

	DIN IEC 61982-4 (VDE 0510-33)	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 29.220.20

Einsprüche bis 2010-02-28

Entwurf

**Sekundärbatterien für den Antrieb von Elektrostraßenfahrzeugen –
Teil 4: Prüfung des Leistungsverhaltens von Lithium-Ionen-Zellen
(IEC 21/697/CD:2009)**

Secondary batteries for the propulsion of electric road vehicles –
Part 4: Performance testing for lithium-ion cells
(IEC 21/697/CD:2009)

Accumulateurs pour la propulsion des véhicules routiers électriques –
Partie 4: Essais de performance pour les éléments d’accumulateur lithium-ion
(CEI 21/697/CD:2009)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2009-12-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an **dke@vde.com** in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter **www.dke.de/stellungnahme** abgerufen werden
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 61 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab ...

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe.....	7
4 Prüfbedingungen.....	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Messgeräte	8
4.2.1 Messbereich der Messeinrichtungen.....	8
4.2.2 Spannungsmessung	8
4.2.3 Strommessung.....	8
4.2.4 Temperaturmessung.....	8
4.2.5 Weitere Messungen.....	9
4.3 Zulässige Grenzwerte	9
4.4 Prüftemperatur	9
5 Messung der Maße	9
6 Messung der Masse.....	11
7 Elektrische Messung.....	11
7.1 Allgemeine Bedingungen	11
7.2 Kapazität	11
7.3 Einstellung des Ladezustands	11
7.4 Prüfung der Leistungsdichte und der regenerativen Leistungsdichte	12
7.4.1 Prüfverfahren	12
7.4.2 Berechnung der Leistungsdichte	13
7.4.3 Berechnung der regenerativen Leistungsdichte	14
7.5 Energiedichte	15
7.5.1 Prüfverfahren	15
7.5.2 Berechnung der Energiedichte	16
7.6 Lagerungsprüfung.....	17
7.6.1 Ladungshaltungsprüfung	17
7.6.2 Lagerfähigkeitsprüfung	17
7.7 Prüfung der zyklischen Lebensdauer	18
7.7.1 Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen	18
7.7.2 Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen	22
7.8 Prüfung des energetischen Wirkungsgrads.....	26
7.8.1 Gemeinsame Prüfungen.....	26

	Seite
7.8.2 Prüfung von Zellen zur Verwendung in Batteriefahrzeugen.....	28
7.8.3 Berechnung des energetischen Wirkungsgrads von Zellen zur Verwendung in Hybridfahrzeugen	28
Anhang A (informativ) Wahlfreie Prüfbedingungen	30
Anhang B (informativ) Prüffolge für die Prüfung der zyklischen Lebensdauer	32

Bilder

Bild 1.1 – Beispiel für die Temperaturmessung bei einer prismatischen Zelle bzw. einer Flachzelle	9
Bild 1.2 – Beispiel für die Temperaturmessung bei einer zylindrischen Zelle	9
Bild 2.1 – Zylindrische Zelle (a)	10
Bild 2.2 – Zylindrische Zelle (b)	10
Bild 2.3 – Prismatische Zelle (a)	10
Bild 2.4 – Prismatische Zelle (b)	10
Bild 2.5 – Flachzelle (a)	10
Bild 2.6 – Flachzelle (b)	10
Bild 3 – Prüfreihefolge der Strom-Spannungs-Kennlinienprüfung für den Einsatz in Hybridfahrzeugen	13
Bild 4 – Dynamisches Entladeprofil A für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen.....	20
Bild 5 – Dynamisches Entladeprofil B für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen.....	21
Bild 6 – Profil mit häufigen Entladungen für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen.....	24
Bild 7 – Profil mit häufigen Ladungen für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen.....	25
Bild 8 – Typisches Schwingen des Ladezustands durch Kombination zweier Profile für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen	25

Tabellen

Tabelle 1 – Entladebedingungen	11
Tabelle 2 – Beispiele für Lade- und Entladestrom bei Bemessungskapazität	12
Tabelle 3 – Dynamisches Entladeprofil A für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen	19
Tabelle 4 – Dynamisches Entladeprofil B für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen	21
Tabelle 5 – Profil mit häufigen Entladungen für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen	23
Tabelle 6 – Profil mit häufigen Ladungen für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Hybridfahrzeugen	24
Tabelle A.1 – Bedingungen für die Kapazitätsprüfung	30
Tabelle A.2 – Bedingungen für die Prüfung des Leistungsverhaltens.....	30
Tabelle A.3 – Bedingungen für die Prüfung der zyklischen Lebensdauer.....	30
Tabelle A.4 – Bedingungen für die Prüfung des energetischen Wirkungsgrads bei Anwendung in Batteriefahrzeugen	31

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 21/697/CD:2009 „Secondary batteries for the propulsion of electric road vehicles – Part 4: Performance testing for lithium-ion cells“ (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 TC 21 „Secondary cells and batteries“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

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

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

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 371 „Akkumulatoren“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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
–	IEC 60050-482	–	–
EN 60051 (alle Teile)	IEC 60051 (alle Teile)	DIN EN 60051 (alle Teile)	–
–	IEC 60485	–	–
EN 61434	IEC 61434	DIN EN 61434	–
EN 61851-1	IEC 61851-1	DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1)	VDE 0122-1
–	ISO XXXX (CD 12405-1)	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60051-1 (alle Teile), *Direkt wirkende anzeigende elektrische Messgeräte und ihr Zubehör*

DIN EN 61434, *Sekundärzellen und Batterien mit alkalischem oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten; Richtlinien für die Bestimmung des Stromes in Normen für alkalische Sekundärzellen und Batterien*

DIN EN 61851-1 (VDE 0122-1), *Elektrische Ausrüstung von Elektro-Straßenfahrzeugen – Konduktive Ladesysteme für Elektrofahrzeuge – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

Sekundärbatterien für den Antrieb von Elektrostraßenfahrzeugen Teil 4: Prüfung des Leistungsverhaltens von Lithium-Ionen-Zellen

