

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>DIN EN 62282-3-2<br/>(VDE 0130-302)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>DIN</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. | <b>VDE</b> |
| <p>ICS 27.070</p> <p><b>Brennstoffzellentechnologien –<br/>Teil 3-2: Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme –<br/>Leistungskennwertprüfverfahren<br/>(IEC 62282-3-2:2006);<br/>Deutsche Fassung EN 62282-3-2:2006</b></p> <p>Fuel cell technologies –<br/>Part 3-2: Stationary fuel cell power systems –<br/>Performance test methods<br/>(IEC 62282-3-2:2006);<br/>German version EN 62282-3-2:2006</p> <p>Technologies des piles à combustible –<br/>Partie 3-2: Systèmes à piles à combustible stationnaires –<br/>Méthodes d'essai des performances<br/>(CEI 62282-3-2:2006);<br/>Version allemande EN 62282-3-2:2006</p> <p>Gesamtumfang 86 Seiten</p> <p>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |            |

## Beginn der Gültigkeit

Die von CENELEC am 2006-05-01 angenommene EN 62282-3-2 gilt als DIN-Norm ab 2007-02-01.

## Nationales Vorwort

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62282-3-2 (VDE 0130-302):2002-10.*

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 105 „Fuel cell technologies“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

## 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 60051 (Reihe)   | IEC 60051 (Reihe)   | DIN EN 60051 (Reihe)                         | –                                      |
| EN 60359:2002      | IEC 60359:2001      | DIN EN 60359:2002-09                         | –                                      |
| EN 60688:1992      | IEC 60688:1992      | DIN EN 60688:1993-12                         | –                                      |
| EN 61000-4-7:2002  | IEC 61000-4-7:2002  | DIN EN 61000-4-7<br>(VDE 0847-4-7):2003-08   | VDE 0847-4-7                           |
| EN 61000-4-13:2002 | IEC 61000-4-13:2002 | DIN EN 61000-4-13<br>(VDE 0847-4-13):2003-02 | VDE 0847-4-13                          |
| EN 61028:1993      | IEC 61028:1991      | DIN EN 61028:1993-12                         | –                                      |
| EN 61143 (Reihe)   | IEC 61143 (Reihe)   | DIN EN 61143 (Reihe)                         | –                                      |
| EN 61672-1:2003    | IEC 61672-1:2002    | DIN EN 61672-1:2003-10                       | –                                      |
| EN 61672-2:2003    | IEC 61672-2:2003    | DIN EN 61672-2:2004-08                       | –                                      |

| Europäische Norm     | Internationale Norm                                                                   | Deutsche Norm                              | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| EN 62052-11:2003     | IEC 62052-11:2003                                                                     | DIN EN 62052-11<br>(VDE 0418-2-11):2003-11 | VDE 0418-2-11                          |
| EN 62053-22:2003     | IEC 62053-22:2003                                                                     | DIN EN 62053-22<br>(VDE 0418-3-22):2003-11 | VDE 0418-3-22                          |
| –                    | ISO 3648:1994                                                                         | –                                          | –                                      |
| EN ISO 3744:1995     | ISO 3744:1994                                                                         | DIN EN ISO 3744:1995-11                    | –                                      |
| –                    | ISO 4677-1:1985                                                                       | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 4677-2:1985                                                                       | –                                          | –                                      |
| EN ISO 5167 (Reihe)  | ISO 5167 (Reihe)                                                                      | DIN EN ISO 5167 (Reihe)                    | –                                      |
| –                    | ISO 5348:1998                                                                         | DIN ISO 5348:1999-07                       | –                                      |
| –                    | ISO 6060:1989                                                                         | –                                          | –                                      |
| EN ISO 6326 (Reihe)  | ISO 6326 (Reihe)                                                                      | DIN EN ISO 6326 (Reihe)                    | –                                      |
| EN ISO 6974 (Reihe)  | ISO 6974 (Reihe)                                                                      | DIN EN ISO 6974 (Reihe)                    | –                                      |
| EN ISO 6975 (Reihe)  | ISO 6975 (Reihe)                                                                      | DIN EN ISO 6975 (Reihe)                    | –                                      |
| EN ISO 6976:2005     | ISO 6976:1995<br>+ Corrigendum 1:1997<br>+ Corrigendum 2:1997<br>+ Corrigendum 3:1999 | DIN EN ISO 6976:2005-09                    | –                                      |
| –                    | ISO 7934:1989<br>+ AMD 1:1998                                                         | DIN ISO 7934:2000-07                       | –                                      |
| –                    | ISO 7935:1992                                                                         | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 8217:1987                                                                         | DIN ISO 8217:1993-12                       | –                                      |
| –                    | ISO 9096:2003                                                                         | –                                          | –                                      |
| EN ISO 10101 (Reihe) | ISO 10101 (Reihe)                                                                     | DIN EN ISO 10101 (Reihe)                   | –                                      |
| –                    | ISO 10396:1993                                                                        | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 10523:1994                                                                        | –                                          | –                                      |
| EN ISO 10707:1997    | ISO 10707:1994                                                                        | DIN EN ISO 10707:1998-03                   | –                                      |
| –                    | ISO 10780:1994                                                                        | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 10849:1996                                                                        | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 11042-1:1996                                                                      | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 11042-2:1996                                                                      | –                                          | –                                      |
| EN ISO 11541:2002    | ISO 11541:1997                                                                        | DIN EN ISO 11541:2003-01                   | –                                      |
| –                    | ISO 11564:1998<br>+ Corrigendum 1:2000                                                | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 14687:1999<br>+ Corrigendum 1:2001                                                | –                                          | –                                      |
| –                    | ISO 16622:2002                                                                        | DIN ISO 16622:2003-03                      | –                                      |
| –                    | ASTM D4809-00                                                                         | –                                          | –                                      |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN 60051 (Reihe), *Direkt wirkende anzeigende elektrische Messgeräte und ihr Zubehör – Messgeräte mit Skalanzeige (IEC 60051 Reihe); Deutsche Fassung EN 60051 (Reihe).*

DIN EN 60359:2002-09, *Elektrische und elektronische Messeinrichtungen – Angabe zum Betriebsverhalten (IEC 60359:2001); Deutsche Fassung EN 60359:2002.*

DIN EN 60688:1993-12, *Messumformer für die Umwandlung von Wechselstromgrößen in analoge oder digitale Signale (IEC 60688:1992); Deutsche Fassung EN 60688:1992.*

**DIN EN 61000-4-7 (VDE 0847-4-7)**, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-7: Prüf- und Messverfahren – Allgemeiner Leitfadens für Verfahren und Geräte zur Messung von Oberschwingungen und Zwischenharmonischen in Stromversorgungsnetzen und angeschlossenen Geräten (IEC 61000-4-7); Deutsche Fassung EN 61000-4-7.*

**DIN EN 61000-4-13 (VDE 0847-4-13)**, *Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-13: Prüf- und Messverfahren – Prüfungen der Störfestigkeit am Wechselstrom-Netzanschluss gegen Oberschwingungen und Zwischenharmonische einschließlich leitungsgeführter Störgrößen aus der Signalübertragung auf elektrischen Niederspannungsnetzen (IEC 61000-4-13); Deutsche Fassung EN 61000-4-13.*

DIN EN 61028:1993-12, *Elektrische Messgeräte – X-Y-Schreiber (IEC 61028); Deutsche Fassung EN 61028.*

DIN EN 61143 (Reihe), *Elektrische Messgeräte – X-t-Schreiber (IEC 61143 Reihe); Deutsche Fassung EN 61143 (Reihe).*

DIN EN 61672-1, *Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 1: Anforderungen (IEC 61672-1); Deutsche Fassung EN 61672-1.*

DIN EN 61672-2, *Elektroakustik – Schallpegelmesser – Teil 2: Baumusterprüfungen (IEC 61672-2); Deutsche Fassung EN 61672-2.*

**DIN EN 62052-11 (VDE 0418-2-11)**, *Wechselstrom-Elektrizitätszähler – Allgemeine Anforderungen, Prüfungen und Prüfbedingungen – Teil 1: Messeinrichtungen (IEC 62052-11); Deutsche Fassung EN 62052-11.*

