

## WHITEPAPER

# DIE GRUNDLAGEN DER BATTERIETECHNOLOGIE

Mit der weltweiten Elektrifizierung von Fahrzeugen steigt das Interesse und die Nachfrage nach Batterien enorm. Dennoch gibt es auf diesem schnell wachsenden Markt noch viele Missverständnisse über Batterietechnologien. Das allgemeine Wissen über Elektrofahrzeuge basiert sich auf der Autoindustrie und daher werden viele falsche Annahmen über Elektrobusse getroffen. Um ein besseres Verständnis für Batterien und ihre Funktionsweise zu erhalten, werden wir Ihnen einige Batterietechnologien ausführlicher erläutern.

Zunächst werden die verschiedenen **Batterietypen**, die für die Automobilindustrie geeignet sind, dargestellt. Anschließend wird einer dieser Typen, die Lithium-Ionen-Batterie, näher erläutert. Mit dem erworbenen Wissen über Lithium-Ionen-Batterien kann die Technologie hinter **LFP** und **NMC** weiter erklärt werden. Sobald diese Themen beschrieben sind, verfügen Sie über ein Grundwissen über **Batteriezellen**. Als Nächstes behandeln wir die Umwandlung dieser Zellen in ein Modul und von einem **Modul** in einen **Pack**.

Anschließend gehen wir kurz auf die Funktionsweise dieser Pakete ein, wie der Ladezustand berechnet wird und wie die Batterien mit einem Batteriemanagementsystem (BMS) im Fahrzeug überwacht werden.

## BATTERIETYPEN

Wir fangen mit den Grundlagen an. Was genau ist eine Batterie? Eine Batterie ist ein Behälter, der aus einer oder mehreren Zellen besteht, in denen chemische Energie in Elektrizität umgewandelt und zur Stromspeicherung verwendet wird. Es gibt drei Hauptbatterietypen, die für Elektrofahrzeuge verwendet werden. Es sind Blei-Säure-, Nickel-Metallhydrid- (NiMH) und Lithium-Ionen-Batterien.

### BLEI-SÄURE-BATTERIEN

Blei-Säure-Batterien sind für ihre lange Lebensdauer bekannt. Sie sind in der Regel kostengünstig in der Anschaffung. Gleichzeitig sind sie äußerst langlebig, zuverlässig und wartungsarm. Ein Schwachpunkt von Bleibatterien ist jedoch ihre Empfindlichkeit gegenüber Tiefentladung, wodurch die Batterie beschädigt werden kann. Deshalb sollte sie immer zu mindestens 20 Prozent aufgeladen sein.

### NICKEL-METALLHYDRID-BATTERIEN (NiMH)

Nickel-Metallhydrid-Batterien bieten eine angemessene spezifische Energie- und Leistungskapazität. Nickel-Metallhydrid-Batterien haben eine viel längere Lebensdauer als Blei-Säure-Batterien und sind sicher und widerstandsfähig. Diese Batterien werden häufig in Fahrzeugen eingesetzt. Die größten Herausforderungen bei Nickel-Metallhydrid-Batterien sind ihre hohen Kosten, ihr höheres Gewicht, ihre hohe Selbstentladung und Wärmeentwicklung bei hohen Außentemperaturen sowie die Notwendigkeit, den Wasserstoffverlust zu kontrollieren.

### LITHIUM-IONEN-BATTERIEN

Die Kosten für Lithium-Ionen-Batterien sind im Vergleich zu andere Batterien höher, aber dafür bekommt man auch viel Gegenleistung. Lithium-Ionen-Batterien haben eine konstante Leistungsabgabe. Innerhalb des Lebenszyklus der Batterie gibt es nur einen sehr geringen Leistungsverlust, und sie funktionieren auch gut bei hohen Temperaturen. Ein weiterer Vorteil von Lithium-Ionen-Batterien ist, dass sie sich sehr schnell wieder aufladen lassen und ein gutes Verhältnis von Leistung zu Gewicht haben, d. h. sie sind leichter als die meisten Batterien und eignen sich daher ideal für mobile Lösungen.