Einleitung

Als Reaktion auf die weltweiten Bemühungen zur Senkung des CO₂-Ausstoßes und angesichts der Anforderungen an die Energiesicherheit wurde weltweit die Vermarktung von Elektrostraßenfahrzeugen, darunter Batteriefahrzeuge, Hybridfahrzeuge und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge, vorangetrieben. Dies wiederum hat zu einer zunehmenden Nachfrage nach Traktionsbatterien mit hoher Leistungs- und Energiedichte geführt. Lithium-Ionen-Batterien gelten als eine der vielversprechendsten Sekundärbatteriearten für den Antrieb von Elektrofahrzeugen. In Anbetracht der schnellen Verbreitung von Hybridfahrzeugen und des Aufkommens von Batteriefahrzeugen sowie Plug-in-Hybridfahrzeugen ist ein genormtes Verfahren zur Prüfung der Anforderungen an das Leistungsverhalten von Lithium-Ionen-Batterien für die Sicherstellung eines grundlegenden Leistungsniveaus und die Ermittlung wesentlicher Daten für die Auslegung von Fahrzeugsystemen und Batteriesätzen unerlässlich.

Diese Norm legt die Prüfung des Leistungsverhaltens von Traktions-Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien zur Verwendung in Fahrzeugen fest; diese Batterien unterscheiden sich grundsätzlich von anderen Batterien, einschließlich der in weiteren IEC-Normen für tragbare und ortsfeste Anwendungen festgelegten Batterien. Bei der Anwendung in Fahrzeugen ist es wichtig, die spezifische Verwendung zu beachten, also die Vielfalt der Auslegungsmöglichkeiten von Fahrzeugbatteriesätzen und -systemen sowie die speziellen Anforderungen an Zellen und Batterien im Zusammenhang mit diesen Auslegungen. Ausgehend davon soll diese Norm eine grundlegende Prüfmethodologie mit allgemeiner, vielseitiger Anwendbarkeit bereitstellen, die Teil der gemeinsamen Primärprüfung von Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien zur Verwendung in verschiedenen Batteriesystemen ist.

Diese Norm steht in Zusammenhang mit ISO XXX, *Road vehicles – Electrically propelled road vehicles – Test specification for lithium-ion battery systems*, in der Prüfungen und entsprechende Anforderungen an Batteriesysteme definiert sind.

In IEC 61982, Teil 1, 2 und 3, sind die allgemeinen Prüfungen des Leistungsverhaltens von Traktionsbatterien beschrieben. Teil 5 legt die Sicherheitsprüfung von Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien zur Anwendung in Elektrofahrzeugen fest.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61982 legt Prüfungen des Leistungsverhaltens und der Lebensdauer von Lithium-Ionen-Sekundärzellen fest, die als Antrieb von Elektrofahrzeugen, einschließlich Batteriefahrzeugen (en: battery electric vehicles, BEV) und Hybridfahrzeugen (en: hybrid electric vehicles, HEV), verwendet werden.

Ziel dieser Norm ist die Festlegung der Prüfverfahren zur Ermittlung der wesentlichen Merkmale von Lithium-Ionen-Zellen für den Antrieb von Fahrzeugen in Bezug auf deren Kapazität, Leistungsdichte, Energiedichte, Lagerfähigkeit und zyklische Lebensdauer.

Diese Norm beschreibt die Norm-Prüfverfahren und -bedingungen für die Prüfung der grundlegenden Leistungsmerkmale von Lithium-Ionen-Zellen für den Antrieb von Fahrzeugen, die für die Sicherstellung eines grundlegenden Leistungsniveaus und die Ermittlung wesentlicher Daten zu Zellen für verschiedene Auslegungen von Batteriesystemen und Batteriesätzen unerlässlich sind.

ANMERKUNG 1 Sofern zwischen Hersteller und Kunden vereinbart, dürfen zusätzlich zu den in dieser Norm festgelegten Prüfbedingungen bestimmte weitere Prüfbedingungen gewählt werden. Diese weiteren möglichen Prüfbedingungen sind in Anhang A beschrieben.

ANMERKUNG 2 Die Prüfungen des Leistungsverhaltens der elektrisch verbundenen Lithium-Ionen-Zellen dürfen unter Bezugnahme auf diese Norm durchgeführt werden.

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 60050-482, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 482: Primary and Secondary cells and batteries*

IEC 60051 (alle Teile), *Direct acting indicating analogue electrical measuring instruments and their accessories*

IEC 60485, *Digital electronic d.c. voltmeters and d.c. electronic analogue-to-digital converters*

IEC 61434, *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – Guide to the designation of current in alkaline secondary cell and battery standards*

IEC 61851-1, *Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements*

[ISOXXXX(CD 12405-1)], *Electrically propelled road vehicles – Test specification for Lithium-Ion traction battery systems – Part 1: High power applications*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die in IEC 60050-482 enthaltenen und die folgenden Begriffe.

3.1

Lithium-Ionen-Sekundärzelle

einzelne Sekundärzelle, deren elektrische Energie aus dem Wechselspiel der Ein- und Auslagerung von Lithium-Ionen zwischen der Anode und der Kathode stammt

ANMERKUNG 1 Die Sekundärzelle ist eine funktionelle Grundeinheit, die durch direkte Umwandlung von chemischer Energie eine Quelle für elektrische Energie bereitstellt und aus Elektroden, Separatoren, Elektrolyt, Gehäuse und Anschlusspolen besteht und elektrisch geladen werden kann.

ANMERKUNG 2 In dieser Norm bedeutet „Zelle“ die für den Antrieb von Elektrostraßenfahrzeugen zu verwendende Lithium-Ionen-Zelle.

