

**DIN EN 62281
(VDE 0509-6)**
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 29.220.01

Einsprüche bis 2018-08-22

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62281
(VDE 0509-6):2017-11

Entwurf
**Sicherheit von Primär- und Sekundär-Lithium-Batterien beim Transport
(IEC 35/1384/CD:2017); Text Deutsch und Englisch**

Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport –
(IEC 35/1384/CD:2017); Text in German and English

Sécurité des piles et des accumulateurs au lithium pendant le transport
(IEC 35/1384/CD:2017); Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2018-06-22 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 64 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist

	Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....		5
Einleitung		6
1 Anwendungsbereich		6
2 Normative Verweisungen		7
3 Begriffe		7
4 Sicherheitsanforderungen		10
4.1 Allgemeines		10
4.2 Qualitätsplan.....		11
4.3 Verpackung		11
5 Typprüfung, Stichprobennahme und Wiederholungsprüfung.....		11
5.1 Typprüfung		11
5.2 Schutz gegen Überladen.....		12
5.3 Batteriesätze.....		12
5.3.1 Allgemeines		12
5.3.2 Kleine Batteriesätze		12
5.3.3 Große Batteriesätze		12
5.4 Batterien, die integraler Bestandteil von Geräten sind		12
5.5 Probennahme		12
5.6 Wiederholungsprüfung		17
6 Prüfverfahren und Anforderungen		17
6.1 Allgemeines		17
6.1.1 Warnung zur Vorsicht.....		18
6.1.2 Umgebungstemperatur.....		18
6.1.3 Grenabweichungen bei Parametermessungen		18
6.1.4 Vorentladung und Vorzyklisierung.....		18
6.2 Bewertung der Prüfkriterien.....		18
6.2.1 Verrutschen		18
6.2.2 Verformung.....		18
6.2.3 Kurzschluss		19
6.2.4 Übermäßiger Temperaturanstieg		19
6.2.5 Undichtheit.....		19
6.2.6 Entgasung		19
6.2.7 Brand		19
6.2.8 Bersten		19
6.2.9 Explosion		19
6.3 Prüfungen und Anforderungen – Überblick.....		20

6.4	Transportprüfungen.....	20
6.4.1	Prüfung T-1: Höhe.....	20
6.4.2	Prüfung T-2: Temperaturwechsel	21
6.4.3	Prüfung T-3: Schwingung.....	21
6.4.4	Prüfung T-4: Schock	22
6.4.5	Prüfung T-5: Äußerer Kurzschluss.....	23
6.4.6	Prüfung T-6: Aufprall/Quetschung	24
6.5	Fehlgebrauchsprüfungen	25
6.5.1	Prüfung T-7: Überladung.....	25
6.5.2	Prüfung T-8: Erzwungene Entladung.....	26
6.6	Verpackungsprüfung – Prüfung P-1: Fallprüfung.....	26
6.7	Informationen, die in der Spezifikation anzugeben sind	27
6.8	Prüfbericht-Zusammenfassung	27
7	Sicherheitshinweise	28
7.1	Verpackung	28
7.2	Handhabung von Batteriekartons.....	28
7.3	Transport.....	28
7.3.1	Allgemeines.....	28
7.3.2	Flugtransport.....	28
7.3.3	Seetransport.....	28
7.3.4	Landtransport	28
7.3.5	Klassifizierung	28
7.4	Auslage und Lagerung	29
8	Anweisungen für die Verpackung und Handhabung beim Transport – Aussonderung.....	29
9	Kennzeichnung.....	29
9.1	Kennzeichnung von Primär- und (wiederaufladbaren) Sekundärzellen und -batterien	29
9.2	Kennzeichnung der Verpackung und Versandpapiere	29
Anhang A (informativ)	Schockprüfung – Anpassung der Beschleunigung für große Batterien	30
A.1	Allgemeines.....	30
A.2	Schockenergie hängt ab von Masse, Beschleunigung und Impulsdauer	30
A.3	Der Ansatz mit konstanter Beschleunigung	31
A.4	Der Ansatz mit konstanter Energie	32
Anhang B (informativ)	Abweichungen gegenüber Kapitel 38.3 des UN Manuals.....	33
B.1	Allgemeines.....	33
B.2	Bewertung eines Berstens	33
B.3	Bewertung einer Explosion	33
Literaturhinweise		34

Bilder

Bild 1 – Beispiel eines Prüfaufbaus für die Aufprallprüfung	24
Bild A.1 – Halbsinusförmiger Schock für Batterien (konstante Spitzenbeschleunigung)	31
Bild A.2 – Halbsinusförmiger Schock für Batterien (konstante Energie)	32

Tabellen

Tabelle 1 – Anzahl der zu prüfenden Primärzellen und -batterien für die Typprüfung	13
Tabelle 2 – Zusammenfassende Tabelle erforderlicher Prüfungen für Primärzellen und -batterien	13
Tabelle 3 – Anzahl der zu prüfenden Sekundärzellen und -batterien für die Typprüfung	15
Tabelle 4 – Zusammenfassende Tabelle erforderlicher Prüfungen für wiederaufladbare Zellen und Batterien	16
Tabelle 5 – Anzahl der Versandstücke mit zu prüfenden Primär- oder Sekundärzellen oder -batterien	17
Tabelle 6 – Höchstwerte für den relativen Masseverlust	19
Tabelle 7 – Transport- und Verpackungsprüfungen und Anforderungen	20
Tabelle 8 – Schwingungsprofil (sinusförmig)	22
Tabelle 9 – Schockparameter	23

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 35/1384/CD:2017 „Safety of primary and secondary lithium cells and batteries during transport“ (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 35 „Primary 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 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 K 372 „Primärbatterien“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 62281 (VDE 0509-6):2017-11** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Definition der Knopfzelle;
- b) Prüfvorschriften und -anforderungen;
- c) ein informativer **Anhang B** mit Abweichungen vom UN Manual of Tests and Criteria wurde hinzugefügt.