**DIN EN 62053-22 (VDE 0418-3-22)**, *Wechselstrom-Elektrizitätszähler – Besondere Anforderungen – Teil 22: Elektronische Wirkverbrauchszähler der Genauigkeitsklassen 0,2 S und 0,5 S (IEC 62053-22); Deutsche Fassung EN 62053-22.*

DIN EN ISO 3744:1995-11, *Akustik – Bestimmung der Schallleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen – Hüllflächenverfahren der Genauigkeitsklasse 2 für ein im Wesentlichen freies Schallfeld über einer reflektierenden Ebene (ISO 3744:1994); Deutsche Fassung EN ISO 3744:1995.*

DIN EN ISO 5167 (Reihe), *Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Kreisquerschnitt (ISO 5167 Reihe); Deutsche Fassung EN ISO 5167 (Reihe).*

DIN ISO 5348, *Mechanische Schwingungen und Stöße – Mechanische Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern (ISO 5348).*

DIN EN ISO 6326 (Reihe), *Erdgas – Bestimmung von Schwefelverbindungen (ISO 6326 Reihe); Deutsche Fassung EN ISO 6326 (Reihe).*

DIN EN ISO 6974 (Reihe), *Erdgas – Bestimmung der Zusammensetzung mit definierter Unsicherheit durch Gaschromatographie (ISO 6974 Reihe); Deutsche Fassung EN ISO 6974 (Reihe).*

DIN EN ISO 6975 (Reihe), *Erdgas – Erweiterte Analyse – Gaschromatographisches Verfahren (ISO 6975 Reihe); Deutsche Fassung EN ISO 6975 (Reihe).*

DIN EN ISO 6976, *Erdgas – Berechnung von Brenn- und Heizwert, Dichte, relativer Dichte und Wobbeindex aus der Zusammensetzung (ISO 6976); Deutsche Fassung EN ISO 6976.*

DIN ISO 7934, *Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung der Massenkonzentration von Schwefeldioxid, Wasserstoffperoxid/Bariumperchlorat/Thorin-Verfahren (ISO 7934).*

DIN ISO 8217, *Mineralölerzeugnisse – Kraft- und Brennstoffe (Klasse F) – Anforderungen an Schifffahrtsbrennstoffe; Identisch mit ISO 8217.*

DIN EN ISO 10101 (Reihe), *Erdgas – Bestimmung des Wassergehaltes nach Karl Fischer (ISO 10101 Reihe); Deutsche Fassung EN ISO 10101 (Reihe).*

DIN EN ISO 10707, *Wasserbeschaffenheit – Bestimmung der vollständigen aeroben biologischen Abbaubarkeit organischer Stoffe in einem wässrigen Medium – Verfahren mittels Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfs (geschlossener Flaschentest) (ISO 10707); Deutsche Fassung EN ISO 10707.*

DIN EN ISO 11541, *Erdgas – Bestimmung des Wassergehaltes unter hohem Druck (ISO 11541); Deutsche Fassung EN ISO 11541.*

DIN ISO 16622, *Meteorologie – Ultraschall-Anemometer/Thermometer – Abnahmeprüfverfahren für Messungen der mittleren Windgeschwindigkeit (ISO 16622).*

– Leerseite –

**Brennstoffzellentechnologien –  
Teil 3-2: Stationäre Brennstoffzellen-Energiesysteme –  
Leistungskennwertprüfverfahren  
(IEC 62282-3-2:2006)**

Fuel cell technologies –  
Part 3-2: Stationary fuel cell power systems –  
Performance test methods  
(IEC 62282-3-2:2006)

Technologies des piles à combustible –  
Partie 3-2: Systèmes à piles à combustible  
stationnaires –  
Méthodes d'essai des performances  
(CEI 62282-3-2:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-05-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

## CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung  
European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62282-3-2:2006 D

## Vorwort

Der Text des Schriftstücks 105/103/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62282-3-2, ausgearbeitet von dem IEC TC 105 „Fuel cell technologies“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-05-01 als EN 62282-3-2 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2007-02-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-05-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62282-3-2:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

ISO 8041 ANMERKUNG Harmonisiert als EN ISO 8041:2005 (nicht modifiziert).

## Inhalt

|                                                               | Seite |
|---------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort.....                                                  | 2     |
| Einleitung .....                                              | 6     |
| 1 Anwendungsbereich.....                                      | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                | 7     |
| 3 Begriffe und Symbole .....                                  | 9     |
| 3.1 Begriffe .....                                            | 9     |
| 3.2 Symbole.....                                              | 13    |
| 4 Referenzbedingung .....                                     | 16    |
| 4.1 Allgemeines .....                                         | 16    |
| 4.2 Temperatur und Druck .....                                | 16    |
| 4.3 Heizwert-Basis.....                                       | 16    |
| 5 Leistung und Einteilung der Prüfungen .....                 | 16    |
| 5.1 Leistungsprüfung.....                                     | 16    |
| 5.2 Einteilung der Prüfungen.....                             | 17    |
| 6 Prüfvorbereitungen .....                                    | 18    |
| 6.1 Allgemeines .....                                         | 18    |
| 6.2 Messunsicherheitsuntersuchung.....                        | 19    |
| 6.2.1 Untersuchung zu Messunsicherheitskriterien .....        | 19    |
| 6.2.2 Datenerfassungsplan .....                               | 19    |
| 7 Messinstrumente und Messmethoden .....                      | 19    |
| 7.1 Allgemeines .....                                         | 19    |
| 7.2 Messgeräte.....                                           | 19    |
| 7.3 Messmethoden .....                                        | 20    |
| 7.3.1 Elektrische Leistung .....                              | 20    |
| 7.3.2 Brennstoffverbrauch .....                               | 20    |
| 7.3.3 Messungen bei flüssigen Brennstoffen .....              | 22    |
| 7.3.4 Rückgeführte Wärme .....                                | 23    |
| 7.3.5 Messung des Spülgasflusses.....                         | 24    |
| 7.3.6 Merkmale des Oxidationsmittels (Luft) .....             | 24    |
| 7.3.7 Andere Fluidströme .....                                | 25    |
| 7.3.8 Abgasemissionsmessung.....                              | 25    |
| 7.3.9 Messung der Qualität des Abwassers.....                 | 27    |
| 7.3.10 Messung des pH-Werts.....                              | 27    |
| 7.3.11 Messung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (COD) .....   | 27    |
| 7.3.12 Messung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BOD)..... | 27    |
| 7.3.13 Geräuschpegel .....                                    | 27    |
| 7.3.14 Messung der Vibrationen .....                          | 28    |
| 7.3.15 Gesamtverzerrung.....                                  | 28    |

|                                                                                                                                           | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 7.3.16 Umgebungsbedingungen .....                                                                                                         | 28    |
| 8 Prüfmethoden und Berechnung der Ergebnisse .....                                                                                        | 29    |
| 8.1 Prüfplan .....                                                                                                                        | 29    |
| 8.1.1 Allgemeines .....                                                                                                                   | 29    |
| 8.1.2 Umgebungsbedingungen .....                                                                                                          | 29    |
| 8.1.3 Höchstzulässige Abweichungen in eingeschwungenen Betriebszuständen.....                                                             | 31    |
| 8.1.4 Durchführung des Prüfbetriebs.....                                                                                                  | 31    |
| 8.2 Prüfdauer und Ablesehäufigkeit .....                                                                                                  | 32    |
| 8.3 Berechnung der Ergebnisse .....                                                                                                       | 32    |
| 8.3.1 Elektrische Leistung.....                                                                                                           | 32    |
| 8.3.2 Brennstoffverbrauch .....                                                                                                           | 33    |
| 8.3.3 Berechnung der Brennstoffenergie.....                                                                                               | 34    |
| 8.3.4 Oxidationsmittel-(Luft-)verbrauch .....                                                                                             | 35    |
| 8.3.5 Berechnung der Energie des Oxidationsmittels (Luft).....                                                                            | 36    |
| 8.3.6 Elektrischer Wirkungsgrad.....                                                                                                      | 37    |
| 8.3.7 Wirkungsgrad der rückgeführten Wärme.....                                                                                           | 38    |
| 8.3.8 Energetischer Gesamtwirkungsgrad .....                                                                                              | 39    |
| 8.3.9 Merkmale des dynamischen Last- und thermischen Übergangsverhaltens.....                                                             | 39    |
| 8.3.10 Einschalt- und Abschalt-Charakteristik.....                                                                                        | 50    |
| 8.3.11 Spülgasverbrauch.....                                                                                                              | 50    |
| 8.3.12 Wasserverbrauch.....                                                                                                               | 51    |
| 8.3.13 Abwärme.....                                                                                                                       | 51    |
| 8.3.14 Abgasemissionen .....                                                                                                              | 51    |
| 8.3.15 Berechnung der Emissionsmenge.....                                                                                                 | 52    |
| 8.3.16 Geräuschpegel .....                                                                                                                | 52    |
| 8.3.17 Vibrationen.....                                                                                                                   | 52    |
| 8.3.18 Qualität des Abwassers .....                                                                                                       | 53    |
| 9 Prüfberichte .....                                                                                                                      | 53    |
| 9.1 Allgemeines .....                                                                                                                     | 53    |
| 9.2 Deckblatt.....                                                                                                                        | 53    |
| 9.3 Inhaltsverzeichnis .....                                                                                                              | 54    |
| 9.4 Zusammenfassender Bericht.....                                                                                                        | 54    |
| 9.5 Ausführlicher Bericht.....                                                                                                            | 54    |
| 9.6 Vollständiger Bericht.....                                                                                                            | 54    |
| Anhang A (normativ) Leitfaden zur Messunsicherheitsanalyse .....                                                                          | 55    |
| Anhang B (normativ) Berechnung des Brennstoffheizwerts .....                                                                              | 72    |
| Anhang C (normativ) Referenzgas .....                                                                                                     | 75    |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                   | 77    |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren<br>entsprechenden europäischen Publikationen ..... | 78    |