3.2

Bemessungskapazität

vom Hersteller angegebene Elektrizitätsmenge $C_3\text{Ah}$ (Amperestunden) für Batteriefahrzeuge und $C_1\text{Ah}$ für Hybridfahrzeuge, die eine einzelne Zelle bei Batteriefahrzeugen über einen Zeitraum von 3 h und bei Hybridfahrzeugen über einen Zeitraum von 1 h liefern kann, wenn sie entsprechend den in 7.1 und 7.2 festgelegten Bedingungen geladen, gelagert und entladen wird

3.3

Raumtemperatur

25 °C ± 2 K

3.4

Ladezustand

(en: state of charge, SOC)

verfügbare Kapazität einer Batterie, angegeben als Prozentanteil der Bemessungskapazität

3.5

Batteriefahrzeug

(en: battery electric vehicle, BEV)

Elektrofahrzeug, das als Energiequelle für den Fahrzeugantrieb lediglich über eine Traktionsbatterie verfügt

3.6

Hybridfahrzeug

(en: hybrid electric vehicle, HEV)

Fahrzeug, das für den Antrieb sowohl über ein wiederaufladbares Energiespeichersystem als auch über eine auf Kraftstoff beruhende Energiequelle verfügt

4 Prüfbedingungen

4.1 Allgemeines

Bei der Auswahl der Messeinrichtungen ist IEC 60051 für analoge Geräte und IEC 60485 für digitale Geräte hinzuzuziehen. Einzelheiten zu den verwendeten Einrichtungen sind in den Berichten zu den erzielten Ergebnissen mit anzugeben.

4.2 Messgeräte

4.2.1 Messbereich der Messeinrichtungen

Die verwendeten Messgeräte müssen für die zu messenden Spannungen und Ströme ausgelegt sein. Die Messbereiche der Messgeräte und die Messverfahren müssen entsprechend der für die jeweilige Prüfung geforderten Genauigkeit ausgewählt werden.

Bei analogen Messgeräten bedeutet das, dass die Messung im letzten Drittel der Skala erfolgen muss.

Es darf jedes andere Messgerät verwendet werden, vorausgesetzt, es erreicht eine entsprechende Genauigkeit.

4.2.2 Spannungsmessung

Die für die Spannungsmessung verwendeten Geräte müssen Voltmeter mit der Genauigkeitsklasse 0,5 oder besser sein. Der Innenwiderstand des Voltmeters muss mindestens 1 000 Ω/V betragen.

4.2.3 Strommessung

Die für die Strommessung verwendeten Geräte müssen Amperemeter mit der Genauigkeitsklasse 0,5 oder besser sein. Die innere Beschaltung des Amperemeters sowie Nebenwiderstände und Anschlussdrähte müssen der Genauigkeitsklasse 0,5 oder besser entsprechen.

4.2.4 Temperaturmessung

Die Zelltemperatur muss mit einem Messgerät für die Oberflächentemperatur mit ähnlicher Skaleneinteilung und Genauigkeit wie in 4.1.2 gemessen werden. Die Temperatur sollte an einer Stelle gemessen werden, die möglichst nahe an der Temperatur des Elektrolyten liegt.

Beispiele für die Temperaturmessung sind in Bild 1.1 und Bild 1.2 dargestellt. Die vom Hersteller angegebenen Hinweise zur Temperaturmessung sind zu befolgen.

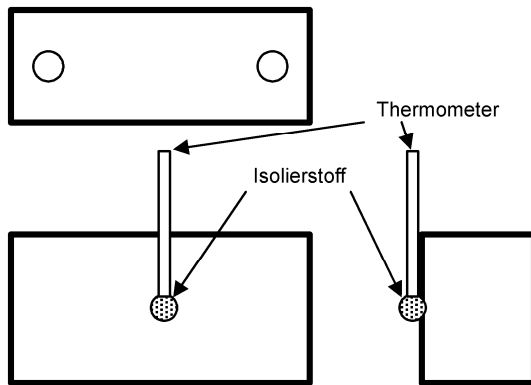


Bild 1.1 – Beispiel für die Temperaturmessung bei einer prismatischen Zelle bzw. einer Flachzelle

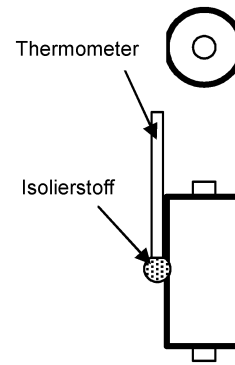


Bild 1.2 – Beispiel für die Temperaturmessung bei einer zylindrischen Zelle

4.2.5 Weitere Messungen

Weitere Werte wie Kapazität und Leistung dürfen mit Hilfe einer Messeinrichtung gemessen werden, sofern diese 4.3 entspricht.

4.3 Zulässige Grenzabweichungen

Die Gesamtgenauigkeit der Regelgrößen oder Messwerte in Bezug auf die festgelegten oder tatsächlichen Werte muss innerhalb der folgenden Grenzen liegen:

- a) Spannung: $\pm 1 \%$;
- b) Strom: $\pm 1 \%$;
- c) Temperatur: $\pm 2 \text{ K}$;
- d) Zeit: $\pm 0,1 \%$;
- e) Masse: $\pm 0,1 \%$;
- f) Maße: $\pm 0,1 \%$.

Diese Grenzabweichungen umfassen die kombinierte Genauigkeit der Messgeräte, des angewendeten Messverfahrens und aller übrigen Fehlerquellen des Prüfverfahrens.

4.4 Prüftemperatur

Wenn nicht anders festgelegt, ist die Zelle vor jeder Prüfung mindestens 12 h bei Prüftemperatur zu stabilisieren. Dieser Zeitraum kann verringert werden, wenn thermische Stabilität erreicht ist. Thermische Stabilität gilt als erreicht, wenn nach einem Intervall von 1 h die Änderung sämtlicher einzelnen Zelltemperaturen unter 1 K liegt.

Wenn in dieser Norm nicht anders festgelegt, müssen die Zellen bei Raumtemperatur in offener Atmosphäre mit dem vom Hersteller angegebenen Verfahren geprüft werden.

5 Messung der Maße

Die Größtmaße hinsichtlich Gesamtbreite, -dicke bzw. -durchmesser und -länge einer Zelle sind bis auf drei signifikante Ziffern entsprechend den in 4.3 angegebenen zulässigen Abweichungen zu messen.