Sicherheit von Primär- und Sekundär-Lithium-Batterien beim Transport

Einleitung

Primäre Lithium-Zellen und -Batterien wurden erstmals in den 1970er-Jahren für militärische Anwendungen eingeführt. Zu dieser Zeit gab es kaum kommerzielles Interesse und keine Industrienormen. Als Folge davon nahm die Expertenkommission für Gefahrguttransporte der Vereinten Nationen (UNO) ein Unterkapitel in ihr Handbuch für Prüfungen und Kriterien auf mit Sicherheitsprüfungen von primären Lithium-Zellen und -Batterien relevant für den Transport auf, obwohl sie bei Prüfungen und Kriterien sonst eher zur Übernahme von Industrienormen neigen. Mittlerweile ist das kommerzielle Interesse an primären und sekundären (wiederaufladbaren) Lithium-Zellen und -Batterien groß, und es gibt mehrere Industrienormen. Die vorhandenen IEC-Normen sind aber vielfältig, nicht vollständig harmonisiert und beziehen sich nicht unbedingt auf den Transport. Sie sind nicht geeignet, um als Verweisung in die UN Model Regulations aufgenommen zu werden. Deshalb wurde diese Gruppensicherheitsnorm erarbeitet, um die für den Transport relevanten Prüfungen und Anforderungen zu harmonisieren.

Diese Internationale Norm gilt für primäre und sekundäre (wiederaufladbare) Lithium-Zellen und -Batterien, die Lithium in jeder chemischen Form enthalten: Lithium-Metall und Lithium-Legierungen sowie Lithium-Ionen. Primäre elektrochemische Systeme aus Lithium-Metall und Lithium-Legierungen verwenden metallisches Lithium bzw. eine Lithium-Legierung als negative Elektrode. Sekundäre elektrochemische Lithium-Ionen-Systeme verwenden Interkalationsverbindungen (interkaliertes Lithium existiert in einer ionischen bzw. quasi-atomaren Form innerhalb des Elektrodenmaterialgitters) in der positiven und negativen Elektrode.

Diese Internationale Norm gilt auch für Lithium-Polymer-Zellen und -batterien, die entweder als primäre Lithium-Ionen-Zellen und -batterien oder als sekundäre Lithium-Ionen-Zellen und -batterien betrachtet werden, je nachdem, welches Material für die negative Elektrode verwendet wird.

Die Entwicklungen mit dem Transport von primären und sekundären Lithium-Zellen und -Batterien verdienen es, erwähnt zu werden. Seit den 1970er Jahren wurden über zehn Milliarden Lithium-Primärzellen bzw. -batterien und seit den frühen 1990er Jahren wurden über eine Milliarde (wiederaufladbare) Lithium-Sekundärzellen bzw. -batterien, in denen ein Lithium-Ionen-System verwendet wird, transportiert. Mit dem steigendem Transport von primären und sekundären Lithium-Zellen und -Batterien ist es angemessen, auch Sicherheitsprüfungen für die Transportverpackungen dieser Produkte in diese Norm aufzunehmen.

Diese Internationale Norm betrifft insbesondere die Sicherheit von Lithium-Primär- und -Sekundärzellen und -batterien beim Transport sowie die Sicherheit der verwendeten Verpackungen.

Das UN Manual of Tests and Criteria 0¹ unterscheidet zwischen Lithium-Metall- und Lithium-Legierungszellen und -batterien einerseits und Lithium-Ionen- und Lithium-Polymerzellen und -batterien andererseits. Während es Lithium-Metall- und Lithium-Legierungs-Zellen und -batterien entweder als primär (nicht wiederaufladbar) oder wiederaufladbar definiert, werden Lithium-Ionen-Zellen und -Batterien immer als wiederaufladbar betrachtet. Allerdings sind die Prüfverfahren im UN Manual of Tests and Criteria für sekundäre Lithium-Metall- und Lithium-Legierungs-Zellen und -Batterien wie auch für Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Zellen und -Batterien gleich. Diese Überlegungen sind nur notwendig, um zwischen kleinen und großen Batteriesätzen zu unterscheiden. Batteriesätze, die aus (primären oder sekundären) Lithium-Metall- und Lithium-Legierungs-Batterien zusammengesetzt sind, werden nach dem Lithium-Gesamtgehalt aller Anoden (gemessen in Gramm) unterschieden. Dagegen werden Batteriesätze, die aus Lithium-Ionen- und Lithium-Polymer-Batterien zusammengesetzt sind, anhand ihrer „Nennenergie“ (gemessen in Wattstunden) unterschieden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Prüfverfahren und Anforderungen für primäre und sekundäre (wiederaufladbare) Lithium-Sekundärzellen und -batterien fest, um ihre Sicherheit beim Transport, ausgenommen zur Wiederverwertung oder zur Entsorgung, sicherzustellen. Die Anforderungen, die in dieser

¹ Nummern in eckigen Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

Norm festgelegt werden, gelten nicht in den Fällen, in denen durch besondere Vorkehrungen Ausnahmen in den entsprechenden Vorschriften angegeben sind (siehe [Abschnitt 7.3](#)).