Bilder

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Bild 1 – Diagramm Brennstoffzellensystem .....                                | 7  |
| Bild 2 – Symbol-Diagramm .....                                                | 15 |
| Bild 3 – Betriebsverlaufsdarstellung des Brennstoffzellen-Energiesystems..... | 40 |
| Bild 4 – Steigungen der Flanken bei Lastwechseln.....                         | 41 |
| Bild 5 – Steigungen der Flanken bei Lastwechseln auf 90 %.....                | 42 |

Tabellen

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 – Symbole .....                                                                                                                                      | 13 |
| Tabelle 2 – Prüfkriterium und Einteilung der Prüfungen.....                                                                                                    | 17 |
| Tabelle 3 – Prüfkriterien und Systemzustände.....                                                                                                              | 30 |
| Tabelle 4 – Höchstzulässige Abweichungen der Betriebsbedingungen während einer Prüfung .....                                                                   | 31 |
| Tabelle 5 – Korrekturfaktoren für Vibrationen.....                                                                                                             | 53 |
| Tabelle A.1 – Zusammenfassung der Messparameter und deren Nennwerte.....                                                                                       | 60 |
| Tabelle A.2 – Nennwerte der berechneten Ergebnisse .....                                                                                                       | 61 |
| Tabelle A.3 – Elementare Fehlerquellen für die unterschiedlichen Parameter .....                                                                               | 61 |
| Tabelle A.4 – Absolute systematische Messunsicherheit ( $B_i$ ) und absolute zufällige<br>Messunsicherheit ( $2S_{xi}$ ) .....                                 | 63 |
| Tabelle A.5 – Empfindlichkeits-Koeffizienten für die Parameter $P_i$ .....                                                                                     | 65 |
| Tabelle A.6 – Sich fortplanzende systematische Messunsicherheit $B_R$ und zufällige<br>Messunsicherheit $2S_R$ .....                                           | 66 |
| Tabelle A.7 – Absolute Gesamtmessunsicherheit des Ergebnisses $U_{R95}$ und prozentuale<br>Messunsicherheit von $U_{R95}$ des elektrischen Wirkungsgrads ..... | 69 |
| Tabelle B.1 – Heizwerte für Erdgaskomponenten bei verschiedenen<br>Verbrennungsreferenzbedingungen für ideales Gas .....                                       | 72 |
| Tabelle C.1 – Referenzgas für Erdgas .....                                                                                                                     | 76 |
| Tabelle C.2 – Referenzgas für Propangas .....                                                                                                                  | 76 |

## Einleitung

Dieser Teil von IEC 62282 beschreibt die Leistungsmessung stationärer Brennstoffzellen-Energiesysteme für Haushalts-, kommerzielle, landwirtschaftliche und industrielle Anwendungen. Folgende Brennstoffzellen-Typen werden darin berücksichtigt: Alkalische Brennstoffzellen (AFC), Phosphorsäure-Brennstoffzellen (PAFC), Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen (PEFC), Schmelzkarbonat-Brennstoffzellen (MCFC) und Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC).

## 1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 62282 umfasst die Betriebs- und Umwelt-Aspekte der Leistung von stationären Brennstoffzellen-Energiesystemen. Die Prüfverfahren betreffen folgende Bereiche:

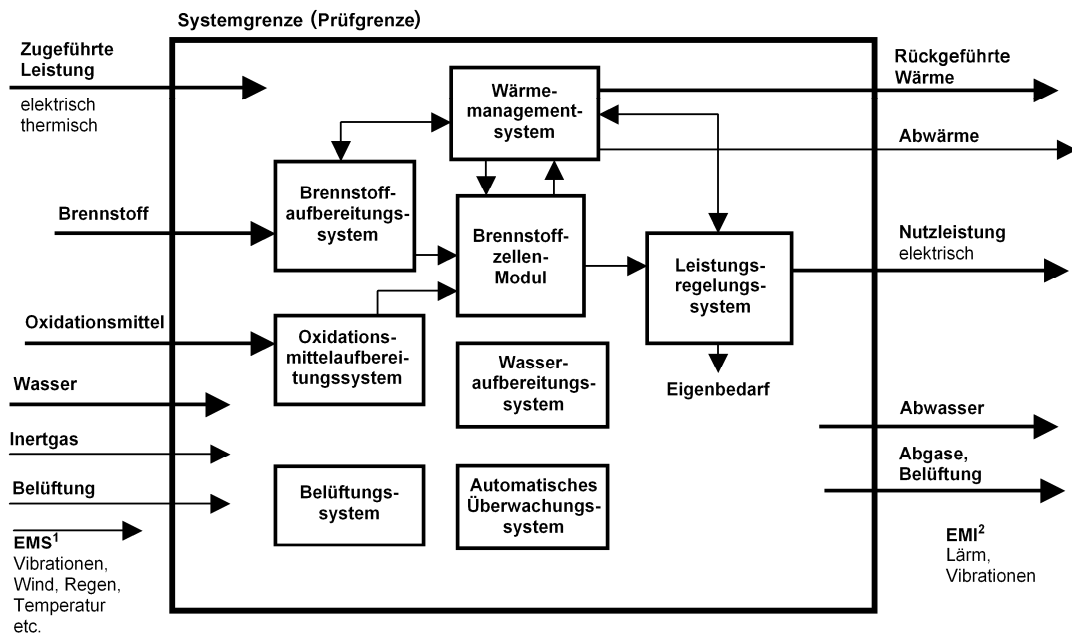
- Leistungsabgabe unter spezifizierten Betriebs- und Laständerungsbedingungen;
- elektrischer und thermischer Wirkungsgrad unter spezifizierten Betriebsbedingungen;
- Umwelteigenschaften; z. B. gasförmige Emissionen, Lärm usw. unter spezifizierten Betriebs- und Laständerungsbedingungen.

EMV wird in diesem Teil von IEC 62282 nicht behandelt.

Brennstoffzellen-Energiesysteme können in Abhängigkeit vom Typ der Brennstoffzelle und der jeweiligen Anwendung verschiedene Untersysteme haben, und sie haben unterschiedliche eingehende und ausgehende Stoff- und Energieströme. Gleichwohl wurden für die Bewertung des Brennstoffzellen-Energiesystems ein gemeinsames Systemdiagramm und eine Systemgrenze definiert (Bild 1). Folgende Punkte müssen bei der Festlegung der Prüfgrenzen des Brennstoffzellen-Energiesystems berücksichtigt werden:

- Alle Energierückgewinnungssysteme liegen innerhalb der Prüfgrenzen.
- Die Berechnung des Gesamtenthalpiestromes des zugeführten Brennstoffes (wie Erdgas, Propan, reiner Wasserstoff usw.) basiert auf dem Zustand des Brennstoffs an der Systemgrenze des Brennstoffzellen-Energiesystems.

