

	DIN EN IEC 62282-4-600 (VDE 0130-4-600)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung 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.	VDE

ICS 27.070

Einsprüche bis 2022-05-04

Entwurf

Brennstoffzellentechnologien –

Teil 4-600: Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen (mit Ausnahme von Straßenfahrzeugen und Hilfsantrieben) – Leistungskennwerteproofverfahren für Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-Energiesysteme für Bagger (IEC 105/864/CDV:2021);

Deutsche und Englische Fassung prEN IEC 62282-4-600:2021

Fuel cell technologies –

Part 4-600: Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units (APU) – Fuel cell/battery hybrid systems performance test methods for excavators (IEC 105/864/CDV:2021);

German and English version prEN IEC 62282-4-600:2021

Technologies des piles à combustible –

Partie 4-600: Systèmes à piles à combustible pour la propulsion, autres que les véhicules routiers et groupes auxiliaires de puissance (GAP) – Méthodes d'essai des performances des systèmes hybrides à piles à combustible/batterie pour les pelles (IEC 105/864/CDV:2021);

Version allemande et anglaise prEN IEC 62282-4-600:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-03-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Merianstraße 28, 63069 Offenbach am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 79 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Nationales Vorwort

Die Deutsche Fassung des europäischen Dokuments prEN IEC 62282-4-600:2021-08 „Brennstoffzellentechnologien – Teil 4-600: Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen (mit Ausnahme von Straßenfahrzeugen und Hilfsantrieben) – Leistungskennwertprüfverfahren für Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-Energiesysteme für Bagger“ (Entwurf in der Umfrage) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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. Dem entsprechend ist das internationale Dokument IEC 105/864/CDV:2021-08 „Fuel cell technologies – Part 4-600: Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units (APU) – Fuel cell/battery hybrid systems performance test methods for excavators“ unverändert in den Entwurf prEN IEC 62282-4-600:2021-08 übernommen worden.

Da die Deutsche Fassung noch nicht endgültig mit der Englischen und Französischen Fassung abgeglichen ist, ist die englische Originalfassung des IEC-CDV 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 IEC/TC 105 „Fuel cell technologies“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Bei der Abstimmung zu dem Europäischen Schluss-Entwurf bei CENELEC und dem Internationalen Schluss-Entwurf bei IEC [Final Draft International Standard (FDIS)] sind jeweils nur „JA/NEIN“-Entscheidungen möglich, wobei „NEIN“-Entscheidungen fundiert begründet werden müssen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium DKE/K 384 „Brennstoffzellen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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

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

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Brennstoffzellentechnologien – Teil 4-600: Antriebe mit Brennstoffzellen-Energiesystemen (mit Ausnahme von Straßenfahrzeugen und Hilfsantrieben) – Leistungskennwerteprüfverfahren für Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-Energiesysteme für Bagger

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	8
4 Symbole.....	9
5 Konfiguration eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems.....	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.1.1 Hybridsystem.....	11
6 Referenzbedingungen.....	11
7 Vorbereitung der Prüfung.....	12
7.1 Allgemeines.....	12
7.2 Analyse des Messsystems.....	12
7.3 Datenerfassungsplan.....	12
8 Prüfaufbau.....	12
9 Messgeräte und Messverfahren.....	14
9.1 Allgemeines.....	14
9.2 Messgeräte.....	14
9.3 Messpunkte.....	15
9.4 Mindestanforderungen an die systematische Messunsicherheit.....	16
10 Prüfbedingungen.....	17
10.1 Laborbedingungen.....	17
10.2 Installation und Betriebsbedingungen des Systems.....	17
10.3 Zustand einer Energiequelle.....	17
10.4 Qualität des Prüfbrennstoffs.....	17
10.4.1 Wasserstoff.....	17
10.4.2 Methanollösung.....	17
11 Betriebsablauf.....	18
12 Prüfplan.....	19
13 Typprüfungen der elektrischen Leistung.....	19
13.1 Allgemeines.....	19
13.2 Brennstoffverbrauchsprüfung.....	19
13.2.1 Verbrauchsprüfung gasförmiger und flüssiger Wasserstoff-Brennstoffe.....	19
13.2.2 Prüfung des Methanolverbrauchs.....	23
13.3 Prüfung der elektrischen Leistungsabgabe.....	24

13.3.1	Allgemeines.....	24
13.3.2	Prüfverfahren.....	25
13.3.3	Berechnung der durchschnittlichen elektrischen Leistungsabgabe.....	25
13.3.4	Bestimmung des Batterie-Ladezustands.....	25
13.3.5	Berechnung des elektrischen Wirkungsgrads.....	25
13.4	Typprüfungen des Leistungsvermögens im Betrieb.....	26
13.4.1	Prüfung des Kaltstarts bei höchster Leistung.....	26
13.4.2	Prüfung des elektrischen Lastwechsels.....	26
13.4.3	Prüfung des energiebedarfsabhängigen Betriebs.....	27
14	Typprüfungen der Umweltverträglichkeit.....	27
14.1	Allgemeines.....	27
14.2	Geräuschpegelmessung.....	27
14.2.1	Allgemeines.....	27
14.2.2	Prüfbedingungen.....	28
14.3	Abgasmessungen.....	29
14.3.1	Allgemeines.....	29
14.3.2	Zu messende Komponenten.....	29
14.3.3	Prüfverfahren.....	30
14.3.4	Datenverarbeitung.....	30
14.4	Abwasserprüfung.....	33
14.4.1	Allgemeines.....	33
14.4.2	Prüfverfahren.....	33
14.5	Schwingungsprüfung.....	34
14.5.1	Allgemeines.....	34
14.5.2	Prüfungen in vertikaler Richtung.....	34
14.5.3	Prüfungen in Längs- und Querrichtung.....	34
14.5.4	Prüfung rauschförmiges Schwingen.....	34
15	Prüfart eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems an einem Bagger.....	35
15.1	Allgemeines.....	35
15.2	Prüfarten für Bagger.....	35
16	Prüfberichte.....	35
16.1	Allgemeines.....	35
16.2	Titelseite.....	36
16.3	Inhaltsverzeichnis.....	36
16.4	Zusammenfassender Bericht.....	36
Anhang A (informativ)	Beispiel für einen Prüfplan.....	37
Anhang B (informativ)	Beispiel für eine Prüfart eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems.....	38
B.1	Prüfarten für Bagger.....	38
B.1.1	Betriebsart Fahren.....	38
B.1.2	Betriebsart Heben.....	38

B.1.3	Betriebsart Ausheben (Graben).....	38
B.1.4	Betriebsart Nivellieren/Planieren.....	38
B.1.5	Betriebsart Zertrümmern/Brechen.....	38
B.2	Prüfbedingungen.....	39
B.3	Beispiele für Prüfzyklen.....	39
Anhang C (informativ) Richtlinien zur Erstellung von ausführlichen und vollständigen Berichten.....		41
C.1	Allgemeines.....	41
C.2	Ausführlicher Prüfbericht.....	41
C.3	Vollständiger Prüfbericht.....	41
Literaturhinweise.....		42
Bilder		
Bild 1 – Blockschaltbild eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems.....		6
Bild 2 – Konfiguration eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems.....		11
Bild 3 – Energiehybridisierung eines Brennstoffzellen-Batterie-Energiesystems.....		11
Bild 4 – Prüfanordnung für ein Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem mit Wasserstoff-Brennstoff, das nur elektrische Energie bereitstellt.....		13
Bild 5 – Prüfanordnung für ein Brennstoffzellen-Energiesystem für Methanol-Brennstoff, das nur elektrische Energie bereitstellt.....		14
Bild 6 – Das Bild wird am Ende angepasst (Perioden c und d), um einen Ladeendzustand gleich dem Ladeanfangszustand sicherzustellen und E/F-Perioden so anzupassen, dass kein Warten auf einen Ladeanfangszustand erforderlich ist.....		18
Bild 7 – Messpunkte des Geräuschpegels für Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsysteme.....		28
Bild 8 – Prüfung rauschförmiges Schwingen.....		35
Bild B.1 – Betriebsarten für ein in einem Bagger installiertes Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem.....		38
Tabellen		
Tabelle 1 – Symbole und ihre Bedeutungen für die elektrische/thermische Leistung.....		9
Tabelle 2 – Kompensation der Messwerte bezüglich des Einflusses von Hintergrundgeräuschen.....		28
Tabelle A.1 – Beispiel für einen Prüfplan.....		37
Tabelle B.1 – Beispiel für eine Prüfmethode eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems mit Bagger.....		39

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt die Anforderungen für Leistungskennwertprüfverfahren von Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystemen für elektrisch betriebene Anwendungen für Bagger.

