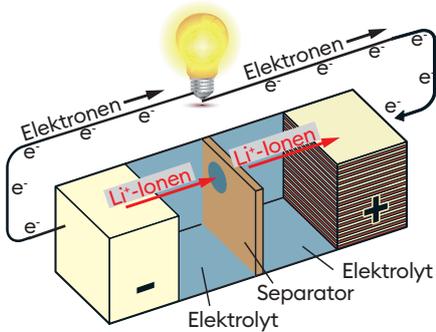


Elektrolyt

Bei einer Lithium-Ionen-Batterie sollen die Elektronen durch den Verbraucher und die Ionen durch den Elektrolyten im Innern der Batterie fließen. Die Leitfähigkeit des Elektrolyten soll also für die Ionen möglichst hoch, für die Elektronen dagegen möglichst gering sein.



Der Elektrolyt ermöglicht den Fluss der Ionen, verhindert aber die Leitung von Elektronen.

Leiter 2. Klasse

Metalle und Graphit sind Leiter 1. Klasse. Sie besitzen Elektronen, die nur schwach gebunden sind und sich bewegen können. Ionenleiter, also feste oder flüssige Materialien, die bewegliche Ionen enthalten, gehören zu den Leitern 2. Klasse. Deren Leitfähigkeit ist gegenüber den bekannten metallischen Leitern tiefer.

Der Elektrolyt in einer Batterie muss verschiedene Anforderungen erfüllen. Dazu gehören:

- chemische Stabilität. Der Elektrolyt darf nicht mit den Elektroden reagieren und eine Korrosion verursachen.
- gute Ionenleitfähigkeit. Die Leitfähigkeit für Ionen soll über einen weiten Temperaturbereich hoch sein.
- Nichtleiter für Elektronen. Der Elektronenfluss zwischen den beiden Elektroden darf nur durch den Verbraucher erfolgen.
- gute Temperaturbeständigkeit. Der Aggregatzustand muss im Einsatzbereich gleich bleiben.
- hohe Sicherheit. Im Idealfall ist der Elektrolyt ungiftig, nicht brennbar und erzeugt keinen Druck in der Batterie beim Erwärmen.
- tiefe Kosten. Die Produktion in der Grossserienfertigung soll möglichst einfach und günstig sein.
- umweltverträglich. Der Abbau der Rohmaterialien und die Wiederverwertung bzw. die Entsorgung müssen schonend für die Umwelt sein.

Um einen minimalen Standard für Lithium-Batterien zu erreichen, haben die USA folgende Ziele für den Elektrolyten gesetzt: stabil bis 5 V Spannung, Flammpunkt höher als 100°C, Reinheit über 99,99%, Kosten unter 10 \$/kg, Leitfähigkeit bei -30°C über 4 mS/cm und bei 30°C über 12 mS/cm, Dampfdruck bei 30°C maximal 1 mmHg, sowie eine Viskosität bei -30°C von maximal 20 cP.

Lithiumhexafluorophosphat

In fast allen Lithium-Ionen-Batterien wird das Leitsalz Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) eingesetzt, das in einem nichtwässrigen Lösungsmittelgemisch, vorwiegend aus organischen Carbonaten, gelöst ist. Um die Eigenschaften zu verbessern, werden verschiedene Additive zugegeben. Die gute elektrische Leitfähigkeit dieser Lösung überwiegt den Nachteil, dass oberhalb von ca. 160°C eine Zersetzungsreaktion stattfindet und im Brandfall beziehungsweise im Kontakt mit Wasser gefährlicher Fluorwasserstoff freigesetzt wird. Die Forschung befasst sich deshalb intensiv mit anderen Salzen, beispielsweise mit Verbindungen aus Bor und Schwefel.



Lithiumhexafluorophosphat (LiPF_6) ist ein weisses Pulver, das als Leitsalz in den meisten Elektrolyten von Lithium-Batterien verwendet wird.

