreises und zwischen einem dieser Leiter und einem geerdeten Teil, der von gefahrbringenden Spannungen durch Basisisolierung getrennt ist und weder alle Anforderungen eines SELV-Stromkreises noch eines Stromkreises mit Strombegrenzung erfüllt

[IEC 60950]

### 3.3

#### Stromkreis mit Strombegrenzung

Stromkreis, der so bemessen und geschützt ist, dass sowohl bei bestimmungsgemäßem Betrieb als auch im Fall eines einzelnen Fehlers der entnehmbare Strom einen nicht gefahrbringenden Wert hat

[IEC 60950]

#### 3.3.1

##### Stromkreis mit Leistungsbegrenzung

Stromkreis nach Definition in 2.5 *Stromquellen begrenzter Leistung der IEC 60950-1:2007 Einrichtungen der Informationstechnik – Sicherheit – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*, der aus einer vom Hauptstromnetz mittels Trenntransformator getrennten Stromquelle oder aus einer Batterie oder einer äquivalenten Sekundärstromquelle gespeist wird. Ein Stromkreis mit Leistungsbegrenzung ist so bemessen und geschützt, dass seine Leistung sowohl bei bestimmungsgemäßem Betrieb als auch im Fall eines Einzelfehlers einen nicht gefahrbringenden Wert aufweist. Die Spannung eines Stromkreises mit Leistungsbegrenzung ist kleiner oder gleich AC 42,4 V Spitzenspannung oder DC 60 V, je nachdem, was zutreffend ist. Seine Stromstärke und seine Leistung sind auf die Werte der Tabelle 2B *Grenzwerte für Stromquellen ohne Überstrom-Schutzeinrichtung* der IEC 60950-1:2007 begrenzt.

### 3.4

#### primärer Stromkreis

Stromkreis, der direkt an das Wechselstromnetz angeschlossen ist. Dieser Stromkreis beinhaltet z. B. die Einrichtungen zum Anschluss an das Wechselstromnetz, die Primärwicklungen von Transformatoren und anderen Ladeeinrichtungen

[IEC 60950]

### 3.5

#### Sicherheitsüberwachungs-Stromkreis

Stromkreis oder ein Teil eines Stromkreises, der eine oder mehrere Überwachungseinrichtungen umfasst, innerhalb dessen Fehlerzustände aufgrund von Erdschluss, Unterbrechung oder Kurzschluss eines jeglichen Teils des Stromkreises zu gefährlichen Betriebszuständen des überwachten Gerätes führen können

### 3.6

#### SELV-Stromkreis

Sekundärstromkreis, der so bemessen und geschützt ist, dass sowohl bei bestimmungsgemäßem Betrieb als auch bei einem einzelnen Fehler seine Spannungen einen sicheren Wert nicht überschreiten

[IEC 60950]

### 3.7

#### **sekundärer Stromkreis**

Stromkreis ohne direkte elektrische Verbindung mit dem Primärstromkreis, der seine elektrische Energie über einen Transformator, einen Umformer oder eine gleichwertige Trennvorrichtung oder aus einer Batterie bezieht

[IEC 60950]

### 3.8

#### **TNV-Stromkreis**

Stromkreis in der Einrichtung, bei dem die Berührungsfläche begrenzt ist und der so bemessen und geschützt ist, dass bei bestimmungsgemäßem Betrieb und bei einem einzelnen Fehler die Spannungen festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten

[IEC 60950, 1.2.8.8 – spezifische Begrenzungen]

### 3.9

#### **Auslegungsdruck**

Maximaldruck, der während aller stationärer und instationärer Betriebszustände auftreten kann.

### 3.10

#### **Abfluss**

Verbrennungsprodukte und Überschussluft, die aus dem Gasnutzungssystem ausströmen (siehe auch Abgase)

### 3.11

#### **elektrische Ausrüstung**

siehe 3.13

### 3.12

#### **ELV-Stromkreis**

siehe 3.2

### 3.13

#### **Ausrüstung, elektrisch**

Oberbegriff, der Werkstoffe, Zubehörteile, Vorrichtungen, Geräte, Einrichtungen, Apparate und Ähnliches umfasst, die als Teil von oder in Verbindung mit elektrischen Anlagen eingesetzt werden

### 3.14

#### **Flammenausfall, Verriegelungszeit**

siehe 3.30

### 3.15

#### **Brennstoffzelle**

elektrochemische Einrichtung, die die chemische Energie eines Brennstoffs wie Wasserstoff oder wasserstoffreiches Gas, Alkohole, Kohlenwasserstoffe und Oxidationsmittel in Gleichstrom, Wärme und weitere Reaktionsprodukte umwandelt

### 3.16

#### **Gasentlüftung**

Durchlass aus zugelassenen vorgefertigten Bauteilen, der nach den Zulassungsbedingungen aufgebaut ist und der zur Förderung von Abgasen von den gasverbrauchenden Baugruppen oder deren Entlüftungsstutzen zur umgebenden Atmosphäre dient (siehe auch 3.56)

### 3.17

#### **Wärmetauscher**

Apparat, innerhalb dessen Wärme von einem Medium auf ein anderes übertragen wird

### 3.18

#### Zünder

Einrichtung, die unter Nutzung elektrischer Energie das Gas einer Pilotflamme oder eines Hauptbrenners entzündet

### 3.19

#### automatische Zündung

sowohl Zündung des Gases im Brenner, wenn die Gasregeleinrichtung eingeschaltet wird, als auch Wiederzündung, wenn die Flamme des Brenners durch andere Mittel als durch das Schließen der Gasregeleinrichtung gelöscht wurde

### 3.20

#### Zündvorrichtung

- a) Einrichtung zur Zündung des Gases in einem Brenner. Es kann sich sowohl um eine Pilotflamme als auch um einen Zünder handeln;
- b) direkte Entzündung – Zünder, der eingesetzt wird zur Entzündung eines Gases am Hauptbrenner

### 3.21

#### automatisches Zündsystem

System, das für die Zündung und Wiederzündung eines Hauptbrenners ausgelegt ist. Diese Systeme:

- a) stellen sicher, dass entweder die Zündquelle oder die Flamme des Hauptbrenners oder beide vorhanden sind;
- b) entzünden selbsttätig das Gas des Hauptbrenners oder der Pilotflamme, so dass diese den Hauptbrenner entzünden kann; und
- c) unterbrechen selbsttätig die Gasversorgung des Hauptbrenners bzw. des Hauptbrenners und der Pilotflamme, sofern die überwachte Flamme oder die Zündquelle nicht nachgewiesen werden kann.

### 3.22

#### Zündsystemsteuerung

- a) **Flammenzündungszyklus:** Zeitdauer zwischen der Aktivierung des Gasstroms und dem Nachweis der überwachten Flamme oder zwischen dem Nachweis der überwachten Flamme und dem Start des Gasstroms. Dieses kann sich sowohl auf den Nachweis der Zündquelle beziehen als auch auf die Flamme des Hauptbrenners oder auf beides;
- b) **Zündaktivierungszyklus:** Zeitdauer zwischen dem Öffnen des Haupt-Gasventils und der Deaktivierung der Zündeinrichtung vor Ablauf der Verriegelungszeit;
- c) **Verriegelungszeit:** Zeitdauer zwischen der Aktivierung des Gasstroms und der Abschaltung der Gasversorgung in dem Fall, dass der Nachweis der überwachten Zündquelle oder des überwachten Hauptbrenners nicht erbracht werden kann. Die erneute Einleitung der Zündsequenz erfordert manuellen Eingriff;
- d) **Ablaufzeit:** maximal zulässige Zeit zur Ausführung der jeweiligen Funktion einer jeglichen Einrichtung;
- e) **Spülzeit:** Zeitdauer, die zur Ableitung von unverbranntem Gas oder von Resten der Verbrennung vorgesehen ist:
  - 1) **Vorspülzeit:** Spülzeit zu Beginn eines Brennerzyklus vor Einleitung der Zündung;
  - 2) **Nachspülzeit:** Spülzeit am Ende eines Brennerzyklus;
- f) **Regenerationszeit:** Zeitdauer zwischen der Abschaltung der Gaszufuhr infolge Ausfalls der überwachten Zündquelle oder der überwachten Flamme des Hauptbrenners und der erneuten Aktivierung der Zündquelle

### 3.23

#### Isolierung

- a) Basisisolierung: Isolierung, die einen Basisschutz gegen elektrischen Schlag bietet;
- b) doppelte Isolierung: Isolierung, die sowohl aus Basis- als auch aus Zusatzisolierung besteht;
- c) Funktionsisolierung: Isolierung, die ausschließlich für die einwandfreie Funktion des Gerätes erforderlich ist;
- d) verstärkte Isolierung: einzelnes Isolierungssystem, das einen Schutzgrad gegen elektrischen Schlag gewährt, der dem der doppelten Isolierung nach dieser Norm entspricht

ANMERKUNG 1 Laut Definition schützt Funktionsisolierung nicht gegen elektrischen Schlag. Sie kann jedoch die Wahrscheinlichkeit des Eintretens von Entzündungen und Brand mindern.

ANMERKUNG 2 Der Begriff „Isolierungssystem“ bedeutet nicht unbedingt, dass es sich um eine Isolierung in einem durchgehenden Stück handelt. Sie kann vielmehr aus mehreren Schichten bestehen, die nicht als Zusatzisolierung oder Basisisolierung geprüft werden können.

### 3.24

#### Verriegelung

Überwachungseinrichtung, die den physischen Status einer erforderlichen Bedingung nachweist und diesen Nachweis an den Schaltkreis zur Sicherheitsabschaltung überträgt

### 3.25

#### Verbindungen

Verbindungspunkte zwischen wärmeübertragenden Oberflächen, zwischen Zonen mit Überdruck und Unterdruck innerhalb der Komponenten des Brennstoffzellen-Energiesystems und zwischen sonstigen Komponenten des Brennstoffzellen-Energiesystems

### 3.26

#### gekennzeichnet

Ausrüstungen oder Materialien, die mit einer Beschriftung, einem Symbol oder einer anderen Markierung einer behördlich anerkannten Organisation versehen sind, die mit der Durchführung von Produktevaluierungen befasst ist. Diese Evaluierungen müssen die regelmäßige Überwachung der Produktion von gekennzeichneten Ausrüstungsteilen oder Materialien umfassen. Durch deren Kennzeichnung bestätigt der Hersteller die Übereinstimmung mit den anwendbaren Normen oder der Güte in spezifizierter Art und Weise

### 3.27

#### strombegrenzter Stromkreis

siehe 3.3

### 3.28

#### zugelassen

Ausrüstungen oder Materialien, die auf einer von einem national anerkannten Prüflaboratorium, einer national anerkannten Überwachungsorganisation oder einer anderen national anerkannten mit Produktevaluierung befassten Organisation veröffentlichten Liste aufgeführt sind. Diese Organisationen führen die regelmäßige Überwachung der Produktion von zugelassenen Ausrüstungsteilen oder Materialien durch. Die Zulassung drückt aus, dass diese Ausrüstungen oder Materialien entweder national anerkannten Normen entsprechen oder aber geprüft und für den Einsatz in spezifizierter Art und Weise für geeignet befunden wurden

### 3.29

#### Auslegungsleistung

maximale Last, mit der das Versorgungsnetz belastet wird, zutreffend für Systeme, die ein externes Versorgungsnetz als Energiequelle für Leerlauf, Start oder laufenden Betrieb verwenden

### 3.30

#### Verriegelungszeit, Flammenausfall

Zeitdauer zwischen dem Signal, das das Fehlen der Flamme anzeigt und der Verriegelung

### 3.31

#### **Hauptbrenner**

Bauelement oder eine Gruppe von Bauelementen, das(die) eine wesentliche integrale Einheit für den letztendlichen Transport von Gas oder einem Gemisch aus Gas und Luft zur Verbrennungszone bildet(n) und innerhalb dem(derer) die Verbrennung stattfindet, um die Funktion, für die die Ausrüstung vorgesehen wurde, zu erfüllen

### 3.32

#### **Verteiler/Sammler**

Rohrleitung, die entweder die Brennstoffzelle oder den Brennstoffzellenstack mit Gas versorgt oder aber Gas von diesen sammelt

### 3.33

#### **Materialien, brennbar**

mit Bezug auf Materialien, die an Wärme produzierenden Anlagenteilen, Lüftungsanschlüssen, Gasentlüftungen, Dampf- und Heißwasserleitungen grenzen bzw. mit diesen in Kontakt stehen, und es sind Materialien gemeint, deren Oberfläche mit Holz, Presspapier, Pflanzenfasern oder anderen entzündbaren oder brennbaren Materialien überzogen ist oder die aus diesen Materialien bestehen. Diese Materialien sind auch dann als brennbar zu betrachten, wenn sie flammgeschützt oder feuerhemmend ausgerüstet sind oder wenn sie gepipst sind

### 3.34

#### **maximaler Betriebsdruck**

siehe 3.37

### 3.35

#### **Auslegungsleistung**

siehe 3.29

### 3.36

#### **normale Betriebsbedingungen**

normale Betriebsbedingungen beziehen sich auf den Betrieb des Energiesystems unter Normalbedingungen, im Besonderen:

- Nenn-(Bemessungs-)Leistung in Bezug auf Spannung und Strom;
- nominale thermische Leistung in Bezug auf Temperatur und Kühlmedienstrom (sofern zutreffend);
- Nenn-Temperaturbereiche aller Teilsysteme des Brennstoffzellen-Energiesystems;
- nominale Brennstoffzusammensetzung;
- Nenn-Massenströme von Anoden- und Kathodenmedien;
- Nenn-Druckbereiche aller Fluide innerhalb des Energiesystems;
- Lastwechselgradienten der Leistungsabgabe (elektrisch und thermisch) innerhalb der Nenn-Bereiche nach den Herstellervorgaben;

sofern nicht anders angegeben, wird das gesamte Brennstoffzellensystem innerhalb von 2 % Abweichung von der Bemessungs-Eingangsspannung und Bemessungs-Eingangsfrequenz und innerhalb von 5 % des Bemessungs-Brennstoffverbrauchs bei Betrieb unter Bemessungsbedingungen wie vom Hersteller vorgegeben betrieben. Toleranzen anderer Werte sind vom Hersteller anzugeben

ANMERKUNG Abweichungen von diesen Nenn-Betriebsbedingungen werden als anomaler Betrieb definiert.

### 3.37

#### **maximaler Betriebsdruck**

maximaler Überdruck einer Komponente oder eines Systems, der im Normalbetrieb einschließlich Anfahren, Stopp und bei Lastwechseln zu erwarten ist

### 3.38

#### **passiver Zustand**

Zustand des Brennstoffzellen-Energiesystems, in den die internen Bauteile normalerweise gebracht werden, wenn das Brennstoffzellen-Energiesystem mit Dampf, Luft oder Stickstoff gespült wird oder entsprechend Herstellervorgaben, wenn das Brennstoffzellen-Energiesystem abgeschaltet wird oder bevor das Brennstoffzellen-Energiesystem in Betrieb genommen wird (Initialisierung)

### 3.39

#### **Pilotflamme**

kleine Gasflamme, die verwendet wird, um das Gas des Hauptbrenners zu entzünden

a) ununterbrochen

Pilotflamme, die ohne Unterbrechung während der gesamten Zeit brennt, in der der Brenner in Bereitschaft ist, unabhängig davon, ob der Hauptbrenner brennt oder nicht;

b) intermittierend

Pilotflamme, die jedes Mal automatisch entzündet wird, wenn ein Initialisierungsbefehl anliegt. Sie brennt während der gesamten Zeit, während der der Hauptbrenner brennt;

c) unterbrochen

Pilotflamme, die jedes Mal automatisch entzündet wird, wenn ein Initialisierungsbefehl anliegt. Die Pilotflamme wird am Ende des Flammenzündungszyklus des Hauptbrenners automatisch abgeschaltet;

d) abgesichert

Pilotflamme, die durch eine primäre Sicherheitseinrichtung überwacht wird

### 3.40

#### **Rohrleitungssystem**

sämtliche Rohre, Ventile und Verbindungselemente, mit deren Hilfe gasführende Komponenten mit dem Anschlusspunkt verbunden werden

### 3.41

#### **Kanal**

jegliche Öffnung in einem Brennerkopf, durch die Gas oder Gas-Luft-Gemische zum Zweck der Entzündung austreten

### 3.42

#### **Energiesystem**

fabrikgefertigte, abgeschlossene, automatisch betriebene Baugruppe integrierter Systeme zur Erzeugung nutzbarer elektrischer Energie sowie rückgewinnbarer thermischer Energie

### 3.43

#### **primärer Stromkreis**

siehe 3.4

### 3.44

#### **Spülen**

Vorgang, während dessen eine Gasleitung von Luft, Gas oder Gemischen aus Luft und Gas entleert wird

### 3.45

#### **Reformer**

Behälter, innerhalb dessen Brenngas und ein anderer(andere) rezidierter (rezidierte) Gasstrom (Gasströme) (sofern vorhanden) mit Wasserdampf und Wärme reagieren, normalerweise in Gegenwart eines Katalysators, um wasserstoffreiches Gas zur Verwendung in einem Brennstoffzellen-Energiesystem zu produzieren

### 3.46

#### **Sekundärstromkreis**

siehe 3.7

**3.47**

**SELV-Stromkreis**

siehe 3.6

**3.48**

**spezifische Dichte**

Verhältnis zwischen dem Gewicht oder der Masse eines gegebenen Volumens einer Substanz und dem eines gleichen Volumens einer anderen Substanz (Luft zu Gasen, Wasser zu anderen Flüssigkeiten und Feststoffen), das als Standard verwendet wird, wobei beide Gewichte/Massen unter den gleichen Bedingungen gemessen werden

**3.49**

**STOPP-Wert**

fester Punkt einer Steuerung, z. B. eines Temperaturbegrenzers, der die Einstellung der Steuerung auf einen Wert jenseits des Stopp-Punktes verhindert

**3.50**

**thermische Gleichgewichtsbedingungen**

stabile Temperaturbedingungen, die gekennzeichnet sind durch Temperaturschwankungen von nicht mehr als 3 K (5° F) oder 1 % der absoluten Betriebstemperatur, je nachdem welche größer ist, zwischen zwei Ablesungen im Abstand von 15 min

**3.51**

**TNV-Stromkreis**

siehe 3.8

**3.52**

**Lüftung**

Durchlass oder eine Leitung zur Förderung von Abgasen von den gasverbrauchenden Baugruppen oder deren Entlüftungsstutzen zur umgebenden Atmosphäre

**3.53**

**Lüftungsstutzen**

Teil des Lüftungssystems, der den Abgasaustritt der gasverbrauchenden Baugruppen mit der Entlüftung oder einem Metallrohr mit einfacher Wandung verbindet

**3.54**

**Abgasauslass**

Bauteil am Ende der Abgasleitung, das die Abgasprodukte in die umgebende Atmosphäre ableitet

**3.55**

**Belüftung**

natürlicher oder mechanischer Vorgang der Zuführung oder Abführung von konditionierter oder nicht konditionierter Luft in oder aus jeglichem Raum

**3.56**

**Belüftungssystem**

Gasentlüftung oder das Metallrohr mit einfacher Wandung und Lüftungsstutzen, sofern vorhanden, die so angeordnet sind, dass sich ein jederzeit offener Durchgang vom Abgassammler der gasverbrauchenden Einrichtungen hin zur umgebenden Atmosphäre zum Zweck der Ableitung von Abgasen ergibt

**3.57**

**gefährdende Spannung**

Spannung über 42,4 V Scheitelwert oder 60 V Gleichspannung in einem Stromkreis, der weder die Anforderungen für einen Stromkreis mit Strombegrenzung noch für einen TNV-Stromkreis erfüllt

[IEC 60950]

## 4 Sicherheitsanforderungen und Schutzmaßnahmen

### 4.1 Grundsätzliche Sicherheitsstrategie

Der Hersteller muss folgendes sicherstellen:

- alle vorhersehbaren Gefährdungen, gefahrbringenden Situationen und Ereignisse in Verbindung mit dem Brennstoffzellen-Energiesystem wurden für seine ganze voraussichtliche Lebensdauer identifiziert;
- das Risiko aller dieser Gefährdungen wurde aufgrund der Kombination der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens und ihres vorhersehbaren Schweregrads nach ISO 14121, IEC 61882, IEC 60300-3-9 und IEC 61511-3 oder vergleichbaren Normen, je nach Anwendbarkeit, abgeschätzt;
- die beiden Einflussfaktoren, die jedes dieser abgeschätzten Risiken beschreiben (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schweregrad), wurden im Rahmen des Entwurfs beseitigt oder so weit als möglich gemindert, einschließlich vorhersehbarer Fehlanwendung (inhärent sichere Konstruktion und sichere Konstruktion);
- die notwendigen Schutzmaßnahmen bezüglich der Risiken, die nicht eliminiert wurden oder nicht eliminiert werden konnten, wurden getroffen (Warnhinweise und Sicherheitseinrichtungen);
- Benutzer werden über zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen informiert, die sie gegebenenfalls zu implementieren haben.

In Abhängigkeit von der Menge an Brennstoff und anderer gespeicherter Energie innerhalb des Brennstoffzellensystems (z. B. entflammbare Materialien, unter Druck stehende Medien, elektrische Energie, mechanische Energie usw.) ist es erforderlich, potenzielle Gefährdungen auszuschließen.

Die grundsätzliche Sicherheitsstrategie für Brennstoffzellensysteme ist nach dem folgenden Ablauf aufzustellen:

- Minimierung und Milderung von Gefährdungen außerhalb des Brennstoffzellensystems, sofern solche Energie nahezu augenblicklich freigesetzt wird; oder
- passive Beherrschung solcher Energien (z. B. durch Einsatz von Berstscheiben, Überdruckventilen, thermischen Abschaltvorrichtungen), so dass sichergestellt wird, dass eine Freisetzung ohne Gefährdungen für die Umgebung erfolgt; oder
- aktive Beherrschung solcher Energien (z. B. durch elektronische Steuerungen innerhalb des Brennstoffzellensystems, die auf der Basis der Auswertung von Sensordaten erforderliche Gegenmaßnahmen in Kraft setzen). In diesem Fall ist das Restrisiko in Verbindung mit dem Ausfall solcher Überwachungseinrichtungen im Einzelnen zu untersuchen.

ANMERKUNG Hinweise auf sicherheitskritische Komponenten können IEC 61508 entnommen werden

- Anbringung geeigneter Sicherheitskennzeichnungen bezüglich der Restrisiken der Gefährdungen.

Bei Anwendung vorstehend aufgeführter Methoden sind insbesondere die in Anhang A aufgelisteten Gefährdungen zu berücksichtigen.

**4.1.2** Der Hersteller muss nachweisen, dass die erforderlichen Schutzmaßnahmen in Bezug auf Risiken, die nicht eliminiert wurden, durch Durchführung einer Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse ergriffen wurden, um Ausfälle mit erheblichen Folgen für die Sicherheit des Systems zu erkennen.

Die Zuverlässigkeitsanalyse ist nach IEC 60812, IEC 61025 oder vergleichbaren durchzuführen.

#### 4.1.3 Verhalten unter normalen und anomalen Betriebszuständen

Das Brennstoffzellensystem ist so zu fertigen, dass es sämtlichen normalen Betriebszuständen nach Vorgabe des Herstellers ohne jede Beschädigung standhält. Im Falle vorhersehbarer anomaler Betriebszustände ist das Brennstoffzellensystem unter Berücksichtigung von 4.1 *Grundsätzliche Sicherheitsstrategie* auszuliegen und zu fertigen.

## 4.2 Physikalische Umgebung und Betriebsbedingungen

### 4.2.1 Allgemeines

Das Brennstoffzellen-Energiesystem sowie die Schutzsysteme sind dergestalt auszulegen und zu konstruieren, dass sie ihre beabsichtigte Funktion in der physikalischen Umgebung und unter den Betriebsbedingungen erfüllen können, die in 4.2.2 *Elektrische Leistungsaufnahme* bis 4.2.8 *System Spülung* festgelegt sind.

### 4.2.2 Elektrische Leistungsaufnahme

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen, dass es unter den in IEC 60204-1 *Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen* festgelegten oder anderen vom Hersteller spezifizierten Bedingungen der elektrischen Leistungsaufnahme ordnungsgemäß funktioniert.

### 4.2.3 Physikalische Umgebung

Der Hersteller hat die physikalischen Umgebungsbedingungen zu spezifizieren, unter denen das Brennstoffzellen-Energiesystem betrieben werden kann. Zu berücksichtigen ist hierbei:

- Benutzung innerhalb/außerhalb geschlossener Räume,
- Höhe über NN (Seehöhe), bis zu der das Brennstoffzellen-Energiesystem in der Lage sein muss, ordnungsgemäß zu arbeiten,
- der Bereich der Lufttemperatur und Luftfeuchte, innerhalb der das Brennstoffzellen-Energiesystem in der Lage sein muss, ordnungsgemäß zu arbeiten,
- die Erdbebenzone, in der das Gerät installiert werden darf.

### 4.2.4 Brennstoffversorgung

Das Brennstoffzellen-Energiesystem sollte so ausgelegt werden, dass es innerhalb der Grenzen der Zusammensetzung und der Versorgungscharakteristika der Brennstoffe, für die es bestimmt ist, bestimmungsgemäß arbeitet (z. B. Erdgas aus Leitungsversorgung). Der Hersteller muss in der Betriebsanleitung die Grenzen der Zusammensetzung sowie die Versorgungscharakteristik spezifizieren, die im Brennstoffzellen-Energiesystem zum Einsatz kommen dürfen.

### 4.2.5 Wasserversorgung

Die Qualität und die Versorgungscharakteristik des Wassers, die im Brennstoffzellen-Energiesystem zur Anwendung kommen dürfen, sind vom Hersteller zu spezifizieren.

### 4.2.6 Vibrationen, Erschütterungen und Stöße

Unerwünschte Auswirkungen von Vibrationen, Erschütterungen und Stößen (einschließlich der durch das Gerät selbst und der ihm zugeordneten Ausrüstungsteile sowie der durch die physikalische Umgebung erzeugten) sind durch den Einsatz geeigneter Ausrüstung, durch vom Brennstoffzellen-Energiesystem abgesetzte Montage oder durch den Einsatz von entkoppelnden Lagerungen zu vermeiden. Diese Maßnahmen betreffen nicht die Auswirkungen von Erdbebenerschütterungen, die vom Hersteller gesondert zu berücksichtigen sind, sofern er es als für sein Produkt erforderlich erachtet (siehe 4.2.3 *Physikalische Umgebung*).

### 4.2.7 Handhabung, Transport und Lagerung

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen oder es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, dass es den Auswirkungen von Transport- und Lagerungstemperaturen in einem Bereich von  $-25\text{ °C}$  bis  $+55\text{ °C}$  sowie kurzzeitig (bis zu 24 h) bis zu  $+70\text{ °C}$  widersteht. Abweichende Temperaturbereiche dürfen vom Hersteller spezifiziert werden.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem oder jeder Teil davon muss:

- sicher gehandhabt und transportiert werden können und, sofern erforderlich, mit passenden Mitteln zur Handhabung durch Kräne oder ähnliche Ausrüstung ausgestattet sein,
- so verpackt oder ausgelegt sein, dass es sicher und ohne Beschädigung gelagert werden kann (z. B. durch hinreichende Stabilität, spezielle Halterungen usw.).

Der Hersteller muss, soweit erforderlich, besondere Mittel zur Handhabung, zum Transport und zur Lagerung spezifizieren.

#### 4.2.8 Systemspülung

Für Anlagenbereiche, in denen nach Herstellerangaben nach dem Abschalten oder vor einem Systemstart aus Sicherheitsgründen ein passiver Zustand erforderlich ist, sind Vorrichtungen vorzusehen, die ein Spülen mit Inertgas ermöglichen. Es kann ein geeignetes Spülsystem zur Anwendung kommen, das in einer nicht gefahrbringenden Situation im Rahmen des bestimmungsgemäßen Betriebs ein vom Hersteller spezifiziertes Medium einsetzt, z. B. Stickstoff, Luft, Wasserdampf oder andere.

#### 4.3 Materialauswahl

Sämtliche eingesetzten Materialien müssen für den vorgesehenen Einsatzzweck geeignet sein.

**4.3.1** Sofern in der Konstruktion des Brennstoffzellen-Energiesystems Materialien eingesetzt werden, von denen bekannt ist, dass sie unter bestimmten Umständen eine Gefährdung darstellen können, so muss der Hersteller die Maßnahmen implementieren und Informationen zur Verfügung stellen, die zur ausreichenden Minimierung des Gefährdungsrisikos der Personensicherheit und -gesundheit notwendig sind.

**4.3.2** Asbest und Asbest enthaltende(s) Material(ien) ist (sind) innerhalb der Konstruktion eines Brennstoffzellen-Energiesystems nicht zulässig.

**4.3.3** Sowohl metallische als auch nicht-metallische Materialien, die für innere oder äußere Teile des Brennstoffzellen-Energiesystems eingesetzt werden, müssen für sämtliche physikalischen, chemischen und thermischen Bedingungen geeignet sein, die vernünftigerweise während der geplanten Lebensdauer des Gerätes als auch unter sämtlichen Prüfbedingungen zu erwarten sind. Insbesondere betrifft dies solche Materialien, die direkt oder indirekt Feuchtigkeit ausgesetzt sind, die Prozessgase oder Flüssigkeitsströme beinhalten und solche Teile und Materialien, die zur Abdichtung oder zur Verbindung derselben eingesetzt werden, z. B. Schweißgut; insbesondere gilt:

- sie müssen ihre mechanische Stabilität in Bezug auf Festigkeit (Ermüdungsdauer, Lebensdauer, Dauerstandfestigkeit) behalten, wenn sie dem gesamten Bereich der vom Hersteller festgelegten Betriebsbedingungen und der Lebensdauer ausgesetzt sind;
- sie müssen ausreichend widerstandsfähig sein gegenüber den chemischen und physikalischen Einflüssen der Fluide, die sie enthalten, als auch gegenüber Umwelteinflüssen. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften, die für den sicheren Betrieb erforderlich sind, dürfen innerhalb der geplanten Lebensdauer des Gerätes nicht wesentlich beeinflusst werden, sofern nicht ein Austausch vorgesehen ist; insbesondere sind bei der Auswahl von Materialien und Fertigungsmethoden die Widerstandsfähigkeit gegen Korrosion und Verschleiß, elektrische Leitfähigkeit, Schlagfestigkeit, Alterungsbeständigkeit, die Auswirkung wechselnder Temperaturen, Auswirkungen des Kontakts zwischen den Materialien (z. B. galvanische Korrosion), Auswirkungen ultravioletter Strahlung sowie Verschleißeffekte durch Wasserstoff auf die mechanischen Eigenschaften besonders zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Leitlinien für die Berücksichtigung von Verschleißeffekten durch Wasserstoff auf die mechanischen Eigenschaften von Materialien sind in ISO/TR 15916, ASME B31.12 sowie Anhang B aufgeführt.

**4.3.4** Wo Zustände, wie Abtragung, Verschleiß, Korrosion oder andere chemische Angriffe auftreten können, sind geeignete Maßnahmen anzuwenden, die

- diese Effekte durch geeignete Auslegung, z. B. Verstärkung, oder durch geeigneten Schutz, z. B. durch Beschichtungen, Überzüge oder Oberflächenanstriche, minimieren, wobei die bestimmungsgemäße und vernünftigerweise vorhersehbare Verwendung in Betracht zu ziehen ist,

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

- den Austausch der Teile erlauben, die am stärksten betroffen sind,
- durch Anweisungen, auf die sich 7.4.5 *Wartungsanleitung* bezieht, die Aufmerksamkeit auf die Arten und Häufigkeiten von Inspektionen und Überholungsmaßnahmen lenken, die für einen kontinuierlich sicheren Betrieb erforderlich sind; wo es angebracht ist, muss darauf hingewiesen werden, welche Teile Verschleiß unterliegen und nach welchen Kriterien sie zu ersetzen sind.

#### 4.4 Allgemeine Anforderungen

**4.4.1** Zugängliche Teile des Brennstoffzellen-Energiesystems dürfen, soweit dies mit ihren Einsatzzwecken vereinbar ist, keine scharfen Kanten, Ecken sowie keine rauen Oberflächen aufweisen, die Verletzungen verursachen könnten.

**4.4.2** Das Brennstoffzellen-Energiesystem oder Teile davon, von deren Zugänglichkeit auszugehen ist, müssen so ausgelegt und konstruiert sein, dass das Ausrutschen, Stolpern oder Stürzen von oder auf diesen Teilen vermieden wird.

**4.4.3** Das Brennstoffzellen-Energiesystem sowie Komponenten und Verbindungsteile davon müssen ausreichend sicher entworfen und konstruiert sein, dass unter den vorgesehenen Betriebsbedingungen (soweit erforderlich, sind klimatische Bedingungen zu berücksichtigen) ein sicherer Gebrauch, ohne das Risiko des Umkippens, Sturzes oder unerwarteter Bewegungen, möglich ist. Andernfalls sind geeignete Mittel zur Verankerung vorzusehen, auf die in der Bedienungsanleitung hinzuweisen ist.

**4.4.4** Die beweglichen Teile des Brennstoffzellen-Energiesystems sind so zu auslegen, zu bauen und zu fertigen, dass Gefährdungen vermieden werden oder, sofern Gefährdungen fortbestehen, so mit trennenden Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen zu versehen, dass jegliches Risiko einer Berührung ausgeschlossen wird, das zu Unfällen führen könnte.

**4.4.5** Die verschiedenen Teile des Brennstoffzellen-Energiesystems sowie ihre Verbindungen sind so zu konstruieren, dass im normalen Betrieb keine Instabilität, Verwindungen, kein Bruch oder Verschleiß auftreten, durch den ihre Sicherheit beeinträchtigt werden könnte.

**4.4.6** Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auslegen, zu konstruieren und/oder auszurüsten, dass Risiken aufgrund von Gasen, Flüssigkeiten, Staub oder Dämpfen, die während des Betriebs oder während der Wartung des Brennstoffzellen-Energiesystems freigegeben werden oder die während seiner Konstruktion eingesetzt wurden, vermieden werden können.

**4.4.7** Sämtliche Teile sind sicher zu montieren oder anzubringen und starr abzustützen. Die Verwendung von Schwingungsdämpfern ist zulässig, sofern sie für die Anwendung geeignet sind.

**4.4.8** Sämtliche Komponenten der Sicherheitsabschaltssysteme, von denen im Rahmen der Zuverlässigkeits-/Sicherheitsanalyse nach 4.9.1 *Allgemeine Anforderungen* festgestellt wurde, dass ihr Ausfall zu Gefährdungsereignissen führen kann, müssen definiert, zertifiziert oder einzeln entsprechend ihrem geplanten Einsatzzweck geprüft werden.

**4.4.9** Verletzungsrisiko aufgrund von Kontakt mit oder Annäherung an äußere(n) Oberflächen des Gerätegehäuses, der Griffe, Halter oder Knäufe mit hoher Temperatur.

- a) Der Hersteller muss geeignete Schritte unternehmen, um jegliches Verletzungsrisiko aufgrund von Kontakt mit oder Annäherung an äußere(n) Oberflächen des Gehäuses des Brennstoffzellen-Energiesystems, der Griffe, Halter oder Knäufe mit hoher Temperatur auszuschließen.

Sofern äußere Oberflächen des Gehäuses des Brennstoffzellen-Energiesystems, der Griffe, Halter, Knäufe oder ähnlicher Teile während des Betriebs des Brennstoffzellensystems von Benutzern ohne persönliche Schutzausrüstung berührt werden können, muss der Hersteller entweder die Temperatur dieser Oberflächen nach Tabelle 1 *Zulässige Oberflächentemperaturdifferenzen* begrenzen oder trennende Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen in der Weise vorsehen, dass das Risiko eines Kontakts, der zu Unfällen führen könnte, verhindert wird.

**Tabelle 1 – Zulässige Oberflächentemperaturdifferenzen**

| Teil   | Temperaturdifferenz °C |
|--|------------------------|
| Äußere Oberflächen, abgesehen von Griffen, die in der normalen Anwendung benutzt werden.   | 60                     |
| Oberfläche von Griffen, Knäufen, Haltern und ähnlichen Teilen, die während der normalen Anwendung nur kurzzeitig berührt werden. |                        |
| – aus Metall   | 35                     |
| – aus Porzellan  | 45                     |
| – aus geformtem Material (Kunststoff), Gummi oder Holz   | 60                     |

ANMERKUNG zur Tabelle Die Tabelle zeigt die maximalen Temperaturdifferenzen äußerer Oberflächen über der Umgebungstemperatur, die im Betrieb von Personen ohne persönliche Schutzausrüstung berührt werden können. Die Werte sind IEC 60335-1, Tabelle 3 entnommen.

b) Die Temperaturen von Wänden, Böden und Decken, die an das stationäre Brennstoffzellen-Energiesystem angrenzen, dürfen unter den Prüfbedingungen nach 5.13 b) *Wand-, Boden- und Deckentemperaturen* um nicht mehr als 50 °C über der Umgebungstemperatur liegen.

**4.4.10** Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen und zu konstruieren, dass die Emission von Luftschall auf einen Wert begrenzt wird, der nach den anwendbaren regionalen und nationalen Verordnungen und Normen bezüglich Luftschallemissionen für den geplanten Einsatz und den geplanten Einsatzort zulässig ist.

**4.4.11** Das in die Atmosphäre entlassene Abgas des Brennstoffzellen-Energiesystems darf unter normalen stationären Betriebsbedingungen keine Kohlenmonoxidkonzentrationen von über 300 ppm in einer luftfreien Probe des Abgases enthalten, womit eine Probe gemeint ist, deren Kohlenmonoxid(CO)-Konzentration rechnerisch so korrigiert wurde, als enthielte sie keine Überschussluft.

**4.4.12** Sofern sich in Rohrleitungen explosive, entflammbare oder giftige Fluide befinden, sind geeignete Vorsichtsmaßnahmen bezüglich der Auslegung und der Kennzeichnung von Probeentnahme- und Entleerungspunkten zu treffen.

**4.4.13** Die Höchsttemperatur der Einzelteile und Materialien, die im Brennstoffzellen-Energiesystem installiert sind, darf nicht deren jeweilige Bemessungstemperatur überschreiten.

**4.4.14** Der Hersteller muss die Eignung des Brennstoffzellen-Energiesystems für den Betrieb in einer verschmutzten Umgebung (z. B. Anwesenheit von Staub, Salz, Rauch und korrosiven Gasen) in Betracht ziehen.

**4.4.15** Das Gehäuse des Brennstoffzellen-Energiesystems ist so auszulegen, dass es jegliche zu erwartenden gefahrbringenden Leckagen (siehe 4.5.2 f) *Rohrleitungssysteme*) für flüssige Brennstoffe) aufnehmen kann. Die Auffangmittel müssen eine Größe von 110 % des maximalen zu erwartenden Leckvolumens besitzen.

**4.4.16** Der Hersteller muss Maßnahmen vorsehen, damit

- Kondensatansammlung vermieden werden;
- Abgase nicht durch die Kondensatableitung entweichen können.

## 4.5 Druckausrüstung und Verrohrung

### 4.5.1 Druckausrüstung

Druckbehälter, wie z. B. Reaktoren, Wärmetauscher, gasgefeuerte Erhitzer und Kessel, elektrische Kessel, Kühler, Akkumulatoren und vergleichbare Behältnisse sowie zugeordnete Druckentlastungsvorrichtungen, wie Überdruckventile und vergleichbare Einrichtungen, sind nach den anwendbaren regionalen und nationalen Druckbehälterverordnungen und -normen zu konstruieren und zu kennzeichnen. Informationen zu Druckbehälternormen enthält ISO 16528.

Behälter, die nach den anwendbaren regionalen und nationalen Druckbehälterverordnungen und -normen nicht als „Druckbehälter“ eingestuft werden, etwa Tanks und vergleichbare Behälter, sind nach 4.3 *Materialauswahl* aus geeigneten Materialien zu konstruieren und müssen den anwendbaren Anforderungen von 4.4 *Allgemeine Anforderungen* entsprechen. Diese Behälter sowie die entsprechenden Anschlussstutzen und Armaturen sind in angemessener Wandstärke für die Funktionalität und Dichtigkeit auszulegen und zu konstruieren, um unbeabsichtigte Freigabe von Stoffen zu verhindern.

### 4.5.2 Rohrleitungssysteme

Rohrleitungen sowie die entsprechenden Anschlussstutzen und Armaturen müssen den anwendbaren Abschnitten der ISO 15649 entsprechen.

Rohrleitungssysteme, die für einen inneren Überdruck von Null bis unter 105 kPa ausgelegt sind und nicht-entflammare, ungiftige und menschliche Gewebe nicht schädigende Fluide leiten und eine Auslegungstemperatur von  $-29\text{ °C}$  bis  $186\text{ °C}$  besitzen, sind nicht im Anwendungsbereich der ISO 15649. Rohrleitungssysteme, die unter diesen Bedingungen betrieben werden, sind aus geeigneten Materialien nach 4.3 *Materialauswahl* zu konstruieren und müssen den anwendbaren Anforderungen von 4.4 *Allgemeine Anforderungen* entsprechen. Solche Rohre sowie die zugeordneten Anschlussstutzen und Armaturen müssen entsprechend ihrer Funktion und den Dichtigkeitsanforderungen ausgelegt und gebaut sein, um unbeabsichtigte Freigabe von Stoffen zu verhindern.

Bei der Auslegung und Konstruktion sowohl starrer als auch flexibler Rohre und Armaturen sind die folgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- a) Die Materialien müssen den Anforderungen von 4.3 *Materialauswahl* entsprechen.
- b) Die inneren Oberflächen der Rohrleitungen müssen gründlich gereinigt sein, so dass lose Partikel entfernt werden; die Rohrenden sind sorgfältig zu entgraten, um Verengungen und Grate zu beseitigen.
- c) Sofern Kondensat oder die Ansammlung von Ablagerungen innerhalb von Gasleitungen Schäden infolge von Dampfschlägen, Vakuumeinbrüchen, Korrosion sowie unkontrollierten chemischen Reaktionen während der Startphase, Abschaltung und/oder des Betriebs verursachen könnten, muss der Hersteller Einrichtungen zur Drainage und zur Entfernung von Ablagerungen in tief gelegenen Teilen vorsehen. Diese Einrichtungen müssen während der Reinigung, Inspektion und Wartung zugänglich sein. Insbesondere muss der Hersteller Maßnahmen gegen die Ansammlung von Ablagerungen oder Kondensat in Brenngasregeleinrichtungen ergreifen. Absetzfallen oder Filter sind zu installieren oder es sind geeignete Anweisungen in die technische Dokumentation des Produktes aufzunehmen.
- d) Der Hersteller muss Maßnahmen gegen die Ansammlung von Ablagerungen in Regeleinrichtungen für flüssige Brennstoffe ergreifen. Es sind Absetzfallen oder Filter zu installieren oder entsprechende Anweisungen sind in die technische Dokumentation des Produktes aufzunehmen.
- e) Nicht-metallische Rohrleitungen, die brennbare Gase leiten, müssen gegen die Möglichkeit von Überhitzungen und mechanische Beschädigung geschützt werden. Es sind Maßnahmen nach der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse, wie in 4.1.2 beschrieben, vorzusehen, die verhindern, dass die Temperaturen von brennbaren Gasen führenden Komponenten deren Auslegungstemperaturen überschreiten können.
- f) Mit flüssigen Brennstoffen betriebene Brennstoffzellen-Energiesysteme müssen Einrichtungen zum Auffangen, zur Rückführung oder zur sicheren Lagerung von freigesetztem flüssigem Brennstoff aufweisen. Tropfwannen, Überlaufschutz oder doppelwandige Rohre sind einzusetzen, um unkontrollierte Freisetzen zu verhindern.

### 4.5.3 Abgassysteme

Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss mit einem Abgassystem ausgestattet werden, um Verbrennungsprodukte von brennstoffnutzenden Komponenten zur Außenatmosphäre zu befördern. Eine Ausnahme von dieser Anforderung kann durch Errichtungsnormen für kleine Brennstoffzellen-Energiesysteme (elektrische Netto-Ausgangsleistung von weniger als 10 kW) festgelegt werden. Der Hersteller hat das Abgasrohr nach den nachstehenden Anforderungen auszulegen und zu konstruieren, oder er muss entsprechende Anweisungen zur Auslegung und Konstruktion mit den nachstehenden Anforderungen in der technischen Dokumentation zur Verfügung stellen.

- a) Die Materialien müssen den Anforderungen nach 4.3 *Materialauswahl* entsprechen. Insbesondere ist das Abgassystem aus gegen Korrosion durch Kondensat widerstandsfähigen Materialien zu konstruieren. Nicht-metallische Materialien sind hinsichtlich ihrer Temperaturbegrenzungen, ihrer Stärke sowie ihrer Widerstandsfähigkeit gegenüber den Wirkungen von Kondensat zu beurteilen.
- b) Die Teile des Abgassystems eines Brennstoffzellen-Energiesystems müssen beständig sein. Teile des Abgassystems, einschließlich der Teile innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems, dürfen nicht brechen, sich voneinander lösen oder in einem Maße beschädigt werden, dass es zu einem unsicheren Betrieb des Brennstoffzellen-Energiesystems kommen kann.
- c) Das Abgasrohr ist nach Erfordernis zu haltern und muss mit einem Regenschutz oder einer anderen Einrichtung versehen sein, durch die der Gasfluss bei senkrecht aufwärts gerichteter Ausströmung weder begrenzt noch blockiert wird.
- d) Es ist eine Einrichtung, etwa eine Drainageöffnung, vorzusehen, um zu verhindern, dass sich Wasser, Eis oder andere Ablagerungen innerhalb des Abgasrohres ansammeln oder das Abgasrohr blockieren können.
- e) Das Abgassystem eines Brennstoffzellen-Energiesystems muss dicht sein.
- f) Der Abgasaustritt muss eine solche Größe besitzen, dass ein kommerziell erhältliches Verbindungsstück mit Standarddurchmesser angesetzt werden kann, oder dass eine Rohrleitung nach den Installationsanweisungen des Herstellers angesetzt werden kann.
- g) Zum Nachweis des Abgasstroms eingesetzte Druckschalter, sofern solche verwendet werden, müssen entweder herstellereitig eingestellt sein oder nach den Vorgaben des Herstellers durch autorisiertes Personal vor Ort eingestellt werden. Die Einstellvorrichtung ist anschließend gegen Verstellung zu sichern. Ein Druckschalter muss eine Beschriftung aufweisen, aus der klar die Teilenummer des Herstellers oder des Lieferanten des Gerätes hervorgeht oder die auf die entsprechende Dokumentation hinweist, aus der die fest eingestellte Druckeinstellung hervorgeht.
- h) Die Teile eines Druckschalters, die mit Abgaskondensaten in Kontakt stehen, müssen unter normalen Betriebstemperaturen korrosionsfest gegenüber Abgaskondensat sein.
- i) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss in der Lage sein zu starten und mit dem entsprechenden Kohlenmonoxid(CO)-Wert laufen, wenn das Abgassystem einem statischen Druck von 116 Pa oder einem dynamischen Druck von bis zu 134,5 Pa (entsprechend einer Windgeschwindigkeit zwischen 9 km/h und 54 km/h) nach den Prüfungen in 5.14 *Windprüfungen* ausgesetzt wird.
- j) Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem mit einem Abgassystem ausgestattet ist, dürfen die Durchschnittstemperaturen der Abgase, die durch das Abgassystem gefördert werden, nicht die für die zur Konstruktion des Abgassystems eingesetzten Materialien zulässigen Temperaturen übersteigen.

### 4.5.4 Gasführende Teile müssen den folgenden Bedingungen entsprechen:

Die Gasführung muss gasdicht ausgeführt sein, so dass die Dichtigkeit während des üblichen Transports, der üblichen Errichtung und des üblichen Betriebs nicht nachlässt.

## 4.6 Schutz vor Brand und Explosionsgefährdungen

### 4.6.1 Vorsichtsmaßnahmen gegen Brand und Explosionsgefährdung in Brennstoffzellen-Energiesystemen mit Gehäusen

- a) Die internen Systeme eines Brennstoffzellen-Energiesystems müssen so angeordnet sein, dass Gefährdungen im Zusammenhang mit der Ansammlung entflammbarer Atmosphäre innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems ausgeschlossen werden.

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

- b) Die Grenze für die Verteilung normaler interner Freisetzen auf unter 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze (LFL) darf durch rechnergestützte fluid-dynamische Untersuchungen, Indikatorgas oder vergleichbare Methoden, wie in IEC 60079-10 angegeben, ermittelt werden. Sämtliche Geräte, die innerhalb der Verteilungsgrenze installiert sind, müssen die Anforderungen nach Absatz e) erfüllen. Das Volumen innerhalb von Verteilungsgrenzen ist nach IEC 60079-10 zu klassifizieren. Die Werte für die Entflammbarkeitsgrenze typischer Gase sind in IEC 60079-20 angegeben.
- c) Gehäuseabschnitte mit inneren Quellen entflammbarer Gase/Dämpfe sind als Brennstoffbereiche definiert. Brennstoffbereiche sind so auszulegen, dass
- Gasgemische mit weniger als 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze (LFL) sichergestellt werden, außer von Verteilungsgrenzen und
  - das Ausmaß von Verteilungsgrenzen auf die Brennstoffbereiche begrenzt wird.
- d) Verfahren zur Begrenzung normaler interner Freisetzen auf unter 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze (LFL) schließen ein (außer in Verdünnungsbereichen):
- 1) kontrollierte Oxidation normaler interner Freisetzen  
Dies kann erreicht werden durch die Einrichtung einer ständigen und verlässlichen Zündung und einer Quelle eines Oxidationsmittels, um die Verbrennung des freigesetzten Gases sicherzustellen oder durch Verwendung von katalytischen Oxidationseinheiten.  
Der Hersteller muss sicherstellen, dass die größte anzunehmende Freisetzung nach ihrer Reaktion Drücke und Temperaturen zur Folge hat, die von den betroffenen Anlagenteilen und Komponenten toleriert werden können.
  - 2) Verdünnung normaler interner Freisetzen mit Luft  
Dies kann durch die Einrichtung mechanischer Belüftung erreicht werden, um die Konzentration normaler Freisetzen auf weniger als 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze (LFL) zu verdünnen; außer innerhalb von Verteilungsgrenzen. In jedem Fall muss die Mindestlüftungsrate im Einklang mit den Ergebnissen der Prüfung der zulässigen Leckrate nach 5.4 *Dichtigkeitsprüfung* stehen.  
Entlüftete Brennstoffbereiche müssen so ausgelegt sein, dass sie bei Unterdruck in Bezug auf andere Arten von Bereichen innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems und seiner Umgebung (induzierte Lüftung oder Abgasentlüftung) nach IEC 60079-16 betrieben werden. Der ordnungsgemäße Betrieb des Lüftungssystems muss durch die Messung von Strömung oder Druck bestätigt werden. Ein Ausfall der Lüftung muss die Abschaltung des Prozesssystems zur Folge haben.  
Abweichend kann auf die Entlüftung von Brennstoffbereichen des Brennstoffzellen-Energiesystems bei Unterdrücken verzichtet werden, sofern geeignete Mittel eingesetzt werden, um die Konzentration entflammbarer Gase unter allen Betriebsbedingungen auf unter 25 % des Flammpunktes, außer von Verteilungsgrenzen, zu begrenzen oder wie in g) beschrieben.  
Brennstoffbereiche, die durch Entlüftung gegen die Ansammlung von entflammbarer Atmosphäre geschützt werden, müssen so gespült werden, dass die Atmosphäre auf einen Wert von weniger als 25 % des Flammpunktes gebracht wird.

ANMERKUNG Eine Methode zur Erreichung dieses Ziels ist die Durchführung eines mindestens vierfachen Luftwechsels innerhalb einer angemessenen Zeit.

Das Spülen findet vor dem Einschalten jeglicher Geräte statt, die nicht für die Zoneneinteilung nach b) geeignet sind. Es kann auf das Spülen dann verzichtet werden, wenn durch die Auslegung nachgewiesen werden kann, dass sich innerhalb des Bereiches und der mit ihm verbundenen Leitungen keine gefahrbringende Atmosphäre befindet. Sämtliche Geräte, die vor dem Spülen eingeschaltet werden müssen oder zum Zweck des Spülens eingeschaltet werden müssen, müssen den Anforderungen nach e) entsprechen.

- e) Innerhalb von Bereichen, die nach b) als gefahrbringend eingestuft sind – ausgenommen sind Einheiten, in denen das Schutzverfahren wie in d)1) beschrieben eingesetzt wird – muss der Hersteller Zündquellen dadurch ausschließen, dass er sicherstellt, dass
- die eingesetzte elektrische Ausrüstung für die Zoneneinteilung nach IEC 60079-0 und weitere anwendbare Teile der Norm IEC 60079 geeignet ist;
  - die eingesetzte elektrische Widerstandsbeheizung, sofern vorhanden, IEC 62086-1 entspricht;

- die Oberflächentemperaturen 80 % der Selbstentzündungstemperatur, ausgedrückt in Grad Celsius, des entflammenden Gases oder Dampfes nicht übersteigt. Für Hinweise siehe IEC 60079-20 bezüglich Selbstentzündungstemperaturen verschiedener entflammender Fluide;
  - die Möglichkeit statischer Entladungen durch geeigneten Potentialausgleich und geeignete Erdung nach IEC 60204-1 sowie geeignete Materialauswahl ausgeschlossen wurde;
  - Ausrüstungsteile, die Materialien enthalten, die die Reaktion entflammender Fluide mit Luft katalysieren können, in der Lage sind, die Ausbreitung der Reaktion vom Ausrüstungsteil zur umgebenden entflammenden Atmosphäre zu unterdrücken.
- f) Bereiche, die elektrische oder mechanische Ausrüstung enthalten, sind nach IEC 60079-2 unter Überdruck in Relation zu angrenzenden Bereichen, die Quellen entflammender Gase oder Dämpfe enthalten, zu halten, es sei denn, die Ausrüstung entspricht den in e) ausgeführten Anforderungen.
- g) Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist mit passiven oder aktiven Mitteln oder einer Kombination aus beiden zu versehen, um irreguläre interne Freisetzungen unterhalb von 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze zu halten (LFL). Ausgenommen sind Bereiche in denen die Verdünnung mit Luft vorgesehen ist.

Plötzliche und umfassende Ausfälle brauchen im Rahmen dieser Untersuchung nicht als Freisetzungsszenario berücksichtigt zu werden, sofern der Schutz gegen derartiges Versagen bereits im Rahmen der Behälter- und Rohrleitungsauslegung berücksichtigt wurde (siehe auch 4.5 *Druckausrüstung und Verrohrung*).

Passive Mittel umfassen, jedoch nicht abschließend, die mechanische Begrenzung von Freisetzungen entflammender Gase oder Dämpfe auf einen Maximalwert durch Einsatz von fest eingebauten Rohrblenden oder vergleichbaren Methoden der Durchflussbeschränkung, so dass die Leckrate auf einen vorher-sagbaren Maximalwert begrenzt ist.

Aktive Mittel können Strömungsmesser und -regelungen oder die Ausstattung mit Sicherheitseinrichtungen, wie Detektoren für brennbare Gase, beinhalten. Diese Mittel müssen den in 4.9 *Regelsysteme* und Schutz-/Sicherheitskomponenten spezifizierten Anforderungen entsprechen und müssen bei Auftreten von Bedingungen, unter denen die Konzentration jeglicher entflammender Gase im Lüftungsausstritt 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze dieses Gases (LFL) überschreitet, eine Abschaltung des Brennstoffzellen-Energiesystems auslösen.

- h) Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen, dass die Abluft und das Prozessabgas sicher verteilt werden. Insbesondere im Falle der Aufstellung innerhalb geschlossener Räume sind die Abluft- und die Prozessabgasführung so auszulegen, dass sie mit einem Abgas- oder Lüftungssystem verbunden wird.
- i) Nicht-metallische Rohrleitungen, die Wasserstoffgas transportieren, können elektrostatische Ladung entlang ihrer Oberfläche ansammeln. Entladungen von der Oberfläche einer solchen Leitung können ausreichen, um eine entflammende Gas- oder Dampf-mischung in der Umgebung zu entzünden. Bei Verwendung an Orten, die nach IEC 60079-10, Zone 1 oder Zone 2 zuzuordnen sind, sind Maßnahmen vorzunehmen, die elektrostatische Entladungen ausschließen. Dies kann durch die Wahl von Rohrmaterial mit ausreichender Leitfähigkeit erreicht werden oder durch die Begrenzung der Gasströmungsgeschwindigkeit auf Werte, unterhalb derer elektrostatische Ladung nicht angesammelt wird. Rohrleitungen, die ein Schutzsystem zum Ausschluss elektrostatischer Entladungen aufweisen (d. h. Erdungskabel oder Umflechtungen), dürfen nicht in Zone-0-Bereichen eingesetzt werden.