Für diesen Zwecke enthält dieses Dokument Leistungsprüfungen und Schwingungsprüfungen für das Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem. Dieses Dokument enthält auch Verfahren für Leistungsprüfungen, deren Schwerpunkt auf Schwingungseigenschaften [und andere Eigenschaften] für Anlagenperipherie (BOP; en: balance of plant) liegt, welche in Schwerlastanwendungen mit einem Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem installiert sind.

Dieses Dokument ist anwendbar auf mit gasförmigem Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen, mit flüssigem Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen, auf Direkt-Methanol-Brennstoffzellen und Batterie-Hybrid-Energiesysteme.

Die folgenden Brennstoffe sind Bestandteil des Anwendungsbereichs dieser Norm:

- gasförmiger Wasserstoff und
- Methanol. Dieses Dokument gilt nicht für Brennstoffzellen-Energiesysteme mit Reformern.

Diese Norm könnte entweder auf Antriebe oder auf Hilfsantriebe (APU; en: auxiliary power unit) angewendet werden. Im Fall von APU kann das gleiche Hybrid-Energiesystem sowohl an Bord eines Fahrzeugs als auch als ortsfestes APU verwendet werden, wobei auch in letzterem Fall diese Norm angewendet werden kann.

Ein Blockschaltbild eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems ist in Bild 1 dargestellt. Dieses Dokument behandelt die Konfiguration, die Art der Hybridisierung, die Betriebsart für Brennstoffzelle und Batterie in einem Energiesystem.

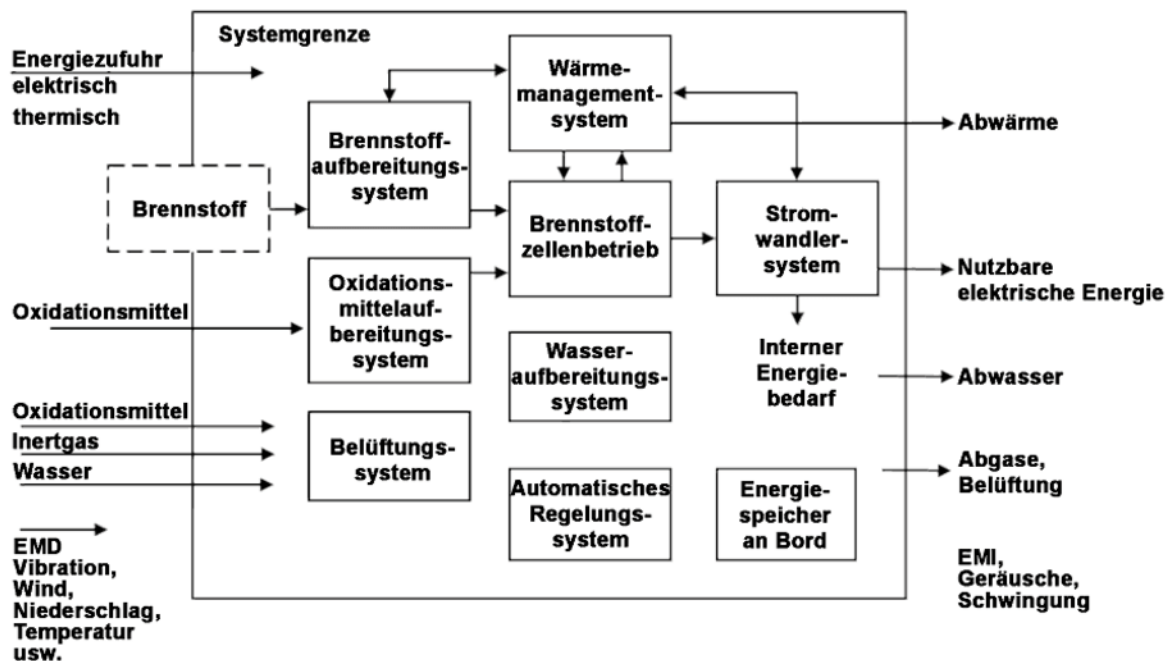


Bild 1 – Blockschaltbild eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems

2 Normative Verweisungen

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

IEC TS 60050-485, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 485: Fuel cell technologies*

IEC 62282-3-201, *Fuel cell technologies – Part 3-201: Small stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems*

IEC 62282-4-101, *Fuel cell technologies – Part 4-101: Fuel cell power systems for propulsion other than road vehicles and auxiliary power units (APU)*

IEC 62282-4-102, *Fuel cell technologies – Part 4-102: Fuel cell power systems for industrial electric trucks-performance test methods*

IEC 62282-6-300, *Fuel cell technologies - Part 6-300: Micro fuel cell power systems - Fuel cartridge interchangeability*

ISO 14687:2019, *Hydrogen fuel quality — Product specification*

ISO 6798-1:2020, *Reciprocating internal combustion engines — Measurement of sound power level using sound pressure — Part 1: Engineering method*

ISO 5815-2, *Water quality — Determination of biochemical oxygen demand after n days (BOD_n) — Part 2: Method for undiluted samples*

ISO 6060, *Water quality — Determination of the chemical oxygen demand*

ISO 14687-2, *Hydrogen fuel – Product Specification – Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles*

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC TS 60050-485 und die folgenden Begriffe.

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

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem

Brennstoffzellen-Energiesystem in Verbindung mit einer Batterie zum Zweck der Abgabe nutzbarer elektrischer Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Brennstoffzellen-Energiesystem kann Energie abgeben, die Batterie laden oder beides. Das System kann elektrische Energie abgeben und aufnehmen.

[QUELLE: IEV 485-09-18]

3.1.2

Brennstoffzellen-Energiesystem

Generatorsystem, das ein oder mehrere Brennstoffzellenmodule (IEV 485-09-03) zur Erzeugung elektrischer Energie und Wärme verwendet

3.1.3

Sekundärbatterie

Sekundärzelle

Zelle, die dafür konstruiert ist, wiederaufgeladen zu werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wiederaufladung wird durch eine reversible chemische Reaktion vollzogen. Sekundärbatterie, wie z. B. Lithiumionenbatterie, Luft-Metall-Batterie, Blei-Säure-Batterie, Nickel-Metallhydrid-Batterie, usw., die mittels elektrischer Energie von einer Brennstoffzelle und/oder von außerhalb wiederaufgeladen wird.

[QUELLE: IEV 482-01-03]

3.1.4

Stromwandlersystem

elektrisches oder elektronisches System, das erzeugte Energie in den erforderlichen Zustand wandeln kann

3.1.5

Lastausgleichssystem

eine elektrische oder elektronische Einrichtung, welche den Energiefluss zwischen Brennstoffzellenstack, Sekundärbatterie und Last ausgleichen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Verfahren, bei welchem während Perioden mit hohem Energiebedarf, Batterien zusätzlich zur Energie vom Brennstoffzellenstack Energie bereitstellen können, um den Energiebedarf zu decken. Während Perioden niedrigeren Bedarfs an elektrischer Energie kann Energie aus dem Brennstoffzellenstack in der Sekundärbatterie gespeichert werden.

