

DIN EN ISO 18243

ICS 43.140

Einsprüche bis 2018-03-19

Entwurf

**Elektrisch angetriebene Kleinkrafträder und Motorräder –
Spezifikationen und Sicherheitsanforderungen für
Lithium-Ionen-Batteriesysteme (ISO 18243:2017);
Deutsche und Englische Fassung FprEN ISO 18243:2018**

Electrically propelled mopeds and motorcycles –
Test specifications and safety requirements for lithium-ion battery systems
(ISO 18243:2017);
German and English version FprEN ISO 18243:2018

Cyclomoteurs et motocycles à propulsion électrique –
Spécifications d'essai et exigences de sécurité pour les systèmes de batterie au lithium-ion
(ISO 18243:2017);
Version allemande et anglaise FprEN ISO 18243:2018

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-01-19 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 naautomobil@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil), 10004 Berlin, Postfach 8 04 62, Behrenstr. 35, 10117 Berlin.

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 91 Seiten

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik (NAAutomobil)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 18243:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 22 „Road vehicles“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 18243-1:2018 durch das Technische Komitee CEN/TC 301 „Straßenfahrzeuge“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 052-00-35 AA „Allgemeine Fahrzeugaspekte, Anbauteile und Verbindungselemente“ des Normenausschusses Automobiltechnik (NAAutomobil) im DIN.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Elektrisch angetriebene Kleinkrafträder und Motorräder — Spezifikationen und Sicherheitsanforderungen für Lithium-Ionen-Batteriesysteme (ISO 18243:2017)

Cyclomoteurs et motocycles à propulsion électrique — Spécifications d'essai et exigences de sécurité pour les systèmes de batterie au lithium-ion (ISO 18243:2017)

Electrically propelled mopeds and motorcycles — Test specifications and safety requirements for lithium-ion battery systems (ISO 18243:2017)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: formelle Abstimmung
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9a

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	11
5 Allgemeine Anforderungen	12
5.1 Allgemeine Bedingungen	12
5.2 Prüfungen	13
5.3 Prüfverfahren	14
5.4 Vorbereitung des Prüflings für die Prüfungen	14
5.4.1 Vorbereitung des Batteriepakets	14
5.4.2 Vorbereitung des Batteriesystems	15
6 Allgemeine Prüfverfahren	15
6.1 Vorkonditionierungszyklen	15
6.1.1 Zweck	15
6.1.2 Prüfverfahren	15
6.2 Standardzyklus (SC, standard cycle)	16
6.2.1 Zweck	16
6.2.2 Prüfverfahren	16
7 Leistungsprüfung	16
7.1 Energie und Kapazität bei RT	16
7.1.1 Zweck	16
7.1.2 Prüfverfahren	17
7.1.3 Anforderung	17
7.2 Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen und Entladeraten	18
7.2.1 Zweck	18
7.2.2 Prüfverfahren	18
7.2.3 Anforderungen	21
7.3 Leistung und Innenwiderstand	21
7.3.1 Zweck	21
7.3.2 Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil	21
7.3.3 Prüfverfahren	26
7.3.4 Anforderungen	28
7.4 SOC-Verlust ohne Last	28
7.4.1 Zweck	28
7.4.2 Prüfverfahren	29
7.4.3 Prüfreihefolge	29
7.4.4 Anforderung	31
7.5 SOC-Verlust bei Lagerung	31
7.5.1 Zweck	31
7.5.2 Prüfverfahren	31
7.5.3 Prüfreihefolge	32

7.5.4	Anforderung.....	32
7.6	Zykluslebensdauer	32
7.6.1	Zweck.....	32
7.6.2	Prüfverfahren	32
7.6.3	Anforderungen	33
8	Sicherheits- und Zuverlässigkeitsprüfung.....	33
8.1	Vibration.....	33
8.1.1	Zweck.....	33
8.1.2	Prüfverfahren	33
8.1.3	Anforderungen	34
8.2	Mechanischer Stoß.....	34
8.2.1	Zweck.....	34
8.2.2	Prüfverfahren	34
8.2.3	Anforderungen	34
8.3	Fallhöhe.....	34
8.3.1	Zweck.....	34
8.3.2	Prüfverfahren	34
8.3.3	Anforderungen	35
8.4	Temperaturschock.....	35
8.4.1	Zweck.....	35
8.4.2	Prüfverfahren	35
8.4.3	Anforderungen	35
8.5	Feuchteinwirkung.....	35
8.5.1	Zweck.....	35
8.5.2	Prüfverfahren	35
8.5.3	Anforderungen	36
8.6	Feuer	36
8.6.1	Zweck.....	36
8.6.2	Prüfverfahren	36
8.6.3	Anforderungen	37
8.7	Übertemperaturzustand.....	37
8.7.1	Zweck.....	37
8.7.2	Prüfverfahren	37
8.7.3	Anforderungen	37
8.8	Kurzschlusschutz.....	37
8.8.1	Zweck.....	37
8.8.2	Prüfverfahren	38
8.8.3	Anforderungen	38
8.9	Überladeschutz.....	38
8.9.1	Zweck.....	38
8.9.2	Prüfverfahren	38
8.9.3	Anforderungen	39
8.10	Tiefentladeschutz.....	39
8.10.1	Zweck.....	39
8.10.2	Prüfverfahren	39
8.10.3	Anforderungen	40
8.11	Betauen	40
8.11.1	Zweck.....	40
8.11.2	Prüfverfahren	40
8.11.3	Anforderungen	40
8.12	Salzspray.....	41
8.12.1	Zweck.....	41
8.12.2	Prüfverfahren	42
8.12.3	Anforderungen	42

Anhang A (informativ) Batteriepaket und System	43
A.1 Allgemeines	43
A.2 Batteriepaket	43
A.3 Batteriesystem.....	44
A.3.1 Batteriesystem mit integrierter Batteriesteuerereinheit	44
A.3.2 Batteriesystem mit externer Batteriesteuerereinheit.....	45
Anhang B (informativ) Beschreibung der in 8.6 genannten Abschirmung	46
Literaturhinweise.....	47

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 18243:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 22 „Road Vehicles“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als FprEN ISO 18243:2018 durch das Technische Komitee CEN/TC 301 „Straßenfahrzeuge“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum Prozess der einheitlichen Annahme eingereicht.

Dieses Dokument wurde erarbeitet, unter dem von der Europäischen Kommission an CEN vergebenen Mandat und unter dem Europäischen Freihandelsabkommen.

Dieser Standard spezifiziert Prüfungen für Lithium-Ionen Batteriepakete und -systeme, für die Verwendung in elektrisch angetriebene Mopeds und Motorräder.

Er betrifft wechselbare und nicht wechselbare Batterien.

