



## Anwendungsgerechte Auswahl von Lithium-Ionen-Akkumulatoren





Entwickler und Einkäufer können aus zwei Gründen auf der Suche nach einem Lithium-Ionen-Akku sein: Entweder stehen sie vor der Entwicklung eines neuen Produkts oder sie suchen eine Austauschlösung mit höherer Kapazität. Um diese Herausforderungen zu meistern, benötigen sie Informationen wie die Spezifikationen, das Zusammenspiel von Akku und Design sowie die Zusammenarbeit mit Dienstleistern. Dieses Whitepaper liefert grundlegende Informationen zur Entwicklung der technisch und wirtschaftlich optimalen Akku-Lösung mit dem für die Anwendung optimalen Zelltyp.

## Einführung

Lithium-Ionen-Akkus zeichnen sich gegenüber anderen Akku-Typen insbesondere durch ihre Leistungsfähigkeit aus. Bei gleicher geringerer Baugröße weisen sie eine höhere Energiedichte auf als Nickel-Cadmium- und Nickel-Metallhydrid-Akkus. Dank ihrer Eigenschaften sind sie die am häufigsten verwendete Akku-Technologie weltweit.

## Warum Lithium-Ionen-Akkumulatoren?

Lithium-Ionen-Akkus haben zahlreiche Vorzüge vor anderen Technologien: hohe Kapazität, niedriges Gewicht, geringe Selbstentladungsrate und eine lange zyklische Lebensdauer. In der flexiblen Bauform als Polymer- und oder 18650-Zellen sind sie weitgehend an die zu entwickelnden mobile Devices anpassbar.

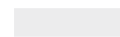
Ein Nachteil der Lithium-Ionen-Speicher ist ihre Empfindlichkeit gegenüber niedrigen und sehr hohen Temperaturen. Außerdem bergen Überladung und Tiefentladung Sicherheitsrisiken. Hersteller geben für die Entladung meistens eine Spannungsuntergrenze von 2,5 V an. Darunter besteht das Risiko von Akku-Zellschäden, unterhalb von 1,5 V sogar Brandgefahr. Die richtige Steuerelektronik gleicht diese Nachteile aus.

### Eigenschaften von Lithium-Ionen-Akkus



#### Vorteile

- Hohe Kapazität
- Lange Lebensdauer
- Geringes Gewicht
- Geringe Selbstentladung
- Kundenspezifisch anpassbar