# DIE MEISTGEWÄHLTE BATTERIE IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

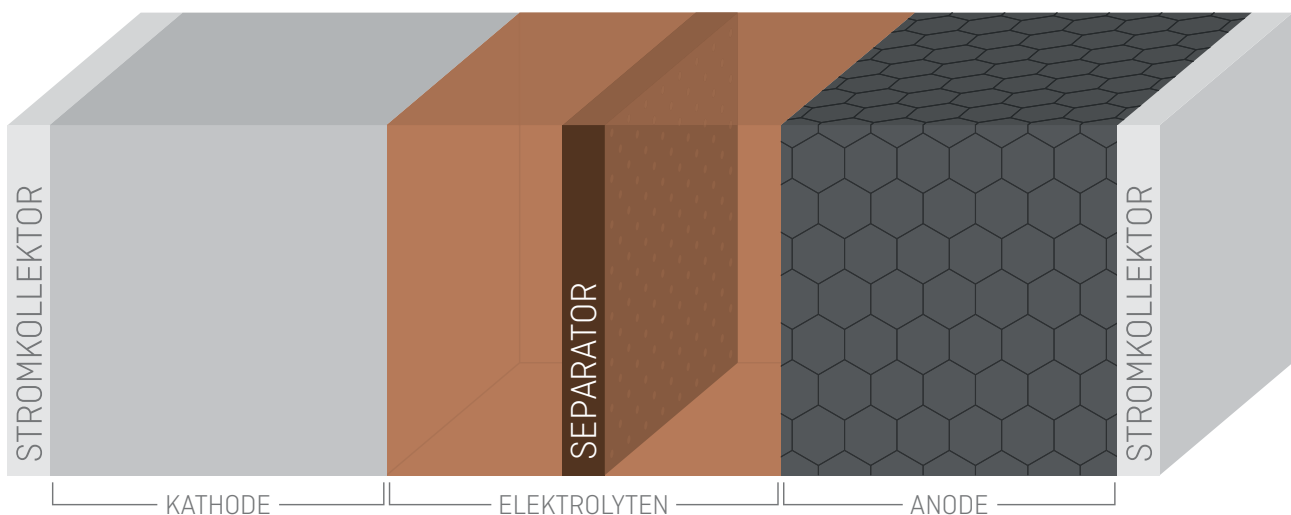
## LITHIUM-IONEN-BATTERIE

Aus den oben genannten Gründen ist die Lithium-Ionen-Batterie die am häufigsten verwendete Batterietechnologie in der Automobilindustrie. Bei der Lithium-Ionen-Batterie (Li-Ion) handelt es sich um eine fortschrittliche Batterietechnologie, die Lithium-Ionen als Hauptbestandteil ihrer Elektrochemie verwendet. Die Lithium-Ionen-Technologie ist eine allgemeine Technologie, die in verschiedenen Batterietypen eingesetzt werden kann. Das heißt dass Lithium-Ion kein Batterie an sich ist, sondern eine Technologie, die von verschiedenen Batterietypen wie LFP- und NMC- Batterien verwendet werden. Diese beiden Li-Ionen-Batterien sind die in der Automobilindustrie am häufigsten verwendeten Batterien. Um diese Art von Batterien besser zu verstehen, muss die Lithium-Ionen-Technologie insgesamt erklärt werden.

## DIE TECHNOLOGIE HINTER EINER LITHIUM-IONEN-BATTERIE

Wir beginnen mit der Zerlegung einer Li-Ionen-Batterie, um die genauen Chemikalien in diesen Batteriezellen zu beleuchten. Jede Batteriezelle besteht aus drei Hauptschichten: der **Kathode**, einem flüssigen **Elektrolyten** mit einem Polymermembran-Separator und der **Anode**.

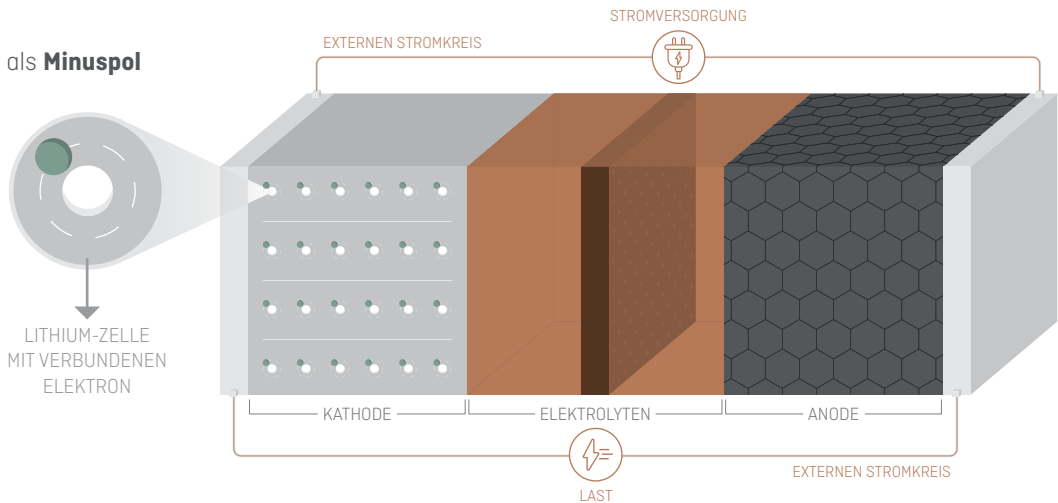
- Die Kathode: besteht aus einer positiven Elektrode, die aus Aluminiumfolie hergestellt wird. Die zusätzliche chemische Zusammensetzung dieser Schicht kann je nach Batterietyp variieren.
- Separator: ein flüssiger Elektrolyt mit einer Polymermembran als Separator für Anode und Kathode. Der Separator besteht aus Kunststoff, der viele kleine Poren hat.
- Die Anode: besteht aus Graphit und einer negativen Elektrode aus Kupferfolie.



Lithium befindet sich, wie der Name Lithium-Ionen bereits andeutet, in der Batterie, aber die Position dieser Chemikalie ist abhängig vom Zustand der Batterie. Wenn die Batterie geladen oder entladen wird, ändert sich die Position des Lithiums. Heißt dass die Bindung an der Kathode gelöst und die Bindung an der Anode hergestellt wird.