Im Falle von wechselbaren Batterien, ist die bereits veröffentlichte Norm EN 50604 für wechselbare Batterien für alle Fahrzeuge der Kategorie L zu beachten. Diese Norm schließt zusätzliche Prüfungen und Anforderungen für die wechselbaren Batterien ein, die nicht in der aktuellen Ausgabe der ISO 18243 betrachtet werden.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 18243:2017 wurde von CEN als FprEN ISO 18243:2018 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 22, *Road vehicles*, Unterkomitee SC 38, *Motorcycles and mopeds* erarbeitet.

Einleitung

Batteriesysteme auf Lithium-Ionen-Basis sind ein effizientes, alternatives Energiespeicherungssystem für elektrisch angetriebene Kleinkraftfahrzeuge und Motorräder. Die Anforderungen an Batteriesysteme auf Lithium-Ionen-Basis, die als Energiequelle für den Vortrieb von elektrisch angetriebenen Kleinkraftfahrzeugen und Motorrädern verwendet werden, unterscheiden sich erheblich von denen an Batterien für Unterhaltungselektronik oder stationären Einsatz.

Dieses Dokument enthält spezielle Prüfverfahren für Lithium-Ionen-Batteriepakete und Systeme, die speziell für den Antrieb von Kleinkraftfahrzeugen und Motorrädern entwickelt wurden. Dieses Dokument spezifiziert solche Prüfungen und zugehörige Anforderungen, um sicherzustellen, dass ein Batteriepaket oder System in der Lage ist, die speziellen Anforderungen der Industrie für Kleinkraftfahrzeuge und Motorräder zu erfüllen.

Es ermöglicht Herstellern von Kleinkraftfahrzeugen und Motorrädern, Prüfverfahren für die Bewertung der Eigenschaften eines Batteriepakets oder Systems für ihre speziellen Anforderungen zu wählen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument spezifiziert Prüfverfahren für Lithium-Ionen-Batteriepakete und -systeme, die in elektrisch angetriebenen Kleinkrafträdern und Motorrädern verwendet werden.

Die spezifizierten Prüfverfahren ermöglichen dem Anwender dieses Dokuments die Bestimmung der wesentlichen Merkmale der Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit von Lithium-Ionen-Batteriepaketen und -systemen. Der Anwender wird außerdem dabei unterstützt, die von verschiedenen Batteriepaketen oder -systemen erreichten Prüfergebnisse zu vergleichen.

Dieses Dokument ermöglicht die Erstellung eines speziellen Prüfplans für ein einzelnes Batteriepaket oder -system, der zwischen Kunde und Lieferant zu vereinbaren ist. Bei Bedarf werden die relevanten Prüfverfahren und/oder Prüfbedingungen von Lithium-Ionen-Batteriepaketen und -systemen aus den in diesem Dokument enthaltenen Standardprüfungen ausgewählt, um den speziellen Prüfplan zu erstellen.

ANMERKUNG 1 Fahrräder mit elektrischem Hilfsmotor (EPAC, Electrically Power-Assisted Cycles) können nicht als Kleinkrafträder angesehen werden. Die Definition von Fahrrädern mit elektrischem Hilfsmotor kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Ein Beispiel einer Definition ist in der EU-Richtlinie 2002/24/EG zu finden.

ANMERKUNG 2 Prüfungen auf Zellenebene sind in der IEC 62660 (alle Teile) spezifiziert.

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).

ISO 13063, *Electrically propelled mopeds and motorcycles — Safety specifications*

ISO 16750-1, *Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment — Part 1: General*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing — Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-47, *Environmental testing — Part 2-47: Tests – Mounting of specimens for vibration, impact and similar dynamic tests*

IEC 60068-2-52, *Environmental testing — Part 2-52: Tests – Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium, chloride solution).*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

Batteriesteuergerät (en: Battery Control Unit)

BCU

elektronisches Gerät, das die elektrischen und thermischen Funktionen des Batteriesystems steuert, verwaltet, erkennt oder berechnet und das Kommunikation zwischen dem Batteriesystem und anderen Steuergeräten des Kleinkraftrads oder Motorrads herstellt

3.2

Batteriepaket

Energiespeicher, der Zellen oder Zellenbaugruppen umfasst, einschließlich Zellelektronik, Hochspannungs-Stromkreis, Überspannungs-Abschaltvorrichtung und elektrische Verbindungen und Schnittstellen für externe Systeme (z. B. Kühlung, Hochspannung, Hilfs-Niederspannung und Kommunikation)

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu weiteren Erklärungen siehe A.2.

3.3

Batteriesystem

Energiespeicher, der Zellen oder Zellenbaugruppen oder Batteriepaket(e) sowie elektrische Stromkreise und Elektronik (z. B. BCU, Schütz) enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu weiteren Erklärungen siehe A.3.1 und A.3.2. Batteriesystem-Bauteile können auch auf verschiedene Geräte innerhalb des Fahrzeugs verteilt sein.

3.4

Kapazität

Gesamtanzahl der Amperestunden, die unter bestimmten Bedingungen aus einer voll geladenen Batterie gezogen werden können

3.5

Zellelektronik

elektronisches Gerät, das thermische und elektrische Daten von Zellen oder Zellbaugruppen sammelt und möglicherweise überwacht und das, falls erforderlich, Elektronik für den Ausgleich des Ladezustand enthält der Zellen enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zellelektronik kann ein Zellsteuergerät enthalten. Der Ausgleich des Ladezustandes der Zellen kann von der Zellelektronik oder von der BCU gesteuert werden.

3.6

Ladezyklus-Energieeffizienz

Verhältnis der Netto-DC-Energie (Wh, entladen), die von einem Prüfling während einer Entladeprüfung bereitgestellt wird, zur gesamten DC-Energie (Wh, laden), die zur Wiederherstellung des anfänglichen Ladezustands durch eine Standardladung erforderlich ist

3.7

Nennkapazität

Lieferantenangabe der Gesamtanzahl der Amperestunden, die aus einem voll geladenen Batteriepaket oder -system für einen spezifizierten Satz Prüfbedingungen wie Entladestromstärke, Temperatur, Entlade-Abschaltspannung, usw. gezogen werden kann

3.8

Raumtemperatur

RT

Temperatur von $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$

3.9

Prüfling (en: Device Under Test)

DUT

Batteriepaket oder Batteriesystem

3.10

Vorzeichen des Batteriestroms

Entladestrom wird als positiv, Ladestrom als negativ angegeben

3.11

Batterieladezustand (en: State of Charge)

SOC

Verfügbare Kapazität in einem Batteriepaket oder -system, angegeben als Prozentwert der Nennkapazität

3.12

Standardladen für Nachladen (en: standard charge for top off)

SCH

Zusätzliches Laden, zur Verhinderung der möglichen Reduktion des SOC nach SCH bei RT, gefolgt von Temperatursausgleich bei anderer Temperatur

3.13

Spannungsklasse A

Klassifizierung einer elektrischen Komponente oder eines Stromkreises mit maximaler Betriebsspannung von ≤ 30 V AC bzw. ≤ 60 V DC

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu weiteren Details siehe ISO 6469-3.