#### Nachteile

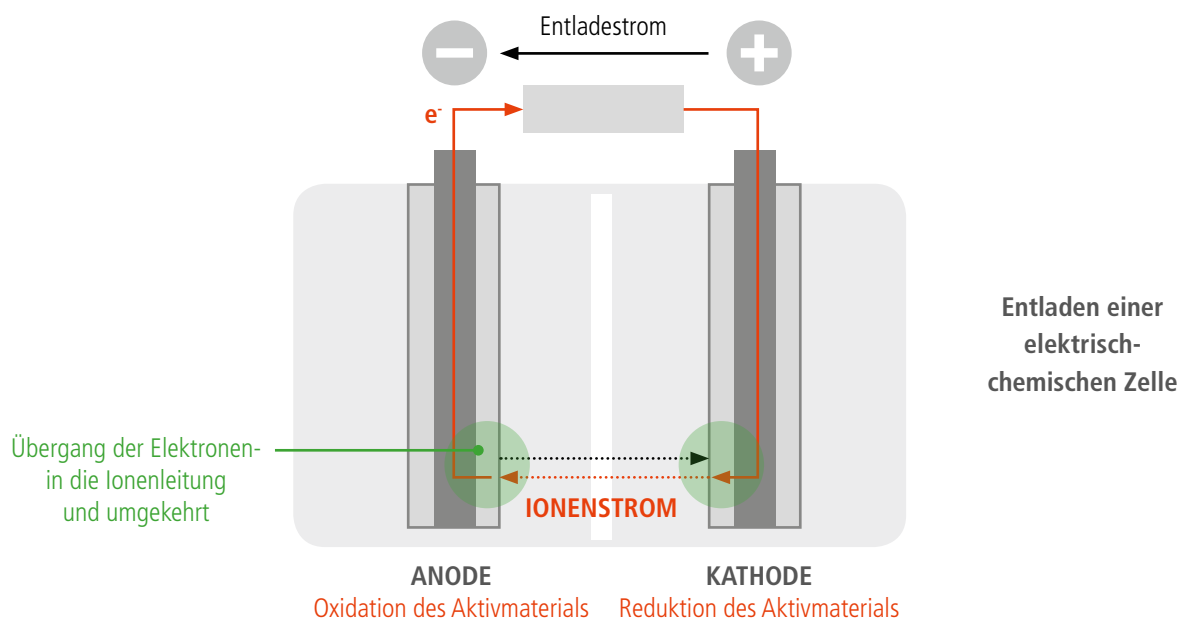
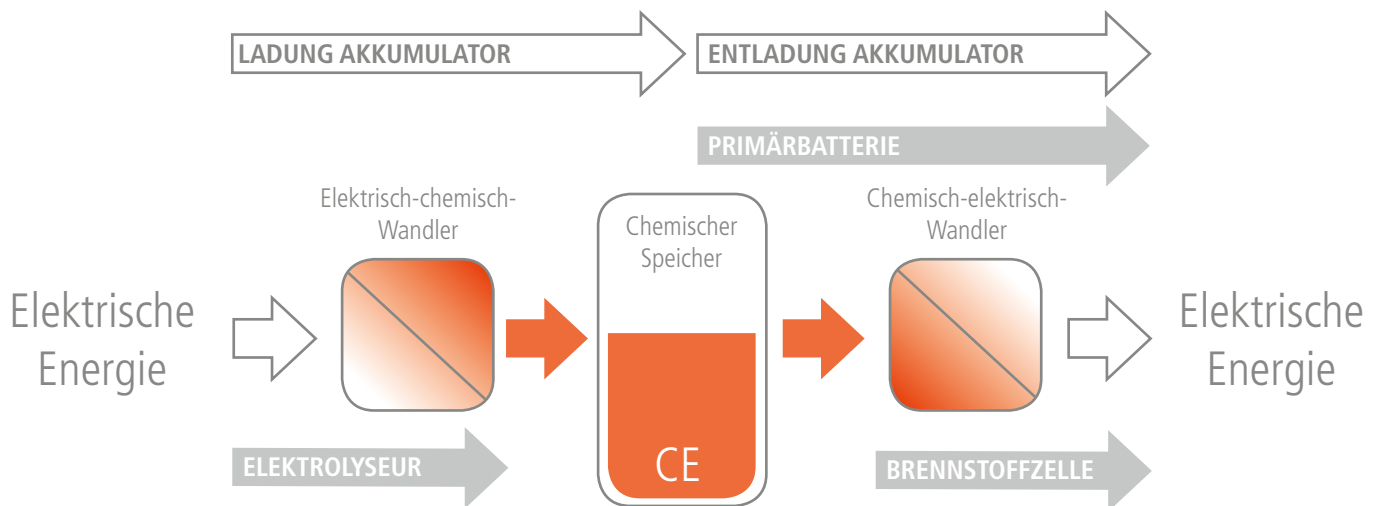
(regulierbar über Steuerelektronik)

- Brandgefahr bei Tiefentladung
- Empfindlichkeit auf Überladung
- Empfindlichkeit bei niedrigen oder sehr hohen Temperaturen

## Funktionsprinzip

In einem chemischen Prozess setzen Lithium-Ionen-Akkus mit Hilfe von  $\text{Li}^+$ -Ionen elektrische Energie frei. Die negative Elektrode besteht dabei in der Regel aus einer Lithium-Graphitverbindung, die positive Elektrode aus Lithium-Metalloxiden. Zwischen ihnen befinden sich ein ionenleitendes Elektrolyt und ein Separator.

Während des Ladens bewegen sich positiv geladene Lithium-Ionen von der positiven zur negativen Elektrode. Der Ladestrom liefert ihnen über den äußeren Stromkreis Elektronen. Beim Entladen geben die Lithium-Atome jeweils ein Elektron an der negativen Elektrode ab und werden zu Lithium-Ionen. Die Elektronen fließen über den äußeren Stromkreis zur positiven Elektrode. Die Lithium-Ionen wandern ebenfalls zur positiven Elektrode und werden dort eingelagert.



