

	DIN EN IEC 62282-4-202 (VDE 0130-4-202)	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 2021-12-08

Entwurf

**Brennstoffzellentechnologien –
Teil 4-202: Brennstoffzellen-Energiesysteme für unbemannte
Flugsysteme –
Leistungskennwerteprüfverfahren
(IEC 105/811/CD:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Fuel cell technologies –
Part 4-202: Fuel Cell Power Systems for unmanned aircraft systems –
Performance test methods
(IEC 105/811/CD:2020);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-08 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, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt 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 42 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 105/811/CD:2020-08 „Fuel cell technologies – Part 4-202: Fuel Cell Power Systems for unmanned aircraft systems – Performance test methods“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. 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.

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. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für 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.

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe.....	7
4 Anforderungen an Brennstoffzellen-Energiesysteme für unbemannte Luftfahrzeuge.....	9
4.1 Systemkonfiguration.....	9
4.2 Gestalt und Struktur.....	9
4.3 Allgemeine technische Anforderungen.....	10
5 Vorbereitung der Prüfung.....	10
5.1 Allgemeines.....	10
5.2 Prüfumgebung.....	10
5.3 Prüfgeräte und Fehlergrenzen.....	11
6 Prüfverfahren.....	11
6.1 Anfahrtsphase.....	11
6.2 Zeit zum Erreichen der Bemessungsausgangsleistung.....	11
6.3 Bemessungsausgangsleistung.....	11
6.4 Dauerlaufzeit.....	12
6.5 Spitzenausgangsleistung.....	12
6.6 Ausgangsspannungsbereich.....	12
6.7 Elektrischer Wirkungsgrad.....	13
6.8 Anfahr- und Abschaltverfahren.....	13
6.9 Abschaltdauer.....	13
6.10 Möglichkeit der Schwingungsdämpfung.....	13
6.11 Geräuschpegel.....	14
6.12 Prüfung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV).....	15
6.12.1 Allgemeines.....	15
6.12.2 Elektrostatische Entladungsprüfung.....	15
6.12.3 Hochfrequente Feldprüfung.....	15
6.12.4 Prüfung schnelle transiente Bursts.....	15
6.12.5 Stoßspannungsprüfung.....	15
6.12.6 Überlagerungsstromprüfung.....	16
6.12.7 Prüfung bezüglich gestrahlter Störgrößen durch Messung der Störaussendung.....	16
6.12.8 Prüfung bezüglich leitungsgeführter Störgrößen durch Messung der Störaussendung.....	16
6.13 Datenübertragung.....	16
6.14 H ₂ -Konzentration im Gehäuse.....	16
6.15 H ₂ -Konzentration im Brennstoffabgas.....	17
6.16 IP-Schutzgrad des Gehäuses.....	17
6.17 H ₂ -Leckrate.....	17

6.18	Warnmeldungen und Überwachung.....	18
	Anhang A (informativ) Vorgeschlagenes Alterungsprüfverfahren für ein Brennstoffzellen-Energiesystem für unbemannte Luftfahrzeuge.....	19
	Anhang B (informativ) Leitlinien für Prüfberichte.....	20
B.1	Allgemeines.....	20
B.2	Titelseite.....	20
B.3	Inhaltsverzeichnis.....	20
B.4	Zusammenfassender Bericht.....	20
B.5	Ausführlicher Prüfbericht.....	20
B.6	Vollständiger Prüfbericht.....	21
	Literaturhinweise.....	22
Bilder		
	Bild 1 – Grundsätzlicher Aufbau eines Brennstoffzellen-Energiesystems für unbemannte Luftfahrzeuge.....	9
	Bild 2 – Schwingungsprüfung.....	14
	Bild 3 – Messpunkte des Geräuschpegels für das Brennstoffzellen-Energiesystem.....	14
Tabellen		
	Tabelle 1 – Prüfgeräte und Fehlergrenzen.....	11
	Tabelle 2 – Geräuschpegelkorrektur.....	15
	Tabelle A.1 – Vorgeschlagenes Alterungsprüfverfahren für ein Brennstoffzellen-Energiesystem für unbemannte Luftfahrzeuge.....	19

Einleitung

Dieser Teil von IEC 62282-4 enthält einheitliche und reproduzierbare Prüfverfahren für die elektrische/thermische Leistung und die Umweltfreundlichkeit von Brennstoffzellen-Energiesystemen für unbemannte Luftfahrzeuge.