3.14

Spannungsklasse B

Klassifizierung einer elektrischen Komponente oder eines Stromkreises mit einer Maximalspannung von (> 30 und $\leq 1\,000$) V AC bzw. (> 60 und $\leq 1\,500$) V DC

3.15

maximale Betriebsspannung

höchster Wert einer Wechselspannung (Effektivwert) oder einer Gleichspannung, die in einem elektrischen System unter jeglichen normalen Betriebsbedingungen gemäß Herstellerangaben auftreten kann, wobei Spannungsspitzen unberücksichtigt bleiben

3.16

Isolationswiderstand

Widerstand zwischen spannungsführenden Teilen elektrischer Stromkreise der Spannungsklasse B und der elektrischen Fahrzeugmasse sowie dem System der Spannungsklasse A

3.17

Bruch

Verlust der mechanischen Integrität des Gehäuses des Prüflings, der zu Öffnungen führt, die die Schutzklasse IPXXB nach ISO 20653 nicht erfüllen

3.18

Explosion

plötzliche Freisetzung von Energie, die ausreichend ist, Druckwellen und/oder Projektilen zu verursachen, die strukturelle und/oder physikalische Schäden an der Umgebung des Prüflings verursachen können

Anmerkung 1 zum Begriff: Die kinetische Energie von umherfliegenden Trümmerteilen vom Batteriepaket oder -system kann ebenfalls ausreichend sein, um Schäden zu verursachen.

3.19

Feuer

Kontinuierliche Emission von Flammen aus einem Prüfling (ca. länger als 1 s)

Anmerkung 1 zum Begriff: Funken und Lichtbogenüberschlag werden nicht als Flammen betrachtet.

3.20

Entlüftung

auslegungsgemäß beabsichtigte Freisetzung von Überdruck aus einem Prüfling

3.21

Leckage

Austreten von Flüssigkeit oder Gas aus einem Prüfling unabhängig davon, ob (mittels Druckentlastungsgerät für eine Zelle) entlüftet wird oder nicht

3.22

Kunde

Partei, die an der Nutzung des Batteriepakets oder -systems interessiert ist und daher die Prüfung bestellt oder durchführt

BEISPIEL Ein Hersteller von Kleinkraftträdern/Motorrädern.

3.23

Lieferant

Partei, die Batteriepakete und -systeme bereitstellt

BEISPIEL Ein Batteriehersteller.

3.24

Temperaturausgleich

der Prüfling erreicht den Temperaturzielwert

3.25

thermisch Ausgeglichenheit

thermisches Gleichgewicht der Zelle im Prüfling

3.26

Batteriepaket-Untersystem

repräsentativer Teil des Batteriepakets

4 Symbole und Abkürzungen

BCU Batteriesteuerereinheit (battery control unit)

C Kapazität, angegeben in Amperestunden (Ah)

nC Stromstärke n mal der 1 h-Entladekapazität, angegeben in Ampere (z. B. ist 5C gleich fünfmal der 1 h-Entladestromstärke, angegeben in A)

DUT Prüfling (device under test)

EODV Spannung bei Ende der Entladung (end of discharge voltage)

$I_{d\ max}$ maximaler, kontinuierlicher Entladestrom nach Herstellerangaben für Energie- und Kapazitätsprüfung

$I_{dp\ max}$	maximale Entlade-Stromspitze nach Herstellerangaben für Prüfung von Leistung, Innenwiderstand und Energieeffizienz
r.m.s	Effektivwert
RT	Raumtemperatur (25 ± 2) °C
SC	Standardzyklus (standard cycle)
SCH	Standardladen (standard charge)
SDCH	Standardentladen (standard discharge)
SOC	Ladezustand (state of charge)

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Allgemeine Bedingungen

Ein Batteriepaket oder -system, das nach diesem Dokument geprüft werden soll, muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- die Auslegung der elektrischen Sicherheit muss in Übereinstimmung mit den Anforderungen aus der ISO 13063 genehmigt sein; und
- die erforderliche Dokumentation für den Betrieb und benötigte Schnittstellenteile für die Verbindung mit den Prüfeinrichtungen (d. h. Steckverbinder, Stecker einschließlich Kühlung) müssen gemeinsam mit dem Prüfling geliefert werden.

Ein Batteriesystem muss die vorgegebenen Prüfungen ermöglichen, d. h. über spezifizierte, in der BCU implementierte Prüfmodi verfügen, und es muss in der Lage sein, über Kommunikationsbusse mit dem Prüfstand zu kommunizieren.

Falls nicht anders vorgegeben, gelten die beschriebenen Prüfungen für Pakete/Systeme. Der Status des Prüflings, z. B. neues Produkt, geprüft oder benutzt, muss zwischen Kunde und Lieferant vor der Prüfung vereinbart werden. Der Nutzungsverlauf des Prüflings ist zu dokumentieren.

Falls nicht anders vorgegeben, muss der Prüfling vor jeder Prüfung mindestens 12 h lang bei der Prüftemperatur stabilisiert werden, und die BCU, falls vorhanden, muss abgeschaltet sein. Diese Dauer kann verkürzt werden, wenn das thermische Gleichgewicht des Prüflings erreicht ist. Das thermische Gleichgewicht ist erreicht, wenn nach der Dauer von 1 h die Abweichung der Zelltemperatur für alle verfügbaren Messpunkte unter 4 °C liegt.

Falls nicht anders vorgegeben, muss jeder Ladung und jeder SOC-Änderung eine Ruhezeit von 30 min folgen.

Die Genauigkeit der externen Messgeräte muss mindestens innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

- Spannung: $\pm 0,5$ %;
- Stromstärke: $\pm 0,5$ %; und
- Temperatur: ± 1 K.

Die Gesamtgenauigkeit von extern kontrollierten oder gemessenen Werten, relativ zu den vorgegebenen oder tatsächlichen Werten, muss mindestens innerhalb der folgenden Toleranzen liegen:

- Spannung: $\pm 1 \%$;
- Stromstärke: $\pm 1 \%$;
- Temperatur: $\pm 2 \text{ K}$;
- Zeit: $\pm 0,1 \%$;
- Masse: $\pm 0,1 \%$; und
- Abmessungen: $\pm 0,1 \%$.

Alle Werte (Zeit, Temperatur, Stromstärke und Spannung) müssen mindestens alle 1 % der geschätzten Entlade- und Ladedauer aufgezeichnet werden, außer dies ist im einzelnen Prüfverfahren anders angegeben.

5.2 Prüfungen

Bild 1 zeigt eine Übersicht über die Prüfungen, wobei die Referenzen für die einzelnen Fälle ebenfalls angegeben sind.