**ANMERKUNG** Metallische Umflechtungen oder leitfähige Drähte innerhalb der Rohrwand nicht-metallischer Rohrleitungen können die Wahrscheinlichkeit elektrostatischer Entladung erhöhen, falls die Verbindung dieser Leiter mit ihrem Potentialausgleichsleiter unterbrochen wird. In Bereichen der Zone 1 und 2 sollten derartige Leiter formschlüssig mechanisch gesichert werden.

#### 4.6.2 Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in Brennern

- a) Brennstoffzellen-Energiesysteme sind derart auszulegen, dass eine gefahrbringende Bildung von entflammenden oder explosiven Gasen in Brennern (Start-, Haupt- und Hilfsbrenner eines Reformerschnitts, Restgasbrenner) vermieden wird.
- b) Der Hauptbrenner ist mit einer Pilotflamme oder mit einer Einrichtung für direkte Zündung auszurüsten.

## — Entwurf —

### E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

- c) Die Einrichtung für direkte Zündung ist automatisch zu steuern und darf keine Beeinträchtigung des Brenners verursachen. Einrichtungen für direkte Zündung sind formschlüssig in Bezug auf die Kanäle des Hauptbrenners anzuordnen. Es sind geeignete Mittel einzusetzen, um eine fehlerhafte Montage oder seitenvertauschten Einbau jeglicher Einrichtungen für direkte Zündung in Bezug auf den jeweiligen Hauptbrenner zu verhindern.
- d) Pilotflammen sind automatisch zu steuern und jeglicher Brennstoff muss unverzüglich gezündet werden. Pilotflammen sind in der Weise auszulegen und anzuordnen, dass sie sich in Bezug auf die Brenner, die sie entzünden sollen, in der richtigen Lage befinden. Sofern eine Pilotflamme einen integralen Bestandteil des Startbrenners darstellt, muss sie lediglich nach den Konstruktions- und Leistungsspezifikationen dieser Norm bewertet werden.
- e) Automatische elektrische Brennersteuersysteme müssen den Anforderungen nach 4.9.2 *Regelungssysteme* entsprechen.
- f) Die Flamme des Hauptbrenners oder die Pilotflamme oder beide sind durch einen Flammdetektor zu überwachen. Sofern ein Hauptbrenner durch eine Pilotflamme gezündet wird, ist die Pilotflamme nachzuweisen, bevor der Hauptbrenner mit Gas versorgt wird. Ein System mit unterbrochenem Pilotflammenbetrieb muss im Anschluss an den Flammenzündungszyklus über eine Überwachung der Flamme des Hauptbrenners verfügen.
- g) Die überwachte Pilotflamme muss auch in dem Fall, dass die Brennstoffversorgung der Pilotflamme so weit reduziert wird, dass die Flamme gerade noch ausreicht, um die primäre Sicherheitseinrichtung zu aktivieren, in der Lage sein, den Brennstoff am Hauptbrenner sicher zu entzünden.
- h) Sofern die Leistung der Pilotflamme 0,250 kW nicht übersteigt, ist ein Flammenzündungszyklus nicht erforderlich.
- i) Sofern die Leistung der Pilotflamme 0,250 kW übersteigt oder im Falle einer direkten Zündung des Hauptbrenners, ist der Flammenzündungszyklus durch den Hersteller in der Weise festzulegen, dass in Übereinstimmung mit der Zündverzögerungsprüfung (5.11.1 *Brenner mit automatischer Zündung*) keine Gesundheits- oder Sicherheitsgefährdungen für den Anwender oder Schäden am Brennstoffzellen-Energiesystem auftreten.
- j) Jeder Versuch, einen Hauptbrenner mittels einer Pilotflamme oder aber direkt zu zünden, beginnt mit dem Öffnen des Brennstoffventils und endet mit dem Schließen des Brennstoffventils. Der Zündfunke muss mindestens entweder bis zur Zündung oder aber bis zum Ende des Flammenzündungszyklus gegeben werden.
- k) Die Zündung des Hauptbrenners mittels einer Pilotflamme oder direkt darf höchstens dreimal versucht werden, wobei sich jedem Zündversuch eine Spülung anschließen muss. Der Hersteller kann auf der Basis einer Sicherheitsanalyse eine größere Anzahl von Zündversuchen erlauben.  
Ist auch am Ende des dritten Versuchs keine Flamme vorhanden, so muss zumindest eine Verriegelung ausgelöst werden.
- l) Im Fall eines Flammenausfalls muss das System zumindest entweder eine erneute Zündung, eine Regenerierung oder eine Verriegelung veranlassen.
- m) Die Zeit bis zur Verriegelung der Pilotflamme oder des Hauptbrenners darf 3 s nicht überschreiten. Der Hersteller kann auf der Basis einer Sicherheitsanalyse eine längere Verriegelungszeit erlauben.  
Ausnahme: Das Hauptkontrollsystem muss nicht notwendigerweise alle Brennstoff-Sicherheitsventile abschalten, wenn die Temperatur in der Brennkammer, mit der die entzündliche Luft/Gas-Mischung in Kontakt steht, 120 % der Selbstentzündungstemperatur, gemessen in °C, übersteigt.
- n) Sofern unter den Prüfbedingungen nach 5.11.1 *Brenner mit automatischer Zündung*, eine erneute Zündung stattfindet, muss die direkte Zündeinrichtung maximal 1 s nach dem Verlust des positiven Flammensignals gestartet werden. In diesem Fall ist der Flammenzündungszyklus der gleiche wie bei einer Zündung und beginnt, wenn die Zündeinrichtung gestartet wird. Ist am Ende des Flammenzündungszyklus keine Flamme vorhanden, so muss dies zumindest zu einer Verriegelung führen.
- o) Sofern unter den Prüfbedingungen nach 5.11.1 *Brenner mit automatischer Zündung*, eine Regenerierung stattfindet, muss dieser eine Unterbrechung der Gaszufuhr und eine Spülung vorausgehen; der Zündzyklus muss erneut von Anfang gestartet werden. In diesem Fall ist der Flammenzündungszyklus der gleiche wie bei einer Zündung und beginnt, wenn die Zündeinrichtung gestartet wird. Eine Regenerierung darf höchstens 3-mal versucht werden, wobei jedes Mal ein Spülen folgen muss. Ist am Ende des dritten Versuchs keine Flamme vorhanden, so muss dies zumindest zu einer Verriegelung führen.

- p) Ein Brennerschaltkreis ist dergestalt auszuführen, dass verhindert wird, dass eine Rückspeisung durch einen Motor, einen Kondensator oder ein vergleichbares Element zum Aktivieren eines Brennstoffventils oder einer Zündeinrichtung führt, verhindert wird, nachdem eine Regelung den Hauptbrenner ausgeschaltet hat.
- q) Sofern aus Sicherheitsgründen vor dem Start oder nach dem Herunterfahren ein passiver Zustand erforderlich ist, müssen Einrichtungen vorgesehen werden, die das Brennergehäuse oder die Einhausung von jeglichen entflammaren Gasgemischen spülen, bevor ein Zündversuch am Beginn oder zwischenzeitlich während einer Regenerierung unternommen wird. Dieses Spülen muss mindestens durch einen vierfachen Luftwechsel innerhalb der Brennerkammer durchgeführt werden.
- r) Die Einzelteile des Zündsystems sind so zu installieren, dass der Betrieb dieser Einrichtungen und die Zündung des Hauptbrenners während des normalen Betriebs nicht durch herabfallende Partikel oder Kondensat beeinträchtigt werden.
- s) Sofern Primärluft unter Druck mit der Brennstoffeinspeisung gemischt wird, müssen wirksame Einrichtungen vorgesehen werden, die einen Rückfluss von Luft in die Brennstoffversorgungsleitung oder von Brennstoff in die Luftversorgungsleitung verhindern. Das Brennstoff- und Luftversorgungssystem ist so zu regeln, dass vor der Zündung der Luftfluss sichergestellt wird, sowie verhindert wird, dass Brennstoff in einen der Reformerbrenner eintritt, bevor die Luftversorgung sicher gestellt ist. Schließlich muss ein Ausfall eines Lüfters zur Abschaltung der Brennstoffversorgung führen.
- t) Mechanische Verknüpfungen zwischen den Brennstoff- und Luftregelungen müssen, sofern vorhanden, so ausgelegt sein, dass das richtige Brennstoff-/Luftverhältnis sichergestellt wird und dass sie zufälligem Bruch und Außerbetriebsetzung widerstehen.
- u) Gefahrbringende Gase innerhalb des Prozesssystems müssen während des Abfahrens entweder sicher zurückgehalten, gespült oder aber verbrannt werden.
- v) Der Hersteller muss das Brennstoffzellen-Energiesystem mit geeigneten Einrichtungen ausstatten, durch die der Übertritt sowohl von Luft in Brennstoffleitungen oder in Leitungen, die brennbare Prozessgase führen, als auch von Brennstoff oder brennbaren Prozessgasen in Luftleitungen verhindert werden.
- w) Sofern sich das Brennstoffzellen-Energiesystem in einem Zustand mit verstopftem Abgassystem befindet, darf es in Übereinstimmung mit der Prüfung in 5.16.1 *Blockierung der Abgasöffnungen* keine Kohlenmonoxidkonzentration von über 300 ppm in einer luftfreien Probe des Abgases erzeugen. Weiterhin darf sich keine Kohlenmonoxid(CO)-Konzentration von über 300 ppm einer luftfreien Probe des Abgases ergeben, wenn der Lufteinlass in Übereinstimmung mit der Prüfung in 5.16.2 *Blockierung der Luftversorgung* blockiert ist.

#### 4.6.3 Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in katalytischen Brennstoffoxidationssystemen (Katalytische Brenner)

- a) Der Hersteller muss vermeiden, dass innerhalb von Komponenten des Brennstoffzellen-Energiesystems, die Fluide enthalten und innerhalb derer entflammare oder explosive Gasvolumina mit den Ziel erzeugt werden, eine kontrollierte katalytische Brennstoffoxidation auszuführen (z. B. katalytische partielle Oxidation, katalytische Verbrennung), eine gefährbringende Bildung entflammbarer oder explosiver Gase stattfindet.
- b) Sofern aus Sicherheitsgründen vor dem Start oder nach dem Herunterfahren ein passiver Zustand notwendig ist, müssen Einrichtungen vorgesehen werden, um die Komponenten des katalytischen Brennstoffoxidationssystems zu spülen. Das Spülsystem kann nach Herstellervorgabe ein Medium wie Stickstoff, Luft oder Dampf oder andere einsetzen. Der Umfang des Spülens ist unter Berücksichtigung von Fließcharakteristika, der Systemdynamik sowie der Geometrie festzulegen.
- c) Sofern Luft mit Brennstoff vermischt wird, muss der Hersteller geeignete Einrichtungen vorsehen, durch die ein Rückfluss von Luft in die Brennstoffleitung oder von Brennstoff in die Luftversorgung verhindert wird.
  - 1) Für Luftüberschusssysteme  
Die Brennstoff- und Luftversorgung ist in geeigneter Weise zu regeln, so dass Luft vor dem Start der Reaktion vorhanden ist und dass verhindert wird, dass Brennstoff in den Reaktor eintritt, bevor die Luftversorgung sichergestellt ist.
  - 2) Für Brennstoffüberschusssysteme

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Die Brennstoff- und Luftversorgung ist in geeigneter Weise zu regeln, so dass Brennstoff vor dem Start der Reaktion vorhanden ist und dass verhindert wird, dass Luft in den Reaktor eintritt, bevor die Brennstoffversorgung sichergestellt ist.

- d) Mechanische Verknüpfungen zwischen den Brennstoff- und Luftregelungen müssen, sofern vorhanden, so ausgelegt sein, dass das richtige Brennstoff/Luftverhältnis sichergestellt wird und dass sie zufälligem Bruch und Außerbetriebsetzung widerstehen.
- e) Die Reaktionsstartzeit ist unter Berücksichtigung der Antwortzeit der Systemregelung und der Zeit festzulegen, während der die maximal zulässige Menge entflammbarer oder explosiver Gasmischung, die sicher innerhalb des Systems zurückgehalten werden kann, gebildet wird. Dabei sind die Flussraten und die Entflammbarkeit des Brennstoff-Luftgemisches und die Systemdynamik und die Geometrie zu berücksichtigen.
- f) Sofern die katalytische Reaktion nicht innerhalb der Reaktionsstartzeit eingesetzt hat, muss das System automatisch die Brennstoffzufuhr abschalten oder im Fall von Brennstoffüberschusssystemen, die Zufuhr sämtlicher Reaktionspartner.
- g) Die Temperatur des Katalysators ist entweder direkt oder indirekt zu überwachen. Sofern die Temperatur oder die Temperaturänderungsgeschwindigkeit des Katalysators den zulässigen, vom Hersteller angegebenen Bereich übersteigt, versagt die Reaktion. In diesem Fall muss das System automatisch die Brennstoffzufuhr abschalten oder im Fall von Brennstoffüberschusssystemen, die Zufuhr sämtlicher Reaktionspartner. Die Zeit bis zur Verriegelung nach Reaktionsversagen darf maximal 3 s betragen. Eine längere Verriegelungszeit kann durch den Hersteller auf der Basis einer Sicherheitsanalyse erlaubt werden.
- h) Sofern sich in Folge eines Startversagens einer Reaktion innerhalb der Reaktionsstartzeit oder aufgrund des Auslöschens einer Reaktion oder durch das Absinken oder Ansteigen der Umsatzrate der Reaktion auf unsichere Werte eine Mischung aus Brennstoff und Luft innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems aufbauen könnte, muss der Hersteller sicherstellen, dass die maximale Menge der entflammbaren Mischung, die sich vorhersehbar ansammeln könnte, im Falle ihrer Verbrennung Drücke und Temperaturen zur Folge hat, die innerhalb der Komponenten zurückgehalten werden können, die diesen Bedingungen ausgesetzt sind.
- i) Während des Abfahrens müssen gefahrbringende Gase innerhalb des Prozesssystems sicher zurückgehalten oder aber abgeführt werden.
- j) Sofern Luft- und Brennstoffströme im Rahmen des Wärmemanagementsystems in nahen Kontakt zueinander gebracht werden, muss der Hersteller das Brennstoffzellen-Energiesystem mit geeigneten Einrichtungen ausstatten, die das Auftreten von Gesundheits- und Sicherheitsrisiken durch den Übertritt von Luft in Brennstoffleitungen oder von Brennstoff in Luftleitungen verhindern.

## **4.7 Elektrische Sicherheit**

Das elektrische System des Brennstoffzellen-Energiesystems muss den Anforderungen dieses Abschnitts oder einer zutreffenden Anwendungs-Norm entsprechen.

**ANMERKUNG** Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme werden in einer großen Vielzahl von Endverbraucher-Anwendungen genutzt. In einigen Fällen kann eine Anwendungs-Norm genauere Anleitung geben, weil sie spezifischer ist als die Vorschriften dieses Abschnitts. Die Anwendungs-Norm schließen die IEC 60204-1 für große Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen und die IEC 60335-1 für Brennstoffzellen in Hausanwendungen ein; sind jedoch nicht darauf beschränkt.

### **4.7.1 Beschränkungen**

Die Anforderungen dieses Abschnitts gelten für die elektrischen Komponenten oder Systeme, die:

- ein Sicherheitsrisiko darstellen (siehe 4.1 *Grundsätzliche Sicherheitsstrategie*);
- eine Bemessungsspannung von maximal 600 V aufweisen.

**ANMERKUNG** Spannungen oberhalb der 600-V-Grenze sind zulässig, wenn die Anlage die Anforderungen anzuwendender Normen für höhere Spannungen erfüllt.

## 4.7.2 Komponenten

Eine Komponente kann aus einem einzelnen elektronischen Bauteil oder einer Baugruppe bestehen, z. B. einem Leistungsschalter, einem Inverter, einer Drehzahlsteuerung, einem Regler, einem automatischen Ventil oder auch einem ganzen Brennstoffzellen-Modul.

Elektrische Komponenten, für die es anzuwendende Normen gibt, müssen diesen Normen entsprechen und in ihren Bemessungswerten mit den zutreffenden Sicherheitsvorschriften in 4.1 *Grundsätzliche Sicherheitsstrategie* übereinstimmen.

**ANMERKUNG 1** In der Regel entsprechen die meisten Komponenten eines Brennstoffzellen-Energiesystems dieser Anforderung. Ist sie erfüllt, ist nach 4.7 *Grundsätzliche Sicherheitsstrategie* kein weiterer Nachweis für diese Komponente notwendig.

**ANMERKUNG 2** 4.7.1 *Beschränkungen* begrenzt diese Anforderung auf solche Komponenten, auf die bei der Ausführung einer direkten Sicherheitsfunktion zurückgegriffen wird (Gas-Detektor, Sicherheitsventil, Gebläse-Verriegelung) oder die bei Ausfall eine Gefährdung darstellen würden (Feuer, Schlag, Brand). Letztere ist durch die Sicherheitsanalyse in 4.1 *Grundsätzliche Sicherheitsstrategie* bestimmt. Elektrische Komponenten, für die es keine anwendbaren Normen gibt, müssen den Anforderungen für elektrische Isolierung, Kriechstrom und Abstand, Leckstrom, Überstromschutz, Erdung und Potentialausgleich nach IEC 60950-1 entsprechen.

**ANMERKUNG 3** In einigen Fällen kann der Systemintegrator einzelne elektrische Komponenten oder Schaltkreise auslegen, für die keine Norm verfügbar ist. Für solche Fälle gelten die Anforderungen der IEC 60950-1 für elektrische Sicherheit.

## 4.7.3 Berührungsschutz und Gefährdung durch Energie

### 4.7.3.1 Zugang zu Safety Extra Low Voltage (SELV) Schaltkreisen

Viele Brennstoffzellensysteme weisen interne Teile auf, die unter hohen elektrischen Spannungen stehen. Diese Teile sind häufig mit Sensoren ausgerüstet, die für den Anwender zugänglich sind, z. B. Niedervolt-Signalgeber, Sicherheitssysteme oder Datenübertragungssysteme. SELV-Stromkreise stellen sicher, dass ein Bediener bei Kontakt zu einem aktiven Teil, z. B. zu einem Anschluss-Kontakt oder einem Datenkabel, von Hochspannungsquellen elektrisch isoliert ist. Dies gilt sowohl für Normalbedingungen wie auch für Einzelfehlerbedingungen.

In SELV-Stromkreisen sind bedienerzugängliche blanke Teile erlaubt. SELV-Stromkreise müssen sowohl unter Normalbedingungen als auch nach einem Einzelfehler berührungssichere Spannungen aufweisen. Die Spannungsgrenzen der Tabelle 2 *SELV-Spannungsgrenzen* dürfen nicht überschritten werden.

**Tabelle 2 – SELV-Spannungsgrenzen**

| Wohnhaus und Kleingewerbe   |   | Telekom und Industrieanwendung                          |  |
|---|---|---|--|
| Normalbedingungen   | Einzelfehlerbedingung                           | Normalbedingungen                                       | Einzelfehlerbedingung  |
| 42 Volt unter Last und 50 Volt Leerlaufspannung   | 42 Volt unter Last und 50 Volt Leerlaufspannung | Leerlaufspannungsspitze 42.4 V oder 60 V Gleichspannung | Leerlaufspannungsspitze 42.4 V oder 60 V Gleichspannung mit Überschreitungen bis 71 V oder 120 V Gleichspannung für maximal 200 ms |
| <p><b>ANMERKUNG 1</b> Die Unterschiede in der Anwendung der Spannungsgrenzen begründen sich dadurch, dass sich die Anlagen in Wohnhaus und Kleingewerbe einschließlich landwirtschaftlichen Einrichtungen in feuchter Umgebung befinden und zudem für Kinder zugänglich sein können. Üblicherweise werden Einrichtungen in der Telekommunikation und in der Industrie von ausgebildetem Servicepersonal gewartet.</p> <p><b>ANMERKUNG 2</b> Die Spannungsgrenzen für Wohnhaus und Kleingewerbe sind in IEC 60335-1, die für Telekom und Industrie in IEC 60950-1 definiert.</p> |   |   |  |

#### 4.7.3.2 Zugang zu Extra Low Voltage(ELV)-Stromkreisen

Unter einem Extra Low Voltage(ELV)-Stromkreis versteht man einen Stromkreis, von dem unter normalen Betriebsbedingungen keine Gefährdung durch elektrischen Schlag ausgeht; möglicherweise jedoch nach einem Einzelfehler. Solche Stromkreise müssen einen zusätzlichen Schutz (z. B. durch eine zusätzliche Lage elektrischer Isolierung) zur Vermeidung einer Gefährdung nach einem Doppelfehler ausweisen.

Bedienerzugängliche Isolierung der Verdrahtung von ELV-Stromkreisen ist erlaubt, vorausgesetzt, dass die Anforderungen der folgenden Abschnitte a und b eingehalten werden. Der Bediener muss vor Berührung mit blanken Teilen des ELV-Stromkreises oder ungeerdeten leitenden Bauteilen geschützt sein, die vom ELV nur durch Funktions- oder Basisisolierung getrennt sind.

- a) Die Isolierung entspricht den Anforderungen an die zusätzliche Isolierung
- b) Alle folgenden Anforderungen sind erfüllt:
  - Der Bediener benötigt keinen Zugang zur Verdrahtung oder diese ist so angebracht, dass ein Ziehen an ihr unwahrscheinlich ist, und dass außerdem die Befestigungspunkte zugentlastet sind;
  - die Verdrahtung ist so geführt und befestigt, dass keine ungeerdeten leitenden Teile zugänglich sind;
  - die Isolierung entspricht den Anforderungen der elektrischen Durchschlagsprüfung für zusätzliche Isolierung;
  - die Isolationsstärke ist nicht kleiner als in Tabelle 3 *Isolationsstärke für interne Verdrahtung* angegeben.

**Tabelle 3 – Minimale Isolationsstärken für interne Verdrahtung**

| Arbeitsspannung<br>(im Fall eines Fehlers der Basisisolierung) |                                    | Minimale Isolationsstärken<br><br>mm |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|
| Spitzenspannung oder Gleichspannung                            | Effektivspannung V (sinusoidal)    |                                      |
| über 71 V bis einschließlich 350 V                             | über 50 V bis 250 V einschließlich | 0,17                                 |
| über 350 V   | über 250 V                         | 0,31                                 |

Unter Normalbedingungen gelten die Spannungsgrenzen für die SELV-Stromkreise auch für die ELV-Stromkreise.

ANMERKUNG Die Spannungsgrenzen der SELV-Stromkreise können durch die ELV-Stromkreise im Einzelfehlerfall überschritten werden.

#### 4.7.3.3 Zugang zu gefährdenden Spannungen

Ein Stromkreis mit gefährdender Spannung ist ein solcher, der weder die Anforderungen für ELV-Stromkreise noch für SELV-Stromkreise erfüllt.

Der Anwender muss vor Berührung mit aktiven blanken Teilen oder ungeerdeten leitenden Teilen des Stromkreises geschützt werden, die allein durch Funktions- oder Basisisolierung von gefährdenden Spannungen getrennt sind.

Wo die Isolierung interner Verdrahtung mit gefährdender Spannung für den Bediener zugänglich ist oder nicht so geführt und befestigt ist, dass Berührungen ungeerdeter leitender Teile verhindert sind, muss sie die Bedingungen der doppelten Isolierung oder der verstärkten Isolierung erfüllen.

#### 4.7.3.4 Gefährdung durch Energie

Eine Gefährdung durch Energie kann auch bei Spannungen unterhalb der Grenzen von SELV-Stromkreisen auftreten. Dies wird häufig bei Brennstoffzellenstacks beobachtet, die keine Gefährdung durch elektrischen Schlag verursachen, jedoch sehr hohe Stromstärken aufweisen. Diese Ströme können erhebliche Gefährdungen durch Energie verursachen (Brandgefahr), wenn ein Bediener zwei Zellen mit einem leitenden Gegenstand überbrückt, z. B. einem Fingerring oder einem metallischen Armband.

In einer anwenderzugänglichen Umgebung darf durch Energie keine Verletzungsgefahr auftreten.

Eine Verletzungsgefahr durch Energie ist als wahrscheinlich anzunehmen, wenn zwei oder mehrere blanke Teile (eines davon kann geerdet sein), zwischen denen eine gefährdende Energiedifferenz besteht, mit einem metallischen Objekt überbrückt werden.

Ein gefährdendes Energiepotential ist definiert wie folgt:

- 1) Für Transformatoren oder elektrische Schaltkreise mit ohmscher Last ab einer Leistung von 240 VA für mindestens 60 s. Falls die Spannung 2 V oder mehr beträgt, ist die Ausgangsleistung auf einem gefährdenden Energiepotential, gleich ob ein Überstromschutz während des Tests öffnet oder aus einem anderen Grund die Leistung von 240 VA nicht über 60 s gehalten wird.
- 2) In Kondensatoren besteht ein gefährdendes Energiepotential, wenn die Spannung  $U$ , 2 V oder mehr beträgt, und die gespeicherte Energie  $E$ , 20 J nach folgender Gleichung übersteigt:  $E = 0,5 CU^2 \times 10^{-6}$

dabei ist

$E$  die Energie in Joule (J);

$C$  die Kapazität in Mikrofarad ( $\mu\text{F}$ );

$U$  die gemessene Spannung am Kondensator in Volt (V)

- 3) Brennstoffzellenstacks mit einem Bemessungsstrom von 120 Ampere (A) oder höher gelten als gefährdend durch Energie.

#### 4.7.3.5 Leistungsbegrenzte Stromquellen

Leistungsbegrenzte Stromquellen müssen eine der folgenden Bestimmungen erfüllen:

- a) Die Energieabgabe ist von Natur aus begrenzt und befindet sich in Übereinstimmung mit Tabelle 4 Beschränkungen für Spannungsquellen ohne Überstromschutz;
- b) eine lineare oder nicht-lineare Impedanz beschränkt die Ausgangsleistung nach Tabelle 4 *Beschränkungen für Spannungsquellen ohne Überstromschutz*. Wenn ein Gerät mit positivem Temperaturkoeffizient benutzt wird, muss es die Prüfungen nach IEC 60730-1, Abschnitte 15, 17, J.15 und J.17 erfolgreich durchlaufen haben;
- c) ein Regler beschränkt die Energieabgabe nach Tabelle 4 *Beschränkungen für Spannungsquellen ohne Überstromschutz*, sowohl mit wie auch ohne simulierten Einzelfehler im Regelnetz (Leerlauf oder Kurzschluss);
- d) ein Strombegrenzer wird genutzt, um die Ausgangsleistung nach Tabelle 5 *Beschränkungen für Spannungsquellen mit Überstromschutz* zu begrenzen. Ein solcher Strombegrenzer muss eine Sicherung oder ein nicht verstellbares, nicht mit „auto-reset“ versehenes, elektromechanisches Gerät sein.

Eine leistungsbegrenzte Stromquelle muss einen Trenntransformator beinhalten, sofern sie am Wechselstromnetz oder als batteriebetriebene leistungsbegrenzte Stromquelle arbeitet, die während der Betriebszeit aus dem Wechselstromnetz geladen werden kann.

Die Übereinstimmung wird durch Inspektion und Messungen und, falls geeignet, durch Überprüfung der Herstellerdaten für die Batterien festgestellt. Batterien müssen während der Durchführung der Messungen für  $U_{oc}$  und  $I_{sc}$  nach Tabelle 4 *Beschränkungen für Spannungsquellen ohne Überstromschutz* und Tabelle 5 *Beschränkungen für Spannungsquellen mit Überstromschutz* vollständig geladen sein.

— Entwurf —

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Die in Tabelle 4 *Beschränkungen für Spannungsquellen ohne Überstromschutz* und Tabelle 5 *Beschränkungen für Spannungsquellen mit Überstromschutz* angeführte nicht-kapazitive Last ist so einzustellen, dass der maximale gemessene Wert von  $I_{sc}$  oder  $S$  erreicht wird.

In einem geregelten Netzwerk nach Punkt c) kommen simulierte Fehler unter den oben genannten maximalen gemessenen Werten von  $I_{sc}$  oder  $S$  zur Anwendung.

**Tabelle 4 – Beschränkungen für Stromquellen ohne Überstromschutz**

| Ausgangsspannung a)<br>( $U_{oc}$ ) |                       | Ausgangsstrom b), d)<br>( $I_{sc}$ )<br>A | Leistung c), d)<br>( $S$ )<br>VA |
|-------------------------------------|-----------------------|---|----------------------------------|
| AC<br>V                             | DC<br>V               |   |                                  |
| $\leq 30$                           | $\leq 30$             | $\leq 8$                                  | $\leq 100$                       |
|                                     | $30 < U_{oc} \leq 60$ | $\leq 150/U_{oc}$                         | $\leq 100$                       |

a) –  $U_{oc}$ : Ausgangsspannung, gemessen ohne angeschlossene Last. Die Spannungen sind für im Wesentlichen sinusoidalen Wechselstrom und für Gleichstrom frei von Welligkeit, für nicht-sinusoidalen Wechselstrom und für Gleichstrom mit einer Welligkeit von mehr als 10 % des Spitzenwertes angegeben. Die Spitzenspannung darf 42,4 V nicht überschreiten.

b) –  $I_{sc}$ : Maximaler Ausgangsstrom mit jeder nicht-kapazitiven Last einschließlich Kurzschluss.

c) –  $S(VA)$ : Maximale Ausgangsleistung VA mit beliebiger nicht-kapazitiver Last.

d) – Messungen von  $I_{sc}$  und  $S$  werden 5 s nach Anlegen der Last durchgeführt, wenn dies durch einen elektronischen Schaltkreis oder ein Gerät mit positivem Temperaturkoeffizient geschützt ist; in anderen Fällen nach 60 s.

**Tabelle 5 – Beschränkungen für Stromquellen mit Überstromschutz**

| Ausgangsspannung a)<br>( $U_{oc}$ ) |                       | Ausgangsstrom b), d)<br>( $I_{sc}$ )<br>A | Scheinleistung c), d)<br>( $S$ )<br>VA | Bemessung des Überstromschutzes e)<br>A |
|-------------------------------------|-----------------------|---|--|---|
| AC<br>V                             | DC<br>V               |   |  |   |
| $\leq 20$                           | $\leq 20$             | $\leq 1\,000/U_{oc}$                      | $\leq 250$                             | $\leq 5,0$                              |
| $20 < U_{oc} \leq 30$               | $20 < U_{oc} \leq 30$ |   |  | $\leq 100/U_{oc}$                       |
| –                                   | $30 < U_{oc} \leq 60$ |   |  | $\leq 100/U_{oc}$                       |

a) –  $U_{oc}$ : Ausgangsspannung, gemessen ohne angeschlossene Last. Die Spannungen sind für im Wesentlichen sinusoidalen Wechselstrom und für Gleichstrom frei von Welligkeit, für nicht-sinusoidalen Wechselstrom und für Gleichstrom mit einer Welligkeit von größer 10 % des Spitzenwertes angegeben. Die Spitzenspannung darf 42,4 V nicht überschreiten.

b) –  $I_{sc}$ : Maximaler Ausgangsstrom mit jeder nicht-kapazitiven Last, einschließlich Kurzschluss, gemessen 60 s nach Anschluss der Last.

c) –  $S(VA)$ : Maximale Ausgangsleistung VA mit beliebiger nicht-kapazitiver Last gemessen 60 s nach Anschluss der Last.

d) – Strombegrenzende Wechselstromwiderstände verbleiben während der Messung im Stromkreis, Überstromschutzeinrichtungen werden jedoch überbrückt.

**ANMERKUNG** Grund für die Überbrückung der Überstromschutzeinrichtungen ist die Bestimmung der Energiemenge, die für die mögliche Überhitzung während der Reaktionszeit des Überstromschutzes zur Verfügung steht.

e) – Die Bemessungsströme für die Überstromschutzeinrichtungen sind ausgelegt für Sicherungen und Leistungsschalter, die innerhalb 120 s bei einem Strom von 210 % des in der Tabelle genannten Bemessungsstroms den Strom unterbrechen.

#### 4.7.3.6 SELV-Stromkreise verbunden mit ELV-Stromkreisen oder gefährdender Spannung

Eine Komponente, die mit einem SELV-Stromkreis und einem ELV-Stromkreis oder einem anderen Teil mit gefährdender Spannung verbunden ist, muss den Anforderungen an SELV-Stromkreise entsprechen. Beispiel einer solchen Komponente ist ein Relais mit verschiedenen Versorgungsspannungen aus verschiedenen Schaltelementen (Spulen und Kontakte).

#### 4.7.3.7 Entladung von Kondensatoren im Primärstromkreis

Die Anlage muss so ausgelegt sein, dass das Risiko eines elektrischen Schlags aufgrund der Ladung eines in ihr befindlichen Kondensators an einem zugänglichen Anschlusspunkt einer externen Versorgung reduziert ist. Sofern die Nennspannung der Versorgung für die Ladung des Kondensators 42,4 V Spitze oder 60 V Gleichspannung nicht überschreitet, wird keine Prüfung auf Gefährdung durch elektrischen Schlag benötigt,

Die Anlage und die ihr zugrunde liegenden Stromlaufpläne werden auf Übereinstimmung geprüft. Dabei ist die Möglichkeit der Unterbrechung der Stromversorgung durch Ein/Aus-Schalter in jeder Position zu berücksichtigen.

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn jeder Kondensator mit einer Nenn-Kapazität von über 0,1  $\mu\text{F}$  innerhalb seines Versorgungskreises eine Vorrichtung zur Entladung besitzt, deren Zeitkonstante

- 1 s für Brennstoffzellenanlagen für Haus-Anwendungen; oder
- 10 s für Brennstoffzellenanlagen in Telekommunikations-, kommerziellen und industriellen Anwendungen;

nicht übersteigt.

Die maßgebliche Zeitkonstante ist das Produkt der effektiven Kapazität (in  $\mu\text{F}$ ) und des effektiven Entladungswiderstands (in  $\text{M}\Omega$ ). Wenn es Schwierigkeiten bereitet, die effektive Kapazität und die Widerstandswerte zu ermitteln, kann eine Messung des Spannungsabfalls am externen Anschlusspunkt durchgeführt werden. In diesem Fall muss ein Messinstrument verwendet werden, das eine Eingangsimpedanz aus einem Widerstand von  $100 \text{ M}\Omega \pm 5 \text{ M}\Omega$  und einer Eingangskapazität von  $20 \text{ pF} \pm 5 \text{ pF}$  aufweist.

#### 4.7.3.8 Kriechströme, Abstände und Isolierstärken

Die Anforderungen der IEC 60950-1, 2.10, hinsichtlich Abständen, Kriechstromstrecken und Isolierstärken sind anzuwenden.

ANMERKUNG 1 Kriechstromstrecken und Abstände für Komponenten in Gefährdungsbereichen der Zone 2 sind größer als die für nicht eingestufte elektrische Bauteile der IEC 60950-1. Siehe hierzu IEC 0079-15 und 4.6 *Brand- und Explosionsschutz* dieses Standards.

ANMERKUNG 2 Diese Anforderung wird normalerweise nur bei anwendungsspezifischen Schaltkreisen oder Abstandsisolatoren angewandt.

### 4.7.4 Verdrahtung, Verbindungen und Versorgung

#### 4.7.4.1 Schutz vor Verdrahtungsfehlern

Kabel, Kabelverbinder und Stecker einzelner Komponenten müssen mit Nummern, Buchstaben, Symbolen oder Kombinationen daraus gekennzeichnet sein; außer die Komponente

- a) enthält Vorrichtungen, die Verbindungsfehler physikalisch ausschließen; oder
- b) der Anschluss besteht ausschließlich aus zwei Kabeln oder Steckern, deren Verwechslung die Funktion der Komponente nicht verändert.

#### 4.7.4.2 Bemessungsstrom und Überstromschutz

Der Leitungsquerschnitt interner Verdrahtung und der verbindenden Verkabelung muss der unter normalen Betriebsbedingungen auftretenden Stromstärke entsprechen, damit die maximal zulässige Betriebstemperatur der Isolierung nicht überschritten wird.

Die interne Verdrahtung einschließlich Stromschienen und Verbindungskabeln zur Verteilung der Anschlussleistung ist durch entsprechend ausgelegte Schutzeinrichtungen gegen Überstrom und Kurzschluss zu schützen. Nicht direkt in der Verteilung befindliche Verbindungen benötigen keinen Schutz, wenn gezeigt werden kann, dass das Auftreten von Gefährdungen unwahrscheinlich ist (z. B. Anzeigekekreise).

Nach nicht-normalen Betriebszuständen oder nach Auftreten eines Einzelfehlers muss die Anlage in einem dieser Norm entsprechenden, für den Bediener sicheren Zustand verbleiben. Sie muss jedoch nicht in vollem Umfang betriebsbereit bleiben. Die Anwendung von Schmelzsicherungen, thermischen Sicherungen, Überstromschutzeinrichtungen und dergleichen ist erlaubt.

Die Anlage wird hinsichtlich aller möglichen, im Normalbetrieb zulässigen Betriebszustände und hinsichtlich vorhersehbarer Fehlanwendung überprüft. Dies schließt das Kurzschließen freiliegender, blanker oder nicht ausreichend geschützter SELV-Stromkreis-Kontakte ein.

ANMERKUNG 1 Überlast-Schutzeinrichtungen von Komponenten können den Schutz zugehöriger Verdrahtung gewährleisten.

ANMERKUNG 2 Interne Verschaltungen zu einem Hauptanschluss erfordern möglicherweise individuellen Schutz in Abhängigkeit von reduzierten Leiterquerschnitten oder der Länge des Verbindungskabels.

#### 4.7.4.3 Schutz gegen mechanische Beschädigung

Kabelkanäle müssen glatt und frei von scharfen Ecken und Kanten geführt werden. Kabel sind vor Kontakt mit Gittern, Kühlrippen, sich bewegenden Teilen etc. zu schützen, die die Zerstörung der Isolierung der Leiter bewirken könnten. Öffnungen in Metallen, durch die isolierte Leitungen geführt werden, müssen glatte gerundete Oberflächen aufweisen oder sind mit Inliner-Buchsen auszurüsten.

Enger Kontakt von Leitungen zu Drahtstützen und dergleichen ist gestattet, wenn sichergestellt ist, dass jegliche Beschädigung der Isolierung zu keiner Gefährdung führt, oder wenn ausreichender mechanischer Schutz durch das Isoliersystem selbst gewährleistet ist.

#### 4.7.4.4 Sicherung der internen Verdrahtung

Interne Verdrahtung ist so zu führen, zu unterstützen, zu befestigen und abzusichern, dass die Wahrscheinlichkeit

- von übermäßiger Beanspruchung des Drahtes oder der Steckverbinder;
- des Lösens der Steckverbinder;
- der Beschädigung der Isolierung;

weitgehend reduziert wird.

#### 4.7.4.5 Schrauben für elektrische Kontaktpressung

Wo elektrischer Kontaktdruck erforderlich ist, muss eine Schraube mit mindestens 2 vollständigen Gewindegängen in einer metallischen Platte, einer metallischen Mutter oder eines metallischen Einsatzes verwendet werden. Schrauben aus Isoliermaterial dürfen für elektrische Verbindungen einschließlich Schutzterdung nicht verwendet werden. Sie dürfen auch nicht da verwendet werden, wo ihr Ersatz durch metallische Schrauben zusätzliche Isolierung oder verstärkte Isolierung beeinträchtigen könnte.

Wenn Schrauben aus Isoliermaterial zu anderen Sicherheitsaspekten beitragen können, müssen sie mindestens zwei komplette Gewindegänge tief eingedreht werden.

Schrauben mit metallischen Beilagscheiben dürfen für die Verbindung stromführender Teile nicht verwendet werden; es sei denn, sie verbinden diese Teile direkt miteinander und sind mit geeigneten Vorrichtungen zur Blockierung versehen.

Selbstschneidende (gewindeschneidende oder Gewindegänge formende) Schrauben dürfen für die elektrische Verbindung von aktiven Teilen nicht verwendet werden, es sei denn, sie erzeugen ein vollständig ausgeführtes Standard-Maschinengewinde. Darüber hinaus dürfen solche Schrauben nicht für Kontakte verwendet werden, die für Nutzer oder Bediener zugänglich sind; es sei denn, das Gewinde ist als Gesenkpressteil ausgeführt.

Schrauben und Muttern zur Fixierung externer Versorgungsleitungen müssen Gewinde nach ISO 261 oder ISO 262 aufweisen oder in Steigung und mechanischer Festigkeit vergleichbar sein (z. B. Einheitsgewinde)

Zur Befestigung anderer Komponenten dürfen sie nicht dienen, außer wenn sie zusätzlich zur Befestigung interner Verbindungsleitungen zulässig sind. Dabei ist vorausgesetzt, dass diese Verbindungen so angeordnet sind, dass bei Anschluss der Versorgungsleitung ein Verschieben ausgeschlossen ist.

Eingebaute Anschlüsse einer Komponente, z. B. eines Schalters, dürfen als Anschlüsse für externe Hauptversorgungsleitungen verwendet werden.

#### 4.7.4.6 Isoliermaterialien für elektrische Verbindungen

Isoliermaterialien elektrischer Verbindungen können bei beginnender Überhitzung der Verbindungen erweichen. Dies kann zu weiterer Lösung der Verbindung und damit verbundener weiterer Erwärmung führen.

Elektrische Verbindungen einschließlich der Schutzerdefunktion müssen so ausgeführt werden, dass der Kontaktdruck nicht durch Isoliermaterial aufgebracht wird, es sei denn, es ist genügend Elastizität in den metallischen Teilen, um jegliche mögliche Schrumpfung oder Formänderung des Isolationsmaterials auszugleichen.

#### 4.7.4.7 Leiterenden

Enden von Verbindungsleitungen müssen mit Vorrichtungen versehen sein, die verhindern, dass die Verbinder (z. B. Kabelschuh, Flachstecker) unter Normalbedingungen verschoben werden können und so die Kontaktabstände und die Kriechstromstrecken unter akzeptable Werte abgesenkt werden. Gelötete, geschweißte, gequetschte, schraubenlose (einsteckbare) und ähnliche Leiterenden sind zulässig. Für gelötete Verbinder muss gewährleistet sein, dass der Leiter so angeordnet oder befestigt ist, dass er nicht ausschließlich an der Lötung hängt.

In Mehrweg-Steckern und -Buchsen und wo auch immer Kurzschlüsse auftreten können, müssen Maßnahmen getroffen werden, um Kontakt zwischen Teilen von SELV-Stromkreisen oder TNV-Stromkreisen und Teilen mit gefährdenden Spannungen auszuschließen, selbst bei Abbrechen von Kontaktschuhen oder Kabelbrüchen.

Die Anlage wird durch Inspektion, durch Messungen und, wenn nötig, durch den folgenden Test auf Übereinstimmung mit diesen Anforderungen überprüft.

Eine Kraft von 10 N wird auf den Leiter in der Nähe seines Endpunktes aufgebracht. Der Leiter darf nicht von seinem Verbinder abbrechen oder sich in ihm drehen und dabei die Kontaktabstände und die Kriechstromstrecken unter akzeptable Werte absenken.

Für die Feststellung der Übereinstimmung wird angenommen, dass

- zwei unabhängige Befestigungen sich nicht gleichzeitig lösen;
- Teile nicht für Lockerung verantwortlich sind, wenn sie mit Schrauben oder Muttern befestigt sind, die mit selbst-blockierenden Scheiben oder anderen selbst-blockierenden Maßnahmen ausgerüstet sind.

Beispiele für eine anforderungsgerechte Konstruktion sind:

- eng anliegendes Schlauchmaterial (Schrumpfschlauch) über dem Draht und seinem Anschlusskontakt;
- gelötete Verbinder, die nahe am Verbinder unabhängig von der Lötung fixiert sind;

## — Entwurf —

### E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

- gelötete Verbinder, die vor der Verlötung „eingehakt“ werden, vorausgesetzt, dass die Öffnung, durch die der Leiter geführt wird, nicht unzulässig groß ist;
- geschraubte Verbinder mit einer zusätzlichen Fixierung am Kabelende, die neben der Seele der Leitung auch die Isolierung befestigen;
- geschraubte Verbinder, die mit Kabelabschlüssen versehen sind, deren Lösung unwahrscheinlich ist (z. B. auf den Leiter aufgeschrumpfte Gleitringe). Das Drehen solcher Verbinder ist vorgesehen;
- kurze, steife Verbinder, die in Position selbst bei Lösen der Befestigungsschraube verbleiben.

#### 4.7.4.8 Verdrahtung in Isolierrohren oder Isolierschlauch

Wenn die Leitungsführung in Isolierrohren oder Isolierschläuchen als zusätzliche Isolierung erfolgt, müssen diese durch aktive Maßnahmen fixiert werden.

Beispiele für eine anforderungsgerechte Konstruktion sind:

- Leitungsführung in Isolierrohren oder -schläuchen, die nur durch Trennung entweder des Leiters oder der Isolierung entfernt werden können;
- Leitungsführung in Isolierrohren oder -schläuchen, die an beiden Enden gefasst sind;
- Führung in Schrumpfschläuchen, die gegen die Leitungsisolierung abdichten;
- Leitungsführung in Isolierrohren oder -schläuchen, deren Längen so bemessen sind, dass sie nicht verschoben werden können.

#### 4.7.4.9 Kabel- und Leitungskanäleingänge

Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme sind mit Kabelkanälen, Isolierkanälen, Ausbrechöffnungen, oder Schutzrohrmuffen auszurüsten, die den Anschluss geeigneter Kabel und Leiter ermöglichen.

Anlagenteile, die einen Bemessungsstrom von 16 A nicht überschreiten, müssen mit Kabelkanälen ausgerüstet werden, die geeignet sind für Kabel und Leitungen mit einem Gesamtdurchmesser nach der folgenden Tabelle 6 Dimensionierung von Leitungen und Verbindern für Ausrüstungsteile mit einem Bemessungsstrom bis 16 A. Leitungs- und Kabelkanäle, Ausbrechöffnungen für Versorgungsverbindungen müssen so ausgeführt und platziert sein, dass die Einführung einer Leitung oder eines Kabels den Schutz gegen elektrischen Schlag nicht beeinträchtigt oder die Kontaktabstände und Kriechstromstrecken unter vertretbare Werte absenkt.

**Tabelle 6 – Dimensionierung von Leitungen und Verbindern für Ausrüstungsteile mit einem Bemessungsstrom bis 16 A**

| Anzahl der Leiter, einschließlich der verfügbaren wahrscheinlichen Schutzerdung | Gesamtdurchmesser |              |
|---|-------------------|--------------|
|   | mm                |              |
|   | Leitung           | Leitungsrohr |
| 2   | 13,0              | 16,0 (22,2)  |
| 3   | 14,0              | 16,0 (22,2)  |
| 4   | 14,5              | 20,0 (27,8)  |
| 5   | 15,6              | 20,0 (27,8)  |

ANMERKUNG In Kanada und den Vereinigten Staaten von Amerika sind die Maße in Klammern die Größe der Öffnungen der Leitungsrohre, um handelsübliche ½ Zoll und ¾ Zoll Leitungsrohre anschließen zu können.

Der Raum für die Versorgungsverdrahtung permanent angeschlossener Anlagenteile muss so bemessen sein, dass

- die Leiter einfach eingebracht und angeschlossen werden können;
- ein Lösen der unisolierten Enden eines Leiters von seinen Klemmen unwahrscheinlich ist; oder

- falls sie sich dennoch lösen sollten, nicht in Kontakt mit einem zugänglichen, leitenden, nicht schutzgeerdeten Teil kommen kann; oder
- bevor eine ggf. vorhandene Abdeckung geschlossen und geprüft werden kann, ob die Leiter ordnungsgemäß verbunden und positioniert sind;
- vorhandene Abdeckungen, sofern vorhanden, ohne Risiko der Beschädigung der Versorgungsleitungen oder deren Isolierungen befestigt werden können; und
- vorhandene Abdeckungen, sofern vorhanden, die den Zugang zu Klemmen ermöglichen, mit gewöhnlichen Werkzeugen entfernt werden können.

#### **4.7.5 Abschließen von der Hauptversorgung**

##### **4.7.5.1 Abschaltung**

Alle elektrischen Unterbrechungseinrichtungen zur Abschaltung der Stromversorgung sind für die Sicherheit des Service-Personals mit Maßnahmen zur physikalischen Abschaltung auszurüsten, um die unbeabsichtigte Wiedereinschaltung vor Abschluss der Service-Arbeiten zuverlässig zu verhindern.

ANMERKUNG Informationen zur Wartung von Teilen der Anlage mit und ohne Öffnung der Abschalteinrichtungen werden bereitgestellt.

##### **4.7.5.2 Abschalteinrichtungen**

Abschalteinrichtungen für die Brennstoffzellen-Energieanlagen sind vorzusehen, um sie von der Drehstrom-Wechselstrom- oder Gleichstromversorgung während der Wartungsarbeiten durch qualifiziertes Personal zu trennen. Diese Einrichtungen können im Wartungsbereich der Anlage oder außerhalb der Anlage platziert werden.

Diese Abschalteinrichtungen müssen für den Überspannungsbereich der vorgesehenen Anwendung geeignet sein.

Wenn eine Abschalteinrichtung innerhalb der Anlage eingebaut ist, muss sie sich so nahe wie möglich an der Eingangsstelle der Versorgungsleitung befinden. Zulässig sind Funktionsschalter als Abschaltvorrichtungen, vorausgesetzt, sie erfüllen alle Anforderungen für Abschalteinrichtungen.

Bei stationären Brennstoffzellen-Energiesystemen muss sich die Abschalteinrichtung innerhalb der Anlage befinden, es sei denn, in den Hersteller-Anweisungen zur Errichtung ist festgelegt, dass eine geeignete Abschalteinrichtung außerhalb der Anlage aufzubauen ist.

##### **4.7.5.3 Anlagenteile, die angeschaltet bleiben**

Anlagenteile auf der Versorgungsseite der Trenneinrichtung, die weiter unter Spannung stehen, wenn die Trenneinrichtung ausgeschaltet wurde, sind zu schützen und zu kennzeichnen, um die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten Berührens durch Wartungspersonal zu reduzieren.

##### **4.7.5.4 Durchführung der Abschaltung**

Das Betätigungsmittel für die Trenneinrichtung ist vertikal zu betätigen anstelle eines Drehens oder einer waagerechten Bedienung. Die Aufwärtsposition des Betätigungsmittels muss die „EIN“-Position sein.

##### **4.7.5.5 Drehstromanlagen**

Im Fall von Drehstromanlagen muss die Trenneinrichtung gleichzeitig alle Außenleiter trennen. Ausrüstungen, die einen Anschluss an den Neutralleiter eines IT-Systems benötigen, sind mit einer 4-poligen Trenneinrichtung auszurüsten, die alle Außenleiter und den Neutralleiter trennen. Wenn dieses 4-polige Gerät nicht vorhanden ist, müssen die Errichtungsbestimmungen die Anforderung für ein solches Gerät außerhalb der Anlage enthalten. Wenn eine Abschalteinrichtung die neutrale Phase abschaltet, müssen alle anderen (drei) Phasen gleichzeitig abgeschaltet werden.

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

#### 4.7.5.6 Einphasige und Gleichstromanlagen

Eine Trenneinrichtung innerhalb oder als Teil der Anlage muss beide Pole gleichzeitig abschalten, außer

- wenn es möglich ist, den geerdeten Leiter in der Gleichstromversorgung, oder den geerdeten Neutralleiter in einer Wechselstromversorgung, eindeutig zu identifizieren. Dann darf eine 1-polige Trenneinrichtung verwendet werden, die den nicht geerdeten Außenleiter trennt; oder
- wenn es nicht möglich ist, den geerdeten Leiter in der Gleichstromversorgung, oder den geerdeten Neutralleiter in einer Wechselstromversorgung, nicht eindeutig zu identifizieren, und die Anlage nicht mit einer 2-poligen Trenneinrichtung versehen ist, müssen die Errichtungsbestimmungen ein solches Gerät außerhalb der Anlage fordern.

#### 4.7.5.7 Not-Aus-Schalter

Die Brennstoffzellen-Energieanlage ist mit einem einzigen integrierten Not-Aus-Schalter oder mit einem Anschluss für einen externen Not-Aus-Schalter auszurüsten, der die weitere Versorgung der Anlage in jedem beliebigen Betriebszustand unterbrechen kann. Wenn die Trennung der Versorgung auf die elektrische Anlage des Gebäudes übertragen wird, müssen die Errichtungsvorschriften dies fordern.

Mit Steckern verbundene Brennstoffzellen-Energieanlagen benötigen keine Not-Aus-Schaltvorrichtung, wenn der Stecker diese Aufgabe übernehmen kann.

### 4.7.6 Potentialausgleich und Erdung

#### 4.7.6.1 Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems

Das Schutzleitersystem darf nicht unterbrochen werden, wenn ein Teil aus welchen Gründen auch immer (z. B. aus Wartungsgründen) entfernt wird.

Anschlüsse und Schutzleiteranschlusstellen müssen so ausgeführt werden, dass ihre Stromtragfähigkeit nicht von mechanischen, chemischen oder elektrochemischen Einflüssen verändert wird.

Flexible oder steife metallische Führungen und metallische Kabelabschirmungen dürfen nicht als Schutzleiter dienen. Darüber hinaus müssen diese metallischen Führungen und Abschirmungen aller Verbindungskabel (Kabelarmierung, Bleiabschirmung) an das Schutzleitersystem angeschlossen werden.

Wenn elektrische Ausrüstung auf Deckeln, Türen oder Laschen montiert ist, muss die durchgehende Verbindung des Schutzleitersystems gewährleistet sein.

#### 4.7.6.2 Ausschluss von Schalteinrichtungen aus dem Schutzleitersystem

Das Schutzleitersystem darf keine Schalteinrichtung oder Überstromschutzeinrichtung (z. B. Schalter, Sicherung) enthalten. Es darf keine Mittel zur Unterbrechung geben.

#### 4.7.6.3 An das interne Schutzleitersystem angeschlossene Teile

Zugängliche leitende Anlagenteile, von denen angenommen werden muss, dass sie im Falle eines Einzelfehlers der Isolierung gefährdende Spannungen führen, müssen zuverlässig an eine Schutzerde-Klemme innerhalb der elektrischen Ausrüstung angeschlossen sein.

Diese Anforderung ist nicht anwendbar auf zugängliche leitende Anlagenteile, die von gefährdender Spannung führenden Teilen getrennt sind durch

- geerdete metallische Teile;
- feste Isolierung oder Luftspalt oder eine Kombination aus beiden, sofern die Anforderungen doppelter Isolierung oder verstärkter Isolierung eingehalten sind. In diesem Fall sind die Teile so zu fixieren, dass die minimalen Abstände auch bei Aufbringung von geeigneten Kräften sicher eingehalten werden.

Die Schutzleiter-Anschlussstellen dürfen keine weitere Funktion haben und dürfen z. B. nicht dafür vorgesehen werden, um Geräte oder Anlagenteile zu befestigen. Jeder Schutzleiter-Verbindungspunkt muss als solcher markiert oder beschriftet werden unter Anwendung des Symbols IEC 60417-5019 (DB:2002-10) oder nach Bild 2 *Erdungssymbol* oder durch Kennzeichnung mit der Farbkombination Grün-Gelb. Die Buchstaben PE dürfen zusätzlich benutzt werden.

ANMERKUNG In den USA und Kanada darf anstelle der Grün-Gelb-Kombination lediglich Grün verwendet werden.

#### 4.7.6.5 Klemme für den Anschluss an das externe Schutzerdungssystem

##### 4.7.6.5.1 Für jeden externen Stromkreis muss in der Nähe der zugehörigen Klemmen für die Außenleiter eine Klemme vorgesehen werden für den Anschluss des Schutzleiters

4.7.6.5.2 Die Klemme für den Anschluss an das externe Schutzleitersystem muss mit den Worten „ERDE“, den Buchstaben „GND“ oder „GRD“, dem Buchstaben „G“, der Farbe GRÜN oder dem Symbol nach Bild 2 *Erdungssymbol* gekennzeichnet sein.