3.1.6

aktives Hybridsystem

ein Hybridsystem, ausgestattet mit einem Gleichspannungswandler zwischen der Brennstoffzelle und der Batterie, zur Anpassung der Spannung jeder Energiequelle an die Sammelschienenenspannung und zur Regelung der Energieaufteilung zwischen jeder Energiequelle

3.1.7

Ladezustand

en **state of charge**

verfügbare Kapazität eines Batteriepacks oder -systems, angegeben in Prozent der Bemessungskapazität

3.2 Abkürzungen

Benennung	Definition
BMS	Batteriemanagementsystem
FMS	Brennstoffzellen-Regelungssystem (en: fuel cell management system)
BOP	Anlagenperipherie (en: balance of plant)
SOC	Ladezustand (en: state of charge)

4 Symbole

Symbole und deren Bedeutung, wie sie in diesem Teil von IEC 62282 verwendet werden, sind mit den entsprechenden Einheiten in [Tabelle 1](#) für die elektrische und thermische Leistung und in [Tabelle 2](#) für die Umweltverträglichkeit aufgeführt.

Tabelle 1 – Symbole und ihre Bedeutungen für die elektrische/thermische Leistung

Symbol	Definition	Einheit
E	Energie	
E_{mf}	Energiezufuhr aus gasförmigem Brennstoff je Masseinheit	kJ/kg
E_{vf}	Energiezufuhr von Brennstoff je Volumeneinheit	kJ/m ³
E_{fin}	Brennstoffenergiezufuhr	kJ
H	Heizwert	
H_{f0}	Heizwert des Brennstoffs auf molarer Basis bei Referenzbedingungen	kJ/mol
H_{f0j}	Heizwert der Komponente j bei der Referenztemperatur T_0	kJ/mol
H_{fl}	Heizwert des Flüssigbrennstoffs	kJ/kg
M	Molare Masse	
M_f	molare Masse des Brennstoffs	kg/mol
m	Masse	
m_f	Brennstoffmasse, gemessen über die Prüfdauer	kg
P, dP	Leistung, Leistungswechselrate	
P_n	durchschnittliche elektrische Nettoleistungsabgabe	kW
P_d	Änderung der elektrischen Leistungsabgabe zwischen P_{rated} und P_{min}	kW
P_{min}	elektrische Mindestleistungsabgabe	kW
dP_{down}	Abnahme der elektrischen Leistungsabgabe	kW/s
dP_{up}	Zunahme der elektrischen Leistungsabgabe	kW/s
p	Druck	
p_0	Referenzdruck (101,325 kPa(abs))	kPa(abs)
p_f	durchschnittlicher Druck des Brennstoffs	kPa(abs)
q_m	Massendurchfluss	
q_{mf}	durchschnittlicher Massendurchfluss des Brennstoffs	kg/s
q_v	Volumendurchfluss	
q_{vf}	durchschnittlicher Volumendurchfluss des Brennstoffs bei Prüfbedingungen	m ³ /s
q_{v0}	durchschnittlicher Volumendurchfluss des Brennstoffs bei Referenzbedingungen	m ³ /s
T	Temperatur	
T_0	Referenztemperatur (288,15 K)	K
T_f	durchschnittliche Brennstofftemperatur	K
T_s	Normaltemperatur (273,15 K)	K
t	Zeit	

Symbol	Definition	Einheit
Δt	Prüfdauer	s
Δt_{st}	Startzeit	s
t_{st1}	Startzeit der Anfahrtsphase	s
t_{st2}	Zeit des Abschlusses der Anfahrtsphase	s
Δt_{shut}	Abschaltdauer	s
t_{shut1}	Startzeit der Abschaltphase	s
t_{shut2}	Zeit des Abschlusses der Abschaltphase	s
Δt_{icdown}	Dauer der Abnahme der elektrischen Leistungsabgabe von t_{ic1} bis t_{ic2}	s
Δt_{icup}	Zeitspanne der Zunahme der elektrischen Leistungsabgabe von t_{ic3} bis t_{ic4}	s
t_{rated}	Dauer der Phase beim Bemessungswert elektrischer Leistungsabgabe eines Betriebszyklus vom Starten über das Hochfahren und die bemessene Leistungsabgabe bis zum Abschalten	s
V	Volumen	
V_f	Brennstoffvolumen, das über die Prüfdauer gemessen wird	m ³
V_m	Molvolumen	
V_m	Referenzmolvolumen eines idealen Gases ($2,364\ 5 \times 10^{-2}$ m ³ /mol bei Referenztemperatur $T_0 = 288,15$ K or $2,241\ 4 \times 10^{-2}$ m ³ /mol bei Normaltemperatur $T_s = 273,15$ K, jeweils bei Referenzdruck $p_0 = 101,325$ kPa)	m ³ /mol
W	Elektrische Energie	
W_{out}	elektrische Energieabgabe	kWh
W_{in}	Elektrische Energiezufuhr	kWh
$W_{instbat}$	benötigte elektrische Energie während der Dauer von der Startzeit der Anfahrtsphase, t_{st1} , bis zum Zeitpunkt der vollständigen Wiederaufladung der Batterie, t_{st3bat}	kWh
W_{inshut}	Elektrische Energiezufuhr während der Abschaltphase	kWh
W_{outcyc}	elektrische Energieabgabe während eines Betriebszyklus vom Starten über das Hochfahren und den Bemessungsbetrieb bis zum Abschalten	kWh
x	Stoffmengenanteil (Molenbruch)	
x_j	Stoffmengenanteil der Komponente j	
η	Wirkungsgrad	
η_{el}	Elektrischer Wirkungsgrad	%
η_{cyc}	Elektrischer Wirkungsgrad des Betriebszyklus	%

5 Konfiguration eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems

5.1 Allgemeines

In dieser Norm werden **zwei** allgemeine Konfigurationsarten für Betriebsarten der Energieversorgung von elektrisch betriebenen Baggern behandelt.

- 1) reiner Brennstoffzellenbetrieb: Betrieb nur mit Energiequelle Brennstoffzelle, ohne Batterie-Hybrid-Energiequelle;
- 2) Hybridbetrieb Brennstoffzelle/Batterie: Betrieb mit einer Brennstoffzelle als Hauptenergiequelle und einer Sekundär batterie, oder kann als Austausch für eine entnehmbare Batterie dienen;

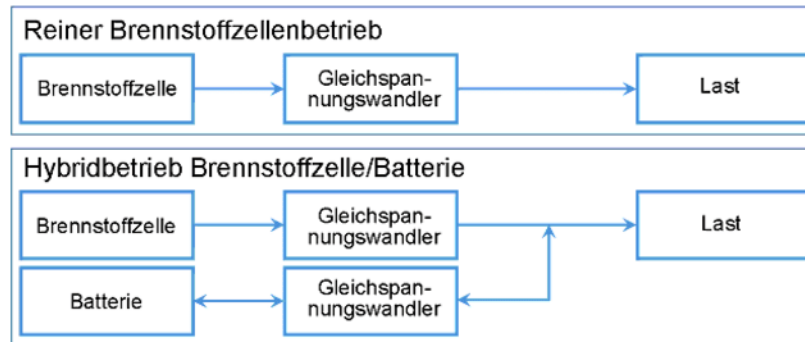


Bild 2 – Konfiguration eines Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems

5.1.1 Hybridsystem

In einem Wirkleistungssystem muss ein Gleichspannungswandler zwischen der Brennstoffzelle und der Batterie installiert sein. Der Wandler muss die Spannung jeder Energiequelle an die Sammelschienenenspannung anpassen und die Energieaufteilung zwischen jeder Energiequelle regeln.