Übersicht über die Prüfungen		
Allgemeine Prüfungen	Leistungsprüfungen	Sicherheits- und Zuverlässigkeitsprüfungen
Vorkonditionierungszyklen (6.1) Standardzyklus (6.2) Standardentladen (6.2.2.2) Standardladen (6.2.2.3)	Energie und Kapazität bei RT (7.1) Energie und Kapazität bei unterschiedlichen Raten (7.2) Energie und interner Widerstand (7.3) SOC-Verlust ohne Last (7.4) SOC-Verlust bei Lagerung (7.5) Zykluslebensdauer (7.6)	Vibration (8.1) Mechanischer Stoß (8.2) Fallen (8.3) Temperaturschock (8.4) Feuchteeinwirkung (8.5) Feuer (8.6) Übertemperaturzustand (8.7) Kurzschlusschutz (8.8) Überladeschutz (8.9) Tiefentladeschutz (8.10) Betauung (8.11) Salzspray (8.12)

Bild 1 — Übersicht über die Prüfungen

5.3 Prüfverfahren

Die Prüfreihefolge und die Probennummer für ein einzelnes Batteriepaket oder -system oder ein Batteriepaket-Untersystem müssen auf einer Vereinbarung zwischen Kunde und Lieferant beruhen. Der Vorschlag für ein Basis-Prüfverfahren ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 — Prüfverfahren

Reihenfolge	Art der Prüfung	Prüfverfahren	Probe-Nr.
1	Allgemeine Prüfungen	Vorkonditionierungszyklen (6.1)	1#–20#
2		Standardzyklus (6.2)	1#–20#
3		Standardentladung (6.2.2.2)	1#–20#
4		Standardladung (6.2.2.3)	1#–20#
5	Prüfung der Leistung	Energie und Kapazität bei RT (7.1)	1#–20#
6		Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen und Entladestromstärken (7.2)	1#
7		Leistung und Innenwiderstand (7.3)	2#
8		SOC-Verlust ohne Last (7.4)	3#
9		SOC-Verlust bei Lagerung (7.5)	4#
10		Zykluslebensdauer (7.6)	5#
11	Sicherheits- und Zuverlässigkeitsprüfungen	Vibration (8.1)	6#
12		Mechanische Stöße (8.2)	7#
13		Sturz (8.3)	8#
14		Thermischer Schock (Zyklus) (8.4)	9#
15		Eintauchen in Wasser (8.5)	10#
16		Feuer (8.6)	11#
17		Übertemperaturzustand (8.7)	12#
18		Kurzschluss-Schutz (8.8)	13#
19		Überladungsschutz (8.9)	14#
20		Schutz gegen Tiefentladung (8.10)	15#
21		Betauen (8.11)	16#
22		Salzspray (8.12)	17#

5.4 Vorbereitung des Prüflings für die Prüfungen

5.4.1 Vorbereitung des Batteriepakets

Falls nicht anders vorgegeben, muss das Batteriepaket mit den Anschlüssen für Spannungs-klasse B und Spannungs-klasse A an den Prüfstand angeschlossen werden. Schütze, verfügbare Daten für Spannung,

Stromstärke und Temperatur müssen nach den Herstelleranforderungen und nach der gegebenen Prüfpezifikation durch den Prüfstand kontrolliert werden. Der passive Überstromschutz muss durch den Prüfstand bereitgestellt werden, falls nötig durch Abklemmen der Hauptschütze des Batteriepakets. Das Kühlgerät kann nach den Herstellerempfehlungen an den Prüfstand angeschlossen und betrieben werden.

5.4.2 Vorbereitung des Batteriesystems

Falls nicht anders vorgegeben, muss das Batteriesystem mit Spannungsstufe B, Spannungsstufe A, dem Kühlsystem und der BCU an den Prüfstand angeschlossen werden. Das Batteriesystem muss von der BCU gesteuert werden. Der Prüfstand muss die von der BCU über die Bus-Kommunikation bereitgestellten Betriebsgrenzen einhalten. Der Prüfstand muss die Ein-/Aus-Anforderungen für die Hauptschütze und die Profile für Spannung, Stromstärke und Temperatur nach den vom jeweiligen Prüfverfahren vorgegebenen Anforderungen einhalten. Das Batteriesystem-Kühlgerät und der zugehörige Kühlkreis am Prüfstand müssen entsprechend den vorgegebenen Prüfpezifikationen und den Steuerungen durch die BCU betriebsfähig sein. Die BCU muss dem Prüfstand ermöglichen, die geforderten Prüfverfahren innerhalb der Betriebsbeschränkungen des Batteriesystems durchzuführen. Falls erforderlich muss das BCU-Programm vom Lieferanten für das angefragte Prüfverfahren angepasst werden. Die aktive und passive Überstromschutzeinrichtung muss durch das Batteriesystem betriebsbereit sein. Der aktive Überstromschutz muss auch durch den Prüfstand bereitgestellt werden, falls nötig durch Anfrage nach Trennen der Hauptschütze des Batteriesystems.

6 Allgemeine Prüfverfahren

6.1 Vorkonditionierungszyklen

6.1.1 Zweck

Der Prüfling muss mittels Durchführung einiger elektrischer Zyklen vor Beginn der Prüfungen der Abschnitte 7 und 8 konditioniert werden, um eine angemessene Stabilisierung der Leistung des Batteriepakets oder -systems sicherzustellen.

Diese Prüfung gilt für Batteriepakete und -systeme.

6.1.2 Prüfverfahren

Die folgende Vorgehensweise ist einzuhalten.

- Die Prüfung muss bei RT durchgeführt werden.
- Die Entladungen müssen bei C/3 oder bei einem unterschiedlichen Strom durchgeführt werden, falls dieser vom Lieferanten vorgeschlagen und/oder in der Prüfung vor Auslieferung verwendet wurde. Das Laden muss nach den Herstellerempfehlungen durchgeführt werden.
- Es sind drei Zyklen zur Vorkonditionierung durchzuführen. Falls zwischen Kunde und Lieferant vereinbart, dürfen nur zwei Zyklen durchgeführt werden.
- Am Ende des Entladens darf die Spannung des Batteriepakets oder -systems nicht unter die vom Hersteller minimal empfohlene Spannung sinken (die Minimalspannung ist die niedrigste Spannung beim Entladen ohne unumkehrbare Beschädigung).

6.2 Standardzyklus (SC, standard cycle)

6.2.1 Zweck

Der Zweck des SC ist sicherzustellen, dass für jede Prüfung eines Batteriepakets oder -systems die gleichen Anfangsbedingungen vorliegen. Ein SC, wie unten beschrieben, muss vor jeder Prüfung durchgeführt werden.

6.2.2 Prüfverfahren

6.2.2.1 Allgemeines

Der SC muss bei RT durchgeführt werden. Der SC muss aus einem Standard-Entladevorgang (SDCH; siehe 6.2.2.2), gefolgt von einem Standard-Ladevorgang (SCH; siehe 6.2.2.3) bestehen.