Die Normenreihe IEC 62282-4 behandelt Kategorien wie zum Beispiel Sicherheit, Leistungsverhalten und Austauschbarkeit von Brennstoffzellen-Energiesystemen für Antriebssysteme mit Ausnahme von Straßenfahrzeugen und Hilfsantrieben (APUs). Dieses Dokument (IEC 62282-4-202) befasst sich im Rahmen der vorgenannten Kategorien mit Brennstoffzellen-Energiesystemen für unbemannte Luftfahrzeuge, da für diese Anwendung ein weltweit hoher Bedarf besteht.

Dieser Teil von IEC 62282-4 beschreibt nur Typprüfungen und ihre Prüfverfahren. Stückprüfungen sind nicht erforderlich oder identifiziert. Leistungsziele werden nicht in dieser Norm behandelt.

Das Ziel dieses Dokuments ist die Beurteilung des Brennstoffzellensystems in den verschiedenen Kombinationen der Betriebsweisen der Brennstoffzellen und der unbemannten Luftfahrzeuge. Dieses Dokument liefert einen Rahmen für die Entwicklung und die Beurteilung eines Brennstoffzellensystems speziell für unbemannte Luftfahrzeuge.

Dieser Teil von IEC 62282-4 ist von Herstellern von Brennstoffzellen-Energiesystemen für unbemannte Luftfahrzeuge und/oder zur Bewertung der Leistung ihrer Systeme für die Zertifizierung anzuwenden.

Anwender dieses Dokuments können aus den hier dargestellten Prüfungen diejenigen auswählen, die für ihre Zwecke geeignet sind. Dieses Dokument schließt weitere Verfahren nicht aus.

Brennstoffzellentechnologien – Teil 4-202: Brennstoffzellen-Energiesysteme für unbemannte Flugsysteme – Leistungskennwerteprüfverfahren

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument behandelt Leistungskennwerteprüfverfahren für Brennstoffzellen-Energiesysteme, die für den Betrieb von unbemannten Luftfahrzeugen vorgesehen sind, einschließlich allgemeinen Anforderungen, Anfahren, Abschalten, Ausgangsleistung, Dauerlaufzeit, elektrischem Wirkungsgrad, elektromagnetischer Verträglichkeit, Datenübertragung, Warnmeldungen und Überwachung, Umweltverträglichkeit usw.

Der Anwendungsbereich des Dokuments ist auf elektrisch betriebene unbemannte Luftfahrzeuge beschränkt, deren maximale Startmasse 150 kg nicht übersteigt (d. h. unbemannte Luftfahrzeuge der Klasse 5 oder niedriger).

Das Dokument gilt für Brennstoffzellen-Energiesysteme mit einer Bemessungsausgangsspannung nicht über 220 V Gleichspannung für den Einsatz im Freien.

Das Dokument gilt nur für mit Druckwasserstoff betankte Brennstoffzellen-Energiesysteme.

Das Dokument gilt nicht für Brennstoffzellen-Energiesysteme mit Reformer.

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).

IEV 60050-485: *fuel cell technologies*

IEC 62282-3-200:2015, *Stationary fuel cell power system – Performance test methods*

IEC 62282-3-201:2017, *Stationary fuel cell power systems – Performance test methods for small fuel cell power systems*

IEC 62282-4-102:2017, *Fuel cell power systems for industrial electric trucks – Performance test methods*

IEC 62282-6-200:2016, *Micro fuel cell power systems – Performance test methods*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006+AMD1:2007+AMD2:2010 CSV Consolidated version, *Electromagnetic compatibility (EMC) - Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:2012 *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2014+AMD1:2017 *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2013 *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 60529:1989+AMD1:1999+AMD2:2013, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

CISPR 11:2015+AMD1:2016+AMD2:2019 *Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement*

ISO 21384-4:2020 *Unmanned aircraft systems — Part 4: Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-485, Brennstoffzellentechnologien, und die folgenden Begriffe. Einige hier definierte Begriffe sind von IEC 60050-485 oder an anderer Stelle abgedeckt, manche Details wurden jedoch hinzugefügt, um sie für dieses Dokument anzupassen, damit Mehrdeutigkeit vermieden wird.