Beispiele für Größtmaße sind in Bild 2.1 bis 2.6 angegeben.

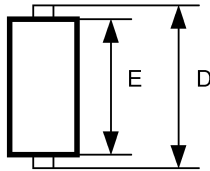
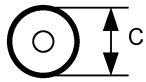


Bild 2.1 – Zylindrische Zelle (a)

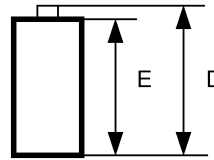
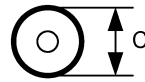


Bild 2.2 – Zylindrische Zelle (b)

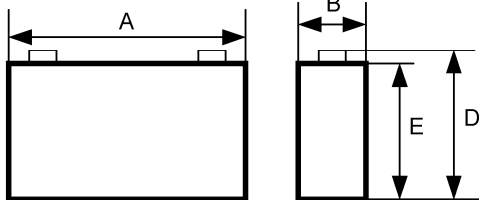


Bild 2.3 – Prismatische Zelle (a)

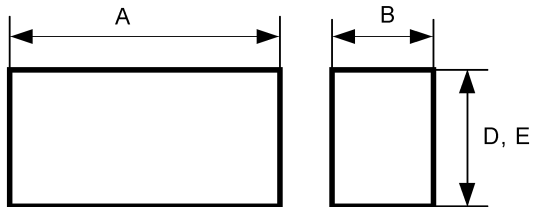


Bild 2.4 – Prismatische Zelle (b)

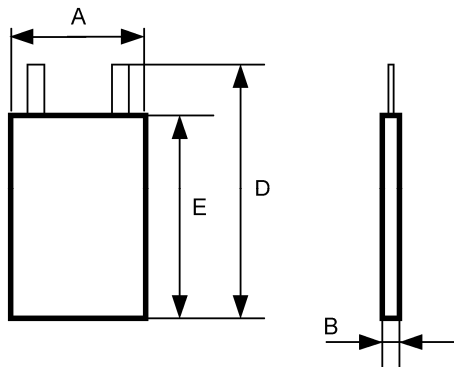


Bild 2.5 – Flachzelle (a)

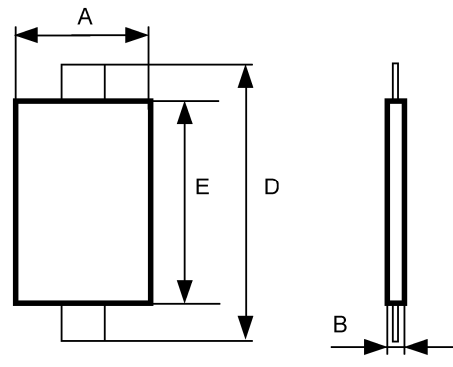


Bild 2.6 – Flachzelle (b)

Dabei ist

- A die Gesamtbreite;
- B die Gesamtdicke;
- C der Durchmesser;
- D die Gesamtlänge (einschließlich Anschlusspole);
- E die Gesamtlänge (ohne Anschlusspole).

6 Messung der Masse

Die Masse einer Zelle wird auf drei signifikante Stellen entsprechend den in 4.3 angegebenen zulässigen Abweichungen gemessen.

7 Elektrische Messung

7.1 Allgemeine Bedingungen

Vor der elektrischen Messung muss die Zelle bei Raumtemperatur und einem in Tabelle 1 angegebenen konstanten Strom auf eine festgelegte Entladeschlussspannung entladen werden.

Wenn in dieser Norm nicht anders festgelegt, müssen die Zellen bei Raumtemperatur und in offener Atmosphäre mit dem vom Hersteller angegebenen Verfahren geladen werden.

7.2 Kapazität

Die Kapazität der Zelle muss unter Einhaltung der folgenden Schritte gemessen werden.

Schritt 1 – Die vollständig geladene Zelle ist bei Raumtemperatur und einem konstanten Strom entsprechend Tabelle 1 auf die vom Hersteller festgelegte Entladeschlussspannung zu entladen. Anschließend ist die Zelle entsprechend den Herstellerangaben bis zum vollständig geladenen Zustand wiederaufzuladen.

Nach dem Wiederaufladen ist die Zelle entsprechend 4.4 zu stabilisieren.

Schritt 2 – Die Zelle ist bei der festgelegten Temperatur und einem konstanten Strom I_t (A) auf die vom Hersteller angegebene Entladeschlussspannung U_f zu entladen. Der Hersteller muss entsprechend Tabelle 1 den Entladestrom und die Entladetemperatur auswählen.

Das Verfahren zur Bezeichnung des Prüfstroms I_t ist in IEC 61434 festgelegt.

Tabelle 1 – Entladebedingungen

Temperatur	Entladestrom (A)	
	Anwendung in Batteriefahrzeugen	Anwendung in Hybridfahrzeugen
0 °C	$1/3 I_t$	$1 I_t$
25 °C		
45 °C		

Schritt 3 – Die Entladedauer ist bis zum Erreichen der festgelegten Entladeschlussspannung zu messen, anschließend ist die Kapazität der Zelle in Ah bis auf drei signifikante Stellen zu berechnen. Für Hochleistungszellen zur Anwendung in Batteriefahrzeugen gilt gegebenenfalls ein Entladestrom von $0,2 I_t$.

7.3 Einstellung des Ladezustands

Die Prü fzellen sind wie unten festgelegt zu laden. Bei der Einstellung des Ladezustands handelt es sich um den Vorgang, der auszuführen ist, um die Zellen auf die verschiedenen Ladezustände für die Prüfungen nach dieser Norm zu bringen.

Schritt 1 – Die Zelle ist entsprechend der vom Hersteller festgelegten Vorgehensweise auf einen Ladezustand von 100 % zu laden.

Schritt 2 – Die Zelle ist entsprechend 4.4 bei Raumtemperatur ruhen zu lassen.