Bild 2 – Erdungssymbol

#### 4.7.7 Überstromschutz und Erdschluss-Schutz

##### 4.7.7.1 Schutzeinrichtungen

Schutzeinrichtungen gegen Überströme, Kurzschlüsse und Erdschlüsse in Eingangs- und Ausgangstromkreisen sind entweder als fest eingebauter Teil der elektrischen Ausrüstung oder als Teil der Gebäudeinstallation vorzusehen.

##### 4.7.7.2 Schutz von Batteriestromkreisen

Innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems sind Gleichstromversorgungen mit einer Schutzeinrichtungen auszurüsten, die sich zwischen den Gleichspannungsanschlüssen und allen anderen Komponenten befinden, die Kurzschluss verursachen können, z. B. Kondensatoren, Halbleiter oder ähnliche Bauteile.

Sofern sich Gleichstromquellen außerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems befinden, sind in der Bedienungsanleitung die Bemessungsdaten der Überstromschutzeinrichtung anzugeben. Diese müssen den Bemessungsstrom der Leitungsverbindung zwischen dem Brennstoffzellen-Energiesystem und der Gleichstromquelle berücksichtigen.

#### 4.8 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Das Brennstoffzellen-Energiesystem darf keine elektromagnetischen Störungen oberhalb des für den vorgesehenen Einsatzort zulässigen Niveaus erzeugen. Darüber hinaus muss das Gerät eine ausreichende Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen aufweisen, so dass es bestimmungsgemäß in der geplanten Umgebung arbeiten kann. Soweit anwendbar muss das Brennstoffzellen-Energiesystem den folgenden Normen entsprechen: IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-4, IEC 61000-3-5, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3 und IEC 61000-6-4.

## 4.9 Regelungssysteme und Schutz-/Sicherheitskomponenten

### 4.9.1 Allgemeine Anforderungen

**4.9.1.1** Die Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse nach 4.1.2 muss die Grundlage für die Einstellung der Schutzparameter der Sicherheitskreise darstellen.

**4.9.1.2** Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen, dass der Einzelfehler eines Bauteils nicht zu einem gefahrbringenden Zustand kaskadiert. Mittel zur Verhinderung von verketteten Ausfällen schließen ein, sind jedoch nicht begrenzt auf:

- Schutzeinrichtungen im Brennstoffzellen-Energiesystem (z. B. trennende Schutzeinrichtungen, Auslöseinrichtungen);
- Schutzverriegelung des elektrischen Stromkreises;
- Verwendung von erprobten Schaltungstechniken und Komponenten;
- Vorsehen von teilweiser oder vollständiger Redundanz und Diversität;
- Vorsehen von Funktionsprüfungen.

Hinweise zur Auslegung von elektrischen, elektronischen und programmierbaren Steuerungen können IEC 61508 und IEC 61511-1 entnommen werden.

### 4.9.2 Regelungssysteme

Automatische elektrische und elektronische Regelungen für Brennstoffzellen-Energiesysteme sind so auszulegen und zu konstruieren, dass sie sicher und zuverlässig sind. Brennstoffzellen-Energiesysteme für den Einsatz in Haushalten, im Gewerbe und in der Leichtindustrie müssen IEC 60730-1 entsprechen.

Automatische elektrische Brennerregelungssysteme müssen IEC 60730-2-5 entsprechen.

Automatische elektrische Regelungssysteme für katalytische Oxidationsreaktoren müssen, soweit anwendbar, IEC 60730-2-5 entsprechen. Besondere Anforderungen sind in 4.6.3 *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in katalytischen Brennstoffoxidationssystemen (Katalytische Brenner)* aufgeführt.

Handbetätigte Regler sind eindeutig zu kennzeichnen und auszulegen, um unbeabsichtigte Verstellung und Betätigung zu verhindern.

Im Einzelnen gelten die folgenden Anforderungen:

#### 4.9.2.1 Start

Der Betriebsstart darf nur dann möglich sein, wenn alle Sicherheitseinrichtungen eingebaut sind und in Betrieb sind.

Geeignete Verriegelungen müssen eingesetzt werden, damit der richtige Ablauf der einzelnen Startschritte sichergestellt wird.

Es muss einer automatischen Anlagensteuerung möglich sein, im Automatik-Modus einen erneuten Start nach einem Stopp auszulösen, sofern die Sicherheitsbedingungen erfüllt sind. Es muss ebenso möglich sein, das Brennstoffzellen-Energiesystem mittels absichtlicher Betätigung einer zu diesem Zweck vorgesehenen Regeleinrichtung erneut zu starten, sofern dieser erneute Start nachweislich nicht gefahrbringend ist.

Diese Anforderungen gelten nicht für den erneuten Start eines Brennstoffzellen-Energiesystems aufgrund des normalen Ablaufs eines automatischen Betriebszyklus.

#### 4.9.2.2 Abschalten

Entsprechend der Zuverlässigkeitsbewertung nach 4.1.2 und den funktionalen Anforderungen des Brennstoffzellen-Energiesystems sind folgende Arten von Abschaltungen vorzusehen:

- Sicherheitsabschaltungen  
Eine Sicherheitsabschaltung ist bei Betrieb mit Luftüberschuss die Abschaltung der Haupt-Brennstoffstromregelung, bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss die Abschaltung sowohl der Prozessluft als auch der Haupt-Brennstoffstromregelung, als Antwort auf das Auslösen eines Grenzwertgebers, einer Abschaltung oder der Feststellung eines internen Systemfehlers.
- Kontrollierte Abschaltung  
Eine kontrollierte Abschaltung ist bei Betrieb mit Luftüberschuss die Abschaltung der Haupt-Brennstoffstromregelung, bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss die Abschaltung sowohl der Prozessluft- als auch der Haupt-Brennstoffstromregelung, als Antwort auf das Öffnen eines Überwachungskreises durch eine Regeleinrichtung, wie etwa einem Thermostat. Das System kehrt daraufhin in die Startposition zurück.

#### 4.9.2.2.1 Sicherheitsabschaltungen

##### a) Allgemeines

Sicherheitsabschaltungen sind in das Brennstoffzellen-Energiesystem zu integrieren, um gegenwärtige oder drohende Gefährdungen abzuwehren, die nicht durch Regelungen beherrscht werden können. Diese Funktionen müssen

- die gefahrbringenden Zustände abstellen, ohne zusätzliche Gefährdungen zu erzeugen;
- bestimmte Sicherheitsfunktionen einleiten oder deren Einleitung zulassen, sofern erforderlich;
- jegliche andere Funktionen und Abläufe in jeglichen Modi aufheben;
- verhindern, dass eine Rücksetzung einen Neustart auslöst;
- Neustart-Verriegelungen aufweisen, so dass ein erneuter Startbefehl im Normalbetrieb nur dann ausgeführt wird, wenn die Neustart-Verriegelungen bewusst zurückgesetzt wurden.

##### b) Not-Halt

Handbetätigte Sicherheitsabschaltungen d. h. Not-Halt, sofern aufgrund der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse nach 4.1.2 erforderlich, müssen eindeutig zu identifizierende, gut sichtbare und schnell zugängliche Bedienelemente nach ISO 13850 aufweisen.

##### c) Regelungsfunktionen bei Ausfall des Regelungssystems

Im Fall eines Fehlers in der Logik des Regelungssystems oder eines Ausfalls oder der Beschädigung der Hardware des Regelungssystems

- darf das Brennstoffzellen-Energiesystem nicht daran gehindert werden, weiter herunterzufahren, wenn ein Stopp-Befehl vorliegt;
- darf das automatische oder manuelle Anhalten beweglicher Teile nicht behindert werden;
- müssen die Schutzeinrichtungen vollständig in Funktion bleiben;
- darf das Brennstoffzellen-Energiesystem keinen unerwarteten Neustart ausführen.

Sofern eine Schutzeinrichtung oder eine Verriegelung eine Sicherheitsabschaltung des Brennstoffzellen-Energiesystems auslöst, ist dieser Zustand an die Logik des Regelungssystems weiterzuleiten. Das Zurücksetzen der Abschaltfunktion darf keinerlei gefahrbringende Zustände zur Folge haben. Regelungs- und Überwachungssysteme, die in einer Gefährdungssituation sicher betrieben werden können, dürfen weiter unter Spannung stehen, um Informationen über das System zu liefern.

#### 4.9.2.2.2 Geregelte Abschaltung

Regelabweichungen, die sicher kontrolliert werden können oder die keine unmittelbare Gefahr darstellen, dürfen durch eine geregelte Abschaltung behoben werden. Eine geregelte Abschaltung darf entweder sämtliche Energieversorgung des Gerätes abschalten oder aber die Antriebselemente des Brennstoffzellen-Energiesystems weiterhin mit Energie versorgen.

#### 4.9.2.3 Freigaben

Freigaben sind entsprechend den Anforderungen einzuführen, die aufgrund der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse nach 4.1.2 aufgestellt wurden. Eine „Freigabe“ ist definiert als eine Bedingung innerhalb einer logischen Abfolge, die erfüllt sein muss, bevor innerhalb der Abfolge zum nächsten Abschnitt übergegangen werden darf.

#### 4.9.2.4 Zusammengesetzte Installationen

Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem so ausgelegt ist, dass es gemeinsam mit anderer Ausrüstung betrieben wird, müssen die Abschaltvorrichtungen des Brennstoffzellen-Energiesystems, einschließlich des Not-Halts, mit Mitteln wie Signalschnittstellen versehen sein, die eine zwischen vor- und nachgeschalteten Geräten abgestimmte Abschaltung des Brennstoffzellen-Energiegerätes, soweit zutreffend, ermöglichen, sofern der weitere Betrieb gefahrbringend sein kann.

#### 4.9.2.5 Betriebsarten

- a) Es sind zwei primäre Betriebsarten vorzusehen: EIN und AUS

Während des EIN-Modus sind die Komponenten des Brennstoffzellen-Energiesystems aktiviert und in Betrieb, soweit zur Lieferung von Energie erforderlich. Ebenfalls als EIN-Modi werden die folgenden Bedingungen betrachtet:

- Bereitschaft (keine Netto-Leistungsabgabe);
- automatischer Start aktiviert (die Antriebselemente des Stromerzeugers werden weiterhin mit Energie versorgt);

im AUS-Modus ist sämtliche Energiezufuhr zum Brennstoffzellen-Energiesystem abzuschalten, und die Anlage muss in Ruhe sein, oder es muss das Brennstoffzellen-Energiesystem gerade mit so viel Energie versorgt werden, um eine Beschädigung von Bauteilen zu verhindern, und die Anlage muss sich außer Betrieb befinden.

- b) Es sind zwei primäre Übergänge vorzusehen: Anfahren und Abschalten

Anfahren ist der automatische Übergang von AUS zu EIN und ist durch einen von außen kommenden Befehl auszulösen. Abschalten ist der automatische Übergang von EIN zu AUS. Es darf entweder durch einen von außen kommenden Befehl ausgelöst werden oder durch ein internes Signal als Antwort auf eine durch die Regelung des Brennstoffzellen-Energiesystems festgestellte Überschreitung von Grenzwerten.

- c) Sekundäre Betriebs- und Übergangsarten dürfen, soweit erforderlich, vorgesehen werden, z. B. um verschiedene Leistungsabgaben zu ermöglichen oder zu Einstell-, Wartungs- und Inspektionszwecken.

- d) Betriebsartenwahl

Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem derart ausgelegt und aufgebaut ist, dass es in verschiedenen Regelungs- oder Betriebsarten betrieben werden kann, die verschiedenen Sicherheitsebenen entsprechen (z. B. zur Ermöglichung von Einstell-, Wartungs- und Inspektionsarbeiten), muss eine Betriebsartenwahl in einer Weise möglich sein, die in jeder Position verriegelt werden kann. Jede Position des Wahlschalters muss einer bestimmten Betriebsart oder einem Regelungsmodus zugeordnet sein und ist mit Neustartverriegelungen auszustatten. Ein erneuter Startbefehl darf im normalen Betriebsmodus nur dann umgesetzt werden, nachdem die Neustartverriegelungen bewusst zurückgesetzt wurden. Die Betriebsartenwahl muss durch jegliche verriegelbare Einrichtungen zulässig sein, z. B. Rastschalter, Schlüsselschalter oder Softwarebefehl, so dass der unbeabsichtigte Wechsel zu einer anderen Betriebsart verhindert wird, die zu einem gefahrbringenden Zustand führen kann. Der Wahlschalter darf so ausgelegt werden, dass der Eingriff für den Benutzer auf bestimmte Betriebsarten des Brennstoffzellen-Energiesystems beschränkt ist (z. B. Zugangscodes für bestimmte numerisch geregelte Funktionen usw.).

Die ausgewählte Betriebsart muss alle anderen Regelungssysteme überschreiben, mit Ausnahme der Sicherheitsabschaltung.

#### 4.9.2.6 Abgesetzte Überwachungs- und Steuerungssysteme

Brennstoffzellen-Energiesysteme, die aus der Entfernung gesteuert werden können, müssen einen lokalen, gekennzeichneten Schalter oder andere Mittel aufweisen, um das Brennstoffzellen-Energiesystem von Fernsignalen zu trennen, die ausgelöst werden können, während ein lokaler Bediener Inspektions- oder Wartungsarbeiten durchführt. Für abgesetzte Überwachungs- und Regelungssysteme gilt:

- a) sie sind nur zulässig in Brennstoffzellen-Energiesystemen, in denen eine abgesetzte Regelung nicht zu einem unsicheren Zustand führen kann;
- b) sie dürfen lokal eingestellte Sicherheitsregelungen nicht überschreiben.

#### 4.9.3 Schutz- und Sicherheitselemente

- a) Geeignete Schutzeinrichtungen und Kombinationen aus diesen umfassen
  - Schutzgeräte;
  - sofern geeignet, angemessene Überwachungseinrichtungen, wie Anzeigen und/oder Alarme, die das Ergreifen geeigneter Maßnahmen, entweder automatisch oder manuell, ermöglichen, um das Brennstoffzellen-Energiesystem innerhalb der zulässigen Grenzen zu halten.
- b) Schutzgeräte müssen
  - in der Weise ausgelegt und konstruiert sein, dass sie entsprechend ihrem vorgesehenen Einsatzzweck verlässlich und geeignet sind, unter Berücksichtigung der Wartungs- und Prüfanforderungen des Geräts, wo zutreffend;
  - ihre Sicherheitsfunktion unabhängig von möglichen anderen Funktionen ausüben;
  - mit den entsprechenden Auslegungsgrundsätzen übereinstimmen, um angemessenen und verlässlichen Schutz zu gewähren. Diese Grundsätze umfassen insbesondere fehlersichere Modi, Redundanz, Diversität und Selbstdiagnose.
- c) Gefährliche Überlastungen der Ausrüstung müssen im Rahmen der Auslegung durch Mittel, wie integrierte Messungen, Regelungen und Überwachungseinrichtungen, verhindert werden, etwa durch Überstromabschalter, Temperaturbegrenzer, Differenzdruckschalter, Strömungsmesser, Verzögerungsrelais, Überdrehzahlüberwachung und/oder ähnliche Arten von Überwachungseinrichtungen.
- d) Schutzgeräte mit einer Messfunktion müssen in der Weise ausgelegt und konstruiert sein, dass sie den vorhersehbaren Betriebsanforderungen sowie besonderen Bedingungen während des Betriebs standhalten. Sofern erforderlich, muss es möglich sein, die Messgenauigkeit und Betriebsfähigkeit der Geräte zu prüfen. Diese Geräte müssen einen Sicherheitsfaktor besitzen, der sicher stellt, dass die Alarmschwelle weit genug außerhalb der Grenzen liegt, die aufzuzeichnen sind, wobei insbesondere die Betriebsbedingungen der Anlage sowie mögliche Abweichungen des Messsystems zu berücksichtigen sind.
- e) Drucküberwachungsgeräte, wie etwa Druckschalter, müssen IEC 60730-2-6 entsprechen.
- f) Temperaturüberwachungseinrichtungen müssen eine angemessen sichere Antwortzeit entsprechend der Messfunktion nach IEC 60730-2-9 besitzen.
- g) Gassensoren, die der Sicherheit dienen, müssen IEC 60079-29-1 entsprechen.
- h) Alle Bauteile des Brennstoffzellen-Energiesystems, die im Rahmen der Herstellung eingestellt oder justiert werden, und die nicht durch den Betreiber oder Installateur verstellt werden sollten, müssen in geeigneter Weise gesichert werden.
- i) Hebel und andere Regelungs- und Einstelleinrichtungen müssen eindeutig gekennzeichnet sein und mit geeigneten Anweisungen versehen werden, um jegliche Fehlbedienung auszuschließen. Ihre Ausführung muss eine versehentliche Betätigung ausschließen.

#### 4.10 Pneumatisch und hydraulisch betriebene Ausrüstung

Pneumatische und hydraulische Ausrüstung des Brennstoffzellen-Energiesystems ist nach ISO 4414 und ISO 4413 auszulegen.

## 4.11 Ventile

### 4.11.1 Absperrventile

- a) Sämtliche Ausrüstung und Systeme, in denen das Zurückhalten oder Absperrern von Prozessfluidströmen während Abschaltung, Prüfung, Wartung, Störung oder unter Notfallbedingungen erforderlich ist, sind mit Absperrventilen auszustatten.
- b) Absperrventile sind für den Betriebsdruck, die Betriebstemperatur und die Fluideigenschaften zu bemessen.
- c) Antriebselemente an Absperrventilen müssen hinsichtlich ihrer Bemessungstemperatur so ausgelegt werden, dass sie der zusätzlichen, vom Ventilkörper abgeleiteten Wärme standhalten.
- d) Elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch betätigte Absperrventile müssen von einer Art sein, dass sie bei Verlust der Antriebsenergie in eine ausfallsichere Position fahren.

### 4.11.2 Brennstoffversorgungsventile

Brennstoffversorgungsventile müssen den folgenden Anforderungen entsprechen:

- a) Jeglicher Brennstoff, mit dem das Brennstoffzellen-Energiesystem versorgt wird, muss mindestens zwei hintereinander geschaltete automatische Ventile passieren, von denen je eines als Betriebsventil und eines als Sicherheitsabsperrventil fungiert.
- b) Jeglicher Brennstoff, mit dem brennstoffgefeuere Ausrüstung direkt versorgt wird, wie Anfahrkessel oder Brenner zum Start eines Reformers, muss ebenfalls mindestens zwei hintereinander geschaltete automatische Ventile passieren, von denen je eines als Betriebsventil und eines als Sicherheitsabsperrventil fungiert. Diese Ventile können, müssen jedoch nicht, in einem gemeinsamen Regelungsgehäuse enthalten sein.
- c) Elektrisch betätigte Brennstoffversorgungsventile müssen den Anforderungen von IEC 60730-2-17 oder IEC 60730-2-19, soweit zutreffend, entsprechen.
- d) Sofern Brenngase aus Geräten wieder verwendet werden, wobei das Abgas des Brennstoffzellen-Energiesystems verwandt wird, dürfen bei den Verbindungen die Absperrventile entfallen, sofern dieses nach der Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse nach 4.1.2 als sicher nachgewiesen wurde.

## 4.12 Drehende Teile

### 4.12.1 Allgemeine Anforderungen

- a) Drehende Teile sind für die Drücke, Temperaturen und Fluide auszulegen, denen sie unter normalen Betriebsbedingungen ausgesetzt sein können.
- b) Zu- und Abflussleitungen der Fluide sind auf geeignete Weise vor Beschädigung durch Vibration zu schützen.
- c) Wellendichtungen müssen für die geförderten Fluide sowie für die Betriebstemperaturen und -drücke, die während des normalen und des anomalen Betriebs sowie während normaler und während Notabschaltungen zu erwarten sind, geeignet sein.
- d) Wellendichtungen sind so auszulegen, dass gefahrbringende Undichtigkeiten vermieden werden. Falls aus Wellendichtungen gefahrbringende Flüssigkeiten austreten können, muss der Hersteller Auffangeinrichtungen für gefahrbringende Fluide oder Mittel zur Verdünnung einsetzen, so dass Gesundheits- und Sicherheitsrisiken vermieden werden.
- e) Motoren, Lagerungen und Dichtungen müssen für die geplante Zahl von Arbeitszyklen geeignet sein.

### 4.12.2 Verdichter

**4.12.2.1** Soweit anwendbar, müssen fabrikgefertigte Verdichter einer der folgenden Normen entsprechen: ISO 5388:1981, ISO 10439:2002, ISO 10442:2002, ISO 13707:2000, ISO 10440-1:2000, ISO 10440-2:2001 oder ISO 13631:2002.

**4.12.2.2** Sofern nicht durch die Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanalyse als entbehrlich festgestellt, müssen Verdichter oder Verdichtersysteme mit Folgendem ausgestattet sein:

- a) Druckentlastungseinrichtungen, durch die der Druck jeder Verdichterstufe auf den maximalen Betriebsdruck des Verdichtersylinders und der Verdichterverrohrung begrenzt wird, der der jeweiligen Verdichterstufe zugeordnet ist. Diese Anforderung ist nur anwendbar, wenn der Verdichter Druck erzeugen kann, der den Auslegungsdruck übersteigt.
- b) Einer automatischen Abschaltvorrichtung bei zu hohem Austritts- und zu niedrigem Eintrittsdruck.
- c) Einer Vorrichtung, die abgeblasenes Gas auffängt und zur erneuten Nutzung zurückführt und/oder sicher entlüftet, sofern es erforderlich ist, den Verdichter nach einem Herunterfahren erneut zu starten.
- d) Einer Druckbegrenzungseinrichtung, um einen Überdruck am Eintritt zu vermeiden.

**4.12.2.3** Verdichter, die aufgrund geringer Leistung oder geringem Enddruck nicht von den in 4.12.2.1 aufgeführten Normen betroffen sind, müssen lediglich den Anforderungen nach 4.12.2.2 entsprechen.

Fabrikgefertigte Verdichter mit geringem Enddruck (Lüfter und Gebläse) sind nach ISO 12499 zu schützen (siehe auch 4.4.4).

### 4.12.3 Pumpen

**4.12.3.1** Fabrikgefertigte elektrische Pumpen für Prozessflüssigkeiten müssen ISO 13709 oder ISO 14847 entsprechen, soweit anwendbar.

Fabrikgefertigte elektrische Pumpen für Wasser müssen IEC 60335 2 51 entsprechen, falls anwendbar.

**4.12.3.2** Elektrische Pumpen oder elektrische Pumpensysteme sind mit Folgendem auszurüsten:

- a) Druckentlastungseinrichtungen, durch die der Ein- als auch der Auslassdruck auf einen Wert unterhalb des Drucks der Verrohrung begrenzt wird für den die Verrohrung ausgelegt ist. Sofern der Abschaltdruck der elektrischen Pumpe unterhalb des Bemessungsdrucks der Verrohrung liegt, sind Druckentlastungsventile nicht erforderlich.
- b) Einer automatischen Abschaltvorrichtung zur Abschaltung bei zu hohem Auslassdruck.

**4.12.3.3** Pumpen, die aufgrund geringer Leistung oder eines geringen Enddrucks nicht in den Anwendungsbereich der in 4.12.3.1 aufgeführten Normen fallen, müssen lediglich den Anforderungen nach 4.12.3.2 entsprechen.

### 4.13 Gehäuse

**4.13.1** Gehäuse von Brennstoffzellen-Energiesystemen müssen eine ausreichende Festigkeit, Steifigkeit, Alterungsbeständigkeit, Korrosionsfestigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen andere äußere Einflüsse aufweisen, um sämtliche Bauteile des Brennstoffzellen-Energiesystems und der Verrohrung zu halten und zu schützen und um den Anforderungen an Lagerung, Transport, Errichtung und den Bedingungen am endgültigen Einsatzort zu entsprechen.

**4.13.2** Gehäuse von Brennstoffzellen-Energiesystemen, die für den Einsatz innerhalb geschlossener Räume oder für den Einsatz an wettergeschützten Orten, außerhalb geschlossener Räume vorgesehen sind, sind so auszulegen und zu prüfen, dass sie mindestens der Schutzart IP20 der IEC 60529 entsprechen.

**4.13.3** Brennstoffzellen-Energiesysteme, die zum Einsatz im Freien vorgesehen sind, sind nach Schutzklasse IP23 auszulegen und zu prüfen

**4.13.4** Lüftungsöffnungen sind so auslegen, dass sie unter normalen Betriebsbedingungen weder durch Staub, noch durch Schnee oder Vegetation entsprechend dem geplanten Einsatz blockiert werden.

**4.13.5** Sämtliche Materialien, die in der Konstruktion des Gehäuses zur Anwendung kommen, einschließlich Verbindungselementen, Lüftungen und Türdichtungen, müssen in der Lage sein, den äußeren, chemischen und thermischen Bedingungen während der Lebensdauer des Brennstoffzellen-Energiesystems zu widerstehen, die vernünftigerweise erwartet werden können.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

**4.13.6** Bedienfelder, Abdeckungen oder Isolierungen, die für normale Wartung und normalen Zugang entfernt werden müssen, sind so auszulegen, dass die wiederholte Demontage und der wiederholte Austausch keine Beschädigungen oder Beeinträchtigung der Isolierungswerte zur Folge haben.

**4.13.7** Bedienfelder, Abdeckungen oder Isolierungen, die für normale Wartung und normalen Zugang entfernt werden müssen, dürfen nicht vertauschbar sein, sofern ein Vertauschen zu unsicheren Zuständen führen könnte.

**4.13.8** Jedes Bedienfeld, jede Abdeckung und jede Tür, das (die) dazu bestimmt ist, Einrichtungen vor dem Zugang durch Benutzer und nicht-ausgebildetes Personal zu schützen, muss Mittel aufweisen, durch die es (sie) am Ort verbleibt und muss zur Öffnung die Verwendung eines Werkzeugs, eines Schlüssels oder einen vergleichbaren Mechanismus erfordern. In Einheiten für den privaten Einsatz schließt dies sämtliche Bedienfelder, Abdeckungen und Türen ein.

**4.13.9** Sämtliche Teile eines Brennstoffzellen-Energiesystems, die während der Herstellung eingestellt oder justiert werden und die nicht vom Anwender oder Installateur verändert werden sollten, sind in geeigneter Weise zu schützen.

**4.13.10** Es sind Mittel vorzusehen, durch die gesammelte Flüssigkeiten abgeleitet und entweder nach außen zur Entsorgung geleitet oder aber zu Prozessen innerhalb des Brennstoffzellen-Energiesystems zurück geleitet werden.

**4.13.11** Sofern das Gehäuse vollständig durch Personal betreten werden kann, ist es als abgeschlossener Raum zu betrachten, und es sind entsprechende Leitlinien in die technische Dokumentation des Gerätes aufzunehmen.

#### **4.14 Wärmeisolierungsmaterialien**

Isolationssysteme, die im Brennstoffzellen-Energiesystem zum Einsatz kommen, müssen so ausgelegt sein, dass Folgendes erreicht wird:

- chemische Verträglichkeit mit den zu isolierenden Metallen, der Atmosphäre und den Temperaturen, denen das System ausgesetzt sein wird sowie den verschiedenen Teilen der Isolierung selbst;
- Schutz des Isolationssystems gegen zu erwartende thermisch und mechanisch falsche Behandlung (einschließlich der Beschädigung durch atmosphärische Bedingungen);
- Brandschutz durch die Begrenzung der Oberflächentemperatur wärmeerzeugender Objekte, um zu verhindern, dass Materialien entzündet werden, die in ihrer Nähe sind;
- spätere Zugänglichkeit von Verrohrungen, Armaturen etc. zu Wartungszwecken.

Insbesondere müssen thermische Isoliermaterialien sowie ihre innere Verbindung, die an Teilen des Brennstoffzellen-Energiesystems montiert sind oder Mittel zu deren Haftung an Teilen des Brennstoffzellen-Energiesystems folgenden Anforderungen genügen:

- sie müssen mechanisch oder durch Verklebung an ihrem Platz gehalten werden und sind gegen Ablösung oder Beschädigung durch zu erwartende Belastungen und Wartungstätigkeiten zu schützen;
- sie müssen allen Luftgeschwindigkeiten, Temperaturen und Fluiden, denen sie während des Normalbetriebs ausgesetzt sein können, standhalten können.

Sofern es zur Vermeidung von Gefährdungen für Gesundheit und Sicherheit erforderlich ist, muss der Hersteller die Anforderungen an die Inspektion des thermischen Isolationssystems sowie Sicherheitsanforderungen in der Wartungsanleitung spezifizieren.

#### **4.15 Versorgung**

- a) Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist so auszulegen und zu konstruieren, dass im Fall des Verlusts der Versorgung, das heißt: Unterbrechung der elektrischen Versorgung, des Frischwassers, Kühlwassers, der Steuerluft usw., das System sicher abgeschaltet wird, ohne dass
- 1) eine Gefährdung von Gesundheit oder Sicherheit entsteht;
  - 2) eine dauerhafte Störung oder Beschädigung des Systems eintritt.

- b) Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem Wasser für den Betrieb benötigt, ist es entweder mit einer Verbindung an die lokale Wasserversorgung, entsprechend den anwendbaren regionalen und nationalen Kodes und Normen für Wasserinstallation auszustatten, oder mit einer internen Wasserquelle, oder es ist nachzuweisen, dass das System während des Betriebs Wasser in ausreichender Menge produziert.
- c) Sofern zutreffend, sind Mittel vorzusehen, die einen Rückfluss von Dampf in das Wasseraufbereitungssystem des Brennstoffzellen-Energiesystems verhindern. Ein geeignetes Kontrollventil oder eine vergleichbare Einrichtung entspricht dem Gedanken dieser Vorgabe.

## 4.16 Installation und Wartung

### 4.16.1 Installation

Der Hersteller muss Anleitungen für die richtige Installation, Einstellung, den richtigen Betrieb und die richtige Wartung des Brennstoffzellen-Energiesystems zur Verfügung stellen.

Fehler, die bei der Montage oder der Umrüstung bestimmter Teile wahrscheinlich gemacht werden können und die eine Risikoquelle darstellen könnten, müssen durch die Art der Ausführung dieser Teile minimiert werden oder, wenn dieses nicht möglich ist, durch Informationen, die entweder auf den Teilen selbst und/oder auf den Gehäusen angebracht werden. Die gleiche Information muss auf drehenden Teilen und/oder deren Gehäusen angebracht werden, sofern die Drehrichtung zur Risikovermeidung bekannt sein muss. Jegliche weitere Informationen, die erforderlich sein können, sind in den Anweisungen zu geben.

Sofern fehlerhafte Verbindungen eine Risikoquelle darstellen können, müssen falsche Verbindungen durch die Ausführung der Verbindungen minimiert werden. Ist dieses nicht möglich, so sind entsprechende Informationen auf den Rohrleitungen, den Kabeln und Leitungen usw. und/oder ihren Verbindungsteilen aufzubringen.

Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem Wasser für den Betrieb benötigt, ist es entweder durch eine Verbindung an die lokale Wasserversorgung, entsprechend dem anwendbaren Kode für Wasserinstallation, zu versorgen oder aus einer internen Wasserquelle, oder es ist nachzuweisen, dass das System während des Betriebs Wasser in ausreichender Menge produziert.

### 4.16.2 Wartung

- a) Stellen, an denen Einstellungs-, Schmier- und Wartungsarbeiten durchzuführen sind, sind außerhalb von Bereichen anzuordnen, in denen Personen einem Verletzungs- oder Gesundheitsrisiko ausgesetzt sind, oder es sind Wartungsanweisungen in die Wartungsanleitung des Gerätes, soweit nach 7.4.5 *Wartungsanleitung* erforderlich, aufzunehmen, um Gesundheits- und Sicherheitsrisiken zu vermeiden.
- b) Es muss möglich sein, Einstell- und Wartungsarbeiten, Reparaturen, Reinigung und Kundendienstarbeiten durchzuführen, während sich das Brennstoffzellen-Energiesystem außer Betrieb befindet. Sofern Einstell- und Wartungsarbeiten, Reparaturen, Reinigung und Kundendienstarbeiten durchgeführt werden müssen, während das Brennstoffzellen-Energiesystem in Betrieb ist, muss das Brennstoffzellen-Energiesystem so ausgelegt sein, dass dies ohne Verletzungsrisiko durchgeführt werden kann.
- c) Bauteile automatisierter Brennstoffzellen-Energiesysteme, die häufig ausgetauscht werden müssen, müssen dazu geeignet sein, ohne Verletzungsrisiko entfernt und ersetzt zu werden. Der Zugang zu diesen Teilen muss es ermöglichen, diese Aufgaben unter Einsatz der erforderlichen technischen Mittel (Werkzeuge, Messinstrumente etc.) nach der technischen Dokumentation des Gerätes durchzuführen.
- d) Sofern Sicherheits-Anleitungen und -Diagramme zum Schutz von Gesundheit an das Brennstoffzellen-Energiesystem angebracht sind, müssen sie mittels eines Verfahrens dargestellt sein, dass sie beständig sind und entweder widerstandsfähig gegen die Umgebungseinflüsse des Gebrauchs oder aber vor ihnen geschützt sind.

## 5 Typprüfung

### 5.1 Allgemeine Anforderungen

Eine Geräteausführung, die auf Übereinstimmung mit dieser Norm hin untersucht wird, muss ein repräsentatives Produktionsmuster des Brennstoffzellen-Energiesystems darstellen.

Jede neue Ausführung muss Typprüfungen unterzogen werden. Bauteile, die Bestandteile des Systems sind, die vorab zertifiziert wurden, müssen nicht erneut geprüft werden, sofern sie innerhalb ihrer Bemessungsdaten und Zulassungsanforderungen eingesetzt werden. Die Typprüfungen müssen die Datengrundlage für eine Typenzulassung eines stationären Brennstoffzellenkraftwerkstyps, entsprechend den anwendbaren nationalen und internationalen Rechts- und Verwaltungsvorschriften, vorbereiten.

Typprüfungen sind in einer Prüfumgebung durchzuführen, die die Anwendung der Brennstoffzelle nachbildet, für die das Brennstoffzellensystem ausgelegt wurde, um die erforderlichen Betriebsbedingungen zu erhalten. Insbesondere muss die Prüfumgebung für Typprüfungen Schnittstellen an den Anlagengrenzen entsprechend der Auslegungsanwendung des Brennstoffzellen-Energiesystems bereitstellen (siehe Bild 1). Es wird empfohlen, die Typprüfungen in der unten beschriebenen Reihenfolge durchzuführen. Die Typprüfung unter „Anomalen Bedingungen“ darf zerstörend sein.

#### 5.1.1 Prüfparameter

**5.1.1.1** Die Prüfungen sind unter der ungünstigsten Kombination der Bedingungen im Rahmen der vom Hersteller vorgegebenen Betriebsspezifikationen für folgende Parameter durchzuführen, außer in Fällen, für die besondere Prüfbedingungen an anderer Stelle der Norm angegeben sind und soweit deutlich ist, dass diese eine erhebliche Auswirkung auf das Ergebnis der Prüfung besitzen: z. B.

- Versorgungsspannung;
- Versorgungsfrequenz;
- physische Anordnung des Gerätes sowie Einstellungen beweglicher Teile;
- Betriebsmodi;
- Einstellungen von Thermostaten, Regeleinrichtungen oder ähnlichen Steuerungen in anwenderzugänglichen Bereichen, die
  - a) ohne Verwendung eines Werkzeugs verstellbar sind oder
  - b) durch Verwendung eines Mittels, wie z. B. eines Schlüssels oder eines Werkzeugs, der (das) dem Anwender zur Verfügung gestellt wird, verstellbar sind.

**5.1.1.2** Die Messungen sind mit der nachstehend aufgeführten maximalen Messunsicherheit durchzuführen, sofern nicht in anderen Abschnitten abweichend angegeben.

- |   |  |
|---|--|
| a) Atmosphärischer Druck (bar oder Pa)          | $\pm 0,005$ bar;   |
| b) Druck in der Brennkammer und Prüf-Abgasdruck | $\pm 5$ % Absolutdruck oder 0,5 mbar;<br>(mbar oder hPa) |
| c) Gasdruck (bar, Pa)                           | $\pm 2$ % Absolutdruck;                                  |
| d) wasserseitiger Druckverlust (bar, mbar, Pa)  | $\pm 5$ %;   |
| e) Wasserdurchfluss (l/h, m <sup>3</sup> /h)    | $\pm 2$ %;   |
| f) Gasdurchfluss (m <sup>3</sup> /h (n))        | $\pm 2$ %;   |
| g) Luftdurchfluss (m <sup>3</sup> /h (n))       | $\pm 2$ %;   |
| h) Zeit (h)                                     |  |
| – für Zündzeitabläufe                           |  |
| – für alle anderen Zeiten                       | $\pm 0,2$ s,<br>$\pm 0,1$ %;                             |

|    |  |  |
|----|--|--|
| i) | elektrische Hilfsenergie/-leistung (kWh oder kW)                         | ± 2 %;                                     |
| j) | Temperaturen: °C oder K  |  |
|    | – Umgebung   | ± 1 K;                                     |
|    | – Wasser   | ± 2 K;                                     |
|    | –  | Verbrennungsprodukte ± 5 K;                |
|    | –  | Brenngas ± 1 K für T < 100 °C,             |
|    |  | ± 1 % der Anzeige in °C, 100 ≤ T < 300 °C, |
|    |  | ± 5 % der Anzeige in °C, T ≥ 300 °C;       |
|    | – Oberflächen  | ± 5 K;                                     |
| k) | CO, CO <sub>2</sub> und O <sub>2</sub> zur Berechnung von Abgasverlusten | ± 6 % der Anzeige;                         |
| l) | Heizwert des Gases (kWh/m <sup>3</sup> (n))                              | ± 1 %;                                     |
| m) | Gasdichte (kg/m <sup>3</sup> (n))  | ± 0,5 %;                                   |
| n) | Masse (kg)   | ± 0,05 %;                                  |
| o) | Drehmoment (Nm)  | ± 10 %;                                    |
| p) | Kraft (N)  | ± 10 %;                                    |
| q) | Strom (A)  | ± 1 %;                                     |
| r) | Spannung (V)   | ± 1 %;                                     |
| s) | elektrische Leistung (W, kW)   | ± 2 %.                                     |

Der Anzeigebereich der Messeinrichtungen ist so zu wählen, dass er für die maximal zu erwartenden Werte geeignet ist.

Für die Feststellung der Leckrate wird eine Methode mit einer solchen Genauigkeit angewendet, dass der Fehler 2 % in Bezug auf Volumen pro h nicht überschreitet.

Die angegebenen Messunsicherheiten beziehen sich auf Einzelmessungen. Für Messungen, die eine Kombination einzelner Messungen erfordern (z. B. Wirkungsgradmessungen), können Einzelmessungen mit geringerer Abweichung erforderlich sein, um die Gesamtunsicherheit zu begrenzen.

### 5.1.1.3 Nennbetriebsspannungen

Betriebsspannungen sind durch Herstellerspezifikationen definiert.

## 5.2 Prüfbrennstoffe

**5.2.1** Ein Brennstoffzellen-Energiesystem, das für den Einsatz von Erdgas ausgelegt ist, ist entsprechend den hier spezifizierten Prüfungen mit einem Gas zu prüfen, dessen Zusammensetzung und Versorgungsdrücke der Zusammensetzung und dem minimalen und maximalen zu erwartenden Versorgungsdruck kommerziell verfügbaren Erdgases entspricht. Sofern es im Einsatzland gefordert ist, sind die Prüfungen darüber hinaus mit Gasen an den Grenzen („en: limit gases“) durchzuführen.

**5.2.2** Ein Brennstoffzellen-Energiesystem, das für den Einsatz von Flüssiggas ausgelegt ist, ist entsprechend den hier spezifizierten Prüfungen mit einem Gas zu prüfen, dessen Zusammensetzung und Versorgungsdrücke der Zusammensetzung und dem minimalen und maximalen Versorgungsdruck kommerziell verfügbaren Flüssiggases entspricht. Sofern es im Einsatzland gefordert ist, sind die Prüfungen darüber hinaus mit Gasen an den Grenzen („en: limit gases“) durchzuführen.

**5.2.3** Ein Brennstoffzellen-Energiesystem, das für den Einsatz von anderen Arten von Brennstoff(en) (siehe Abschnitt 1) ausgelegt ist, ist mit einem Prüfbrennstoff bzw. den Prüfbrennstoffen zu prüfen, dessen (deren) Zusammensetzung und Versorgungscharakteristik typisch für den (die) Brennstoff(e) ist.

### 5.3 Grundsätzliche Prüfanordnungen

Wenn die Prüfungen durchgeführt werden, müssen das gesamte Brennstoffzellen-Energiesystem einschließlich aller Luftfilter, Startvorrichtungen, Belüftungs- oder Abgassysteme und sämtliche umgebenden Anlagen-ausrüstungen entsprechend den Anweisungen des Herstellers installiert sein und betrieben werden.

Sofern nicht anders angegeben, ist das gesamte Brennstoffzellen-Energiesystem folgendermaßen zu betreiben:

- a) bei dem Eingangsdruck nach 5.2 *Prüfbrennstoffe*;
- b) innerhalb von  $\pm 5\%$  der Bemessungsspannung und -frequenz und innerhalb von  $\pm 10\%$  der Bemessungs-Ausgangsleistung, wie vom Hersteller angegeben;
- c) innerhalb von  $\pm 5\%$  des Bemessungs-Brennstoffverbrauchs im Betrieb bei Bemessungsbedingungen;
- d) bei Umgebungstemperatur und -druck, welche das Prüfergebnis nicht verfälschen.

Die Prüfungen sind durchzuführen, nachdem die Bauteile des Brennstoffzellen-Energiesystems Gleichgewichtstemperaturen erreicht haben, sofern nicht anders festgelegt.

### 5.4 Dichtigkeitsprüfungen

Die Prüfungen dieses Abschnittes sind zwei Mal durchzuführen, jeweils vor und nach der Durchführung sämtlicher nicht-zerstörenden Prüfungen nach 5.6 *Typprüfung Normalbetrieb* bis 5.16 *Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen*.

#### 5.4.1 Gasdichtigkeitsprüfungen

Sämtliche Teile des Brennstoffzellen-Energiesystems, die entflammbare Gasgemische enthalten, dürfen nicht stärker nach außen lecken, als durch die nachstehend angegebenen Grenzwerte definiert ist. Sie werden mit geeigneten Gasen und Dämpfen geprüft (z. B. mit den Nenn-Betriebsgasen, sauberer, trockener Luft oder Inertgasen nach Herstellerangabe), die den während des Betriebs und beim Abschalten zu erwartenden Medien entsprechen.

Vor Durchführung dieser Prüfungen ist festzustellen, welche Teile, die entflammbare Gase fördern, während des Normalbetriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems dem gleichen inneren Druck unterworfen sind. Diese Teile sind, sofern nötig, durch geeignete Maßnahmen vom übrigen Brennstoffzellen-Energiesystem zu trennen und in einem eigenen Prüfabschnitt unter Druck zu setzen.

An den Eingang des Prüfabschnittes werden sowohl

- ein geeignetes System zur Druckbeaufschlagung, das geeignet ist, das gasförmige Medium mit dem erforderlichen Druck zu liefern kann, als auch;
- ein geeigneter Strömungsmesser mit einer Genauigkeit von 2 % zur Leckratenmessung;

angeschlossen. Der Strömungsmesser ist zwischen dem Druckbeaufschlagungssystem und dem unter Druck zu setzenden Prüfabschnitt anzuordnen, der unter Druck gesetzt werden soll. Der Austritt des Prüfabschnitts ist mit geeigneten Mitteln zu verschließen. Sämtliche Funktionsteile müssen in ihre „Offen“-Position gebracht werden, so dass sich der erforderliche Prüfdruck auf alle Teile des Prüfabschnitts ausdehnen kann.

Das gasförmige Medium ist dem Prüfabschnitt allmählich zuzuleiten, so dass innerhalb von etwa 1 min ein gleichmäßiger Überdruck erreicht wird, der den in Tabelle 7 *Prüfanforderungen an Dichtigkeit* geforderten Druck nicht unterschreitet. Dieser Druck ist für eine Zeitspanne von mindestens 1 min oder länger aufrecht zu erhalten. In dieser Zeit ist jede vom Durchflussmesser angezeigte Undichtigkeit aufzuzeichnen.

Die Übereinstimmung muss nach Tabelle 7 *Prüfanforderungen an Dichtigkeit* festgestellt werden. Als zulässige Leckraten gelten „Kein Leck“ (wie in „Häusliche Rohrleitungskodes – keine sichtbaren Zeichen“ angegeben), Prüfmethode 1 und Prüfmethode 2.

Prüfmethode 1

Wird zum Ausgleich von Brennstoffleckagen natürliche Belüftung eingesetzt, so ist die zulässige Leckrate durch einen Gasdetektor zu bestimmen, um sicherzustellen, dass sie nicht zu einer Bereichskonzentration von mehr als 25 % der unteren Entflammbarkeitsgrenze des Brennstoffs (LFL) führen kann. Dies gilt in einem nicht-klassifizierten Bereich nach 4.6 *Schutz vor Brand- und Explosionsgefährdung*.

Prüfmethode 2

Wird zum Ausgleich von Brennstoffleckagen mechanische Belüftung eingesetzt, ist die zulässige Leckrate durch folgende Formel zu ermitteln.

$$L = 0,01 \times (V/R)$$

Dabei ist

$L$  die zulässige Leckrate, in Kubikmetern je h, für jedes Bauteil oder alle Teile,

$R = (TGSG/FGSG)^{1/2}$  dabei ist  $TGSG$  = spezifische Masse des Prüfgases;  
 $FGSG$  = spezifische Masse des Brenngases;

oder

$R = (\mu_{\text{prüf}}/\mu_{\text{brenn}})$  dabei ist  $\mu_{\text{prüf}}$  = absolute Viskosität des Prüfgases;  
 $\mu_{\text{brenn}}$  = absolute Viskosität des Brenngases.

ANMERKUNG Es sollte der Wert für  $R$  dokumentiert werden, der zu der geringeren zulässigen Leckrate führt  $V$  = Minimale Lüftungsrate in Kubikmetern je h Luft.

Ein Korrekturfaktor darf eingesetzt werden, sofern ein Brenngas mit weniger als 100 % brennbarer Anteile zum Einsatz kommt:

$$L = 0,01 \times (V/R) \times (1/C)$$

Dabei ist  $C$  die Konzentration brennbarer Anteile.

**Tabelle 7 – Prüfanforderungen an Dichtigkeit**

| Gefährdung                                    | Arbeitsmedium             | Betriebsbedingungen  | Prüfparameter  | Beurteilung                      |   |
|---|---------------------------|--|--|----------------------------------|---|
| entflammbar                                   | Gas                       | ≥ 1 bar  | Anmerkung 2  | keine Undichtigkeit              |   |
|   |                           |  | 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> | Prüfmethode 1 oder Prüfmethode 2 |   |
|   |                           | < 1 bar  | Anmerkung 2  | keine Undichtigkeit              |   |
|   |                           |  | 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> | Prüfmethode 1 oder Prüfmethode 2 |   |
|   | Flüssigkeit               | beliebiger Druck   | 1,5-facher Bemessungsdruck für Flüssigkeitsdichtigkeit     | keine Undichtigkeit              |   |
|   |                           |  | 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> | keine Undichtigkeit              |   |
| giftig  | Gas (z. B. Kohlenmonoxyd) | beliebiger Druck   | Hydrostatic: siehe Anmerkung 2                             | keine Undichtigkeit              |   |
|   |                           |  | 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> | L = 0.3 x l; or 0.02 x l x V     |   |
|   | Flüssigkeit               | ≥ 1 bar  | 1,5-facher Bemessungsdruck für Flüssigkeitsdichtigkeit     | keine Undichtigkeit              |   |
|   |                           |  | 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> |                                  |   |
|   |                           |  | Bemessungsdruck für Flüssigkeitsdichtigkeit                |                                  |   |
|   | Entflammbarkeit           | Gas (z. B. Luft und Abgas)                                     | Temperatur > 600 °F<br>beliebiger Druck                    | während des Betriebs             | Umgebungstemperatur nahe Rohrführung oder Rohrisolierung darf 600°F nicht überschreiten.<br><br>Kann auch nach 5.13 Oberflächen- und Bauteiltemperaturen ausgeführt werden. |
|   |                           |  |  | Flüssigkeit (z. B. Kühlmedien)   | > 1 bar oder > 120 °C   |
| 1,1-facher Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit |                           |  |  |                                  |   |
| > 1 bar oder > 120 °C                         |                           | Bemessungsdruck für Gasdichtigkeit und Flüssigkeitsdichtigkeit |  |                                  |   |

**ANMERKUNG 1** Der Prüfdruck an jeder beliebigen Stelle des Prüfabschnitts darf den maximalen Prüfdruck aller nicht abgetrennten Komponenten wie Kessel, Pumpen oder Ventile nicht überschreiten. Der Druck ist für mindestens 10 min aufrecht zu erhalten und kann dann auf den Bemessungsdruck abgesenkt und solange wie nötig aufrechterhalten werden, bis die Dichtigkeitsprüfung durchgeführt ist.

**ANMERKUNG 2** Die Flüssigkeitsdichtigkeitsprüfung bei 1,5-fachem Bemessungsdruck kann alternativ durch Zertifizierung der Komponente erfolgen.

**ANMERKUNG 3** Der Bemessungsdruck entspricht dem maximalen Betriebsdruck.

#### 5.4.2 Flüssigkeitsdichtigkeitsprüfungen

Die Prüfabschnitte des Brennstoffzellen-Energiesystems dürfen keine Leckage nach außen aufweisen.

Als Prüfflüssigkeit ist die Auslegungsflüssigkeit zu verwenden. Sofern der Hersteller die Prüfung unter Verwendung der Auslegungsflüssigkeit als nicht praktikabel erachtet, ist als Prüfflüssigkeit Wasser zu verwenden. Sofern die Möglichkeit der Beschädigung der Verrohrung durch Vereisung oder durch schädliche Effekte des Wassers besteht, darf eine andere geeignete ungiftige Flüssigkeit verwendet werden. Sofern die Flüssigkeit entflammbar ist, muss ihr Flammpunkt mindestens 50 °C betragen; die Prüfumgebung ist in diesem Fall zu berücksichtigen.

Der Prüfdruck für die Flüssigkeitsdichtigkeitsprüfung darf nicht kleiner sein als in Tabelle 7 *Prüfanforderungen an Dichtigkeit* angegeben.

Alle äußeren Oberflächen von Teilen, die Flüssigkeiten fördern, sind freizulegen, um sie auf Leckagen hin zu prüfen. Wenn einzelne Teile nicht freigelegt werden können, sind Vorkehrungen zu treffen, dass Leckagen gesammelt und an einen sichtbaren Punkt geleitet werden. Sofern ein Ableiten von Leckagen nicht möglich ist, muss vom Hersteller eine alternative Prüfmethode auf Undichtigkeiten angegeben werden.

Vor Durchführung dieser Prüfungen ist festzustellen, welche flüssigkeitsführende Teile während des Normalbetriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems dem gleichen inneren Druck unterworfen sind. Diese Teile sind, sofern nötig, durch geeignete Mittel vom übrigen Brennstoffzellen-Energiesystem zu trennen und in einem eigenen Prüfabschnitt unter Druck zu setzen.

Die Prüfvorrichtung ist mit dem flüssigen Medium zu befüllen und mit einem geeigneten Hydrauliksystem zu verbinden, einschließlich einer Einrichtung zur Druckmessung, die in der Lage ist, dem erforderlichen Prüfdruck standzuhalten. Es ist dafür zu sorgen, dass der Prüfabschnitt während der Befüllung entlüftet wird.

Der Prüfdruck ist allmählich zu steigern, so dass ein gleichmäßiger Überdruck erreicht wird. Dieser Druck ist für mindestens 30 min beizubehalten oder auch länger, wenn nötig, um die Überprüfung auf Undichtigkeiten abzuschließen. Sämtliche äußeren Oberflächen des Systems werden auf Zeichen von Undichtigkeiten hin untersucht. Sofern ein Ableitungssystem für Leckagen eingesetzt wird, ist der Prüfdruck mindestens 3 h lang aufrecht zu erhalten.

Eine Flüssigkeitsleckage ist nicht zulässig. Jeder sichtbare Nachweis einer Leckage führt zum Nichtbestehen der Prüfung.

#### 5.5 Festigkeitsprüfungen

Bei jedem zugelassenen oder auf vergleichbare Weise anerkannten Bauteil, das zugelassen oder auf vergleichbare Weise anerkannt ist, muss davon ausgegangen werden, dass es diese Festigkeitsprüfung erfüllt, sofern sein Bemessungsdruck nicht unter dem maximal zulässigen Druck liegt.

##### 5.5.1 Pneumatische Dichtungsprüfungen

Bauteile des Brennstoffzellen-Energiesystems dürfen während der folgenden Tests nicht brechen, reißen, sich verformen oder andere Anzeichen physischer Beschädigung aufweisen. Sie werden mit geeigneten Gasen oder Dämpfen (z. B. mit den Auslegungsgasen, sauberer trockener Luft oder Inertgasen nach Herstellerangabe) beaufschlagt, die in ihren Bestandteilen den während Betrieb und Abschaltung erwarteten Medien entsprechen.

## — Entwurf —

### E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

Vor Durchführung dieser Prüfungen ist festzustellen, welche gasführenden Teile durch Verbindungen während des Normalbetriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems dem gleichen statischen inneren Druck unterworfen sind. Diese Teile sind, sofern nötig, durch geeignete Maßnahmen vom übrigen Brennstoffzellen-Energiesystem zu trennen und in einem eigenen Prüfabschnitt unter Druck zu setzen.

Vor Durchführung dieser Prüfung ist festzustellen, welche Teile während des üblichen Betriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems dem gleichen inneren Druck unterworfen sind. Diese Teile stellen einen gesonderten Prüfabschnitt dar und sind getrennt unter Druck zu setzen und, sofern nötig, mit geeigneten Mitteln vom übrigen Brennstoffzellen-Energiesystem zu trennen.

Ein Drucksystem, das in der Lage ist das gasförmige Medium mit dem erforderlichen Druck bereitzustellen, wird mit dem Einlass des Prüfabschnitts verbunden. Alle Funktionsbauteile werden in geöffnete Position gebracht, so dass der Prüfdruck auf alle Teile des Prüfabschnitts wirken kann.

Das gasförmige Medium ist dem Prüfabschnitt allmählich zuzuführen, dass sich innerhalb etwa 1 min ein gleichmäßiger Überdruck einstellt, der nicht kleiner als der in Tabelle 8 *Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit* genannte ist. Der Druck ist für mindestens 1 min aufrecht zu erhalten, oder entsprechend länger, bis das System auf Leckagen untersucht ist. Danach kann der Druck auf den Bemessungsdruck abgesenkt werden.

Die Abnahme wird durch die Anforderungen der Tabelle 8 *Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit* bestimmt.

**Tabelle 8 – Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit**

| Gefährdung   | Arbeitsmedium                                 | Arbeitsdruck           | Prüfparameter   | Beurteilung   |
|--|---|------------------------|---|---|
| entflammbar oder toxisch                                   | Gas   | ≥ 1,6 psig             | 3-facher Auslegungsdruck für gasführende Abschnitte <sup>2</sup>    | kein Riss, Bruch, Deformation oder physischer Schaden |
|  |   | > 1,6 psig, < 2,5 psig | 2.5 psi für gasführende <sup>2</sup> Abschnitte; 2.0 psi für Stacks |   |
|  |   | < 0,5 psig             | 5-facher Auslegungsdruck, 3-facher für Stacks                       |   |
|  | Flüssigkeit                                   | beliebiger Druck       | 1,5-facher Bemessungsdruck für Flüssigkeitsdichtigkeit              | kein Riss, Bruch, Deformation oder physischer Schaden |
| 1,3-facher Auslegungsdruck für Gasdichtigkeit <sup>2</sup> |   |                        |   |   |
| Druck  | Luft oder erstickende Gase (z. B. Stickstoff) | ≥ 1 bar                | 1,3-facher Auslegungsdruck für gasführende Teile                    | kein Riss, Bruch, Deformation oder physischer Schaden |
|  |   | < 1 bar                | keine Anforderung   | keine Anforderung                                     |
|  | Kühlmedium (z. B. Wasser, Dampf, Glycol)      | ≥ 10 bar oder ≥ 120 °C | 1,5-facher Bemessungsdruck für Flüssigkeitsdichtigkeit <sup>2</sup> | kein Riss, Bruch, Deformation oder physischer Schaden |
|  |   |                        | 1,3-facher Bemessungsdruck für gasführende Teile                    |   |
| < 1 bar und ≥ 120 °C                                       | keine Anforderung                             | keine Anforderung      |   |   |
| thermische Brandgefahr                                     | Gas   | ≥ 1 bar oder ≥ 600 °F  | 1,3-facher Auslegungsdruck <sup>2</sup>                             | kein Riss, Bruch, Deformation oder physischer Schaden |
|  |   | < 1 bar und < 600 °F   | keine Anforderung   | keine Anforderung                                     |

ANMERKUNG 1 Der Prüfdruck an jedem Punkt des Rohrsystems darf den maximal zulässigen Prüfdruck aller nicht abgetrennten Komponenten (Behälter, Pumpen, Ventile etc.) nicht überschreiten. Der Druck ist für über eine Zeitspanne von 10 min aufrecht zu erhalten und kann dann auf den Auslegungsdruck abgesenkt und dort so lange aufrechterhalten werden, wie für die Untersuchung der Anlagenteile auf Deformationen benötigt wird.