3.1

unbemanntes Luftfahrzeug (UA, en: unmanned aircraft)

unbemanntes Fluggerät (UAV, en: unmanned aerial vehicle)

Fernlenkluftfahrzeug (RPA, en: remotely piloted aircraft)

Luftfahrzeug ohne menschlichen Piloten an Bord, dessen Flug entweder autonom von bordeigenen Steuerungssystemen oder von der Fernbedienung eines Piloten am Boden gesteuert wird

Anmerkung 1 zum Begriff: ISO 21384-4:2020 Unbemannte Luftfahrzeugsysteme - Teil 4: Begriffe: Luftfahrzeug, das für den ferngesteuerten oder autonomen Betrieb ausgelegt ist.

3.2

Brennstoffzellen-Energiesysteme für unbemannte Luftfahrzeuge

Brennstoffzellen-Energiesystem an Bord eines unbemannten Luftfahrzeugs, das die elektrische Energie für antriebsbezogene und nichtantriebsbezogene Anforderungen des unbemannten Luftfahrzeugs während seines Flugs liefert

3.3

Anfahrtsphase

Zeitspanne, ausgehend vom Zeitpunkt des Aussendens eines Signals oder einer Maßnahme, das Brennstoffzellen-Energiesystem zu starten, bis zum Zeitpunkt, an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem die elektrische Nettoausgangsleistung liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: IEC 60050-485: Brennstoffzellentechnologien: Dauer, benötigt für den Übergang vom kalten oder Lagerungszustand zum Zustand der elektrischen Nettoausgangsleistung.

3.4

Abschaltdauer

Zeitspanne, ausgehend vom Zeitpunkt des Aussendens eines Signals oder einer Maßnahme, das Brennstoffzellen-Energiesystem abzuschalten, bis zum Zeitpunkt an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem den Abschaltzustand erreicht hat

Anmerkung 1 zum Begriff: IEC 60050-485: Brennstoffzellentechnologien: Dauer zwischen dem Zeitpunkt, an dem die Last entfernt wird, und dem Zeitpunkt, an dem die Abschaltung abgeschlossen ist.

3.5

Bemessungsausgangsleistung

maximale kontinuierliche Gleichstromausgangsleistung bei Betrieb eines Brennstoffzellen-Energiesystems nach den üblichen vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems festgelegten Bedingungen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die beteiligten Parteien dürfen eine Dauerlaufzeit bei Bemessungsausgangsleistung für das Brennstoffzellen-Energiesystem vereinbaren

3.6

Spitzenausgangsleistung

maximale Gleichstromausgangsleistung eines Brennstoffzellen-Energiesystems, die für kurze Zeit andauern kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird empfohlen, dass die Dauer mehr als 2 min betragen sollte.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Dauer kann auch entsprechend der jeweiligen Situation von den beteiligten Parteien vereinbart werden

3.7

Ausgangsspannungsbereich

Bereich von der niedrigsten Ausgangsspannung bis zur höchsten Ausgangsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems während des gesamten Prozesses vom Anfahren über den Betrieb bis zum Abschalten unter den üblichen vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems festgelegten Betriebsbedingungen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist wichtig, dass die Ausgangsgleichspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems immer im Bereich des auf dem unbemannten Luftfahrzeug vom Hersteller verwendeten DC/DC- oder DC/AC-Wandlers oder des elektronischen Drehzahlreglers (ESC, en: Electronic Speed Controller) liegt.

3.8

Dauerlaufzeit

Dauer, die das Brennstoffzellen-Energiesystem unter den üblichen vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems festgelegten Betriebsbedingungen bei Bemessungsausgangsleistung mit der Ausgangsspannung innerhalb des in 3.7 beschriebenen Ausgangsspannungsbereichs aushalten kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der auf dem unbemannten Luftfahrzeug verwendete DC/DC- oder DC/AC-Wandler oder der elektronische Drehzahlregler kann entweder zerstört werden oder nicht wirksam funktionieren, wenn die Ausgangsgleichspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems außerhalb des Eingangsspannungsbereichs des DC/DC- oder DC/AC-Wandlers oder des elektronischen Drehzahlreglers liegt.

3.9

Teilsystem für das H₂-Management

Kombination aller Teile, Geräte, Einrichtungen, Leitungen, Anschlüsse und Steuerungen, zuständig für den Transport des Wasserstoffs vom H₂-Speicherbehälter zum Brennstoffzellenmodul.

