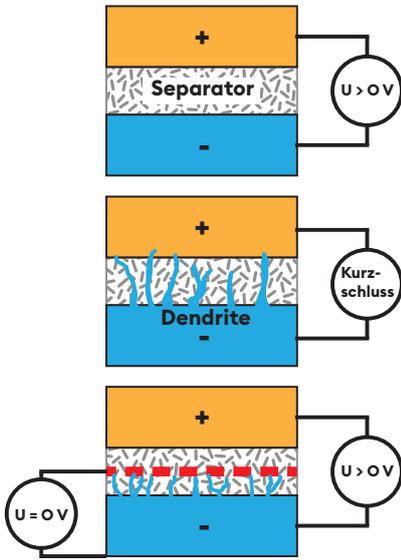


Separatoren

Bildquellen: Celgard, ElectroVaya, uwa

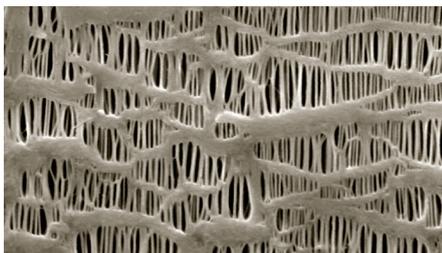
Die Separatoren sind eine wichtige Komponente der Lithium-Batterie. Sie müssen die positive und die negative Elektrode trennen, so dass die Sicherheit möglichst gross ist und kein Kurzschluss entsteht. Gleichzeitig soll die Leitfähigkeit für die Ionen maximal sein. Je nach Einsatzbedingung und Aufbau der Batterie kommen deshalb verschiedene Separatoren zum Einsatz.



Der Separator trennt die beiden Elektroden, so dass eine elektrische Spannung entstehen kann. Bilden sich Strukturen, welche den Separator durchstossen (sogenannte Dendrite), führt dies zu einem Kurzschluss. Mehrschichtig aufgebaute Separatoren bieten eine erhöhte Sicherheit und erlauben sogar das Erkennen von Dendriten, bevor ein Kurzschluss auftritt.

Sicherheit versus Leistungsfähigkeit

Die Anforderungen an die Separatoren sind vielfältig. Sie müssen porös sein, um den Elektrolyten gut aufnehmen zu können. Dies ist für eine gute Ionenleitfähigkeit und damit für einen geringen Innenwiderstand entscheidend. Auf der anderen Seite sollen sie unter allen Umständen einen Kurzschluss zwischen den beiden Elektroden verhindern. Dazu ist nicht nur eine hohe Temperaturbeständigkeit, sondern auch eine mechanisch stabile Konstruktion notwendig, welche dem Durchdringen von Dendriten möglichst entgegenwirkt.

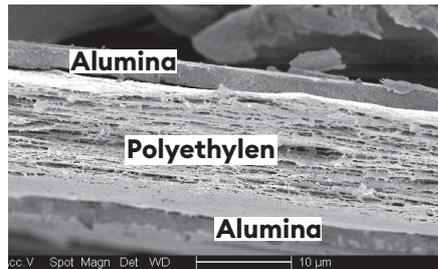


Das Bild zeigt die Vergrösserung eines Separators aus Polypropylen. Die einzelnen Fasern werden zu einem Stoff mit der Dicke von ca. 25 µm verwebt.

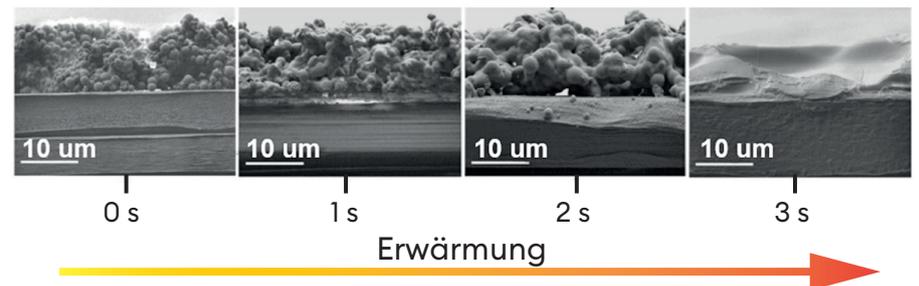
In der Grossserie werden meistens Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) verwendet. Sie besitzen einen Schmelzpunkt von 135°C (PE) beziehungsweise von 165°C (PP), weisen ein gutes Benetzungsvermögen von flüssigem Elektrolyten auf und können zu einem Preis von weniger als einem Dollar pro m² hergestellt werden. Die Dicke der Matten liegt zwischen 15 und 40 µm, wobei die Porengrösse weniger als 1 µm beträgt. Einige Hersteller kombinieren einzelne Stoffe aus PE und PP zu einem sogenannten Trilayer-Separator. Dabei wird eine Schicht PE zwischen zwei Schichten PP gelegt. Dies bietet eine höhere Sicherheit bei thermischer Beanspruchung. Steigt die Temperatur auf 135°C, schmilzt die innere Schicht aus Polyethylen und stoppt so den Ionenfluss. Die beiden äusseren Schichten verhindern aber immer noch einen Kurzschluss.