ANMERKUNG 2 Die Prüfung für flüssigkeitsführende Teile bei 1,5-fachem Auslegungsdruck kann ersetzt werden durch die Feststellung der Kompatibilität durch die Zertifizierungsstelle.

ANMERKUNG 3 Die Prüfung für flüssigkeitsführende Teile bei 2,5 PSI kann ersetzt werden.

### 5.5.2 Flüssigkeitsführende Abschnitte

Bauteile des Brennstoffzellen-Energiesystems dürfen während der folgenden Prüfungen nicht brechen, reißen, sich verformen oder andere Anzeichen physischer Beschädigung aufweisen. Sie werden mit geeigneten Prüfflüssigkeiten beaufschlagt.

## E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

Als Prüfflüssigkeit wird die Auslegungsflüssigkeit verwendet. Wenn der Hersteller die Verwendung der Auslegungsflüssigkeit für Prüfzwecke als nicht praktikabel einstuft, ist Wasser als Prüfflüssigkeit zu verwenden. Andere nicht toxische Flüssigkeiten dürfen verwendet werden, sollte Wasser möglicherweise zu Schäden an der Verrohrung durch Vereisung oder sonstige Effekte führen können. Sofern die Flüssigkeit entflammbar ist, muss ihr Flammpunkt mindestens 50 °C betragen: die Prüfung ist in jedem Fall zu berücksichtigen.

Vor Durchführung dieser Prüfung ist festzustellen, welche Teile während des üblichen Betriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems dem gleichen inneren Druck unterworfen sind. Diese Teile stellen einen gesonderten Prüfabschnitt dar und sind getrennt unter Druck zu setzen und, wenn nötig, mit geeigneten Mitteln vom übrigen Brennstoffzellen-Energiesystem zu trennen.

Der Prüfabschnitt ist mit dem flüssigen Medium zu befüllen und mit einem geeigneten Hydrauliksystem sowie einschließlich einer Einrichtung zur Druckmessung zu verbinden, die in der Lage ist, dem erforderlichen Prüfdruck standzuhalten. Dabei ist zu beachten, dass der Prüfabschnitt während der Befüllung entlüftet wird.

Der Prüfdruck ist allmählich zu erhöhen, so dass ein gleichmäßiger Überdruck von nicht weniger als dem in Tabelle 8 *Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit* genannten erreicht wird. Dieser Druck ist anschließend für wenigstens 1 min zu halten.

Die Abnahme wird durch die Anforderungen der Tabelle 8 *Prüfanforderungen an Bruchfestigkeit* festgelegt.

### 5.6 Typprüfung Normalbetrieb

Die Werte des Typenschildes sind nach den Verfahren von IEC 62282-3-2 zu überprüfen.

### 5.7 Elektrische Überlastprüfung

Das Brennstoffzellensystem muss in der Lage sein, einer elektrischen Überlast Stand zu halten. Sofern der Hersteller einen höheren Strom als den Nennstrom, für das das System ausgelegt ist, für eine bestimmte Zeit erlaubt, ist das Brennstoffzellensystem bei Bemessungsstrom in thermisches Gleichgewicht zu bringen, anschließend ist der Strom auf den vom Hersteller angegebenen erhöhten Wert zu erhöhen und über die vom Hersteller angegebene Zeit zu halten.

Es darf kein Brand, keine Gefährdung eines Stromschlags, kein Riss, kein Bruch, keine bleibende Verformung oder keine andere physikalische Beschädigung des Systems auftreten.

Sofern kein höherer Strom vom Hersteller zugelassen ist, ist die Prüfung nicht durchzuführen.

### 5.8 Dielektrische Anforderungen und simulierte anomale Bedingungen

#### 5.8.1 Erd-Ableitströme

Ableitströme aus den Wechselstrombauteilen des Brennstoffzellen-Energiesystems müssen den Anforderungen nach IEC 60950-1, 5.1, entsprechen.

#### 5.8.2 Durchschlagfestigkeit

Feste Dielektrika müssen den Anforderungen nach IEC 60950-1, 5.2, entsprechen. Die Feststoffisolierung ist auf eine Temperatur vorzuheizen, die der Temperatur bei Normalbetrieb entspricht, es sei denn, dass ein solcher Temperaturanstieg die Durchschlagsspannung nicht wesentlich beeinflusst.

ANMERKUNG Diese Prüfung ist nicht für flüssige Dielektrika, etwa solche, die für Kühlmittel eingesetzt werden, anzuwenden. Der Brennstoffzellenstapel darf für diese Prüfung abgetrennt werden.

## 5.9 Abschaltbedingungen

Die Übereinstimmung mit diesem Abschnitt ist unter Anwendung entweder eines simulierten Prüfverfahrens oder eines unterstützenden Herstellernachweises für jede Anomalie zu ermitteln, welches bzw. welcher bestätigt, dass die erforderliche Aktion eintritt.

Es sind für jede der nach der Zuverlässigkeitsanalyse nach 4.9.1 *Allgemeine Anforderungen* festgestellten kritischen Anomalien Mittel zur automatischen Abschaltung des (der) jeweiligen Systems (Systeme) des Brennstoffzellen-Energiesystems vorzusehen.

## 5.10 Prüfung der Brennerbetriebscharakteristik

Die Verfahren dieses Abschnitts gelten für Brennstoffzellen-Energiesysteme, die mit einem beliebigen brennstoffgefeuerten Kessel oder Heizgerät ausgestattet sind, z. B. Startbrenner des Reformerschnitts, und sind unter den nachstehenden Bedingungen sowohl mit kaltem als auch mit warmem Brenner durchzuführen.

- a) Bei den Prüfdrücken und unter Verwendung der Prüfgase nach 5.2 *Prüfbrennstoffe*
- b) Bei maximalem und minimalem Brennstoffversorgungsdruck, wie vom Hersteller vorgegeben, sofern diese Drücke von denen in 5.10 a) *Prüfung der Brennerbetriebscharakteristik* vorgegebenen abweichen.
- c) Bei Betrieb mit 85 % und 110 % der Bemessungs-Eingangsspannung der Zündvorrichtung. Sofern das System mit einem Schutz vor Spannungsschwankungen ausgestattet ist, ist es an den spezifizierten Grenzen zu prüfen. Zusätzlich ist die Funktion des Schutzes vor Spannungsschwankungen nach 5.9 *Abschaltbedingungen* zu überprüfen.

### 5.10.1 Allgemeine Prüfungen

Durch das automatische Zündsystem muss der Brennstoff am Brenner unmittelbar nach dem Erreichen des/der Brennerauslasses/-auslässe gezündet werden. Eine ununterbrochene Pilotflamme, sofern vorhanden, darf nicht verlöschen, wenn das Brenngas des Brenners „Ein“ oder „Aus“ geschaltet wird. Diese Festlegung trifft nicht zu auf Pilotflammen, die periodisch oder unterbrochen betrieben werden, wenn der Brennstoff des Brenners abgeschaltet wird.

Während der Prüfung ist nachzuweisen, dass

- a) der Brennstoff am Brenner erfolgreich gezündet wird, ohne Zündverzögerung, Rückschlag, übermäßige Geräusentwicklung oder Beschädigung der Ausrüstung;
- b) die Brennerflammen ohne Rückschlag und übermäßige Geräusentwicklung gelöscht werden;
- c) die Brennerflammen nicht aus der Brennkammer herauschlagen;
- d) der Brenner keinen Kohlenstoff abscheidet;
- e) weder Gas ausströmt noch Rückfluss durch die primären Luftzuführungen des Brenners stattfindet.

### 5.10.2 Grenzwertprüfung

Die Prüfung ist ohne Veränderung der Einstellungen des Brenners und des Zündbrenners durchzuführen. Der Druck am Brennstoffeinlass ist auf den minimalen Versorgungsdruck (Angabe auf Typenschild) zu mindern. Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen. Unter diesen Versorgungsbedingungen ist nachzuweisen, dass der Brenner sicher betrieben werden kann.

## 5.11 Automatische Regelung von Brennern und katalytischen Oxidationsreaktoren

Die Abläufe nach diesem Abschnitt sind verknüpft mit dem Start sämtlicher Komponenten, deren Zweck die Durchführung einer kontrollierten Oxidationsreaktion ist, z. B. Verbrennung (Startbrenner eines Reformerschnitts), katalytische partielle Oxidation and katalytische Verbrennung.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Der Hersteller kann sich für die Durchführung von Zündtests (5.11.1.3 *Flammenentzündungszeit* bis 5.11.1.7 *Zündverzögerung*) innerhalb einer Untereinheit des Brennstoffzellen-Energiesystems entscheiden, anstelle innerhalb einer vollständigen Einheit, sofern die Untereinheit sämtliche Bauteile enthält, die Auswirkungen auf das Ergebnis der Prüfung haben können (z. B. die Zündvorrichtung, den Hauptbrenner, die vom Hersteller vorgeschriebene Anordnung der Zündvorrichtung, Brennkammer und falls zutreffend, den der Brennkammer zugeordneten Verbrennungs-/Abgaslüfter).

**5.11.1 Brenner mit automatischer Zündung**

Die automatische Zündungsregelung von Brennern in Brennstoffzellen-Energiesystemen ist entsprechend der nachstehenden Prüfungen zu prüfen.

**5.11.1.1 Wirksamkeit der Zündung**

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

Die Zündvorrichtung muss den Hauptbrenner unmittelbar entzünden, nachdem Brennstoff die Auslässe des Hauptbrenners erreicht hat. Das Brennstoffzellen-Energiesystem wird bei Bemessungsspannung betrieben, die Zündvorrichtung muss aktiviert werden und die Zündung muss beobachtet werden. Weder dürfen Flammen aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem herausschlagen, noch darf es zu irgendwelchen Beschädigungen des Brennstoffzellen-Energiesystems kommen. Es ist eine ausreichende Zahl von Zündversuchen durchzuführen, wobei die Zündung bei jedem Versuch unmittelbar erfolgen muss, nachdem Brennstoff die Auslässe des Hauptbrenners erreicht hat.

**5.11.1.2 Zündung – Spannungsabweichungen**

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

a) Unterspannung

Die Versorgungsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems ist auf 85 % der auf dem Typenschild angegebenen Spannung einzustellen oder auf einen spezifizierten Spannungswert, sofern ein Schutz vor Spannungsschwankungen bis zu 85 % der auf dem Typenschild angegebenen Spannung vorhanden ist. Unter diesen Bedingungen muss die Zündvorrichtung den Brennstoff des Hauptbrenners innerhalb des Flammenzündungszyklus zünden. Weder dürfen Flammen aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem herausschlagen, noch darf es zu Beschädigungen des Brennstoffzellen-Energiesystems kommen. Es ist eine ausreichende Zahl von Zündversuchen durchzuführen, wobei die Zündung bei jedem Versuch innerhalb der vorgeschriebenen Zeit erfolgen muss.

b) Überspannung

Die Versorgungsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems ist auf 110 % der auf dem Typenschild angegebenen Spannung einzustellen oder auf einen spezifizierten Spannungswert, sofern ein Schutz vor Spannungsschwankungen bis zu 110 % der auf dem Typenschild angegebenen Spannung vorhanden ist. Unter diesen Bedingungen muss die Zündvorrichtung den Brennstoff des Hauptbrenners innerhalb des Flammenzündungszyklus zünden. Weder dürfen Flammen aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem herausschlagen, noch darf es zu Beschädigungen des Brennstoffzellen-Energiesystems kommen. Es ist eine ausreichende Zahl von Zündversuchen durchzuführen, wobei die Zündung bei jedem Versuch innerhalb der vorgeschriebenen Zeit erfolgen muss.

**5.11.1.3 Flammentzündungszeit**

Der Flammentzündungszeit ist zu überprüfen, während das Brennstoffzellen-Energiesystem nach 5.3 *Grundsätzliche Prüfverfahren* betrieben wird. Die Zeit zwischen dem Einschalten der Haupt-Brennstoffversorgung bis zum Zeitpunkt des Nachweises der Zündvorrichtung oder der Brennerflamme, je nach Anwendbarkeit, darf die zugehörige in 4.6.2 *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in Brennern* angegebene Flammentzündungszeit nicht überschreiten.

#### 5.11.1.4 Verriegelungszeit bei Flammenausfall

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Bemessungs-Brennstoffverbrauch zu betreiben, bis es sich im thermischen Gleichgewicht befindet. Die Verriegelungszeit bei Flammenausfall wird gemessen zwischen dem Augenblick, in dem die Pilotflamme (sofern vorhanden) als auch der Hauptbrenner absichtlich durch das Schließen der Brennstoffversorgung gelöscht werden und dem Augenblick der Freigabe durch das Sicherheitssystem nach der Wiederherstellung der Brennstoffversorgung. Diese Sicherheitseinrichtung muss sämtliche Sicherheitsabschaltventile innerhalb der in 4.6.2 *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in Brennern* spezifizierten Verriegelungszeit bei Flammenausfall abschalten. Ein Flammenausfall wird bei laufendem Brenner durch die Trennung des Flammendetektors simuliert; die Zeit wird gemessen, die zwischen diesem Zeitpunkt und dem Zeitpunkt verstreicht, in dem die Flammenüberwachungseinrichtung wirksam die Brennstoffversorgung unterbricht. Zum Zweck dieser Prüfung ist die vom Hersteller der Regelung spezifizierte maximale Verriegelungszeit bei Flammenausfall anzuwenden.

#### 5.11.1.5 Regenerierung/Wiederherstellung des Zündfunkens

Ist ein System mit wiederholter Zündung vorhanden, so ist die Regenerierungszeit zu überprüfen, wobei das Brennstoffzellen-Energiesystem auf seine Bemessungs-Brennstoffleistung eingestellt wird. Die Regenerierungszeit ist der Zeitraum zwischen dem der Unterbrechung der Brennstoffzufuhr folgenden Flammenverlust und der erneuten Aktivierung der Zündvorrichtung. Sofern der Zündfunke wiederhergestellt wird, ist nachzuweisen, dass die Zündvorrichtung den Brennstoff nach einem Flammenausfall innerhalb des Flammenzündungszyklus wirksam erneut entzündet.

Weder dürfen Flammen aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem herausschlagen, noch darf irgendeine Beschädigung des Brennstoffzellen-Energiesystems auftreten. Bei laufendem Brenner ist der Flammenverlust durch das Abtrennen des Flammendetektors zu simulieren.

Es ist die Zeit zwischen dem Flammenverlust und die durch den Flammendetektor ausgelöste Unterbrechung des Brennstoffstroms zu ermitteln. Weiterhin ist die Zeit zu ermitteln, die zwischen dem Augenblick vergeht, in dem der Brennstoffstrom unterbrochen wird, und dem Zeitpunkt, zu dem die Zündvorrichtung wieder eingeschaltet wird. Zum Zweck dieser Prüfung ist die maximale vom Hersteller vorgegebene Verriegelungszeit nach Flammenverlust sowie die minimale Regenerierungszeit anzuwenden.

#### 5.11.1.6 Herabsetzung der Pilotflamme

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

Eine Pilotflamme, sofern vorhanden, muss auch dann eine verlässliche Zündung des Brennstoffs am Brenner bewirken, wenn die Brennstoffversorgung der Pilotflamme auf einen Wert gemindert ist, bei dem das Sicherheitsabschaltventil gerade noch nicht schließt, oder auf einen Wert, der gerade oberhalb des Punktes des Flammenverlöschens liegt, je nachdem, welcher die höhere Brennstoffflussrate an der Pilotflamme bedeutet. Weder dürfen Flammen aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem herausschlagen, noch darf irgendeine Beschädigung des Brennstoffzellen-Energiesystems auftreten.

Zum Zweck dieser Prüfung ist die maximale vom Hersteller der Regelung vorgegebene Verriegelungszeit nach Flammenverlust anzuwenden.

Diese Prüfung ist sowohl bei einem Kaltstart als auch unmittelbar nach dem Abschalten des Brennstoffzellen-Energiesystems aus einem Gleichgewichtszustand heraus durchzuführen.

#### 5.11.1.7 Zündverzögerung

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Bei einem Brennstoffzellen-Energiesystem, das für eine direkte Zündung des Hauptbrenners durch eine elektrische Zündvorrichtung vorgesehen ist, darf eine Zündverzögerung weder zu einem Flammenrückschlag aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem heraus führen, noch darf es zu jeglichen Beschädigungen des Brennstoffzellen-Energiesystems und des damit verbundenen Lüftungssystems kommen. Zum Zweck dieser Prüfung ist die maximale vom Hersteller der Regelung vorgegebene Zeit für Zündungsversuche in automatischen Brennstoffzündungssystemen anzuwenden. In Systemen, die die Zündvorrichtung vor Ende der Zeit für Zündungsversuche abschalten, ist die Prüfung unter Anwendung der vom Hersteller der Regelung vorgegebenen maximalen Zündaktivierungszeit durchzuführen.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Raumtemperatur mit normaler Leistung zu betreiben, wobei die Zündvorrichtung zeitweise für unterschiedliche Zeiträume umgangen wird, bis zu der vom Hersteller der Regelung vorgegebenen maximalen Zeit für Zündungsversuche oder bis zu der maximalen vorgegebenen Zeit für die Zündungsaktivierung, je nachdem, welche Zeit die kürzere ist. In Systemen, die mehrere Zündversuche erlauben, sind Zündversuche für unterschiedliche Zeiträume durchzuführen und zwar für jede Zündungsversuchszeit und jegliche Zeit, während der die Zündvorrichtung aktiviert ist, durch die gesamte Betriebsabfolge bis zur Verriegelung. Die Zündung des Hauptbrenners ist für jeden Versuch zu beobachten. Es dürfen kein Flammenüberschlag und keine Beschädigung des Brennstoffzellen-Energiesystems auftreten. Zündverzögerungsprüfungen werden ebenfalls zum Nachweis des vom Hersteller vorgegebenen Flammentzündungszyklus angewendet.

**5.11.1.8 Temperaturprüfung der Bauteile des Zündsystems**

Thermoelemente oder gleichwertige Temperaturmesseinrichtungen sind in geeigneter Weise an geeigneten Punkten eines jeden Bauteils des Zündsystems anzubringen. Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Bemessungs-Brennstoffverbrauch zu betreiben, bis Gleichgewichtsbedingungen erreicht sind. Dann sind die Temperaturen der Bauteile zu ermitteln. Die ermittelten Temperaturen dürfen jene nicht überschreiten, für die die Bauteile zugelassen sind.

**5.11.1.9 Vorspülung**

Diese Prüfung ist anzuwenden auf Systeme, die nach 4.6.2 q) *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in Brennern* Spülen erfordern.

Entsprechend der vom Hersteller getätigten Auswahl sind das Vorspülvolumen und die Vorspülzeit wie folgt festgelegt:

- a) Vorspülvolumen
  - 1) Die Flussrate wird am Auslass der Leitung zur Abführung der Verbrennungsprodukte bei Umgebungstemperatur gemessen (gemessen als Nenn-Fluss).
  - 2) Das Brennstoffzellen-Energiesystem befindet sich bei Umgebungstemperatur und ist nicht in Betrieb. Der Lüfter wird unter tatsächlichen Vorspülbedingungen mit elektrischer Energie versorgt.
  - 3) Die Flussrate, gemessen mit einer Genauigkeit von 5 %, ist auf die Referenzbedingungen zu korrigieren.
  - 4) Der Hersteller gibt das Volumen des Verbrennungskreislaufs an.
- b) Vorspülzeit
  - 1) Das Brennstoffzellen-Energiesystem befindet sich bei Umgebungstemperatur und ist nicht in Betrieb.
  - 2) Die Zeit zwischen dem Start des Lüfters und dem Einschalten der Zündvorrichtung ist zu bestimmen.

Es wird geprüft, ob die Anforderungen nach 4.6.3 erfüllt werden.

**5.11.2 Automatische Regelung von katalytischen Oxidationsreaktoren**

- a) Die Zeit bis zum Beginn des Brennstoffflusses zum Nachweis des Reaktionsbeginns darf die Reaktionsstartzeit nach 4.6.3 e) *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in katalytischen Brennstoffoxidationssystemen (katalytischen Brennern)* nicht überschreiten.

Prüfmethode: Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist nach den Herstellervorgaben zu betreiben, bis die Bedingungen für den Reaktionsstart erreicht sind. Dann ist bei Betrieb mit Luftüberschuss die Brennstoffversorgung oder bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss die Luftversorgung zu öffnen. Die Antwortzeit des Systems muss zu diesem Zeitpunkt beginnen und dann enden, wenn die Reaktionsüberwachungseinrichtungen nach Herstellervorgaben signalisieren, dass die Reaktion erfolgreich gestartet wurde. Die Reaktionsstartzeit darf den Wert nach 4.6.3 e) *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in katalytischen Brennstoffoxidationssystemen (katalytischen Brennern)* nicht überschreiten.

- b) Im Falle eines Erlöschens der Reaktion oder einer Verminderung oder Erhöhung des Reaktionsumsatzes auf unsichere Werte muss die primäre Sicherheitsüberwachung bei Betrieb mit Luftüberschuss das Sicherheitsbrennstoffventil oder bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss das Sicherheitsluftventil, in geeigneter Weise gefolgt vom Sicherheitsbrennstoffventil, innerhalb der Verriegelungszeit bei Reaktionsversagen nach 4.6.3 schließen.

Prüfmethode: Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist nach 5.3 *Grundsätzliche Prüfanordnungen*, zu betreiben, bis Gleichgewichtsbedingungen erreicht sind. Anschließend ist bei Betrieb mit Luftüberschuss die Brennstoffversorgung oder bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss die Luftversorgung zu schließen. Bei in Betrieb befindlichem katalytischem Reaktor ist das Reaktionsversagen durch Unterbrechung der Einrichtung zu simulieren, die die Reaktionstemperatur überwacht. Die Zeit, die zwischen diesem Augenblick und dem Zeitpunkt, zu dem die Regelung des Systems bei Betrieb mit Luftüberschuss die Brennstoffversorgung oder bei Betrieb mit Brennstoffüberschuss die Versorgung mit sämtlichen Reaktionspartnern unterbricht, darf die Verriegelungszeit bei Reaktionsversagen nach 4.6.3 e) *Vermeidung von Feuer- und Explosionsgefährdungen in katalytischen Brennstoffoxidationssystemen (katalytischen Brennern)* nicht überschreiten.

## 5.12 Abgastemperaturprüfung

Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem mit einem Abgassystem (siehe 4.12 *Drehende Teile*) ausgestattet ist, darf die maximale Temperatur des Abgases, das mittels dieses Abgassystems gefördert wird, nicht die Temperatur überschreiten, für die die in der Konstruktion des Abgassystems verwandten Materialien geeignet sind.

Prüfmethode: Die Abgastemperatur ist mittels eines Thermoelements oder einer vergleichbaren Einrichtung zu messen. Eine ausreichende Anzahl sollte eingesetzt werden, so dass unter Berücksichtigung von Größe und Symmetrien des Lüftungssystems die maximale Temperatur ermittelt werden kann.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist entsprechend den anwendbaren Vorgaben nach 5.3 *Grundsätzliche Prüfanordnungen* zu installieren und zu betreiben. Wenn Gleichgewichtsbedingungen erreicht sind, ist die maximale Temperatur des Abgases, wie vorstehend beschrieben, zu ermitteln. Die ermittelte Temperatur darf die Temperatur, für die die Materialien des Abgassystems als geeignet eingestuft wurden, nicht überschreiten.

## 5.13 Oberflächen- und Bauteiltemperaturen

- a) Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist nach den Vorgaben von 5.3 *Grundsätzliche Prüfanordnungen* zu installieren und zu betreiben. Wenn Gleichgewichtsbedingungen erreicht sind, sind die Temperaturen mittels für diesen Zweck geeigneter Temperaturmessmittel zu ermitteln.

Die höchste Temperatur jeglicher Oberfläche, die durch Personal während der Durchführung regulärer und Routinekundendienstarbeiten bei laufendem Brennstoffzellen-Energiesystem berührt werden können, darf die Grenzen nach 4.4.9 nicht überschreiten.

Die maximale Temperatur sonstiger Flächen, die unvorhergesehen brennbaren Gasen oder Dämpfen ausgesetzt sein können, muss den Anforderungen nach 4.6.1 e) *Vorsichtsmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefährdung in Brennstoffzellen-Energiesystemen mit Gehäusen* entsprechen.

Die maximale Temperatur von Systembauteilen darf die Bemessungs-Temperaturen der Bauteile nicht überschreiten.

- b) Wand-, Boden- und Deckentemperaturen

Diese Prüfung ist lediglich auf Brennstoffzellen-Energiesysteme anzuwenden, deren Oberflächen- oder Abgastemperaturen unter den Prüfbedingungen nach 5.13 b) *Oberflächen- und Bauteiltemperaturen – Wand-, Boden- und Deckentemperaturen* mehr als 50 °C über der Umgebungstemperatur liegen.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist auf die Prüfflächen aus Holz zu stellen.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Der Hersteller muss die Abstände zwischen dem Brennstoffzellensystem und der hinteren Wand, den Seitenwänden und der Decke (sowie der nächstgelegenen Tür, falls zutreffend) von den Prüfflächen vorgeben.

Das Brennstoffzellensystem ist auf die Prüfflächen zu stellen, die die folgenden Eigenschaften besitzen.

Für die Prüfflächen ist mattschwarz gestrichenes Sperrholz von etwa 20 mm Stärke zu verwenden.

Temperaturanstiege sind unter Einsatz von Thermoelementen zu ermitteln.

Thermoelemente, die zur Ermittlung des Temperaturanstiegs der Oberfläche von Wänden, der Decke und dem Boden in den Prüfecken eingesetzt werden, sind auf die Rückseite kleiner geschwärzter Scheiben aus Kupfer oder Messing aufzubringen. Die Vorderseite der Scheibe liegt in einer Ebene mit der Oberfläche der Platten.

Soweit möglich, ist das Brennstoffzellensystem so anzuordnen, dass die Thermoelemente die höchsten Temperaturen ermitteln.

Das Brennstoffzellensystem ist bei maximaler Ausgangsleistung zu betreiben. Nachdem Gleichgewichtsbedingungen erreicht wurden, sind die Temperaturen der Prüfplatten zu messen und es ist festzustellen, ob die Anforderungen nach 4.4.9 b) eingehalten werden.

**5.14 Windprüfungen**

Windprüfungen sind nur anwendbar auf Brennstoffzellensysteme, die für die Installation außerhalb geschlossener Räume vorgesehen sind, sowie für Einheiten in geschlossenen Räumen, die horizontale Lufteinlässe und Luftauslässe nach außen besitzen.

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

**5.14.1 Verfahren zur Kalibrierung der Windquelle für Luftströmungen senkrecht zur Wand**

Die Anordnung zur Kalibrierung der Windquelle besteht aus dem Zentrum der Windquelle, die senkrecht auf die Mitte einer Prüfwand gerichtet ist. Die Prüfwand ist mit 4 Anschlüssen ausgestattet, die um einen im Zentrum der Prüfwand liegenden Lüftungsanschluss herum angeordnet sind, nach den Installationsanweisungen des Herstellers (siehe Bild C.1). Die Anschlüsse sind in der Weise zu verbinden, dass man eine einzige Anzeige eines mittleren statischen Drucks erhält. Bei auf die Wand gerichteter Windquelle ist die Anzeige des mittleren statischen Drucks, gemessen mittels eines Manometers in Bezug auf die Prozessluftöffnung des Brennstoffzellen-Energiesystems, die Grundlage für die Kalibrierung der Windquelle unter Verwendung der nachstehenden Randbedingungen.

**Tabelle 9 – Windgeschwindigkeitskalibrierung**

| Nenngeschwindigkeit km/h | Durchschnittlicher statischer Druck Pa |
|--------------------------|--|
| 16                       | 10                                     |
| 54                       | 116                                    |

Darüber hinaus darf die auf 54 km/h kalibrierte Windquelle keinen dynamischen Druck von mehr als 12 Pa [16 km/h] bei einer Entfernung von 305 mm senkrecht zur Prüfwand in einer Linie mit den Anschlüssen erzeugen.

**5.14.2 Prüfung des Betriebs von Brennstoffzellen-Energiesystemen außerhalb geschlossener Räume unter Windbedingungen**

Die Verfahren dieses Abschnitts sind nur anwendbar auf Brennstoffzellen-Energiesysteme und Bauteile von Brennstoffzellen-Energiesystemen, die für die Installation außerhalb geschlossener Räume vorgesehen sind.

Gehäuse von Brennstoffzellen-Energiesystemen sowie Umschließungen von Bauteilen von Brennstoffzellen-Energiesystemen, die für den Einsatz außerhalb geschlossener Räume vorgesehen sind, sind einer Windprüfung nach nachstehendem Vorgehen zu unterwerfen und müssen diese bestehen.

Prüfmethode: Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss ohne Beschädigung oder Fehlfunktion irgendeines Teils sowie ohne Eintreten einer gefahrbringenden oder unsicheren Situation normal starten und betrieben werden können, wenn es Luftströmungen mit einer Nenn-Geschwindigkeit von 9 km/h bis einschließlich 54 km/h ausgesetzt wird.

Ein Wind, der von einem Gebläse/Lüfter erzeugt wird, das/der die notwendige Kapazität besitzt, einen Luftstrom von 9 km/h bis einschließlich 54 km/h zu erzeugen, ist gegen eine äußere Oberfläche des Brennstoffzellen-Energiesystems und zwar an dem (den) Punkt(en) zu richten, der (die) von der die Prüfung durchführenden Prüforganisation als der (die) kritischste(n) betrachtet wird (werden). Das Gebläse/der Lüfter ist so anzuordnen, dass ein gleichmäßiger Wind, der die gesamte projizierte Fläche der äußeren Oberfläche abdeckt, horizontal auf das Brennstoffzellen-Energiesystem gerichtet wird, mit der vorgeschriebenen Geschwindigkeit, die in einer vertikalen Fläche, 50 cm entfernt von der dem Wind zugewandten Oberfläche des Brennstoffzellen-Energiesystems, gemessen wird.

Die Pilotflamme, sofern vorhanden, muss in der Lage sein zu zünden, wenn das Brennstoffzellen-Energiesystem einem Wind mit einer Nenn-Geschwindigkeit von 16 km/h ausgesetzt wird.

Das Brennergas muss durch die Zündeinrichtung ohne übermäßige Verzögerung entzündet werden, und weder der Brenner noch die Steuerflamme dürfen verlöschen, wenn das Brennstoffzellen-Energiesystem einem Wind mit einer Nenn-Geschwindigkeit von 54 km/h ausgesetzt wird. Die Pilotflamme, sofern vorhanden, ist allein zu betreiben, wie auch gleichzeitig mit dem Brenner.

Nach dem Ermessen der die Konformität beurteilenden Organisation können weitere Prüfungen mit Luftströmungen spezifizierter und nicht-spezifizierter Geschwindigkeiten aus anderer(n) Richtung(en) durchgeführt werden.

#### **5.14.3 Prüfung des Betriebs von Brennstoffzellen-Energiesystemen innerhalb geschlossener Räume mit horizontaler Belüftung durch eine Wand von außen**

Prüfmethode: Diese Prüfungen sind bei normalem Einlassprüfdruck durchzuführen.

- a) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss die Anforderungen nach 4.5.3 j) *Abgassysteme* erfüllen, wenn es unter einer nicht senkrechten Windrichtung geprüft wird; es sei denn, dass die Luftströmung, die durch die Windquelle erzeugt wird, eine Nenn-Geschwindigkeit von 54 km/h (134,5 Pa dynamischer Druck in freier Strömung) hat, die bei wandparallelem Luftstrom mit einem an drei Stellen angeordneten Staurohr gemessen wird, in einer zur Wand rechtwinkligen Ebene, die gleichzeitig das Lüftungssystem halbiert. Die drei Stellen müssen sich jeweils horizontal und vertikal 305 mm von den äußeren Rändern des Lüftungssystems befinden. Siehe Anhang D.

Nach Kalibrierung der Windquelle parallel zur Wand ist entweder die Windquelle oder die Prüfwand nach Ermessen der die Prüfung durchführenden Organisation so zu drehen, dass der Wind aus anderen Winkeln gerichtet wird.

- b) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss die Anforderungen nach 4.5.3 j) *Abgassysteme* erfüllen. Für Luftströmungen, die senkrecht auf die Wand gerichtet sind, ist eine der folgenden Prüfmethode anzuwenden.
- 1) Die folgende Prüfmethode ist mit der maximalen spezifizierten Länge der Lüftungseinrichtung anzuwenden. Sofern ein Abgasstutzen zum Einsatz kommt, ist lediglich dieser von der horizontalen Lüftung zu entfernen. Das Abgasrohr ist mit einem Piezoring 305 mm vom Auslass der horizontalen Abgasleitung auszustatten (siehe Bild E.1). Der Piezoring ist mit einem Differenzdruckmesser zu verbinden, der direkt bis auf 1,24 Pa Druck genau abgelesen werden kann. Die Bezugsdruckverbindung des Manometers ist mit einem Punkt zu verbinden, der an die Öffnung der Brennstoffzellen-Verbrennungsluftversorgung angrenzt.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist in Betrieb zu setzen. Das Ende der Abgasleitung ist so weit zu blockieren, bis der Druck am Piezoring 116 Pa erreicht. Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist nun abzuschalten. Anschließend ist die Gasversorgung des Brennstoffzellen-Energiesystems einzuschalten. Während die Blockierung weiterhin besteht, ist ein Kaltstart des Brennstoffzellen-Energiesystems durchzuführen. Unter den vorstehend genannten Bedingungen darf das Brennstoffzellen-Energiesystem nicht abschalten. Nachdem der Gleichgewichtszustand erreicht wurde, ist die Blockierung erneut so einzurichten, so dass 116 Pa beibehalten werden. Unter den vorstehend genannten Bedingungen darf das Brennstoffzellen-Energiesystem über einen Zeitraum von 10 min nicht abschalten. Während der Lüftungsdruck von 116 Pa beibehalten wird, ist das Brennstoffzellen-Energiesystem durch die automatische Regelung ein- und auszuschalten, und das Brennstoffzellen-Energiesystem muss ohne übermäßige Verzögerung starten.

- 2) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss die Startphase erfolgreich einleiten, wenn es einer Luftströmung von 9 km/h bis einschließlich 54 km/h ausgesetzt ist.
- 3) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss weiterlaufen, wenn es einer Luftströmung von 9 km/h bis einschließlich 54 km/h ausgesetzt ist.

#### 5.14.4 Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen unter Wind bei Einheiten zum Einsatz in geschlossenen Räumen

Bei Brennstoffzellen-Energiesystemen, die innerhalb geschlossener Räume installiert sind und einen Lüftungslufteinlass durch eine äußere Wand besitzen, sind die CO-Emissionen zu überprüfen, während ein Luftstrom im Bereich von 9 km/h bis 54 km/h gegen den/die Lüftungslufteinlassstutzen gerichtet wird. Der Luftstrom wird in Bezug auf die Lüftungstutzen aus jeglicher horizontaler Richtung aufgebracht. Das Lüftungseinlasssystem wird einer Windgeschwindigkeit von 54 km/h ausgesetzt (134,5 Pa dynamischer Druck in freier Strömung, gemessen mittels eines Staurohres an drei Stellen einer Ebene, die rechtwinklig zur Wand steht und gleichzeitig das Lüftungseinlasssystem halbiert. Die drei Stellen müssen sich jeweils horizontal und vertikal 305 mm von den äußeren Rändern des Lüftungseinlasssystems befinden). Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Nenn-Einlassluftstrom zu betreiben, bis eine konstante Abgastemperatur erreicht ist. Während des Durchlaufens des Bereichs an Windgeschwindigkeiten sind die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen zu messen und zu analysieren zum Nachweis der Übereinstimmung der Konzentrationen mit den Anforderungen nach 4.4.11 *Allgemeine Informationen*.

Nach Kalibrierung der Windquelle parallel zur Wand ist entweder die Windquelle oder die Prüfwand nach Ermessen der die Konformität beurteilenden Organisation so zu drehen, dass der Wind aus anderen Winkeln gerichtet wird.

Zur Messung bei senkrecht auf die Wand gerichteten Windströmungen ist das Brennstoffzellen-Energiesystem zu betreiben, bis sich eine konstante Abgastemperatur eingestellt hat. Eine der Prüfungen aus 5.14.3 b) *Prüfung des Betriebs von Brennstoffzellen-Energiesystemen innerhalb geschlossener Räume mit horizontaler Belüftung durch eine Wand von außen* ist anzuwenden.

Bei Durchführung der Prüfung nach 5.14.3 b) 1) *Prüfung des Betriebs von Brennstoffzellen-Energiesystemen innerhalb geschlossener Räume mit horizontaler Belüftung durch eine Wand von außen* ist der Winddruck von 0 Pa bis 116 Pa zu variieren. Während des Durchlaufens des Bereiches an Winddrücken ist eine ausreichende Anzahl von Abgasproben zu entnehmen und zu analysieren, um nachzuweisen, dass die Kohlenmonoxidkonzentrationen den Anforderungen in 4.4.11 *Allgemeine Informationen* entsprechen.

Bei Durchführung der Prüfung nach 5.14.3 b) 2) *Prüfung des Betriebs von Brennstoffzellen-Energiesystemen innerhalb geschlossener Räume mit horizontaler Belüftung durch eine Wand von außen* ist der Wind, der durch die Windquelle erzeugt wird, um Nenn-Geschwindigkeiten von 9 km/h bis 54 km/h zu variieren, wobei die Kalibrierung nach 5.14.1 *Verfahren zur Kalibrierung der Windquelle für Luftströmungen senkrecht zur Wand* erfolgt. Während der Aufbringung von Windgeschwindigkeiten in diesem Bereich ist eine ausreichende Anzahl von Abgasproben zu entnehmen und zu analysieren, um nachzuweisen, dass die Kohlenmonoxidkonzentrationen den Anforderungen in 4.4.11 *Allgemeine Informationen* entsprechen.

#### **5.14.5 Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen unter Wind bei Einheiten zum Einsatz außerhalb von geschlossenen Räumen**

Bei Brennstoffzellen-Energiesystemen, die außerhalb geschlossener Räume installiert sind, sind die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen zu prüfen, während die Einheit Luftströmungen in einem Bereich von 9 km/h bis 54 km/h ausgesetzt ist. Ein Wind, der von einem Gebläse erzeugt wird, das die notwendige Kapazität besitzt, einen Luftstrom von 9 km/h bis einschließlich 54 km/h zu erzeugen, ist gegen eine äußere Oberfläche des Brennstoffzellen-Energiesystems und zwar an den Punkten zu richten, die von der die Konformität beurteilenden Organisation als kritischste betrachtet werden. Das Gebläse ist so anzuordnen, dass ein gleichmäßiger Wind, der die gesamte projizierte Fläche der äußeren Oberfläche abdeckt, horizontal auf das Brennstoffzellen-Energiesystem gerichtet wird, mit der festgelegten Geschwindigkeit, die in einer vertikalen Fläche 0,5 m entfernt von der dem Wind zugewandten Oberfläche des Brennstoffzellen-Energiesystems gemessen wird. Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Nenn-Lufteinlass zu betreiben, bis sich eine konstante Abgastemperatur eingestellt hat. Während des Durchlaufens des Bereichs an Windgeschwindigkeiten sind die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen zu messen und zu analysieren zum Nachweis der Übereinstimmung der Konzentrationen mit den Anforderungen nach 4.4.11 *Allgemeine Informationen*.

### **5.15 Regenprüfung**

**5.15.1** Einheiten für den Einsatz außerhalb von geschlossenen Räumen: Eine simulierte Regenprüfung kann nach einer minimalen IP-Schutzklasse von 3 (second characteristic numeral 3), wie in IEC 60529 definiert, oder nach einer höheren IP Schutzklasse nach Herstellerangabe ausgeführt werden. Die Übereinstimmungskriterien sind in 5.15.3 *Regenprüfung* definiert.

**5.15.2** Einheiten für den Einsatz in geschlossenen Räumen mit horizontaler Belüftungseinrichtung: Die simulierte Regenprüfung ist auf die Entlüftungsöffnung anzuwenden. Die Prüfmethode ist in IEC 60529, 14.2.3 *Prüfung für die zweite Kennziffer 3 mit Schwenkrohr oder Spritzbrause*, beschrieben. Die Übereinstimmungskriterien sind in 5.15.3 *Regenprüfung* definiert.

**5.15.3** Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss ohne Schäden oder Fehlfunktionen aller seiner Teile und Subsysteme, die während der Durchführung der simulierten Regenprüfung eine Gefährdung auslösen könnten, anlaufen und arbeiten.

**5.15.4** Nach beendeter Durchführung eines simulierten Regensturms dürfen weder Schäden und Fehlfunktionen an Teilen des Brennstoffzellen-Energiesystems noch Wasseransammlungen in seinen Teilen zu beobachten sein. Die Prüfung muss nachweisen, dass Wasser in Gehäuse mit elektrischen Bauteilen nicht höher als das niedrigste spannungsführende Teil eindringen kann und dass solche Teile nicht benetzt werden können.

Das gilt nicht für Motorwicklungen; diese können nach Durchschlagsfestigkeitsprüfungen bewertet werden, vorausgesetzt der (die) Motor(en) ist (sind) so konstruiert, platziert oder umhüllt, dass die Wicklungen keinem direktem Wasserkontakt ausgesetzt sind.

### **5.16 Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen**

Diese Prüfung ist bei minimaler und maximaler Länge des Belüftungskanals oder bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand bei längenbedingtem minimalem und maximalem Druckwiderstand des Belüftungskanals auszuführen.

Kohlenmonoxid-Emissionen des Brennstoffzellen-Energiesystems dürfen 300 ppm in einer luftfreien Probe des Abgases nach den Prüfungen nach 5.16.1 *Blockierung der Abgasöffnungen* und 5.16.2 *Blockierung der Luftversorgung* nicht überschreiten.

### 5.16.1 Blockierung der Abgasöffnungen

Die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen sind zu prüfen, während die Abgasöffnungen des Brennstoffzellen-Energiesystems in jeglichem Grad blockiert sind, bis zum vollständigen Verschluss und einschließlich des vollständigen Verschlusses. Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Nenn-Brennstoffverbrauch für mindestens 15 min zu betreiben. Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem über eine Regelung verfügt, die bei Blockade des Auslasses die Hauptbrennstoffzufuhr automatisch schließt, ist die Querschnittsfläche des Abgasaustritts kontinuierlich bis zum geringsten Punkt zu reduzieren, an dem die Regelung in der Position „offen“ verbleibt.

### 5.16.2 Blockierung der Luftversorgung

- a) Das Brennstoffzellen-Energiesystem befindet sich bei Umgebungstemperatur und die Luftversorgungsleitung ist vollständig zu blockieren. Nun ist die Luftversorgungsleitung allmählich zu öffnen. Der Blockierungsgrad, bei dem der Brenner gezündet werden kann, ist zu bestimmen. Bei diesem Blockierungsgrad und nach Einstellung eines Gleichgewichtszustands sind die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen zu messen.
- b) Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist bei Nennleistung für mindestens 15 min zu betreiben. Der Luft-einlass ist zunehmend zu blockieren. Die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen sind anschließend zu messen.

### 5.17 Dichtigkeitsprüfung (Wiederholung)

Das Brennstoffzellensystem ist erneut unter den gleichen Prüfbedingungen, wie in 5.4 *Dichtigkeitsprüfung* angegeben, auf Undichtigkeiten zu prüfen.

## 6 Stückprüfungen

Sämtliche produzierten Einheiten sind Stückprüfungen zu unterwerfen. Damit die erforderlichen Betriebsbedingungen nachgebildet werden, sind die Prüfungen in einer Prüfumgebung durchzuführen, die die Anwendung des Brennstoffzellensystems nachbildet, für die das Brennstoffzellensystem ausgelegt wurde. Insbesondere muss die Prüfumgebung für Stückprüfungen Schnittstellen an den Grenzen, nach der Auslegungsanwendung der Brennstoffzellenanlage, bereitstellen. Es wird empfohlen, die Stückprüfungen in der nachstehend beschriebenen Reihenfolge durchzuführen.

Sofern die Stückprüfungen in direktem Zusammenhang mit dem ersten Start und der Initialisierung des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden, ist es mit der Konditionierungseinrichtung zu verbinden und befindet sich unter den vom Hersteller vorgegebenen Betriebsbedingungen.

Die nachstehenden Stückprüfungen sind für sämtliche Brennstoffzellen-Energiesysteme durchzuführen.

**6.1** Die Gasdichtigkeitsprüfung ist nach 5.4 *Dichtigkeitsprüfung* durchzuführen. Alternativ darf die nachstehend beschriebene Druckverlustprüfung durchgeführt werden.

Brennstoffzellensysteme, die brennbare Gase enthalten, oder die Systemteile, innerhalb derer brennbare Gase gefördert werden, sind mit einem geeigneten, trockenen Gas (beispielsweise Luft oder Stickstoff) unter den festgelegten Überdruck zu setzen, dann abzudichten und anschließend für mehr als 10 min so zu belasten. Die Leckage, die nach nachstehender Formel aus der Druckdifferenz zwischen dem Druck vor und nach Ablauf der genannten Zeit ermittelt wird, darf die festgelegten Werte nicht überschreiten.

$$L_1 = V \times t_0 / p_0 \times \left\{ (p_1 + p_{a1}) / (t_0 + t_1 - 5) + (p_2 + p_{a2}) / (t_0 + t_2 - 15) \right\} \times 60 / T$$

Dabei ist

|          |   |
|----------|---|
| $L_1$    | die Gasleckage aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem in m <sup>3</sup> /h;   |
| $V$      | das interne Volumen im druckbeaufschlagten Bereich in m <sup>3</sup> (Gasvolumen abzüglich des Volumens der internen Strukturen); |
| $t_0$    | die Referenztemperatur 288,15 K (15 °C);  |
| $t_1$    | die innere Raumtemperatur (°C) zu Beginn der Messung;   |
| $t_2$    | die innere Raumtemperatur (°C) am Ende der Messung;   |
| $p_0$    | der Referenzdruck 101,325 kPa (1 atm);  |
| $p_1$    | der Druck (kPa) zu Beginn der Messung;  |
| $p_2$    | der Druck (kPa) am Ende der Messung;  |
| $p_{a1}$ | der Umgebungsdruck (kPa) zu Beginn der Messung;   |
| $p_{a2}$ | der Umgebungsdruck (kPa) am Ende der Messung;   |
| $T$      | die Messzeit in min.  |

**6.2** Prüfung des Normalbetriebs: wie in 5.6 *Typprüfung Normalbetriebstest* beschrieben

**6.3** Prüfung auf Durchschlagsfestigkeit: wie in 5.8 *Dielektrische Anforderungen und simulierte anomale Bedingungen* beschrieben

**6.4** Kühlmitteldichtigkeitsprüfung (nur für flüssige Kühlmittel): wie in 5.4.2 *Flüssigkeitsdichtigkeitsprüfung* beschrieben.

**6.5** Die folgenden Prüfungen sind aufgrund eines Stichprobenplanes durchzuführen:

- Brennerbetriebsprüfung nach 5.10.1 *Allgemeine Prüfungen*;
- Die Kohlenmonoxid(CO)-Emissionen sind während der Brennerbetriebsprüfung nach 5.10.1 *Allgemeine Prüfungen* zu messen. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind in 4.4.11 *Allgemeine Anforderungen gegeben*.

## 7 Kennzeichnung, Markierungen und Verpackung

### 7.1 Allgemeine Anforderungen

Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist nach den anwendbaren Abschnitten von ISO 3864-2:2004 zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss dauerhaft angebracht sein und der vorgesehenen Anwendung entsprechen.

### 7.2 Kennzeichnung von Brennstoffzellen-Energiesystemen

Jedes Brennstoffzellen-Energiesystem muss über ein Typenschild oder über eine Kombination aneinander angrenzender Kennzeichnungen verfügen, das (die) so angeordnet ist (sind), dass sie leicht abgelesen werden kann (können), wenn sich das Brennstoffzellen-Energiesystem in normaler Aufstellung befindet.

Die Kennzeichnung muss eindeutig jegliche Einschränkungen in der Benutzung deutlich machen, insbesondere Einschränkungen, die sich auf die ausschließliche Aufstellung des Brennstoffzellen-Energiesystems in Bereichen mit ausreichender Belüftung beziehen.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Das (die) Typenschild(er)/Kennzeichnung(en) muss (müssen) nachstehende Informationen einschließen:

- a) Herstellername (einschließlich Handelsmarke) und -sitz;
- b) Hersteller-Typennummer oder -Markenname;
- c) Seriennummer des Brennstoffzellen-Energiesystems und Jahr der Herstellung;
- d) elektrische Aufnahme, soweit zutreffend (Spannung/Stromart/Frequenz/Phasenzahl/Leistungsaufnahme);
- e) elektrische Eingangsgrößen (Spannung/Stromart/Frequenz/Phasenzahl/Bemessungsleistung/Leistungsfaktor/kVA);
- f) die für das Brennstoffzellen-Energiesystem geeignete Brennstoffart;
- g) Druckbereich der Brennstoffversorgung;
- h) Brennstoffverbrauch bei Bemessungsleistung (kW);
- i) Temperaturbereich (Minimum und Maximum) in Grad Celsius, innerhalb dessen das Brennstoffzellen-Energiesystem betrieben werden kann;
- j) Verwendung außerhalb oder innerhalb geschlossener Räume;
- k) Warnhinweise, die das Bedienpersonal auf die Möglichkeit der Verletzung von Personal oder der Beschädigung von Ausrüstung hinweisen sowie die Aufforderung, Installations- und Betriebsanweisungen zu folgen;

Sofern das Brennstoffzellen-Energiesystem für den Einsatz in Zonenbereichen nach IEC 60079 10 ausgelegt ist, ist es entsprechend zu kennzeichnen.

### **7.3 Bauteilkennzeichnung**

Sämtliche vom Anwender wartbare Teile müssen nach den Systemzeichnungen im Benutzerhandbuch des Brennstoffzellen-Energiesystems identifiziert werden.

Warnhinweise sind in geeigneter Weise anzubringen, um auf elektrische Gefährdungen, Inhalte aus Ablaufventilen, Komponenten mit hoher Temperatur und mechanische Gefährdungen hinzuweisen. Dabei sollten die Standardsymbole nach ISO 3864-2:2004 bevorzugt werden.

Regelungseinrichtungen, optische Anzeigen und Bildschirme (insbesondere solche mit Bezug auf Sicherheit), die an Mensch-Maschine-Schnittstellen eingesetzt werden, sind entweder selbst oder aber direkt am Teil angrenzend eindeutig in Bezug auf ihre Funktion zu kennzeichnen. Dabei sollten Standardsymbole nach IEC 60417 und ISO 7000 bevorzugt werden.

### **7.4 Technische Dokumentation**

#### **7.4.1 Allgemeines**

Der Hersteller muss mit jedem Brennstoffzellen-Energiesystem die zur sicheren Installation, zum sicheren Betrieb und zur sicheren Instandhaltung des Brennstoffzellen-Energiesystems erforderlichen Informationen zur Verfügung stellen und muss insbesondere auf jegliche Einschränkungen des Einsatzes hinweisen. Die Information ist in Form technischer Dokumente, wie Zeichnungen, Schaubildern, Diagrammen, Tabellen und Anweisungen, auf einem geeigneten Datenmedium und in geeigneter Sprache zur Verfügung zu stellen.

Teile der technischen Information können ausschließlich ausgebildetem Personal zur Verfügung gestellt werden; in diesem Fall muss der Hersteller die Kriterien für die Ausbildung des Personals definieren.

Die mit dem Brennstoffzellen-Energiesystem zur Verfügung gestellten Informationen müssen einschließen:

- eine eindeutige, umfassende Beschreibung der Ausrüstung, der Installation und der Montage sowie des Anschlusses an die elektrische Versorgung (an die elektrischen Versorgungen) und andere Schnittstellen zum Aufstellungsort;
- Anforderungen an die elektrische Versorgung (an die elektrischen Versorgungen);

- physikalische Umgebungs- und Betriebsbedingungen (Eigenschaften der Brennstoff- und Wasserversorgung usw.) nach 4.2 *Physikalische Umgebung und Betriebsbedingungen*;
- elektrische Stromlaufpläne;
- Informationen bezüglich (soweit zutreffend):
  - a) Handhabung, Transport und Lagerung;
  - b) Softwareprogrammierung;
  - c) Bedienungsabfolge;
  - d) Häufigkeit von Inspektionen;
  - e) Häufigkeit und Verfahren von Funktionsprüfungen;
  - f) Anleitungen zur Einstellung, Wartung und Reparatur, insbesondere von Schutzeinrichtungen und Schutzleiterkreisen;
  - g) Stücklisten und Listen empfohlener Ersatzteile;
- eine Beschreibung (einschließlich Anschlussdiagrammen) von Sicherheitseinrichtungen, Verriegelungsfunktionen und Verriegelung von trennenden Schutzeinrichtungen für möglicherweise gefahrbringende Situationen;
- eine Beschreibung der technischen Schutzmaßnahmen sowie der zur Verfügung gestellten Mittel, um diese technischen Schutzmaßnahmen nötigenfalls aufzuheben (z. B. für manuelle Programmierung und Programmprüfung).

#### 7.4.2 Installationsanleitung

Die Installationsanleitung muss dem Installateur sämtliche Information zur Verfügung stellen, die für die vorbereitenden Arbeiten zur Installation des Brennstoffzellen-Energiesystems erforderlich sind.

Insbesondere sind Anschlussdiagramme oder -tabellen zur Verfügung zu stellen. Das Diagramm oder die Tabelle muss vollständige Informationen über alle externen Verbindungen enthalten (z. B. elektrische Versorgung, Brennstoffversorgung, Wasserversorgung, Regelungssignale, Abgasabführung, Lüftungsverbindungen usw.).

Diese Installationsanweisungen müssen Leitlinien enthalten bezüglich des Ortes und der Auslegung des Fundaments des Brennstoffzellen-Energiesystems, der Lüftungsanforderungen, des Schutzes vor Gefährdungen durch Wettereinflüsse, der empfohlenen Höhe zum Schutz vor Überflutungen, der Sicherheitseinhausungen, der zulässigen Abstände zu brennbaren Materialien, der Vegetation, der begehbaren Wege, der öffentlichen Wege, der Straßen, der Bahnschienen sowie der Beeinflussungen durch Fahrzeuge.

Zusätzlich zu den vorstehend aufgeführten Angaben muss die Installationsanweisung nachstehende Angaben enthalten:

- den Namen des Herstellers oder des Vertreibers und dessen Firmensitz sowie die Modellbezeichnung des Brennstoffzellen-Energiesystems;
- den minimalen und maximalen Brennstoffversorgungsdruck sowie die Methode zur Feststellung dieses Drucks;
- erforderliche Abstände um Lufteinlässe und Lüftungs- und Abgasöffnungen herum;
- erforderliche Abstände für Wartung, Instandhaltung und einwandfreien Betrieb;
- erforderliche Abstände zu brennbaren Materialien;
- dass ein Sedimentabscheider oder Filter oberhalb der Brennstoffregelung vorzusehen ist, sofern zutreffend;
- sofern erforderlich, besondere Anweisungen für längere Stilllegungsphasen;
- Anforderungen an das Belüftungssystem einschließlich des Luftansaugkanals, so vorhanden.

### 7.4.3 Bedienungsanleitung

Für Brennstoffzellen-Energiesysteme, die im Haushaltsbereich eingesetzt werden, muss der Systemlieferant dem Eigentümer eine Bedienungsanleitung zur Verfügung stellen sowie entsprechende zusätzliche Informationen, um die Wartung zu ermöglichen (z. B. Adresse des Importeurs, Reparaturbetriebe usw.).