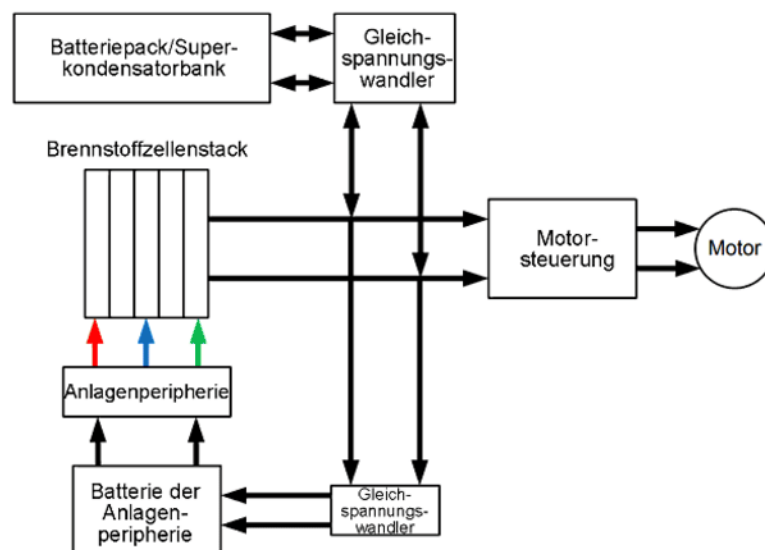


Bild 3 – Energiehybridisierung eines Brennstoffzellen-Batterie-Energiesystems

6 Referenzbedingungen

Die Referenzbedingungen sind folgendermaßen festgelegt:

- Referenztemperatur: $T_0 = 288,15 \text{ K}$ (15 °C);
- Referenzdruck: $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$ (abs).

7 Vorbereitung der Prüfung

7.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt typische Kriterien, die vor der Durchführung einer Prüfung berücksichtigt werden müssen. Bei allen Prüfungen muss die Messunsicherheit minimiert werden, indem Hochpräzisionsmessgeräte ausgewählt und die Prüfungen gründlich und detailliert geplant werden. Detaillierte Prüfpläne, müssen basierend auf diesem Dokument von den Beteiligten vor der Prüfung vorbereitet werden. Eine schriftliche Prüfanleitung muss erstellt werden.

Die folgenden Punkte müssen in der Prüfanleitung berücksichtigt werden:

- a) Zweck;
- b) Prüfspezifikationen;
- c) Qualifikationen des Prüfpersonals;
- d) Normen zur Qualitätssicherung (z. B. ISO 9000 oder andere vergleichbare Normen);
- e) einzuhaltende Messunsicherheit;
- f) Messgeräteausstattung (mit Bezug auf [Abschnitt 9](#));
- g) erwarteter Bereich der Prüfparameter;
- h) Datenerfassungsplan.

7.2 Analyse des Messsystems

Für nachgenannten Prüfgegenstand muss eine Messunsicherheitsanalyse durchgeführt werden, um die Zuverlässigkeit der Prüfergebnisse zu ermitteln und den Anforderungen des Kunden zu entsprechen. Die nachfolgend aufgeführten Prüfergebnisse müssen zur Bestimmung der absoluten und relativen Messunsicherheit untersucht werden. Eine Prüfung muss so geplant werden, dass die Zuverlässigkeit der Ergebnisse für die folgenden Punkte ausgewertet werden kann:

- elektrischer Wirkungsgrad;

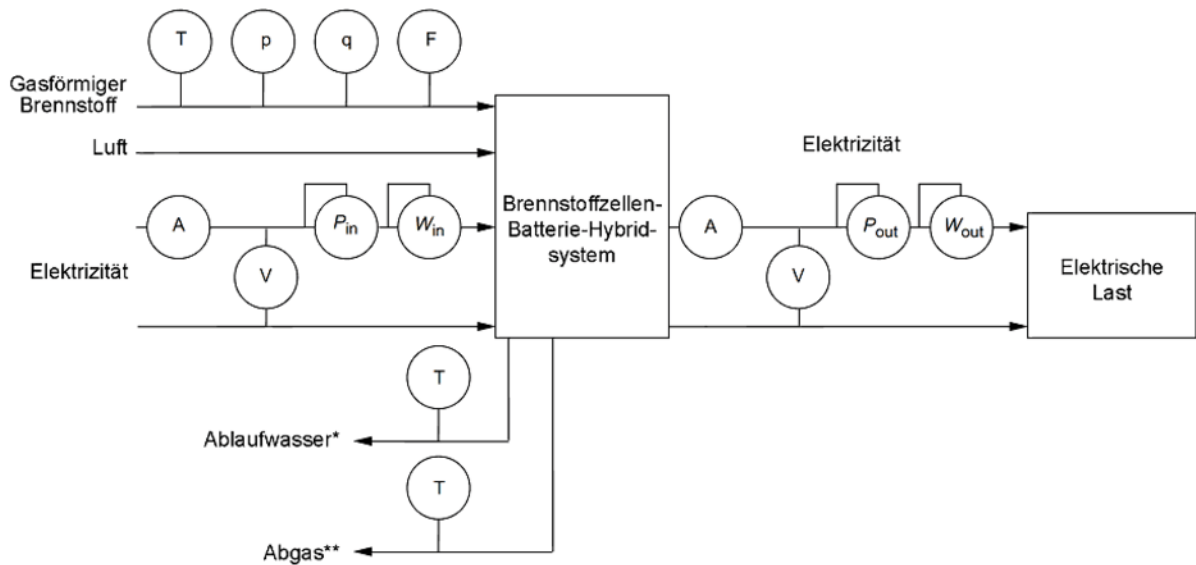
7.3 Datenerfassungsplan

Vor Beginn der Leistungsprüfung müssen das für die tolerierbare Messunsicherheit nötige Datenerfassungssystem und die für die erforderliche Aufzeichnungshäufigkeit und -geschwindigkeit geeignete Ausrüstung zur Messwertaufzeichnung vorbereitet werden.

Eine automatisierte Datenerfassung durch ein zweckmäßiges digitales System ist empfehlenswert.

8 Prüfaufbau

In [Bild 5](#) sind Beispiele für den Prüfaufbau veranschaulicht, der für die Durchführung der in diesem Dokument beschriebenen Prüfungen an Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystemen mit gasförmigen Brennstoffen erforderlich ist. In [Bild 6](#) ist die Messung der elektrischen Eigenschaften des Systems veranschaulicht.

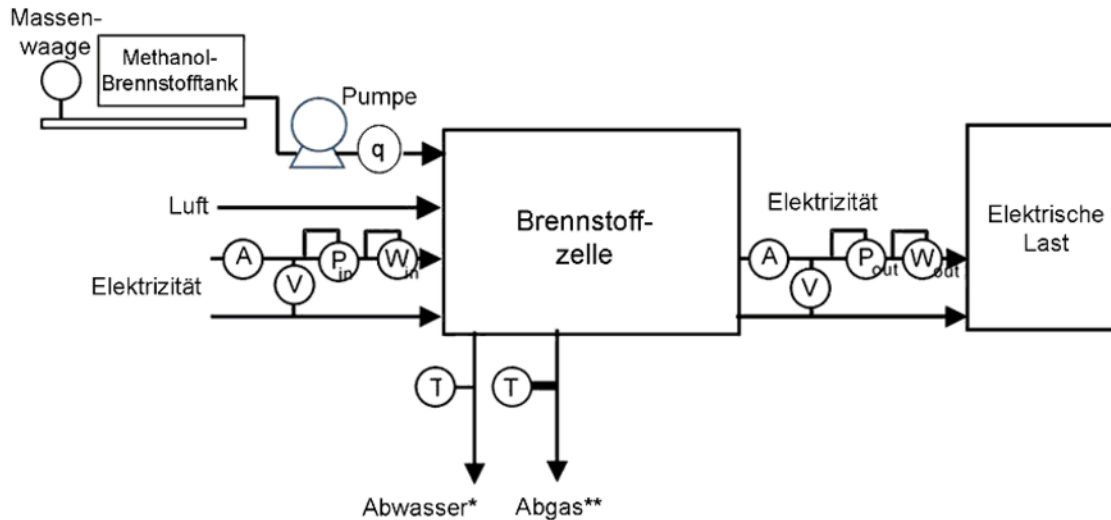


- (A) Stromstärkemessgerät
- (V) Spannungsmessgerät
- (T) Thermometer
- (p) Druckmessgerät
- (q) Strömungsmessgerät
- (F) Integriertes Strömungsmessgerät
- (P) elektrisches Leistungsmessgerät
- (W) elektrisches Energiemessgerät