ANMERKUNG Für Lithium-Ionen-Antriebsbatteriesysteme, die für elektrisch angetriebene Straßenfahrzeuge eingesetzt werden, können andere Normen gelten.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

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

Gesamt-Lithiumgehalt

gesamter Lithiumgehalt der Zellen, die eine Batterie enthält

3.2

Batterie

eine oder mehrere dauerhaft elektrisch verbundene Zelle/n, die in einem Gehäuse mit Anschlüssen, Kennzeichnungen und Schutzvorrichtungen usw. untergebracht sind, soweit für den Gebrauch erforderlich

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition unterscheidet sich von der im UN Manual of Test and Criteria [\[12\]](#) verwendeten. Diese Norm wurde jedoch sorgfältig so erarbeitet, dass der Prüfaufbau für jede Prüfung mit dem UN-Handbuch harmonisiert ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für die Anwendung dieser Norm gelten alle Zellen in Ausrüstung, die die Funktionen Behälter, Anschlüsse, Markierung und Schutzsystems bereitstellen, wie für die Anwendung der Zelle erforderlich, als Batterie.

[QUELLE: IEC 60050-482:2004 [\[1\]](#), 482-01-04, modifiziert – Hinweis auf „elektrisch verbundene(n)“ wurde hinzugefügt]

3.3

Batteriesatz

Batterie, die aus mindestens zwei Batterien besteht

3.4

Knopfzelle oder –batterie;

Lithium-Knopfzelle oder –batterie

(EN: coin (cell or battery); lithium button (cell or battery))

kleine Zelle oder Batterie mit runder Form, deren Gesamthöhe kleiner als der Durchmesser ist, und die einen wasserfreien Elektrolyten enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nennspannung von Lithium-Batterien ist üblicherweise größer als 2 V.

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-02-40, modifiziert – die Definition „kleine runde Zelle oder Batterie“ ersetzt das Original „Zelle mit zylindrischer Form“, „wasserfreien Elektrolyten enthält“ wurde hinzugefügt, die Begriffe mit „Lithium-Knopf...“ wurden hinzugefügt]

3.5

Zelle

funktionelle Grundeinheit, bestehend aus einer Anordnung von Elektroden, dem Elektrolyten, Gehäuse, Anschlüssen und üblicherweise Separatoren, die elektrische Energie durch direkte Umwandlung aus chemischer Energie bereitstellt

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-01-01]

3.6

Batteriezelle

Zelle in einer Batterie

3.7

Zyklus (einer (wiederaufladbaren) Sekundärzelle oder -batterie)

Abfolge von Vorgängen, die an einer (wiederaufladbaren) Sekundärzelle oder -batterie durchgeführt und regelmäßig in derselben Reihenfolge wiederholt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Vorgänge können unter festgelegten Bedingungen aus einer Abfolge einer Entladung mit anschließender Aufladung oder aus einer Aufladung mit anschließender Entladung bestehen. Diese Abfolge kann Ruhezeiten einschließen.

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-05-28, modifiziert – die Wörter „sekundär (wiederaufladbar)“ wurden hinzugefügt]

3.8

Rundzelle (oder -batterie)

runde Zelle oder Batterie, deren Gesamthöhe gleich dem oder größer als der Durchmesser ist

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-02-39, modifiziert – die Wörter „Zelle oder Batterie mit runder Form“ ersetzen das Original „Zelle mit runder Form“]

3.9

Entladetiefe

DOD

(en: depth of discharge)

Prozentsatz der Bemessungskapazität, der aus einer Batterie entladen werden kann

3.10

erster Zyklus

Anfangszyklus einer (wiederaufladbaren) Sekundärzelle oder -batterie nach Beendigung aller Fertigungs-, Formierungs- und Qualitätssicherungsvorgänge

3.11

vollgeladen

Ladezustand einer (wiederaufladbaren) Sekundärzelle oder -batterie, der einer Entladetiefe von 0 % entspricht

3.12

vollständig entladen

Ladezustand einer Zelle oder Batterie, der einer Entladetiefe von 100 % entspricht

3.13

große Batterie

Batterie, deren Bruttomasse mehr als 12 kg beträgt

3.14

große Zelle

Zelle, deren Bruttomasse mehr als 500 g beträgt

3.15

Lithium-Zelle (primär oder sekundär (wiederaufladbar))

Zelle mit wasserfreiem Elektrolyt und einer negativen Elektrode, die aus Lithium besteht oder Lithium enthält

Anmerkung 1 zum Begriff: In Abhängigkeit von den ausgewählten Konstruktionsmerkmalen kann eine Lithium-Zelle eine Primär- oder eine (wiederaufladbare) Sekundärzelle sein.