Diese Norm berücksichtigt keine ein- oder austretende mechanische (Wellen-) Leistung oder mechanische Energie. Mechanische Systeme, die zum Betrieb der Brennstoffzellen erforderlich sind (z. B. Belüftung, Mikroturbinen, Verdichter), müssen innerhalb der Prüfgrenzen liegen. Die direkte Messung dieser mechanischen Systeme innerhalb der Prüfgrenzen ist nicht erforderlich. Gleichwohl wird die Wirkung dieser Systeme im Rahmen des Betriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems berücksichtigt. Sofern mechanische (Wellen-) Leistung und Energie über die Prüfgrenzen tritt, sind weitere Messungen und Berechnungen erforderlich.



#### Legende



**Brennstoffzellen-Energiesystem** einschließlich Untersystemen. Die Schnittstelle wird als gedankliche oder funktionale Schnittstelle verstanden anstelle einer Hardware-Schnittstelle, wie etwa ein Leistungsmodul.



**Untersystem:** Brennstoffzellenmodul, Brennstoffaufbereitung usw. Der Aufbau der Untersysteme ist abhängig von der Art des Brennstoffs, dem Typ der Brennstoffzelle oder dem System.



**Schnittstellenpunkte** an der Systemgrenze, die zur Ermittlung von Berechnungsdaten zu messen sind.

<sup>1</sup> EMS: Elektromagnetische Empfindlichkeit

<sup>2</sup> EMI: Elektromagnetische Beeinflussung

**Bild 1 – Diagramm Brennstoffzellensystem**

## 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 60051 (Reihe), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60359:2001, *Electrical and electronic equipment – Expression of performance*

IEC 60688:1992, *Electrical measuring transducers for converting a.c. electrical quantities to analogue or digital signals*

IEC 61000-4-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*

IEC 61000-4-13, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-13: Testing and measurement techniques – Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests*

- IEC 61028:1991, *Electrical measuring instruments – X-Y recorders*
- IEC 61143 (alle Teile), *Electrical measuring instruments – X-t recorders*
- IEC 61672-1, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*
- IEC 61672-2, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 2: Pattern evaluation tests*
- IEC 62052-11, *Electricity metering equipment (AC) – General requirements, tests and test conditions – Part 11: Metering equipment*
- IEC 62053-22, *Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements – Part 22: Static meters for active energy (classes 0,2 S and 0,5 S)*
- ISO 3648, *Aviation fuels – Estimation of net specific energy*
- ISO 3744:1994, *Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane*
- ISO 4677-1, *Atmospheres for conditioning and testing – Determination of relative humidity – Part 1: Aspirated psychrometer method*
- ISO 4677-2, *Atmospheres for conditioning and testing – Determination of relative humidity – Part 2: Whirling psychrometer method*
- ISO 5167 (Reihe), *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full*
- ISO 5348, *Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers*
- ISO 6060, *Water quality – Determination of the chemical oxygen demand*
- ISO 6326 (Reihe), *Natural gas – Determination of sulfur compounds*
- ISO 6974 (Reihe), *Natural gas – Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography*
- ISO 6975 (Reihe), *Natural gas – Extended analysis – Gas-Chromatographic method*
- ISO 6976, *Natural gas – Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition*
- ISO 7934, *Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of sulfur dioxide – Hydrogen peroxide/barium perchlorate/thorin method*
- ISO 7935, *Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of sulfur dioxide – Performance characteristics of automated measuring methods*
- ISO 8217, *Petroleum products – Fuel (class F) – Specifications of marine fuels*
- ISO 9096, *Stationary source emissions – Manual determination of mass concentration of particulate matter*
- ISO 10101 (Reihe), *Natural gas – Determination of water by the Karl Fisher Method*
- ISO 10396, *Stationary source emissions – Sampling for the automated determination of gas concentrations*
- ISO 10523, *Water quality – Determination of pH*
- ISO 10707, *Water quality – Evaluation in an aqueous medium of the „ultimate“ aerobic biodegradability of organic compounds – Method by analysis of biochemical oxygen demand (closed bottle test)*

ISO 10780, *Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts*

ISO 10849, *Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – Performance characteristics of automated measuring systems*

ISO 11042-1, *Gas turbines – Exhaust gas emission – Part 1: Measurement and evaluation*

ISO 11042-2, *Gas turbines – Exhaust gas emission – Part 2: Automated emission monitoring*

ISO 11541, *Natural gas – Determination of water content at high pressure*

ISO 11564, *Stationary source emissions – Determination of the mass concentration of nitrogen oxides – Naphthylethylenediamine photometric method*

ISO 14687:1999, *Hydrogen fuel – Product specification*

ISO 16622, *Meteorology – Sonic anemometer/thermometers – Acceptance test methods for mean wind measurements*

ASTM D4809-00, *Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter (Precision Method)*

### 3 Begriffe und Symbole

#### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

##### 3.1.1

##### **Brennstoffzellen-Energiesystem**

System, das chemische Energie durch einen elektrochemischen Prozess in elektrische Energie (Gleich- oder Wechselstrom) und Wärmeenergie umwandelt

ANMERKUNG Das Brennstoffzellen-Energiesystem setzt sich zusammen aus allen oder einem Teil der folgenden Unter Systeme: einem oder mehreren Brennstoffzellenmodulen, einem Brennstoffaufbereitungssystem, einem Leistungsregelungssystem, einem Wärme-Managementsystem sowie weiteren Unter Systemen, soweit erforderlich. Ein allgemeines Brennstoffzellen-Energiesystem ist in Bild 1 dargestellt.

##### 3.1.2

##### **Schnittstellenpunkt**

Messpunkt an der Systemgrenze eines Brennstoffzellen-Energiesystems, an dem Stoffe und/oder Energie entweder zu- oder abgeführt werden

ANMERKUNG Diese Systemgrenze ist bewusst gewählt, um die Leistung des Systems genau messen zu können und falls nötig, sollten die festzulegenden Systemgrenzen oder Schnittstellenpunkte am Brennstoffzellen-Energiesystem (Bild 1) in Abstimmung mit den Betroffenen gewählt werden.

##### 3.1.3

##### **Eigenbedarf**

Leistung für Hilfsaggregate, Steuerungseinrichtungen und weitere Ausrüstung, welche notwendig ist, um ein Brennstoffzellen-Energiesystem zu betreiben

##### 3.1.4

##### **Brennstoffverbrauch**

Menge an Erdgas, Wasserstoff, Methanol, Benzin, Propan, Butan oder anderen Energieträgern, die unter spezifizierten Betriebsbedingungen vom Brennstoffzellen-Energiesystem verbraucht wird

### 3.1.5

#### **Oxidationsmittelverbrauch**

Menge an Sauerstoff, die unter spezifizierten Betriebsbedingungen vom Brennstoffzellen-Energiesystem verbraucht wird

### 3.1.6

#### **elektrischer Wirkungsgrad (eines Brennstoffzellen-Energiesystems)**

Verhältnis von abgeführter elektrischer Nettoleistung eines Brennstoffzellen-Energiesystems zu einem gegebenen Zeitpunkt zur gesamten demselben Brennstoffzellen-Energiesystem zum selben Zeitpunkt durch Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführten Leistung

ANMERKUNG Wenn die elektrische Energie zur Versorgung des Eigenbedarfs des Brennstoffzellensystems von einer externen Quelle zugeführt wird, wird zur Berechnung des Wirkungsgrades diese Energiemenge von der abgegebenen elektrischen Energie des Brennstoffzellensystems abgezogen.

### 3.1.7

#### **rückgeführte Wärme (eines Brennstoffzellen-Energiesystems)**

Wärmeenergie, die vom Brennstoffzellen-Energiesystem rückgeführt wird

ANMERKUNG Die rückgeführte Wärme wird gemessen, indem die Temperaturen und Durchflüsse der fluiden Medien (Wasser, Dampf, Luft oder Öl usw.) ermittelt werden, die am Schnittstellenpunkt des Brennstoffzellen-Energiesystems in das Wärmemanagement-Untersystem eintreten oder aus diesem austreten.