* Ableitung zur Auffangvorrichtung für die Messung des Volumens (oder der Masse), des pH-Werts, des BSB (biochemischer Sauerstoffbedarf), CSB (chemischer Sauerstoffbedarf)

** Auffangvorrichtung für die Analyse der Komponenten

Bild 4 – Prüfanordnung für ein Brennstoffzellen-Batterie-Hybrid-system mit Wasserstoff-Brennstoff, das nur elektrische Energie bereitstellt



* Ableitung zur Auffangvorrichtung für die Messung des Volumens (oder der Masse), des pH-Werts, des BSB (biochemischer Sauerstoffbedarf), CSB (chemischer Sauerstoffbedarf)

** Auffangvorrichtung für die Analyse der Komponenten

Anmerkung zum Begriff: Siehe Erläuterungen der Symbole in Bild 4.

Bild 5 – Prüfanordnung für ein Brennstoffzellen-Energiesystem für Methanol-Brennstoff, das nur elektrische Energie bereitstellt

9 Messgeräte und Messverfahren

9.1 Allgemeines

Messgeräte und Messverfahren müssen den anwendbaren Internationalen Normen entsprechen. Sie müssen so ausgewählt werden, dass der vom Hersteller vorgegebene Messbereich und die benötigte Messgenauigkeit erreicht werden.

9.2 Messgeräte

Die Messgeräte sind entsprechend ihres Verwendungszwecks aufgeführt:

- Messgeräte zur Messung der elektrischen Leistungsabgabe und der elektrischen Leistungsaufnahme sowie der elektrischen Energiezufuhr und der elektrischen Energieabgabe:
 - elektrische Leistungsmessgeräte, elektrische Energiemessgeräte, Spannungsmessgeräte, Stromstärkemessgeräte;
 - Bei Systemen mit Batterien ist für die Messung der Anstiegsrate der elektrischen Leistung ein Hochgeschwindigkeits-Spannungsmessgerät, z. B. ein Oszilloskop, erforderlich, da die Zeit im Allgemeinen sehr kurz ist (in der Größenordnung von Millisekunden).
- Messgeräte zur der Brennstoffzufuhr:
 - Durchflussmessgeräte, integrierende Strömungsmessgeräte (Gasuhren), Waagen, Drucksensoren, Temperatursensoren;
- Messgeräte zur Messung der Umgebungsbedingungen:
 - Barometer, Hygrometer und Temperatursensoren;

- d) Messgeräte zur Messung des Geräuschpegels:
- Schallpegelmesser nach IEC 61672-1 oder andere Messgeräte gleicher oder höherer Genauigkeit;
- Die Einstellungen der Messgeräte sind wie folgt:
- Frequenzabhängigkeit: A;
 - Zeitabhängigkeit: S;
 - Einheit: dB (für Abhängigkeit A darf die Angabe der Frequenzabhängigkeit entfallen);
- e) Messgeräte zur Messung der Zusammensetzung der Abgase:
- zur Sauerstoffbestimmung (z. B. auf paramagnetischen, elektrochemischen oder Zirkoniumoxid basierende Sensoren);
 - zur Kohlendioxidbestimmung (z. B. GC-MS oder auf Infrarot-Absorptionssensoren basierend);
 - zur Kohlenstoffmonoxidbestimmung (z. B. basierend auf nicht dispersiven Infrarot oder elektrochemischen Sensoren);
 - THC-Bestimmung (z. B. Flammenionisationsdetektor (FID));
- f) Geräte zur Bestimmung des Abwassers:
- gradierte Messzylinder (zur Volumenbestimmung), Wasserabscheider, Temperatursensoren, pH-Meter, BSB-Sensoren.

Anmerkung zum Begriff: BSB bedeutet biochemischer Sauerstoffbedarf, CSB chemischer Sauerstoffbedarf und THC Gesamtkohlenwasserstoff.

9.3 Messpunkte

Messpunkte für verschiedene Parameter sind nachgenannt entsprechend IEC 62282-4-101 and IEC 60945 beschrieben.

- a) Durchflussmenge für Wasserstoff-Brennstoff:
- ein Masse-Durchflussmessgerät für die Bestimmung des Brennstoffs wird in der Brennstoffzuführung im Brennstoffzellen-Energiesystem platziert, um die Brennstoffdurchflussmenge zu messen.
- b) Integrierter Wasserstoffbrennstoffeintrag:
- Ein Durchflussmessgerät für die integrierte Bestimmung des Brennstoffs wird in der Brennstoffzuführung im Brennstoffzellen-Energiesystem platziert, um den Brennstoffeintrag zu messen. Das Durchflussmessgerät darf mit einem Strömungsmessgerät kombiniert werden, welches den Brennstoffdurchfluss misst.
- c) Durchfluss des Methanol-Brennstoffs:
- ein Massendurchfluss-Messgerät oder eine Waage wird unter dem Brennstofftank platziert, um die Masse des Brennstoffs und des Tanks zusammen zu bestimmen. Die Masse der Methanol-Brennstoffzufuhr wird durch die Subtraktion der Masse nach der Prüfung von der Masse vor der Prüfung gemessen.
- d) Brennstofftemperatur:
- Thermometer unmittelbar hinter dem Brennstoff-Durchflussmessgerät.
- e) Brennstoffdruck:
- ein Druckmessgerät wird direkt hinter dem Brennstoffdurchflussmessgerät angeschlossen, um den Druck des Brennstoffs zu messen.
- f) Elektrische Leistungsabgabe:
- ein elektrisches Leistungsmessgerät wird an die Ausgangsanschlüsse für elektrische Leistung des Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems nahe der Systemgrenze angeschlossen.
- g) Elektrische Leistungsaufnahme:
- ein elektrisches Leistungsmessgerät wird an die Eingangsanschlüsse für elektrische Leistung des Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems nahe der Systemgrenze angeschlossen. Falls kein separater Eingangsanschluss für elektrische Leistung vorhanden ist, kann dieser Messpunkt stattdessen an den

Ausgang für elektrische Leistung verlegt werden, sofern dieser mit einem bidirektionalen Messgerät ausgestattet ist.

h) Elektrische Energieabgabe:

ein elektrisches Energiemessgerät wird an die Ausgangsanschlüsse für elektrische Leistung des Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems nahe der Systemgrenze angeschlossen. Das elektrische Energiemessgerät kann ein elektrisches Leistungsmessgerät enthalten, das die elektrische Leistungsabgabe misst.

i) Elektrische Energieaufnahme:

ein elektrisches Energiemessgerät an die Eingangsanschlüsse für elektrische Leistung des Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems nahe der Systemgrenze angeschlossen. Das elektrische Energiemessgerät kann ein elektrisches Leistungsmessgerät enthalten, das die elektrische Leistungsaufnahme misst. Falls kein separater Eingangsanschluss für elektrische Energie vorhanden ist, kann dieser Messpunkt stattdessen an den Ausgangsanschluss für elektrische Energie verlegt werden, sofern dieser mit einem bidirektionalen Messgerät ausgestattet ist.