E DIN IEC 61982-4 (VDE 0510-33):2009-12

Schritt 3 – Die Zelle ist bei einem konstanten Strom nach Tabelle 1 über einen Zeitraum von $(100 - n)/100 \times 3$ h für Batteriefahrzeuge und $(100 - n)/100 \times 1$ h für Hybridfahrzeuge zu entladen, wobei n der für jede Prüfung einzustellende Ladezustand (%) ist.

7.4 Prüfung der Leistungsdichte und der regenerativen Leistungsdichte

7.4.1 Prüfverfahren

Die Prüfung ist wie folgt durchzuführen.

a) Messung der Masse

Die Masse der Zelle ist nach Abschnitt 6 zu messen.

b) Messung der Maße

Die Maße der Zelle sind nach Abschnitt 5 zu messen.

c) Prüfung der Strom-Spannungs-Kennlinie

Die Strom-Spannungs-Kennlinien sind durch Messung der Spannung bei 100 s zu bestimmen, wenn unter den unten festgelegten Bedingungen mit einem konstanten Strom entladen und geladen wird.

- 1) Der Ladezustand ist nach der in 7.3 festgelegten Vorgehensweise auf 20 %, 50 % und 80 % einzustellen.
- 2) Die Zelltemperatur bei Prüfbeginn ist auf 40 °C, 25 °C, 0 °C und -20 °C einzustellen.
- 3) Die Zelle ist bei jedem Wert des Stroms zu laden oder zu entladen, der dem jeweiligen Bemessungskapazitätsgrad entspricht, und die Spannung ist bei 10 s zu messen. Der Lade-/Entladestrombereich ist vom Hersteller festzulegen, wobei das Norm-Messintervall 1 s beträgt. Wenn die Spannung nach 10 s die untere Entladegrenzspannung oder die obere Ladegrenzspannung überschreitet, sind die Messdaten nicht zu berücksichtigen.

ANMERKUNG Die vom Hersteller angegebenen Lade-/Entladegrenzen bei niedrigen Temperaturen sind zu berücksichtigen.

Tabelle 2 zeigt Beispiele für den Lade- und Entladestrom entsprechend der jeweiligen Anwendung. Sofern erforderlich, ist der maximale Strom für Ladung und Entladung ($I_{\max}$) vom Zellenhersteller anzugeben, wobei die obere Grenze 400 A beträgt. Der maximale Lade- und Entladestrom kann nach der Messung bei $5 I_t$ für Batteriefahrzeuge und $10 I_t$ für Hybridfahrzeuge angelegt werden.

Tabelle 2 – Beispiele für Lade- und Entladestrom bei Bemessungskapazität

Anwendung	Lade- und Entladestrom (A)				
Batteriefahrzeug	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$2 I_t$	$5 I_t$	$I_{\max}$
Hybridfahrzeug	$1/3 I_t$	$1 I_t$	$5 I_t$	$10 I_t$	$I_{\max}$

- 4) Es sind Unterbrechungen mit einer Dauer von 10 min vorzusehen. Wenn sich jedoch die Zelltemperatur nach 10 min nicht innerhalb eines Bereichs von 2 K einstellt, ist eine weitere Abkühlung vorzunehmen; alternativ ist die Dauer der Unterbrechung zu verlängern, und es ist zu überprüfen, ob sich die Zelltemperatur nun innerhalb eines Bereichs von 2 K einstellt. Anschließend wird mit dem nächsten Entlade- oder Ladevorgang fortgefahren.
- 5) Die Prüfung wird nach dem in Bild 3 gezeigten Schema durchgeführt.

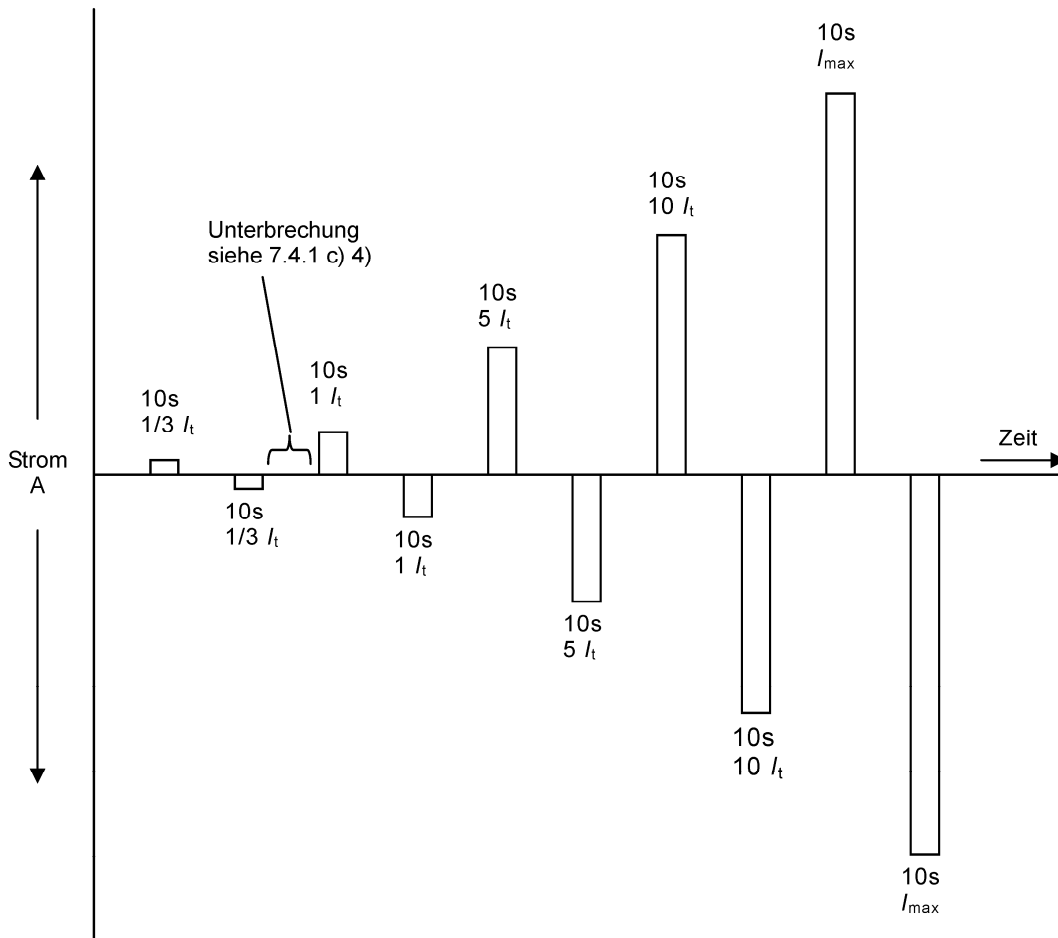


Bild 3 – Prüfreihefolge der Strom-Spannungs-Kennlinienprüfung für den Einsatz in Hybridfahrzeugen