Falls das Zeitintervall zwischen dem Ende des SC und dem Beginn einer neuen Prüfung aus irgendeinem Grund länger als 3 h ist, muss der SC wiederholt werden.

6.2.2.2 Standardentladung (SDCH)

Entladerate: C/3 oder anderes spezielles Entladeschema nach den Spezifikationen des Lieferanten.

Entlade-Spannungsgrenzwert: Nach den Spezifikationen des Lieferanten.

Restdauer nach dem Entladen bis zum Erreichen eines stabilen Zustands: 60 min

6.2.2.3 Standardladen (SCH)

Ladevorgang und Kriterien für Beenden des Ladens:

- C/3 oder anderes spezielles Ladeschema nach den Spezifikationen des Lieferanten. Die Spezifikationen müssen Kriterien für das Beenden des Ladens und Zeitbeschränkungen für den gesamten Ladevorgang enthalten.
- In jedem Fall muss der gesamte Ladevorgang in mindestens 8 h abgeschlossen sein.

Restdauer nach dem Laden bis zum Erreichen eines stabilen Zustands:

- 60 min

7 Leistungsprüfung

7.1 Energie und Kapazität bei RT

7.1.1 Zweck

Mit dieser Prüfung wird die Kapazität des Prüflings in Ah bei konstanter Entladestromstärke entsprechend der vom Hersteller angegebenen C/3-Kapazität in Ah gemessen (wenn z.B. die angegebene 3 h-Entladekapazität 45 Ah beträgt, beträgt die Entladestromstärke 15 A). Die 3 h-Rate (C/3), 1C und 2C werden als Referenz für statische Kapazität und Energiemessung und als Standardrate für die Prüfung auf Paket- und Systemebene verwendet. Zusätzlich muss die maximal zulässige C-Rate, falls zutreffend, zur Kapazitätsbestimmung verwendet werden, um die Anwendungsanforderungen an Hochenergiesysteme zu erfüllen. Die Entladung wird bei vom Lieferanten angegebenen Entlade-Spannungsgrenzwerten in Abhängigkeit von den Entladeraten beendet.

7.1.2 Prüfverfahren

Die Prüfung muss bei RT mit Entladeraten C/3, 1C, 2C und, falls zutreffend, mit maximaler C-Rate wie vom Lieferanten zugelassen durchgeführt werden (die maximale C-Rate entspricht $I_{d \max}$). Die Prüfreihefolge nach Tabelle 2 muss eingehalten werden.

Tabelle 2 — Prüfreihefolge für Energie- und Kapazitätsprüfung bei RT

Schritt	Verfahren	Umgebungs- temperatur
1.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
1.2	SCH	RT
1.3	SC	RT
2.1	Entladung bei C/3	RT
2.2	SCH	RT
2.3	Entladung bei 1C	RT
2.4	SCH	RT
2.5	Entladung bei 2C	RT
2.6	SCH	RT
2.7	Entladung bei $I_{d \max}$	RT
2.8	SCH	RT
3.1	SC	RT

Das SCH-Verfahren muss 6.2.2.3 befolgen.

Das Standardzyklus-Verfahren muss 6.2 befolgen.

Alle Entladungsprüfungen müssen bei den vom Lieferanten angegebenen Entlade-Spannungsgrenzwerten beendet werden.

Nach dem Entladen muss der Prüfling mindestens 30 min ruhen oder bei der geforderten Umgebungstemperatur thermisches Gleichgewicht erreichen, oder es muss eine feste Dauer für den thermischen Ausgleich vorgesehen werden, bevor der nächste Schritt der Prüfreihefolge begonnen wird.

7.1.3 Anforderung

Falls die C/3-Kapazität, die während der Prüfung in 7.1.2, Schritt Nr. 2.1 erhalten wurde, mehr als 5 % von der Herstellerangabe für C/3 abweicht, muss die gemessene C/3-Kapazität als Nennkapazität verwendet werden und muss als Basiswert für alle weiteren Entladestrom-Anforderungen gelten, d. h. der Wert für C in jeder Entladestrom-Berechnung nC muss auf der gemessenen C/3-Kapazität beruhen.

Die folgenden Daten sind anzugeben:

- Strom, Spannung, Temperatur des Prüflings und Umgebungstemperatur gegenüber der Zeit bei jeder Entladeprüfung und die folgende Standardladung;
- entladene Kapazität in Ah, Energie in Wh und durchschnittliche Leistung in W bei jeder Entladeprüfung;

- entladene Kapazität in Ah, Energie in Wh und durchschnittliche Leistung in W nach jeder Entladeprüfung;
- Ladezyklus-Energieeffizienz bei jeder Entladeprüfung;
- Entladene Energie in Wh als Funktion des SOC bei jeder Entladeprüfung (in % der Nennkapazität);
- EODV aller verfügbaren Zellspannungs-Messpunkte für alle durchgeführten Entladeprüfungen; und
- ermittelte C/3-Nennkapazität, die als Basiswert für alle weiteren Entladestrom-Anforderungen verwendet wird.

7.2 Energie und Kapazität bei verschiedenen Temperaturen und Entladeraten

7.2.1 Zweck

Diese Prüfung charakterisiert die Kapazität bei verschiedenen Temperaturen bei drei verschiedenen, konstanten Entladeraten. Die verschiedenen Entladeraten müssen der Reihe nach durchgeführt werden, bevor die Umgebungstemperatur geändert wird, und nachdem die neue Temperatur erreicht worden ist, wird die Prüfung wiederholt.

7.2.2 Prüfverfahren

Die Prüfung muss bei mindestens drei unterschiedlichen Temperaturen (40 °C, 0 °C und $T_{\min} \leq -10$ °C, wie vom Hersteller festgelegt) mit den Entladeraten C/3, 1C, 2C und der maximalen, vom Hersteller zugelassenen C-Raten durchgeführt werden (die maximale C-Rate entspricht $I_{d\max}$).

Die Prüfreihefolge nach Tabelle 3 muss eingehalten werden.

