

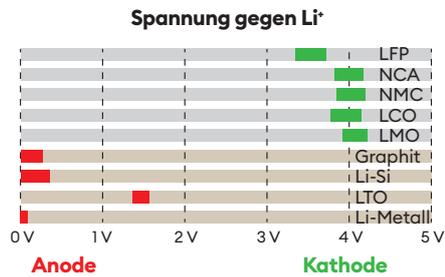
Anodenmaterialien der Lithium-Batterie

Bildquellen: Yinlong, uwa

Die Anode muss die Lithiumionen einlagern und wieder abgeben können, ohne dass sich die Molekülstruktur wesentlich ändert. In der Technik wird dieser Vorgang Interkalation genannt.

Ein ideales Material für die Anode kann sehr viele Lithiumionen einlagern. Dabei soll es sich aber volumetrisch nur wenig ausdehnen. Die Inter- und Deinterkalation muss chemisch und thermisch stabil ablaufen, so dass hohe Zyklenzahlen erreichbar sind. Zudem wird Wert auf eine günstige und umweltverträgliche Herstellung gelegt.

Auf sechs Kohlenstoffatome kann ein Ion interkaliert werden, wobei das Volumen um ca. 10% zunimmt. Neben Graphit wird deshalb auch mit anderen Kohlenstoffstrukturen gearbeitet. Das Ziel ist dabei, eine hohe Leitfähigkeit, eine bessere Kapazität durch ein grösseres Aufnahmevermögen von Lithiumionen und möglichst geringe Volumenänderungen beim Laden und Entladen zu erhalten. Mit der Modifikation der Struktur können diese Eigenschaften verbessert werden. Dabei steht nicht eine reine Form im Vordergrund, sondern die Kombination zu einer Hybridstruktur.



Das Diagramm gibt einen Überblick über die üblichen Materialien von Anode und Kathode. Der Unterschied entspricht der elektrochemischen Spannung.

Kohlenstoff

Zur Zeit wird als Material für die Anode beinahe ausschliesslich Kohlenstoff verwendet. Von dessen unterschiedlichen Strukturen kommt wiederum in den allermeisten Fällen Graphit zum Einsatz. Graphit besitzt ein gutes Potenzial gegenüber Li⁺, ist chemisch stabil und lässt sich zu einem vernünftigen Preis herstellen. Die Kohlenstoffatome bilden Sechsecke, die in ebenen Schichten angeordnet sind, welche zueinander parallel laufen. Bei der Interkalation schieben sich die Ionen zwischen diese Schichten.

Silizium

Gegenüber Graphit, bei dem sechs C-Atome ein Lithiumion aufnehmen können, hat Silizium den Vorteil, dass jedes Si-Atom vier Lithiumionen lagern kann. Es weist deshalb eine hohe Energiedichte auf und ist zudem in der Erde in grosser Menge verfügbar und damit günstig in der Herstellung. Das Problem ist jedoch die starke Ausdehnung von über 300% beim Einlagern der Li-Ionen. Das führt zu einer starken mechanischen Belastung, was eine geringe Anzahl möglicher Zyklen zur Folge hat.

Anoden aus reinem Silizium befinden sich deshalb noch im Forschungsstadium. Produziert werden dagegen kombinierte Graphit-Silizium-Anoden. Die entsprechenden Batterien für Elektroautos haben in der Regel ca. 10% Silizium und 90% Graphit. Mehr Silizium bewirkt eine höhere Kapazität, hat jedoch eine geringere Zyklenzahl zur Folge. Bei Gerätebatterien kann der Si-Anteil bis 50% betragen.

Panasonic/Tesla gibt an, dass in der Batterie vom Typ 4680, die ab 2022 produziert wird, ein erhöhter Anteil Silizium vorhanden ist, der zur Stabilisierung mit einer elastischen und leitenden Polymerschicht überzogen wurde.