## Anwendungsorientierte Auswahl der Zellen

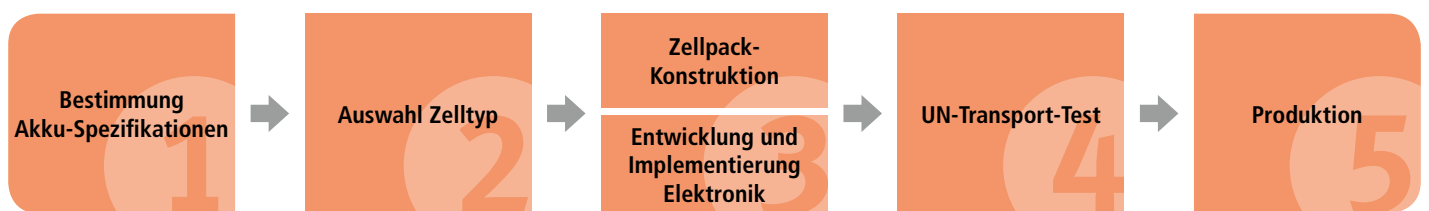
Das Spektrum der Anwendungsgebiete von Lithium-Ionen-Akkumulatoren ist sehr heterogen. Dabei erfordern die Anwendungsfälle in der Regel individuelle Akku-Lösungen: Ein Apnoe-Gerät zur Verhinderung des Atemstillstands im Schlaf beispielsweise erzeugt bei jedem Einatmen einen Luftstoß. Dafür benötigt es einen Peakstrom – und damit einen auf kurzzeitige Spitzenströme ausgelegten Akku. Messgeräte mit konstant niedrigem Strombedarf hingegen erhalten Zellen für lang anhaltenden, geringen Stromfluss. Die Akkus der beiden Geräte unterscheiden sich stark in Material und jeweiliger Zusammensetzung.

Für die optimale Funktion einer mobilen Anwendung empfiehlt sich deshalb, die Anforderungen an den Lithium-Ionen-Akku frühzeitig anhand zentraler Parameter abzuklären (siehe Abschnitt Auswahlparameter).

## Auswahlprozess Li-Ionen-Zelltechnologie

Der Weg zum individuellen Akku-Pack führt über mehrere Schritte: Basis ist die Spezifizierung ausgewählter Parameter. Anhand dieser Vorgaben wird der Zelltyp bestimmt. Danach realisieren Dienstleister die Akku-Lösung mit Zellpackkonstruktion, Steuerungselektronik und Transportzertifizierung. Anschließend erfolgt die Produktion der Akku-Packs.

### Entwicklungsprozess für die Akkumulator-Lösung



**Parameter für die  
anwendungsgerechte  
Auswahl der Lithium-  
Ionen-Zelltypen**

- Feuchtigkeit
- Temperatur
- Kapazität
- Entladestrom
- Ladegeschwindigkeit
- Design/Formgebung
- Gewicht

## Auswahlparameter

Die folgenden Parameter für die Auswahl des Akku-Zelltyps ergeben sich aus den Eigenschaften des Endgeräts und den Umgebungsbedingungen beim Einsatz. Mit Hilfe der folgenden Spezifikationen lassen sich die geeigneten Akku-Zellen eingrenzen.

**Feuchtigkeit**. Sie sollte in Akku-Nähe vollständig vermieden werden. Empfehlung: Den Energiespeicher je nach geforderter IP-Schutzklasse wasserdicht abschließen – etwa durch eine Dichtung oder Vergießen in Kunststoff.

**Temperatur**. Die idealen Temperaturen für Lithium-Ionen-Akkus liegen heute zwischen +5°C und +35°C. Zu hohe Temperaturen beschleunigen ihre Alterung. Ist es zu kühl, laden sie langsamer. Empfehlung: Die Zellen exakt nach Einsatztemperaturen und optimaler zyklischer Lebensdauer auswählen. Standardzellen sind für unterschiedliche Temperaturbereiche im o.g. Temperaturfenster erhältlich, Spezialzellen für Bereiche bis -50°C. Außerhalb dieser Temperaturgrenzen bleibt der Akku-Betrieb jedoch limitiert. Grundsätzlich sollte der Akku möglichst weit entfernt von Wärmequellen platziert werden.