7.4.2 Berechnung der Leistungsdichte

7.4.2.1 Entladestrom

Hierbei handelt es sich um den Entladestrom I_d bei der Berechnung der Leistungsdichte, die einem Ladezustand von 50 % entspricht, wobei die Berechnung unter Anwendung der Strom-Spannungs-Kennlinie erfolgt, die durch Auftragen der Spannung bei 10 s erhalten wird, während bei der in 7.4.1 c) beschriebenen Strom-Spannungs-Kennlinienprüfung mit einem konstanten Strom entladen wird.

Die Strom-Spannungs-Kennlinie wird mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate extrapoliert, und der Wert des Stroms, der der unteren Entladegrenzspannung entspricht, wird bis auf drei signifikante Stellen entsprechend den in 4.3 beschriebenen zulässigen Abweichungen berechnet. Dieser Wert ist in der Leistungsdichterechnung als Entladestrom I_d zu bezeichnen. Die Anzahl der Prüfströme, die innerhalb des Betriebsspannungsbereichs angelegt werden, muss mehr als 4 betragen. Der letzte Spannungspunkt, der mit dem höchsten Strom innerhalb des Betriebsspannungsbereichs gemessen wird, muss innerhalb von $\pm 0,1$ V der unteren Grenzspannung der Zelle liegen.

7.4.2.2 Leistung

Die Leistung ist nach Gleichung (1) zu berechnen und auf drei signifikante Stellen zu runden.

$$W_d = V_d \times I_d \quad (1)$$

Dabei ist

W_d die Leistung (W);

V_d die untere Entladegrenzspannung (V);

I_d der aus der Berechnung der Leistungsdichte erhaltene Entladestrom (A).

7.4.2.3 Leistungsdichte je Masseinheit

Die Leistungsdichte je Masseinheit wird nach Gleichung (2) berechnet und auf drei signifikante Stellen gerundet.

$$P_d = \frac{W_d}{M} \quad (2)$$

Dabei ist

P_d die Leistungsdichte (W/kg);

W_d die Leistung (W);

M die Masse der Zelle (kg).

7.4.2.4 Leistungsdichte je Volumeneinheit

Die volumetrische Leistungsdichte ist nach Gleichung (3) zu berechnen und auf drei signifikante Stellen zu runden.

$$P_{dv} = \frac{W_d}{V_1} \quad (3)$$

Dabei ist

P_{dv} die volumetrische Leistungsdichte (W/l);

W_d die Leistung (W);

V_1 das Volumen der Zelle (l).

Das Volumen einer prismatischen Zelle ist gegeben durch das Produkt aus Gesamthöhe ohne Anschlusspole, Breite und Länge; das Volumen einer zylindrischen Zelle ist gegeben durch das Produkt aus dem Zylinderquerschnitt und der Gesamtlänge ohne Anschlusspole.

7.4.3 Berechnung der regenerativen Leistungsdichte

7.4.3.1 Ladestrom

Hierbei handelt es sich um den Ladestrom I_c bei Berechnung der regenerativen Leistungsdichte, die einem Ladezustand von 50 % entspricht, wobei die Berechnung unter Anwendung der Strom-Spannungs-Kennlinie erfolgt, die durch Aufladen der Spannung bei 10 s erhalten wird, während bei der in 7.4.1 c) beschriebenen Strom-Spannungs-Kennlinienprüfung mit einem konstanten Strom geladen wird. Die Strom-Spannungs-Kennlinie wird mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate extrapoliert, und der Wert des Stroms, der der oberen Ladegrenzspannung entspricht, wird bis auf drei signifikante Stellen berechnet. Dieser Wert ist in der regenerativen Leistungsdichterechnung als Entladestrom I_c zu bezeichnen.

7.4.3.2 Regenerative Leistung

Die regenerative Leistung wird nach Gleichung (4) berechnet und auf drei signifikante Stellen gerundet.

$$W_c = V_c \times I_c \quad (4)$$

Dabei ist

W_c die regenerative Leistung (W);

V_c die obere Ladegrenzspannung (V);

I_c der aus der Berechnung der regenerativen Leistungsdichte erhaltene Ladestrom (A).

7.4.3.3 Regenerative Leistungsdichte je Masseinheit

Die regenerative Leistungsdichte je Masseinheit ist nach Gleichung (5) zu berechnen und auf drei signifikante Stellen zu runden.

$$P_c = \frac{W_c}{M} \quad (5)$$

Dabei ist

P_c die regenerative Leistungsdichte (W/kg);

W_c die regenerative Leistung (W);

M die Masse der Zelle (kg).

7.4.3.4 Regenerative Leistungsdichte je Volumeneinheit

Die volumetrische regenerative Leistungsdichte wird nach Gleichung (6) berechnet und auf drei signifikante Stellen gerundet.

$$P_{cv} = \frac{W_c}{V_1} \quad (6)$$

Dabei ist

P_{cv} die volumetrische regenerative Leistungsdichte (W/l);

W_c die regenerative Leistung (W);

V_1 das Volumen der Zelle (l).

Die Kapazität einer quadratischen Batterie ist gegeben durch das Produkt aus Gesamthöhe ohne Anschlusspole, Breite und Länge; das Volumen einer zylindrischen Batterie ist gegeben durch das Produkt aus dem Zylinderquerschnitt und der Gesamtlänge ohne Anschlusspole.