Häufig verwendete Lösungsmittel sind Ethylencarbonat (EC), Propylencarbonat (PC), Dimethylcarbonat (DMC) und Diethylcarbonat (DEC). Jeder Batteriehersteller braucht eine andere Mischung und verschiedene Additive, um die gewünschte Wirkung zu erzielen. Die exakte Zusammensetzung des Elektrolyten ist deshalb sehr spezifisch und hängt vom Einsatzzweck ab.

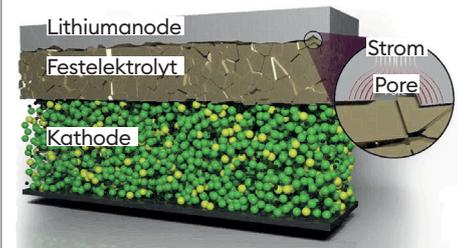
Rund 5% des Elektrolyten sind Additive. Deren Hauptaufgaben sind: Verbesserung des Korrosionsverhaltens, höhere Sicherheit gegen Brand, Alterungsschutz und Stabilisierung der chemischen Eigenschaften im ganzen Temperaturbereich. Zudem wird mit einer geeigneten Additivierung die Optimierung der SEI-Schicht (Solid Electrolyte Interface) angestrebt. Die SEI-Schicht ist eine passive Grenzschicht zwischen dem Elektrolyten und der Graphit-Anode. Sie bildet sich im Wesentlichen beim ersten Laden. Einerseits verhindert sie den direkten Kontakt von Anode und Lösungsmittel und sorgt damit für mehr Sicherheit, andererseits erhöht sie den Innenwiderstand.

Dem Elektrolyten werden auch sogenannte Shutdown-Additive zugegeben, welche entweder beim Überladen der Batteriezelle ein Gas freisetzen, welches wiederum einen Druckschalter zum Unterbrechen der Stromleitung zwingt, oder den Ionenstrom beeinflusst. Im Allgemeinen ermöglichen die LiPF_6 -Elektrolyte eine Zellenspannung von maximal 4,5 V.

Ladungsspeicher

Polymere und Festelektrolyt

Polymerelektrolyte ähneln stark den üblichen Lösungsmittelgemischen. Die Flüssigkeit wird jedoch gelartig in einem Kunststoffgerüst aufgenommen. Als Kunststoffe werden unter anderem Polyethylenoxid (PEO), Polyvinylidenefluorid (PVDF) oder Polymethylmethacrylat (PMMA) verwendet. Dadurch entsteht eine deutlich stabilere und sicherere Batterie. Der Nachteil ist jedoch die geringere Leitfähigkeit, was sich negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirkt. Batterien dieses Types werden als Lithium-Polymer-Batterien, kurz LiPo, bezeichnet. Noch konsequenter sind die Festelektrolyte, auch Festkörperelektrolyte oder Solid-State-Elektrolyte (SSE) genannt. Die Technik ist schon länger bekannt und wird in Herzschrittmachern und in Lambdasonden verwendet. An Anwendungen mit grösseren Strömen und Kapazitäten wird intensiv geforscht. Ein Problem ist dabei die Herstellung der Batterie, weil zwischen den Elektroden und dem Festelektrolyten keine Poren sein dürfen.



Der Festelektrolyt muss ein Material sein, das sehr gut Ionen leiten kann. Zudem dürfen sich bei der Herstellung keine Lücken zwischen den Elektroden und dem Elektrolyten bilden, weil diese den Innenwiderstand vergrössern.

Die Vorteile sind offensichtlich. Es kann keine Flüssigkeit austreten, kein Brand entstehen und die Bildung von Dendriten wird verhindert. Zudem lässt sich eine Anode aus reinem Lithium herstellen, was die Leistungsfähigkeit der Batterie deutlich erhöht. Verschiedene grosse Batterie- und Fahrzeughersteller haben angekündigt, dass ab 2025 die ersten Grossserienanwendungen in Autos verfügbar sind.



Im Januar 2022 präsentierte Dongfeng 50 Vorserienfahrzeuge mit einer Lithium-Festkörperlithium-Batterie. Hersteller der Batterie ist die Firma Ganfeng.