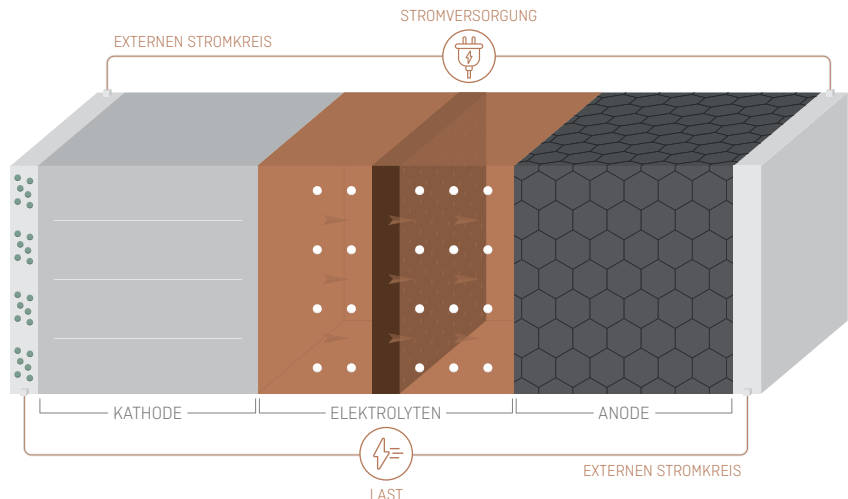
## PHASE 1 - UNGELADENER ZUSTAND

Die Kathode, die auch als **Minuspol** als Batteriezelle bezeichnet wird, dient als Ausgangspunkt für das Lithium. Jede Lithiumzelle, die sich in der Kathode befindet, besitzt ein einzelnes Elektron.



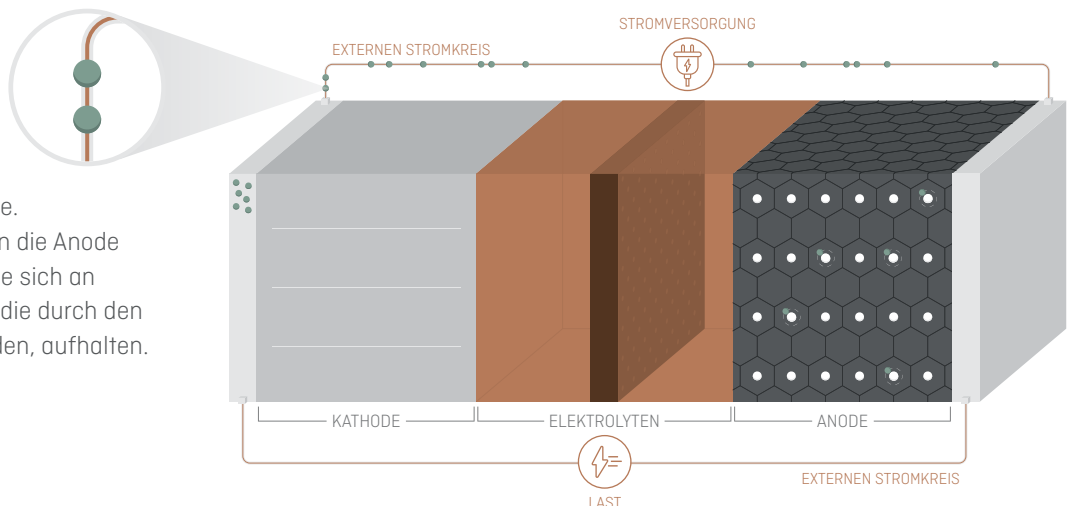
## PHASE 2 - EXTERNE STROMVERSORGUNG

Die Wanderung des Lithiums wird durch Stromzufuhr erzeugt. Wenn die Stromversorgung aktiv ist, wandern die Lithiumzellen von der Kathode durch den flüssigen Elektrolyten mit einer Polymermembran zur Anode, die auch als **Pluspol** bezeichnet wird. Während die Lithiumzellen die Polymermembran durchdringen können, ist dies für die Elektronen nicht möglich. Dadurch werden die Elektronen aus der Lithiumzelle herausgelöst.



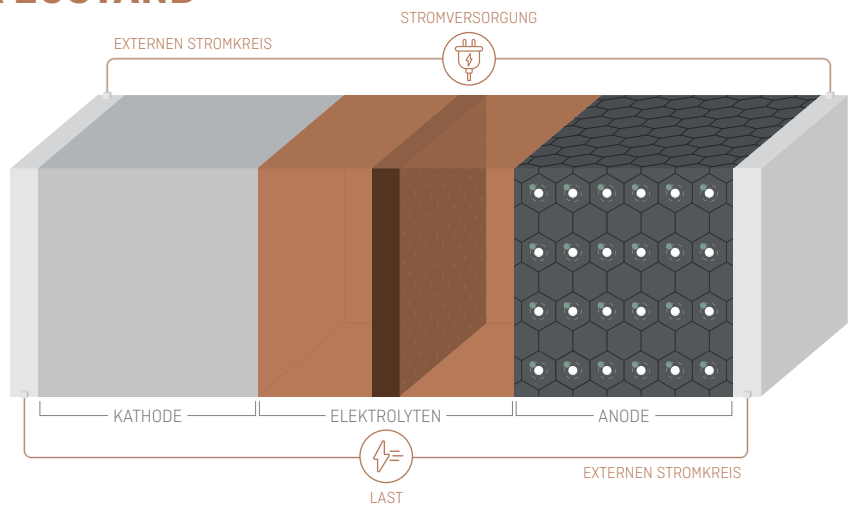
## PHASE 3 - LADEVORGANG

Die Elektronen wandern zum Stromkollektor und von dort durch den **externen Stromkreis** zur Anode. Sobald die Elektronen die Anode erreichen, müssen sie sich an bestimmten Stellen, die durch den Graphit gebildet werden, aufhalten.