Die Bedienungsanleitung ist so zu schreiben und in einer Schriftform und so zu formatieren, dass die Verfahren leicht nachvollziehbar sind. Zur Identifikation von Bauteilen des Brennstoffzellen-Energiesystems, von Dimensionen, Abständen, zusammengesetzten Komponenten sowie von Verbindungspunkten sollten Bilder eingesetzt werden, soweit erforderlich, um die Anweisungen zu verdeutlichen. Weiterhin sollten Bilder eingesetzt werden, um die Orte wartbarer Komponenten kenntlich zu machen und um die richtige Ausführung von Wartungsverfahren deutlich zu machen.

Sofern Text in Anführungszeichen steht, muss dieser in der Bedienungsanleitung genauso wiedergegeben werden, wie angegeben.

Die Bedienungsanleitung ist an der Brennstoffzelle mittels einer Tasche oder einer Klammer anzubringen, die Teil der Brennstoffzelle ist, oder ist in einem (mehreren) Umschlägen zu liefern, gekennzeichnet mit den Anweisungen

- a) an den Installateur, sie an der Brennstoffzelle oder in unmittelbarer Nähe zu befestigen und/oder
- b) an den Kunden, sie für zukünftiges Nachschlagen aufzubewahren. Jede Bedienungsanleitung sollte in geeignete Kapitel oder Abschnitte unterteilt werden und sollte eine Inhaltsübersicht sowie deutlich gekennzeichnete Seitenzahlen enthalten.

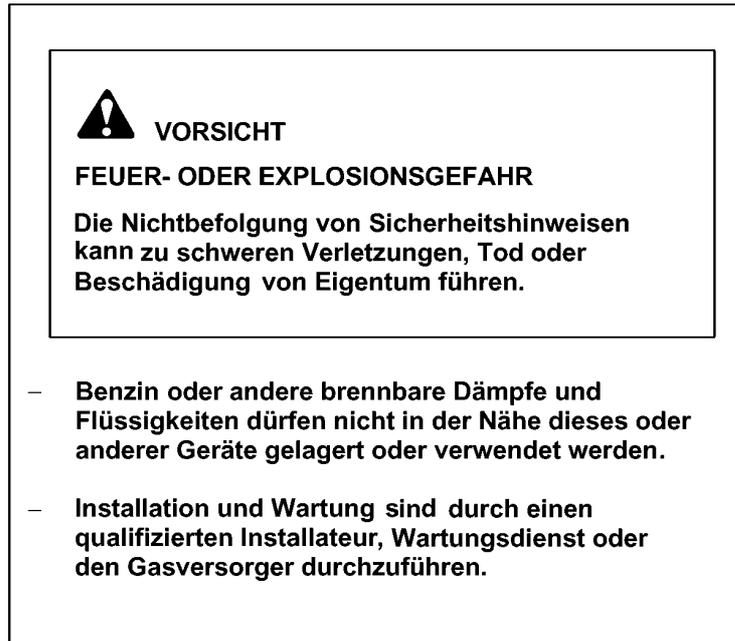
Die Bedienungsanleitung muss die folgenden Sicherheitsinformationen enthalten, soweit zutreffend:

- a) vordere Umschlagseite,  
die vordere Umschlagseite muss dem(n) Anwender(n) ausschließlich die wichtigsten Sicherheitsanweisungen vermitteln. Die vordere Umschlagseite oder, falls kein Umschlag vorhanden ist, die erste Seite der Anleitung muss die nachstehenden Sicherheitsmaßnahmen enthalten, eingerahmt wie in den Bildern 3 bis 5 dargestellt.

**VORSICHT**  
**FEUER- ODER EXPLOSIONSGEFAHR**  
Die Nichtbefolgung von Sicherheitshinweisen kann zu schweren Verletzungen, Tod oder Beschädigung von Eigentum führen.

- Benzin oder andere brennbare Dämpfe und Flüssigkeiten dürfen nicht in der Nähe dieses oder anderer Geräte gelagert oder verwendet werden.
- **WENN SIE GASGERUCH WAHRNEHMEN**
  - Vermeiden Sie jegliche offene Flamme.
  - Betätigen Sie keinen elektrischen Schalter; benutzen Sie kein Telefon in der Umgebung.
  - Verlassen Sie die Umgebung sofort.
  - Verständigen Sie umgehend Ihren Gasversorger. Folgen Sie den Anweisungen Ihres Gasversorgers.
  - Ist Ihr Gasversorger nicht erreichbar, verständigen Sie die Feuerwehr.
- Installation und Wartung sind durch einen qualifizierten Installateur, Wartungsdienst oder den Gasversorger durchzuführen.

**Bild 3 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit odorisiertem Gas betrieben werden**



**Bild 4 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit nicht-odoriertem Gas betrieben werden**

**VORSICHT**  
**FEUER- ODER EXPLOSIONSGEFAHR**  
Die Nichtbefolgung von Sicherheitshinweisen kann zu schweren Verletzungen, Tod oder Beschädigung von Eigentum führen.

- **Benzin oder andere brennbare Dämpfe und Flüssigkeiten dürfen nicht in der Nähe dieses oder anderer Geräte gelagert oder verwendet werden; Ausnahme die betreffenden Flüssigbrennstoffe für dieses Brennstoffzellen-Energiesystem.**
  
- **WENN SIE AUSLAUFENDE FLÜSSIGKEIT BEMERKEN**
  - **Vermeiden Sie jegliche offene Flamme.**
  - **Betätigen Sie keinen elektrischen Schalter; benutzen Sie kein Telefon in der Umgebung.**
  - **Verlassen Sie die Umgebung sofort .**
  - **Verständigen Sie umgehend Ihren Brennstoffversorger. Folgen Sie den Anweisungen Ihres Brennstoffversorgers.**
  - **Ist Ihr Brennstoffversorger nicht erreichbar, verständigen Sie die Feuerwehr.**
  
- **Installation und Wartung sind durch einen qualifizierten Installateur, Wartungsdienst oder den Brennstoffversorger durchzuführen.**

**Bild 5 – Sicherheitsmaßnahmen für Systeme, die mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden**

Die vordere Umschlagseite muss eine Aussage enthalten, die den Anwender darüber in Kenntnis setzt, dass er sämtliche Anweisungen der Anleitung lesen und sämtliche Anleitungen zum späteren Nachschlagen aufbewahren muss.

b) Abschnitt Sicherheit

Ein Abschnitt Sicherheit ist nahe dem Beginn der Anleitung einzufügen, durch den der Anwender mit einer Liste möglicher Gefährdungen und sicherheitsrelevanter Anweisungen für die spezielle Brennstoffzelle vertraut gemacht wird. Es sind mindestens die folgenden Aussagen in den Abschnitt Sicherheit aufzunehmen mit Bezug auf den entsprechenden Abschnitt oder die Seitenzahl innerhalb der Anleitung.

- 1) Anweisung, dass die Umgebung der Brennstoffzelle sauber und frei von brennbaren Materialien, Benzin und anderen entflammabaren Dämpfen und Flüssigkeiten zu halten ist.
- 2) Sofern Luft für die Verbrennung oder Belüftung erforderlich ist, die Anweisungen, die Belüftungsöffnungen der Brennstoffzelle, die Belüftungsöffnungen des die Brennstoffzelle umgebenden Bereichs sowie die zur Sicherstellung der benötigten Luft und zur Entlüftung erforderlichen Räume um die Brennstoffzelle herum nicht zu blockieren oder zu verstopfen.

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

- 3) Anweisungen für das Starten und Abschalten der Brennstoffzelle. Diese Anweisungen müssen sämtliche Bedienelemente bildlich darstellen und lokalisieren.
- 4) Die folgende Aussage: „Verwenden Sie diese Brennstoffzelle nicht, wenn irgendein Teil davon in Wasser eingetaucht war. Eine durch Wasser beschädigte Brennstoffzelle ist potenziell gefährlich. Der Versuch, die Brennstoffzelle zu betreiben, kann zu Brand oder Explosion führen“. Ein qualifizierter Wartungsbetrieb sollte beauftragt werden, um die Brennstoffzelle zu untersuchen und alle Teile der Brennstoffregelung, der Steuerung und alle elektrischen Teile zu ersetzen, die nass geworden sind.
- 5) Hinweise über die Häufigkeit von Filterwechseln oder -reinigungen und die Filtergröße und den Filtertyp für das Auswechseln. Diese Anweisungen müssen Anleitungen über die Demontage und den Austausch von Filtern enthalten und bildlich alle vom Hersteller gelieferten Komponenten darstellen und lokalisieren auf die in den Anweisungen für die Demontage und den Austausch von Filtern Bezug genommen wird.
- 6) Empfohlene Vorgehensweisen für die wiederkehrende Reinigung von Teilen, die dies erfordern.
- 7) Anweisungen für die Inspektion der Brennstoffzellenanlage, um sicherzustellen, dass
  - a) jegliche Einlassöffnungen und Auslassöffnungen nach 4.5.2 *Rohrleitungssysteme* und 4.5.3 *Abgassysteme* offen und frei von Hindernissen sind;
  - b) die Tragstruktur der Brennstoffzelle keine schädigenden Risse, Spalten usw. um den Rahmen herum aufweist, so dass eine Dichtung zwischen dem Rahmen und dem Fundament besteht;
  - c) keine offensichtlichen Anzeichen von Verschleiß der Brennstoffzelle vorhanden sind.
- 8) Die Anleitung muss die Notwendigkeit und die Mindesthäufigkeit von Prüfungen nach 7.4.3 b)7) *Bedienungsanleitung durch den Anwender* enthalten und muss darüber hinaus die wiederkehrende Inspektion der Brennstoffzelle durch einen qualifizierten Wartungsbetrieb vorgeben.
- 9) Die Anleitung muss darauf aufmerksam machen, dass eine starke Beaufschlagung des Brennstoffzellen-Energiesystems mit kontaminierter Luft zu Sicherheits- und Leistungsproblemen führen kann. Die Anweisungen müssen eine repräsentative Liste bekannter Kontaminationen enthalten.
- c) Sicherheitsinformationen innerhalb des Textes

Sicherheitsinformationen innerhalb des Textes sollten sich auf Sicherheitshinweise vom vorderen Umschlag und aus dem Abschnitt Sicherheit der Anleitung beziehen oder aber diese aufnehmen. Potenziell gefahrbringende Situationen, die in der Anleitung beschrieben werden, erfordern, dass zusätzliche Sicherheitshinweise erstellt werden.

#### 7.4.4 Betriebsanleitung

Die Betriebsanleitung muss eindeutige Verfahren zur Errichtung und zum Gebrauch des Brennstoffzellen-Energiesystems im Einzelnen darstellen. Besondere Aufmerksamkeit sollte den realisierten Sicherheitsmaßnahmen gewidmet werden, sowie den Fehlbedienungen, die zu erwarten sind.

Die Betriebsanleitung muss einen Abschnitt enthalten, der sich mit den beim Betrieb des Brennstoffzellen-Energiesystems verbundenen Gefährdungen befasst.

Sofern der Betrieb von Anlagenteilen programmiert werden kann, sind detaillierte Informationen bezüglich des Vorgehens bei der Programmierung, der erforderlichen Ausrüstung, der Programmprüfung sowie zusätzlicher Sicherheitsverfahren (sofern erforderlich) zur Verfügung zu stellen.

Die Anleitung muss Informationen bezüglich der luftübertragenen Geräuschemissionen des Brennstoffzellen-Energiesystems enthalten, entweder den tatsächlichen Wert oder einen Wert, der aufgrund von Messungen an identischen Brennstoffzellen-Energiesystemen ermittelt wurde.

Falls das Brennstoffzellen-Energiesystem dafür vorgesehen ist, auch von nicht-professionellen Anwendern betrieben zu werden, muss die Wortwahl und das Layout der Betriebsanleitung den Grad an Wissen und Verständnis, der vernünftigerweise von dieser Anwendergruppe erwartet werden kann, berücksichtigen, wobei die anderen wesentlichen Anforderungen, wie vorstehend beschrieben, dennoch enthalten sein müssen.

#### 7.4.5 Wartungsanleitung

Die Wartungsanleitung muss eindeutige Verfahren zur Einstellung, Wartung, vorbeugenden Inspektion und Reparatur im Einzelnen darstellen. Empfehlungen für Wartungs- und Serviceaufzeichnungen sollten Bestandteil der Wartungsanleitung sein. Sofern Verfahren für die Prüfung auf einwandfreien Betrieb angegeben werden (z. B. Prüfprogramme für Software), ist die Anwendung dieser Verfahren im Einzelnen darzustellen.

Diese Anleitung muss mindestens die nachstehenden Anweisungen, eindeutig dargestellt, verständlich und vollständig, enthalten:

- Anweisungen zum Starten und Abschalten des Brennstoffzellen-Energiesystems. Diese Anweisungen müssen sämtliche Teile bildlich darstellen und lokalisieren.
- Hinweise über die Häufigkeit von Filterwechseln oder -reinigungen und die Filtergröße und den Filtertyp für das Auswechseln. Diese Anweisungen müssen Anleitungen über die Demontage und den Austausch von Filtern enthalten und bildlich alle vom Hersteller gelieferten Komponenten darstellen und lokalisieren auf die in den Anweisungen für die Demontage und den Austausch von Filtern Bezug genommen wird.
- Anweisungen, die den Anwender vor elektrischen Bauteilen warnen, die nach dem Abschalten Restspannungen oder -energien enthalten können, und Anweisungen, wie diese Spannungen/Energien abzuleiten sind, damit ein sicherer Wert erreicht wird.
- Empfohlene Verfahren für die wiederkehrende Reinigung von Teilen, für die dieses erforderlich ist.
- Anweisungen zur Schmierung beweglicher Teile, einschließlich Art, Güteklasse und Menge des Schmiermittels.
- Anweisungen zur Überprüfung der Installation des Brennstoffzellen-Energiesystems, um festzustellen, ob
  - a) jegliche Einlassöffnungen und Auslassöffnungen offen und frei von Hindernissen sind;
  - b) keine offensichtlichen Anzeichen von physikalischer Alterung des Brennstoffzellen-Energiesystems oder seiner Tragstruktur (d. h. Fundament, Rahmen, Gehäuse usw.) vorhanden sind.
- Zu wiederkehrenden Prüfungen des Lüftungssystems, von Gasdetektoren und damit verbundener funktionaler Teile.
- Eine Ersatzteil-Stückliste, einschließlich der zur Bestellung von Ersatz- oder Austauschteilen erforderlichen Informationen.
- Anweisung, dass die Umgebung des Brennstoffzellen-Energiesystems sauber und frei von brennbaren Materialien, Benzin und anderen entflammenden Dämpfen und Flüssigkeiten zu halten ist.
- Die folgende Aussage: Verwenden Sie dieses Brennstoffzellen-Energiesystem nicht, wenn irgendein Teil davon in Wasser eingetaucht war. Benachrichtigen Sie sofort qualifiziertes Wartungspersonal, um das Brennstoffzellen-Energiesystem zu untersuchen und jegliche funktionale Teile, die unter Wasser waren, zu ersetzen.
- Anweisungen sowie einen Zeitplan für die Neutralisation von Kondensat, sofern zutreffend.

Die Wartungsanleitung muss weiterhin eine Auflistung aller regulären und routinemäßigen Wartungsarbeiten enthalten, die an den Teilen des Brennstoffzellen-Energiesystems durchzuführen sind, sowie die Notwendigkeit und die Mindesthäufigkeit dieser Überprüfungen angeben. Die Wartungsanleitung muss die wiederkehrenden Inspektionen des Brennstoffzellen-Energiesystems enthalten, die durch qualifiziertes Wartungspersonal durchzuführen sind.

## Anhang A (informativ)

### Signifikante Gefährdungen, gefahrbringende Situationen und Ereignisse, die in dieser Norm berücksichtigt werden

Tabelle A.1 enthält die signifikanten Gefährdungen, gefahrbringenden Situationen und Ereignisse, die in dieser Norm berücksichtigt werden sowie Verweise auf den/die jeweiligen Abschnitt(e)

**Tabelle A.1 – Gefahrbringende Situationen und Ereignisse**

| Signifikante Gefährdungen, gefahrbringende Situationen und Ereignisse   | Abschnitt      |
|---|----------------|
| – <b>Mechanische Gefährdungen aufgrund von:</b>   |                |
| – Gestalt (scharfe Oberflächen)   | 4.4            |
| – Relativem Aufstellort (Stolper-/Sturzgefährdung)  | 4.4            |
| – Masse und Stabilität (potenzielle Energie von Bauteilen, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegen können)        | 4.4            |
| – Masse und Geschwindigkeit (kinetische Energie von Bauteilen in kontrollierter und nicht-kontrollierter Bewegung)            | 4.4, 4.12      |
| – Ungenügender mechanischer Festigkeit (ungenügende Auslegung von Materialien oder Geometrien)                                | 4.4, 4.5, 4.13 |
| – Fluiden unter Druck (Überdruck, Ausstoß von Fluiden unter Überdruck, Vakuum)  | 4.4, 4.5       |
| – <b>Elektrische Gefährdungen aufgrund von:</b>   |                |
| – Berührung von aktiven Teilen durch Personen (direktes Berühren)   | 4.7            |
| – Berührung von Teilen, die unter Fehlerbedingungen aktiv werden, durch Personen (indirektes Berühren)                        | 4.7            |
| – Zugang zu aktiven Teilen, die unter Hochspannung stehen   | 4.7            |
| – Elektrostatischen Ereignissen   | 4.6, 4.7       |
| – Elektromagnetischen Ereignissen   | 4.8            |
| – Wärme- und chemischen Effekten aufgrund von Kurzschlüssen und Überlasten  | 4.7            |
| – Ausstoß von geschmolzenen Partikeln   | 4.7            |
| – <b>Thermische Gefährdungen aufgrund von:</b>  |                |
| – Berührung von Oberflächen mit äußerst hoher Temperatur durch Personen   | 4.4            |
| – Ausstoß von Fluiden mit hoher Temperatur  | 4.5            |
| – Thermischer Ermüdung  | 4.3, 4.5       |
| – Unsicheren Betriebszuständen aufgrund von Übertemperaturen von Bauteilen  | 4.9            |
| – <b>Gefährdungen aufgrund von Materialien und Substanzen:</b>  |                |
| – Gefährdungen durch den Kontakt mit oder das Einatmen von schädlichen Flüssigkeiten, Gasen, Nebeln, Dünsten und Stäuben      | 4.4            |
| – Feuer- oder Explosionsgefährdungen aufgrund des Austretens brennbarer Fluide  | 4.6            |
| – Feuer- oder Explosionsgefährdungen aufgrund interner Bildung entflammbarer Gemische   | 4.6            |
| – Gefahrbringende Situationen aufgrund der Zersetzung von Materialien (z. B. Korrosion) oder Ablagerungen (z. B. Verkrustung) | 4.3            |

**Tabelle A.1** (fortgesetzt)

| Signifikante Gefährdungen, gefährbringende Situationen und Ereignisse  | Abschnitt |
|--|-----------|
| – Erstickung   | 4.4       |
| – Reaktive Materialien (selbstentzündend)  | 4.4       |
| – <b>Gefährdungen, die durch Fehlfunktionen verursacht werden:</b>   |           |
| – Unsicherer Betrieb aufgrund von Ausfällen oder Unzulänglichkeit von Software oder Regelungslogiken                     | 4.9       |
| – Unsicherer Betrieb aufgrund von Ausfällen von Steuerstromkreisen oder Schutz-/Sicherheitseinrichtungen                 | 4.9       |
| – Unsicherer Betrieb aufgrund von Leistungsunterbrechung   | 4.9       |
| – <b>Gefährdungen aufgrund der Nichtberücksichtigung ergonomischer Grundsätze:</b>                                       |           |
| – Gefährdungen aufgrund von ungeeignetem Design, ungeeigneter Anordnung oder Kennzeichnung handbetätigter Bedienelemente | 4.9       |
| – Gefährdungen aufgrund von ungeeignetem Design oder ungeeigneter Anordnung von Bildschirmen und Warnhinweisen           | 4.9       |
| – Geräusch   | 4.4       |
| – <b>Gefährdungen aufgrund von fehlerhaften menschlichen Eingriffen:</b>   |           |
| – Gefährdungen aufgrund von Abweichungen vom korrektem Betrieb   | 4.9, 7.4  |
| – Gefährdungen aufgrund von Fehlern in der Herstellung, Ausstattung und Installation                                     | 4.4, 7.4  |
| – Gefährdungen aufgrund von fehlerhafter Wartung   | 7.4       |
| – Vandalismus  |           |
| – <b>Gefährdungen aufgrund der Umgebung:</b>   |           |
| – Unsicherer Betrieb in besonders heißen/kalten Umgebungen   | 4.13      |
| – Regen, Überflutungen   | 4.13      |
| – Wind   | 4.13      |
| – Erdbeben   | 4.4       |
| – Äußere Brandeinflüsse  |           |
| – Rauch  |           |
| – Schnee, Eislast  | 4.13      |
| – Einflüsse durch Ungeziefer   |           |
| – <b>Umweltverunreinigung:</b>   |           |
| – Luftverunreinigung   | 4.4       |
| – Wasserverunreinigung   | 4.4, 4.5  |
| – Bodenverunreinigung  | 4.4       |

## Anhang B (informativ)

### Aufkohlen und Materialverträglichkeit für die Handhabung von Wasserstoff

#### B.1 Aufkohlen

Herkömmliche Aufkohlung ist ein bekanntes Problem von Hochtemperaturlegierungen in Dampfreformierungsreaktoren. Sie wird durch die innere Migration von Kohlenstoff verursacht, dessen Quelle das Aufspalten von Kohlenwasserstoffen als Ergebnis der Bildung von Karbiden im metallischen Gitter ist. Der Prozess wird durch hohe Temperaturen gefördert, typischerweise  $> 800\text{ °C}$ , und führt letztendlich zu einem Absinken der Duktilität.

Grundsätzlich führt Aufkohlung einer Legierung zu einer geringeren Duktilität bei Umgebungstemperaturen. Kohlenstoffaufnahme führt zu einem vergrößerten Volumen des Metalls und einem erhöhten Wärmeausdehnungskoeffizienten, was zu starken inneren Spannungen führt und vorzeitigen Ausfall des Bauteils zur Folge hat. Der Ausfall tritt normalerweise durch Kriechrisse und vorzeitige Ermüdung ein. Tritt die Kohlenstoffversprödung ausreichend stark auf, so können auch die Kriech- und Brucheigenschaften bei höheren Temperaturen betroffen sein. Es scheint Unterschiede zwischen einzelnen Legierungen hinsichtlich der Anfälligkeit zu geben.

Grundsätzlich ist die Geschwindigkeit der Kohlenstoffversprödung abhängig von:

- der Temperatur – die Geschwindigkeit verdoppelt sich in etwa mit jedem Temperaturanstieg um  $55\text{ °C}$ ;
- der Reaktionskinetik – diese ist abhängig vom  $\text{CO/CO}_2$ -Verhältnis im Gas sowie von der Temperatur;
- Bedingungen, die zu sehr starker Kohlenstoffversprödung führen, sind  $\text{CO/CH}_4/\text{H}_2$ -Ströme mit einem geringen Dampf/Kohlenstoffverhältnis bei mittleren Temperaturen (normalerweise  $450\text{ °C}$  bis  $850\text{ °C}$ ) und einer fehlerhaften Oxidschicht;
- hohe Anteile an Nickel und Silizium haben günstige Auswirkungen;
- schützende und sich erneuernde Oxidüberzüge durch Anteile von Chrom, Silizium und Aluminium in der Legierung haben günstige Auswirkungen.

Diese Regeln haben grundsätzlichen Charakter und müssen aufgrund des ungewöhnlichen Charakters metallischer Reaktionen nicht unbedingt für alle Material- und Umgebungsvarianten zutreffen.

#### B.2 Materialverträglichkeit für die Handhabung von Wasserstoff

Bauteile, innerhalb derer gasförmiger Wasserstoff oder wasserstoffreiche Fluide verarbeitet werden, wie auch sämtliche Teile, die zur Abdichtung und Verbindung dieser Bauteile eingesetzt werden, sollten ausreichend widerstandsfähig gegen die chemischen und physikalischen Wirkungen von Wasserstoff unter den Betriebsbedingungen sein.

##### B.2.1 Metalle und metallische Materialien

Anwender dieser Norm sollten sich darüber im Klaren sein, dass Konstruktionsmaterialien, die in ihrer Einsatzumgebung Wasserstoff ausgesetzt sind, aufgrund verschiedener Wirkzusammenhänge wie Wasserstoffversprödung und Wasserstoffangriff eine erhöhte Anfälligkeit für Wasserstoffkorrosion zeigen können.

Wasserstoffversprödung ist als ein Vorgang definiert, der aufgrund der Durchdringung durch Wasserstoffatome zu einer Abnahme der Zähigkeit und Duktilität eines Metalls führt.

Wasserstoffversprödung tritt klassisch in zwei Formen auf. Die erste, bekannt als innere Wasserstoffversprödung, tritt auf, wenn Wasserstoff während der Materialbearbeitung in die metallische Kristallstruktur eintritt und zu einer Übersättigung des Metalls mit Wasserstoff führt. Die zweite Form, Wasserstoffversprödung durch Umwelteinflüsse, ist das Ergebnis der Wasserstoffabsorption durch feste Metalle aus der Betriebsumgebung.

Im Metall gelöste Wasserstoffatome treten in Wechselwirkung mit inneren Fehlstellen des Metalls auf und vergrößern typischerweise die Rissausbreitungsempfindlichkeit und setzen somit Grundeigenschaften wie die Streckgrenze und die Bruchfestigkeit herab. Es gibt sowohl wichtige material- als auch umweltbezogene Variablen, die zu wasserstoffbedingten Rissen in Metallen beitragen. Die Mikrostruktur des Materials ist ein wichtiger Aspekt, da sekundäre Phasen, die aufgrund von Variationen des Aufbaus und der Verarbeitung des Materials vorhanden sein können oder auch nicht, die Widerstandsfähigkeit des Metalls gegen Brüche beeinflussen können. Sekundäre Phasen wie etwa ferritische Ketten in austenitischen rostfreien Stählen können ebenfalls eine spezifische Ausrichtung besitzen, die zu deutlich anisotropem Verhalten des Materials führt. Grundsätzlich können Metalle so verarbeitet werden, dass sie einen großen Bereich an Festigkeiten besitzen; die Widerstandsfähigkeit gegen wasserstoffbedingten Bruch sinkt erfahrungsgemäß mit steigender Festigkeit der Legierung.

Die umgebungsabhängigen Variablen, die wasserstoffbedingte Brüche beeinflussen, schließen ein: den Druck des Wasserstoffs, die Temperatur, die chemische Umgebung sowie die Belastung. Grundsätzlich steigt die Anfälligkeit für wasserstoffbedingten Bruch mit steigendem Druck des Wasserstoffs. Die Auswirkung der Temperatur ist hingegen weniger systematisch. Einige Metalle wie austenitische rostfreie Stähle zeigen ein lokales Maximum der Empfindlichkeit für wasserstoffbedingten Bruch als Funktion der Temperatur. Wenngleich dieser Effekt noch nicht gut verstanden wurde, können Spurengase in Mischung mit Wasserstoff ebenso wasserstoffbedingten Bruch beeinflussen. Feuchtigkeit beispielsweise kann sich schädlich auf Aluminiumlegierungen auswirken, da nasse Oxidation hochflüchtigen Wasserstoff erzeugen kann, während angenommen wird, dass Feuchtigkeit in einigen Stählen die Widerstandsfähigkeit gegen wasserstoffbedingten Bruch durch die Erzeugung eines Oberflächenfilms erhöht, der als kinetisches Hindernis gegen die Wasserstoffaufnahme dient. Ein so genannter umgekehrter Belastungseffekt wird grundsätzlich in Gegenwart von Wasserstoff beobachtet; in anderen Worten, Metalle sind unter hohen Belastungen weniger anfällig gegen wasserstoffbedingten Bruch.

Bei Temperaturen nahe Umgebungstemperatur kann dieser Effekt Metalle mit raumzentrierter kubischer Kristallgitterstruktur betreffen, z. B. ferritische Stähle. Bei Abwesenheit von Restspannungen oder externen Lasten bildet sich umgebungsbedingte Wasserstoffversprödung in verschiedenen Formen aus, so wie Blasenbildung, interne Risse, Hydridbildung sowie eine herabgesetzte Duktilität. Bei Zugbeanspruchung oder einem bestimmten Schwellenwert übersteigenden Belastungsintensitätsfaktor kommt es zu einer Wechselwirkung zwischen atomarem Wasserstoff und dem Metall, wodurch unterkritisches Risswachstum induziert wird, das zum Bruch führt.

Wasserstoffversprödung kann während thermischer Behandlung mit erhöhter Temperatur auftreten und im Betrieb während der Galvanisierung, der Berührung mit Wartungschemikalien, der Korrosionsreaktionen, des kathodischen Schutzes sowie während des Betriebs unter Wasserstoff mit hohem Druck und hoher Temperatur.

Bei Temperaturen über 473 °C können viele niedriglegierte Baustähle unter Wasserstoffangriffen leiden. Dieses ist eine irreversible Schwächung der Mikrostruktur des Stahls, verursacht durch eine chemische Reaktion zwischen diffundierendem Wasserstoff und den Karbidpartikeln in den Stählen, was durch Keimbildung, Wachstum und Vereinigung von Methanblasen entlang der Korngrenzen zur Bildung von Rissen führt.

Hydridversprödung tritt in Metallen wie Titan und Zirkon auf und ist ein Prozess der Bildung von thermodynamisch stabilen und vergleichsweise spröden hydriden Phasen innerhalb der Feinstruktur.

Plattierungsschweißen und Schweißen zwischen ungleichen Materialien schließt häufig hoch legierte Materialien ein. Während des Vorgangs bei Temperaturen über 250 °C diffundiert Wasserstoff in die Schmelzungslinie zwischen dem hochlegierten Schweißgut und dem nicht-legierten/niedriglegierten Grundmaterial. Nach dem Abschalten sinkt die Materialtemperatur. Die verringerte Löslichkeit und Diffusionsfähigkeit des Wasserstoffs bricht die Schweißnaht durch Aufhebung der Bindung.

**E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

Im Folgenden sind einige grundsätzliche Empfehlungen aufgeführt, um das Risiko von Wasserstoffversprödung zu handhaben.

- Auswahl von Ausgangsmaterialien mit geringer Empfindlichkeit gegenüber Wasserstoffversprödung durch chemische Einflüsse (z. B. Einsatz von Karbidstabilisatoren), Mikrostrukturen (z. B. Einsatz von austenitischen rostfreien Stählen) und mechanische Eigenschaften (z. B. Begrenzung der Härte, bevorzugt unter 225 HV, und Minimierung von Restspannungen durch Wärmebehandlung). Anwendung von Prüfmethode nach ISO 11114-4, um gegen Wasserstoffversprödung widerstandsfähige Materialien auszuwählen. Die API-Publikation 941 enthält die Grenzen verschiedener Stahltypen als Funktion des Wasserstoffdrucks und der -temperatur. Die Empfindlichkeit einiger üblicherweise verwendeter Metalle gegenüber Wasserstoffversprödung ist in ISO/TR 15916 zusammengestellt.
- Plattierungsschweißen und Schweißungen zwischen unterschiedlichen Materialien, die unter Wasserstoff betrieben werden, sollten in regelmäßigen Abständen sowie nach unkontrollierten Abschaltungen, während derer die Ausrüstung rasch abgekühlt worden sein könnte, Ultraschallprüfungen unterzogen werden.
- Minimierung der aufgetragenen Spannung sowie des Aussetzens unter materialermüdenden Bedingungen.
- Bei der Plattierung von Teilen sind die Oberflächen der Anode und Kathode sowie die Leistung so zu regeln, dass die angewandten Stromdichten kontrolliert werden können. Hohe Stromdichten erhöhen die Wasserstoffbelastung.
- Reinigung der Metalle in nicht-kathodischen alkalischen Lösungen sowie in gehemmten sauren Lösungen.
- Anwendung von abrasiven Reinigungsmitteln für Materialien mit einer Härte von 40 HRC oder darüber.
- Einsatz von Prüfungen der Verfahrensabläufe, soweit erforderlich, um das Risiko der Wasserstoffversprödung während der Herstellung zu mindern.

**B.2.2 Polymere, Elastomere und andere nicht-metallische Materialien**

Die meisten Polymere können als geeignet für den Einsatz unter gasförmigem Wasserstoff betrachtet werden. Dennoch sollte die Tatsache berücksichtigt werden, dass Wasserstoff durch diese Materialien sehr viel leichter diffundiert als durch Metalle. Polytetrafluorethylen (PTFE oder Teflon®) und Polychlorotrifluorethylen (PCTFE oder Kel F®) sind grundsätzlich geeignet für den Einsatz unter Wasserstoff. Die Eignung anderer Materialien sollte nachgewiesen werden. Anleitung hierzu kann in ISO/TR 15916 und dem NASA-Dokument NSS 1740.16 gefunden werden. Siehe auch ANSI/AGA 3.1:1995 für Hinweise in Bezug auf Dichtungen, Membranen und andere nicht-metallische Bauteile.

Weitere Hinweise bezüglich wasserstoffbedingter Korrosion und Möglichkeiten des Umgangs damit können den folgenden Normen und Veröffentlichungen von Organisationen entnommen werden.

**American Society for Testing and Materials**

ASTM B577-93 01-Apr-1993

Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper

ASTM B839-94 01-Nov-1994

Standard Test Method for Residual Embrittlement in Metallic Coated, Externally Threaded Articles, Fasteners, and Rod-Inclined Wedge Method

ASTM B849-94 01-Nov-1994

Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement

ASTM B850-98 01-Nov-1998

Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement

ASTM E1681-99 10-Apr-1999

Standard Test Method for Determining Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials

ASTM F1459-93 01-Nov-1993

Standard Test Method for Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Gaseous Hydrogen Embrittlement

ASTM F1624-00 01-Aug-2000

Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique

ASTM F1940-01 01-Nov-2001

Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated or Coated Fasteners

ASTM F2078-01 01-Nov-2001

Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing

ASTM F326-96 01-Nov-1996

Standard Test Method for Electronic Measurement for Hydrogen Embrittlement from Cadmium-Electroplating Processes

ASTM F519-97 01-Nov-1997

Standard Test Method for Mechanical Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating Processes and Service Environments

ASTM G129-00 01-Aug-2000

Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking

ASTM G142-98 01-Nov-1998

Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both

ASTM G146-01 01-Feb-2001

Standard Practice for Evaluation of Disbonding of Bimetallic Stainless Alloy/Steel Plate for Use in High-Pressure, High-Temperature Refinery Hydrogen Service

ASTM G148-97 01-Nov-1997

Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

#### **The National Association of Corrosion Engineers**

NACE TM0177-96 23-Dec-1996

Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking in Hydrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S) Environments

NACE TM0284-96 30-Mar-1996

Standard Test Method – Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking

The American Petroleum Institute

API RP 941 01-Jan-1997

Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants.

API 934 01-Dec-2000

Materials and Fabrication Requirements for 2-1/4Cr-1Mo & 3Cr-1Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High Temperature, High Pressure Hydrogen Service

E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05

### **American Welding Society**

ANSI/AWS A4.3-93 01-Jan-1993

Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding

ANSI/AGA NGV3.1-1995

Fuel system components for natural gas powered vehicles

The American Society of Mechanical Engineers (ASME)

ASME Boiler and Pressure Vessel Code

ASME/ANSI B31.3 Chemical plant and petroleum refinery piping

ASME/ANSI B31.1 Power piping.

### **Society of Automotive Engineers**

SAE/AMS 2451/4 01-Jul-1998

Plating, Brush, Cadmium – Corrosion Protective, Low Hydrogen Embrittlement

SAE/AMS 2759/9 01-Nov-1996

Hydrogen Embrittlement Relief (Baking) of Steel Parts

SAE/USCAR 5 01-Nov-1998

Avoidance of Hydrogen Embrittlement of Steel

### **International Standards Organization**

ISO 2626 01-Oct-1973

Copper – Hydrogen embrittlement test

ISO 3690 01-Mar-2000

Welding and allied processes – Determination of hydrogen content in ferritic steel arc weld metal

ISO 7539-6 1989

Corrosion of metals and alloys – Stress corrosion testing – Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens

ISO 9587 01-Oct-1999

Metallic and other inorganic coatings – Pretreatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

ISO 9588 01-Oct-1999

Metallic and other inorganic coatings – Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

ISO/DIS 11114-4 2004-07-15

Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinders and valve materials with gas contents – Part 4: Test methods for hydrogen compatibility with metals

ISO 15330 01-Oct-1999

Fasteners – Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement – Parallel bearing surface method

ISO 15724 01-Jan-2001

Metallic and other inorganic coatings – Electrochemical measurement of diffusible hydrogen in steels – Barnacle electrode method

**European Standards**

BS 7886 01-Jan-1997

Method of Measurement of Hydrogen Permeation and the Determination of Hydrogen Uptake and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

DIN 8572-1 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal – Manual Arc Welding

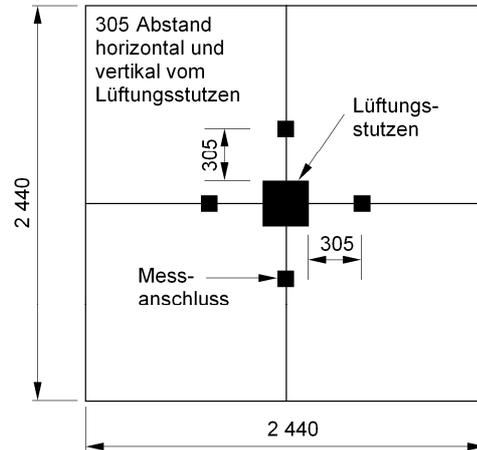
DIN 8572-2 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal – Submerged Arc Welding

## Anhang C (normativ)

### Prüfwand

Maße in Millimeter



**Bild C.1 – Prüfwand mit statischen Druckmessanschlüssen und Orten der Luftauslässe**

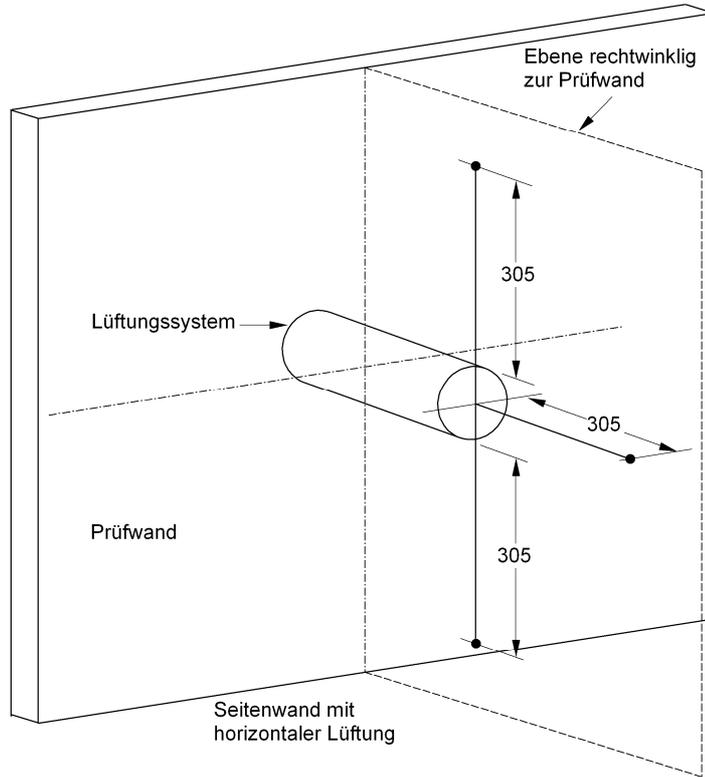
Bild C.1 zeigt die Anordnung der Anschlüsse für die statische Druckmessung jeweils 305 mm (1 ft) horizontal und vertikal von der jeweiligen äußeren Kante des Lüftungstutzens entfernt.

Der Lüftungstutzen ist im Zentrum der Prüfwand nach den Installationshinweisen des Herstellers anzubringen.

**Anhang D**  
(normativ)

**Lüftungsprüfwand**

Maße in Millimeter



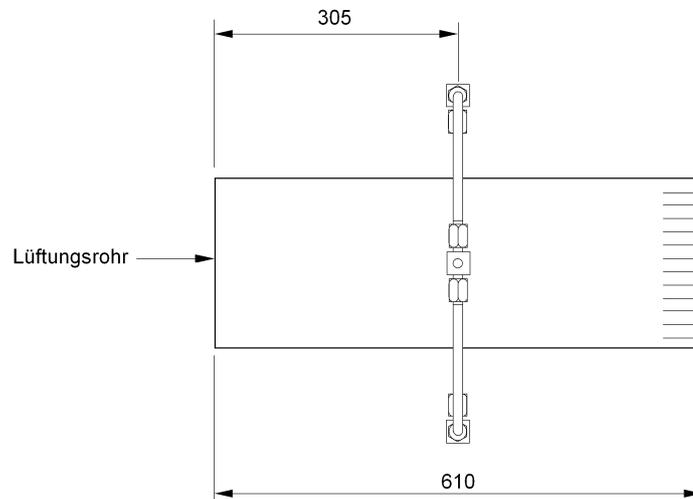
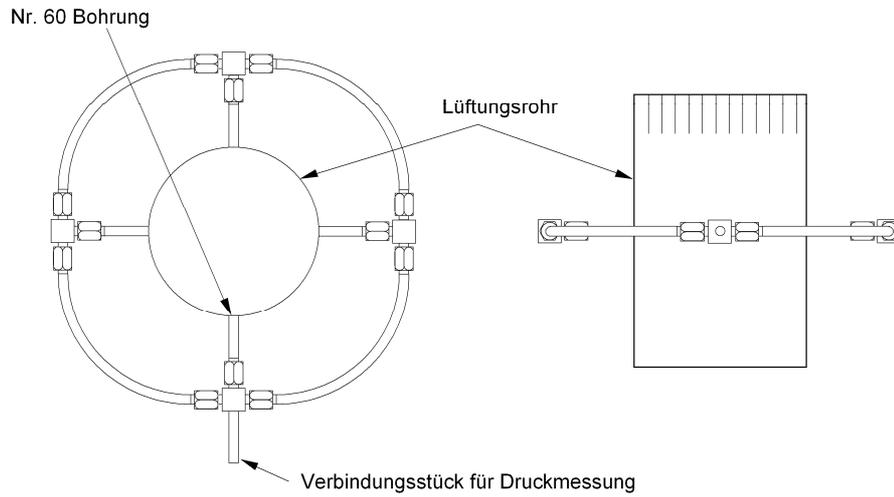
**Bild D.1 – Lüftungsprüfwand**

Bild D.1 zeigt die Lüftungsprüfwand.

**Anhang E**  
(normativ)

**Piezoring und Einzelheiten eines typischen Aufbaus**

Maße in Millimeter



**Bild E.1 – Piezoring und Details der typischen Konstruktion**

## CONTENTS

|  |    |
|--|----|
| FOREWORD .....   | 4  |
| 1 Scope .....  | 6  |
| 2 Normative references .....   | 8  |
| 3 Terms and definitions .....  | 11 |
| 4 Safety requirements and protective measures .....                      | 18 |
| 4.1 General safety strategy .....  | 18 |
| 4.2 Physical environment and operating conditions .....                  | 19 |
| 4.3 Selection of materials .....   | 21 |
| 4.4 General requirements .....   | 22 |
| 4.5 Pressure equipment and piping .....                                  | 23 |
| 4.6 Protection against fire or explosion hazards .....                   | 25 |
| 4.7 Electrical safety .....  | 30 |
| 4.8 Electromagnetic compatibility (EMC) .....                            | 34 |
| 4.9 Control systems and protective components .....                      | 34 |
| 4.10 Pneumatic and hydraulic powered equipment .....                     | 38 |
| 4.11 Valves .....  | 38 |
| 4.12 Rotating equipment .....  | 39 |
| 4.13 Cabinets .....  | 40 |
| 4.14 Thermal insulating materials .....                                  | 41 |
| 4.15 Utilities .....   | 41 |
| 4.16 Installation and maintenance .....                                  | 42 |
| 5 Type tests .....   | 42 |
| 5.1 General requirements .....   | 42 |
| 5.2 Test fuels .....   | 44 |
| 5.3 Basic test arrangements .....  | 44 |
| 5.4 Leakage tests .....  | 45 |
| 5.5 Strength tests .....   | 47 |
| 5.6 Normal operation type test .....                                     | 49 |
| 5.7 Electrical overload test .....                                       | 50 |
| 5.8 Dielectric requirements and simulated abnormal conditions .....      | 50 |
| 5.9 Shutdown parameters .....  | 50 |
| 5.10 Burner operating characteristics tests .....                        | 50 |
| 5.11 Automatic control of burners and catalytic oxidation reactors ..... | 51 |
| 5.12 Exhaust gas temperature test .....                                  | 54 |
| 5.13 Surface and component temperatures .....                            | 55 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 5.14  | Wind tests .....                       | 55 |
| 5.15  | Rain test.....                         | 58 |
| 5.16  | Carbon Monoxide (CO) emissions .....   | 58 |
| 5.17  | Leakage tests (repeat).....            | 59 |
| 6   | Routine tests.....                     | 59 |
| 7   | Marking, labelling and packaging ..... | 60 |
| 7.1   | General requirements .....             | 60 |
| 7.2   | Fuel cell power system marking .....   | 60 |
| 7.3   | Marking of components .....            | 60 |
| 7.4   | Technical documentation .....          | 61 |
| Annex A (informative) Significant hazards, hazardous situations and events dealt with<br>in this standard ..... |  | 68 |
| Annex B (informative) Carburization and material compatibility for hydrogen service .....                       |  | 70 |
| Annex C (normative) Test wall .....   |  | 76 |
| Annex D (normative) Vent test wall.....   |  | 77 |
| Annex E (normative) Piezo ring and details of typical construction .....  |  | 78 |
| Figure 1 – Stationary fuel cell power systems .....   |  | 7  |
| Figure 2 – Grounding Symbol   |  |    |
| Figure 3– Safety precautions for odorized gas-fuelled systems.....  |  | 63 |
| Figure 4 – Safety precautions for odorant-free gas fuelled systems .....  |  | 64 |
| Figure 5 – Safety precautions for liquid fuelled systems.....   |  | 64 |
| Figure C.1 – Test wall with static pressure ports and vent terminal locations.....                              |  | 76 |
| Figure D.1 – Vent test wall .....   |  | 77 |
| Figure E.1 – Piezo ring and details of typical construction.....  |  | 78 |
| Table 1 – Allowable surface temperatures .....  |  | 22 |
| Table 2 – SELV Voltage Limits.....  |  | 56 |
| Table 3 - Distance through insulation of internal wiring  |  |    |
| Table 4 – Limits for power sources without an overcurrent protective device                                     |  |    |
| Table 5 – Limits for power source with an overcurrent protective device   |  |    |
| Table 6 – Sizes and cables and conduits for equipment having a rated current not exceeding 16A                  |  |    |
| Table 7 – Leakage test requirements   |  |    |
| Table 8 – Ultimate strength test requirements   |  |    |
| Table 9 – Wind calibration  |  |    |
| Table A.1 – Hazardous situations and events.....  |  | 68 |

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**FUEL CELL TECHNOLOGIES –**  
**Part 3-1: Stationary fuel cell power systems –**  
**Safety**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and nongovernmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62282-3-1 has been prepared by IEC technical committee 105: Fuel cell technologies.

The text of this standard is based on the following documents:

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 105/138/FDIS | 105/143/RVD      |

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

## **E DIN IEC 62282-3-1 (VDE 0130-3-1):2010-05**

The list of all the parts of the IEC 62282 series, under the general title *Fuel cell technologies*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

reconfirmed,  
withdrawn,  
replaced by a revised edition, or  
amended.

## FUEL CELL TECHNOLOGIES –

### Part 3-1: Stationary fuel cell power systems – Safety

#### 1 Scope

This part of IEC 62282 is a product safety standard suitable for conformity assessment as stated in IEC Guide 104:1997, ISO/IEC Guide 51:1999 and ISO/IEC Guide 7:1994.

This standard applies to stationary packaged, self-contained fuel cell power systems or fuel cell power systems comprised of factory matched packages of integrated systems which generate electricity through electrochemical reactions.

This standard applies to:

- systems intended for electrical connection to mains direct, or with a transfer switch, or to a stand-alone power distribution system;
- systems intended to provide a.c. or d.c. power;
- systems with or without the ability to recover useful heat;
- systems intended for operation on the following input fuels:
  - a) natural gas and other methane rich gases derived from renewable (biomass) or fossil fuel sources, for example, landfill gas, digester gas, coal mine gas;
  - b) fuels derived from oil refining, for example, diesel, gasoline, kerosene, liquefied petroleum gases such as propane and butane;
  - c) alcohols, esters, ethers, aldehydes, ketones, Fischer-Tropsch liquids and other suitable hydrogen-rich organic compounds derived from renewable (biomass) or fossil fuel sources, for example, methanol, ethanol, di-methyl ether, biodiesel;
  - d) hydrogen, gaseous mixtures containing hydrogen gas, for example, synthesis gas, town gas.

This standard does not cover

- portable fuel cell power systems;
- propulsion fuel cell power systems.

A typical stationary fuel cell power system is shown in Figure 1 *Stationary fuel cell power system*.

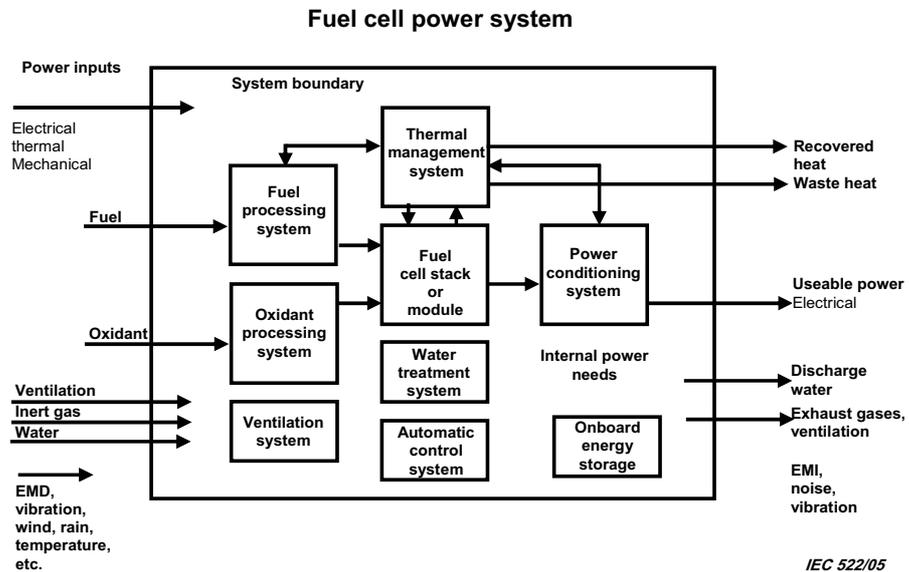


Figure 1 – Stationary fuel cell power systems

The overall design of the power system anticipated by this standard shall form an assembly of integrated systems, as necessary, intended to perform designated functions, as follows.

- Fuel processing system: Catalytic or chemical processing equipment plus associated heat exchangers and controls required to prepare the fuel for utilization within a fuel cell.
- Oxidant processing system: The system that meters, conditions, processes and may pressurize the incoming supply for use within the fuel cell power system.
- Thermal management system: Provides cooling and heat rejection to maintain thermal equilibrium within the fuel cell power system, and may provide for the recovery of excess heat and assist in heating the power train during startup.
- Water treatment system: Provides the treatment and purification of recovered or added water for use within the fuel cell power systems.
- Power conditioning system: Equipment which is used to adapt the electrical energy produced to the requirements as specified by the manufacturer.
- Automatic control system: The assembly of sensors, actuators, valves, switches and logic components that maintains the fuel cell power system parameters within the manufacturer's specified limits without manual intervention.
- Ventilation system: Provides, by mechanical means, air to a fuel cell power system's cabinet.
- Fuel cell module: Assembly of one or more fuel cell stacks, electrical connections for the power delivered by the stacks, and means for monitoring and/or control.
- Fuel cell stack: Assembly of cells, separators, cooling plates, manifolds and a supporting structure that electrochemically converts, typically, hydrogen rich gas and air reactants to d.c. power, heat, water and other

byproducts.

- Onboard energy storage: Internal energy source intended to aid or complement the fuel cell module in providing power to internal or external loads.

This standard is applicable to stationary fuel cell power systems intended for indoor and outdoor commercial, industrial and residential use in non-hazardous (unclassified) areas.

This standard contemplates all significant hazards, hazardous situations and events, with the exception of those associated with environmental compatibility (installation conditions), relevant to fuel cell power systems, when they are used as intended and under the conditions foreseen by the manufacturer.

This standard deals with conditions that can yield hazards on the one hand to persons and on the other to damage outside the fuel cell system only. Protection against damage to the fuel cell system internals is not addressed in this standard, provided it does not lead to hazards outside the fuel cell system.

The requirements of this standard are not intended to constrain innovation. When considering fuels, materials, designs or constructions not specifically dealt with in this standard, these alternatives shall be evaluated as to their ability to yield levels of safety and performance equivalent to those prescribed by this standard.

## 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60079-0, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 0: General requirements*

IEC 60079-2, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 2: Pressurized enclosures “p”*

IEC 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 10: Classification of hazardous areas*

IEC 60079-16, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 16: Artificial ventilation for the protection of analyzer(s) houses*

IEC 60079-20, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus*

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60335-1, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 60335-2-51, *Household and similar electrical appliances – Safety – Part 2-51: Particular requirements for stationary circulation pumps for heating and service water installations*

IEC 60384-14, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 14: Sectional specification: Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60730-1, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 1: General requirements*

IEC 60730-2-5, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems*

IEC 60730-2-6, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-6: Particular requirements for automatic electrical pressure sensing controls including mechanical requirements*

IEC 60730-2-9, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls*

IEC 60730-2-17, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-17: Particular requirements for electrically operated gas valves, including mechanical requirements*

IEC 60730-2-19, *Automatic electrical controls for household and similar use – Part 2-19: Particular requirements for electrically operated oil valves, including mechanical requirements*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 60950-1, *Information technology equipment – Safety – Part 1: General requirements*

IEC 61000-3-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic currents emissions (equipment input current  $\leq 16$  A per phase)*

IEC 61000-3-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems for equipment with rated current  $\leq 16$  A per phase and not subject to conditional connection*

IEC 61000-3-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-4: Limits – Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

IEC 61000-3-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-5: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current greater than 16 A*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-3, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-3: Generic standards – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61511-1, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*  
- Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements

IEC 61511-3, *Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector*  
- Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels

IEC 60079-29-1, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating up to 100% lower explosive limit*

IEC 60079-29-2, *Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases – Part 6: Guide for the selection, installation, use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of flammable gases*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 62086-1, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres – Electrical resistance trace heating – Part 1: General and testing requirements*

IEC 62282-2, *Fuel cell technologies – Part 2: Fuel cell modules*

IEC 62282-3-2, *Fuel cell technologies – Part 3-2: Stationary fuel cell power systems – Performance test methods*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group*

*safety publications*

*ISO 3864-2:2004, Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 2: Design principles for product safety labels*

*ISO 4413, Hydraulic fluid power – General rules relating to systems*

*ISO 4414, Pneumatic fluid power – General rules relating to systems*

*ISO 5388, Stationary air compressors – Safety rules and code of practice*

*ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment – Index and synopsis*

*ISO 10439, Petroleum, chemical and gas service industries – Centrifugal compressors*

*ISO 10440-1, Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 1: Process compressors (oil-free)*

*ISO 10440-2, Petroleum and natural gas industries – Rotary-type positive-displacement compressors – Part 2: Packaged air compressors (oil-free)*

*ISO 10442, Petroleum, chemical and gas service industries – Packaged, integrally geared centrifugal air compressors*

*ISO 13631, Petroleum and natural gas industries – Packaged reciprocating gas compressors*

*ISO 13707, Petroleum and natural gas industries – Reciprocating compressors*

*ISO 13709, Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries*

*ISO 13850, Safety of machinery – Emergency stop – Principles for design*

*ISO 14121, Safety of machinery – Principles of risk assessment*

*ISO 14847, Rotary positive displacement pumps – Technical requirements*

*ISO 15649, Petroleum and natural gas industries – Piping*

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

*ISO/TS 16528, Boilers and pressure vessels – Registration of codes and standards to promote international recognition*

*ISO/IEC Guide 7:1994, Guidelines for drafting of standards suitable for use for conformity assessment*

*ISO/IEC Guide 51:1999, Safety aspects – Guidelines for their inclusion in standards*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

#### 3.1 accessible

area to which, under normal operating conditions, one of the following applies:

- a) access can be gained without the use of a tool;
- b) the means of access is deliberately provided to the operator;
- c) the operator is instructed to enter regardless of whether or not a tool is needed to gain access

NOTE The terms "access" and "accessible", unless qualified, relate to operator access area as defined above.