### 3.1.8

#### **Wirkungsgrad der Wärmerückführung (eines Brennstoffzellen-Energiesystems)**

Verhältnis der rückgeführten Wärmeenergie zur gesamten durch Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführten Leistung zu einem bestimmten Zeitpunkt

### 3.1.9

#### **Gesamtwirkungsgrad (eines Brennstoffzellen-Energiesystems)**

Summe aus elektrischem Wirkungsgrad und dem Wirkungsgrad der rückgeführten Wärme

### 3.1.10

#### **kalter Zustand**

Zustand eines Brennstoffzellen-Energiesystems bei Umgebungstemperatur, ohne dass Leistung zu- oder abgeführt wird

### 3.1.11

#### **Lagerungszustand**

Zustand des nicht betriebsbereiten Brennstoffzellen-Energiesystems, bei dem unter vom Hersteller festgelegten Bedingungen die Zufuhr von Wärme oder elektrischer Energie erforderlich ist, um den Verschleiß von Bauteilen zu verhindern

### 3.1.12

#### **Bereitschaftszustand**

Zustand, bei dem sich das Brennstoffzellen-Energiesystem auf Betriebstemperatur befindet und sich in einem Betriebsmodus befindet, aus dem heraus es unmittelbar in einen Betriebsmodus geschaltet werden kann, in dem es elektrische Nettoleistung abgibt

### 3.1.13

#### **Anfahrzeit**

erforderliche Zeitdauer für den Übergang vom kalten Zustand in den Zustand der elektrischen Netto-Leistungsabgabe; dies gilt für Systeme, die für die Aufrechterhaltung des Lagerungszustandes keine externe Leistung benötigen; bzw. erforderliche Zeitdauer für den Übergang vom Lagerungszustand in den Zustand der elektrischen Netto-Leistungsabgabe; dies gilt für Systeme, die für die Aufrechterhaltung des Lagerungszustandes externe Leistung benötigen

**3.1.14****Abschaltzeit**

Zeitdauer zwischen dem Zeitpunkt der Trennung der Last bei Bemessungsleistung und dem Zeitpunkt der Beendigung der Abschaltprozedur, wie von Hersteller festgelegt

ANMERKUNG Als Abschaltvorgang werden folgende Fälle betrachtet: normale Abschaltung und Notabschaltung.

**3.1.15****Lastwechsel-Reaktionszeit**

Zeitdauer zwischen dem Zeitpunkt, zu dem eine Änderung der elektrischen oder thermischen Ausgangsleistung initiiert wird, und dem Zeitpunkt, zu dem die elektrische oder thermische Ausgangsleistung den Soll-Wert eingeschwungen innerhalb der entsprechenden Toleranz erreicht hat

**3.1.16****90-%-Lastwechsel-Reaktionszeit**

Zeitdauer zwischen dem Zeitpunkt, zu dem eine Änderung der elektrischen oder thermischen Ausgangsleistung initiiert wird, und dem Zeitpunkt, zu dem die elektrische oder thermische Ausgangsleistung 90 % des Soll-Wertes erreicht hat

**3.1.17****Reaktionszeit bei Lastwechsel auf Bemessungsleistung**

Zeitdauer zwischen dem Zeitpunkt der Initiierung eines schrittförmigen Lastwechsels auf Bemessungsleistung und dem ersten Zeitpunkt des Erreichens der Bemessungsleistung

**3.1.18****Anfahrenergie**

Summe der elektrischen, thermischen und/oder chemischen (Brennstoff-) Energie, die während der Anfahrzeit erforderlich ist

**3.1.19****Abgaszusammensetzung**

Konzentrationen der gesamten Schwefeloxide ( $\text{SO}_x$ ), Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ), Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), Kohlenstoffmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffverbindungen und Abgaspartikel im Abgas

ANMERKUNG Gemessen an dem Punkt des Übertritts in die Umgebung, wie im vorliegenden Teil von IEC 62282 beschrieben.

**3.1.20****Geräuschpegel**

Schalldruckpegel, der vom Brennstoffzellen-Energiesystem abgegeben wird und in einem festgelegten Abstand in sämtlichen Betriebszuständen gemessen wird

ANMERKUNG Ausgedrückt in Dezibel (dB) und gemessen nach Anweisung dieses Dokuments.

**3.1.21****Hintergrundgeräuschpegel**

Schalldruckpegel der Umgebungsgeräusche am Messpunkt

ANMERKUNG Diese Messung ist nach Anweisung dieses Dokuments durchzuführen, während sich das Brennstoffzellen-Energiesystem im kalten Zustand befindet.

**3.1.22****Vibrationspegel**

maximaler Messwert der mechanischen Schwingungen, die das Brennstoffzellen-Energiesystem während aller Betriebsarten erzeugt

ANMERKUNG Dieser Wert wird in Dezibel (dB) nach Anweisung dieses Dokuments gemessen.

**3.1.23**

**Hintergrund-Vibrationspegel**

mechanische Schwingungen aus der Umgebung, die die Ergebnisse der Schwingungsmessung beeinflussen

ANMERKUNG Hintergrund-Vibrationen werden gemessen, während sich das Brennstoffzellen-Energiesystem im kalten Zustand befindet.

**3.1.24**

**Abwasser**

Wasser, das das Brennstoffzellen-Energiesystem verlässt

ANMERKUNG Abwasser stellt keinen Teil des Wärmerückführungssystems dar.

**3.1.25**

**Wasserverbrauch**

Wasser, mit dem das Brennstoffzellen-Energiesystem von außerhalb der Prüfgrenzen versorgt wird und das keine anfängliche Befüllung darstellt

**3.1.26**

**Abwärme**

abgegebene nicht genutzte Wärme

**3.1.27**

**Prüflauf**

Zeitabschnitt, innerhalb dessen die Messwerte von Datenpunkten aufgezeichnet werden, die zur Berechnung der Prüfergebnisse erforderlich sind

ANMERKUNG Berichtete Ergebnisse werden auf der Grundlage dieser Datenpunkte berechnet.

**3.1.28**

**Spülgasverbrauch**

Menge an Inertgas oder Verdünnungsgas, mit der das Brennstoffzellen-Energiesystem unter bestimmten Bedingungen versorgt wird, um es für Betrieb oder Abschaltung vorzubereiten

### 3.2 Symbole

Symbole und deren Bedeutung, die in diesem Teil der Norm IEC 62282 verwendet werden, sind in Tabelle 1 mit den entsprechenden Einheiten enthalten.