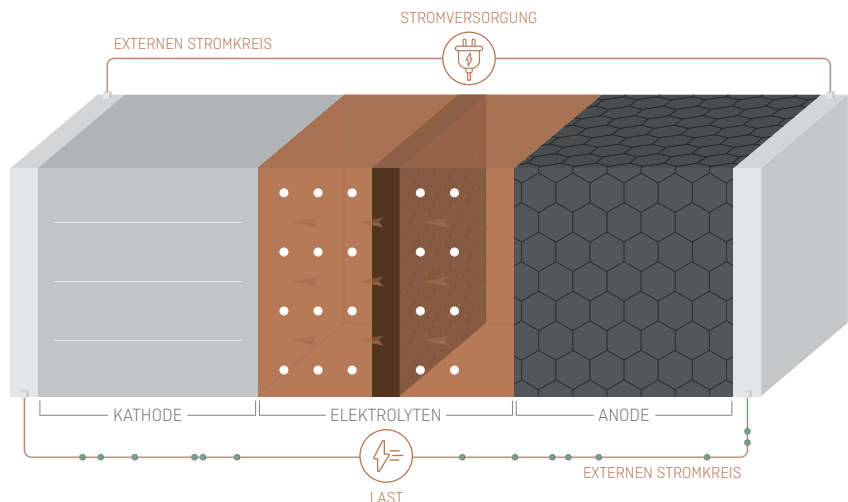
## PHASE 4 - GELADENER ZUSTAND

Sobald sich alle Lithium-Ionen und Elektronen in der Anode aufhalten, befindet sich die Batterie im geladenen Zustand. Dieser geladene Batteriezustand in der Anode ist ein instabiler Zustand, und sobald die Stromquelle entfernt wird, kehren die Lithium-Ionen automatisch in ihren stabilen Zustand in der Kathode zurück.

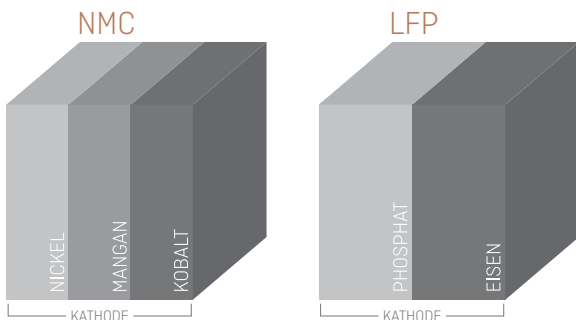


## PHASE 5 - STROMVERSORGUNG DES FAHRZEUGS

Aufgrund dieser Tendenz wandern die Lithium-Ionen durch den Elektrolyten zurück. Die Elektronen müssen durch den externen Stromkreis zurückkehren, der mit der **Last** verbunden ist. Der Anschluss eines externen Stromkreises mit einer Last zwischen Anode und Kathode soll es den Elektronen ermöglichen, in ihre stabile Lage zurückzukehren. Ein zusätzlicher Schalter innerhalb des Stromkreises könnte hinzugefügt werden, um die Elektronen daran zu hindern, sich durch diesen Weg zu bewegen, so dass der Hauptnutzer die Entladung der Batterie kontrollieren kann. Auch wenn keine externe Last angeschlossen ist, werden die Elektronen langsam zur Kathode zurückwandern, da in der Batteriechemie immer eine interne Last vorhanden ist, so dass sich die Batterie mit der Zeit langsam entlädt.



## ZWEI ARTEN VON LITHIUM-IONEN-BATTERIEN



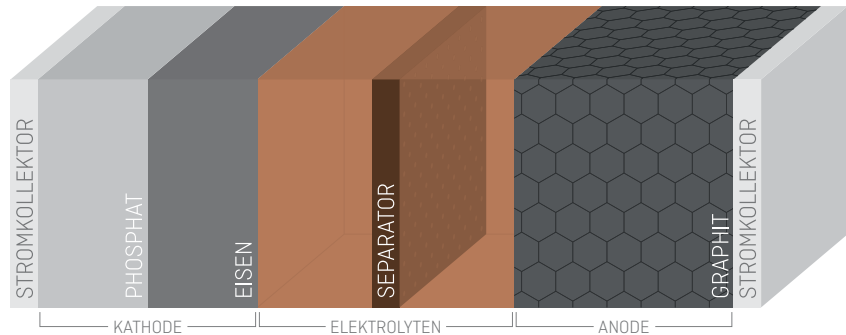
Wie bereits erwähnt, gibt es verschiedene Arten von Lithium-Ionen-Batterien. Daher werden wir zwei verschiedene Typen von Lithium-Ionen-Batterien betrachten, die in der Automobilindustrie häufig verwendet werden. Diese beiden Typen sind **LFP** und **NMC**. Da sowohl LFP- als auch NMC-Batterien zur Familie der Lithium-Ionen-Batterien gehören, weisen sie viele Ähnlichkeiten auf. Bei beiden Batterien ist die Verdrängung von Lithium die wichtigste chemische Reaktion innerhalb der Batterie. Wie bereits erwähnt, enthalten beide Batterien eine Anode, einen Separator und eine Kathode.

Sowohl bei LFP als auch bei NMC bleibt die chemische Zusammensetzung von Separator und Anode gleich. Die **Kathodenschicht** hingegen macht den Unterschied aus. Die Kathodenschicht der LFP-Batterie enthält **Eisen** und **Phosphat**, während NMC-Batterien eine mehrschichtige Kathode aus **Nickel**, **Kobalt** und **Mangan** enthalten.

## LFP

LFP ist die Abkürzung für  $\text{LiFePO}_4$ , die chemischen Bezeichnungen für **Lithium, Eisen** und **Phosphat**. Diese chemische Verbindung bildet die Grundlage der Kathode.