Tabelle 3 — Prüfreihefolge für Energie- und Kapazitätsprüfung bei verschiedenen Temperaturen und Entladestromstärken

Schritt	Verfahren	Umgebungs-temperatur
1.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
1.2	SCH	RT
1.3	SC	RT
2.1	Thermisches Gleichgewicht	40 °C
2.2	SCH für Nachladen	40 °C
2.3	Entladung bei C/3	40 °C
3.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
3.2	SCH	RT
3.3	SC	RT
4.1	Thermisches Gleichgewicht	40 °C
4.2	SCH für Nachladen	40 °C
4.3	Entladung bei 1C	40 °C
5.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
5.2	SCH	RT

Schritt	Verfahren	Umgebungs- temperatur
5.3	SC	RT
6.1	Thermisches Gleichgewicht	40 °C
6.2	SCH für Nachladen	40 °C
6.3	Entladung bei 2C	40 °C
7.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
7.2	SCH	RT
7.3	SC	RT
8.1	Thermisches Gleichgewicht	40 °C
8.2	SCH für Nachladen	40 °C
8.3	Entladung bei $I_{d \max}$	40 °C
9.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
9.2	SCH	RT
9.3	SC	RT
10.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
10.2	SCH für Nachladen	0 °C
10.3	Entladung bei C/3	0 °C
11.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
11.2	SCH	RT
11.3	SC	RT
12.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
12.2	SCH für Nachladen	0 °C
12.2	Entladung bei 1C	0 °C
13.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
13.2	SCH	RT
13.3	SC	RT
14.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
14.2	SCH für Nachladen	0 °C
14.2	Entladung bei 2C	0 °C
15.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
15.2	SCH	RT
15.3	SC	RT
16.1	Thermisches Gleichgewicht	0 °C
16.2	SCH für Nachladen	0 °C
16.3	Entladung bei $I_{d \max}$	0 °C

Schritt	Verfahren	Umgebungs- temperatur
17.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
17.2	SCH	RT
17.3	SC	RT
18.1	Thermisches Gleichgewicht	T _{min}
18.2	SCH für Nachladen	T _{min}
18.3	Entladung bei C/3	T _{min}
19.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
19.2	SCH	RT
19.3	SC	RT
20.1	Thermisches Gleichgewicht	T _{min}
20.2	SCH für Nachladen	T _{min}
20.3	Entladung bei 1C	T _{min}
21.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
21.2	SCH	RT
21.3	SC	RT
22.1	Thermisches Gleichgewicht	T _{min}
22.2	SCH für Nachladen	T _{min}
22.3	Entladung bei 2C	T _{min}
23.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
23.2	SCH	RT
23.3	SC	RT
24.1	Thermisches Gleichgewicht	T _{min}
24.2	SCH für Nachladen	T _{min}
24.3	Entladung bei I _{d max}	T _{min}
25.1	Thermisches Gleichgewicht	RT
25.2	SCH	RT
25.3	SC	RT

Das SCH-Verfahren bei den verschiedenen Temperaturen muss 6.2.2.3 befolgen.

Das SC-Verfahren muss 6.2 befolgen.

Der Wert für die C-Entladerate muss auf der vom Batterielieferanten genannten Nennkapazität beruhen bzw. den C/3-Prüfresultaten, wie im Prüfverfahren 7.1 beschrieben, entsprechen.

Alle Entladungsprüfungen müssen bei den vom Lieferanten angegebenen Entlade-Spannungsgrenzwerten beendet werden.

Nach dem Entladen muss der Prüfling mindestens 30 min ruhen oder bei der geforderten Umgebungstemperatur thermisches Gleichgewicht erreichen, oder es muss eine feste Dauer für den thermischen Ausgleich vorgesehen werden, bevor der nächste Schritt der Prüfabfolge begonnen wird.

Die Prüfschritte, die außerhalb der maximalen, vom Hersteller angegebenen Stromstärkeraten für eine gegebene Temperatur liegen, müssen ausgelassen werden.

ANMERKUNG SCH zum Nachladen ermöglicht das Nachladen des Prüflings, um Energieverluste zu kompensieren, die während des Temperatúrausgleichs auftreten können.

7.2.3 Anforderungen

Die folgenden Daten sind anzugeben:

- Strom, Spannung, Temperatur des Prüflings und Umgebungstemperatur versus Zeit bei jeder Entladeprüfung und nachfolgender Standardladung;
- entladene Kapazität in Ah, Energie in Wh und durchschnittliche Leistung in W bei jeder Entladeprüfung;
- entladene Kapazität in Ah, Energie in Wh und durchschnittliche Leistung in W nach jeder Entladeprüfung;
- Ladezyklus-Energieeffizienz bei jeder Entladeprüfung;
- Entladene Energie in Wh als Funktion des SOC bei jeder Entladeprüfung (in % der Nennkapazität); und
- ein Diagramm bezüglich der EODV-Dispersion der Zellen bei jeder Entladeprüfung.

7.3 Leistung und Innenwiderstand

7.3.1 Zweck

Die Prüfung von Leistung und Innenwiderstand dient der Bestimmung der dynamischen Leistungsfähigkeit, des ohmschen Widerstands für die Entlade- und der Ladebedingungen sowie der OCV des Prüflings als eine Funktion des SOC und der Temperatur entsprechend einem realistischen Lastprofil, das von Kleinkrafträdern und Motorrädern im Fahrbetrieb abgeleitet wurde.

7.3.2 Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil

Das Ziel dieses Profils ist der Nachweis der Entladepuls-Leistungsfähigkeit (0,1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 18 s, 18,1 s, 20 s, 30 s, 60 s, 90 s und 120 s) und der regenerativen Ladepuls-Leitungsfähigkeit (0,1 s, 2 s, 10 s und 20 s) bei verschiedenen SOC und Temperaturen. Das Prüfungsprotokoll nutzt konstante Ströme auf Niveaus, die aus dem maximalen Nenn-Pulsentladestrom des Herstellers, $I_{dp\ max}$ abgeleitet wurden. Nach Vereinbarung mit dem Kunden kann dieser Wert verringert werden. Nur falls der Prüfling während der Entladung den Entlade-Spannungsgrenzwert erreicht, muss der Strom verringert werden, sodass die Batterie-Klemmenspannung während des 120 s-Entladepulses am Entlade-Spannungsgrenzwert gehalten wird. Der Strom des Pulses für regeneratives Laden muss konstant gehalten werden und muss als 75 % des Entladepulsstroms berechnet werden. Nur falls der Prüfling den Lade-Spannungsgrenzwert während des Ladens erreicht, muss der Strom verringert werden, sodass die Batterie-Klemmenspannung während des 20 s-Ladepulses am Lade-Spannungsgrenzwert für regeneratives Laden gehalten wird.

Das Prüfprofil muss mit einem Entladepuls $I_{dp \max}$ von 18 s beginnen, gefolgt von einem Entladepuls mit $0,75 I_{dp \max}$ von weiteren 102 s, gefolgt von einer Ruhezeit von 40 s, um die Messung des Zellen-Polarisationswiderstands zu erlauben. Nach der Ruhezeit muss ein 20 s-Ladepuls mit 75 % der Stromstärke des $I_{dp \max}$ -Entladepulses durchgeführt werden, um die Regenerierungsladungs-Fähigkeiten zu bestimmen. Nach dem Ladepuls muss eine Ruhezeit von 40 s folgen (zu Zeiten und Strom siehe auch Tabelle 4 und Bild 2).