**Tabelle 1 – Symbole**

| Symbol                   | Begriff                                                                                                                                        | Einheit               |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b><math>q_v</math></b>  | <b>Volumenstrom</b>                                                                                                                            |                       |
| $q_{vf}$                 | Volumenstrom des Brennstoffs bei Temperatur $t_f$ und Druck $p_f$                                                                              | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| $q_{vf0}$                | Volumenstrom des Brennstoffs bei Referenzbedingungen                                                                                           | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| $q_{ve}$                 | Volumenstrom des Abgases bei Abgastemperatur und -druck                                                                                        | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| $q_{va}$                 | Volumenstrom der Luft bei Temperatur $t_a$ und Druck $p_a$                                                                                     | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| $q_{va0}$                | Volumenstrom der Luft bei Referenzbedingungen                                                                                                  | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| $q_{vw}$                 | Volumenstrom von Wasser bei Prozesstemperatur und -druck                                                                                       | $\text{m}^3/\text{s}$ |
| <b><math>q_m</math></b>  | <b>Massendurchfluss</b>                                                                                                                        |                       |
| $q_{mf}$                 | Massenstrom des Brennstoffs                                                                                                                    | $\text{kg/s}$         |
| $q_{ma}$                 | Massenstrom der Luft                                                                                                                           | $\text{kg/s}$         |
| $q_{mHR1}$               | Massenstrom des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids an der Schnittstelle des Fluidaustritts                                               | $\text{kg/s}$         |
| $q_{mHR2}$               | Massenstrom des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids an der Schnittstelle des Fluideintritts (Rückfuhr zum Brennstoffzellen-Energiesystem) | $\text{kg/s}$         |
| $q_{me}$                 | Massenstrom des Abgases                                                                                                                        | $\text{kg/s}$         |
| <b><math>P</math></b>    | <b>Elektrische Wirkleistung</b>                                                                                                                |                       |
| $P_{out}$                | Wirkleistung der elektrischen Ausgangsleistung (einschließlich Gleichstrom)                                                                    | W, kW                 |
| $P_{in}$                 | Wirkleistung der elektrischen Eingangsleistung externer Leistungsquellen (einschließlich Gleichstrom)                                          | W, kW                 |
| <b><math>p</math></b>    | <b>Druck</b>                                                                                                                                   |                       |
| $p_0$                    | Referenzdruck                                                                                                                                  | kPa                   |
| $p_f$                    | Brennstoffdruck                                                                                                                                | kPa                   |
| $p_a$                    | Druck des Oxidationsmittels (Luft)                                                                                                             | kPa                   |
| $p_{HR1}$                | Austrittsdruck des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                                    | kPa                   |
| $p_{HR2}$                | Eintrittsdruck des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                                    | kPa                   |
| <b><math>t</math></b>    | <b>Temperatur</b>                                                                                                                              |                       |
| $t_0$                    | Referenztemperatur                                                                                                                             | K                     |
| $t_f$                    | Brennstofftemperatur                                                                                                                           | K                     |
| $t_a$                    | Temperatur des Oxidationsmittels (Luft)                                                                                                        | K                     |
| $t_{HR1}$                | Austrittstemperatur des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                               | K                     |
| $t_{HR2}$                | Eintrittstemperatur des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                               | K                     |
| <b><math>\rho</math></b> | <b>Dichte</b>                                                                                                                                  |                       |
| $\rho_{f0}$              | Dichte des Brennstoffs bei Referenzbedingungen                                                                                                 | $\text{kg/m}^3$       |
| $\rho_f$                 | Dichte des flüssigen Brennstoffs bei Temperatur $t_f$                                                                                          | $\text{kg/m}^3$       |
| $\rho_{a0}$              | Dichte des Oxidationsmittels (Luft) bei Referenzbedingungen                                                                                    | $\text{kg/m}^3$       |
| $\rho_e$                 | Massenkonzentration der Emissionen bei Abgastemperatur und -druck                                                                              | $\text{kg/m}^3$       |
| $x_j$                    | Molarer Anteil der Komponente $j$                                                                                                              | –                     |

| Symbol                        | Begriff                                                                                                                                            | Einheit           |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b><math>Q</math></b>         | <b>Thermische Größen</b>                                                                                                                           |                   |
| $Q_{HR}$                      | Wärmestrom der rückgeführten thermischen Energie                                                                                                   | kJ/s              |
| $Q_{f0}$                      | Heizwert des Brennstoffs bei Referenzbedingungen                                                                                                   | kJ/mol            |
| $Q_{fl}$                      | Heizwert des Brennstoffs im flüssigen Zustand                                                                                                      | kJ/kg             |
| $Q_{f0j}$                     | Heizwert der Komponente $j$                                                                                                                        | kJ/mol            |
| $Q_{WH}$                      | Abwärme                                                                                                                                            | kJ/s              |
| <b><math>H, h</math></b>      | <b>Enthalpie, spezifische Enthalpie</b>                                                                                                            |                   |
| $h_{HR1}$                     | Austrittsenthalpie des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                                    | kJ                |
| $h_{HR2}$                     | Eintrittsenthalpie des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids                                                                                    | kJ                |
| $h_{HR1}$                     | Spezifische Enthalpie des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids bei Temperatur $t_{HR1}$ und Druck $p_{HR1}$                                    | kJ/kg             |
| $h_{HR2}$                     | Spezifische Enthalpie des zur Wärmerückführung eingesetzten Fluids bei Temperatur $t_{HR2}$ und Druck $p_{HR2}$                                    | kJ/kg             |
| $h_f$                         | Spezifische Enthalpie des Brennstoffs bei Temperatur $t_f$                                                                                         | kJ/mol            |
| $h_{f0}$                      | Spezifische Enthalpie des Brennstoffs bei Referenztemperatur                                                                                       | kJ/mol            |
| $h_a$                         | Spezifische Enthalpie des Oxidationsmittels (Luft) bei Temperatur $t_f$                                                                            | kJ/mol            |
| $H_{a0}$                      | Spezifische Enthalpie des Oxidationsmittels (Luft) bei Referenztemperatur                                                                          | kJ/mol            |
| <b><math>E</math></b>         | <b>Eingangsenergie</b>                                                                                                                             |                   |
| $E_{fv}$                      | Energie des zugeführten Brennstoffs                                                                                                                | kJ/m <sup>3</sup> |
| $E_{pf}$                      | Druck-Energie des Brennstoffs                                                                                                                      | kJ/mol            |
| $E_{av}$                      | Energie des zugeführten Oxidationsmittels (Luft)                                                                                                   | kJ/m <sup>3</sup> |
| $E_{pa}$                      | Druck-Energie des Oxidationsmittels (Luft)                                                                                                         | kJ/mol            |
| $Q_{in}$                      | Gesamt-Eintrittsenergie des Brennstoffs und des Oxidationsmittels                                                                                  | kJ/s              |
| <b><math>\eta</math></b>      | <b>Wirkungsgrad</b>                                                                                                                                |                   |
| $\eta_e$                      | Elektrischer Wirkungsgrad                                                                                                                          | %                 |
| $\eta_{th}$                   | Wirkungsgrad der rückgeführten Wärme                                                                                                               | %                 |
| $\eta_{total}$                | Energetischer Gesamtwirkungsgrad                                                                                                                   | %                 |
| <b><math>V</math></b>         | <b>Spannung</b>                                                                                                                                    |                   |
| $V_{out}$                     | Spannung der elektrischen Ausgangsleistung                                                                                                         | V, kV             |
| $V_{in}$                      | Spannung der elektrischen Eingangsleistung                                                                                                         | V, kV             |
| <b><math>I</math></b>         | <b>Strom</b>                                                                                                                                       |                   |
| $I_{out}$                     | Strom der elektrischen Ausgangsleistung                                                                                                            | A                 |
| $I_{in}$                      | Strom der elektrischen Eingangsleistung                                                                                                            | A                 |
| <b><math>\lambda</math></b>   | <b>Leistungsfaktor</b>                                                                                                                             |                   |
| $\lambda_{out}$               | Leistungsfaktor der elektrischen Ausgangsleistung                                                                                                  | –                 |
| $\lambda_{in}$                | Leistungsfaktor der elektrischen Eingangsleistung                                                                                                  | –                 |
| <b><math>T, PR, QR</math></b> | <b>Reaktionszeit, Anstiegsrate</b>                                                                                                                 |                   |
| $T_{oben}$                    | – Reaktionszeit von Minimalleistung auf Bemessungsleistung<br>– Reaktionszeit von minimaler thermischer Leistung auf thermische Bemessungsleistung | s                 |
| $T_{unten}$                   | – Reaktionszeit von Bemessungsleistung auf Minimalleistung<br>– Reaktionszeit von thermischer Bemessungsleistung auf minimale thermische Leistung  | s                 |

| Symbol                                                      | Begriff                                                                                                                                                                                                                                                        | Einheit           |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $T_{\text{oben90}}$                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktionszeit, bis die Leistung 90 % des spezifizierten oberen Anforderungswertes erreicht</li> <li>Reaktionszeit, bis die Leistung 90 % des spezifizierten oberen thermischen Anforderungswertes erreicht</li> </ul>   | s                 |
| $T_{\text{unten90}}$                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktionszeit, bis die Leistung 90 % des spezifizierten unteren Anforderungswertes erreicht</li> <li>Reaktionszeit, bis die Leistung 90 % des spezifizierten unteren thermischen Anforderungswertes erreicht</li> </ul> | s                 |
| $PR_{\text{Bemessung}}$                                     | Steigung von minimaler auf Bemessungsleistung                                                                                                                                                                                                                  | W/s, kW/s         |
| $PR_{\text{min}}$                                           | Steigung von Bemessungsleistung auf minimale Leistung                                                                                                                                                                                                          | W/s, kW/s         |
| $PR_{\text{oben90}}$                                        | Steigung von minimaler elektrischer Leistung auf 90 % der elektrischen Bemessungsleistung                                                                                                                                                                      | W/s, kW/s         |
| $PR_{\text{unten90}}$                                       | Steigung von elektrischer Bemessungsleistung auf die Leistung, die 90 % der gesamten abwärts gerichteten Differenz zwischen Bemessungsleistung und minimaler Leistung entspricht                                                                               | W/s, kW/s         |
| $QR_{\text{Bemessung}}$                                     | Steigung von minimaler thermischer Leistung auf thermische Bemessungsleistung                                                                                                                                                                                  | kJ/s/s, W/s, kW/s |
| $QR_{\text{min}}$                                           | Steigung von thermischer Bemessungsleistung auf minimale thermische Leistung                                                                                                                                                                                   | kJ/s/s, W/s, kW/s |
| $QR_{\text{oben90}}$                                        | Steigung von minimaler thermischer Leistung auf 90 % thermische Bemessungsleistung                                                                                                                                                                             | kJ/s/s, W/s, kW/s |
| $QR_{\text{unten90}}$                                       | Steigung von thermischer Bemessungsleistung auf die thermische Leistung, die 90 % der gesamten abwärts gerichteten Differenz zwischen thermischer Bemessungsleistung und minimaler thermischer Leistung entspricht                                             | kJ/s/s, W/s, kW/s |
| ANMERKUNG Wichtige Symbole der Brennstoffzelle nach Bild 2. |                                                                                                                                                                                                                                                                |                   |