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-01-06, modifiziert – die Ergänzung „primär oder sekundär (wiederaufladbar)“ wurde hinzugefügt]

3.16

Lithiumgehalt

Masse des Lithiums in der negativen Elektrode einer Lithium-Metall- oder Lithium-Legierungszelle oder -batterie im nicht entladenen oder vollgeladenen Zustand

3.17

Lithium-Ionen-Zelle oder -Batterie

eine wiederaufladbare nicht-wässrige Zelle oder Batterie, in der die positiven und negativen Elektroden beide Interkalationsverbindungen sind, die in jeder Elektrode ohne metallisches Lithium aufgebaut sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Interkaliertes Lithium existiert in einer ionischen bzw. quasi-atomaren Form innerhalb des Gitters des Elektrodenmaterials.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine Lithium-Polymerzelle oder -batterie, bei der ein – wie hier beschriebenes – chemisches System aus Lithium-Ionen verwendet wird, wird als eine Lithium-Ionen-Zelle oder -Batterie angesehen.

3.18

Nennenergie

Energiewert einer Zelle oder einer Batterie, der unter bestimmten Bedingungen ermittelt und vom Hersteller angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nennenergie wird durch Multiplikation der Nennspannung mit der Bemessungskapazität berechnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Bemessungsenergie“ könnte geeigneter sein.

3.19

Nennspannung

geeigneter angenäherter Wert der Spannung zur Bezeichnung oder Identifizierung einer Zelle, einer Batterie oder eines elektrochemischen Systems

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-03-31]

3.20

Leerlaufspannung

Spannung zwischen den Anschlüssen einer Zelle oder Batterie, wenn kein externer Strom fließt

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-03-32, modifiziert – „wenn kein externer Strom fließt“ ersetzt „wenn der Entladestrom Null ist“]

3.21

Primärzelle oder -batterie

Zelle oder Batterie, die nicht dafür konstruiert wurde, aufgeladen zu werden

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-01-02, modifiziert – Zusatz von „oder Batterie“]

3.22

prismatische Zelle oder Batterie

Zelle oder Batterie mit rechteckigen Seiten und Grundflächen

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-02-38, modifiziert – Ergänzung „mit rechteckigen Seiten und Grundflächen“]

3.23

Schutzeinrichtungen

Einrichtungen wie Sicherungen, Dioden oder andere elektrische oder elektronische Strombegrenzungen, die dazu vorgesehen sind, den Stromfluss zu unterbrechen, den Stromfluss in einer Richtung zu blockieren oder den Stromfluss in einem Stromkreis zu begrenzen

3.24

Bemessungskapazität

Kapazität einer Zelle oder Batterie, die unter festgelegten Bedingungen bestimmt und vom Hersteller angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Bestimmung der Bemessungskapazität liefern die folgenden IEC-Normen Anleitung und Methodik: **IEC 61960-3** [5], IEC 62133 [6], **IEC 62660-1** [7].

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-03-15, modifiziert – Ergänzung von „einer Zelle oder Batterie“, Zusatz der Anmerkung zum Begriff]

3.25

Sekundärzelle oder -batterie (wiederaufladbar)

Zelle oder Batterie, die dafür vorgesehen ist, elektrisch aufgeladen zu werden

[QUELLE: IEC 60050-482:2004, 482-01-03, modifiziert – Zusatz von „wiederaufladbar“ und „oder Batterie“]

3.26

kleine Batterie

Batterie, deren Bruttomasse nicht mehr als 12 kg beträgt

3.27

kleine Zelle

Zelle, deren Bruttomasse nicht mehr als 500 g beträgt

3.28

Typ (von Zellen oder Batterien)

Zellen oder Batterien eines bestimmten elektrochemischen Systems und einer bestimmten technischen Ausführung

3.29

nicht entladen

Ladezustand einer Primärzelle oder -batterie, der einer Entladetiefe von 0 % entspricht

4 Sicherheitsanforderungen

4.1 Allgemeines

Lithium-Zellen und -Batterien werden nach ihrer chemischen Zusammensetzung (Elektroden, Elektrolyt) und dem inneren Aufbau (gerollt, gewickelt) eingeteilt. Sie sind in verschiedenen Formen erhältlich. Es ist erforderlich, bereits in der Entwurfsphase der Batterie alle relevanten Sicherheitsaspekte zu beachten, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese sich nach dem jeweiligen Lithium-System, der abgegebenen Leistung und dem Batterieaufbau erheblich unterscheiden können.

Die folgenden Gestaltungskonzepte bezüglich der Sicherheit treffen auf alle Lithium-Zellen und -Batterien zu:

- Vermeidung eines anomalen Temperaturanstiegs über einen vom Hersteller definierten kritischen Wert durch die Konstruktion.
- Kontrolle des Temperaturanstiegs in der Zelle oder Batterie, z. B. durch Begrenzung des Stromflusses oder durch ein angemessenes Wärmemanagement durch die Konstruktion.

- c) Konstruktion von Lithium-Zellen und -Batterien zur Ableitung des inneren Überdrucks bzw. zur Vermeidung eines gewaltsamen Berstens unter Transportbedingungen.
- d) Konstruktion von Lithium-Zellen und -Batterien zur Vermeidung eines Kurzschlusses unter normalen Transportbedingungen und beim bestimmungsgemäßen Gebrauch.
- e) Gegebenenfalls Ausstattung von primären Lithium-Batterien, die parallel geschaltete Zellen oder in Reihe geschaltete Zellen enthalten, mit wirksamen Mitteln (z. B. Dioden, Sicherungen usw.) zur Vermeidung gefährlicher Rückströme.