ANMERKUNG Für die Prüfung von Batteriesystemen liefert die BCU z. B. in Abhängigkeit von Ist-Temperatur und SOC des Prüflings die maximal zulässigen Betriebsgrenzwerte des Prüflings über Bus-Kommunikation, um dem Prüfstand zu ermöglichen, den Prüfling immer in den vorgegebenen Betriebsbedingungen zu halten. Für die Prüfung von Batteriepaketen ist der Lieferant aufgefordert, alle erforderlichen Betriebsgrenzwerte für den Prüfling zu liefern, damit der Prüfstand für die ständige Einhaltung der vorgegeben Betriebsbedingungen für den Prüfling eingestellt werden kann.

Tabelle 4 — Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil

Zeitschrittweite (n)	Kumulative Zeit (en)	Strom
0	0	0
18	18	$I_{dp \max}$
102	120	$0,75 I_{dp \max}$
40	160	0
20	180	$- 0,75 I_{dp \max}$
40	220	0

Bild 2 zeigt ein Beispiel mit einem maximalen Nenn-Pulsentladestrom, $I_{\max}$. Der Entladestrom wird als positiv und der Ladestrom als negativ angegeben. Der maximale Nenn-Pulsentladestrom, $I_{\max}$, für das Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil muss vom Lieferanten angegeben werden.

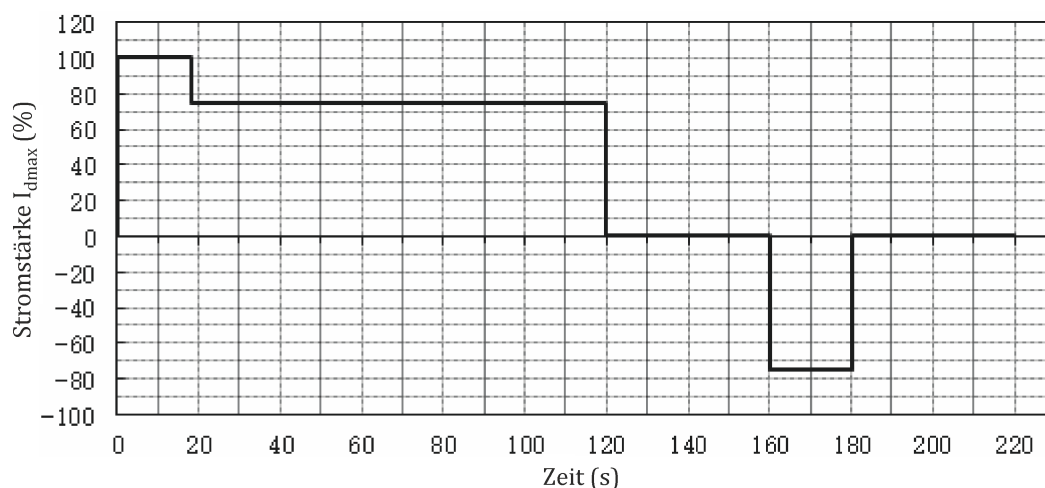


Bild 2 — Pulsleistungs- Charakterisierungsprofil — Strom

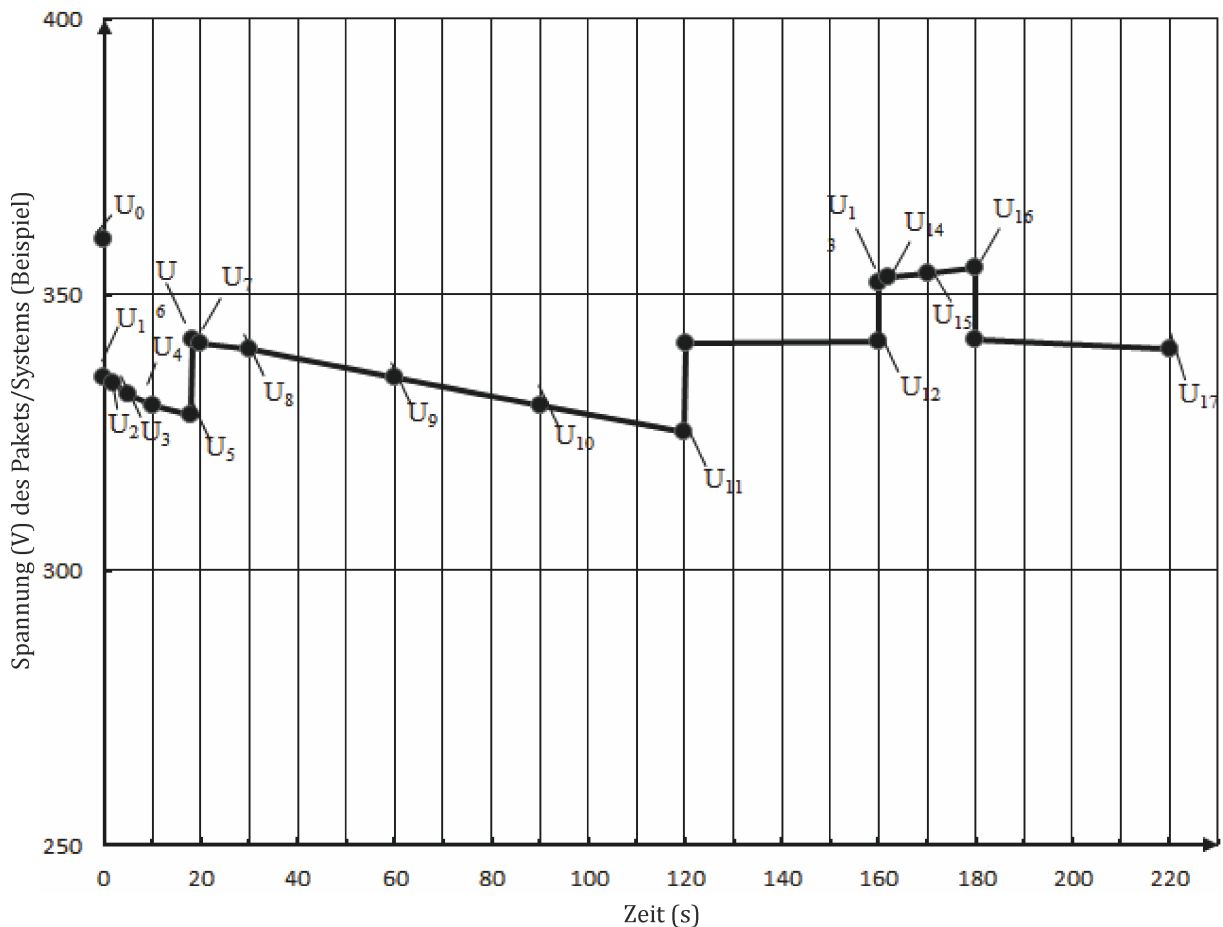


Bild 3 — Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil — Spannung

ANMERKUNG Die Spannungswerte in Bild 3 sind ein Beispiel und für die Paket- oder Systemebene angegeben. Werte können in Abhängigkeit von Batteriechemie, -temperatur, -SOC usw. schwanken.