7.5 Energiedichte

7.5.1 Prüfverfahren

Die Masse-Energiedichte (Wh/kg) und die volumetrische Energiedichte (Wh/l) von Zellen bei einem bestimmten Stromentladevorgang mit $1/3 I_t$ A für die Anwendung in Batteriefahrzeugen und $1 I_t$ A für die Anwendung in Hybridfahrzeugen sind wie folgt zu bestimmen.

a) Messung der Masse

Die Masse der Zelle ist nach Abschnitt 6 zu messen.

E DIN IEC 61982-4 (VDE 0510-33):2009-12

b) Messung der Maße

Die Maße der Zelle sind nach Abschnitt 5 zu messen.

c) Messung der Kapazität

Die Kapazität der Zelle ist nach 7.2 zu bestimmen.

d) Berechnung der mittleren Spannung

Der Wert der mittleren Spannung während der Entladung in der oben genannten Kapazitätsprüfung ist durch Integration der Entladespannung über die Zeit und Dividieren des Ergebnisses durch die Entladedauer zu bestimmen. Eine einfache Möglichkeit der Berechnung der mittleren Spannung bietet das folgende Verfahren: Die Entladespannungen $V_1, V_2, \dots, V_n$ werden alle 5 s ab Beginn der Entladung aufgezeichnet; Spannungen, die innerhalb von 5 s unterhalb der Entladeschlussspannung liegen, werden verworfen. Die mittlere Spannung V_a wird dann mit Hilfe von Gleichung (7) vereinfacht berechnet, wobei das Ergebnis bis auf drei signifikante Stellen abgerundet wird.

$$V_a = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_n}{n} \quad (7)$$

ANMERKUNG Es dürfen mit Hilfe von Messeinrichtungen ermittelte Werte verwendet werden, sofern sich mit den Messeinrichtungen eine ausreichende Genauigkeit erreichen lässt.

7.5.2 Berechnung der Energiedichte

7.5.2.1 Energiedichte je Masseinheit

Die Energiedichte je Masseinheit ist nach Gleichung (8) zu berechnen, wobei das Ergebnis auf drei signifikante Stellen abzurunden ist.

$$D_m = \frac{C_a V_a}{M} \quad (8)$$

Dabei ist

D_m die Energiedichte je Masseinheit (Wh/kg);

C_a die Entladekapazität (Ah) bei $1/3 I_t$ (A) bzw. $1 I_t$ (A);

V_a die mittlere Spannung während des Entladevorgangs (V);

M die Masse der Zelle (kg).

7.5.2.2 Energiedichte je Volumeneinheit

Die volumetrische Energiedichte ist nach Gleichung (9) zu berechnen, wobei das Ergebnis auf drei signifikante Stellen abzurunden ist.

$$D_v = \frac{C_a V_a}{V_l} \quad (9)$$

Dabei ist

D_v die volumetrische Energiedichte (Wh/l);

C_a die Entladekapazität in Ah bei $0,2 I_t$ (A) bzw. $1 I_t$ (A);

V_a die mittlere Spannung während des Entladevorgangs (V);

V_l das Volumen der Zelle (l)

Das Volumen einer prismatischen Zelle ist gegeben durch das Produkt aus Gesamthöhe ohne Anschlusspole, Breite und Länge; das Volumen einer zylindrischen Zelle ist gegeben durch das Produkt aus der Zylinderquerschnittsfläche und der Gesamtlänge ohne Anschlusspole.

7.6 Lagerungsprüfung

7.6.1 Ladungshaltungsprüfung

Die Ladungshaltungseigenschaften einer Zelle bei einem Ladezustand von 50 % sind nach dem folgenden Verfahren zu ermitteln.

Schritt 1 – Die Zelle ist bei Raumtemperatur und einem Entladestrom von $1/3 I_t$ (A) für die Anwendung in Batteriefahrzeugen und $1 I_t$ (A) für die Anwendung in Hybridfahrzeugen auf die Entladeschlussspannung zu entladen.

Schritt 2 – Anschließend sind die Zellen mit dem vom Hersteller festgelegten Verfahren vollständig auf 100 % der Bemessungskapazität zu laden.

Schritt 3 – Die Zelle ist nach dem in 7.3 festgelegten Verfahren auf einen Ladezustand von 50 % zu entladen. Daraufhin ist die Zelle 1 h bei Prüftemperatur zu stabilisieren.

Schritt 4 – Die Zelle ist bei Raumtemperatur und einem Entladestrom von $1/3 I_t$ (A) für die Anwendung in Batteriefahrzeugen und $1 I_t$ (A) für die Anwendung in Hybridfahrzeugen auf die Entladeschlussspannung zu entladen. Diese Entladekapazität ist C_b .

Schritt 5 – Schritt 2 und Schritt 3 sind zu wiederholen, und der Ladezustand der Zelle ist auf 50 % einzustellen.

Schritt 6 – Die Zelle ist 28 Tage bzw. 4 Wochen bei einer Umgebungstemperatur von $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ zu lagern.

Schritt 7 – Die Zelle ist bei Raumtemperatur und einem konstanten Strom von $1/3 I_t$ (A) für die Anwendung in Batteriefahrzeugen und $1 I_t$ (A) für die Anwendung in Hybridfahrzeugen auf die Entladeschlussspannung zu entladen; anschließend ist die Kapazität der Zelle zu messen. Diese Entladekapazität ist C_r .

Das Ladungshaltungsverhältnis ist nach Gleichung (10) zu berechnen.

$$R = \frac{C_r}{C_b} \times 100 \quad (10)$$

Dabei ist

R das Ladungshaltungsverhältnis (%);

C_r die Kapazität der Zelle nach Lagerung (Ah);

C_b die Kapazität der Zelle vor Lagerung (Ah).

7.6.2 Lagerfähigkeitsprüfung

Die Lagerfähigkeit einer Zelle ist wie folgt zu bestimmen.