**Kapazität**. Um die Kapazität zu ermitteln, sind in der Regel Ladestromstärke, Betriebsdauer und mögliche Peaks zu beachten. Je mehr Kapazität, desto mehr Bauraum ist nötig. Empfehlung: Kosten und Nutzen unter den vielen Lösungsoptionen für Zelltypen abwägen. Kompakt gebaute Akkupacks mit hoher Kapazität liegen im gehobenen Preissegment. Eine Aufteilung mit räumlich verteilten Packs ist unter Umständen eine Alternative.

**Entladestrom**. Der Entladestrom ist der dauerhaft erforderliche Stromfluss, den der Energiespeicher gewährleisten muss. Die Belastung der Zellen nimmt mit dem Stromfluss zu – insbesondere Wärmeentwicklung ist die Folge. Empfehlung: Übersteigt der erforderliche Entladestrom den Wert 1C, so sollte man die Eignung der Zellen prüfen (1C = Höhe der Kapazität; z.B. 1C = 2500mA => 2,5A = maximaler Entladestrom ohne Eignungsprüfung).

**Ladegeschwindigkeit**. Die Ladegeschwindigkeit hängt vom Zelltyp ab. Schnelles Laden erfordert eine entsprechende Ladeintelligenz (siehe Abschnitt „Integrierbare Funktionen“) und erhöht den Kostenaufwand. Grundsätzlich beeinflussen Ladezyklen und Tiefentladungen die Performance (und langfristig somit auch die Lebensdauer) des Akkus. Empfehlung: Vorab die erforderliche Zahl der Zyklen bestimmen und klären, ob der Akku in einem externen Ladegerät oder über ein anschließbares Netzteil geladen werden soll.

**Design/Formgebung**. Die Formgebung ist dank beliebig kombinierbarer Polymer- oder 18650-Zellen sehr flexibel. Ab einer bestimmten Zell-Zahl wird in Abhängigkeit von der Bauform nach UN-Vorschrift eine mit Mehrkosten verbundene Rahmung zur Stabilisierung des Akkupacks notwendig. Empfehlung: Die Lithium-Ionen-Akku-Lösung zu Beginn der Device-Entwicklung planen. Bei einem austauschbaren Akku sollte die Zugänglichkeit für spätere Serviceleistungen eingeplant werden.

**Gewicht.** Das Gewicht des Lithium-Ionen-Akkus richtet sich nach der Kapazität und hat auf angrenzende Bauteile keine Auswirkungen. Kleine Bauformen mit hoher Kapazität sind in der Regel mit höheren Kosten verbunden.

## Integrierbare Funktionen

### Funktionen, die in den Akkumulator integriert werden können

- Überladungsschutz
- Tiefentladungsschutz
- Kurzschluss-Schutz-Schaltungen
- Übertemperaturschutz
- Ladeintelligenz
- Kontaktloses Laden

**Schutzelektronik.** Die Schutzelektronik schirmt negative Einflüsse vom Lithium-Ionen-Akku ab. Folgende Funktionen sind möglich:







- Der **Überladungsschutz** verhindert das Überschreiten einer spezifizierten Maximalspannung der Zelle. Bei einem festgelegten Wert erfolgt das Abschalten.
- Der **Tiefentladungsschutz** sichert eine Mindestspannung im Akku und verhindert hierdurch eine Zerstörung der Zellen.
- **Kurzschluss-Schutz-Schaltungen** unterbrechen die Stromabgabe des Akkus bei einer bestimmten Amperezahl. Dies richtet sich nach dem Zelltyp in Kombination mit der End-Anwendung.
- Der **Übertemperaturschutz** führt ab Erreichen eines bestimmten Schwellenwertes zur Abschaltung des Akkus – und zwar so lange bis die Temperatur unter diesen kritischen Wert gesunken ist. Dies kann automatisch passieren oder vorab so programmiert werden, dass der Akku erst nach einem Reset durch einen Servicetechniker nach Beseitigung der Fehlerquelle die Funktion wieder aufnimmt