Für die Bestimmung von Spitzenleistung, regenerativer Leistung und Widerstand müssen Batterieklemmenspannung und -strom zu den in Tabelle 5 gegebenen Zeiten gemessen werden.

Falls die Prüfgeräte den Stromwert nicht mit der geforderten Genauigkeit zu der Zeit von 100 ms nach einer Änderung im Stromprofil liefern können, dürfen für diesen Prüfschritt keine zugehörigen Werte für Leistung und Widerstand berechnet werden.

Tabelle 5 — Gemessene Spannungen und Ströme

Zeit (s)	Stromwert	Spannung	Strom
0	0	U_0	I_0
0,1	$I_{dp\ max}$	U_1	I_1
2	$I_{dp\ max}$	U_2	I_2
5	$I_{dp\ max}$	U_3	I_3
10	$I_{dp\ max}$	U_4	I_4
18	$I_{dp\ max}$	U_5	I_5
18,1	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_6	I_6
20	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_7	I_7
30	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_8	I_8
60	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_9	I_9
90	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_{10}	I_{10}
120	$0,75\ I_{dp\ max}$	U_{11}	I_{11}
160	0	U_{12}	I_{12}
160,1	$- 0,75\ I_{dp\ max}$	U_{13}	I_{13}
162	$- 0,75\ I_{dp\ max}$	U_{14}	I_{14}
170	$- 0,75\ I_{dp\ max}$	U_{15}	I_{15}
180	$- 0,75\ I_{dp\ max}$	U_{16}	I_{16}
220	0	U_{17}	I_{17}

Die folgenden Berechnungen für Widerstand und Leistung müssen nach Tabelle 6 durchgeführt werden.

Tabelle 6 — Berechnung von Widerstand und Leistung

Wert	Gleichung	Δt (s)
90 s-Entladewiderstand	$R_{i\ 90s, dch} = (U_0 - U_{10})/I_{10}$	90
120 s-Entladewiderstand	$R_{i\ 120s, dch} = (U_0 - U_{11})/I_{11}$	120
gesamter Entladewiderstand	$R_{i\ dch} = (U_{12} - U_{11})/I_{11}$	40
0,1 s-Ladewiderstand	$R_{i\ 0,1s, cha} = (U_{12} - U_{13})/I_{13}$	0,1
2 s-Ladewiderstand	$R_{i\ 2s, cha} = (U_{12} - U_{14})/I_{14}$	2
10 s-Ladewiderstand	$R_{i\ 10s, cha} = (U_{12} - U_{15})/I_{15}$	10
20 s-Ladewiderstand	$R_{i\ 20s, cha} = (U_{12} - U_{16})/I_{16}$	20
gesamter Ladewiderstand	$R_{i\ cha} = (U_{16} - U_{17})/I_{17}$	20
0,1 s-Entladeleistung	$P_{0,1s, dch} = U_1 \times I_1$	0,1
2 s-Entladeleistung	$P_{2s, dch} = U_2 \times I_2$	2
5 s-Entladeleistung	$P_{5s, dch} = U_3 \times I_3$	5
10 s-Entladeleistung	$P_{10s, dch} = U_4 \times I_4$	10
18 s-Entladeleistung	$P_{18s, dch} = U_5 \times I_5$	18
18,1 s-Entladeleistung	$P_{18,1s, dch} = U_6 \times I_6$	18,1
20 s-Entladeleistung	$P_{20s, dch} = U_7 \times I_7$	20
30 s-Entladeleistung	$P_{30s, dch} = U_8 \times I_8$	30
60 s-Entladeleistung	$P_{60s, dch} = U_9 \times I_9$	60
90 s-Entladeleistung	$P_{70s, dch} = U_{10} \times I_{10}$	90
120 s-Entladeleistung	$P_{120s, dch} = U_{11} \times I_{11}$	120
0,1 s-Ladeleistung	$P_{0,1s, cha} = U_{13} \times I_{13}$	0,1
2 s-Ladeleistung	$P_{2s, cha} = U_{14} \times I_{14}$	2
10 s-Ladeleistung	$P_{10s, cha} = U_{15} \times I_{15}$	10
20 s-Ladeleistung	$P_{20s, cha} = U_{16} \times I_{16}$	20
Spannung bei unterbrochenem Stromkreis	$U_{OCV} = U_{17}$	—

7.3.3 Prüfverfahren

Die Prüfung muss bei vier verschiedenen Temperaturen (40 °C, RT, 0 °C und – 10 °C) durchgeführt werden und muss in drei Schritten einen SOC-Bereich von 90 % bis 20 % abdecken: 90 % (oder vom Lieferanten vorgegeben), 50 % und 20 % (oder vom Lieferanten vorgegeben).

- Vor jeder Prüftemperatur muss der Prüfling nach den Anforderungen für thermisches Gleichgewicht aus 5.1 bei RT konditioniert werden, gefolgt von einem SCH zum Nachladen nach 6.2.2.3 und einem SC nach 6.2.
- Dann muss der Prüfling mit der vorgegebenen Prüftemperatur entsprechend den Anforderungen für thermisches Gleichgewicht aus 5.1 konditioniert werden, gefolgt von einem SCH nach 6.2.2.3.
- Das SCH wird gefordert, um den Prüfling vor dem Prüfprofil für die Pulsleistungs-Charakterisierung auf die voll geladenen Zustände bei der vorgegebenen Prüftemperatur zu konditionieren.
- Im nächsten Schritt muss der voll geladene Prüfling mit einer C/3-Stromstärke auf den anfänglichen SOC von 90 % entladen werden, gefolgt von einer Ruhezeit von mindestens 30 min.

ANMERKUNG Eine 108 s-Entladung mit einer C/3-Rate wird das SOC-Niveau um 1 % verringern.

- Dann muss das Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil nach 7.3.2 durchgeführt werden.
- Die nächsten SOC-Schritte (50 % und 20 %) müssen durch eine C/3-Entladung, gefolgt von einer Ruhezeit von 30 min erreicht werden.
- Dann muss das Pulsleistungs-Charakterisierungsprofil nach 7.3.2 bei jedem genannten SOC-Schritt durchgeführt werden.

Wenn das SOC-Niveau mit einer C/3-Entladung auf den nächsten Schritt eingestellt wird, muss die Menge der während des vorherigen Leistungs-Charakterisierungsprofils entzogenen elektrischen Ladung (Ah) berücksichtigt werden.

- Am Ende des Pulsleistungs-Charakterisierungsprofils bei 20 % SOC-Niveau muss das SCH durchgeführt werden.
- Datenerfassung muss, insbesondere für Spannung und Strom des Prüflings, mit einer geeigneten Datenerfassungsrate, z. B. alle 10 ms durchgeführt werden.
- Die vollständige Prüfreihefolge nach Tabelle 7 muss eingehalten werden.