j) Brennstoffzusammensetzung:

von dem Brennstoff, der während der Prüfungen verwendet wird, muss eine Probe genommen werden und es muss ihre Zusammensetzung untersucht werden.

k) Luftdruck:

ein Messgerät für den absoluten Druck wird in der Nähe des Brennstoffzellen-Energiesystems so angeordnet, dass es nicht durch die Belüftung des Brennstoffzellen-Energiesystems beeinflusst wird.

l) Atmosphärentemperatur:

ein Thermometer wird in der Nähe des Brennstoffzellen-Energiesystems so angeordnet, dass es nicht durch die Luftansaugung oder die Abgase des Brennstoffzellen-Energiesystems beeinflusst wird.

m) Luftfeuchte:

ein Hygrometer wird in der Nähe des Brennstoffzellen-Energiesystems so angeordnet, dass es nicht durch die Luftansaugung oder die Abgase des Brennstoffzellen-Energiesystems beeinflusst wird.

n) Geräuschpegel:

siehe 14.2.2.2.

o) Abgas:

im Abgasstrom werden am Abgasausgang ein oder mehrere Abgas-Probensammler angeordnet, die mit Temperatursensoren ausgestattet sind, siehe Bild 1.

p) Abwasser:

Ein Abwasserauffangbehälter wird kombiniert mit einem Temperatursensor am Abwasserausgang angeordnet, siehe Bild 1.

9.4 Mindestanforderungen an die systematische Messunsicherheit

Die Prüfeinrichtung sollte so ausgewählt werden, dass die systematische **Messunsicherheit** weniger als $\pm 1 \%$ beträgt, mit Ausnahme von $\pm 5 \%$ relative Luftfeuchte für den elektrischen Wirkungsgrad.

Um dies zu erreichen, werden die folgenden systematischen Messunsicherheiten für die Prüfeinrichtungen empfohlen. Sie sind in Prozent des gemessenen und/oder berechneten Werts oder als absolute Werte angegeben:

- elektrische Leistung: $\pm 1 \%$;
- elektrische Energie: $\pm 1 \%$;
- Brennstoffgasflussrate: $\pm 1 \%$;
- integrierter Gasfluss: $\pm 1 \%$;
- Flüssigkeitsdurchfluss: $\pm 1 \%$;
- Masse: $\pm 1 \%$ der zu bestimmenden Masse (ohne das Eigengewicht);

- relative Luftfeuchte: $\pm 5\%$;
- Absolutdruck: $\pm 1\%$;
- Brennstoffgas- und Abwassertemperatur: $\pm 1\text{ K}$;

10 Prüfbedingungen

10.1 Laborbedingungen

Wenn nicht anders festgelegt, muss die Leistung in der folgenden Umgebung untersucht werden:

- Temperatur: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$;
- Luftfeuchte: $(65 \pm 20)\%$ relative Luftfeuchte;
- Luftdruck: zwischen 91 kPa (abs) und 106 kPa (abs).

Für jede Prüfung müssen die Laborbedingungen gemessen werden. Da die Luftqualität Einfluss auf die Systemleistung haben kann, muss die Zusammensetzung der Laborluft (CO_2 , CO , SO_2 usw.) in den Prüfbericht mit aufgenommen werden.

10.2 Installation und Betriebsbedingungen des Systems

Sofern nicht anderweitig festgelegt, müssen der Einbau des Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystems und die Betriebsbedingungen den vom Hersteller festgelegten Bedingungen (wie im Betriebshandbuch oder anderswo beschrieben) entsprechen.

10.3 Zustand einer Energiequelle

Systeme, die mit Batterien ausgestattet sind, dürfen mit Mitteln (z. B. eine Anzeigemöglichkeit oder ein Ausgangssignal) zur Bestimmung des Ladezustands ausgerüstet sein, um anzuzeigen, dass die Batterie einen vom Hersteller vorgegebenen Batterie-Nennladezustand (einschließlich des Zustands „vollständig geladen“) erreicht hat.

ANMERKUNG Falls derartige Mittel nicht vorhanden sind, werden die Ergebnisse der Berechnungen des Energieverbrauchs und des Wirkungsgrads weniger genau sein.

10.4 Qualität des Prüfbrennstoffs

10.4.1 Wasserstoff

Für die Prüfungen verwendeter Wasserstoff-Brennstoff muss der Qualität nach ISO 14687, Tabelle 1, entsprechen.

10.4.2 Methanollösung

Methanol für die Zubereitung der für die Prüfungen verwendeten Methanol-Lösung muss den Festlegungen nach IEC 62282-6-300:2012, 5.5.2, entsprechen.

Das Wasser für die Mischung mit Methanol muss durch einen Ionenaustausch eine elektrische Leitfähigkeit von weniger als $1\text{ }\mu\text{S/cm}$ haben.

Die Methanolkonzentration in der Methanol-Lösung muss vom Hersteller festgelegt werden.

11 Betriebsablauf

In Bild 6 sind eine chronologische Folge von Wechseln der Betriebszustände vom Start über die Energieerzeugung bis zum Abschalten und die zu den verschiedenen Betriebszuständen zugehörigen Begriffe in einem Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem dargestellt.

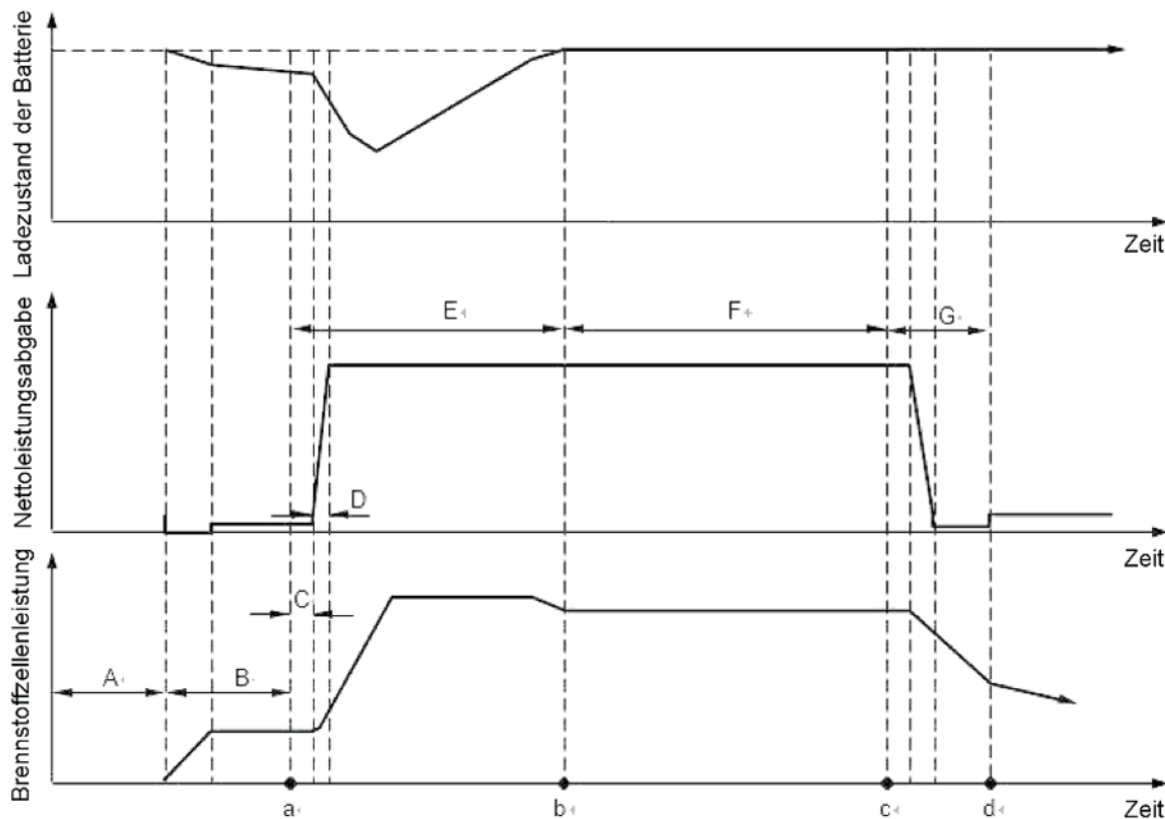


Bild 6 – Das Bild wird am Ende angepasst (Perioden c und d), um einen Ladeendzustand gleich dem Ladeanfangszustand sicherzustellen und E/F-Perioden so anzupassen, dass kein Warten auf einen Ladeanfangszustand erforderlich ist