Eines der hervorstechendsten Merkmale von LFP-Batterien ist die **Nichtverwendung von Kobalt**.



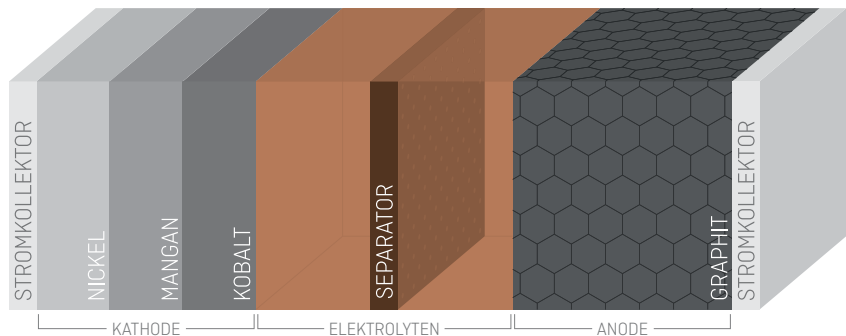
Bei der Entwicklung und Herstellung von LFP-Batterien wird kein Kobalt oder Nickel benötigt. Zusätzlich sind die Materialien, die in diesem Batterietyp verwendet werden, weit verbreitet, sicher und leicht zu beschaffen. Kobalt und Nickel im Gegensatz dazu sind knapp und schädlich für die Umwelt, da ihr Abbau das Wasser, die Luft und den Boden verschmutzt. Außerdem können sie bei denjenigen, die mit dem Material in Berührung kommen, gesundheitliche Probleme verursachen.

Ein zweiter wichtiger Faktor einer LFP-Batterie ist, dass die in dieser Batterie verwendete Kombination von Rohstoffen sehr **sicher** und **stabil** ist. Selbst bei hohen Außentemperaturen oder wenn die Batterie beschädigt wird, bleibt dieser Batterietyp stabil und kommt es nicht zu einem Brand.

Das dritte Merkmal einer LFP-Batterie ist ihre lange Lebensdauer und **Haltbarkeit**. Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien haben eine Lebensdauer von bis zu 5000 vollen Ladezyklen bis zum Ende der Lebensdauer, die bei 80 Prozent der Kapazität definiert ist.

## NMC

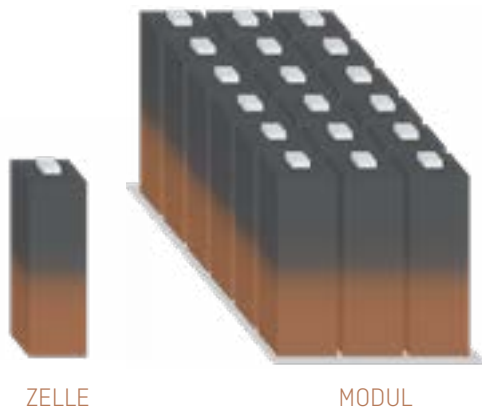
Die Abkürzung NMC setzt sich aus den chemischen Bezeichnungen für **Nickel, Mangan** und **Kobalt** zusammen. Diese chemische Verbindung bildet auch die Grundlage der Kathode. Nickel ist für seine hohe spezifische Energie bekannt, denn Mangan verbessert die Lebensdauer. In Kombination ergeben alle drei Metalle eine Kathode mit hoher Energiedichte.



Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist die Energiedichte von NMC-Batterien höher als die von LFP-Batterien. Die Energiedichte eines Batteriepacks wird auch als „Energieinhalt“ bezeichnet. Die Energiedichte ist die Menge Energie, die eine Batterie im Verhältnis zu ihrem Gewicht enthält. Eine höhere Energiedichte ist vorzuziehen, da eine kleinere Hochleistungsbatterie eine höhere Leistung erbringen kann. Somit wird das Fahrzeug **leichter** und hat dadurch eine größere Reichweite bzw. kann bei gleicher Reichweite mit weniger Batterien ausgestattet werden.

Während LFP-Batterien eine typische Lebensdauer von bis zu 5000 Ladezyklen haben, liegt die erwartete Lebensdauer einer NMC-Batterie bei etwa 2000-2500 Zyklen, wobei **die Leistungseinbuße** jedoch schnell einsetzt und die volle Leistung schon bald nach der ersten Verwendung verloren geht. Wie bereits erwähnt, besteht die chemische Verbindung einer NMC-Batterie aus Nickel und Kobalt. Abgesehen von der Tatsache, dass sie sehr umweltschädlich sind, ist auch die Zusammensetzung dieser Rohstoffe sehr empfindlich. Das bedeutet, dass bei einer ernsthaften Beschädigung der Batterien die chemische Reaktion, die in der Batterie stattfindet, zu einem sofortigen thermischen Durchgehen führt, das Rauch und Feuer verursacht.