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Teilsystem für das Brennstoffmanagement darf insgesamt oder teilweise Folgendes umfassen: Absperrventil, Filter, elektromagnetisches Ventil, Druckminderer, Schmelzventil, Strömungsbegrenzungsventil, Druckminderventil, Rückschlagventil, Ejektor, Umwälzpumpe, Drucksensor, Temperaturmessfühler, Überdruckmessgerät, Durchflussmessgerät, Steuerungen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wasserstoffspeicherbehälter gehört nicht zum Teilsystem für das H₂-Management. Teile, die zu dem Wasserstoffspeicherbehälter gehören und dem Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems zugeliefert werden, können als nicht in der Verantwortung des Herstellers des Brennstoffzellen-Energiesystems betrachtet werden.

3.10

H₂-Leckrate

Verhältnis der aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem austretenden Wasserstoffmenge zur Wasserstoffmenge, die das Brennstoffzellen-Energiesystem bei Bemessungsausgangsleistung theoretisch benötigt

3.11

Teilsystem für das Leistungsmanagement

Einrichtung oder System für das Gleichstromleistungsmanagement sowohl des Brennstoffzellenmoduls als auch des Teilsystems für die Energiespeicherung, die/das unregelmäßige Haupt-Gleichstromleistung zum Antriebssystem des unbemannten Luftfahrzeugs leitet und entweder geregelte oder unregelmäßige Neben-Gleichstromleistung oder -Wechselstromleistung zu den stromverbrauchenden Teilen innerhalb des Brennstoffstellen-Energiesystems für den internen Leistungsbedarf leitet.

4 Anforderungen an Brennstoffzellen-Energiesysteme für unbemannte Luftfahrzeuge

4.1 Systemkonfiguration

Bild 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau von in diesem Dokument behandelten Brennstoffzellen-Energiesystemen sowie die Systemgrenze und die physikalischen Einzelheiten, die in das System eingehen oder das System verlassen.

Das Brennstoffzellen-Energiesystem darf alle oder einige der Teilsysteme enthalten.