**Ladeintelligenz.** Die Ladeintelligenz sichert den exakten Ablauf des I/U-Ladeverfahrens entlang einer definierten Ladekurve mit zunächst begrenztem Konstantstrom und anschließender Konstantspannung. Sie hält die Ladeschlussspannung von 4,1 bzw. 4,2 Volt präzise ein. Ihre Position – ob im Akku, Gerät oder in der Ladeschale – ist eine Kostenfrage und sollte frühzeitig bestimmt werden.

Das kontaktlose Laden, etwa nach Qi-Standard, eignet sich vor allem für Geräte mit IP-Schutz, da weder Stecker noch Buchsen die Oberfläche unterbrechen.

## Individuelle Entwicklungen und Anpassungen

Lithium-Ionen-Akkus sind komplett als Individuallösungen realisierbar: Akku-Zellen bekannter Hersteller lassen sich nach Kundenwünschen konfektionieren. Bei extremen Anforderungen, z.B. extremen Temperaturbereichen oder Ex-Schutz, kann die Produktion eines Energiespeichers auf Basis eines individuell entwickelten Zelltyps eine Alternative sein. Beim Gehäuse sind unter Berücksichtigung der Kapazität und des Zelltyps nahezu alle vorstellbaren Formen möglich.

Individuelle Entwicklungen und Anpassungen	
	<b>Akkuzellen</b> 18560 oder Polymer
	<b>Ladeelektronik</b> kundenspezifische Funktionen
	<b>Gehäuse</b> kundenspezifische Formen
	<b>IP-Schutz</b> mit oder ohne, Wahl des Schutzgrades
	<b>Steckverbinder</b> kundenspezifisch
	<b>Ladestandanzeige</b> optional



## Nicht zu vergessen

Die Entwicklung der Akkumulator-Lösung ist nur ein Teil des Gesamtaufwands bis zum marktreifen Einsatz. Sie ist eingebettet in einen Prozess, der von der Anfrage beim Dienstleister über die Produktion bis zur Logistik reicht. Es gelten strenge Sicherheitsvorgaben: Lithium-Ionen-Akkus müssen angesichts der potentiellen Brandgefahr für den Transport nach 38.3 UN-Norm zertifiziert sein. Spezialisierte Labore führen eine kostenpflichtige Zertifizierung durch. Für Luftfrachten wurden die Transportbedingungen am 1. April 2016 verschärft, wonach Lithium-Ionen-Akkus nur bis maximal 30 Prozent geladen sein dürfen. Zudem benötigen Unternehmen für den Umgang mit diesen Akkus einen Gefahrgutbeauftragten und ein separates Lager. Die folgende Grafik veranschaulicht den Weg zum marktreifen Lithium-Ionen-Akku:

### Von den Spezifikationen zum Lithium-Ionen-Akkumulator



## Zukunft der Lithium-Ionen-Technologie

Die Lithium-Ionen-Akku-Technologie entwickelt sich langsam, aber kontinuierlich weiter. Im Hinblick auf die Kapazitäten zeichnen sich die wiederaufladbaren Energiespeicher durch ihr vorteilhaftes Preis-Leistungsverhältnis aus. Die hohe Nachfrage deutet darauf hin, dass die Produktion von Lithium-Ionen-Akkus weiter steigt und sie damit künftig noch erschwinglicher werden.

### Sebastian Thies

*Sebastian Thies ist seit 2010 Produktmanager für Stromversorgungen und Thermodrucker bei Elektrosil. Zunächst sammelte er mehrere Jahre Erfahrung in der Hochspannungstechnik, bevor er 2007 erfolgreich seine Prüfung zum staatlich geprüften Techniker mit Schwerpunkt*

*Informations- und Telekommunikationstechnik absolvierte und 2008 zu Elektrosil wechselte. Sebastian Thies ist Spezialist für kundenspezifische Stromversorgungen und verfügt u.a. im Bereich Medizin-Stromversorgungen über langjährige Erfahrung.*