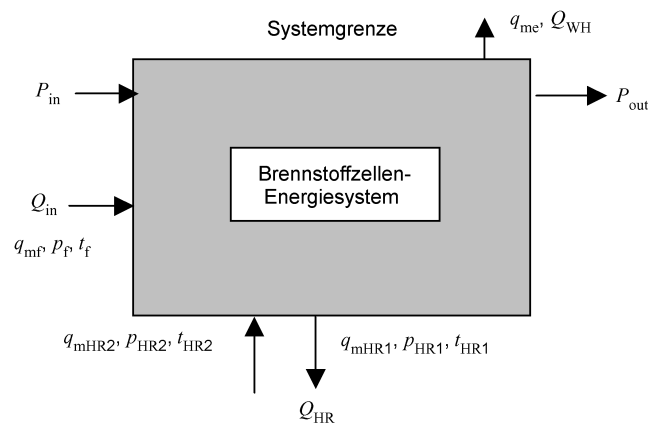


Bild 2 – Symbol-Diagramm

## 4 Referenzbedingung

### 4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt enthält grundlegende Referenzbedingungen zur Berechnung der Prüfergebnisse.

### 4.2 Temperatur und Druck

Die Referenzbedingungen sind folgendermaßen spezifiziert:

Referenztemperatur:  $t_0 = 288,15 \text{ K (15 °C)}$

Referenzdruck:  $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$

### 4.3 Heizwert-Basis<sup>N1)</sup>

Unter Heizwert des Brennstoffs wird der untere Brennwert (LHV – lower heating value) verstanden.

$$\eta_e \text{ bzw. } \eta_{th} = XX \%$$

Im Fall der Anwendung des LHV ist es nicht nötig, das Symbol „LHV“ hinzuzufügen.

Wird der HHV verwendet, muss die Abkürzung „HHV“ zum Wert des Energiewirkungsgrads wie folgt hinzugefügt werden:

$$\eta_e \text{ bzw. } \eta_{th} = XX \% \text{ (HHV)}$$

ANMERKUNG LHV: Unterer Heizwert; HHV: Oberer Heizwert.

## 5 Leistung und Einteilung der Prüfungen

### 5.1 Leistungsprüfung

Die Bewertung der Leistung des Brennstoffzellen-Energiesystems muss von folgenden Gesichtspunkten betrachtet werden:

- a) Betrieb: Leistungsprüfung des Systems unter normalem Betrieb sowie während betriebsbedingter Übergangszustände.
- b) Umweltaspekte: Prüfung, wie das System seine Umgebung beeinflusst.

Tabelle 2 führt die Prüfkriterien für die Leistungsprüfung im Betrieb sowie die Leistungsprüfung unter Umweltaspekten auf. Das Brennstoffzellen-Energiesystem ist den Prüfkriterien nach [Tabelle 2](#) im Ganzen zu unterwerfen.

Sofern nicht anders angegeben, sind sämtliche Prüfungen für sämtliche Brennstoffzellentypen erforderlich. Unterschiede in Aufbau und Technologie des Systems können dazu führen, dass bestimmte Prüfungen nicht ausgeführt werden müssen. (Beispielsweise erfordert ein System ohne Wärmerückführung keine Messung der rückgeführten Wärme.)

<sup>N1)</sup> Im Deutschen ist die Bezeichnung unterer Heizwert (LHV) und oberer Heizwert (HHV) nicht mehr üblich. Es gibt nur noch die Bezeichnung Heizwert (LHV) und Brennwert (HHV).

## 5.2 Einteilung der Prüfungen

Nach dem Internationalen Elektrotechnischen Wörterbuch (IEV) sind grundsätzlich drei Kategorien von Prüfungen definiert. Gleichwohl sind zum Zweck größerer Klarheit nachfolgend weitere Erläuterungen aufgeführt.

### a) Baumusterprüfung

Eine Prüfung der Ausführung eines oder mehrerer Geräte, um nachzuweisen, dass die Ausführung bestimmte Spezifikationen erfüllt.

**ANMERKUNG 1** Baumusterprüfungen sind verpflichtend. Sie sind auf eine repräsentative Anzahl von Brennstoffzellen-Energiesystemen anzuwenden, von denen jedes einzelne als eine Einheit betrachtet wird. Das Ziel ist der Nachweis, dass die Ausführung ausgewählten Anforderungen entspricht.

### b) Stückprüfung

Eine Prüfung, der jedes einzelne Gerät während und/oder nach der Herstellung unterworfen wird, um sicherzustellen, dass es bestimmten Kriterien entspricht.

**ANMERKUNG 2** In diesem Dokument werden Stückprüfungen weder verlangt, noch als notwendig erachtet, noch identifiziert.

### c) Abnahmeprüfung

Eine vertragliche Prüfung, die dem Kunden gegenüber nachweist, dass das Gerät bestimmten Bedingungen der Spezifikation entspricht.

**ANMERKUNG 3** Abnahmeprüfungen, auf die sich der Hersteller und der Anwender verständigt haben und die den Spezifikationen des Anwenders entsprechen, können den in Tabelle 2 aufgelisteten Prüfkriterien entnommen werden. Sofern diese Prüfungen ausgewählt werden, sind sie nach diesem Dokument durchzuführen.

**ANMERKUNG 4** Baumusterprüfungen und Stückprüfungen werden grundsätzlich in gleicher Weise und unter Anwendung gleicher Prozeduren durchgeführt. Abweichungen zwischen Typprüfungen und Stückprüfungen können erforderlich sein, sofern Stückprüfungen durchgeführt werden (Beispielsweise können die strengsten Festigkeitsanforderungen entbehrlich sein oder die Anzahl der durchzuführenden Messungen darf unter der Anzahl für Serienprüfungen liegen). Diese Abweichungen werden in der Darstellung der Prüfmethoden erläutert.

**ANMERKUNG 5** Dieses Dokument beschreibt ausschließlich Prüfmethoden. Es werden keine Leistungszielwerte gesetzt.

**Tabelle 2 – Prüfkriterium und Einteilung der Prüfungen**

| Kriterium | Prüfung                                             | Baumusterprüfung | Stückprüfung |
|-----------|-----------------------------------------------------|------------------|--------------|
|           | <b>Betrieb</b>                                      |                  |              |
| 1         | Elektrische Leistungsabgabe                         | x                |              |
| 2         | Gesamtverzerrung                                    | x                |              |
| 3         | Brennstoffverbrauch                                 | x                |              |
| 4         | Oxidationsmittelverbrauch                           | x                |              |
| 5         | Elektrischer Wirkungsgrad                           | x                |              |
| 6         | Wirkungsgrad der rückgeführten Wärme                | x                |              |
| 7         | Energetischer Gesamtwirkungsgrad                    | x                |              |
| 8         | Dynamisches Übergangsverhalten der Ausgangsleistung | x                |              |
| 9         | Anfahr- und Abschaltcharakteristik                  | x                |              |
| 10        | Spülgasverbrauch                                    | x                |              |

| Kriterium | Prüfung                                               | Baumuster-<br>prüfung | Stückprüfung |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----------------------|--------------|
|           | <b>Betrieb</b>                                        |                       |              |
| 11        | Wasserverbrauch                                       | x                     |              |
| 12        | Abwärme                                               | x                     |              |
|           | <b>Umweltaspekte</b>                                  |                       |              |
| 1         | Partikelemission                                      | x                     |              |
| 2         | SO <sub>x</sub> -, NO <sub>x</sub> -Emission          | x                     |              |
| 3         | CO <sub>2</sub> -, CO-Emission                        | x                     |              |
| 4         | Gesamtkohlenwasserstoffemission, Wasserstoff-emission | x                     |              |
| 5         | Hörbarer Geräuschpegel                                | x                     |              |
| 6         | Vibrationspegel                                       | x                     |              |
| 7         | Abwasserqualität                                      | x                     |              |