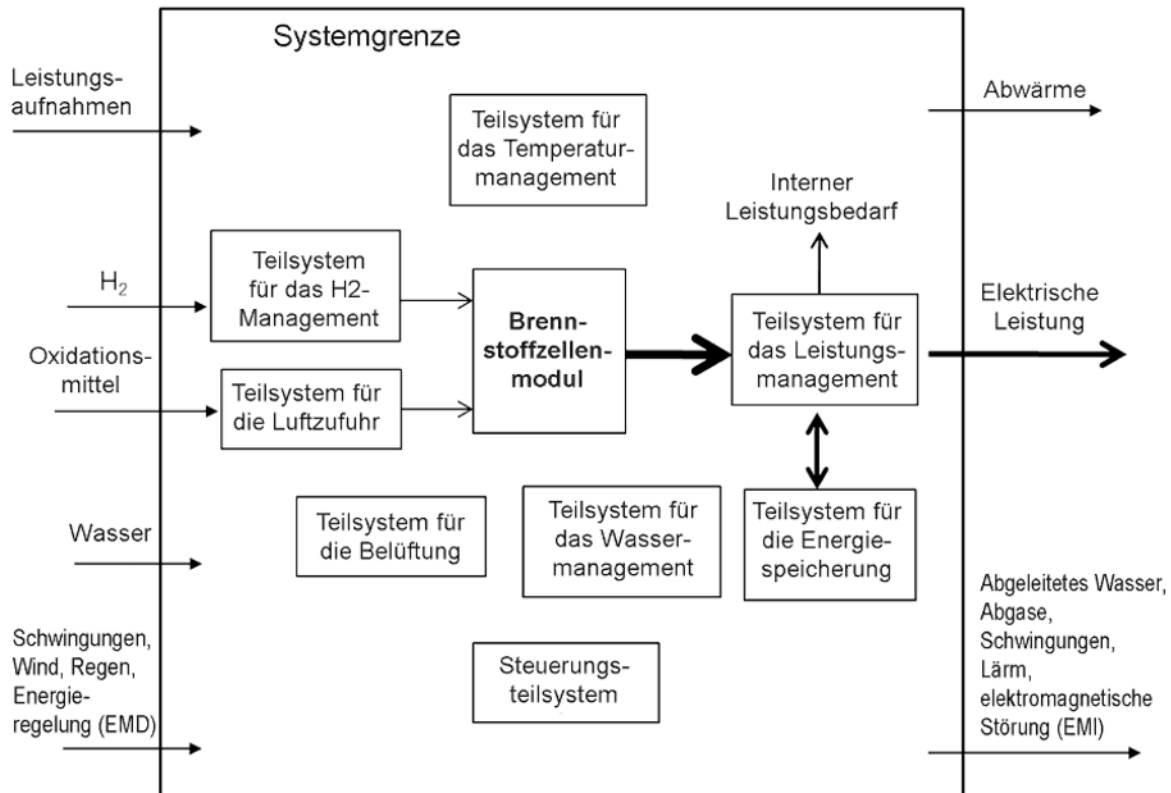


Bild 1 – Grundsätzlicher Aufbau eines Brennstoffzellen-Energiesystems für unbemannte Luftfahrzeuge

Das Teilsystem für das Leistungsmanagement liefert unregelmäßige Gleichstromleistung an den vom Hersteller des unbemannten Luftfahrzeugs bereitgestellten DC/DC- oder DC/AC-Wandler oder den elektronischen Drehzahlregler. Anders gesagt, jegliche Vorrichtung, die benötigt wird, um die Haupt-Gleichstromleistung aus dem Brennstoffzellen-Energiesystem zum Antrieb des unbemannten Luftfahrzeugs zu regeln, ist nicht Bestandteil des Brennstoffzellen-Energiesystems in diesem Dokument. Das Teilsystem für das Leistungsmanagement stellt jedoch geregelte oder unregelmäßige Gleich- oder Wechselstromleistung für den internen Leistungsbedarf des Brennstoffzellen-Energiesystems bereit.

4.2 Gestalt und Struktur

- 1) Das Brennstoffzellen-Energiesystem darf äußerlich keine Zeichen von mechanischer Beschädigung, Rissen, Beulen, Rost oder offensichtlicher Verformung aufweisen.
- 2) Es darf keine scharfen Kanten oder Spitzen geben, an denen sich Menschen verletzen können.
- 3) Während des üblichen Betriebs des Brennstoffzellen-Energiesystems müssen die Teile, Module, Teilsysteme und Verbindungen innerhalb des Systems stabil und zuverlässig sein, ohne Stabilitätsverlust, Deformation, Bruch oder Abrieb.

- 4) Kommunikationsanschlüsse, Energieanschlüsse, Benutzerschnittstellen und Wasserstoff-Einlass- und Auslassöffnungen des Brennstoffzellen-Energiesystems müssen deutlich gekennzeichnet sein.
- 5) Der positive Spannungsanschluss und der negative Spannungsanschluss des Brennstoffzellen-Energiesystems müssen deutlich gekennzeichnet sein.

4.3 Allgemeine technische Anforderungen

- 1) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss unter den folgenden Umgebungsbedingungen betrieben werden können: Temperatur: $(-5 - 40) ^\circ\text{C}$; Druck: $(86 - 106) \text{ kPa}$, Relative Luftfeuchte: $\geq 60 \%$.
- 2) Das Brennstoffzellen-Energiesystem muss in der Lage sein, ausreichend elektrische Leistung für das Antriebssystem, die Nebenaggregate, die Nutzlast usw. des unbemannten Luftfahrzeugs während üblicher Flüge vom Start bis zur Landung bereitzustellen.
- 3) Das Brennstoffzellen-Energiesystem selbst oder das Kommunikationssystem des unbemannten Luftfahrzeugs muss in der Lage sein, mit dem Bodenkontrollsystem zu kommunizieren und Informationen über den Betriebszustand des Brennstoffzellensystems, den verbleibenden Treibstoff, den Ladezustand der Batterie, Alarmzustände usw. zu liefern, vorausgesetzt, die Übertragung der Fernmeldungen erfolgt unter den üblichen Bedingungen.
- 4) Wenn die Kommunikation des unbemannten Luftfahrzeugs mit dem Bodenkontrollsystem abbricht, muss das Brennstoffzellen-Energiesystem in der Lage sein, weiterhin ausreichend elektrische Leistung für das Antriebssystem, die Nebenaggregate, die Nutzlast usw. bereitzustellen und unter solchen Umständen vorher festgelegte Pläne auszuführen.
- 5) Die wichtigsten Betriebsparameter des Brennstoffzellen-Energiesystems müssen an Ort und Stelle überwacht und gesteuert werden können.