4.2 Qualitätsplan

Der Hersteller muss einen dokumentierten Qualitätsplan (z. B. Qualitätsberichte, Prüfunterlagen, Führungsstruktur) anwenden, der die Verfahren für die Prüfung von Werkstoffen, Komponenten, Zellen und Batterien während des Produktionsablaufs beschreibt und der im gesamten Herstellungsprozess einer bestimmten Art von Batterie Anwendung findet. Hersteller sollten ihre Prozessfähigkeiten verstehen und die erforderlichen Fertigungskontrollen einführen, die mit Produktsicherheit und Zuverlässigkeit in Zusammenhang stehen.

4.3 Verpackung

Lithium-Zellen und -Batterien müssen so verpackt werden, dass ein äußerer Kurzschluss unter üblichen Transportbedingungen verhindert wird.

ANMERKUNG Zusätzliche Anforderungen an die Verpackung von Gefahrgütern sind in den UN Model Regulations:2015, 6.1 angegeben [12]. Siehe auch die in 7.3 aufgeführten Bestimmungen.

5 Typprüfung, Stichprobennahme und Wiederholungsprüfung

5.1 Typprüfung

Lithium-Metall- und Lithium-Ionen-Zellen oder -Batterien, die sich bei Primärzellen und -batterien von einer typgeprüften Art unterscheiden, durch

- a) eine Änderung an den Elektroden oder des Elektrolyts von mehr als 0,1 g oder 20 % der Masse, je nachdem, welcher Wert größer ist, oder
- b) bei wiederaufladbaren Zellen und Batterien durch eine Änderung der Nennenergie (in Wh) von mehr als 20 % oder einen Anstieg der Nennspannung von mehr als 20 %, oder
- c) durch eine Änderung, die zu einem Ausfall bei einer der Prüfungen führen würde,

müssen als ein anderer Typ angesehen und den geforderten Prüfungen unterzogen werden.

ANMERKUNG Die Art der Änderung, die als abweichend vom geprüften Typ betrachtet werden könnte, so dass es zu einem Ausfall bei einem der Prüfergebnisse kommen könnte, kann unter anderem aber nicht ausschließlich einschließen:

- 1) eine Änderung im Material der Anode, der Kathode, des Separators oder des Elektrolyten,
- 2) eine Änderung der Schutzeinrichtungen, einschließlich Hardware und Software,
- 3) eine Änderung der Sicherheitskonstruktion in Zellen oder Batterien, z. B. an einem Entgasungsventil,
- 4) eine Änderung der Anzahl von Batteriezellen, und
- 5) eine Änderung der Verbindungsart der Batteriezellen, und
- 6) für Batterien, die nach Prüfung T-4 mit einer Spitzenbeschleunigung von weniger als 150 g_n geprüft werden müssen eine Änderung der Masse, die nachteilige Auswirkungen auf das Ergebnis der Prüfung T-4 haben kann und zu einem Nichtbestehen führen kann.

5.2 Schutz gegen Überladen

Sekundärbatterien, die nicht mit einem Schutz gegen Überladen ausgerüstet und zur ausschließlichen Verwendung in einem Batteriesatz oder in Geräten ausgelegt sind, die einen derartigen Schutz benötigen, sind nicht den Anforderungen der Prüfung T-7 zu unterziehen.

5.3 Batteriesätze

5.3.1 Allgemeines

Im Allgemeinen werden Batteriesätze, einschließlich Batteriepacks, Batterie-Module und andere Einheiten, die aus Batterien bestehen können, wie Batterien geprüft.

5.3.2 Kleine Batteriesätze

Bei der Prüfung eines Batteriesatzes, in dem der Gesamt-Lithiumgehalt aller Anoden im vollgeladenen Zustand nicht mehr als 500 g beträgt, oder bei einer Lithium-Ionen-Batterie mit einer Nennenergie von nicht mehr als 6 200 Wh, die aus Batterien aufgebaut ist, die alle anwendbaren Prüfungen bestanden haben, muss ein Batteriesatz im vollgeladenen Zustand mit den Prüfungen T-3, T-4 und T-5 und zusätzlich mit der Prüfung T-7 im Falle eines Sekundärbatteriesatzes geprüft werden.

ANMERKUNG Der Begriff „vollgeladen“ wird in [12] verwendet, auch wenn er nur für Sekundärbatteriesätze gilt. Bei Primärbatteriesätzen ist eher der Begriff „nicht entladen“ angebracht.

5.3.3 Große Batteriesätze

Ein Batteriesatz mit einem Gesamt-Lithiuminhalt von mehr als 500 g, oder im Fall einer Lithium-Ionen-Batterie, mit einer Nennenergie von mehr als 6 200 Wh, braucht nicht geprüft zu werden, wenn es sich dabei um eine Bauart handelt, die nachweislich verhindert, dass

- Überladung,
- Kurzschluss und
- übermäßige Entladung zwischen den Batterien

auftritt.

5.4 Batterien, die integraler Bestandteil von Geräten sind

Zellen oder Batterien, die ein integraler Bestandteil der Geräte sind, die sie mit Strom versorgen sollen, und die nur im Gerät eingebaut transportiert werden, dürfen eingebaut in die Geräte in Übereinstimmung mit den anwendbaren Prüfungen geprüft werden.