## VON DER ZELLE ZUM MODUL

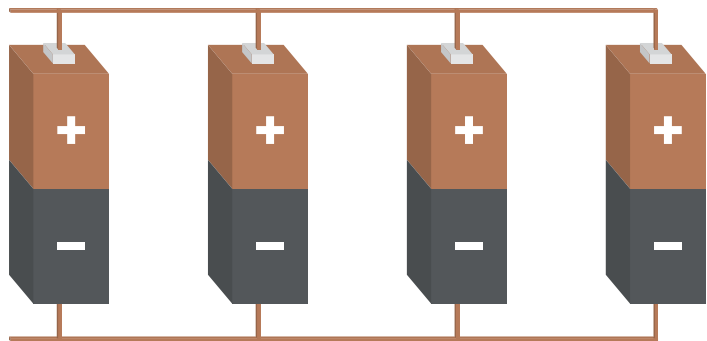


Sowohl LFP als auch NMC bestehen aus Batteriezellen. Diese Zellen gibt es in vielen Formen und Ausprägungen. Die Batteriezellen werden in Modulen angeordnet, um gebrauchsfähige Einheiten zu erhalten. Bei einer NMC-Batterie kann eine einzelne Batteriezelle durchschnittlich etwa 3,6 Volt liefern. Bei LFP sind dies 3,2 Volt. Bei Anwendungen wie schweren Nutzfahrzeugen muss die Spannung dieser Batterien drastisch erhöht werden, damit sie ausschließlich mit elektrischer Energie betrieben werden können. Um die Spannung der Batterien zu erhöhen, müssen die Batteriezellen vervielfacht und kombiniert werden. Es können mehrere Techniken angewandt werden, um ein Batteriemodul und -pack zu bauen. Durch die Anordnung mehrerer Zellen in einer **Reihen-** oder **Parallelstruktur** (oder einer Mischung aus beidem) kann die gewünschte Spannung, Kapazität oder Leistungsdichte erreicht werden.

## BATTERIEZELLEN IN PARALLELSCHALTUNG

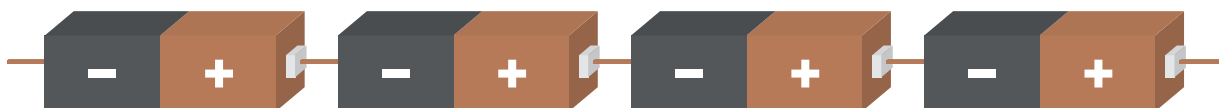
Wenn Batteriezellen parallel geschaltet werden, werden alle positiven Pole jeder Zelle sowie die negativen Pole jeder Zelle miteinander verbunden. Folglich werden die **Amperewerte** jeder Zelle addiert.

Wenn Sie beispielsweise 10x 12-Volt-Batterien mit einer Kapazität von 100 Ah parallel schalten, erhalten Sie eine Spannung von 12 Volt und eine Kapazität von 1000 Ah.



## BATTERIEZELLEN IN REIHENSCHALTUNG

Wenn Batteriezellen in Reihe geschaltet werden, wird der Pluspol einer Zelle mit dem Minuspol der nachfolgenden Zelle verbunden.

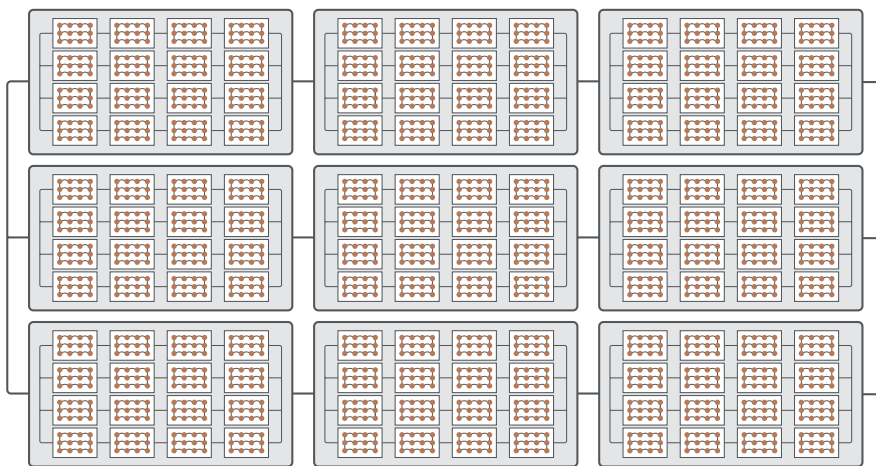
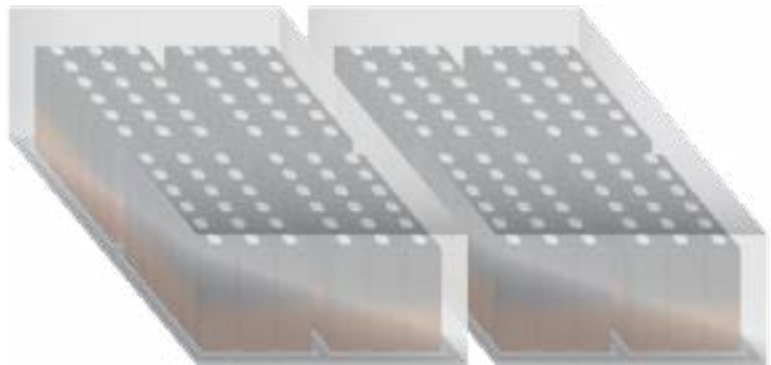