5 Vorbereitung der Prüfung

5.1 Allgemeines

Das Brennstoffzellen-Energiesystem wird entsprechend den Leitlinien oder Anweisungen des Herstellers in die Prüfumgebung gebracht, alle Verbindungen, mechanische und elektrische, werden hergestellt und das Brennstoffzellen-Energiesystem wird an eine elektrische Lastbank und andere Mess- und Aufzeichnungsgeräte angeschlossen.

Liegt die Umgebungstemperatur außerhalb des Bereichs von $(15 - 25) ^\circ\text{C}$, wird das Brennstoffzellen-Energiesystem für mindestens 2 h in der Umgebung belassen, bevor die Prüfung beginnt.

Während der Prüfungen werden die Ergebnisse im Sekundentakt abgelesen und aufgezeichnet.

5.2 Prüfumgebung

Übliche Prüfbedingungen sind folgende:

- Temperatur: $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- Druck: $(86 - 106) \text{ kPa}$
- Relative Luftfeuchte: $\geq 60 \%$.

Ist das brennstoffzellenbetriebene unbemannte Luftfahrzeug für den Einsatz außerhalb der oben genannten Umgebungsbedingungen vorgesehen, sollten die beteiligten Parteien diese Faktoren berücksichtigen und, falls erforderlich und vereinbart, sollte das Brennstoffzellen-Energiesystem unter den vorgesehenen Bedingungen geprüft werden.

Die ausführlichen Prüfbedingungen sollten in den Prüfberichten angegeben werden.

ANMERKUNG Sowohl die Ausgangsleistung eines Brennstoffzellen-Energiesystems als auch die Hubkraft des unbemannten Luftfahrzeugs nehmen mit zunehmender Höhe ab.

5.3 Prüfgeräte und Fehlergrenzen

Die wichtigsten Geräte und die für die Leistungsprüfung verwendeten Fehlergrenzen sind in [Tabelle 1](#) angegeben.

Tabelle 1 – Prüfgeräte und Fehlergrenzen

Geräte	Einheit	Fehlergrenze
Barometer	kPa	±1 % (Gesamtbereich)
Feuchtemessgerät	%	±3 % (RH)
Temperaturmessfühler	°C	±1,0
Drucksensor	kPa	±1 % (Gesamtbereich)
Durchflussmessgerät	L/min, g/min	±1 % (Gesamtbereich)
Durchflussgeschwindigkeitsmessgerät	l/min, g/min	±1 % (Gesamtbereich)
Spannungsmessgerät	V	±1 % (Gesamtbereich)
Strommessgerät	A	±1 % (Gesamtbereich)
H ₂ -Konzentrationsmessfühler	%vol	±1 % (Gesamtbereich)
Geräuschpegelmessgerät	dB	±1
Schwingungsprüfgerät	g ² /Hz, Hz	±1 % (Gesamtbereich)
Spektrumanalysator (für EMV-Prüfung)	V, Hz	±1 % (Gesamtbereich)

6 Prüfverfahren

6.1 Anfahrtsphase

Nachdem das Brennstoffzellen-Energiesystem aufgebaut ist und alle Prüfgeräte an ihrem Platz sind, wird das Brennstoffzellen-Energiesystem durch Aussenden eines Anfahrtsignals an das Brennstoffzellen-Energiesystem angefahren und es wird die Zeitspanne ausgehend von dem Zeitpunkt des Aussendens des Anfahrtsignals bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem die elektrische Nettoausgangsleistung abgibt, gemessen.

6.2 Zeit zum Erreichen der Bemessungsausgangsleistung

Nachdem das Anfahren wie in [6.1](#) beschrieben abgeschlossen ist, wird die Last auf der Lastbank auf die Bemessungsleistung des Brennstoffzellen-Energiesystems eingestellt und angelegt, es wird die Zeitspanne ausgehend vom Zeitpunkt des Anlegens der Last bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem die Bemessungsausgangsleistung erreicht, gemessen.