5.5 Probennahme

Jeder gesonderte Typ muss geprüft werden, indem zufällig Prüflinge entnommen werden. Für die Prüfung von Primärzellen und -batterien ist die Anzahl der Prüflinge in [Tabelle 1](#) (alternativ in [Tabelle 2](#)) angegeben. Für die Prüfung von Sekundärzellen und -batterien ist die Anzahl der Prüflinge in [Tabelle 3](#) (alternativ in [Tabelle 4](#)) angegeben. Für die Prüfung von Versandstücken mit Primär- und Sekundärzellen und -batterien ist die Anzahl der Prüflinge in [Tabelle 5](#) angegeben.

Tabelle 1 – Anzahl der zu prüfenden Primärzellen und -batterien für die Typprüfung

Prüfungen	Entladestatus	Zellen oder Einzelzellbatterien ^a	Batterien mit mehreren Zellen
Prüfungen T-1 bis T-5	Nicht entladen	10	4
	Vollständig entladen	10	4
Prüfung T-6	Nicht entladen	5	5 Batteriezellen
	Vollständig entladen	5	5 Batteriezellen
Prüfung T-8	Vollständig entladen	10	10 Batteriezellen
Gesamtanzahl für alle Prüfungen		40	8 Batterien und 20 Batteriezellen
^a Einzelzellbatterien, die eine bereits geprüfte Batteriezelle enthalten, müssen nicht erneut geprüft werden, es sei denn, die Änderung könnte zu einem Nichtbestehen einer der Prüfungen führen.			

ODER ALTERNATIV (EINE TABELLE WIRD GELÖSCHT)

Tabelle 2 – Zusammenfassende Tabelle erforderlicher Prüfungen für Primärzellen und -batterien
(1 von 2)

Primärzellen und -batterien										
		T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	Summe ^c
Zellen nicht einzeln transportiert	nicht entladener Zustand						5			20
	vollständig entladener Zustand						5		10	
Zellen	nicht entladener Zustand	10					5			40
	vollständig entladener Zustand	10					5		10	
Einzelzellbatterien ^a	nicht entladener Zustand	10					5			40
	vollständig entladener Zustand	10					5		10	
kleine Batterien	nicht entladener Zustand	4								8
	vollständig entladener Zustand	4								
große Batterien	nicht entladener Zustand	4								8
	vollständig entladener Zustand	4								
Batterien zusammengesetzt aus geprüften Batterien mit > 500 g Li	nicht entladener Zustand			1						1

Tabelle 2 (2 von 2)

		T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7	T.8	Summe ^c
Batterien zusammen- gesetzt aus geprüften Batterien mit > 500 g ^b Li										0
^a Eine Einzelzellbatterie, die eine geprüfte Zelle enthält, erfordert keine Prüfung, wenn nicht eine Änderung der Zellenkonstruktion zum Nichtbestehen einer Prüfung führen könnte. ^b Wenn die zusammengesetzte Batterie von einer Art ist, für die nachgewiesen wurde, dass sie folgendes verhindert: (i) Überladung, (ii) Kurzschluss und (iii) übermäßige Entladung zwischen den Batterien. ^c Die Summe stellt die Anzahl erforderlicher Prüfungen dar, nicht die Anzahl geprüfter Zellen oder Batterien.										

Tabelle 3 – Anzahl der zu prüfenden Sekundärzellen und -batterien für die Typprüfung

Prüfungen	Zyklen und Entladestatus	Zellen	Einzelzellbatterien ^a		Batterien mit mehreren Zellen	
			Klein	Groß	Klein	Groß
Prüfungen T-1 bis T-5	Beim ersten Zyklus, vollgeladen	5	5	5	4	2
	Nach 25 Zyklen, vollgeladen	5	5	5	4	2
Prüfung T-6	Beim ersten Zyklus, bei 50 % DOD	5	5	5	5 Batteriezellen	5 Batteriezellen
	Nach 25 Zyklen, bei 50 % DOD	5	5	5	5 Batteriezellen	5 Batteriezellen
Prüfung T-7	Beim ersten Zyklus, vollgeladen	N/A ^b	4 ^c	2 ^c	4 ^c	2 ^c
	Nach 25 Zyklen, vollgeladen	N/A ^b	4 ^c	2 ^c	4 ^c	2 ^c
Prüfung T-8	Beim ersten Zyklus, vollständig entladen	10	10	10	10 Batteriezellen ^d	10 Batteriezellen ^d
	Nach 25 Zyklen, vollständig entladen	10	10	10	10 Batteriezellen ^d	10 Batteriezellen ^d
Gesamt-anzahl für alle Prüfungen		40	48	44	16 Batterien und 30 Batteriezellen	8 Batterien und 30 Batteriezellen

^a Einzelzellbatterien, die eine bereits geprüfte Batteriezelle enthalten, müssen keiner erneuten Prüfung unterzogen werden, es sei denn, die Änderung könnte zu einem Nichtbestehen einer der Prüfungen führen. Dies gilt nicht für die Prüfung T-7, mit der nur Batterien geprüft werden.

^b N/A – nicht anwendbar.

^c Siehe 5.2.

^d Batterien mit mehreren Zellen werden als gegen Tiefentladung ihrer Zellen geschützt angesehen. Andernfalls müssten sie ebenfalls geprüft werden.