Legende

- A kalter Zustand
- B Lagerungszustand
- C Anfahrsphase
- D Hochfahrdauer
- E Zeitspanne von der Auslösung der Anfahrsphase bis zur Beendigung der vollständigen Wiederaufladung der Batterie
- F Phase mit elektrischer Bemessungsleistungsabgabe
- G Abschaltdauer
- a Zeitpunkt des Beginns des Anfahrens (Leistungsabgabe)
- b Zeitpunkt der vollständigen Wiederaufladung der Batterie
- c Zeitpunkt der Auslösung der Abschaltphase

- d Zeitpunkt der Beendigung der Abschaltphase (es gelten die vom Hersteller festgelegten Bedingungen für die Beendigung der Abschaltphase)
- a bis d Betriebszyklus (von der Auslösung der Anfahrtsphase bis zur Beendigung der Abschaltphase)

12 Prüfplan

Die Typprüfungen können nach den folgenden Bestimmungen teilweise gleichzeitig ausgeführt werden. Zur Optimierung der Prüfabläufe und zur Planung der Typprüfungen ist in [Anhang A](#) ein Prüfablaufplan angegeben.

13 Typprüfungen der elektrischen Leistung

13.1 Allgemeines

Die Typprüfungen der elektrischen Leistung umfassen:

- Brennstoffverbrauchsprüfung ([13.2](#));
- Prüfung der elektrischen Leistungsabgabe ([13.3](#));
- Prüfung des Kaltstarts bei höchster Leistungsabgabe ([13.4](#));
- Prüfung des elektrischen Lastwechsels;

wobei die Brennstoffverbrauchsprüfung ([13.2](#)) und die Prüfung der elektrischen Leistungsabgabe ([13.3](#)) gleichzeitig durchgeführt werden müssen. Die Ergebnisse dieser zwei Prüfungen müssen zur Berechnung des Wirkungsgrads ([13.3.5](#)) verwendet werden, der den elektrischen Wirkungsgrad und den energetischen Gesamtwirkungsgrad umfasst.

13.2 Brennstoffverbrauchsprüfung

13.2.1 Verbrauchsprüfung gasförmiger und flüssiger Wasserstoff-Brennstoffe

13.2.1.1 Allgemeines

Diese Prüfung dient der Messung der Zufuhr gasförmiger Brennstoffe beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe durchgeführt. Falls der Teillastbetrieb bei 50 %, 75 % und/oder der Betrieb beim Mindestwert der elektrischen Leistungsabgabe vom Hersteller der Wasserstoff-Brennstoffzelle (HFC; en: hydrogen fuel cell) oder vom Bagger-Hersteller festgelegt ist/sind, müssen auch diese Betriebspunkte gemessen werden.

Diese Prüfung muss gleichzeitig mit der Prüfung zur elektrischen Leistungsabgabe ([13.3](#)) erfolgen.

Anmerkung zum Begriff

Diese Prüfung kann im Bereich zwischen E und F in [Bild 6](#) durchgeführt werden.

13.2.1.2 Prüfverfahren

- a) Das System wird vor Beginn der Prüfung für mehr als 30 min bei **Laborbedingungen** und beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe betrieben, bis ein bekannter Batterie-Nennladezustand und der **Beharrungszustand** erreicht sind.
- b) Die Prüfung wird begonnen, während das System beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe betrieben wird. Falls ein solcher Betrieb vom Hersteller festgelegt ist, wird die Prüfung bei den Teillasten 50 % und 75 % der Bemessungsleistungsabgabe und/oder bei Mindestleistungsabgabe wiederholt.
- c) Die Brennstofftemperatur, der Brennstoffdruck und der integrierte Brennstoffvolumenstrom (als Volumen oder Masse) werden gemessen. Jede Messung muss über eine Dauer von **mindestens** 3 h in Intervallen von 60 s durchgeführt werden. Falls der Brennstoff intermittierend zugeführt wird, muss die Gesamtprüfdauer **mindestens** dem 20-fachen des Intervalls der Brennstoffzufuhr entsprechen und **mindestens** 3 h betragen.

13.2.1.3 Berechnung der Ergebnisse

13.2.1.3.1 Berechnung des Durchschnittsverbrauchs an gasförmigen Brennstoffen

Der durchschnittliche Zufuhr an gasförmigem Brennstoff wird entweder als Volumendurchfluss bei Referenzbedingungen, q_{V10} in m^3/s , oder als Massendurchfluss, q_{mf} in kg/s angegeben. Er muss nach folgendem Verfahren berechnet werden:

a) **Volumendurchfluss**

- 1) Der durchschnittliche Volumendurchfluss von Brennstoff, q_{Vf} in m^3/s , unter Prüfbedingungen, muss durch Division des über die Prüfdauer gemessenen Brennstoffvolumens durch die Prüfdauer bestimmt werden.

$$q_{Vf} = \frac{V_f}{\Delta t} \quad (1)$$

Dabei ist

q_{Vf} der durchschnittliche Volumendurchfluss unter Prüfbedingungen (m^3/s);
 V_f das über die Prüfdauer gemessene Brennstoffvolumen (m^3);
 Δt die Prüfdauer (s).

- 2) Der durchschnittliche Volumendurchfluss des Brennstoffs unter Referenzbedingungen, q_{Vf0} in m^3/s , muss nach folgender Gleichung berechnet werden. Die durchschnittlichen Werte der Brennstofftemperatur und des Brennstoffdrucks während der Prüfdauer müssen verwendet werden.

$$q_{Vf0} = q_{Vf} \cdot \frac{T_0}{T_f} \cdot \frac{p_f}{p_0} \quad (2)$$

Dabei ist

q_{Vf0} der durchschnittliche Volumendurchfluss unter Referenzbedingungen (m^3/s);
 q_{Vf} der durchschnittliche Volumendurchfluss unter Prüfbedingungen (m^3/s);
 T_0 die Referenztemperatur (288,15 K);
 p_0 der Referenzdruck (101,325 kPa (abs));
 T_f die Durchschnittstemperatur des Brennstoffs während der Prüfdauer (K);
 p_f der Durchschnittsdruck des Brennstoffs während der Prüfdauer (kPa (abs)).

ANMERKUNG Der Druck wird als absoluter Druck angegeben.

b) **Massendurchfluss**

Der durchschnittliche Massendurchfluss an Brennstoff unter Prüfbedingungen, q_{mf} in kg/s , muss durch Division der über die Prüfdauer gemessenen Brennstoffmasse durch die Prüfdauer erhalten werden.

$$q_{mf} = \frac{m_f}{\Delta t} \quad (3)$$

Dabei ist

q_{mf} der durchschnittliche Massendurchfluss des Brennstoffs bei den Prüfbedingungen (kg/s);
 m_f die über die Prüfdauer gemessene Brennstoffmasse (kg);
 Δt die Prüfdauer (s).