6.3 Bemessungsausgangsleistung

Das Brennstoffzellen-Energiesystem wird kontinuierlich mit einer fest eingestellten Last entsprechend der vom Hersteller vorgegebenen Bemessungsausgangsleistung über eine Zeitspanne, die der vom Hersteller vorgegebenen Dauerlaufzeit entspricht, betrieben; die Ausgangsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems wird abgelesen und aufgezeichnet. Wenn die Ausgangsspannung innerhalb des vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebenen Ausgangsspannungsbereichs liegt, werden die vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebene Bemessungsausgangsleistung und die Dauerlaufzeit bestätigt.

ANMERKUNG 1 Die Grenzabweichung der Bemessungsausgangsleistung während der Prüfung beträgt $\pm 2\%$.

ANMERKUNG 2 Kann das Brennstoffzellen-Energiesystem nicht über die vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebene Dauerlaufzeit mit der Bemessungsausgangsleistung betrieben werden, ist entweder die vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebene Bemessungsausgangsleistung oder die Dauerlaufzeit falsch.

ANMERKUNG 3 Kann das Brennstoffzellen-Energiesystem mit der Bemessungsausgangsleistung für die vom Hersteller angegebene Dauerlaufzeit betrieben werden, aber die Ausgangsspannung weicht von dem vom Hersteller angegebenen Ausgangsspannungsbereich ab, ist entweder die Bemessungsausgangsleistung, die Dauerlaufzeit oder der vom Hersteller angegebene Ausgangsspannungsbereich falsch.

6.4 Dauerlaufzeit

Nachdem das Brennstoffzellen-Energiesystem gestartet ist, wird die Leistungsabgabe auf die Bemessungsausgangsleistung erhöht, die Last wird auf feste Ausgangsleistung eingestellt, die Zeitspanne zwischen dem Zeitpunkt, an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem die Bemessungsausgangsleistung bereitstellen kann, und dem Zeitpunkt, an dem die Ausgangsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems aus dem Ausgangsspannungsbereich fällt, wird gemessen.

ANMERKUNG Bestätigt die Prüfung aus 6.3 die vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebene Dauerlaufzeit, braucht Prüfung 6.4 nicht durchgeführt zu werden.

6.5 Spitzenausgangsleistung

Das Brennstoffzellen-Energiesystem wird mit der vom Hersteller angegebenen Spitzenausgangsleistung über die vom Hersteller empfohlene Zeitspanne betrieben, wenn die Ausgangsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems innerhalb des Ausgangsspannungsbereichs liegt, dann ist diese Ausgangsleistung die Spitzenausgangsleistung des Brennstoffzellen-Energiesystems.

ANMERKUNG 1 Die Grenzabweichung der Spitzenausgangsleistung während der Prüfung beträgt $\pm 2\%$.

ANMERKUNG 2 Wenn die Ausgangsspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems während der Prüfung aus dem vom Hersteller angegebenen Ausgangsspannungsbereich fällt, ist entweder die Spitzenausgangsleistung oder die Dauer, die das Brennstoffzellen-Energiesystem mit der Spitzenausgangsleistung arbeiten kann, oder der vom Hersteller des Brennstoffzellen-Energiesystems angegebene Ausgangsspannungsbereich falsch.

ANMERKUNG 3 Für ein unbemanntes Starrflügler-Luftfahrzeug oder ein unbemanntes Drehflügler-Luftfahrzeug wird empfohlen, dass die Spitzenausgangsleistung des Brennstoffzellen-Energiesystems mindestens das 1,5-fache seiner Bemessungsausgangsleistung betragen sollte.

ANMERKUNG 4 Für ein unbemanntes Starrflügler-Luftfahrzeug mit Senkrechtstart und -landung (VTOL, en: vertical take-off and landing) wird empfohlen, dass die Spitzenausgangsleistung des Brennstoffzellen-Energiesystems mindestens das 3,0-Fache seiner Bemessungsausgangsleistung betragen sollte.

6.6 Ausgangsspannungsbereich

Der Ausgangsspannungsbereich ist der Bereich von der niedrigsten zur höchsten Ausgangsgleichspannung des Brennstoffzellen-Energiesystems vom Anfahren, über den Bemessungsleistungsbetrieb in der vom Hersteller des Brennstoffzellensystems angegebenen Dauerlaufzeit, über den Betrieb bei Spitzenleistung in der vom Hersteller des Brennstoffzellensystems angegebenen Dauerlaufzeit bis zum Abschalten.