ODER ALTERNATIV (EINE TABELLE WIRD GELÖSCHT)

Tabelle 4 – Zusammenfassende Tabelle erforderlicher Prüfungen für wiederaufladbare Zellen und Batterien (1 von 2)

Wiederaufladbare Zellen und Batterien										
		T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7a	T.8	Summe ^d
Zellen nicht getrennt von einer Batterie transportiert	Erster Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			30
	25. Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			
	Erster Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
	25. Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
Zellen	Erster Zyklus, vollgeladener Zustand	5								40
	25. Zyklus, vollgeladener Zustand	5								
	Erster Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			
	25. Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			
	Erster Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
	25. Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
Einzelzellbatterien ^b	Erster Zyklus, vollgeladener Zustand	5						4		48
	25. Zyklus, vollgeladener Zustand	5								
	Erster Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			
	25. Zyklus, 50 % geladener Zustand						5			
	25. Zyklus, vollgeladener Zustand							4		
	Erster Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
	25. Zyklus, vollständig entladener Zustand								10	
kleine Batterien	Erster Zyklus, vollgeladener Zustand	4						4		16
	25. Zyklus, vollgeladener Zustand	4						4		

Tabelle 4 (2 von 2)

Wiederaufladbare Zellen und Batterien										
		T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T.7a	T.8	Summe ^d
Große Batterien	Erster Zyklus, vollgeladener Zustand	2						2		8
	25. Zyklus, vollgeladener Zustand	2						2		
Batterien zusammengesetzt aus geprüften Batterien mit $\leq 6\,200\text{ Wh}$ oder $\leq 500\text{ g Li}$	vollgeladener Zustand			1				1		2
Batterien zusammengesetzt aus geprüften Batterien mit $> 6\,200\text{ Wh}$ oder $> 500\text{ g Li}$ ^c										0
^a Batterien oder Einzelzellbatterien, die nicht mit einem Schutz gegen Überladen ausgerüstet sind und zur ausschließlichen Verwendung in einem Batteriesatz oder in Geräten, die einen derartigen Schutz benötigen, ausgelegt sind, sind nicht den Anforderungen dieser Prüfung zu unterziehen. ^b Mit Ausnahme der Prüfung T-7 auf Überladung erfordert eine Einzelzellbatterie, die eine geprüfte Zelle enthält, keine Prüfung, es sei denn eine Änderung der Zellkonstruktion könnte zum Nichtbestehen einer Prüfung führen. ^c Wenn die zusammengesetzte Batterie von einer Art ist, für die nachgewiesen wurde, dass sie das folgende verhindert: (i) Überladung (ii) Kurzschluss und (iii) übermäßige Entladung zwischen den Batterien verhindert. ^d Die Summe stellt die Anzahl erforderlicher Prüfungen dar, nicht die Anzahl geprüfter Zellen oder Batterien.										

Tabelle 5 – Anzahl der Versandstücke mit zu prüfenden Primär- oder Sekundärzellen oder -batterien

Anzahl der Prüflinge für die Prüfung P-1	1 Versandstück, wie für den Transport bereitgestellt
--	--

5.6 Wiederholungsprüfung

Falls eine Art einer primären oder sekundären Lithiumzelle oder -batterie die Prüfanforderungen nicht erfüllt, müssen Maßnahmen eingeleitet werden, um den oder die Fehler zu korrigieren, die den Ausfall verursacht haben, bevor eine derartige Zelle oder Batterie einer Wiederholungsprüfung unterzogen wird.

6 Prüfverfahren und Anforderungen

6.1 Allgemeines

6.1.1 Warnung zur Vorsicht

WARNUNG – Diese Prüfungen erfordern die Anwendung von Verfahren, die zu Verletzungen führen können, wenn keine angemessenen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden.

Diese Prüfungen dürfen nur von entsprechend qualifizierten und erfahrenen Technikern und unter Anwendung angemessener Schutzmaßnahmen durchgeführt werden.

6.1.2 Umgebungstemperatur

Falls nicht anders angegeben, müssen die Prüfungen bei einer Raumtemperatur von $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ durchgeführt werden.

6.1.3 Grenزابweichungen bei Parametermessungen

Die Gesamtgenauigkeit von kontrollierten oder gemessenen Werten muss hinsichtlich ihrer festgelegten oder tatsächlichen Parameter innerhalb folgender Grenزابweichungen liegen:

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

Diese Grenزابweichungen umfassen die kombinierte Genauigkeit der Messgeräte, der angewendeten Messverfahren und sämtliche weiteren Fehlerquellen des Prüfverfahrens.

6.1.4 Vorentladung und Vorzyklisierung

Wenn vor einer Prüfung eine Entladung von primären Prü fzellen oder Prüfbatterien gefordert wird, so müssen sie bis zu der jeweiligen Entladetiefe entladen werden, und zwar entweder über einen Widerstand, der so groß ist, dass damit die Bemessungskapazität erreicht wird, oder mit einem Konstantstrom, der vom Hersteller festgelegt wird.

Wenn in einer Prüfung eine Vorzyklisierung von sekundären (wiederaufladbaren) Prü fzellen oder Prüfbatterien gefordert wird, so müssen sie unter den Lade- und Entladebedingungen zyklisiert werden, die der Hersteller für die optimale Leistungsfähigkeit und die Sicherheit festlegt.

6.2 Bewertung der Prüfkriterien

6.2.1 Verrutschen

Als Verrutschen wird bei einer Prüfung gewertet, wenn sich eine oder mehrere Prü fzellen oder -batterien aus der Verpackung gelöst haben, nicht ihre ursprüngliche Ausrichtung beibehalten haben oder so beeinflusst worden sind, dass das Auftreten eines äußeren Kurzschlusses oder einer Quetschung nicht auszuschließen sind.