#### 3.2 circuit, extra low voltage (ELV)

secondary circuit with voltages between any two conductors of the circuit, and between any one such conductor and earth not exceeding 42,4 V peak, or 60 V d.c., under normal operating conditions, which is separated from hazardous voltage by basic insulation, and which neither meets all of the requirements for an SELV circuit nor meets all of the requirements for a limited current circuit

[IEC 60950]

#### 3.3 circuit, limited current

circuit which is so designed and protected that, under both normal operating conditions and single-fault conditions, the current which can be drawn is not hazardous

[IEC 60950]

##### 3.3.1 circuit, limited power

circuit as defined in 2.5 *Limited Power Sources* of IEC 60950-1, 2007 *Safety of Information Technology Equipment*, supplied by a source isolated from mains power through an isolation transformer or supplied by a battery or equivalent secondary power source. A limited power circuit is so designed and protected that its power is limited under both normal operating conditions and single-fault conditions, to non-hazardous levels. The voltage of a limited power circuit is less than or equal to 42.4Vac peak or 60 Vdc as applicable and its current and power are limited to those values outlined in Tables 2B *Limits for Inherently Limited Power Sources* or 2C *Limits for Power Sources not Inherently Limited* of IEC 60950-1, 2007 .

#### 3.4 circuit, primary

circuit which is directly connected to the a.c. mains supply. It includes, for example, the means for connection to the a.c. mains supply, the primary windings of transformers, motors and other loading devices

[IEC 60950]

#### 3.5 circuit, safety-control

circuit or portion thereof involving one or more safety controls in which failure due to grounding, opening or shorting of any part of the circuit can cause unsafe operation of the controlled equipment

#### 3.6 circuit, safety extra low voltage (SELV)

secondary circuit which is so designed and protected that under normal operating conditions and single-fault conditions, its voltages do not exceed a safe value

[IEC 60950]

**3.7**

**circuit, secondary**

circuit which has no direct connection to a primary circuit and derives its power from a transformer, converter or equivalent isolation device, or from a battery

[IEC 60950]

**3.8**

**circuit, telecommunications network voltage (TNV)**

circuit which is in the equipment and to which the accessible area of contact is limited and that is so designed and protected that, under normal operating conditions and single-fault conditions, the voltages do not exceed specified limit values

[IEC 60950, 1.2.8.8 for specific limits]

**3.9**

**design pressure**

highest pressure that may occur under any and all operating modes, including steady state and transient

**3.10**

**effluent**

products of combustion plus the excess air being discharged from gas utilization equipment (also see flue gases)

**3.11**

**electrical equipment**

see 3.13

**3.12**

**ELV circuit**

see 3.2

**3.13**

**equipment, electrical**

general term including material, fittings, devices appliances, fixtures, apparatus and the like used as part of, or in connection with, and electrical installation

**3.14**

**flame failure lock-out time**

see 3.30

**3.15**

**fuel cell**

electrochemical device that converts the chemical energy of a fuel, such as hydrogen or hydrogen rich gases, alcohols, hydrocarbons and oxidants to DC power, heat and other reaction products

**3.16**

**gas vent**

passageway, composed of listed factory-built components assembled in accordance with the terms of listing, for conveying flue gases from gas utilization equipment or their vent connectors to the outside atmosphere (see also 3.56)

**3.17**

**heat exchanger**

vessel in which heat is transferred from one medium to another

**3.18**

**igniter**

device which utilizes electrical energy to ignite gas at a pilot burner or main burner

**3.19**

**ignition, automatic**

ignition of gas at the burner when the gas controlling device is turned on, including re-ignition if the flames on the burner have been extinguished by means other than by the closing of the gas-controlling device

**3.20**

**ignition device**

a) device for igniting gas at a burner. It may be a pilot or an igniter

b) direct ignition

igniter utilized to ignite gas at a main burner

### 3.21

#### **ignition system, automatic**

system designed to ignite and reignite a main burner. Such systems

a) prove the presence of either the ignition source or main burner flame, or both;

b) automatically ignite gas at the main burner or at the pilot burner so that the pilot can ignite the main burner;

c) automatically act to shut off the gas supply to the main burner or to the pilot burner and main burner, when the supervised flame or ignition source is not proved

### 3.22

#### **ignition system timings**

##### a) **flame-establishing period**

period of time between initiation of gas flow and proof of the supervised flame or between the proof of supervised flame and initiation of gas flow. This may be applicable to proof of the ignition source or main burner flame, or both;

##### b) **ignition activation period**

period of time between energizing the main gas valve and deactivation of the ignition means prior to the lockout time;

##### c) **lockout time**

period of time between the initiation of gas flow and the action to shut off the gas flow in the event of failure to establish proof of the supervised ignition source or the supervised main burner flame. Reinitiating the lighting sequence requires a manual operation;

##### d) **maximum time**

maximum allowable time for the specified function of any device;

##### e) **purge time**

period of time intended to allow for the dissipation of any unburned gas or residual products of combustion

###### 1) **pre-purge time**

purge time which occurs at the beginning of a burner operating cycle prior to initiating ignition;

###### 2) **post-purge time**

purge time which occurs at the end of a burner operating cycle;

##### f) **recycle time**

period of time between shutoff of the gas supply following loss of the supervised ignition source or the supervised main burner flame and reactivation of the ignition source

### 3.23

#### **insulation**

##### a) **basic**

insulation to provide basic protection against electric shock

##### b) **double**

insulation comprising both basic insulation and supplementary insulation

##### c) **functional**

insulation that is necessary only for the correct functioning of the equipment

##### d) **reinforced**

single insulation system which provides a degree of protection against electric shock equivalent to double insulation under the conditions specified in this standard

NOTE 1 Functional insulation by definition does not protect against electric shock. It may, however, reduce the likelihood of ignition and fire.

NOTE 2 The term "insulation system" does not imply that the insulation should be in one homogenous piece. It may comprise several layers which cannot be tested as supplementary insulation or basic installation.

### 3.24

#### **interlock**

control to prove the physical state of a required condition and to furnish that proof to the safety shutoff device circuit

**3.25**

**joints**

points of connection between heat transfer surfaces, between positive and negative pressure zones within components of the fuel cell power system, and between fuel cell power system components

**3.26**

**labelled**

equipment or materials to which has been attached a label, symbol or other identifying mark of an organization acceptable to the authority having jurisdiction and concerned with product evaluation that maintains periodic inspection of production of labelled equipment or materials and by whose labelling the manufacturer indicates compliance with appropriate standards or performance in a specified manner

**3.27**

**limited current circuit**

see 3.3

**3.28**

**listed**

equipment or materials included in a list published by a nationally recognized testing laboratory, inspection agency, or other organizations concerned with product evaluation that maintains periodic inspection of production of listed equipment or materials, whose listing states either that the equipment or material meets nationally recognized standards or has been tested and found suitable for use in a specified manner

**3.29**

**load, normal**

maximum load that is connected to the mains for systems that utilize an external mains power source to idle, start, or maintain operation of the power system

**3.30**

**lock-out time, flame failure**

period of time between the signal indicating absence of flame and lock-out

**3.31**

**main burner**

device or group of devices essentially forming an integral unit for the final conveyance of gas or a mixture of gas and air to the combustion zone, and on which combustion takes place to accomplish the function for which the equipment is designed

**3.32**

**manifold**

conduit which supplies gas to or collects it from the fuel cell or the fuel cell stack

**3.33**

**materials**

**combustible**

when pertaining to materials adjacent to, or in contact with, heat-producing appliances, vent connectors, gas vents, steam and hot water pipes, and warm air ducts, those materials made of or surfaced with wood, compressed paper, plant fibres, or other materials that are capable of being ignited and burned. Such materials shall be considered combustible even though flame-protected, fire-retardant treated, or plastered

**3.34**

**maximum operating pressure**

see 3.37

**3.35**

**normal load**

see 3.29

**3.36**

**normal operating conditions**

operation of the fuel cell power system under normal conditions, in particular:

- nominal (rated) power output with respect to voltage and current;

- nominal thermal energy output with respect to temperature and cooling media flow (if applicable);
- nominal temperature range of the all subsystems of the fuel cell power system;
- nominal fuel composition;
- nominal flows of anode and cathode media;
- nominal pressure ranges in all fluids within the power system;
- change of power output (electrical and thermal) within the nominal ranges defined in the manufacturer's specification;

unless otherwise stated, the entire fuel cell system is operated within 2 % of the rated input voltage and frequency and within 5 % of the rated fuel consumption when operated at rated output conditions, as specified by the manufacturer. Tolerances for the other values should be specified by the manufacturer

NOTE Deviations from these nominal operating conditions are defined as abnormal operating conditions.

### **3.37**

#### **operating pressure, maximum (MOP)**

highest gauge pressure of a component or system that is expected during normal operation including starts, stops and transients

### **3.38**

#### **passive state**

state for the fuel cell power system internal components normally entered when the fuel cell power system is purged with steam, air or nitrogen, or according to the manufacturer's instructions when the fuel cell power system is turned off, or prior to when the fuel cell power system is turned on (initialization)

### **3.39**

#### **pilot**

small gas flame used to ignite the gas at the main burner

- a) **continuous** pilot that burns without turndown throughout the entire time the burner is in service, whether the main burner is firing or not;
- b) **intermittent** pilot which is automatically lighted each time there is a signal for initialization. It burns during the entire period that the main burner is firing;
- c) **interrupted**  
pilot which is automatically lighted each time there is a signal for initialization. The pilot fuel is cut off automatically at the end of the main burner flame-establishing period;
- d) **proved** a pilot flame supervised by a primary safety control

### **3.40**

#### **pipng system**

all piping, valves and fittings used to connect gas utilization equipment to the point of delivery

### **3.41**

#### **port**

any opening in a burner head through which gas or gas-air mixture is discharged for ignition

### **3.42**

#### **power system**

packaged, self-contained, automatically operated assembly of integrated systems for generating useful electrical energy and recoverable thermal energy

### **3.43**

#### **primary circuit**

see 3.4

### **3.44**

#### **purge**

freeing a gas conduit of air, gas or a mixture of air and gas

### **3.45**

#### **reformer**

vessel within which fuel gas and other gaseous recycle stream(s) (if present) are reacted with water vapour and

heat, usually in the presence of a catalyst, to produce hydrogen rich gas for use within the fuel cell power system

**3.46**

**secondary circuit**

see 3.7

**3.47**

**SELV circuit**

see 3.6

**3.48**

**specific gravity**

ratio of the weight or mass of a given volume of a substance to that of an equal volume of another substance (air for gases, water for liquids and solids) used as a standard, both measured under the same conditions

**3.49**

**stop control**

fixed point on a control, such as a temperature limit control, which prevents the adjustment of the control beyond the stop point

**3.50**

**thermal equilibrium conditions**

stable temperature conditions indicated by temperature changes of no more than 3 K (5° F) or 1 % of the absolute operating temperature, whichever is higher between two readings 15 min apart

**3.51**

**TNV circuit**

see 3.8

**3.52**

**vent**

passageway or conduit for conveying products of combustion from gas utilization equipment, or their vent connectors, to the outside atmosphere

**3.53**

**vent connector**

that portion of the venting system which connects the flue outlet of gas utilization equipment to the gas vent or single-wall metal pipe

**3.54**

**vent terminal (vent cap)**

fitting at the end of the vent pipe that directs the flue products into the outside atmosphere

**3.55**

**ventilation**

natural or mechanical process of supplying conditioned or unconditioned air to, or removing such air from, any space

**3.56**

**venting system**

gas vent or single-wall metal pipe, and vent connector if used, assembled to form a continuous open passageway from the flue collar of gas utilization equipment to the outside atmosphere for the purpose of removing vent gases

**3.57**

**voltage, hazardous**

voltage exceeding 42,4 V peak or 60 V d.c. existing in a circuit which does not meet the requirements for either a limited current circuit or a TNV circuit

[IEC 60950]

## 4 Safety requirements and protective measures

### 4.1 General safety strategy

The manufacturer shall ensure that

- all foreseeable hazards, hazardous situations and events associated with the fuel cell power systems throughout their anticipated lifetime have been identified;
- the risk for each of these hazards has been estimated from the combination of probability of occurrence of the hazard and of its foreseeable severity according to ISO 14121, IEC 61882, IEC 60300-3-9, or IEC 61511-3 as applicable, or equivalent;
- the two factors which determine each one of the estimated risks (probability and severity) have been eliminated or reduced as far as possible during the design including reasonably foreseeable misuse (inherently safe design and construction);
- the necessary protection measures in relation to risks that are not or cannot be eliminated have been taken (provision of warning and safety devices);
- users are informed of any additional safety measures that they may be required to implement.

Based on the quantity of fuel and other stored energy (for example, flammable materials, pressurized media, electrical energy, mechanical energy, etc.) in the fuel cell systems, there is a need to eliminate potential hazards.

The general safety strategy for the fuel cell systems shall be established according to the following sequence:

- minimize and mitigate hazards to outside the fuel cell system, when such energy is released nearly instantaneously;
- or passively control (for example, burst disks, release valves, thermal cut-off devices) such forms of energy to ensure a release without endangering the ambient; or
- actively control such forms of energy (for example, by electronic control equipment included in the fuel cell system, which enforces adequate countermeasures based on the evaluation of sensor signals). In this case, the remaining risk due to failures in such control equipment shall be investigated in detail.

Note: Guidance for safety critical components can be found in IEC 61508; or provide appropriate safety markings, concerning the remaining risks of hazards.

Using the techniques described above, special care shall be taken to address the hazards listed in Annex A.

**4.1.2** The manufacturer shall demonstrate that the necessary protection measures in relation to risks that are not eliminated have been taken by performing a safety and reliability analysis which is intended to identify failures that have significant consequences affecting the safety of the system.

The reliability analysis shall be performed in accordance with IEC 60812, IEC 61025, or equivalent.

### 4.1.3 Behaviour at normal and abnormal operating conditions

The fuel cell system shall be manufactured in such a way that it withstands all normal operating conditions as defined by the manufacturer's specification without any damage. In case of foreseeable abnormal operating conditions, the fuel cell system shall be manufactured and designed taking into consideration 4.1 *General safety strategy*.

## 4.2 Physical environment and operating conditions

### 4.2.1 General

The fuel cell power system and protective systems shall be so designed and constructed as to be capable of performing their intended function in the physical environment and operating conditions specified in 4.2.2 *Electrical power input* to 4.2.8 *System purging*.

#### 4.2.2 Electrical power input

The fuel cell power system shall be designed to operate correctly with the conditions of electrical power input specified in IEC 60204-1 or as otherwise specified by the manufacturer.

#### 4.2.3 Physical environment

The manufacturer shall specify the physical environment conditions for which the fuel cell power system is suitable. Consideration should be given to

- indoor/outdoor use;
- the altitude above sea-level up to which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- the range of air temperatures and humidity within which the fuel cell power system shall be capable of operating correctly;
- the seismic zone where it may be sited.

#### 4.2.4 Fuel input

The fuel cell power system should be designed to operate correctly within the composition limits and supply characteristics of the fuels for which its design is intended (for example, pipeline natural gas). In the user's manual, the manufacturer shall specify the composition limits and supply characteristics of the fuels to be used in the fuel cell power system.

#### 4.2.5 Water input

The quality and supply characteristics of the water to be used in the fuel cell power systems shall be specified by the manufacturer.

#### 4.2.6 Vibration, shock and bump

The undesirable effects of vibration, shock and bump (including those generated by the machine and its associated equipment and those created by the physical environment) shall be avoided by the selection of suitable equipment, by mounting it away from the fuel cell power system, or by the use of anti-vibration mountings. This does not include the effects of seismic shock, which shall be addressed separately if the manufacturer deems it appropriate for its product (see 4.2.3 *Physical environment*).

#### 4.2.7 Handling, transportation, and storage

The fuel cell power system shall be designed to withstand, or suitable precautions shall be taken to protect against, the effects of transportation and storage temperatures within a range of  $-25\text{ °C}$  to  $+55\text{ °C}$  and for short periods not exceeding 24 h at up to  $+70\text{ °C}$ . Alternative temperature ranges may be specified by the manufacturer.

The fuel cell power system or each component part thereof shall

- be capable of being handled and transported safely, when necessary, be provided with suitable means for handling by cranes or similar equipment;
- be packaged or designed so that it can be stored safely and without damage (for example, adequate stability, special supports, etc.).

The manufacturer shall specify special means for handling, transportation and storage if required.

#### 4.2.8 System purging

Means shall be provided in fuel cell systems to purge where for safety reasons a passive state is required after shutdown or prior to startup, as specified by the manufacturer. A suitable purge system utilizing a medium specified by the manufacturer such as, but not limited to, nitrogen, air or steam in a non-hazardous situation within the intended use may be used.

#### 4.3 Selection of materials

All materials shall be suitable for the intended purpose.

**4.3.1** When materials used to construct the fuel cell power system are known to pose hazards under certain circumstances, the manufacturer shall implement the measures and provide the information necessary to sufficiently minimize the risk of endangering persons' safety or health.

**4.3.2** Asbestos or asbestos-containing material(s) shall not be used in the construction of a fuel cell power system.

**4.3.3** Metallic and non-metallic materials used to construct internal or external parts of the fuel cell power system, in particular those exposed directly or indirectly to moisture or that contain process gas or liquid streams as well as all parts and materials used to seal or interconnect the same, for example, welding consumables, shall be suitable for all physical, chemical and thermal conditions which are reasonably foreseeable within the scheduled lifetime of the equipment and for all test conditions; in particular,

- they shall retain their mechanical stability with respect to strength (fatigue properties, endurance limit, creep strength) when exposed to the full range of service conditions and lifetime as specified by the manufacturer;
- they shall be sufficiently resistant to the chemical and physical action of the fluids that they contain and to environmental degradation; the chemical and physical properties necessary for operational safety shall not be significantly affected within the scheduled lifetime of the equipment unless replacement is foreseen; specifically, when selecting materials and manufacturing methods, due account shall be taken of the material's corrosion and wear resistance, electrical conductivity, impact strength, aging resistance, the effects of temperature variations, the effects arising when materials are put together (for example, galvanic corrosion), the effects of ultraviolet radiation, and to the degradation effects of hydrogen on the mechanical performance of a material.

Note: Guidance to account for the degradation effects of hydrogen on the mechanical performance of a material can be found in ISO/TR 15916, ASME B31.12 and Annex B.

**4.3.4** Where conditions of erosion, abrasion, corrosion or other chemical attack may arise, adequate measures shall be taken to

- minimize that effect by appropriate design, for example, additional thickness, or by appropriate protection, for example, use of liners, cladding materials or surface coatings, taking due account of the intended and reasonably foreseeable use;
- permit replacement of parts which are most affected;
- draw attention, in the instructions referred to in 7.4.5 *Maintenance manual*, to the type and frequency of inspection and maintenance measures necessary for continued safe use; where appropriate, it shall be indicated which parts are subject to wear and the criteria for replacement.

#### 4.4 General requirements

**4.4.1** In so far as their purpose allows, accessible parts of the fuel cell power system shall have no sharp edges, no sharp angles, and no rough surfaces likely to cause injury.

**4.4.2** The fuel cell power system or parts of it where there is a reasonable expectation of access shall be designed and constructed to prevent persons slipping, tripping or falling on or off these parts.

**4.4.3** The fuel cell power system, components and fittings thereof shall be so designed and constructed that they are stable enough, under the foreseen operating conditions (if necessary taking climatic conditions into account) for use without risk of overturning, falling or unexpected movement. Otherwise, appropriate means of anchorage shall be incorporated and indicated in the instructions.

**4.4.4** The moving parts of the fuel cell power system shall be designed, built and laid out to avoid hazards or, where hazards persist, fixed with guards or protective devices in such a way as to prevent all risk of contact which could lead to accidents.

**4.4.5** The various parts of the fuel cell power system and their linkages shall be so constructed that, when used normally, no instability, distortion, breakage or wear likely to impair their safety can occur.

**4.4.6** The fuel cell power system shall be so designed, constructed and/or equipped that risks due to gases, liquids, dust, or vapors released during the operation or maintenance of a fuel cell power system, or used in its construction can be avoided.

**4.4.7** All parts shall be securely mounted or attached and rigidly supported. The use of shock-mounts is permitted when suitable for the application.

**4.4.8** All safety shutdown system components whose failure may result in a hazardous event, as identified by the reliability/safety analysis noted in 4.9.1 *General requirements*, shall be recognized, certified or separately tested for their intended usage.

**4.4.9** Risk of injury caused by contact with, or proximity to, external surfaces of the appliance enclosure, handles, grips, or knobs at high temperatures:

- a) The manufacturer shall take steps to eliminate any risk of injury caused by contact with, or proximity to, external surfaces of the fuel cell power system enclosure, handle, grips, or knobs at high temperatures.

If external surfaces of the fuel cell power system's enclosure, handles, grips, knobs, or similar parts may be contacted by users without personal protective equipment while the fuel cell system is in operation, the manufacturer shall either limit the temperature of these surfaces according to Table 1 or the manufacturer shall fix guards or protective devices in such a way as to prevent risk of contact that could lead to accidents.

**Table 1 – Allowable surface temperatures rises**

| Part  | Temperature rise °C |
|---|---------------------|
| External enclosures, except handles held in normal use  | 60                  |
| Surfaces of handles, knobs, grips and similar parts which are held for short periods only in normal use |                     |
| - of metal  | 35                  |
| - of porcelain  | 45                  |
| - of moulded material (plastic), rubber or wood   | 60                  |

Table note: Maximum surface temperature rises above ambient of external surfaces that may be contacted during operation by people without personal protective equipment. The above values are referenced in Table 3 of IEC 60335-1.

- b) The temperatures on walls, floor and ceiling adjacent to a stationary fuel cell power system shall not exceed 50 °C above ambient temperature under the test conditions of 5.13b *Surface and component temperatures*).

**4.4.10** The fuel cell power system shall be so designed and constructed that the emission of airborne noise is reduced to a level suited for the intended use or location in compliance with applicable regional or national airborne noise codes and standards.

**4.4.11** The fuel cell power system exhaust to atmosphere, under normal steady-state operating conditions, shall not contain concentrations of carbon monoxide in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents, which is a sample that has its effluent carbon monoxide (CO) concentration mathematically corrected as though there was zero per cent excess air.

**4.4.12** Where explosive, flammable, or toxic fluids are contained in the piping, appropriate precautions shall be taken in the design and marking of sampling and take-off points.

**4.4.13** The maximum temperatures of components and materials, as installed in the fuel cell power system, shall not exceed their temperature ratings.

**4.4.14** The manufacturer shall give consideration to the suitability of the fuel cell power system to operate where contaminants (for example, dust, salt, smoke, and corrosive gases) are present in the physical environment.

**4.4.15** The fuel cell power system enclosure shall be designed to safely contain any anticipated hazardous liquid leaks (see 4.5.2f *Piping systems*) for liquid fuel). The containment means shall have a capacity of 110 % of the maximum volume of fluid anticipated to leak.

**4.4.16** The manufacturer shall take measures to ensure against condensate accumulation. The manufacturer shall take measures to ensure that vent gas does not escape through condensate drain lines.

## **4.5 Pressure equipment and piping**

### **4.5.1 Pressure equipment**

Pressurized vessels, such as reactors, heat exchangers, gas-fired tube heaters and boilers, electric boilers, coolers, accumulators and similar containers, and associated pressure relief mechanisms, such as relief valves and similar devices, shall be constructed and marked in accordance with applicable regional or national pressure equipment codes and standards. ISO 16528 provides information concerning pressure equipment standards.

Vessels that, in accordance with the applicable regional or national pressure equipment codes and standards, do not qualify as “pressure vessels”, such as tanks and similar containers, shall be constructed of suitable materials in accordance with 4.3 *Selection of materials* and shall meet the applicable requirements of 4.4 *General requirements*. Such vessels, and their related joints and fittings, shall be designed and constructed with adequate strength for functionality and leakage resistance to prevent unintended releases.

### **4.5.2 Piping systems**

Piping and its associated joints and fittings shall conform to the applicable sections of ISO 15649.

Piping systems designed for internal gauge pressure at or above zero but less than 105 kPa, handling fluids that are non-flammable, non-toxic and not damaging to human tissue and having a design temperature from -29 °C through 186 °C are not included in the scope of ISO 15649. Piping systems under these conditions shall be constructed of suitable materials in accordance with 4.3 *Selection of materials* and shall meet the applicable requirements of 4.4 *General requirements*. Such pipes, and their related joints and fittings, shall be designed and constructed with adequate strength for functionality and leakage resistance to prevent unintended releases.

The design and construction of both rigid and flexible pipes and fittings shall consider the following aspects.

- a) Materials shall meet the requirements specified in 4.3 *Selection of materials*.
- b) The internal surfaces of piping shall be thoroughly cleaned to remove loose particles, and the ends of piping shall be carefully reamed to remove obstructions and burrs.
- c) If fluid condensate or sediment accumulation inside gaseous fluid piping could cause damage from water hammer, vacuum collapse, corrosion and uncontrolled chemical reactions during startup, shutdown and/or use, the manufacturer shall provide means for drainage and removal of deposits from low areas and for access during cleaning, inspection and maintenance. In particular, the manufacturer shall take measures to ensure against sediment or condensate accumulation in fuel gas controls. Sediment traps or filters shall be installed or adequate guidelines shall be provided in the product’s technical documentation.
- d) The manufacturer shall take measures to ensure against sediment accumulation in liquid fuel controls. Sediment traps or filters shall be installed or adequate guidelines shall be provided in the technical documentation of the product.
- e) Non-metallic piping used to convey combustible gases shall be protected against the possibility of overheating and mechanical damage. Measures as required by the safety and reliability analysis specified in 4.1.2 shall be provided to prevent the temperature of components conveying combustible gases from surpassing their design temperatures.
- f) Liquid fuel cell power systems shall include provisions for capturing, recycling, or safe disposal of released liquid fuel. Drip pans, spill guards, or double-walled pipe shall be designed to prevent uncontrolled releases.

### **4.5.3 Flue gas venting systems**

The fuel cell power system shall be provided with a vent system to convey products of combustion from fuel utilization equipment to the outside atmosphere. This requirement may be exempted by installation standards for small (less than 10 kW net electrical output) fuel cell power systems. The manufacturer shall design and construct the vent pipe, or provide in the product's technical documentation instructions to design and construct the vent pipe, in compliance with the following requirements.

- a) Materials shall meet the requirements specified in 4.3 *Selection of materials*. In particular, the venting system shall be constructed of material resistant to corrosion by condensate. Non-metallic material shall be judged on its temperature limitation, strength and resistance to the action of condensate.
- b) The venting system parts of a fuel cell power system shall be durable. Venting system parts, including parts within the fuel cell power system, shall not break, disassemble or become damaged to the extent that they permit unsafe fuel cell power system operation.
- c) The vent pipe shall be properly supported and shall be provided with a rain cap or other feature that would not limit or obstruct the gas flow from venting vertically upward.
- d) A means, such as drainage, shall be provided to prevent water, ice and other debris from accumulating inside the vent pipe or obstructing the vent pipe.
- e) A venting system for a fuel cell power system shall be leak-tight.
- f) The exhaust outlet collar shall be of such size as to accommodate a vent connector of that is commercially available or to accommodate a conduit as specified in the manufacturer's installation instructions.
- g) Pressure switches used to prove exhaust gas flow, if used, shall be factory set, or at the manufacturer's discretion, be set by authorized personnel at the construction site. The adjustment means shall then be secured. A pressure switch shall bear a marking indicating clearly the appliance manufacturer's or distributor's part number or appropriate documentation which correlates to the locked pressure setting.
- h) Parts of a pressure switch in contact with exhaust gas condensate shall be corrosion-resistant to exhaust gas condensate at the normal operating temperatures.
- i) The fuel cell power system shall be capable of starting up and shall operate with the appropriate carbon monoxide (CO) level when the vent system is exposed to up to 116 Pa static pressure or up to 134,5 Pa velocity pressure (from 9 km/h to 54 km/h wind velocity) according to the tests in 5.14 *Wind tests*.
- j) When the fuel cell power system is provided with a venting system, the average temperature of the exhaust gases conveyed by that venting system shall not exceed temperatures acceptable for the materials used to construct the venting system.

#### 4.5.4 Gas-conveying parts shall comply with the following condition.

Gas passage shall have gas-tightness, so that the tightness shall not be undermined under ordinary transportation, installation, and use.

## 4.6 Protection against fire or explosion hazards

### 4.6.1 Prevention against fire and explosion hazards in fuel cell power systems provided with cabinets

- a) The integrated systems of the fuel cell power system shall be assembled so as to prevent hazards associated with flammable atmosphere accumulations within the fuel cell power system.
- b) The boundary for dilution of normal internal releases to below 25 % (LFL) may be determined by computational fluid dynamic analysis, tracer gas, or similar methods, such as those given in IEC 60079-10. All devices installed within dilution boundaries shall meet the requirements specified in e). The volume within dilution boundaries shall be classified according to IEC 60079-10. The LFL of typical gases are provided in IEC 60079-20.
- c) Cabinet compartments with internal sources of flammable gas/vapour release are defined as fuel compartments. Fuel compartments shall be designed to
  - maintain gas mixtures below 25 percent (LFL), except in dilution boundaries; and
  - limit the extent of dilution boundaries to within the fuel compartment.
- d) Methods to maintain normal internal releases below 25 % (LFL), except in dilution boundaries, include
  - 1) Controlled oxidation of normal internal releases

This may be accomplished by the provision of a continuous and reliable ignition and oxidant sources that ensures the combustion of the released gases or the utilization of catalytic oxidation units.

The manufacturer shall ensure that the maximum credible release, when reacted, produces pressures and temperatures that can be contained within the fuel compartment and tolerated by the components exposed to such conditions.

2) Air dilution of normal internal releases

This may be accomplished by the provision of mechanical ventilation to dilute with air the concentration of normal releases to less than 25 % (LFL), except within dilution boundaries. In all cases, the minimum ventilation rate shall be consistent with the allowable leakage rate test given in 5.4 *Leakage tests*.

Ventilated fuel compartments shall be designed to operate at negative pressure relative to other types of compartments in the fuel cell power system and its surroundings (induced or exhaust ventilation) according to IEC 60079-16. Proper operation of the ventilation system shall be confirmed by measuring either flow or pressure. Failure of ventilation shall cause a shutdown of the process equipment.

Alternatively, fuel compartments of fuel cell power systems need not be ventilated at negative pressures if adequate means are provided to limit the concentration of flammable gas below 25 % LFL under all conditions of use except within dilution boundaries or as described in g).

Fuel compartments that rely on ventilation for protection against accumulation of flammable atmospheres shall be purged in such a way that the atmosphere will be brought below 25 % of the LFL.

NOTE One method of accomplishing this is with at least four air exchanges within an appropriate time interval to ensure this result.

The purging will take place prior to the energization of any devices that are not suitable for the area classification according to b). Purging is not required if the atmosphere within the compartment and associated ducts can be demonstrated by design to be non-hazardous. All devices, which must be energized prior to purging or in order to accomplish purging, shall meet the requirements specified in e).

- e) Within areas classified as hazardous in b), except for units that use the protection method described in d)1), the manufacturer shall eliminate ignition sources by ensuring that the
- installed electrical equipment is suitable for the area classification according to IEC 60079-0 and other applicable parts of the IEC 60079 series;
  - installed electrical resistance trace heating, if available, complies with IEC 62086-1;
  - surface temperatures do not exceed 80 % of the auto-ignition temperature, expressed in degrees Celsius, of the flammable gas or vapour. See IEC 60079-20 for guidance regarding auto-ignition temperatures of various flammable fluids;
  - potential for static discharge has been eliminated by proper bonding and grounding according to IEC 60204-1 and by proper material selection;
  - equipment containing materials capable of catalysing the reaction of flammable fluids with air shall be capable of suppressing the propagation of the reaction from the equipment to the surrounding flammable atmosphere.
- f) Compartments that contain electrical or mechanical equipment shall be maintained at positive pressure relative to adjacent compartments with sources of flammable gas or vapour according to IEC 60079-2, unless the equipment meets the requirements specified in e).
- g) The fuel cell power system shall be provided with passive and active means, or a combination thereof, to maintain abnormal internal releases below 25 % (LFL), except in dilution boundaries.

Sudden and catastrophic failures need not be considered a release scenario in this analysis when protection against such failures has already been contemplated in the pressure equipment and piping design (see also 4.5 *Pressure equipment and piping*).

Passive means include, but are not limited to, the mechanical limitation of releases of flammable gases or vapours to a maximum value by using pipe orifices and similar methods of flow restriction or joints permanently secured and so constructed that they limit the release rate to a predictable maximum value.

Active means may include flow measurements and controls or the provision of safety devices such as combustible gas sensors. These means shall meet the requirements specified in 4.9 *Control systems and protective components*, and shall cause a fuel cell power system shutdown upon occurrence of conditions under which the concentration of any flammable gas in the ventilation exhaust exceeds 25 % of the LFL of that gas

- h) The fuel cell power system shall be designed for the safe dispersal of the ventilation and process exhaust

streams. In particular, for indoor installations the ventilation and process exhaust shall be designed for connection to a flue or venting system.

- i) Non-metallic tubing carrying hydrogen gas may accumulate electrostatic charge along its surface. Discharges from the surface of this tube may be sufficient to ignite a flammable mixture of gas or vapour in the surrounding environment. When used in Zone 1 or Zone 2 (according to IEC 60079-10) locations, measures to eliminate electrostatic discharges shall be taken. This may be achieved by specifying a tube material with sufficient conductivity, or by limiting gas flow velocity to values below which electrostatic charge does not accumulate. Tubing that relies on a protective system to eliminate electrostatic discharge (i.e., a grounding wire or braid) shall not be used in a Zone 0 location.

NOTE Metal braid coverings, or conductive wires within the non-metallic tubing wall may increase the chance of electrostatic discharge if those conductors become disconnected from their bonding conductor. In Zone 1 and 2 areas, such conductors should be mechanically secured with positive means.

#### 4.6.2 Prevention of fire and explosion hazards in burners

- a) Fuel cell power systems shall be designed in such a way that the unsafe build-up of flammable or explosive gases in burners (start, main and auxiliary burners of a reformer section, tail gas burners) is avoided.
- b) The main burner shall be fitted with a pilot or a device for direct ignition.
- c) The direct ignition device shall be controlled automatically and shall not cause deterioration of the burner. Direct ignition devices shall be positively positioned with respect to the main burner ports. Means shall be provided to prevent incorrect assembly or reversible mounting of any direct ignition device in relation to the burner being served.
- d) Pilots shall be controlled automatically and direct ignition shall light any pilot fuel. Pilots shall be designed and fitted in such a way that they are located correctly in relation to the burners that they ignite. When a pilot is an integral part of the start burner, it need be evaluated only under the construction and performance specifications of this standard.
- e) Automatic electrical burner control systems shall comply with requirements specified in 4.9.2 *Control systems*.
- f) The main burner or pilot flame, or both, shall be supervised by a flame detector. If a main burner is ignited by a pilot, the presence of flame at the pilot shall be detected before gas is released to the main burner. A system having an interrupted pilot shall provide supervision of the main burner flame following the main burner flame-establishing period.
- g) The supervised pilot flame shall be capable of effectively igniting the fuel at the main burner even when the fuel supply to the pilot is reduced to the point where the pilot flame is just sufficient to actuate the primary safety control.
- h) If the heat input of a pilot does not exceed 0,250 kW, there is no requirement for the flame establishing period.
- i) If the heat input of a pilot exceeds 0,250 kW, or in case of direct ignition of the main burner, the flame-establishing period is determined by the manufacturer so that, in accordance with the delayed ignition test (5.11.1 *Automatic ignition control burners*), no health or safety hazard for the user or damage to the fuel cell power system occurs.
- j) Each pilot or direct main burner ignition attempt begins with the opening of the fuel valves and ends with the closing of the fuel valves. The spark shall continue at least until ignition occurs or until the end of the flame-establishing period.
- k) Pilot or direct main burner ignition shall be attempted a maximum of three times, each time followed by purging. A higher number of attempts shall be determined by the manufacturer on the basis of a safety analysis.  
An absence of flame at the end of the third attempt shall result in, at least, a lockout.
- l) In case of flame failure, the system shall cause at least re-ignition, recycling or lockout.
- m) The pilot or main burner flame failure lock-out time shall not exceed 3 s. A longer lock out time is acceptable as determined by the manufacturer on the basis of a safety analysis.  
Exception: The primary safety control need not deenergize all fuel safety valves if the temperature of the burner cavity, which the flammable air/fuel mixture is in contact with, exceeds 120% of the auto ignition temperature of the fuel, measured in °C.
- n) If re-ignition takes place, under the test conditions of 5.11.1 *Automatic ignition control burners*, the direct ignition device shall be re-energized within a maximum time of 1 s after the disappearance of a flame signal.

In this case, the flame-establishing period is the same as is used for ignition and starts when the ignition device is energized. An absence of flame at the end of the flame-establishing period shall result in, at least, a lockout.

- o) If recycling takes place, under the test conditions of 5.11.1 *Automatic ignition control burners*, this shall be preceded by an interruption of the gas supply and purging; the ignition sequence shall restart from the beginning. In this case the flame-establishing period is the same as is used for ignition and starts when the ignition device is energized. Recycling shall be attempted a maximum of 3 times, each time followed by purging. An absence of flame at the end of the third attempt shall result in, at least, a lockout.
- p) A burner circuit shall be arranged to prevent feedback by a motor, capacitor or similar device from energizing a fuel valve or ignition device after a control functions to shut off the main burner.
- q) When, for safety reasons, a passive state is required prior to start-up or after shutdown, means shall be provided to automatically purge a burner housing or enclosure of any flammable gas mixture before the trial for ignition at the start and in-between recycling trials. This purge shall provide a minimum of four air changes in the combustion chamber.
- r) Ignition system components shall be installed so the operation of these devices and main burner ignition will not be affected by falling particles or condensation during normal operation.
- s) When primary air under pressure is mixed with the fuel supply, effective means shall be provided to prevent air from passing back into the fuel line, or fuel into the air supply. The fuel and air supply shall be suitably controlled to prove air flow prior to ignition and to prevent fuel from entering each reformer burner until the air supply is available and, in the event of air fan failure, to shut off the fuel supply.
- t) Mechanical linkage for operating the fuel and air controls, if used, shall be designed to reliably maintain the correct fuel/air ratio and to resist accidental breakage and disengagement.
- u) Upon shutdown, hazardous gases in the process system shall be safely contained, purged, or reacted.
- v) The manufacturer shall provide the fuel cell power system with adequate means to prevent the crossing of air into fuel or combustible process gas lines or of fuel or combustible process gas into air lines.
- w) The fuel cell power system under a blocked outlet condition shall not produce a concentration of carbon monoxide in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents according to the test of 5.16.1 *Blocked exhaust outlet*. Additionally, the fuel cell power system shall not produce a carbon monoxide concentration in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents when the air supply inlet is blocked according to the test of 5.16.2 *Blocked air supply*.

#### **4.6.3 Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)**

- a) Within fuel cell power system components carrying fluids, in which flammable or explosive gas volumes are intentionally produced to conduct a controlled catalytic fuel oxidation reaction (for example, catalytic partial oxidation, catalytic combustion), the manufacturer shall avoid the unsafe build-up of flammable or explosive gases.
- b) When, for safety reasons, a passive state is required prior to start-up or after shutdown, means shall be provided to purge the catalytic fuel oxidation system components. The purging system may utilize a medium specified by the manufacturer such as, but not limited to, nitrogen, air or steam. The extent of purging is determined by considering flow characteristics, system dynamics and geometry.
- c) Where air is mixed with fuel, the manufacturer shall provide adequate means to prevent that air flows back into the fuel line, or fuel into the air supply.
  - 1) For air-rich systems  
The fuel and air supply shall be suitably controlled to provide air prior to reaction initiation, and to prevent fuel from entering the reactor until the air supply is available.
  - 2) For fuel-rich systems  
The fuel and air supply shall be suitably controlled to provide fuel prior to reaction initiation, and to prevent air from entering the reactor until the fuel is available.
- d) Mechanical linkage for operating the fuel and air controls, if used, shall be designed to reliably maintain the correct fuel-air ratio and to resist accidental breakage and disengagement.
- e) The reaction initiation time shall be determined by considering the response time of the system control devices and the time required to build up the maximum allowable quantity of flammable or explosive mixture that can safely be contained in the system based on flow rates, fuel-air mixture flammability, and system dynamics and geometry.

- f) If the catalytic reaction is not established within the reaction initiation time, the system shall automatically shut off the fuel supply, or for fuel-rich operations, the supply of all reactants.
- g) The temperature of the catalyst shall be monitored either directly or indirectly. The reaction fails if the temperature or rate of temperature change of the catalyst falls outside the acceptable range specified by the manufacturer. Then the system shall automatically shut off the fuel supply, or for fuel-rich operations, the supply of all reactants. The reaction failure lock-out time shall not exceed 3 s. A longer lock out time is acceptable as determined by the manufacturer on the basis of a safety analysis.
- h) If a mixture of fuel and air could potentially build up inside the fuel cell power system following either the failure of a reaction to start within the reaction initiation time; or the extinction of a reaction; or decrease or increase of the reaction rate to unsafe levels, the manufacturer shall ensure that the maximum quantity of flammable mixture that could credibly accumulate, if combusted, produces pressures and temperatures that can be contained within the components exposed to such conditions.
- i) Upon shutdown, hazardous gases in the process system shall be safely contained or disposed.
- j) Where air and fuel streams are put in close contact as part of the thermal management system, the manufacturer shall provide the fuel cell power system with adequate means to prevent health or safety risks from arising from the crossing of air into fuel lines or of fuel into air lines.

**Convener's note:**

The electrical section of the 1<sup>st</sup> edition leaned heavily on IEC 60950-1, which is used in many consumer, telecom and UPS products. Since the scope of the stationary fuel cell standard also covers co-generation applications, ranging from home-size to utility-size fuel cells, **Section 4.7** was re-written to be more consistent with IEC 60335, IEC 60950 and IEC 60204, which are most applicable to gas appliances, telecom/UPS and industrial scale equipment respectfully. The new draft states that a manufacture may use the generic requirements in this standard, or the electrical requirements found in the 60335, 60950, 60204 standards if those standards are more applicable to the specific end-use product.

The electrical section also shifts focus onto the higher level integration of components and operator access to hazardous voltages or currents. To the extent possible, the component level requirements are left to the specific component standards.

#### 4.7 Electrical safety

The electrical system of the fuel cell power system shall conform to the requirements of this section or a relevant application standard.

Note: Stationary fuel cell power systems are applied in a wide variety of end-use applications. In some cases, an application standard may provide guidance that is more specific than the requirements in this section. The application standards include, but are not limited to, IEC 60204-1 for large cogeneration and IEC 60335-1 for residential fuel cells.

##### 4.7.1 Limitations

The requirements in this section apply to those electrical components or systems that:

- present a safety risk (see 4.1 *General safety strategy*)
- are rated at or below 600V

Note: Voltages above the 600V limit are permissible when separately evaluated to standards appropriate to the higher voltage

##### 4.7.2 Components

A component may be a discreet electronic part, or a sub-assembly, such as a circuit breaker, inverter, variable frequency drive, controller, automatic valve, or fuel cell module.

Electrical components, for which there is an applicable standard, shall conform to that standard and be applied within the component ratings that are relevant to the safety objectives of 4.1 *General safety strategy*.

Note 1: Most, if not all components in a fuel cell system will meet this requirement. When this requirement is met, no further evaluation of

that component to 4.7 *Electrical Safety* is required.

Note 2: 4.7.1 *Limitations* limits this requirement to those components that are relied upon to perform a direct safety function (gas detector, safety shut-off valve, fan interlock), or would present a safety hazard (fire, shock, burn) if they were to fail. The latter is determined through the safety analysis of 4.1 *General safety strategy*. Electrical components, for which there is no applicable standard, shall meet the requirements for electrical isolation, creepage and clearance, leakage currents, overcurrent protection, as well as grounding and bonding that are found in IEC 60950-

Note 3 In some cases, the system integrator may design unique electrical components or a circuit board assembly for which no standard is currently available. In that case, design requirements for electrical safety are found in IEC 60950-1.

**4.7.3 Protection against electric shock and energy hazards**

**4.7.3.1 Access to Safety Extra Low Voltage (SELV) circuits**

Many fuel cell systems have high voltage internal parts with sensors that are connected to low voltage signal processors, safety systems, or communication devices that an operator may have access to. Safety Extra Low Voltage (SELV) circuits ensure that an operator contacting a conductive part, such as a pin on a data line, is isolated from high-voltage sources under both normal and single fault conditions.

The operator is permitted to have access to bare parts in Safety Extra Low Voltage (SELV) circuits. SELV Circuits shall exhibit voltages that are safe to touch both under normal operating conditions and after a single fault. The voltage limits of Table 2 *SELV voltage limits* shall not be exceeded.

**Table 2 - SELV voltage limits**

| Residential and Light Commercial   |  | Telecom and Industrial Applications            |  |
|--|--|--|--|
| Normal   | Single Fault                                     | Normal   | Single Fault   |
| 42 volts under load and 50 volts at open circuit   | 42 volts under load and 50 volts at open circuit | Open circuit voltage of 42.4 peak or 60 V d.c. | Open circuit voltage of 42.4 peak or 60 V d.c. with excursions up to 71 V or 120 V d.c. for periods up to 200 ms |
| <p>Note 1: The differences in application voltage limits derive from assumptions that equipment in residential and light commercial applications, including farms, may be installed in damp locations (basements) and may be accessible to children. Skilled technicians in controlled environments typically service equipment in telecom and industrial applications.</p> <p>Note 2: The limits for residential and light commercial are from IEC 60335-1, while those for telecom and industrial applications are taken from IEC 60950-1.</p> |  |  |  |

**4.7.3.2 Access to Extra Low Voltage (ELV) circuit**

An Extra Low Voltage (ELV) circuit is one that will not present a shock hazard during normal operation; however, it may after a single fault. These circuits are required to have an additional level of protection (such as a layer of insulation) to provide double fault protection.

The operator is permitted to have access to the insulation on wiring of ELV circuits provided that the conditions listed in part a) and b) are met. The operator shall be prevented from having access to bare parts of ELV circuits, or unearthed conductive parts that are separated from ELV by operational or basic insulation only.

- a) the insulation meets the requirements for supplementary insulation; or
- b) all of the following apply:

- the wiring does not need to be handled by the operator and is so placed that the operator is unlikely to pull on it, or is so fixed that the connecting points are relieved from strain; and
- the wiring is routed and fixed so as not to touch unearthed accessible conductive parts; and
- the insulation passes the electric strength test for supplementary insulation; and
- the distance through the insulation is not less than that given in Table 3 *Distance through insulation of internal wiring*.

**Table 3 – Distance through insulation of internal wiring**

| WORKING VOLTAGE<br>(in case of failure of BASIC INSULATION) |                                 | Minimum distance<br>through insulation<br>mm |
|---|---------------------------------|--|
| V peak or d.c.  | V r.m.s. (sinusoidal)           |  |
| Over 71 up to and including 350                             | Over 50 up to and including 250 | 0,17   |
| Over 350  | Over 250                        | 0,31   |

The limits for ELV circuits shall be the same as those for SELV circuits under normal operation.

Note: ELV circuits may exceed SELV limits during a fault conditions.

#### 4.7.3.3 Access to hazardous voltages

A hazardous voltage circuit is one that meets neither the requirements for SELV or ELV circuits.

The operator shall be prevented from having access to bare parts of circuits that are at hazardous voltages or unearthed conductive parts that are separated from hazardous voltages by operational or basic insulation only.

Where the insulation of internal wiring at hazardous voltage is accessible to an operator, or is not routed and fixed to prevent it from touching unearthed accessible conductive parts, it shall meet the requirements of double insulation or reinforced insulation.

#### 4.7.3.4 Access to energy hazards

An energy hazard can be present at voltages less than SELV. This will most often be the case for fuel cell stack assemblies, which may present no shock hazard, but can produce very large currents. These currents can create a serious energy hazard (burn) if an operator were to bridge two cells with a metallic wristwatch strap, the ring on a finger, or a conductive tool.

The requirement is that there shall be no risk of injury due to an energy hazard in an operator access area.

A risk of injury due to an energy hazard exists if it is likely that two or more bare parts (one of which may be earthed) between which a hazardous energy level exists, will be bridged by a metallic object.

The existence of a hazardous energy level is determined as follows:

1) for transformers or electronic circuits, a variable resistive load is connected to the parts under consideration and adjusted to obtain a level of 240 VA. Further adjustment is made, if necessary, to maintain 240 VA for a period of 60 s. If the voltage is 2 V or more, the output power is at a hazardous energy level, unless an overcurrent protective device opens during the above test, or for any other reason the power cannot be maintained at 240 VA for 60 s;

2) for capacitors, the stored energy is at a hazardous energy level if the voltage,  $U$ , is 2 V or more, and the stored energy,  $E$ , calculated from the following equation, exceeds 20 J:  $E = 0,5 CU^2 \times 10^{-6}$

where

$E$  is the energy, in joules (J);

$C$  is the capacitance, in microfarads ( $\mu\text{F}$ );

$U$  is the measured voltage on the capacitor, in volts (V).

3) fuel cell stacks rated at or above 120 amps shall be considered to be at a hazardous energy level,

**4.7.3.5 Limited power sources**

A limited power source shall comply with one of the following, a), b), c) or d):

- a) the output is inherently limited in compliance with Table 4 *Limits for power sources without an overcurrent protective device*; or
- b) a linear or non-linear impedance limits the output in compliance with Table 4 *Limits for power sources without an overcurrent protective device*. If a positive temperature coefficient device is used, it shall pass the tests specified in IEC 60730-1, Clauses 15, 17, J.15 and J.17; or
- c) a regulating network limits the output in compliance with Table 4 *Limits for power sources without an overcurrent protective device*, both with and without a simulated single fault in the regulating network (open circuit or short-circuit); or
- d) an overcurrent protective device is used and the output is limited in compliance with Table 5 *Limits for power sources with an overcurrent protective device*. Where an overcurrent protective device is used, it shall be a fuse or a non-adjustable, non-auto reset, electromechanical device.

A limited power source operated from an AC mains supply, or a battery-operated limited power source that is recharged from an AC mains supply while supplying the load, shall incorporate an isolating transformer.

Compliance is checked by inspection and measurement and, where appropriate, by examination of the manufacturer's data for batteries. Batteries shall be fully charged when conducting the measurements for  $U_{oc}$  and  $I_{sc}$  according to Tables 4 *Limits for power sources without an overcurrent protective device* and 5 *Limits for power sources with an overcurrent protective device*.

The non-capacitive load referred to in Tables 4 *Limits for power sources without an overcurrent protective device* and 5 *Limits for power sources with an overcurrent protective device* is adjusted to give the maximum measured value of  $I_{sc}$  or S.

Simulated faults in a regulating network, required according to item c) above, are applied under the above maximum measured values of  $I_{sc}$  or S.

**Table 4 – Limits for power sources without an overcurrent protective device**

| Output Voltage <sup>a</sup><br>(Uoc) |               | Output current <sup>b,d</sup><br>(Isc)<br>A | Apparent Power <sup>c,d</sup><br>(S)<br>VA |
|--------------------------------------|---------------|---|--|
| V a.c.                               | V d.c.        |   |  |
| ≤ 30                                 | ≤ 30          | ≤ 8   | ≤ 100                                      |
|                                      | 30 < Uoc ≤ 60 | ≤ 150/Uoc                                   | ≤ 100                                      |

<sup>a</sup> –  $U_{oc}$ : Output voltage measured with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal a.c. and ripple free d.c. for non-sinusoidal a.c. and for d.c. with ripple greater than 10% of the peak, the peak voltage shall not exceed 42.4 V.  
<sup>b</sup> –  $I_{sc}$ : Maximum output current with any non-capacitive load including a short-circuit.  
<sup>c</sup> – S(VA): Maximum output VA with any non-capacitive load.  
<sup>d</sup> – Measurements of  $I_{sc}$  and S are made 5 s after application of the load if protection is by an electronic circuit or a positive temperature coefficient device and 60 s in other cases.

**Table 5 – Limits for power sources with an overcurrent protective device**

| Output Voltage <sup>a</sup><br>(Uoc) |               | Output current <sup>b,d</sup><br>(Isc)<br>A | Apparent Power <sup>c,d</sup><br>(S)<br>VA | Current rating of overcurrent protection device <sup>e</sup><br>A |
|--------------------------------------|---------------|---|--|---|
| V a.c.                               | V d.c.        |   |  |   |
| ≤ 20                                 | ≤ 20          | ≤ 1000/Uoc                                  | ≤ 250                                      | ≤ 5.0   |
| 20 < Uoc ≤ 30                        | 20 < Uoc ≤ 30 |   |  | ≤ 100/Uoc   |
| -                                    | 30 < Uoc ≤ 60 |   |  | ≤ 100/Uoc   |

<sup>a</sup> –  $U_{oc}$ : Output voltage measured with all load circuits disconnected. Voltages are for substantially sinusoidal a.c. and ripple free d.c. for non-sinusoidal a.c. and for d.c. with ripple greater than 10% of the peak, the peak voltage shall not exceed 42.4 V.  
<sup>b</sup> –  $I_{sc}$ : Maximum output current with any non-capacitive load including a short-circuit measured 60 seconds after application of the load.  
<sup>c</sup> – S(VA): Maximum output VA with any non-capacitive load measured 60 s after application of the load.  
<sup>e</sup> – Current rating of overcurrent protection device.

<sup>d</sup> – Current limiting impedances remain in the circuit during measurement, but overcurrent protective devices are bypassed.  
 NOTE: The reason for making measurements with overcurrent protective devices bypassed is to determine the amount of energy that is available to cause possible overheating during the operating time of the overcurrent protective devices.  
<sup>e</sup> – The current ratings of overcurrent protective devices are based on fuses and circuit-breakers that break the circuit within 120 s with a current equal to 210% of the current rating specified in the table

#### 4.7.3.6 SELV circuits connected to ELV or hazardous voltages

A component which is to be connected to an SELV circuit and also to an ELV circuit or to a part at hazardous voltage shall comply with the requirements for SELV circuits. An example of such a component is a relay with different supplies connected to different elements (coils and contacts).

#### 4.7.3.7 Discharge of capacitors in the primary circuit

Equipment shall be so designed that, at an accessible external point of disconnection of a supply, the risk of electric shock from stored charge on capacitors connected in the equipment is reduced. No test for shock hazard is required unless the nominal voltage of the supply charging the capacitors exceeds 42,4 V peak or 60 V d.c.

Compliance is checked by inspection of the equipment and relevant circuit diagrams, taking into account the possibility of disconnection of the supply with any on/off switch in either position.

Equipment is considered to comply if any capacitor having a marked or nominal capacitance exceeding 0,1  $\mu\text{F}$  and in a circuit connected to the supply has a means of discharge resulting in a time constant not exceeding:

- 1 s for residential fuel cells; and
- 10 s for telecommunications fuel cells or fuel cells for other commercial applications and industrial fuel cells.

The relevant time constant is the product of the effective capacitance in microfarads and the effective discharge resistance in megohms. If it is difficult to determine the effective capacitance and resistance values, a measurement of voltage decay at the point of external disconnection can be used. When conducting the voltage decay measurement, the result is referred to an instrument having an input impedance consisting of a resistance of  $100 \text{ M}\Omega \pm 5 \text{ M}\Omega$  in parallel with an input capacitance of  $20 \text{ pF} \pm 5 \text{ pF}$ .

NOTE: During an interval equal to one time constant, the voltage will have decayed to 37 % of its original value.

#### 4.7.3.8 Creepage, clearance and distance through insulation

The provisions of 2.10 of IEC 60950-1 apply to clearances, creepage distances and distances through insulation.

Note 1: Creepage and clearance distances for components in Zone 2 hazardous locations are larger than those for the non-rated electricals of IEC 60950-1. See IEC 60079-15 and 4.6 *Protection against fire or explosion hazards* of this standard.