ANMERKUNG Bemessungsausgangsleistung, Dauerlaufzeit, Spitzenausgangsleistung, Dauer der Spitzenausgangsleistung und Ausgangsspannungsbereich hängen alle zusammen, insbesondere bei Verwendung von luftgekühlten Stacks mit offenen Kathoden.

6.7 Elektrischer Wirkungsgrad

Nach dem Start des Brennstoffzellen-Energiesystems wird das interne Stromversorgungssystem getrennt und das Brennstoffzellen-Energiesystem wird für 0,5 h bei Bemessungsausgangsleistung P_{rated} betrieben; die Nettoausgangsleistung wird geteilt durch die dem Brennstoffzellen-Energiesystem innerhalb dieser 0,5 h zugeführte Wasserstoffenergie (unter Verwendung des unteren Heizwertes, 242 kJ/mol), um den elektrischen Wirkungsgrad des Brennstoffzellen-Energiesystems nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$\eta_{\text{ne}} = [0,5 \cdot P_{\text{rated}} / (242 \cdot Q_{\text{cons}} / 3\,600)] \cdot 100 \% \quad (1)$$

Dabei ist

η_{ne}	der elektrische Wirkungsgrad (%);
P_{rated}	die Bemessungsausgangsleistung (kW);
Q_{cons}	der kumulierte Wasserstoffverbrauch (mol).

6.8 Anfahr- und Abschaltverfahren

Beim manuellen Anfahr- und Abschaltverfahren wird das Brennstoffzellen-Energiesystem manuell angefahren bzw. abgeschaltet und dabei geprüft, ob das Brennstoffzellen-Energiesystem wie üblich angefahren bzw. abgeschaltet werden kann.

Beim ferngesteuerten Anfahr- und Abschaltverfahren wird das Brennstoffzellen-Energiesystem ferngesteuert durch elektronische Signale von einem elektronischen Gerät, wie z. B. einer Fernbedienung oder einem Computer angefahren bzw. abgeschaltet und dabei geprüft, ob das Brennstoffzellen-Energiesystem wie üblich angefahren bzw. abgeschaltet werden kann.

Beim autonomen Anfahr- und Abschaltverfahren wird eine Zeit festgelegt in der das Brennstoffzellen-Energiesystem autonom anfährt bzw. abschaltet und dabei wird geprüft, ob das Brennstoffzellen-Energiesystem wie üblich anfährt bzw. abschaltet.

ANMERKUNG Ein Brennstoffzellen-Energiesystem verfügt mindestens über eines der folgenden Anfahr- und Abschaltverfahren: manuell, ferngesteuert, autonom.

6.9 Abschaltdauer

Ein Abschaltsignal wird manuell, ferngesteuert oder autonom an das bei Bemessungsausgangsleistung betriebene Brennstoffzellen-Energiesystem gesendet und es wird die Zeitspanne ausgehend von dem Zeitpunkt des Aussendens des Signals bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Brennstoffzellen-Energiesystem den Ausschaltzustand erreicht hat, gemessen.

ANMERKUNG IEC 60050-485: Brennstoffzellentechnologien: Abschalten: Abfolge von Vorgängen, die zum Übergang eines Brennstoffzellen-Energiesystems vom Betriebszustand in den passiven Zustand, in den Vorerzeugungszustand oder in den kalten Zustand führt.

6.10 Möglichkeit der Schwingungsdämpfung

Das Brennstoffzellen-Energiesystem wird fest auf dem Schwingungsprüfstand befestigt, dabei wird eine 10 mm dicke Silikon-Gummi-Platte unter das Brennstoffzellen-Energiesystem gelegt, das Brennstoffzellen-Energiesystem wird bei Bemessungsausgangsleistung betrieben, die Schwingungsprüfungen werden für jeweils 5 min in X-, Y- und Z-Richtung mit der spektralen Leistungsdichte (PSD, en: power spectral density) und dem Effektivwert der Beschleunigung (G_{rms}) wie in Bild 2 dargestellt, getrennt durchgeführt. Die Betriebssituation des Brennstoffzellen-Energiesystems während der Prüfung wird beobachtet und aufgezeichnet. Nachdem die Prüfung beendet ist, wird kontrolliert, ob die mechanischen und elektrischen Verbindungen in einem ordnungsgemäßen Zustand sind. Sind die Verbindungen in einem ordnungsgemäßen Zustand, werden die