Die **Spannungen** der einzelnen Zellen werden also bis zum Ende der Reihe addiert. Ein Beispiel: Wenn Sie 10x 12-Volt-Batterien mit einer Kapazität von 100 Ah in Reihe schalten, erhalten Sie ein 120-Volt-Batteriepaket mit einer Kapazität von 100 Ah. Der Hauptunterschied zwischen der Reihenschaltung und der Parallelschaltung von Batterien liegt in den Auswirkungen auf die Ausgangsspannung und die Kapazität des Batteriesystems. Bei Batterien, die in Reihe geschaltet sind, werden die Spannungen addiert. Bei parallel geschalteten Batterien werden deren Kapazitäten, gemessen in Amperestunden, addiert. Obwohl die verfügbare Energie in beiden Konfigurationen die gleiche ist, bietet die Reihenschaltung der Batterien eine **höhere Systemspannung**, was zu einem niedrigeren Systemstrom führt. Weniger Strom bedeutet, dass Sie eine dünnere Verdrahtung verwenden können und **weniger Spannungsverlust** im System haben werden. Größere Stromverbraucher und Stromerzeuger benötigen sogar eine Mindestspannung, um überhaupt zu funktionieren. Es ist daher erforderlich, die Batterien in Reihe zu schalten. Eine Kombination aus beiden Techniken ist jedoch die gängigste Lösung, um die Anforderungen an Spannung und Strom zu erfüllen.

## VOM MODUL ZUM PACK

Wie bereits erwähnt, können die Zellen in Reihe oder parallel geschaltet werden, um ein Modul zu bilden. Dann können auch Dutzende von Modulen in Reihe oder parallel geschaltet werden, um einen **Batteriesatz (Batterie Pack)** zu bilden.

Dann müssen mehrere Batteriepakete angeschlossen werden, um genügend Energie für das Fahrzeug zu liefern. Die Verbindung dieser Batteriepakete kann ebenfalls in Reihe oder parallel erfolgen.



Auf der linken Seite sehen Sie eine schematische Darstellung eines **Batteriesystems** in einem Elektrofahrzeug.

Hier sehen Sie sowohl Zellen und Module als auch die verschiedenen in Reihe und parallel geschalteten Batteriepakete. Wie diese verbunden sind, kann je nach Fahrzeug variieren.

## LADEVORGANG

Es gibt eine weit verbreitete Annahme über die Art und Weise, wie man seine Batterien auflädt, die sich auf der Autoindustrie basiert. Es ist zwar allgemein bekannt, dass die meisten Autos nicht zu 100 Prozent aufgeladen werden sollten. Das ist aber nicht immer der Fall und kann bei jedem Batterietyp anders sein: Während dies für NMC-Batterien tatsächlich zutrifft, gilt diese Annahme jedoch nicht für LFP-Batterien.

Um dies besser zu verstehen, gehen wir einen Schritt zurück und betrachten die Chemie der Batterie. Wie bereits erwähnt, lädt sich die Batterie durch die Wanderung der Elektronen von der Kathode zur Anode auf. In der Anode müssen die Elektronen einen Platz finden, um sich zwischen dem Graphit anzuordnen. Je mehr Plätze zur Verfügung stehen, desto schneller kann der Ladevorgang ablaufen. Sobald die meisten Elektronen angeordnet sind und die Batteriezelle z.B. zu 80 Prozent geladen ist, wird es für die Elektronen schwieriger, einen freien Platz zu finden. Dadurch wird die Ladegeschwindigkeit verringert und die Elektronen haben mehr Zeit, einen freien Platz zu finden. Der Ladevorgang wird automatisch beendet, sobald die erste Zelle 100 Prozent erreicht. Wird die Ladegeschwindigkeit verringert, haben mehr Elektronen die Zeit, einen freien Platz zu finden. Dadurch wird die Batterie so weit wie möglich aufgeladen, bevor die erste Zelle 100 Prozent erreicht. Da NMC-Batterien weniger stabil sind, reagiert diese Batterie empfindlicher auf diese Wanderungen der Elektronen, und eine Aufladung der Zellen auf 100 Prozent kann die Batterie beschädigen. In diesem Fall ist es besser, den Akku nur zu 90 Prozent aufzuladen. Bei LFP hingegen ist die Stabilität kein Problem, und der Akku kann problemlos bis zu 100 Prozent aufgeladen werden, was die volle Nutzung der Akkukapazität ermöglicht und somit die Reichweite erhöht. Abgesehen davon, dass bei LFP-Batterien eine vollständige Aufladung möglich ist, wird sie auch dringend empfohlen.



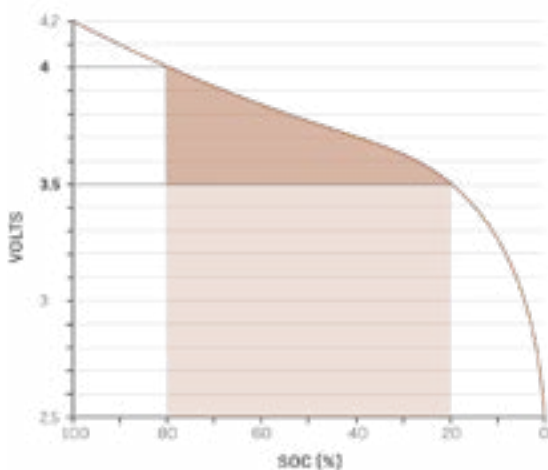
## LADEZUSTAND

Fast jedes Elektrofahrzeug zeigt an, wie viel Restkapazität die Batterie noch hat. Dies wird mit dem Ladezustand (State of Charge, SOC) angegeben, der ein Prozentsatz ist, der die verbleibende Kapazität mit der normalen Kapazität der Batterie vergleicht. Der Wert wird auf der Grundlage des Batterieverhaltens berechnet und ist kein fester Wert. Während bei NMC-Batterien der SOC-Wert leichter vorherbestimmt werden kann, ist dies bei LFP-Batterien schwieriger und kann zu Abweichungen zwischen der tatsächlichen Energiemenge, die die Batterie noch enthält, und dem angegebenen Prozentsatz führen.