6.2.2 Verformung

Als Verformung wird gewertet, wenn sich ein Maß um mehr als 10 % verändert hat.

6.2.3 Kurzschluss

Als Kurzschluss wird bei einer Prüfung gewertet, wenn die Leerlaufspannung der Zelle oder Batterie direkt nach der Prüfung weniger als 90 % ihrer Spannung unmittelbar vor der Prüfung beträgt. Diese Anforderung gilt nicht für Prü fzellen und -batterien im vollständig entladenen Zustand.

6.2.4 Übermäßiger Temperaturanstieg

Als übermäßiger Temperaturanstieg wird bei einer Prüfung gewertet, wenn die äußere Gehäusetemperatur der Prü fzelle oder -batterie auf über 170 °C ansteigt.

6.2.5 Undichtheit

Als Undichtheit wird bei einer Prüfung gewertet, wenn sichtbar Elektrolyt oder sonstige Stoffe aus der Prü fzelle oder -batterie austreten oder der Masseverlust (ausgenommen Batteriegehäuse, Handhabungseinrichtungen oder Schilder) derart ist, dass der Masseverlust die in [Tabelle 4](#) angegebenen Grenzwerte überschreitet.

Die folgende Gleichung dient dazu, einen Wert für den relativen Masseverlust $\Delta m/m$ zu ermitteln:

$$\Delta m / m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \%$$

Dabei ist

m_1 die Masse vor einer Prüfung;

m_2 die Masse nach dieser Prüfung.

Tabelle 6 – Höchstwerte für den relativen Masseverlust

Masse der Zelle oder Batterie m	Höchstwert für den relativen Masseverlust $\Delta m/m$
$m < 1 \text{ g}$	0,5 %
$1 \text{ g} \leq m \leq 75 \text{ g}$	0,2 %
$m > 75 \text{ g}$	0,1 %

6.2.6 Entgasung

Als Entgasung wird bei einer Prüfung gewertet, wenn aus einer Prü fzelle oder -batterie das Gas auf eine konstruktiv vorgesehene Weise entweicht, um übermäßigen Innendruck abzubauen. Dieses Gas darf eingeschlossene Stoffe enthalten.

6.2.7 Brand

Als Brand wird bei einer Prüfung gewertet, wenn Flammen aus einer Prü fzelle oder -batterie austreten.

6.2.8 Bersten

Als Bersten wird bei einer Prüfung gewertet, wenn ein Zellenbehälter oder Batteriegehäuse mechanisch versagt hat und dadurch Gas entwichen oder Batterieflüssigkeit ausgetreten ist, jedoch keine festen Bestandteile gewaltsam ausgeworfen worden sind.

6.2.9 Explosion

Als Explosion wird gewertet, wenn sich ein Zellenbehälter oder Batteriegehäuse gewaltsam öffnet und feste Bestandteile ausgeworfen werden.

6.3 Prüfungen und Anforderungen – Überblick

Tabelle 5 enthält einen Überblick über die Prüfungen und Anforderungen für Transportprüfungen, Prüfungen für unsachgemäßen Gebrauch und Verpackungsprüfungen.

Tabelle 7 – Transport- und Verpackungsprüfungen und Anforderungen

Nr. der Prüfung	Bezeichnung	Anforderungen
Transportprüfungen T-1	Höhe	NL, NV, NC, NR, NE, NF
T-2	Temperaturwechsel	NL, NV, NC, NR, NE, NF
T-3	Schwingung	NL, NV, NC, NR, NE, NF
T-4	Schock	NL, NV, NC, NR, NE, NF
T-5	Äußerer Kurzschluss	NT, NR, NE, NF
T-6	Aufprall/Quetschung	NT, NE, NF
Fehlgebrauchsprüfung T-7	Überladung	NE, NF
T-8	Erzwungene Entladung	NE, NF
Verpackungsprüfungen P-1	Fall	NS, ND, NL, NV, NC, NT, NR, NE, NF

Die Prüfungen T-1 bis T-5 müssen nacheinander an derselben Zelle oder Batterie durchgeführt werden.

Legende

NC: Kein Kurzschluss (en: no short-circuit)

ND: Keine Verformung (en: no distortion)

NE: Keine Explosion (en: no explosion)

NF: Kein Brand (en: no fire)

NL: Keine Undichtheit (en: no leakage)

NR: Kein Bersten (en: no rupture)

NS: Kein Verrutschen (en: no shifting)

NT: Keine übermäßige Erwärmung (en: no excessive temperature rise)

NV: Kein Entweichen von Gas (en: no venting)

Ausführliche Beschreibung der Prüfkriterien siehe [6.2](#).

6.4 Transportprüfungen

6.4.1 Prüfung T-1: Höhe

a) Zweck

Diese Prüfung bildet den Flugtransport bei geringem Luftdruck nach.

b) Prüfverfahren

Die Prü fzellen und -batterien müssen für mindestens 6 h bei einem Druck von 11,6 kPa oder weniger und bei Umgebungstemperatur gelagert werden.

c) Anforderungen

Bei der Prüfung dürfen keine Undichtheit, keine Entgasung, kein Kurzschluss, kein Bersten, keine Explosion und kein Brand auftreten.