Lithiumtitanat LTO

Lithiumtitanat (Li₄Ti₅O₁₂) wird in verschiedenen Anwendungen seit über 10 Jahren eingesetzt. Das Potenzial gegenüber Li⁺ ist wesentlich schlechter, was zu einer üblichen Zellenspannung von ca. 2.3 V führt. Die Kapazität ist gegenüber den anderen Systemen ebenfalls geringer. Vorteilhaft sind jedoch die enorm gute Zyklenfestigkeit, der breite Einsatzbereich von -40°C bis +60°C und die hohen möglichen Lade- und Entladeströme.



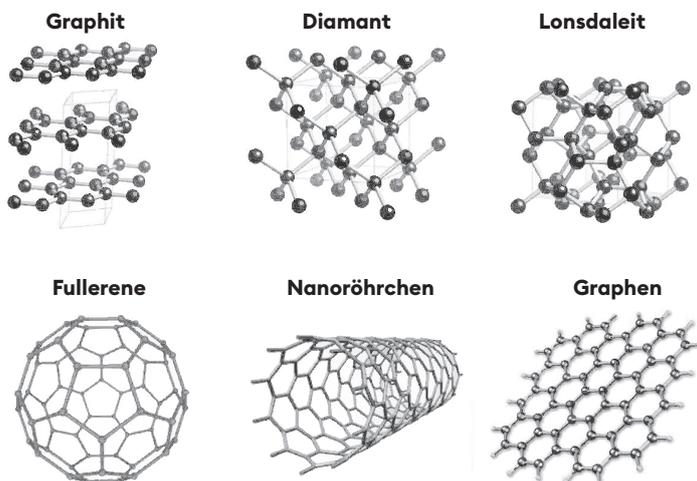
Der Dolphin von Yinlong wird mit einer LTO-Batterie mit einer Kapazität bis 150 kWh ausgerüstet. Gemäss Hersteller lässt sich die Batterie in 20 Minuten laden, wobei bis 30000 Zyklen möglich sein sollen.

Titanat ist ein Titanoxid mit einer tunnelförmigen Struktur, in der die Li-Ionen praktisch ohne Volumenänderungen eingelagert werden. Ideal ist dies, wenn keine extrem hohe Energiedichte, sondern ein häufiges Schnellladen erreicht werden soll. Im Linienbusbetrieb ist das vorteilhaft. Diese Busse werden nicht mit grossen Batterien ausgerüstet, dafür mehrmals pro Tag an einer Schnellladestation aufgeladen. Mit NMC- oder LFP-Batterien ist das nicht möglich. Die geringere Spannung führt dazu, dass deutlich mehr Zellen in Serie geschaltet werden müssen, um die nötige Betriebsspannung zu erreichen. Dafür ist die LTO-Batterie bei Unfällen sicherer und neigt nicht zur Bildung von Dendriten.

Metalle und Sauerstoff

Energetisch gesehen ist Lithium-Metall das ideale Anodenmaterial. Die Zellenspannung erreicht damit 4 V. Reines Lithium ist jedoch hochreaktiv und nur schwer zu beherrschen. Zudem hat Lithium einen Schmelzpunkt von 180°C. Im Betrieb dürfen 100°C nicht überschritten werden. Lithium-Metallanoden werden deshalb zur Zeit nur für Anwendungen in kleinen elektronischen Geräten eingesetzt.

In Gerätebatterien werden auch Zinnoxid (SnO), Aluminium, Antimon, Germanium und Magnesium verwendet. Diese Materialien können alle mehr Li-Ionen einlagern, haben dabei aber eine grosse Volumenänderung und damit eine geringe Zyklenstabilität zur Folge. Ein noch besseres Potenzial gegenüber Li⁺ hat Sauerstoff. Es laufen deshalb verschiedene Forschungen zu einer Lithium-Luft-Batterie. Eine Serienanwendung ist jedoch noch nicht in Sicht.



Kohlenstoff kommt in unterschiedlichen Strukturen vor, die in ihren Eigenschaften stark voneinander abweichen.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / uwa