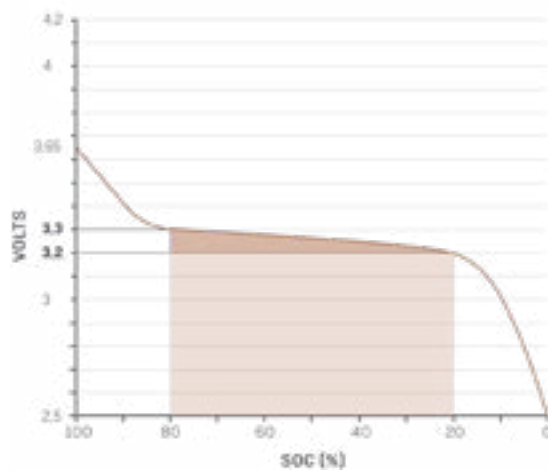
Wir erläutern dies anhand der Abbildungen 1 und 2. Diese Abbildungen zeigen den Entladungszeitplan einer NMC-Batterie (Abbildung 1) und einer LFP-Batterie (Abbildung 2).

In Abbildung 1 sehen Sie die Leistungseinbuße einer typischen NMC-Batterie. Wie Sie sehen können, ist der Rückgang meist gleichmäßig. Bei diesen Batterietypen kann der Ladezustand anhand der Spannung, die die Zellen liefern, geschätzt werden. Beträgt die Spannungsversorgung beispielsweise 4 Volt, kann eine Linie gezogen werden, und die geschätzte Batteriekapazität beträgt etwa 80 Prozent. Bei einer Spannungsversorgung von 3,5 Volt beträgt der geschätzte Ladezustandswert 20 Prozent. Diese Schätzung wird immer wieder relativ genau sein.

**Abbildung 1 - Entladung einer NMC-Batterie / Ladezustands-Berechnung**



**Abbildung 2 - Entladung einer LFP-Batterie / Ladezustands-Berechnung**



Bei LFP-Batterien ist die Leistungseinbuße, wie Abbildung 2 zeigt, recht unterschiedlich und die Schätzung des Ladezustands muss anders erfolgen. Während zu Beginn die Spannung abfällt, wird danach die meiste Energie bei gleicher Spannung freigesetzt. Das System erkennt nicht, ob die Batterie zu 20 Prozent oder zu 80 Prozent geladen ist, da die Spannungsversorgung nahezu gleich ist. Das hat zur Folge, dass der Ladezustand nicht anhand der Spannungsversorgung abgeschätzt werden kann. Stattdessen basiert der geschätzte Ladezustand darauf, wie lange die Batterie fast die gleiche Spannung geliefert hat.

Dazu muss die Batterie jedoch einen festen Startpunkt haben. Daher ist es wichtig und sehr empfehlenswert, die LFP-Batterie zu 100 % aufzuladen. Auf diese Weise kalibriert sich die Batterie und ermöglicht eine einigermaßen genaue Ablesung des SOC. Allerdings kann die SOC-Berechnung aufgrund einer nicht registrierten Abweichung innerhalb der Batterie, die, wie bereits erwähnt, durch die interne Last entsteht, leicht um etwa 2 % abweichen. Wenn die Batterie nicht zu 100 % geladen wird, kann sich diese Abweichung kumulativ erhöhen.

Das bedeutet, wenn die Batterie beispielsweise 10 Tage lang nicht zu 100 Prozent aufgeladen wird, der Ladezustand jeden Tag um weitere 2 Prozent abweichen und somit in 10 Tagen eine Abweichung von bis zu 20 Prozent aufweist. Kurz gesagt bedeutet dies, dass eine Batterie leer sein kann, wenn ein Ladezustandswert von 20 Prozent angezeigt wird.



## BATTERIEMANAGEMENT-SYSTEM (BMS)

Das Batteriemanagementsystem, auch BMS, ist ein integraler Bestandteil jeder Lithium-Ionen-Batterie. Dieses System ist in den Batteriepack integriert, um optimalen Zustand und Leistung jeder einzelnen Batteriezelle und des Packs zu gewährleisten.

Das Batteriemanagementsystem überwacht die einzelnen Zellen des Akkupacks. In dieses System wird berechnet, wie viel Strom sicher hineingehen (Laden) und herauskommen (Entladen) kann, ohne die Batterie zu beschädigen. Die Strombegrenzungen verhindern, dass die Quelle (in der Regel ein Batterieladegerät) und die Last (z.B. ein Wechselrichter) die Batterie überlasten oder überladen. Dadurch wird der Batteriepack vor zu hohen oder zu niedrigen Zellspannungen geschützt, was die Langlebigkeit der Batterie erhöht.

Wie bereits erwähnt, muss jede Zelle im Batteriepack ausgeglichen sein. Das BMS gleicht die Ladung der Zellen aus, damit jede Zelle mit maximaler Kapazität arbeitet. Sobald das BMS einen unsicheren Zustand feststellt, schaltet es die Batterie sofort ab, um die Batterie und den Benutzer zu schützen.

Das BMS liefert auch eine Vielzahl von Daten, die für andere Zwecke genutzt werden können. So kann beispielsweise eine vorausschauende Wartung durchgeführt werden, wenn die Daten darauf hindeuten, dass in Zukunft Probleme auftreten könnten.



**EBUSCO<sup>®</sup>**  
MADE TO MOVE PEOPLE

[www.ebusco.com](http://www.ebusco.com)