Note 2: This requirement will normally only be applied to custom designed circuits or standoff insulators.

### 4.7.4 Wiring, connections and supply

#### 4.7.4.1 Preventing mis-wiring

Electrical installation and service connection leads or terminals of an individual component shall be identified by number(s), letter(s), symbol(s) or combination thereof, except when the component:

- a. Incorporates means which will physically prevent mis-wiring; or
- b. Incorporates only two leads or terminals, the interchange of which does not change the operation of the component.

#### 4.7.4.2 Current rating and overcurrent protection

The cross-sectional area of internal wires and interconnecting cables shall be adequate for the current they are intended to carry when the equipment is operating under normal load such that the maximum permitted temperature of conductor insulation is not exceeded.

All internal wiring (including busbars) and interconnecting cables used in the distribution of primary circuit power shall be protected against overcurrent and short-circuit by suitably rated protective devices. Wiring not directly involved in the distribution path does not require protection if it can be shown that creation of hazards is unlikely (for example, indicating circuits).

After abnormal operation or a single fault, the equipment shall remain safe for an operator in the meaning of this standard, but it is not required that the equipment should still be in full working order. It is permitted to use fusible links, thermal cut-outs, Overcurrent protection devices and the like to provide adequate protection.

Equipment is tested by applying any condition that may be expected in normal use and foreseeable misuse. This includes the shorting of exposed, bare or inadequately protected SELV circuit terminals.

NOTE 1 Devices for overload protection of components may also provide protection of associated wiring.

NOTE 2 Internal circuits connected to a mains supply may require individual protection depending on reduced wire size and length of conductors.

#### **4.7.4.3 Protection against mechanical damage**

Wireways shall be smooth and free from sharp edges. Wires shall be protected so that they do not come into contact with burrs, cooling fins, moving parts, etc., which could cause damage to the insulation of conductors. Holes in metal, through which insulated wires pass, shall have smooth well-rounded surfaces or shall be provided with bushings.

It is permitted for wires to be in close contact with wire wrapping posts and the like if any breakdown of insulation will not create a hazard, or if adequate mechanical protection is provided by the insulation system.

#### **4.7.4.4 Securing of internal wiring**

Internal wiring shall be routed, supported, clamped or secured in a manner that reduces the likelihood of:

- excessive strain on wire and on terminal connections; and
- loosening of terminal connections; and
- damage of conductor insulation.

#### **4.7.4.5 Screws for electrical contact pressure**

Where electrical contact pressure is required, a screw shall engage at least two complete threads into a metal plate, a metal nut or a metal insert. Screws of insulating material shall not be used where electrical connections, including protective earthing, are involved, or where their replacement by metal screws could impair supplementary insulation or reinforced insulation.

Where screws of insulating material contribute to other safety aspects, they shall be engaged by at least two complete threads.

Spaced thread (sheet metal) screws shall not be used for the connection of current-carrying parts, unless they clamp these parts directly in contact with each other and are provided with a suitable means of locking. Self-tapping (thread-cutting or thread-forming) screws shall not be used for the electrical connection of current-carrying parts, unless they generate a full form standard machine screw thread. Moreover, such screws shall not be used if they are operated by the user or installer unless the thread is formed by a swaging action.

Screws and nuts that clamp external mains supply conductors shall have a thread conforming to ISO 261 or ISO 262, or a thread comparable in pitch and mechanical strength (for example, unified threads). The screws and nuts shall not serve to fix any other component, except that they are permitted also to clamp internal conductors provided that the internal conductors are so arranged that they are unlikely to be displaced when fitting the supply conductors.

The terminals of a component (for example, a switch) built into the equipment are permitted for use as terminals for external mains supply conductors.

#### 4.7.4.6 Insulating materials in electrical connections

Insulating materials that support electrical connections can soften if that connection begins to overheat. This can lead to further loosening of the connection and increased heating.

Electrical connections, including those for protective earthing functions, shall be so designed that contact pressure is not transmitted through insulating material unless there is sufficient resilience in the metallic parts to compensate for any possible shrinkage or distortion of the insulating material.

#### 4.7.4.7 Termination of conductors

Conductors shall be provided with a means (for example, barriers or fixing), or be so terminated, that they and their terminators (for example, ring terminals and flat quick-connect terminals) cannot, in normal use, become so displaced that clearances or creepage distances are reduced below acceptable values. It is permitted to use soldered, welded, crimped, screwless (push-in) and similar terminations for the connection of conductors. For soldered terminations, the conductor shall be positioned or fixed so that reliance is not placed upon the soldering alone to maintain the conductor in position.

In multiway plugs and sockets, and wherever shorting could otherwise occur, means shall be provided to prevent contact between parts in SELV circuits or TNV circuits and parts at hazardous voltage due to loosening of a terminal or breaking of a wire at a termination.

Compliance is checked by inspection, by measurement and, where necessary, by the following test.

A force of 10 N is applied to the conductor near its termination point. The conductor shall not break away or pivot on its terminal to the extent that clearances or creepage distances are reduced below acceptable values.

For the purpose of assessing compliance it is assumed that:

- two independent fixings will not become loose at the same time; and
- parts fixed by means of screws or nuts provided with self-locking washers or other means of locking are not liable to become loose.

Examples of constructions regarded as meeting the requirements include:

- close-fitting tubing (for example, a heat shrink or rubber sleeve), applied over the wire and its termination;
- conductors connected by soldering and held in place near to the termination, independently of the soldered connection;
- conductors connected by soldering and "hooked in" before soldering, provided that the hole through which the conductor is passed is not unduly large;
- conductors connected to screw terminals, with an additional fixing near to the terminal that clamps, in the case of stranded conductors, the insulation and not only the conductors;
- conductors connected to screw terminals and provided with terminators that are unlikely to become free (for example, ring lugs crimped onto the conductors). The pivoting of such terminators is considered;
- short rigid conductors that remain in position when the terminal screw is loosened.

#### 4.7.4.8 Sleeving on wiring

Where sleeving is used as supplementary insulation on internal wiring, it shall be retained in position by positive means.

Examples of constructions that are considered to meet the intent of this requirement include:

- sleeving that can be removed only by breaking or cutting of either the wiring or sleeving;
- sleeving that is clamped at both ends;
- heat shrinkable sleeving that tightens against the wire insulation;
- sleeving that is of such length that it will not slip.

#### 4.7.4.9 Cable and conduit entries

The stationary fuel cell system shall be provided with cable entries, conduit entries, knock-outs or glands, which allow connection of the appropriate types of cables or conduits.

For equipment having a rated current not exceeding 16 A, the cable entries shall be suitable for cables and conduits having an overall diameter as shown in the table below. Conduit and cable entries and knock-outs for supply connections shall be so designed or located that the introduction of the conduit and cable does not affect the protection against electric shock, or reduce clearances and creepage distances below acceptable values.

**Table 6 - Sizes of cables and conduits for equipment having a rated current not exceeding 16 A**

| Number of conductors, including the PROTECTIVE EARTHING CONDUCTOR where provided | Overall diameter mm |             |
|--|---------------------|-------------|
|  | Cable               | Conduit     |
| 2  | 13,0                | 16,0 (22,2) |
| 3  | 14,0                | 16,0 (22,2) |
| 4  | 14,5                | 20,0 (27,8) |
| 5  | 15,5                | 20,0 (27,8) |

NOTE In Canada and the United States the dimensions in parentheses are the size of conduit opening required for terminating nominal 1/2 inch and 3/4 inch trade size conduits.

The supply wiring space provided inside, or as part of, the equipment for permanent connection shall be designed:

- to allow the conductors to be introduced and connected easily; and
- so that the un-insulated end of a conductor is unlikely to become free from its terminal, or, should it do so, cannot come into contact with an accessible conductive part that is not protectively earthed; or
- to permit checking before fitting the cover, if any, that the conductors are correctly connected and positioned; and
- so that covers, if any, can be fitted without risk of damage to the supply conductors or their insulation; and
- so that covers, if any, giving access to the terminals can be removed with a commonly available tool.

**4.7.5 Disconnection from the mains supply**

**4.7.5.1 Lock-outs**

Any electrical disconnect devices provided to shut power down for the safety of service personnel shall be provided with a means for physically locking-out the disconnect lever to prevent inadvertent reconnection before servicing has been completed.

NOTE: Instructions may be provided to allow servicing parts of the equipment with or without opening the disconnect device.

**4.7.5.2 Disconnect devices**

Disconnection devices shall be provided to disconnect the fuel cell generator from the a.c. or d.c. supplies for servicing by qualified personnel. The means of isolation can be located either in the service access area or external to the equipment.

The disconnect shall be suitable for the overvoltage category of the intended application.

If a disconnect device is incorporated in the equipment, it shall be connected as closely as practicable to the incoming supply. Functional switches are permitted as disconnect devices provided that they comply with all the requirements for disconnect devices.

For stationary fuel cell systems, the disconnect device shall be incorporated in the equipment, unless the equipment is accompanied by installation instructions stating that an appropriate disconnect device shall be provided external to the equipment.

#### 4.7.5.3 Parts which remain energized

Parts on the supply side of a disconnect device in the equipment which remain energized when the disconnect device is switched off shall be guarded and labeled so as to reduce the likelihood of accidental contact by a service person.

#### 4.7.5.4 Disconnect operation

If the operating means of the disconnection device is operated vertically rather than rotationally or horizontally, the "UP" position of the operating means shall be in the "ON" position.

#### 4.7.5.5 Three-phase equipment

For three-phase equipment, the disconnect device shall disconnect simultaneously all line conductors of the AC mains supply. For equipment requiring a neutral connection to an IT power distribution system, the disconnect device shall be a four-pole device and shall disconnect all line conductors and the neutral conductor. If this four-pole device is not provided in the equipment, the installation instructions shall specify the need for the provision of the device external to the equipment. If a disconnect device interrupts the neutral conductor, it shall simultaneously interrupt all line conductors.

#### 4.7.5.6 Single-phase and d.c. equipment

A disconnect device, if provided in or as part of the equipment, shall disconnect both poles simultaneously, except that

- if it is possible to rely on the identification of the earthed conductor in the d.c. mains supply, or an earthed neutral in an a.c. mains supply, it is permitted to use a single-pole disconnect device that disconnects the unearthed (line) conductor, or
- if it is not possible to rely on the identification of the earthed conductor in the d.c. mains supply, or an earthed neutral in an a.c. mains supply, and the equipment is not provided with a two-pole disconnect device, the installation instructions shall specify that a two-pole disconnect device is to be provided external to the equipment.

#### 4.7.5.7 Emergency switching device

The fuel cell generator shall be provided with an integral single emergency switching device, or terminals for connection of a remote emergency-switching device, which prevents further supply to the load in any mode of operation. If reliance is placed on additional disconnection of supplies in the building wiring, the installation instructions shall state this.

Plug-connected fuel cell generators do not require an emergency switching device if the plug can perform the same function.

### 4.7.6 Bonding and earthing

#### 4.7.6.1 Continuity of the protective bonding circuit

Where a part is removed for any reason (for example routine maintenance), the protective bonding circuit for the remaining parts shall not be interrupted.

Connection and bonding points shall be so designed that their current-carrying capacity is not impaired by mechanical, chemical, or electrochemical influences. Where enclosures and conductors of aluminum or aluminum alloys are used, particular consideration should be given to the possibility of electrolytic corrosion.

Metal ducts of flexible or rigid construction and metallic cable sheaths shall not be used as protective conductors. Nevertheless, such metal ducts and the metal sheathing of all connecting cables (for example cable armoring, lead sheath) shall be connected to the protective bonding circuit.

Where the electrical equipment is mounted on lids, doors, or cover plates, continuity of the protective bonding circuit shall be ensured.

#### 4.7.6.2 Exclusion of switching devices from the protective bonding circuit

The protective bonding circuit shall not incorporate a switching device or an over-current protective device (for example switch, fuse). No means of interruption of the protective bonding conductor shall be provided.

#### 4.7.6.3 Parts connected to the internal protective bonding circuit

Accessible conductive parts which might assume a hazardous voltage in the event of a single insulation fault shall be reliably connected to a protective earthing terminal within the equipment.

This requirement does not apply to accessible conductive parts that are separated from parts at hazardous voltage by

- earthed metal parts;
- solid insulation or an air gap, or a combination of the two, meeting the requirements for double insulation or reinforced insulation. In this case the parts involved shall be so fixed and so rigid that the minimum distances are maintained during the application of suitable force.

The protective conductor connecting points shall have no other function and are not intended, for example, to attach or connect appliances or parts. Each protective conductor connecting point shall be marked or labeled as such using the symbol IEC 60417-5019 (DB:2002-10) or in Figure 2 *Grounding symbol*, or by use of the bicolour combination green-and-yellow. The letters PE may be used in addition to either of these choices.

Note: in the US and Canada, a solid green color may be used as an alternate to a green and yellow combination.

#### 4.7.6.5 External equipment protective earth (grounding) terminal.

4.7.6.5.1 For each external circuit, an equipment grounding (protective) conductor terminal shall be provided in the vicinity of the associated phase conductor terminals.

4.7.6.5.2 The equipment grounding (protective) conductor terminal shall be identified with the word "GROUND," the letters "GND" or "GRD," the letter "G," the color green, or the symbol in Figure 2 *Grounding symbol*. In addition to the required marking, the letters PE shall also be permitted to identify this terminal.



FIGURE 8.2.1.3.4 Grounding Symbol.

#### 4.7.7 Over-current and earth fault protection

##### 4.7.7.1 Protective devices

Protection against excess currents, short circuits and earth faults in input and output circuits shall be provided, either as an integral part of the equipment or as part of the building installation.

##### 4.7.7.2 Battery circuit protection

Where a d.c. supply is installed inside the fuel cell power system, the d.c. supply shall be provided with a protective device located between the d.c. connecting means before any component which may fail short-circuited, such as capacitors, semi-conductors, or similar components.

Where the d.c. supplies are external to the fuel cell power system, the rating of the over-current protective device shall be indicated in the instruction manual and shall take into account the current rating of the conductors to be connected between the fuel cell power system and the d.c. supply.

#### 4.8 Electromagnetic compatibility (EMC)

The fuel cell power system shall not generate electromagnetic disturbances above the levels appropriate for its intended places of use. In addition, the equipment shall have an adequate level of immunity to electromagnetic disturbances so that it can operate correctly in its intended environment. As applicable, the fuel cell power system shall comply with the following standards: IEC 61000-3-2, IEC 61000-3-3, IEC 61000-3-4, IEC 61000-3-5, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, and IEC 61000-6-4.

#### 4.9 Control systems and protective components

##### 4.9.1 General requirements

**4.9.1.1** The safety and reliability analysis as specified in 4.1.2 shall provide the basis to set the protection parameters of the safety circuit.

**4.9.1.2** The fuel cell power system shall be designed in such a way that the single failure of a component does not cascade into a hazardous condition. Means to prevent cascade failures include, but are not limited to,

- protective devices in the fuel cell power system (for example, interlocking guards, trip devices);
- protective interlocking of the electrical circuit;
- use of proven techniques and components;
- provision of partial or complete redundancy or diversity; and
- provision for functional tests.

Guidance for the design of electrical, electronic and programmable controls can be found in IEC 61508 or IEC 61511-1.

##### 4.9.2 Control systems

Automatic electrical and electronic controls of fuel cell power systems shall be designed and constructed so that they are safe and reliable. Residential, commercial and light industrial fuel cell power systems shall conform to IEC 60730-1.

Automatic electrical burner control systems shall comply with IEC 60730-2-5.

Automatic electrical control systems for catalytic oxidation reactors shall comply as applicable with IEC 60730-2-5. Specific requirements are provided in 4.6.3 *Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)*.

Manual controls shall be clearly marked and designed to prevent inadvertent adjustment and activation.

In particular, the following requirements apply.

##### 4.9.2.1 Start

The start of an operation shall be possible only when all the safeguards are in place and are functional.

Suitable interlocks shall be provided to secure correct sequential starting.

It shall be possible for automated plant functioning in automatic mode to be restarted after a stoppage once the safety conditions have been fulfilled. It shall also be possible to restart the fuel cell power system by intentional actuation of a control provided for the purpose, provided such restarting is verifiably non-hazardous.

This requirement does not apply to the restarting of the fuel cell power system resulting from the normal sequence of an automatic cycle.

##### 4.9.2.2 Shutdowns

As determined by the reliability assessment indicated in 4.1.2 and the functional requirements of the fuel cell power system shall be provided with the following shutdowns.

- Safety shutdowns

- A safety shutdown is, for air-rich operation, the de-energization of the main fuel flow means, or for fuel-rich operation, the de-energization of both the process air flow and the main fuel flow means, as the result of the action of a limiter, a cut-out or the detection of an internal fault of the system.
- Controlled shutdown  
A controlled shutdown is, for air-rich operation, the de-energization of the main fuel flow means, or for fuel-rich operation, the de-energization of both the process air flow and the main fuel flow means, as the result of the opening of a control loop by a control device such as a thermostat. The system returns to the start position.

#### 4.9.2.2.1 Safety shutdowns

##### a) General

Safety shutdowns shall be incorporated as part of the fuel cell power system in order to avert actual or impending danger that cannot be corrected by controls. These functions shall

- stop the dangerous condition without creating additional hazards;
- trigger or permit the triggering of certain safeguard actions where necessary;
- override all other functions and operations in all modes;
- prevent reset from initiating a restart;
- be fitted with restart lock-outs in such a way that a new start command may take effect on normal operation only after the restart lock-outs have been intentionally reset.

##### b) Emergency stop

Manual safety shutdowns (i.e. emergency stops), if required by the safety and reliability analysis in 4.1.2, shall have clearly identifiable, clearly visible and quickly accessible controls in accordance with ISO 13850.

##### c) Control functions in the event of control systems failure

In case of fault in the control system logic or failure of, or damage to, the control system hardware,

- the fuel cell power system shall not be prevented from stopping once the stop command has been given;
- automatic or manual stopping of the moving parts shall be unimpeded;
- the protection devices shall remain fully effective;
- the fuel cell power system shall not restart unexpectedly.

When a protective device or interlock causes a safety shutdown of the fuel cell power system, that condition shall be signaled to the logic of the control system. The reset of the shutdown function shall not initiate any hazardous condition. Control/monitoring systems that can operate safely in the hazardous situation may be left energized to provide system information.

#### 4.9.2.2.2 Controlled shutdown

Upset conditions that can be safely controlled or that do not pose immediate danger may be corrected with a controlled shutdown. A controlled shutdown may remove all power to the equipment, or may leave power available to the fuel cell power system actuators.

#### 4.9.2.3 Permissives

Permissives shall be implemented consistent with requirements established from the safety and reliability analysis described in 4.1.2. A "permissive" is defined as a condition within a logic sequence that must be satisfied before the sequence is allowed to proceed to the next phase.

#### 4.9.2.4 Complex installations

When the fuel cell power system is designed to work together with other equipment, the fuel cell power system stop controls, including the emergency stop, shall be provided with means, such as signal interfaces, to enable the coordinated shutdown with equipment upstream and/or downstream, as applicable, of the fuel cell power system if continued operation can be dangerous.

#### 4.9.2.5 Operating modes

- a) There shall be two primary operating modes: ON and OFF.

During the ON-mode the fuel cell power system components shall be active and operating as necessary to supply power. The following conditions are also considered to be on-modes:

- standby state (zero net power output);
- automatic start enabled (power left available to the power system actuators).

In the OFF-mode, all power to the fuel cell power system shall be cut and the unit shall be inactive, or some power to prevent deterioration of the components shall be supplied only to the fuel cell power system and the unit shall be inactive.

- b) There shall be two primary transitions: start-up and shutdown

Start-up is the transition from OFF to ON and shall be initiated from an external signal. Shutdown is the automatic transition from ON to OFF. It may be initiated either via an external signal, or internal signal in response to out of limits conditions to the fuel cell power system controller.

- c) Secondary operating modes and transitions may be provided as necessary, such as to allow for different power output rates or for adjustment, maintenance, or inspection activities.

- d) Mode selection

If the fuel cell power system has been designed and built to allow for its use in several control or operating modes presenting different safety levels (for example, to allow for adjustment, maintenance, inspection, etc.), it shall be capable of mode selection that can be secured in each position. Each position of the selector shall correspond to a single operating or control mode and shall be fitted with restart lockouts. A new start command may take effect on normal operation only after the restart lockouts have been intentionally reset. Mode selection shall be allowed by any securable means, such as a positioning knob, key lock, or software command, to prevent unintentional change to a different mode that may lead to a hazardous condition. The selector may be designed to restrict user access to certain fuel cell power system operating modes (for example, access codes for certain numerically controlled functions, etc.).

The mode selected shall override all other control systems with the exception of the safety shutdowns.

#### 4.9.2.6 Remote monitoring and control systems

Fuel cell power systems that can be operated remotely shall have a local, labelled switch or other means to disconnect the fuel cell power system from remote signals that may be used while a local operator performs inspection or maintenance. Remote monitoring and control systems shall

- a) be allowed on fuel cell power systems only where remote control will not lead to an unsafe condition;
- b) not override locally set protective safety controls.

#### 4.9.3 Protective components

- a) Suitable protective devices and combinations thereof comprise

- protective devices;
- where appropriate, adequate monitoring devices such as indicators and/or alarms which enable adequate action to be taken either automatically or manually to keep the fuel cell power system within the allowable limits.

- b) Protective devices shall

- be so designed and constructed as to be reliable and suitable for their intended duty and take into account the maintenance and testing requirements of the devices, where applicable;
- have their protective functions independent of other possible functions;
- comply with appropriate design principles in order to obtain suitable and reliable protection. These principles include, in particular, fail-safe modes, redundancy, diversity and self-diagnosis.

- c) Dangerous overloading of equipment shall be prevented at the design stage by means of integrated measurement, regulation and control devices, such as over-current cut-off switches, temperature limiters, differential pressure switches, flow-meters, time-lag relays, over-speed monitors and/or similar types of monitoring devices.

- d) Protective devices with a measuring function shall be designed and constructed so that they can cope with foreseeable operating requirements and special conditions of use. Where necessary, it shall be possible to check the reading accuracy and serviceability of devices. These devices shall incorporate a safety factor that ensures that the alarm threshold lies far enough outside the limits to be registered, taking into account, in particular, the operating conditions of the installation and possible aberrations in the measuring system.
- e) Pressure limiting devices, such as pressure switches, shall be provided according to IEC 60730-2-6.
- f) Temperature monitoring devices shall have an adequately safe response time, consistent with the measurement function, according to IEC 60730-2-9.
- g) Gas sensors relied upon for safety shall comply with IEC 60079-29-1
- h) All parts of fuel cell power systems which are set or adjusted at the stage of manufacture, and which should not be manipulated by the user or the installer, shall be appropriately protected.
- i) Levers and other controlling and setting devices shall be clearly marked and given appropriate instructions so as to prevent any error in handling. Their design shall be such as to preclude accidental manipulation.

#### **4.10 Pneumatic and hydraulic powered equipment**

Pneumatic and hydraulic equipment of fuel cell power systems shall be designed according to ISO 4414 and ISO 4413.

#### **4.11 Valves**

##### **4.11.1 Shut-off valves**

- a) Shut-off valves shall be provided for all equipment and systems where containment or blockage of the process fluid flow is necessary during shutdown, testing, maintenance, upset, or emergency conditions.
- b) Shut-off valves shall be rated for the service pressure, temperature, and fluid characteristics.
- c) Actuators mounted on shut-off valves shall be temperature-rated to withstand additional heat conducted from the valve body.
- d) Electrically, hydraulically or pneumatically operated shut-off valves shall be of a type that will move to a failsafe position upon loss of actuation energy.

##### **4.11.2 Supply fuel valves**

Supply fuel valves shall meet the following requirements.

- a) All fuel supplied to the fuel cell power system shall pass through at least two automatic valves, in series, each of which serves as an operating valve and a safety shutoff valve.
- b) Any fuel supplied directly to fuel-fired equipment, such as a startup boiler or a reformer start burner, shall also pass through at least two automatic valves, in series, each of which serves as an operating valve and a safety shutoff valve. These valves may or may not be contained in a single control body.
- c) Electrically operated supply fuel valves shall meet the requirements of IEC 60730-2-17 or IEC 60730-2-19 as applicable.
- d) When fuel gases are recycled from appliances using the fuel cell power system output gas, the connection may be exempt from employing shutoff valves if demonstrated to be safe according to the safety and reliability analysis of 4.1.2.

#### **4.12 Rotating equipment**

##### **4.12.1 General requirements**

- a) Rotating equipment shall be designed for the pressures, temperatures and fluids to which they may be subjected under normal operating conditions.
- b) Fluid inlet and outlet lines shall be adequately protected from damage due to vibration.
- c) Shaft seals shall be compatible with the pumped fluids and the operating temperatures and pressures expected in normal and abnormal operation and during normal and emergency shutdowns.
- d) Shaft seals shall be designed such that hazardous fluid leakage is avoided. If shaft seals leak hazardous fluids, the manufacturer shall provide hazardous fluid containment or dilution means as necessary to avoid risks to health or safety.
- e) Motors, bearings, and seals shall be suitable for the expected duty cycles.

#### 4.12.2 Compressors

**4.12.2.1** Where appropriate, packaged compressors shall conform to one of the following standards: ISO 5388:1981; ISO 10439:2002; ISO 10442:2002; ISO 13707:2000; ISO 104401:2000; ISO 10440-2:2001, or ISO 13631:2002.

**4.12.2.2** Unless considered unnecessary by the safety and reliability analysis, compressors, or compressor systems, shall be provided with the following.

a) Pressure-relief devices that limit each stage pressure to the maximum operating pressure for the compression cylinder and piping associated with that stage of compression.

This requirement is only applicable for when the compression equipment is capable of generating pressure that exceeds the design pressure.

b) An automatic shutdown control for high discharge and low suction pressure.

c) Where required to re-start the compressor after shutdown, an unloading device that captures and recycles blow-down gas for re-use, and/or safe venting.

d) A pressure-limiting device to avoid over pressurization at the inlet.

**4.12.2.3** Compressors excluded from the scope of the standards referenced in 4.12.2.1 due to small capacity or low discharge pressure need only comply with the requirements specified in 4.12.2.2.

Packaged low-discharge pressure compressors (fans and blowers) shall be guarded according to ISO 12499 (see also 4.4.4).

#### 4.12.3 Pumps

**4.12.3.1** Packaged electric pumps for process liquids shall conform to ISO 13709 or ISO 14847 if applicable.

Packaged electric pumps for water shall conform to IEC 60335-2-51 if applicable.

**4.12.3.2** Electric pumps, or electric pump systems, shall be provided with the following.

a) Pressure-relief devices that limit both inlet and outlet pressure to less than the design pressure of the piping. If the shutoff head of the electric pump is less than the pressure rating of the piping, relief valves are not required.

b) An automatic shutdown control for high discharge pressure.

**4.12.3.3** Pumps excluded from the scope of the standards referenced in 4.12.3.1 due to small capacity or low discharge pressure need only comply with the requirements specified in 4.12.3.2.

#### 4.13 Cabinets

**4.13.1** Fuel cell power system cabinets shall have sufficient strength, rigidity, durability, resistance to corrosion and other physical properties to support and protect all fuel cell power system components and piping; and to meet the requirements of storage, transport, installation, and final location conditions.

**4.13.2** Fuel cell power system cabinets intended for use indoors or under conditions of weather-protected outdoor locations shall be designed and tested as to meet a minimum IP20 rating according to IEC 60529.

**4.13.3** The fuel cell power system intended for use outdoor shall be designed and tested as to meet a minimum IP23 rating.

**4.13.4** Ventilation openings shall be so designed that they will not become obstructed during normal operation either by dust, snow or vegetation in accordance with the expected application.

**4.13.5** All materials used to construct cabinets, including joints, vents, and gaskets of doors shall be capable of withstanding the physical, chemical and thermal conditions that are reasonably foreseeable throughout the fuel cell power system life.

**4.13.6** Access panels, covers or insulation that need to be removed for normal servicing and accessibility shall be designed such that repeated removal and replacement will not cause damage or impair insulating value.

**4.13.7** Access panels, covers or insulation that need to be removed for normal servicing and accessibility shall

not be interchangeable if that interchange may lead to an unsafe condition.

**4.13.8** Any access panel, cover or door that is intended to protect equipment from entry by users or untrained personnel shall have means for retaining it in place and shall require the use of a tool, key or similar mechanical means to open. For residential units, this shall include all access panels, covers, or doors.

**4.13.9** All parts of fuel cell power systems that are set or adjusted at the stage of manufacture and that should not be manipulated by the user or the installer shall be adequately protected.

**4.13.10** Means shall be provided to drain collected liquids and to pipe them to the exterior for disposal or redirect them to processes associated with the fuel cell power system.

**4.13.11** Where personnel can fully enter the cabinet, the cabinet shall be considered a confined space and adequate guidelines shall be provided in the product's technical documentation.

#### **4.14 Thermal insulating materials**

Insulation systems employed in the fuel cell power system shall be designed to attain

- chemical compatibility with the metals being insulated, the atmosphere and temperatures to which the systems will be exposed, and the various components of the insulation system itself;
- protection of insulation systems from expected thermal and mechanical abuse (including damage by atmospheric conditions);
- fire safety, by limiting surface temperatures of heat-producing objects to prevent the ignition of materials in proximity to them;
- future accessibility of piping, fittings, etc. for maintenance purposes.

In particular, thermal insulating materials and their internal bonding or adhesive attachment means mounted on components of the fuel cell power system shall

- be mechanically or adhesively retained in place and shall be protected against displacement or damage from anticipated loads and service operation,
- withstand all air velocities, temperatures and fluids to which they may be subjected in normal operation.

If necessary to avoid hazards to health and safety, the manufacturer shall specify in the maintenance manual the thermal insulation system inspection and safety requirements.

#### **4.15 Utilities**

- a) The fuel cell power system shall be designed and constructed such that in the case of the loss of the utility supply, i.e., the interruption of electrical supply, feed water, cooling water, instrument air, etc., the system shuts down safely without
  - 1) the creation of any health or safety hazards;
  - 2) permanent distortion or damage to the system
- b) Where the fuel cell power system requires water to operate, it shall be provided through a connection to an on-site water supply in accordance with the applicable regional and national plumbing codes and standards, or through a self-contained water source; or shown to produce water in sufficient quantities during operation.
- c) If applicable, means shall be provided to prevent backflow of steam into the water treatment system of the fuel cell power system. A suitable check valve or equivalent device meets the intent of this provision.

#### **4.16 Installation and maintenance**

##### **4.16.1 Installation**

The manufacturer shall provide instructions for the proper installation, adjustment, operation, and maintenance of the fuel cell power systems.

Errors likely to be made when fitting or refitting certain parts which could be a source of risk shall be minimized by the design of such parts or, failing this, by information given on the parts themselves and/or the housings. The same information shall be given on moving parts and/or their housings where the direction of movement

shall be known to avoid a risk. Any further information that may be necessary shall be given in the instructions.

Where a faulty connection can be the source of risk, incorrect connections shall be minimized by design or, failing this, by information given on the pipes, cables, etc. and/or connector blocks.

Where the fuel cell power system requires water to operate it shall be provided: through a connection to an on-site water supply in accordance with the applicable plumbing code; through self-contained water source; or shown to produce water in sufficient quantities during operation.

#### 4.16.2 Maintenance

- a) Adjustment, lubrication and maintenance points shall be located outside zones in which a person is exposed to risk of injury or damage to health; or maintenance instructions shall be provided in the product's maintenance manual specified in 7.4.5 *Maintenance manual*, as necessary to avoid risks to health or safety.
- b) It shall be possible to carry out adjustment, maintenance, repair, cleaning and servicing operations while the fuel cell power system is at a standstill. When adjustment, maintenance, repair, cleaning and servicing is to be conducted while the fuel cell power system is operating, the fuel cell power system shall be designed so that those functions can be performed without the risk of injury.
- c) Automated fuel cell power system components that have to be changed frequently shall be capable of being removed and replaced in without the risk of injury. Access to the components shall enable these tasks to be carried out with the necessary technical means (tools, measuring instruments, etc.) in accordance with the product's technical documentation.
- d) Where for protection of health, safety instructions or diagrams are to be adhered to the fuel cell power system, they shall be displayed using a permanent method, resistant to, or protected from, the environmental conditions of use.

## 5 Type tests

### 5.1 General requirements

A design examined for compliance with this standard shall be a representative production sample of the fuel cell power system.

Each new design shall be subjected to the type tests. Components, making up the system, that have been pre-certified do not need to be re-tested when applied within their rating and listing requirements.

The type tests shall prepare the data basis for a type approval of a stationary fuel cell power plant type according to applicable national and international regulations.

Type tests shall be performed in a test environment simulating the fuel cell application, which the fuel cell system is designed for, in order to obtain the required operating conditions. In particular, the test environment for the type tests shall provide interfaces at boundary limits according to the designed application of the fuel cell power system (see Figure 1). It is recommended that the type tests be performed in the order described below. The type test under abnormal conditions may be destructive.

#### 5.1.1 Operating parameters for tests

5.1.1.1 Except where specific test conditions are stated elsewhere in the standard and where it is clear that there is a significant impact on the results of the test, the tests shall be carried out under the most unfavorable combination within the manufacturer's operating specifications: For example,

- supply voltage;
- supply frequency;
- physical location of equipment and position of movable parts;
- operating mode;
- adjustment of thermostats, regulating devices or similar controls in end user access areas, which are:
  - a) adjustable without the use of a tool; or
  - b) adjustable using a means, such as a key or a tool, deliberately provided for the end user.

5.1.1.2 Except where otherwise stated in the particular clauses, measurements shall be carried out with the maximum uncertainties indicated below:

- a) Atmospheric pressure (bar or Pa) ±0,005 bar;

|    |   |  |
|----|---|--|
| b) | Combustion chamber and test flue pressure                                 | ± 5 % full scale or 0,5 mbar<br>(mbar or hPa);   |
| c) | Gas pressure (bar, Pa)  | ± 2 % full scale;  |
| d) | Water-side pressure loss (bar, mbar, Pa)                                  | ± 5 %;   |
| e) | Water rate (l/h, m <sup>3</sup> /h)                                       | ± 2 %;   |
| f) | Gas rate (m <sup>3</sup> /h (n))  | ± 2 %;   |
| g) | Air rate (m <sup>3</sup> /h (n))  | ± 2 %;   |
| h) | Time (h)  |  |
|    | – for ignition timings  | ± 0,2 s;   |
|    | – for all other timings   | ± 0,1 %;   |
| i) | Auxiliary electrical energy/performance kWh or kW                         | ± 2 %;   |
| j) | Temperatures: °C or K   |  |
|    | – Ambient   | ± 1 K;   |
|    | – Water   | ± 2 K;   |
|    | – Combustion products   | ± 5 K;   |
|    | – Fuel gas  | ± 1 K at $T < 100$ °C;<br>± 1 % of reading in °C: $100 \leq T < 300$ °C;<br>± 5 % of reading in °C: $T \geq 300$ °C; |
|    | – Surface   | ± 5 K;   |
| k) | CO, CO <sub>2</sub> and O <sub>2</sub> for the calculation of flue losses | ± 6 % of reading;  |
| l) | Gas calorific value in kWh/m <sup>3</sup> (n)                             | ± 1 %;   |
| m) | Gas density in kg/m <sup>3</sup> (n)                                      | ± 0,5 %;   |
| n) | Mass in kg  | ± 0,05 %;  |
| o) | Torque in Nm  | ± 10 %;  |
| p) | Force in N  | ± 10 %;  |
| q) | Current in A  | ± 1 %;   |
| r) | Voltage in V  | ± 1 %;   |
| s) | Electrical power in W, kW   | ± 2 %  |

The full range of the measuring apparatus is chosen to be suitable for maximum anticipated value.

For the determination of the leakage rate, a method is used which gives such accuracy that the error in its determination does not exceed 2 % of related volume per hour.

The measurement uncertainties indicated concern individual measurements. For measurements requiring a combination of individual measurements (for example, efficiency measurements), the lower uncertainties associated with individual measurements may be necessary to limit the total uncertainty.

### 5.1.1.3 Normal operating voltages

Operating voltages are determined by manufacturer's specifications.

## 5.2 Test fuels

**5.2.1** A fuel cell power system intended for use with natural gas shall have the tests specified herein conducted with a gas whose composition and supply pressures reflects that of commercially available natural gas at the maximum and minimum expected gas pressure. If required by the country of destination, the tests shall also be conducted with limit gases.

**5.2.2** A fuel cell power system intended for use with liquefied petroleum gases shall have the tests specified herein conducted with a gas whose composition and supply pressures reflects that of commercially available liquefied petroleum gas at the maximum and minimum expected gas pressure. If required by the country of destination, the tests shall also be conducted with limit gases.

**5.2.3** A fuel cell power system intended for use with other type of fuel(s) (see 1 *Scope*) shall be tested with a test fuel(s) of composition and supply characteristics representative of the fuel(s).

### 5.3 Basic test arrangements

When the tests are conducted, the entire fuel cell power system, including any air filters, startup devices, venting or exhaust systems and all field furnished equipment shall be installed and operated in accordance with the manufacturer's instructions.

Unless otherwise stated, the fuel cell power system shall be operated

- a) with the inlet supply pressure as defined in 5.2 *Test fuels*;
- b) within  $\pm 5\%$  of the rated voltage and frequency, and within  $\pm 10\%$  of the rated power output as specified by the manufacturer;
- c) within  $\pm 5\%$  of the rated fuel consumption when operated at rated conditions,
- d) at ambient temperature and pressure which do not degrade the results of the tests.

Testing shall commence when the fuel cell power system components are at equilibrium temperature, unless otherwise specified.

#### Convener's note

The 1<sup>st</sup> edition of 62282-3-1 specifically only addressed leakage tests for flammable gases and combustible and hazardous liquids, and strength tests for flammable gases and liquids. Similar leakage and strength requirements for fluids that are steam, toxic or harmful to human tissue were implied by references to domestic piping codes. In this 2<sup>nd</sup> edition, **Sections 5.4 and 5.5** have been rewritten to include all these requirements within 62282-3-1. The concept is provided here. It is recognized that some of the temperatures and pressures noted will have to be translated into suitable international units.

Some confusion has existed in the past concerning the pressure to conduct these tests. To clarify this issue, 'design pressure' used in this document has been defined as *the highest pressure that may occur in the subsystem being tested, under any and all operating modes including steady state and transients*.

### 5.4 Leakage tests

The procedures of this section shall be performed twice, prior to and following the conduction of, all non-destructive tests specified in 5.6 *Normal operation type test* through 5.16 *Carbon monoxide (CO) Emissions*.

#### 5.4.1 Pneumatic leakage tests

Portions of the fuel cell power system subject to this test shall not leak externally in excess of the limit specified below when tested with appropriate gases or vapors (for example, the nominal operating gases, clean dry air or inert gas as specified by the manufacturer) that correlate with the expected constituents during operation and shutdown.

Prior to conducting this test, it shall be established which flammable gas-conveying parts are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the fuel cell power system by any convenient means.

A suitable pressurizing system, capable of supplying the gaseous medium at the required test pressure, and a suitable flow-measuring device, capable of measuring the leakage rate with an accuracy of 2 %, shall be connected to the inlet of a test section. The flow-measuring device shall be located between the pressuring system and the test section to be pressurized. The outlet of the test section shall be sealed by any convenient means. All functional parts shall be caused to assume their open position so that the required test pressure is exerted on all parts of the test section.

The gaseous medium shall be gradually admitted to the test section so that a uniform gauge pressure of not less than the pressure stipulated in table 7 *Leakage test requirements* is attained gradually in approximately 1 min. This pressure shall be maintained for at least 1 min, or greater as appropriate, at which time any leakage, as indicated by the flow-measuring device, shall be noted.

Acceptance shall be determined per table 7 *Leakage test requirements*. Acceptable leakage rates are “no leakage” (as defined in domestic piping codes-no visible signs), Test Method 1 and Test Method 2.

Test Method 1

If natural ventilation is used to compensate for fuel leakage, the allowable leakage shall be determined by means of a gas detector to ensure that area concentration does not exceed the 25% of the lower flammability limit (LFL) in an unclassified zone as defined by 4.6 *Protection against fire or explosion hazards*.

Test Method 2

If mechanical ventilation is used to compensate for fuel leakage, the allowable leakage rate is determined by the formula:

$$L = 0,01 \times (V/R)$$

where

$L$  is the allowable leakage rate, in cubic meters per hour, for each part or all parts respectively;

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2} \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} TGSG \text{ is the test gas specific gravity;} \\ FGSG \text{ is the fuel gas specific gravity;} \end{array}$$

or

$$R = (\mu_{\text{test}}/\mu_{\text{fuel}}) \quad \text{where} \quad \begin{array}{l} \mu_{\text{test}} \text{ is the test gas absolute viscosity;} \\ \mu_{\text{fuel}} \text{ is the fuel gas absolute viscosity;} \end{array}$$

NOTE The  $R$  value that results in the lower allowable leakage rate should be reported.  $V$  is the minimum ventilation rate, in cubic meters per hour of air.

A correction factor may be used when fuel gas of less than 100 % flammables is used.

$$L = 0,01 \times (V/R) \times (1/C)$$

where  $C$  is the concentration of combustibles.

**Table 7**  
**Leakage test requirements <sup>1</sup>**

| Hazard                 | Working Medium             | System Operating Conditions                | Test Parameters   | Pass/Fail Criteria                               |   |
|------------------------|----------------------------|--|---|--|---|
| Flammable              | Gas                        | Greater than or equal to 1 bar             | Note 2  | No leakage                                       |   |
|                        |                            |  | 1.1 times design pressure for pneumatic <sup>2</sup>          | Test method 1 or Test method 2                   |   |
|                        |                            | Less than 1 bar                            | Note 2  | No leakage                                       |   |
|                        |                            |  | 1.1 times design pressure for pneumatic <sup>2</sup>          | Test method 1 or Test method 2                   |   |
|                        | Liquid                     | All pressures                              | 1.5 times design pressure - hydrostatic                       | No leakage                                       |   |
|                        |                            |  | 1.1 times design pressure for pneumatic                       | No leakage                                       |   |
| Toxic                  | Gas (e.g. Carbon Monoxide) | All pressures                              | Hydrostatic see note 2  | No leakage                                       |   |
|                        |                            |  | 1.1 times design pressure for pneumatic <sup>2</sup>          | $L = 0.3 \times l$ ; or $0.02 \times l \times V$ |   |
|                        | Liquid                     | Greater than or equal to 1 bar             | 1.5 times design pressure for hydrostatic                     | No leakage                                       |   |
|                        |                            | Greater than or equal to 1 bar             | 1.1 times design pressure for pneumatic                       |  |   |
|                        |                            | Less than 1 bar                            | 1.0 times design pressure for hydrostatic and pneumatic       |  |   |
|                        | Thermal-Burn Hazard        | Gas (e.g. air and exhaust)                 | Temperature greater than 600°F                                | During fuel cell power system operation          | Ambient temperature adjacent to the piping system and or the piping insulation cannot exceed 600°F.<br><br>Can be conducted concurrently with test 5.13 <i>surface and component temperatures</i> |
|                        |                            |  | All pressures   |  |   |
| Liquid (e.g. Coolants) |                            | Greater than 10 bars or greater than 120 C | 1.5 times design pressure                                     | No leakage                                       |   |
|                        |                            |  | 1.1 times design pressure for pneumatic                       |  |   |
|                        |                            | Less than 10 bars and less than 120 C      | 1.0 times design pressure for either hydrostatic or pneumatic |  |   |

Note 1 The test pressure at any point in the piping system shall not exceed the maximum allowable test pressure of any non-isolated components, such as vessels, pumps, or valves. The pressure shall be continuously maintained for a minimum time of 10 minutes and may then be reduced to the design pressure and held for such time as may be necessary to conduct the examinations for leakage

Note 2 Hydrostatic testing at 1.5 times design pressure may alternately be used assuming component compatibility and the concurrence of the certifying body

Note 3 Design pressure equals maximum sustainable operating pressure

#### 5.4.2 Hydrostatic leakage tests

Portions of the fuel cell power system subject to this test shall not leak externally.

The test fluid shall be the design liquid. If the manufacturer considers that testing with the design liquid is impractical, then the test liquid shall be water. If there is the possibility of damage due to freezing or to adverse effects of water on the piping system, another suitable non-toxic liquid may be used. If the liquid is flammable, its flash point shall be at least 50 °C and consideration shall be given to the test environment.

The hydrostatic test pressure shall not be less than the pressure stipulated in table 7 *Leakage test requirements*.

All external surfaces of the parts that convey liquids shall be made visible to check for leakage. If certain parts cannot be made visible, provisions shall be made to capture and route leakage to a point of visibility. If leak routing cannot be achieved then an alternate leak check will need to be devised by the manufacturer.

Prior to test performance, it shall be determined which liquid-conveying parts are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section, which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the power system by any convenient means.

The test apparatus shall be filled with the liquid medium and connected to a suitable hydraulic system, including a pressure-measuring device capable of sustaining the required test pressure. Care should be taken to vent air from the test section during liquid fill.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure is attained. This pressure shall be maintained for at least 30 min, or longer as necessary, to complete the leak checks, while inspecting all external surfaces of the system for any sign of leakage. If a leak routing system is employed, the test pressure shall be held for a minimum of 3 hrs.

No liquid leakage is allowed. Any visible evidence of leakage is a cause for failing the test.

#### 5.5 Strength tests

Any listed or similarly recognized part(s), with a pressure rating of not less than the system's design pressure shall be considered as complying with the applicable provision of this section.

##### 5.5.1 Pneumatic leakage tests

Portions of the fuel cell power system subject to this test shall not rupture, fracture, deform or exhibit other signs of physical damage when tested with appropriate gases or vapors (for example, the nominal operating gases, clean dry air or inert gas as specified by the manufacturer) that correlate with the expected constituents during operation and shutdown.

Prior to conducting this test, it shall be established which parts are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the fuel cell power system by any convenient means.

A suitable pressurizing system, capable of supplying the gaseous medium at the required test pressure shall be connected to the inlet of a test section. All functional parts shall be caused to assume their open position so that the required test pressure is exerted on all parts of the test section.

The gaseous medium shall be gradually admitted to the test section so that a uniform gauge pressure of not less than the pressure stipulated in table 5.5 is attained gradually in approximately 1 minute. This pressure shall be maintained for at least 1 minute or greater as appropriate, at which time the pressure shall be decreased to the design pressure and the system inspected.

Acceptance shall be determined per table 8 Ultimate strength test requirements.

**Table 8**  
**Ultimate strength test requirements <sup>1</sup>**

| Hazard              | Medium                              | System Operating Pressure   | Test Parameters  | Pass/Fail Criteria   |
|---------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Flammable or Toxic  | Gas                                 | Greater than or equal to 1.6 psig                                 | 1.3 times design pressure for pneumatic <sup>2</sup>                                 | No rupture, fracture, deformation or other physical damage |
|                     |                                     | Greater than 1.6 psig but less than 2.5 psig                      | 2.5 psi for pneumatic tests <sup>3</sup> except 2.0 psi for stack)                   |  |
|                     |                                     | Less than 0.5 psig  | Internal static pressure of 5 times (except 3 times for stack) the design pressure   |  |
|                     | Liquid                              | All pressures   | 1.5 times design pressure for hydrostatic<br>1.3 times design pressure for pneumatic | No rupture, fracture, deformation or other physical damage |
| Pressure            | Air or Asphyxiant (e.g. Nitrogen)   | 1 bar or greater  | 1.3 times design pressure for pneumatic <sup>2</sup>                                 | No rupture, fracture, deformation or other physical damage |
|                     |                                     | Less than 1 bar   | No requirement   | No requirement   |
|                     | Coolant (e.g. Water, Steam, Glycol) | Greater than or equal to 10 bar or Greater than or equal to 120 C | 1.5 times design pressure for hydrostatic<br>1.3 times design pressure for pneumatic | No rupture, fracture, deformation or other physical damage |
|                     |                                     |   | Less than 1 bar and less than 120 C  | No requirement   |
| Thermal-Burn Hazard | Gas                                 | 1 bar or greater or 600F or greater                               | 1.3 times design pressure <sup>2</sup>   | No rupture, fracture, deformation or other physical damage |
|                     |                                     | Less than 1 bar and less than 600 F                               | No requirement   | No requirement   |

Note 1 The test pressure at any point in the piping system shall not exceed the maximum allowable test pressure of any non-isolated components, such as vessels, pumps, or valves. The pressure shall be continuously maintained for a minimum time of 10 min

and may then be reduced to the design pressure and held for such time as may be necessary to conduct the examinations for deformation.

Note 2 Hydrostatic testing at 1.5 times design pressure may alternately used assuming component compatibility and the concurrence of the certifying body

Note 3 A hydrostatic test at 2.5 PSI may be substituted

### 5.5.2 Hydrostatic Strength Test

Portions of the fuel cell power system subject to this test shall not rupture, fracture, deform or exhibit other signs of physical damage when tested with the appropriate test fluid.

The test fluid shall be the design liquid. If the manufacturer considers that testing with the design liquid is impractical, then the test liquid shall be water. If there is the possibility of damage due to freezing or to adverse effects of water on the piping system, another suitable non-toxic liquid may be used. If the liquid is flammable, its flash point shall be at least 50°C and consideration shall be given to the test environment.

Prior to test, it shall be determined which are subject to the same internal pressure during normal operation of the fuel cell power system. These parts shall comprise an individual test section, which shall then be pressurized separately and, when deemed necessary, isolated from the rest of the power system by any convenient means.

The test apparatus shall be filled with the liquid medium and connected to a suitable hydraulic system, including a pressure-measuring device capable of sustaining the required test pressure. Care should be taken to vent air from the test section during liquid fill.

The test pressure shall be gradually increased so that a uniform gauge pressure of not less than the pressure stipulated in table 8 *Ultimate strength test requirements* is attained. This pressure then shall be maintained for at least one minute.

Acceptance shall be determined per table 8 *Ultimate strength test requirements*.

### 5.6 Normal operation type test

Verify nameplate values using IEC 62282-3-2 procedures.

### 5.7 Electrical overload test

The fuel cell system shall be capable of withstanding an electrical overload. Where a manufacturer permits an output current higher than the rated nominal current for a certain period, the fuel cell system shall be thermally stabilized at rated current, then the output current shall be increased to the defined value and held constant for the defined time, both specified by the manufacturer.

There shall be no flame, risk of shock, rupture, fracture, permanent deformation or other physical damage to the system.

If no higher current is allowed by the manufacturer, the test cannot be performed.

### 5.8 Dielectric requirements and simulated abnormal conditions

#### 5.8.1 Earth leakage

Leakage currents from the a.c. portions of a fuel cell power system shall meet the requirements of IEC 60950-1, 5.1.

#### 5.8.2 Dielectric strength

Solid dielectrics shall meet the requirements of IEC 60950-1, 5.2. The solid insulation shall be pre-heated to a temperature representative of normal operation, unless such a temperature rise does not substantively affect the breakdown voltage.

NOTE Liquid dielectrics, such as those used for coolants, are not intended to be included in this test. The fuel cell stack may be isolated for this test.

### 5.9 Shutdown parameters

Compliance with this subclause shall be established for each anomaly using a simulated test procedure or supportive evidence from the manufacturer, either of which verifies that the required action will occur.

Means shall be provided for automatic shutdown of the appropriate system(s) of the fuel cell power system for any of the critical anomalies resulting from the reliability analysis described in 4.9.1 *General requirements*.

#### 5.10 Burner operating characteristics tests

The procedures of this subclause are applicable to fuel cell power systems equipped with any fuel-fired boiler or heating device, for example, the start burner of the reformer section, and shall be performed with the burner both hot and cold for the following conditions.

- a) At the test pressures and using test gases as defined in 5.2 *Test fuels*.
- b) At the maximum and minimum fuel supply pressures specified by the manufacturer, if different from those pressures defined in 5.10a *Burner operating characteristics tests*.
- c) When operating at 85 % and 110 % of the rated igniter input voltage. When provided with voltage variation protection within this range, the system shall be tested at the specified limits. In addition, the voltage variation protection shall be verified according to 5.9 *Shutdown parameters*.

##### 5.10.1 General testing

The automatic ignition system shall effect ignition of burner fuel immediately after the fuel reaches the burner port(s). A continuous pilot, when provided, shall not extinguish when the burner fuel gas is turned "ON" or "OFF". This provision does not apply to an intermittent or interrupted type pilot when the burner fuel is turned "OFF".

During the test it shall be verified that

- a) the burner fuel ignites effectively without delayed ignition, flashback, undue noise or equipment damage;
- b) the burner flames extinguish without flashback and undue noise;
- c) the burner flames do not flash outside the combustion chamber;
- d) the burner does not deposit carbon;
- e) there is no gas escaping or backflow at the burner's primary air openings.

##### 5.10.2 Limit testing

The test is carried out without altering the adjustment of the burner and ignition burner. The pressure at the fuel inlet is reduced to the minimum supply pressure as stated on the name plate from the normal pressure. This test is carried out at minimal and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length. Under these supply conditions, it is checked that the burner is safely operating,

#### 5.11 Automatic control of burners and catalytic oxidation reactors

The procedures of this subclause are associated with the start of all components intended to conduct a controlled oxidation reaction, for example, combustion (start burner of a reformer section), catalytic partial oxidation and catalytic combustion.

The manufacturer may opt to conduct ignition tests (5.11.1.3 *Flame-establishing period* through 5.11.1.7 *Delayed ignition*) on a fuel cell power system subassembly, rather than on a completely built unit, provided the subassembly contains all the parts (for example, the igniter and main burner, the manufacturer's specified igniter location, combustion chamber and, if applicable, the combustion/exhaust fan dedicated to the combustion chamber) that may have an effect on the test results.

##### 5.11.1 Automatic ignition control burners

The automatic ignition control of fuel cell power system burners shall be tested according to the following tests.

###### 5.11.1.1 Effective ignition

This test is carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length.

The igniter shall light the main burner fuel immediately after fuel reaches the main burner ports. With the fuel cell power system maintained at rated voltage, the igniter shall be activated and ignition observed. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A

sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur immediately after fuel reaches the main burner ports.

#### **5.11.1.2 Ignition – voltage variation**

This test is carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length.

##### **a) Undervoltage**

The voltage to the fuel cell power system shall be adjusted to 85 % of the rating plate voltage or the specified voltage when provided with voltage variation protection within 85 % of the rating plate voltage. Under this condition, the igniter shall light the main burner fuel within the main flame establishing period. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur within the designated time.

##### **b) Overvoltage**

The voltage to the fuel cell power system shall be adjusted to 110 % of the rating plate voltage or the specified voltage when provided with voltage variation protection within 110 % of the rating plate voltage. Under this condition, the igniter shall light the main burner fuel within the main flame establishing period. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. A sufficient number of ignition attempts shall be made, and in each instance ignition shall occur within the designated time.

#### **5.11.1.3 Flame-establishing period**

The flame-establishing period shall be checked when the fuel cell power system is being operated as specified in 5.3 *Basic test arrangements*. The time from energizing the main fuel flow to the time of proof of the ignition device or burner flame, as applicable, shall not exceed the appropriate flame-establishing period as specified in 4.6.2 *Prevention of fire and explosion hazards in burners*.

#### **5.11.1.4 Flame failure lock-out time**

The fuel cell power system shall operate at its rated fuel consumption rate until thermal equilibrium is achieved. The flame failure lock-out time is measured between the moment when the pilot (if equipped) and main burner are intentionally extinguished by shutting off the fuel and the moment when, after admission of the fuel is restored, it ceases by the action of the safety device. The safety device shall de-energize all fuel safety shutoff valves within the flame failure lock-out time specified in 4.6.2 *Prevention of fire and explosion hazards in burners*. With the burner alight, flame failure is simulated by disconnection of the flame detector, and the time that elapses between this moment and that when the flame supervision device effectively shuts off the fuel supply is measured. For the purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time shall be used.

#### **5.11.1.5 Recycling/spark restoration**

With a recycling ignition system, the recycle time shall be checked with the fuel cell power system being adjusted to its rated fuel consumption rate. The recycle time is the period of time between shut-off of the fuel supply following loss of flame and reactivation of the igniter. When spark restoration occurs, it shall be verified that after flame failure the igniter effectively re-lit the fuel within the flame establishing period.

Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system. With the burner alight, flame failure is simulated by disconnection of the flame detector.

The time that elapses between flame outage to when the flame detector acts to shutdown fuel flow shall be observed, as well as the time that elapses between the moment when the fuel flow stops to when the igniter re-energizes. For the purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time and minimum recycle time shall be used.