13.2.1.3.2 Berechnung der durchschnittlichen Energiezufuhr durch Wasserstoff-Brennstoff

Die durchschnittliche Energiezufuhr bei gasförmigen Brennstoff P_{fin} , in kJ/s , muss nach dem folgenden Verfahren entweder für den Volumendurchfluss oder für den Massendurchfluss berechnet werden.

a) **Volumendurchfluss**

- 1) Die Energie je Brennstoff-Volumeneinheit unter Referenzbedingungen, E_{Vf} in kJ/m^3 , muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$E_{Vf} = \frac{H_{f0}}{V_m} \quad (4)$$

Dabei ist

E_{Vf}	die Energiezufuhr je Brennstoff-Volumeneinheit (kJ/m^3);
H_{f0}	der molare Heizwert des Brennstoffs unter Referenzbedingungen (kJ/mol);
V_m	das Referenzmolvolumen eines idealen Gases ($2,364 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{mol}$) bei Referenzbedingungen ($T_0 = 288,15 \text{ K}$, $p_0 = 101,325 \text{ kPa}$) (m^3/mol).

Dabei muss

der Heizwert des Brennstoffes, H_{f0} in kJ/mol unter Referenzbedingungen wie folgt berechnet werden:

$$H_{f0} = \sum_{j=1}^N x_j \cdot H_{f0j} \quad (5)$$

Dabei muss

H_{f0j}	der Heizwert der Komponente j bei Referenztemperatur T_0 (kJ/mol);
x_j	der Stoffmengenanteil (Molenbruch) der Komponente j ;
j	eine Brennstoffkomponente;
N	die Anzahl der Brenngasbestandteile.

ANMERKUNG 1 Die Zahlenwerte für H_{f0j} sind in ISO 6974 und ISO 6975 sowie in [Tabelle A.1](#) angegeben.

- 2) Die durchschnittliche Energiezufuhr durch Brennstoff, P_{fin} in kJ/s , muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$P_{fin} = q_{Vf0} \cdot E_{Vf} \quad (6)$$

Dabei muss

P_{fin}	die durchschnittliche Energiezufuhr durch Brennstoff (kJ/s);
q_{Vf0}	der durchschnittliche Volumendurchfluss unter Referenzbedingungen (m^3/s);
E_{Vf}	die Energiezufuhr je Brennstoff-Volumeneinheit (kJ/m^3).

ANMERKUNG 2 Die spezifische Enthalpie und die Druckenergie des gasförmigen Brennstoffs, die in den Berechnungsverfahren für die zugeführte Brennstoffenergie nach [IEC 62282-3-200](#) berücksichtigt werden,

bleiben bei der vorgenannt beschriebenen Berechnung der Brennstoffverbrauchsenergie unberücksichtigt, weil sie in Systemen, die bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck betrieben werden, vernachlässigbar sind.

b) **Massendurchfluss**

- 1) Die Energiezufuhr durch gasförmigen Brennstoff je Masseinheit, E_{mf} , in kJ/kg, muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$E_{mf} = \frac{H_{f0}}{M_f} \quad (7)$$

Dabei muss

E_{mf}	die Energiezufuhr durch gasförmigen Brennstoff je Masseneinheit (kJ/kg);
H_{f0}	der Heizwert von Brennstoff unter Referenzbedingungen (kJ/mol);
M_f	die Molmasse von Brennstoff (kg/mol), gemessen nach den in ASTM F2602 beschriebenen Verfahren.

Anmerkung 3 zum Die Berechnung von H_{f0} ist unter „a) Volumendurchfluss“ in 14.2.1.3.2 beschrieben. Begriff:

- 2) Die durchschnittliche Energiezufuhr durch Brennstoff, P_{fin} in kJ/s, muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$P_{fin} = q_{mf} \cdot E_{mf} \quad (8)$$

Dabei muss

P_{fin}	die durchschnittliche Energiezufuhr durch gasförmigen Brennstoff (kJ/s);
E_{mf}	die Energiezufuhr durch gasförmigen Brennstoff je Masseneinheit (kJ/kg);
q_{mf}	der durchschnittliche Massendurchfluss von Brennstoff (g/s).

13.2.2 Prüfung des Methanolverbrauchs

13.2.2.1 Allgemeines

Diese Prüfung wird für flüssige Brennstoffe beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe durchgeführt. Falls der Teillastbetrieb bei 50 %, 75 % und/oder der Betrieb beim Mindestwert der elektrischen Leistungsabgabe vom Hersteller festgelegt ist/sind, müssen auch diese Betriebspunkte gemessen werden.

Diese Prüfung muss gleichzeitig mit der Prüfung zur elektrischen Leistungsabgabe (13.3) erfolgen.

Anmerkung zum Begriff Diese Prüfung kann im Bereich zwischen E und F in Bild 7 durchgeführt werden.

13.2.2.2 Prüfverfahren

- Systeme mit Batterien werden vor Beginn der Prüfung für mehr als 30 min beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe betrieben, bis ein bekannter Batterie-Nennladezustand und sein Beharrungszustand erreicht ist.
- Die Prüfung wird begonnen, während das System beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe betrieben wird. Falls ein solcher Betrieb vom Hersteller festgelegt ist, wird die Prüfung bei den Teillasten 50 % und 75 % der Bemessungsleistungsabgabe und/oder bei Mindestleistungsabgabe wiederholt.
- Die Masse des Brennstofftanks oder des gesamten Systems inklusive Brennstofftank wird zu Beginn der Prüfung bestimmt.

- d) Die Prüfung muss über eine Dauer von mindestens 3 h durchgeführt werden. Falls der Brennstoff intermittierend zugeführt wird, muss die Gesamtprüfdauer mindestens dem 20-fachen des Intervalls der Brennstoffzufuhr entsprechen, aber höchstens 3 Stunden.
- e) Die Masse des Brennstofftanks oder des gesamten Systems inklusive Brennstofftank wird am Ende der Prüfung gemessen.

13.2.2.3 Berechnung der durchschnittlichen Energiezufuhr durch Methanol-Brennstoff

Die gesamte durch flüssigen Brennstoff während der Prüfdauer zugeführte Energiemenge E_{fin} , in kJ, muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$E_{\text{fin}} = (A - B) \cdot H_{\text{fl}} \quad (9)$$

Dabei muss

E_{fin}	die gesamte zugeführte Brennstoffenergie (kJ);
A	die Masse zu Beginn der Prüfung (kg);
B	die Masse am Ende der Prüfung (kg);
H_{fl}	der Heizwert des Methanols (kJ/kg).

Die durchschnittliche Energiezufuhr durch Brennstoff, P_{fin} in kJ/s, muss wie folgt berechnet werden:

$$P_{\text{fin}} = \frac{E_{\text{fin}}}{\Delta t} \quad (10)$$

Dabei muss

P_{fin}	die durchschnittliche Energiezufuhr durch Brennstoff (kJ/s);
E_{fin}	die gesamte zugeführte Brennstoffenergie (kJ);
Δt	die Prüfdauer (s).

ANMERKUNG Der Heizwert wird nach den in ASTM D4809-09 beschriebenen Verfahren gemessen.

13.3 Prüfung der elektrischen Leistungsabgabe

13.3.1 Allgemeines

Diese Prüfung dient der Messung der durchschnittlichen elektrischen Nettoleistungsabgabe beim Bemessungswert der elektrischen Leistungsabgabe. Falls der Teillastbetrieb bei 50 %, 75 % und/oder der Betrieb beim Mindestwert der elektrischen Leistungsabgabe vom Hersteller festgelegt ist/sind, müssen auch diese Betriebspunkte gemessen werden.

Diese Prüfung muss gleichzeitig mit der Prüfung des Brennstoffverbrauchs (13.2) durchgeführt werden.