Keramische Beschichtung

PE und PP haben schon bei 100°C ein Problem, weil sie weich werden und schrumpfen. Um die thermische Stabilität zu erhöhen, wird mit keramisch beschichteten Polymeren gearbeitet. Als Material kommen vorwiegend Alumina (Al₂O₃) und Silica (SiO₂) zum Einsatz. Wichtig ist dabei, dass die Porosität und damit die Ionenleitfähigkeit erhalten bleibt. Dies kann erreicht werden, indem winzige Keramiktteilchen (Durchmesser ca. 40 nm) eine hauchdünne Schicht auf dem polymeren Träger bilden. Mit den momentan erhältlichen keramischen Separatoren kann ein sicherer Betrieb bis 150°C erreicht werden.



Eine höhere thermische Sicherheit wird erreicht, indem die polymeren Separatoren mit einer dünnen Schicht (ca. 5 µm) keramischen Teilchen beschichtet werden. Die Keramiktteilchen haben dabei einen Durchmesser von 40 nm.

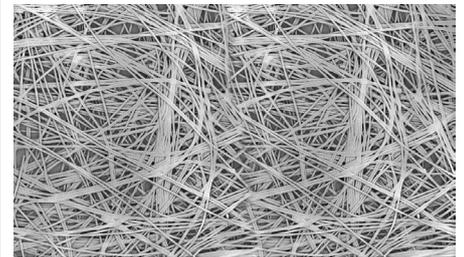


Ein Separator aus Polyethylen hat einen Schmelzpunkt von 135°C. Wie das Bild zeigt, genügen bei einer Temperatur von 110°C aber schon drei Sekunden um die Struktur gefährlich zu verändern.

Ladungsspeicher

Vliesstoffe (Nonwoven Separator)

Im Vlies sind die einzelnen Fasern nicht verwebt oder in einer anderen Form verschlungen. Eingesetzt werden verschiedene Materialien, mit dem Ziel, eine sehr hohe Porosität und eine geringe Wärmeausdehnung zu erhalten. Bevorzugt werden dabei Materialien, die nur schwer entflammbar sind. Weil die mechanische Stabilität geringer ist, müssen die Vliese dicker sein. Zur Verbesserung der Eigenschaften können die Vliese mit Keramiktteilchen beschichtet werden. Einige Hersteller forschen intensiv mit keramischen Nanopartikeln, die direkt in das Gewebe eingebracht werden.



Bei nonwoven Separatoren werden die einzelnen Fasern nicht miteinander verwebt. Dadurch entsteht eine grössere Freiheit in der Wahl der Materialien.

Ausblick

Die Separatoren sind entscheidende, sicherheitsrelevante Bauteile der Lithiumbatterie, die zudem die Leistungsfähigkeit massgeblich beeinflussen. Entsprechend umfangreich ist die Forschung auf diesem Gebiet. So sind gegenüber der ersten Generation von Separatoren, die lediglich aus einer Schicht PP oder PE bestanden, heute viele verschiedene Arten auf dem Markt. Das für jede Situation optimale Material gibt es nicht. Ausschlaggebend für die Wahl sind die Anwendung und der Preis.

Für anspruchsvolle Lösungen, die im Fahrzeugbau nötig sind, werden heute mehrschichtige und mit Keramik beschichtete Separatoren bevorzugt. Diese bieten die nötige thermische und mechanische Sicherheit, sind also in der Lage, auch bei Unfällen die beiden Elektroden zu trennen.