#### **5.11.1.6 Pilot flame reduction**

This test is carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length.

A pilot, when provided, shall effect safe ignition of fuel at the burner when the pilot fuel supply is reduced to an amount just sufficient to keep the safety shutoff valve open or just above the point of flame extinction, whichever represents the higher pilot fuel rate. Flames shall not flash outside the fuel cell power system, nor shall there be any damage to the fuel cell power system.

For purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum flame failure lock-out time shall be used.

This test shall be initiated from both a cold start and immediately after the fuel cell power system has been shutoff after equilibrium condition.

#### 5.11.1.7 Delayed ignition

This test is carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length.

For a fuel cell power system that is arranged for ignition of the main burner directly by an electric igniter, delay of ignition of the fuel shall not result in flashback of flame to the outside of the fuel cell power system or any damage to the fuel cell power system and the connected vent system. For purposes of this test, the control manufacturer's specified maximum trial for ignition period for the automatic fuel ignition system shall be used. For systems that deactivate the igniter prior to the end of the trial for ignition period, the test shall be conducted using the control manufacturer's specified maximum ignition activation period timing.

With the fuel cell power system at room temperature, the fuel cell power system shall be placed into operation at normal heat input rate with the ignition means temporarily circumvented for varying intervals of time up to the control manufacturer's maximum specified trial for ignition period or maximum specified ignition activation period, whichever is shorter. For multi-try systems, attempts to ignite shall be made for varying intervals of time for each trial for ignition period and any time the ignition means is activated throughout the total operating sequence up to lockout. The ignition of the main burner shall be observed for each of the trials. There shall be no flame flashback or damage to the fuel cell power system. Delayed ignition testing is also used to confirm the flame-establishing period provided by the manufacturer.

#### 5.11.1.8 Ignition system components temperature test

Thermocouples or equivalent temperature measuring devices shall be suitably attached to applicable points of each ignition system component. The fuel cell power system shall be operated at rated fuel consumption rate until equilibrium condition is obtained. Temperatures of the components shall then be obtained. The temperatures obtained shall not exceed those for which the components are listed.

#### 5.11.1.9 Pre-purge

This test is applicable to systems that require purge according to 4.6.2q *Prevention of fire and explosion hazards in burners*.

According to the option chosen by the manufacturer, the pre-purge volume or the pre-purge time are determined as follows.

##### a) Pre-purge volume

- 1) The rate is measured at the outlet of the combustion products evacuation duct, at ambient temperature (measured as nominal flow).
- 2) The fuel cell power system is at ambient temperature and not operating. The fan is supplied with electricity under actual pre-purge conditions.
- 3) The rate, measured with a limit of error of  $\pm 5\%$ , is corrected to reference conditions.
- 4) The manufacturer states the volume of the combustion circuit.

##### b) Pre-purge time

- 1) The fuel cell power system is at ambient temperature and not operating.
- 2) The time between the fan starting and the ignition device being energized is determined.

#### 5.11.2 Automated control of catalytic oxidation reactors

- a) The time of initiation of the fuel flow to proof of the reaction initiation shall not exceed the reaction initiation

time specified in 4.6.3e *Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)*.

Method of test: The fuel cell power system shall be operated as specified by the manufacturer until conditions for reaction initiation are attained. Then, the fuel supply for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the supply of air, shall be opened. The system response time shall begin at that point of time and shall end when the reactor monitoring devices signal as specified by the manufacturer that the reaction has been successfully initiated. The reaction initiation time shall not exceed the value specified in 4.6.3e *Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)*.

- b) In the event of reaction extinction or reaction rate decrease or increase to unsafe levels, the primary safety control shall de-energize the fuel safety shutoff valve for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the air safety shutoff valve followed suit by the de-energizing of the fuel safety shutoff valve, within the reaction failure lock-out time specified in 4.6.3g *Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)*.

Method of test: The fuel cell power system shall be operated as specified in 5.3g *Basic test arrangements*, until equilibrium conditions are attained. Then, the fuel supply for air-rich operation, or for fuel-rich operation, the supply of air, shall be shut off. With the catalytic reactor alight, reaction failure is simulated by disconnection of the device monitoring the reaction temperature. The time measured between this moment and the time when the system control shuts off the fuel supply for air rich operation, or the supply of all reactants for fuel-rich operation, shall not exceed the reaction failure lock-out time specified in 4.6.3 *Prevention of fire and explosion hazards in catalytic fuel oxidation systems (catalytic burners)*.

#### 5.12 Exhaust gas temperature test

When the fuel cell power system is provided with a venting system (see 4.12 *Rotating equipment*), the maximum temperature of the exhaust gases conveyed by that venting system shall not exceed temperatures acceptable for the materials used to construct the venting system.

Method of test: The exhaust gas temperature shall be measured by a thermocouple or similar devices. A sufficient number should be used to establish the maximum temperature within the exhaust streams while considering size and symmetry of the venting systems.

The fuel cell power system shall be installed and operated as specified in the applicable provisions of 5.3 *Basic test arrangements*. When equilibrium conditions are attained, the maximum temperature of the exhaust gases shall be determined as specified above. The temperature obtained shall not exceed the temperature for which the venting system material has been determined to be acceptable.

#### 5.13 Surface and component temperatures

- a) The fuel cell power system shall be installed and operated as specified in 5.3 *Basic test arrangements*. When thermal equilibrium conditions are attained, temperatures shall be determined using any suitable temperature instrumentation means.

The maximum temperature of any surface that may be contacted by personnel performing regular and routine service while the fuel cell power system is in operation shall not exceed the limits specified in 4.4.9.

The maximum temperature of any remaining surface that may be unintentionally exposed to flammable gas or vapor shall meet the requirements as specified in 4.6.1e *Protection against fire and explosion hazards in fuel cell power systems provided with cabinets*.

The maximum temperature of system components shall not exceed the temperature to which the components are rated.

- b) Wall, floor and ceiling temperatures

This test only applies to fuel cell power systems whose surface or exhaust temperature exceed 50 C above ambient temperature under test conditions of 5.13b

The fuel cell system is placed on the test panels made of wood.

The manufacturer shall specify the distance between the fuel cell system and the back and sidewalls, ceiling (and closet door, if applicable) of the test panels.

The fuel cell system is placed on the test panels having the following specifications.

Dull black-painted plywood approximately 20 mm thick is used for the test panels.

Temperature rises are determined by means of thermocouples.

Thermocouples used for determining the temperature rise of the surface of walls, ceiling and floor of the test

corner are attached to the back of small blackened disks of copper or brass. The front of the disk is flush with the surface of the boards.

As far as possible, the fuel cell system is positioned so that the thermocouples detect the highest temperatures.

The fuel cell system shall be operated at maximum power output. After equilibrium temperatures have been obtained, the temperature of the test panels shall be measured and checked whether the requirements of 4.4.9b) are met.

#### 5.14 Wind tests

Wind tests are only applicable for fuel cell systems intended for installation outdoor or indoor units having horizontal air inlets and exhaust to the outdoors.

These tests are carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length

##### 5.14.1 Wind source calibration procedure for winds directed perpendicular to the wall

The wind source calibration configuration shall consist of the centre of the wind source being directed perpendicular to the centre of a test wall equipped with four ports located around a vent terminal which is installed in the centre of the test wall, in accordance with the manufacturer's installation instructions (see Figure C.1). The ports shall be manifolded to obtain a single average static pressure reading. With the wind source directed against the wall, the average static pressure reading as measured by a manometer referenced at the fuel cell power system process air opening shall form the basis for calibrating the wind source using the following relationships.

**Table 9 – Wind calibration**

| Nominal km/h | Average static pressure Pa |
|--------------|----------------------------|
| 16           | 10                         |
| 54           | 116                        |

Additionally, the wind source calibrated at 54 km/h shall not generate a velocity pressure exceeding 12 Pa (16 km/h) at a distance of 305 mm perpendicular to the test wall and in line with the ports.

##### 5.14.2 Verification of operation of outdoor fuel cell power systems under wind conditions

The procedures of this subclause apply only to fuel cell power systems intended for outdoor installation or components of fuel cell power systems intended for outdoor installation.

Cabinets of fuel cell power systems intended for outdoor installation or enclosures of components of fuel cell power systems intended for outdoor installation shall be subject to, and pass, a wind test according to the following method.

Method of test: The fuel cell power system shall start and operate normally, without damage or malfunctioning of any part and without creating a hazardous or unsafe condition, when exposed to winds having nominal velocities from 9 km/h and including 54 km/h.

A wind, produced by a fan/blower of sufficient capacity to develop a draft having a velocity from 9 km/h and including 54 km/h, shall be directed against an outer surface of the fuel cell power system at the point(s) deemed most critical by the testing agency. The fan/blower shall be located so a uniform wind, covering the entire projected area of the outer surface, is directed horizontally toward the fuel cell power system at the specified velocity measured in a vertical plane 50 cm from the windward surface of the fuel cell power system.

With the fuel cell power system subjected to a wind having a nominal velocity of 16 km/h, the pilot, when provided, shall be capable of being ignited.

With the fuel cell power system subjected to a wind having a nominal velocity of 54 km/h, the burner gas shall ignite from the ignition device without excessive delay and the burner and pilot flames shall not extinguish. The pilot, when provided, shall be operated alone, as well as simultaneously with the burner.

At the discretion of the conformity assessment organization, additional tests may be conducted with winds of specified and unspecified velocities directed from other direction(s).

#### 5.14.3 Verification of operation of indoor fuel cell power systems vented horizontally through an outside wall

Method of test: These tests shall be conducted at normal inlet test pressure.

- a) The fuel cell power system shall meet the requirement of 4.5.3j *Flue gas venting systems*) when testing with a wind direction other than perpendicular to the wall, except that the wind produced by the wind source shall have a nominal velocity of 54 km/h (134,5 Pa free-stream velocity pressure) measured with the wind parallel to the wall with a Pitot tube at three locations positioned on a plane perpendicular to the wall and also bisecting the vent system. The three locations shall be at distances of 305 mm horizontally and vertically from the extremities of the vent system. See Annex D.

After the calibration of the wind source parallel to the wall, the wind source or test wall shall be rotated to direct the wind from other angles at the discretion of the test agency.

- b) The fuel cell power system shall meet the requirement of 4.5.3j *Flue gas venting systems*. For wind directed perpendicularly to the wall, either of the following test methods shall apply.
  - 1) The following test method shall be applied at the maximum length specified. Remove only the vent terminal from the horizontal vent, when a vent terminal is used. Equip the vent pipe with a piezo ring 305 mm from the outlet of the horizontal vent (see Figure E.1 ) Connect the piezo ring to a differential pressure gage that can be read directly to within 1,24 Pa pressure. The manometer reference pressure connection shall be extended to a point adjacent to the fuel cell combustion air supply opening.  
  
Start fuel cell power system operation. Restrict the end of the vent until the pressure at the piezo ring reaches 116 Pa. Stop fuel cell power system operations. Turn on the gas supply to the fuel cell power system. With the restriction still in place, start the fuel cell power system operation from a cold start. While under the above condition, the fuel cell power system shall not shut down. After steady-state conditions are attained readjust the restriction to maintain 116 Pa. While operating under the above condition, the fuel cell power system shall not shut down for a period of 10 min. While maintaining the vent pressure of 116 Pa, the fuel cell power system shall be turned on and off by the automatic controls, and the fuel cell power system shall start up without excessive delay.
  - 2) The fuel cell power system shall successfully initiate startup when subjected to a wind speed of 9 km/hr and 54 km/h.
  - 3) The fuel cell power system shall continue to operate when subjected to a wind speed of 9 km/hr and 54 km/h.

#### 5.14.4 Carbon monoxide (CO) emissions under wind – indoor units

For fuel cell power systems installed indoors and utilizing an exterior wall vent air inlet, the CO emissions shall be checked when a wind ranging from 9 km/hr to 54 km/h is exerted against the vent-air intake terminal(s). The wind is applied from any horizontal direction with respect to the vent-air terminals. The vent-air intake system is exposed to a 54 km/h wind velocity (free-stream velocity pressure of 134,5 Pa measured with a Pitot tube at three locations on a plane perpendicular to the wall and also bisecting the vent-air intake system. The three locations shall be at distances of 305 mm horizontally and vertically from the extremities of the vent-air intake system). The fuel cell power system shall operate at nominal input rate until a constant exhaust gas temperature is achieved. During the application of this range of wind velocities, the carbon monoxide (CO) emissions are measured and analyzed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.11.

After the calibration of the wind source parallel to the wall, the wind source or test wall shall be rotated to direct the wind from other angles at the discretion of the conformity assessment organization.

For wind directed perpendicular to the wall, the fuel cell power system shall be operated until a constant exhaust gas temperature has been attained. Either of the tests specified in 5.14.3b *Verification of operation of indoor fuel cell power systems vented horizontally through an outside wall*) shall be applied.

When using test method 5.14.3b)1 *Verification of operation of indoor fuel cell power systems vented horizontally through an outside wall*), the vent pressure shall be varied from zero to 116 Pa. During the

application of this range of vent pressure, sufficient effluent samples shall be secured and analysed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.4.11.

When using test method 5.14.3b)2 *Verification of operation of indoor fuel cell power systems vented horizontally through an outside wall*), the wind produced by the wind source shall be varied to have nominal velocities from 9 km/h to 54 km/h calibrated as specified in 5.14.1 *Wind source calibration procedure for winds directed perpendicular to the wall*. During the application of this range of wind velocities, sufficient effluent samples shall be secured and analysed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.4.11.

#### **5.14.5 Carbon monoxide (CO) emissions under wind - outdoor units**

For fuel cell power system installed outdoors, the carbon monoxide (CO) emissions shall be checked when the unit is exposed to a wind ranging from 9 km/h to 54 km/h. A wind, produced by a blower of sufficient capacity to develop a draft having a velocity up to and including 54 km/h, shall be directed against an outer surface of the fuel cell power system at the points deemed most critical by the conformity assessment organization. The blower shall be located so a uniform wind, covering the entire projected area of the outer surface, is directed horizontally toward the fuel cell power system at the specified velocity measured in a vertical plane 0,5 m from the windward surface of the fuel cell power system. The fuel cell power system shall operate at nominal input rate until a constant exhaust gas temperature is achieved. During the application of this range of velocities, the carbon monoxide (CO) emissions are measured and analyzed to determine that the carbon monoxide concentration complies with 4.4.11.

#### **5.15 Rain test**

**5.15.1** For Outdoor Units: A simulated rain test shall be performed equivalent to a minimum IP rating of 3 (*second characteristic numeral 3*) as defined in IEC 60529 or the manufacturer's higher declared IP rating. Compliance is defined in 5.15.3

**5.15.2** For Indoor Units supplied with horizontal venting hardware: The simulated rain is to be applied to the vent termination. Use the test method as prescribed in IEC 60529, 14.2.3 *Test for Second Characteristic Numeral Three (IPX3)*. Compliance is defined in 5.15.3.

**5.15.3** The fuel cell power plant shall start and operate without damage or malfunction of any part that would create a hazardous condition when subjected to a simulated rain test.

**5.15.4** Upon completion of exposure to the simulated rainstorm, there shall be no evidence of damage or malfunction of any part of the fuel cell power system, nor detrimental accumulation of water in any part of the fuel cell power system. The test is not to result in the entrance of water into an electrical enclosure above the lowest live part or in wetting live parts, except motor windings may be judged by dielectric withstand test, providing the motor(s) is constructed, located or shielded so that the windings are not directly exposed to water.

#### **5.16 Carbon Monoxide (CO) emissions**

These tests are carried out at minimum and maximum vent length or minimum and maximum back pressure due to vent length.

Carbon monoxide emissions measured at the fuel cell power system shall not be in excess of 300 ppm in an air-free sample of the effluents according to the tests of 5.16.1 *Blocked exhaust outlet* and, 5.16.2 *Blocked air supply*.

##### **5.16.1 Blocked exhaust outlet**

The carbon monoxide (CO) emissions shall be checked with the fuel cell power system exhaust outlet blocked to any degree up to and including complete closure. The fuel cell power system shall be operated at nominal fuel input rate for at least 15 min. When the fuel cell power system incorporates a control to automatically shut off the main fuel supply under blocked outlet conditions, the area of the exhaust outlet shall be gradually decreased to the lowest point at which the control will remain in its open position.

##### **5.16.2 Blocked air supply**

a) With the fuel cell power system at ambient temperature and the air supply duct completely blocked, the air supply duct is opened gradually. The blockage at which the burner is able to ignite is determined. At this blockage and once thermal equilibrium has been achieved, the carbon monoxide (CO) emissions are

measured.

- b) The fuel cell power system shall be operated at nominal heat input rate for at least 15 min. The air intake duct is progressively blocked. The carbon monoxide (CO) emissions shall then be measured.

### 5.17 Leakage tests (repeat)

The fuel cell system shall be re-tested for leakage at the same testing conditions as specified in 5.4 *Leakage tests*.

## 6 Routine tests

Routine tests shall be performed on all production units. They shall be performed in a test environment simulating the application of the fuel cell system, which the fuel cell system is designed for, in order to obtain the required operating conditions. In particular, the test environment for the routine tests shall provide interfaces at boundary limits according to the designed application of the fuel cell plant. It is recommended that the routine tests be formed in the following order.

If the routine tests are performed in direct conjunction with the initial start-up and conditioning procedure of the fuel cell system, it is connected to the conditioning facility and is under operational conditions as specified by the manufacturer.

The following routine tests shall be performed on all fuel cell power systems.

- 6.1** Gas leakage test: The gas leakage test shall be performed as described in 5.4 *Leakage tests* or, as an alternative, the pressure drop test described below may be performed.

For those fuel cell systems, which contain combustible gas, or for those parts of the system, in which combustible gas flows, they shall be pressurized with an appropriate dry gas (for example, air or nitrogen) over the specified pressure, then sealed and left remained for longer than 10 min. The leakage calculated from the pressure difference between before and after the elapse of time using the following formula shall be not more than the specified value.

$$L_1 = V \times t_0 / p_0 \times \{ (p_1 + p_{a1}) / (t_0 + t_1 - 15) + (p_2 + p_{a2}) / (t_0 + t_2 - 15) \} \times 60 / T$$

where

- $L_1$  is the gas leakage from the FC system in m<sup>3</sup>/h;
- $V$  is the internal space volume within the pressurized range in m<sup>3</sup> (gas volume excepting the internal structure volume);
- $t_0$  is the reference temperature 288,15 K (15 °C);
- $t_1$  is the internal space temperature (°C) at the beginning of measurement;
- $t_2$  is the internal space temperature (°C) at the end of measurement;
- $p_0$  is the reference pressure 101,325 kPa (1 atm);
- $p_1$  is the pressure kPa at the beginning of the measurement;
- $p_2$  is the pressure kPa at the end of the measurement;
- $p_{a1}$  is the atmospheric pressure kPa at the beginning of the measurement;
- $p_{a2}$  is the atmospheric pressure kPa at the end of the measurement;
- $T$  is the measuring time in min.

- 6.2** Normal operation test: As described in 5.6 *Normal operation type test*.

- 6.3** Dielectric strength test: As described in 5.8 *Dielectric requirements and simulated abnormal conditions*.

- 6.4** Coolant leakage test (liquid coolant only): As described in 5.4.2 *Liquid leakage tests*

- 6.5** The following tests shall be performed on the basis of a sampling plan:

- burner operation test as described in 5.10.1 *General testing*

- carbon monoxide (CO) emissions are measured during the burner operation test as described in 5.10.1 *General testing*. The limits shall be in accordance with 4.4.11

## 7 Marking, labelling and packaging

### 7.1 General requirements

The fuel cell power system shall be marked in compliance with the applicable clauses of ISO 3864-2:2004. Marking and mounting methods shall be durable and suitable for the application.

### 7.2 Fuel cell power system marking

Each fuel cell power system shall bear a data plate or combination of adjacent labels located so as to be easily read when the fuel cell power system is in a normally installed position.

The marking shall clearly state any restrictions on use, in particular the restriction whereby the fuel cell power system shall be installed only in areas where there is sufficient ventilation.

The data plate/label(s) shall include the following information:

- a) manufacturer's name (with trademark), and location;
- b) manufacturer's model number or trade name;
- c) serial number of the fuel cell power system and year of manufacture;
- d) electrical input, as applicable (voltage/type of current/frequency/phase /power/consumption);
- e) electrical output (voltage/type of current/frequency/phase /rated power/power factor; kVA);
- f) fuel type to be used by the fuel cell power system;
- g) range of fuel supply pressure;
- h) fuel consumption at rated power (kW);
- i) range of ambient temperatures (minimum and maximum) within which the fuel cell power system is intended to operate in degrees Celsius;
- j) outdoor or indoor use;
- k) warnings for alerting personnel to the potential for personal injury or equipment damage and requirements to follow installation and operation instruction;

If the fuel cell power system is rated under hazardous area classification according to IEC 60079-10, it shall be marked accordingly.

### 7.3 Marking of components

All user serviceable parts shall be identified to match the fuel cell power system drawings in the user's manual.

Warning signs shall be appropriately placed to identify electrical hazards, contents from drain valves, hot components and mechanical hazards. Preference should be given to the use of standard symbols given in ISO 3864-2:2004.

Control devices, visual indicators, and displays (particularly those related to safety) used in the man-machine interface shall be clearly marked with regard to their functions either on or adjacent to the item. Preference should be given to the use of standard symbols given in IEC 60417 and ISO 7000.

### 7.4 Technical documentation

#### 7.4.1 General

The manufacturer shall provide with each fuel cell power system the information necessary for safe installation, operation, and servicing of the fuel cell power system and shall in particular draw attention to any restrictions on use. The information shall be provided in form of technical documents such as drawings, diagrams, charts, tables and instructions, and these shall be on suitable data medium and language.

Part of the technical information might be provided only to qualified personnel, in which case the manufacturer shall specify criteria for qualification of personnel.

The information provided with the fuel cell power system shall include

- a clear, comprehensive description of the equipment, installation and mounting, and the connection to electrical supply(ies) and other site interfaces;

- physical environment and operating conditions (fuel and water supply characteristics, etc.) according to 4.2 *General*;
- electric circuit diagrams;
- information (where appropriate) on
  - a) handling, transportation and storage;
  - b) software programming;
  - c) sequence of operations;
  - d) frequency of inspection;
  - e) frequency and method of functional testing;
  - f) guidance on the adjustment, maintenance, and repair, particularly of the protective devices and circuits;
  - g) parts list and recommended spare parts list;
- a description (including interconnection diagrams) of the safeguards, interlocking functions, and interlocking of guards for potentially hazardous situations;
- a description of the safeguarding and of the means provided where it is necessary to suspend the safeguarding (for example, for manual programming, programme verification).

#### 7.4.2 Installation manual

The installation manual shall provide the installer with all the information necessary for the preliminary work of setting-up the fuel cell power system.

In particular, an interconnection diagram or table shall be provided. That diagram or table shall give full information about all external connections (for example, electrical supply, fuel supply, water supply, control signals, exhaust venting, ventilation connections, etc.).

These installation instructions shall provide guidelines on location and design of the fuel cell power system foundation; ventilation requirements; protection from weather hazards; recommended height in relation to the base flood elevation; security enclosure; acceptable distances from combustible materials, vegetation, sidewalks, public ways, roads, and railroad tracks; and protection from vehicular impact.

In addition to the above, the installation manual shall specify

- the manufacturer's or distributor's name and location, and the model number of the fuel cell power system;
- the minimum and maximum fuel supply pressures and the method of determining these pressures;
- adequate clearances around air supply, ventilation and exhaust openings;
- adequate clearances for maintenance, servicing and proper operation;
- adequate clearances to combustible materials;
- a sediment trap or filter must be provided upstream of the fuel controls, when applicable;
- if appropriate, special instructions for extended dormant periods.
- instructions shall cover venting system requirements, including air intake pipe (if used).

#### 7.4.3 User's information manual

For fuel cell power systems to be installed for residential use, the system supplier shall provide to the residence owner a user's information manual, together with any appropriate additional information to facilitate maintenance (for example, addresses of the importer, repairer, etc.).

The user's information manuals shall be typed or typeset and formatted to provide easy-to follow procedures. Illustrations should be used to identify fuel cell components, dimensions and clearances, assembled components, and connection points as needed to make the instructions clear. Illustrations should also be used to identify the location of serviceable components and illustrate correct methods for performing service procedures.

When text is shown in quotation marks, it shall appear in the user's information manual exactly as shown.

The user's information manual shall be affixed to the fuel cell in a pocket or attached by a clip which is part of the fuel cell or shall be supplied in an envelope(s) marked with instructions

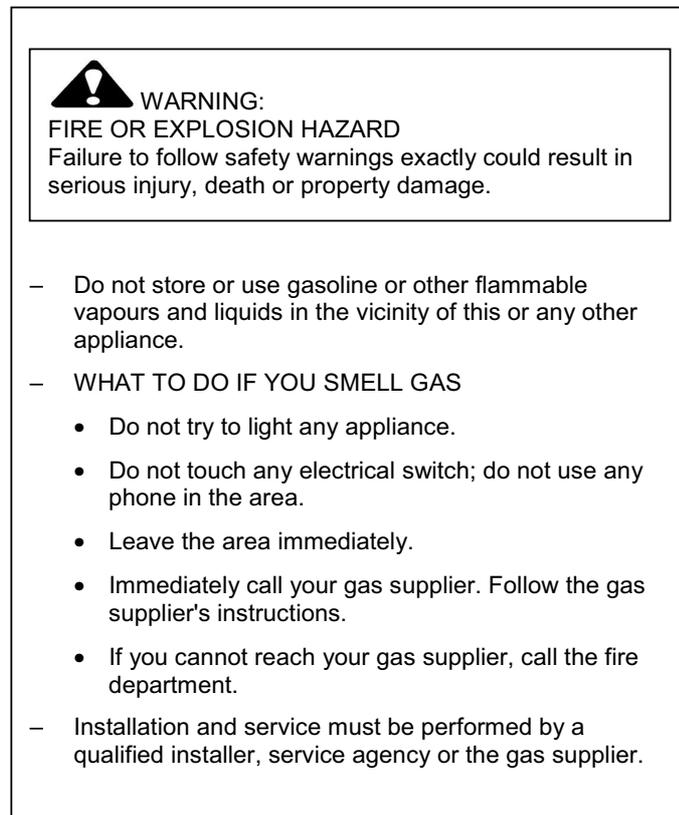
a) to the installer to affix them on, or adjacent to, the fuel cell, and/or

b) to the consumer to retain them for future reference. Each user's information manual should be divided into appropriate chapters or sections, and should include a table of contents and clearly marked page numbers.

The user's information manual shall contain the following safety information, as applicable.

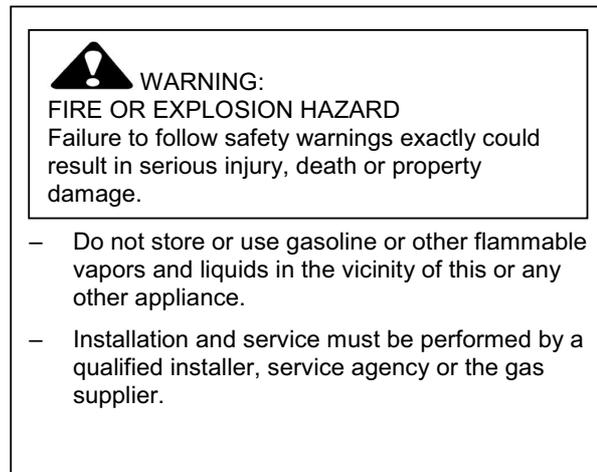
a) Front cover

The front cover shall present the user(s) with only the most important safety instructions. The front cover or, in the absence of a cover, the first page of the manual shall bear the following safety precautions boxed as prescribed in Figures 3 through 5:



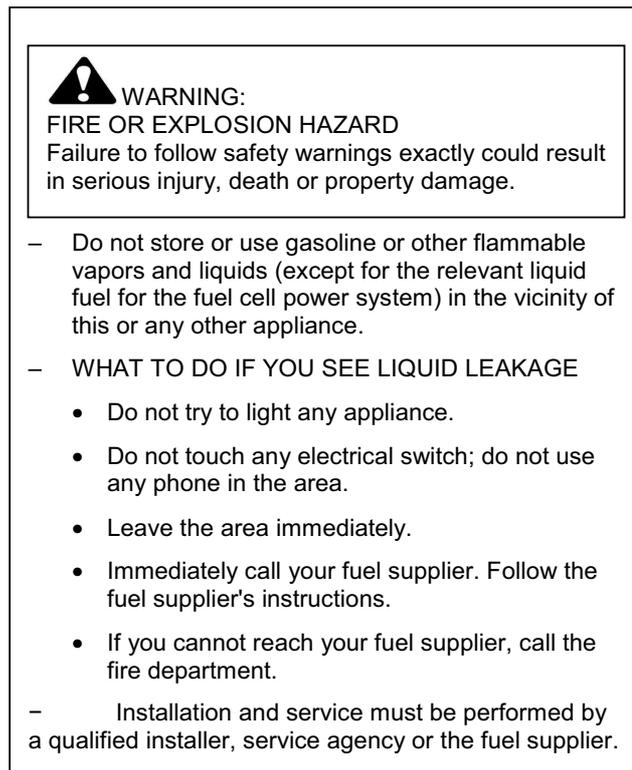
IEC 434/07

**Figure 3 – Safety precautions for odorized gas-fueled systems**



IEC 435/07

**Figure 4 – Safety precautions for odorant-free gas fuelled systems**



IEC 436/07

**Figure 5 – Safety precautions for liquid fuelled systems**

The front cover shall include a statement informing users that they must read all instructions in the manual and must keep all manuals for future reference.

b) Safety section

A safety section shall be included near the front of the manual to present fuel cell users with a listing of potential hazards and safety-related instructions for a particular fuel cell. Statement of at least the following shall be included in the safety section with references to specific section or page of the manual.

- 1) Directions that the area surrounding the fuel cell must be kept clear and free of combustible materials, gasoline and other flammable vapours and liquids.
- 2) Where requiring air for combustion or ventilation, instructions not to block or obstruct air openings on the fuel cell, air openings communicating with the area in which the fuel cell is installed, and the required spacings around the fuel cell that provide clearances to secure and discharge required air.
- 3) Instructions for starting and shutting down the fuel cell. These instructions shall pictorially illustrate and locate all user interface components.
- 4) The following statement: "Do not use this fuel cell if any part has been under water. A flood-damaged fuel cell is potentially dangerous. Attempts to use the fuel cell can result in fire or explosion." A qualified service agency should be contacted to inspect the fuel cell and to replace all gas controls, control system parts, electrical parts that have been wet.
- 5) Specifications for the frequency of filter change or cleaning and the dimensional size and type of filter for replacements. These instructions shall contain directions for removal and replacement of filters and pictorially illustrate and locate all components supplied by the manufacturer referred to in the instructions for removal and replacement of filters.
- 6) Recommended methods for periodic cleaning of necessary parts.
- 7) Instructions for examining the fuel cell installation to determine that
  - a) any intake or exhaust openings associated with those items covered in 4.5.2 *Piping systems* and 4.5.3 *Flue gas venting systems* are clear and free of obstructions;
  - b) the physical support of the fuel cell is sound without sagging cracks, gaps, etc, around the base so as to provide a seal between the support and the base;
  - c) there are no obvious signs of deterioration of the fuel cell.
- 8) The manual shall indicate the necessity and minimum frequency for the examination in 7.4.3b)7) by the user and shall also specify the periodic inspection of the fuel cell by a qualified service agent.
- 9) Indicate that excessive exposure of the fuel cell power system to contaminated air may result in safety and performance related problems. Instructions shall include a representative list of known contaminants

c) In-text safety information

In-text safety instructions should refer to or incorporate safety precautions from the front cover and from the safety section of the manual. Potentially hazardous situations described in the manual require that additional safety precautionary statements be created.

#### 7.4.4 Operating manual

The operating manual shall detail proper procedures for the set-up and use of the fuel cell power system. Particular attention should be given to the safety measures provided and to the improper methods of operation that are anticipated.

The operation manual shall include a section on the hazards related to the use of the fuel cell power system.

Where the operation of equipment can be programmed, detailed information on methods of programming, equipment required, programme verification and additional safety procedures (where required) shall be provided.

The instructions shall give information concerning airborne noise emissions by the fuel cell power system, either the actual value or a value established on the basis of measurements made on identical fuel cell power system.

In the case of the fuel cell power system which may also be intended for use by nonprofessional operators, the wording and layout of the instructions for use, whilst respecting the other essential requirements mentioned

above, shall take into account the level of general education and acumen that can reasonably be expected from such operators.

#### 7.4.5 Maintenance manual

The maintenance manual shall detail proper procedures for adjustment, servicing, and preventive inspection, and repair. Recommendations on maintenance/servicing records should be part of the maintenance manual. Where methods for the verification of proper operation are provided (for example, software testing programmes), the use of such methods shall be detailed.

This manual shall contain clearly defined, legible and complete instructions for at least the following.

- Instructions for starting and shutting down the fuel cell power system. These instructions shall pictorially illustrate and locate all relevant components.
- Specifications for the frequency of filter change or cleaning and the dimensional size and type of filter for replacements. These instructions shall contain directions for removal and replacement of filters and pictorially illustrate and locate all components supplied by the manufacturer referred to in the instructions for removal and replacement of filters.
- Instructions to caution users to any electrical components that may retain residual voltage/energy after shutdown, and how to properly dissipate the voltage/energy to a safe level.
- Recommended methods for periodic cleaning of necessary parts.
- Instructions for lubrication of moving parts, including type, grade and amount of lubricant.
- Instructions for examining the fuel cell power system installation to determine that
  - a) any intake or exhaust openings are clear and free of obstructions;
  - b) there are no obvious signs of physical deterioration of the fuel cell power system or its support (i.e. base, frame, cabinet, etc.).
- Periodic examination of the venting system, gas detection, and related functional parts.
- A replacement parts list, including information necessary for ordering spare or replacement parts.
- Directions that the area surrounding the fuel cell power system must be kept clean and free of combustible materials, gasoline and other flammable vapors and liquids.
- The following statement: Do not use this fuel cell power system if any part has been under water. Immediately call qualified service personnel to inspect the fuel cell power system and to replace any function part which has been under water.
- Instructions and a schedule for neutralizing condensate, if appropriate.

The maintenance manual shall also provide an enumeration of all regular and routine maintenance activities to be performed on the fuel cell power system components and indicate the necessity and minimum frequency for these examinations. The maintenance manual shall specify the periodic inspection of the fuel cell power system that shall be performed by qualified service personnel.

**Annex A**  
(informative)  
**Significant hazards, hazardous situations and events dealt with in this standard**

Table A.1 gives the significant hazards, hazardous situations and events dealt with in this standard, together with the relevant subclause(s).

**Table A.1 – Hazardous situations and events**

| Significant hazards, hazardous situations and events  | Subclause      |
|---|----------------|
| <b>◆ Mechanical hazards due to:</b>   |                |
| ◆ Shape (sharp surfaces)  | 4.4            |
| ◆ Relative location (trip/crash hazard)   | 4.4            |
| ◆ Mass and stability (potential energy of elements which may move under the effect of gravity)                          | 4.4            |
| ◆ Mass and velocity (kinetic energy of elements in controlled or uncontrolled motion)                                   | 4.4, 4.12      |
| ◆ Inadequacy of mechanical strength (inadequate specification of material or geometry)                                  | 4.4, 4.5, 4.13 |
| ◆ Fluids under pressure (over-pressurization, ejection of fluids under pressure, vacuum)                                | 4.4, 4.5       |
| <b>◆ Electrical hazards due to:</b>   |                |
| ◆ Contact of persons with live parts (direct contact)   | 4.7            |
| ◆ Contact of persons with parts that have become live under faulty conditions (indirect contact)                        | 4.7            |
| ◆ Approach to live parts under high voltage   | 4.7            |
| ◆ Electrostatic phenomena   | 4.6, 4.7       |
| ◆ Electromagnetic phenomena   | 4.8            |
| ◆ Heat/chemical effects from short circuits, overloads  | 4.7            |
| ◆ Projection of molten particles  | 4.7            |
| <b>◆ Thermal hazards due to:</b>  |                |
| ◆ Contact of persons with surfaces at extreme high temperatures   | 4.4            |
| ◆ Release of high temperature fluids  | 4.5            |
| ◆ Thermal fatigue   | 4.3, 4.5       |
| ◆ Equipment over temperature causing unsafe operation   | 4.9            |
| <b>◆ Hazards generated by materials and substances:</b>   |                |
| ◆ Hazards from contact with, or inhalation of, harmful fluids, gases, mists, fumes and dusts                            | 4.4            |
| ◆ Fire or explosion hazard due to leak of flammable fluids  | 4.6            |
| ◆ Fire or explosion hazard due to internal build-up of flammable mixture  | 4.6            |
| ◆ Hazardous situations caused by material deterioration (for example, corrosion) or accumulation (for example, fouling) | 4.3            |
| ◆ Asphyxiation  | 4.4            |
| ◆ Reactive materials (pyrophoric)   | 4.4            |
| <b>◆ Hazards generated by malfunctions:</b>   |                |
| ◆ Unsafe operation due to failures or inadequacy of software or control logic   | 4.9            |
| ◆ Unsafe operation due to failures of control circuit or protective/safety components                                   | 4.9            |
| ◆ Unsafe operation due to power outage  | 4.9            |
| <b>◆ Hazards generated by neglecting ergonomic principles:</b>  |                |
| ◆ Hazards due to inadequate design, location or identification of manual controls                                       | 4.9            |

| <b>Significant hazards, hazardous situations and events</b>                              | <b>Subclause</b> |
|--|------------------|
| ◆ Hazards due to inadequate design or location of visual display units and warning signs | 4.9              |
| ◆ Noise  | 4.4              |
| <b>◆ Hazards generated by erroneous human intervention:</b>                              |                  |
| ◆ Hazards due to deviation from correct operating  | 4.9, 7.4         |
| ◆ Hazards due to errors of manufacturing/fitting/installation                            | 4.4, 7.4         |
| ◆ Hazards due to errors of maintenance   | 7.4              |
| ◆ Vandalism  |                  |
| <b>◆ Environmental hazards:</b>  |                  |
| ◆ Unsafe operation in extreme hot/cold environments                                      | 4.13             |
| ◆ Rain, flooding   | 4.13             |
| ◆ Wind   | 4.13             |
| ◆ Earthquake   | 4.4              |
| ◆ External fire  |                  |
| ◆ Smoke  |                  |
| ◆ Snow, ice load   | 4.13             |
| ◆ Attack by vermin   |                  |
| <b>◆ Pollution:</b>  |                  |
| ◆ Air pollution  | 4.4              |
| ◆ Water pollution  | 4.4, 4.5         |
| ◆ Soil pollution   | 4.4              |

**Annex B**  
(informative)  
**Carburization and material compatibility for hydrogen service**

**B.1 Carburization**

Conventional carburization is a familiar problem with high-temperature alloys in steam reforming furnaces. It is caused by the inward migration of carbon, the source of which is hydrocarbon cracking, resulting in the formation of carbides within the metal matrix. The process is promoted by high temperature, typically  $>800^{\circ}\text{C}$ , and leads ultimately to loss of ductility.

In general, carburization of an alloy results in low ductility at ambient temperatures. Carbon pickup will increase the volume of the metal and coefficient of expansion, resulting in strong internal stresses that give rise to premature failure of equipment. Failure is usually by creep rupture and low-cycle fatigue. If carburization is sufficiently severe, it can also affect the elevated temperature creep and rupture characteristics. There seems to be differences in tolerance between the various alloys regarding this issue.

Generally the carburization rate varies with

- a) Temperature – the rate roughly doubles for every  $55^{\circ}\text{C}$  increase.
- b) Reaction kinetics is controlled by the ratio of  $\text{CO}/\text{CO}_2$  in the gas and by the temperature.
- c) Strongly carburizing conditions are  $\text{CO}/\text{CH}_4/\text{H}_2$ -flows with a low steam/carbon ratio at intermediate temperatures (usually  $450^{\circ}\text{C}$  to  $850^{\circ}\text{C}$ ), and an oxide layer with flaws.
- d) Nickel and silicon content – high values are beneficial.
- e) Protective and regenerative oxide films – Cr, Si and Al in the alloy are beneficial.

These rules are general and may not be true for all material/environment combinations due to the anomalous character of metal reactions.

**B.2 Material compatibility for hydrogen service**

Components in which gaseous hydrogen or hydrogen-containing fluids are processed, as well as all parts used to seal or interconnect the same, should be sufficiently resistant to the chemical and physical action of hydrogen at the operating conditions.

**B.2.1 Metals and metallic materials**

Users of this standard should be aware that engineering materials exposed to hydrogen in their service environment may exhibit an increased susceptibility to hydrogen-assisted corrosion via different mechanisms such as hydrogen embrittlement and hydrogen attack.

Hydrogen embrittlement is defined as a process resulting in a decrease of the toughness or ductility of a metal due to the permeation of atomic hydrogen.

Hydrogen embrittlement has been recognized classically as being of two types. The first, known as internal hydrogen embrittlement, occurs when the hydrogen enters the metal matrix through material processing techniques and supersaturates the metal with hydrogen. The second type, environmental hydrogen embrittlement, results from hydrogen being absorbed by solid metals from the service environment.

Atomic hydrogen dissolved within a metal interacts with the intrinsic defects of the metal, typically increasing crack propagation susceptibility and thus degrading such basic properties as ductility and fracture toughness. There are both important material and environmental variables that contribute to hydrogen-assisted fracture in metals. The material microstructure is an important consideration as second phases, which may or may not be present due to compositional and processing variations, may affect the resistance of the metal to fracture. Second phases, such as ferrite stringers in austenitic stainless steels, may also have a specific orientation leading to profound anisotropic response in the materials. In general, metals can also be processed to have a wide range of strengths, and the resistance to hydrogen-assisted fracture is known to decrease as the strength of the alloy is increased.

The environmental variables affecting hydrogen-assisted fracture include pressure of hydrogen, temperature, chemical environment and strain rate. In general, the susceptibility to hydrogen-assisted fracture increases as hydrogen pressure increases. The effect of temperature, however, is not as systematic. Some metals such as austenitic stainless steels exhibit a local maximum in hydrogen-assisted fracture susceptibility as a function of temperature. Although not well understood, trace gases mixed with the hydrogen gas can also affect hydrogen-assisted fracture. Moisture, for example, may be detrimental to aluminum alloys since wet oxidation produces high-fugacity hydrogen, while in some steels moisture is believed to improve resistance to hydrogen-assisted fracture by producing surface films that serve as kinetic barriers to hydrogen uptake. A so-called inverse strain rate effect is generally observed in the presence of hydrogen; in other words, metals are less susceptible to hydrogen-assisted fracture at high strain rates.

At temperatures close to ambient, this phenomenon can affect metals with body-centred cubic crystal lattice structure, for example, ferritic steels. In the absence of residual stress or external loading, environmental hydrogen embrittlement is manifested in various forms, such as blistering, internal cracking, hydride formation, and reduced ductility. With a tensile stress or stress-intensity factor exceeding a specific threshold, the atomic hydrogen interacts with the metal to induce sub-critical crack growth leading to fracture.

Hydrogen embrittlement can occur during elevated-temperature thermal treatments and in service during electroplating, contact with maintenance chemicals, corrosion reactions, cathodic protection, and operating in high-pressure, high-temperature hydrogen.

At temperatures above 473 °C, many low-alloyed structural steels may suffer from hydrogen attack. This is a non-reversible degradation of the steel microstructure caused by a chemical reaction between diffusing hydrogen and the carbide particles in the steels that results in the nucleation, growth and merging of methane bubbles along grain boundaries to form fissures.

Hydride embrittlement occurs in metals such as titanium and zirconium and is the process of forming thermodynamically stable and relatively brittle hydride phases within the structure.

Clad welding and welds between dissimilar materials often involve high alloy materials. During operation at temperatures over 250 °C, hydrogen diffuses in the fusion line between the high alloy weld and the unalloyed/low alloy base material. During shutdown, the material temperature drops. The reduced solubility and diffusibility of hydrogen breaks the weld by disbonding.

The following are some general recommendations for managing the risk of hydrogen embrittlement.

- Select raw materials with a low susceptibility to hydrogen embrittlement by controlling chemistry (for example, use of carbide stabilizers), microstructure (for example, use of austenitic stainless steels), and mechanical properties (for example, restriction of hardness, preferably below 225 HV, and minimization of residual stresses through heat treatment). Use test methods specified in ISO 11114-4 to select metallic materials resistant to hydrogen embrittlement. The API Publication 941 shows the limitations of various types of steel as a function of hydrogen pressure and temperature. The susceptibility to hydrogen embrittlement of some commonly used metals is summarized in ISO/TR 15916.
- Clad welds and welds between dissimilar materials used in hydrogen service should be ultrasonically tested at regular intervals and after uncontrolled shutdowns in which the equipment may have cooled rapidly.
- Minimize the level of applied stress and exposure to fatigue situations.
- When plating parts, manage anode/cathode surface area and efficiency, resulting in proper control of applied current densities. High-current densities increase hydrogen charging.
- Clean the metals in non-cathodic alkaline solutions and in inhibited acid solutions.
- Use abrasive cleaners for materials having a hardness of 40 HRC or above.
- Use process control checks, when necessary, to mitigate risk of hydrogen embrittlement during manufacturing.

### **B.2.2 Polymers, elastomers, and other non-metallic materials**

Most polymers can be considered suitable for gaseous hydrogen service. Due account should be given to the fact that hydrogen diffuses through these materials much easier than through metals. Polytetrafluoroethylene (PTFE or Teflon®) and Polychlorotrifluoroethylene (PCTFE or Kel-F®) are generally suitable for hydrogen service. Suitability of other materials should be verified. Guidance can be found in ISO/TR 15916 and the NASA document NSS 1740.16. See also ANSI/AGA 3.1-1995 for guidance with regard to gaskets, diaphragms, and other nonmetallic parts.

Further guidance on hydrogen-assisted corrosion and control techniques may be found through the following standards and organizations.

#### **American Society for Testing and Materials**

##### **ASTM B577-93** 01-Apr-1993

Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper

##### **ASTM B839-94** 01-Nov-1994

Standard Test Method for Residual Embrittlement in Metallic Coated, Externally Threaded Articles, Fasteners, and Rod-Inclined Wedge Method

##### **ASTM B849-94** 01-Nov-1994

Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement

**ASTM B850-98** 01-Nov-1998

Standard Guide for Post-Coating Treatments Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement

**ASTM E1681-99** 10-Apr-1999

Standard Test Method for Determining Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials

**ASTM F1459-93** 01-Nov-1993

Standard Test Method for Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Gaseous Hydrogen Embrittlement

**ASTM F1624-00** 01-Aug-2000

Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique

**ASTM F1940-01** 01-Nov-2001

Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated or Coated Fasteners

**ASTM F2078-01** 01-Nov-2001

Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing

**ASTM F326-96** 01-Nov-1996

Standard Test Method for Electronic Measurement for Hydrogen Embrittlement from Cadmium-Electroplating Processes

**ASTM F519-97** 01-Nov-1997

Standard Test Method for Mechanical Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating Processes and Service Environments

**ASTM G129-00** 01-Aug-2000

Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking

**ASTM G142-98** 01-Nov-1998

Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both

**ASTM G146-01** 01-Feb-2001

Standard Practice for Evaluation of Disbonding of Bimetallic Stainless Alloy/Steel Plate for Use in High-Pressure, High-Temperature Refinery Hydrogen Service

**ASTM G148-97** 01-Nov-1997

Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

**The National Association of Corrosion Engineers**

**NACE TM0177-96** 23-Dec-1996

Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking in Hydrogen Sulfide (H<sub>2</sub>S) Environments

**NACE TM0284-96** 30-Mar-1996

Standard Test Method - Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking

**The American Petroleum Institute**

**API RP 941** 01-Jan-1997

Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants.

**API 934** 01-Dec-2000

Materials and Fabrication Requirements for 2-1/4Cr-1Mo & 3Cr-1Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High Temperature, High Pressure Hydrogen Service

**American Welding Society**

**ANSI/AWS A4.3-93** 01-Jan-1993

Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding

**ANSI/AGA NGV3.1-1995**

Fuel system components for natural gas powered vehicles

**The American Society of Mechanical Engineers**

**ASME Boiler and Pressure Vessel Code**

**ASME/ANSI B31.3** Chemical plant and petroleum refinery piping

**ASME/ANSI B31.1** Power piping.

**Society of Automotive Engineers**

**SAE/AMS 2451/4** 01-Jul-1998 Plating, Brush, Cadmium - Corrosion Protective, Low Hydrogen Embrittlement

**SAE/AMS 2759/9** 01-Nov-1996 Hydrogen Embrittlement Relief (Baking) of Steel Parts

**SAE/USCAR 5** 01-Nov-1998 Avoidance of Hydrogen Embrittlement of Steel

**International Standards Organization**

**ISO 2626:1973**

Copper – Hydrogen embrittlement test

**ISO 3690:2000**

Welding and allied processes – Determination of hydrogen content in ferritic steel arc weld metal

**ISO 7539-6:1989**

Corrosion of metals and alloys – Stress corrosion testing – Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under constant load or constant displacement

**ISO 9587:1999**

Metallic and other inorganic coatings – Pretreatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

**ISO 9588:1999**

Metallic and other inorganic coatings – Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement

**ISO 11114-4:2004**

Transportable gas cylinders – Compatibility of cylinders and valve materials with gas contents – Part 4: Test methods for selecting metallic materials resistant to hydrogen embrittlement

**ISO 15330:1999**

Fasteners – Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement – Parallel bearing surface method

**ISO 15724:2001**

Metallic and other inorganic coatings – Electrochemical measurement of diffusible hydrogen in steels – Barnacle electrode method

**European standards**

**BS 7886** 01-Jan-1997

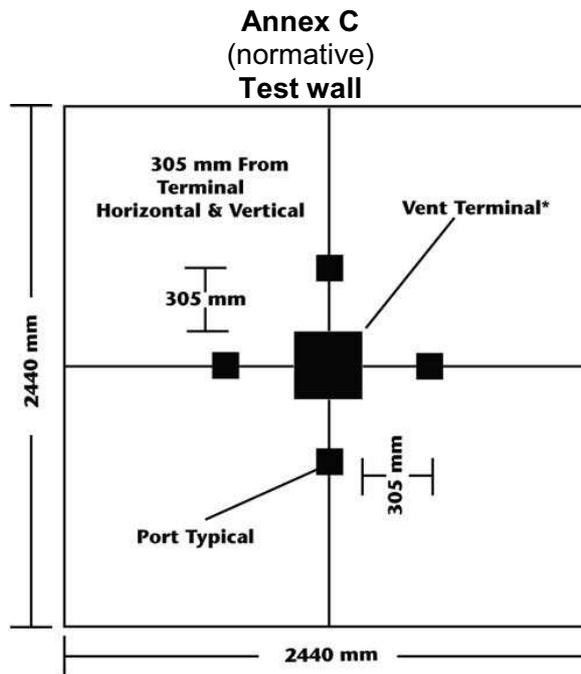
Method of Measurement of Hydrogen Permeation and the Determination of Hydrogen Uptake and Transport in Metals by an Electrochemical Technique

**DIN 8572-1** 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal - Manual Arc Welding

**DIN 8572-2** 01-Mar-1981

Determination of Diffusible Hydrogen in Weld Metal - Submerged Arc Welding



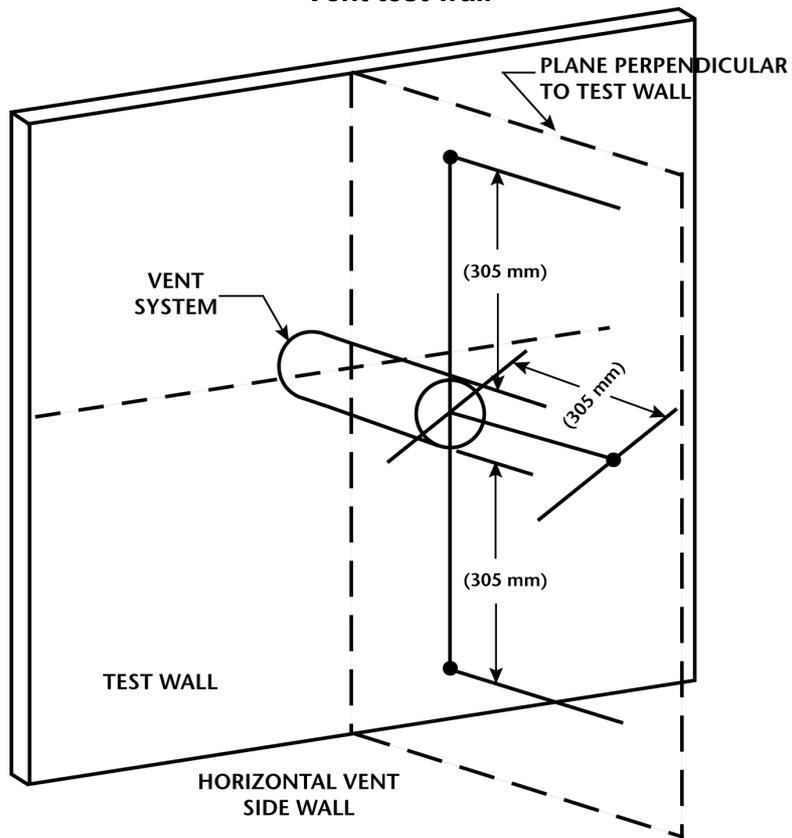
IEC 437/07  
Dimensions in millimetres

**Figure C.1 – Test wall with static pressure ports and vent terminal locations**

Figure C.1 shows the points designating static pressure ports located 1 foot (305 mm) horizontally and vertically from the extremities of the vent terminal.

The vent terminal is located in the centre of the test wall and in accordance with the manufacturer's installation instructions.

**Annex D**  
(normative)  
**Vent test wall**

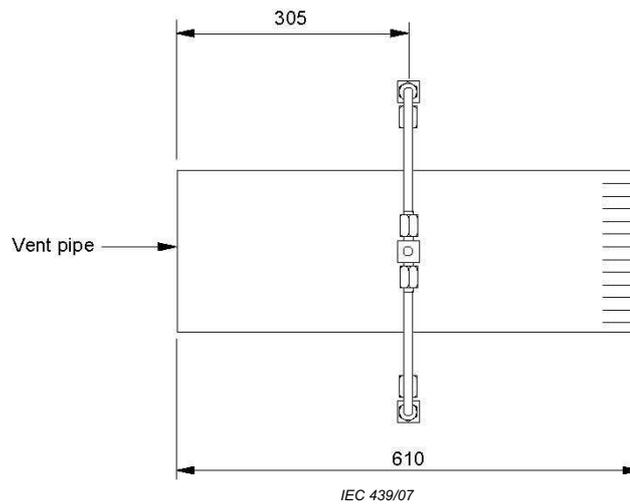
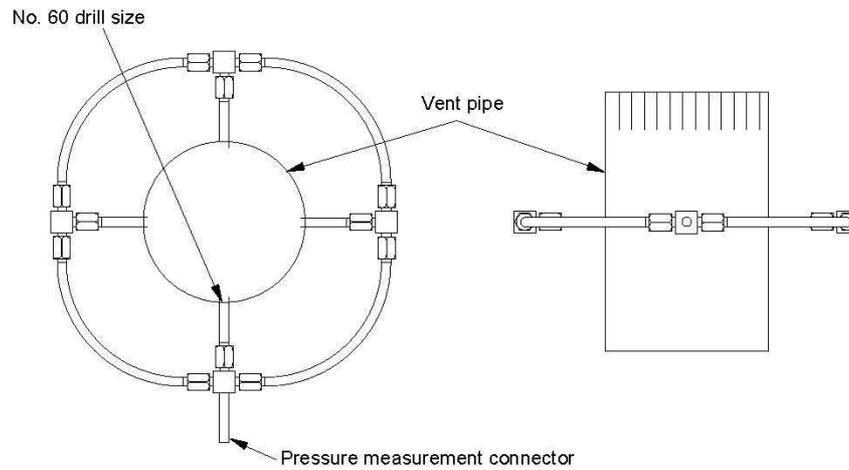


IEC 438/07  
Dimensions in millimetres

**Figure D.1 – Vent test wall**

Figure D.1 shows the vent test wall.

**Annex E**  
(normative)  
**Piezo ring and details of typical construction**



IEC 439/07

*Dimensions in millimetres*

**Figure E.1 – Piezo ring and details of typical construction**