Schritt 1 – Vor dieser Prüfung sind nach 7.1, 7.2 und 7.4 Kapazität, Leistungsdichte und regenerative Leistungsdichte der Zelle zu bestimmen.

Schritt 2 – Der Ladezustand der Zelle ist nach 7.3 für die Anwendung in Batteriefahrzeugen auf 100 % und für die Anwendung in Hybridfahrzeugen auf 50 % einzustellen. Anschließend ist die Zelle 42 Tage bzw. 6 Wochen bei einer Umgebungstemperatur von $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ zu lagern.

Schritt 3 – Im Anschluss an die Lagerung nach Schritt 2 ist die Zelle nach 4.4 bei Raumtemperatur aufzubewahren und bei einem konstanten Strom von $1/3 I_t$ (A) für die Anwendung in Batteriefahrzeugen und $1 I_t$ (A) für die Anwendung in Hybridfahrzeugen auf die vom Hersteller angegebene Entladeschlussspannung zu entladen. Anschließend ist die Restkapazität (Ah) der Zelle zu bestimmen.

E DIN IEC 61982-4 (VDE 0510-33):2009-12

Schritt 4 – Nach Schritt 3 sind die rückgewinnbare Kapazität, die Leistungsdichte und die regenerative Leistungsdichte der Zelle entsprechend 7.1., 7.2 und 7.4 zu bestimmen.

Schritt 5 – Die Schritte 2, 3 und 4 sind dreimal zu wiederholen.

Nach einer 6-wöchigen Lagerung bei einer Umgebungstemperatur von $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ sind die Änderungen der Restkapazität, der rückgewinnbaren Kapazität, der Leistungsdichte und der regenerativen Leistungsdichte der Zelle zu messen.

Wird die Zelle im Verlauf der Prüfung während einer Unterbrechung, zum Beispiel zur Anpassung der zeitlichen Abfolge der Prüfung, bei Raumtemperatur gelagert, ist die Gesamtdauer dieser Unterbrechung im Prüfbericht anzugeben.

7.7 Prüfung der zyklischen Lebensdauer

Die Prüfung der zyklischen Lebensdauer ist durchzuführen, um den durch Lade-/Entladezyklen verursachten Leistungsabfall der Zelle zu ermitteln.

ANMERKUNG Die Prüffolge für die Prüfung der zyklischen Lebensdauer ist in Anhang B angegeben.

7.7.1 Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen

Die zyklische Lebensdauer einer zur Anwendung in Batteriefahrzeugen vorgesehenen Zelle ist mit den folgenden Prüfverfahren zu bestimmen.

7.7.1.1 Messung des Anfangsleistungsverhaltens

Vor der Lade-/Entlade-Zyklusprüfung sind Kapazität, dynamische Entladekapazität und Leistung als das Anfangsleistungsverhalten der Zelle zu messen.

- Kapazität

Die Kapazität ist nach 7.2 bei $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ zu messen.

- Dynamische Entladekapazität C_D

Die dynamische Entladekapazität C_D ist bei $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ zu messen.

Die dynamische Entladekapazität ist definiert durch den zeitlich integrierten Wert des Lade- und Entladestroms, der wie folgt bestätigt wird: Die vollständig geladene Zelle ist wiederholt entsprechend dem in Tabelle 3 und Bild 6 festgelegten dynamischen Entladeprofil zu entladen, bis die Spannung die vom Hersteller festgelegte untere Grenze erreicht.

- Leistung

Die Leistung ist nach 7.4 bei $25\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und einem Ladezustand von 50 % zu messen.

7.7.1.2 Lade-/Entladezyklus

- a) Temperatur

Die Umgebungstemperatur muss $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ betragen. Zu Beginn des Lade-/Entladezyklus muss die Zelltemperatur $45\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ betragen.

- b) Lade-/Entladezyklus

Ein Zyklus besteht aus der Wiederholung der folgenden Schritte 1 bis 4. Die Ruhezeit zwischen jedem Schritt muss weniger als 4 h betragen.

Der Zyklus ist 28 Tage lang ununterbrochen zu wiederholen. Anschließend ist das Leistungsverhalten der Zelle nach 7.7.1.2 c) zu messen. Dieses Verfahren ist bis zu dem in festgelegten 7.7.1.2 d) Ende der Prüfung zu wiederholen.

Schritt 1 – Die Zelle ist mit Hilfe des vom Hersteller angegebenen Verfahrens vollständig zu entladen.

Schritt 2 – Anschließend ist die Zelle mit dem vom Hersteller angegebenen Verfahren vollständig zu laden. Die Ladezeit muss weniger als 12 h betragen.

Schritt 3 – Daraufhin ist die Zelle entsprechend dem dynamischen Entladeprofil A aus Tabelle 3 und Bild 4 zu entladen, bis die entladene Kapazität einen Wert erreicht, der 80 % der anfänglichen dynamischen Entladekapazität C_D entspricht.

Wenn die Spannung in Schritt 3 die vom Hersteller festgelegte untere Grenze erreicht, ist die Prüfung ungeachtet der Festlegung in 7.7.1.2 d) einzustellen und das Leistungsverhalten der Zelle zu diesem Zeitpunkt entsprechend 7.7.1.2 c) zu messen.

Im folgenden Profil bedeutet Max Leistung % 80 % der maximalen Leistung bei 25 °C und einem Ladezustand von 20 %, wie vom Hersteller festgelegt. Der tatsächlich verwendete Leistungswert ist anzugeben.

Tabelle 3 – Dynamisches Entladeprofil A für die Zyklusprüfung bei Einsatz in Batteriefahrzeugen

Lade-/Entladevorgang	Dauer s	Verhältnis zu Max Leistung %
1	16	0,0
3	28	+12,5
3	12	+25,0
4	8	-12,5
5	16	0,0
6	24	+12,5
7	12	+25,0
8	8	-12,5
9	16	0,0
10	24	+12,5
11	12	+25,0
12	8	-12,5
13	16	0,0
14	36	+12,5
15	8	+100,0
16	24	+62,5
17	8	-25,0
18	32	+25,0
19	8	-50,0
20	44	0,0