## 6 Prüfvorbereitungen

### 6.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt typische Kriterien, die vor der Durchführung einer Prüfung zu berücksichtigen sind. Bei allen Prüfungen ist es erforderlich, die Messunsicherheit durch den Einsatz von Präzisionsmessgeräten und durch sachgerechte und detaillierte Planung der Prüfdurchführung zu minimieren. Detaillierte Prüf-anleitungen, basierend auf diesem Teil der IEC 62282, sind von den Beteiligten vor der Prüfung vorzubereiten. Die Prüfanleitung muss in schriftlicher Form vorliegen. Zu berücksichtigende Prüfkriterien sind in [Tabelle 3](#) aufgeführt.

Die Prüfanleitung muss Folgendes enthalten:

- Ziel;
- Prüfspezifikationen;
- Qualifikation des die Prüfung durchführenden Personals;
- Normen zur Qualitätssicherung (ISO 9000 oder andere vergleichbare Normen);
- einzuhaltende Messunsicherheit (mit Bezug auf [A.1](#) und [A.2](#));
- Messgeräteausstattung (mit Bezug auf [Abschnitt 7](#));
- abgeschätzter Bereich der Prüfparameter;
- Datenerfassungsplan (mit Bezug auf [6.2.2](#));
- Bezugnahme auf grundsätzliche Sicherheitsbetrachtungen für den Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff (nach den Anweisungen in der vom Endgerätehersteller zur Verfügung gestellten Dokumentation), sofern anwendbar.

## 6.2 Messunsicherheitsuntersuchung

### 6.2.1 Untersuchung zu Messunsicherheitskriterien

Für die vier unten genannten Messgrößen ist eine Untersuchung der Messunsicherheit durchzuführen, um die Zuverlässigkeit der Prüfergebnisse zu definieren und um den Anforderungen des Kunden zu entsprechen. Die nachfolgend aufgeführten Prüfergebnisse sind zur Bestimmung der absoluten und relativen Messunsicherheit zu untersuchen. Eine Prüfung ist so zu planen, dass die Zuverlässigkeit der Ergebnisse für die folgenden Punkte ausgewertet werden kann:

- elektrische Leistungsabgabe;
- elektrischer Wirkungsgrad;
- Wirkungsgrad der rückgeführten Wärme;
- energetischer Gesamtwirkungsgrad.

### 6.2.2 Datenerfassungsplan

Das Datenerfassungssystem (d. h. die Dauer und Häufigkeit der Aufzeichnung), das erforderlich ist, um die einzuhaltende Messunsicherheit zu erreichen sowie die zur Messwertaufzeichnung erforderliche Ausrüstung, die geeignet ist für die erforderliche Aufzeichnungshäufigkeit und -geschwindigkeit, sind vor Beginn der Leistungsprüfung vorzubereiten (siehe 8.2 und A.2).

## 7 Messinstrumente und Messmethoden

### 7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt die Messinstrumente, die zur Prüfung des Brennstoffzellen-Energiesystems eingesetzt werden, ihre Anwendung sowie zu ergreifende Vorsichtsmaßnahmen. Die Arten der eingesetzten Messinstrumente sowie die Messmethoden müssen den anwendbaren internationalen Normen entsprechen und sind so auszuwählen, dass die Messunsicherheit innerhalb der vom Hersteller vorgegebenen Zielabweichungen liegen. Falls erforderlich, ist eine zusätzliche externe Ausrüstung mit den geforderten Genauigkeitswerten einzusetzen.

Die in 7.2 aufgeführten Messgeräte und -ausrüstungen werden normalerweise zur Messung der Leistung von Brennstoffzellen-Energiesystemen eingesetzt.

### 7.2 Messgeräte

- a) Messgeräte zur Messung der elektrischen Leistungsabgabe und -aufnahme:
  - Spannungsmessgerät, Strommessgerät, Leistungsmessgerät und weitere Ausrüstung.
- b) Messgeräte zur Messung des Brennstoffverbrauchs:
  - Brennstoffdurchflussmessgeräte, Drucksensoren, Temperatursensoren.
- c) Messgeräte zur Messung des Heizwertes des Brennstoffs:
  - Gaschromatographen oder alternative Geräte mit vergleichbarer Genauigkeit;
  - Kalorimeter oder alternative Geräte mit vergleichbarer Genauigkeit.
- d) Messgeräte zur Messung der rückgeführten Wärme:
  - Durchflussmessgeräte, Temperatursensoren, Drucksensoren.
- e) Messgeräte zur Messung der Zusammensetzung des Abgases und der Qualität des Abwassers:
  - Abgasanalysegeräte; beispielsweise für Staub, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO sowie Gesamt-Kohlenwasserstoffe;
  - Geräte zur Bestimmung der Wasserqualität; beispielsweise pH-Messgerät, elektrochemische Sonde.

- f) Messgeräte zur Geräuschemessung:
  - Geräuschemessgeräte, Mikrofone.
- g) Messgeräte zur Vibrationsmessung:
  - Schwingungsmessgeräte, Beschleunigungsmessgeräte, Abtaster.
- h) Messgeräte zur Messung der Umgebungsbedingungen:
  - Barometer, Hygrometer, Temperatursensoren.

### 7.3 Messmethoden

#### 7.3.1 Elektrische Leistung

Die elektrische Leistungsmessung muss die elektrische Ausgangsleistung des Brennstoffzellen-Energiesystems und die elektrische Eingangsleistung für den Eigenbedarf umfassen. Die Messgrößen sind:

- a) Leistung;
- b) Spannung;
- c) Strom;
- d) Leistungsfaktor.

Diese sind nach IEC 60051, IEC 60359, IEC 62052-11, IEC 62053-22, IEC 60688, IEC 61028 und IEC 61143 zu messen.

##### 1) Vorbereitung der Messung

Elektrische Messgeräte für die Messung von Leistung, Spannung, Strom und Leistungsfaktor müssen vor Beginn der Messung hinsichtlich Messgenauigkeit und Kalibrierung als geeignet ermittelt worden sein.

##### 2) Anordnung der Messgeräte für elektrische Leistung

Um die elektrische Leistungsabgabe zu messen, sind ein elektrisches Leistungsmessgerät, ein Spannungsmessgerät, ein Strommessgerät sowie ein Messgerät für den Leistungsfaktor an der Schnittstelle der elektrischen Ausgangsleistung anzuordnen.

Um die elektrische Leistungsaufnahme für den Eigenbedarf aus einer externen Quelle zu messen, ist ein elektrisches Leistungsmessgerät, ein Spannungsmessgerät, ein Strommessgerät sowie ein Messgerät für den Leistungsfaktor an der Schnittstelle der elektrischen Eingangsleistung anzuordnen.

Die Messung des Leistungsfaktors ist durchzuführen, während das Brennstoffzellen-Energiesystem mit einer externen Last oder dem örtlichen Stromnetz verbunden ist.

#### 7.3.2 Brennstoffverbrauch

##### 7.3.2.1 Allgemeines

Es dürfen, abhängig von der Spezifikation des geprüften Brennstoffzellen-Energiesystems, entweder gasförmige oder flüssige Brennstoffe eingesetzt werden. Der Heizwert des Brennstoffs muss während der gesamten Prüfzeit konstant gehalten werden (siehe [Tabelle 4](#)).

##### 7.3.2.2 Gasförmiger Brennstoff

Die Merkmale des gasförmigen Brennstoffs müssen Angaben zu folgenden Merkmalen enthalten:

- a) Heizwert;
- b) Temperatur;
- c) Druck;
- d) Dichte.

Der Heizwert des gasförmigen Brennstoffs muss nach [8.3.3.1](#) berechnet werden.