

Themenheft

Batterierohstoffe
für die Elektromobilität



Einführung



©malp - stock.adobe.com

Die Elektromobilität (E-Mobilität) steht neben dem autonomen Fahren sowie Konzepten des Car-Sharings für die Mobilität der Zukunft. Mit der Elektrifizierung des Antriebs und der Speicherung der dafür benötigten Energie in leistungsfähigen Traktionsbatterien (Antriebsbatterien) sollen zum einen die gesundheitsgefährdenden Emissionen verringert und gleichzeitig der Ausstoß an klimaschädlichem Kohlenstoffdioxid reduziert werden. Damit geht ein grundlegender Wandel in der Automobil- und Zulieferindustrie einher: Wertmäßig wird zukünftig die Batterie den mit Abstand größten Kostenfaktor im Automobil ausmachen.

Entsprechend wichtig sind unternehmerische Entscheidungen, die entweder zum Aufbau eigener Zell- und Batteriemodulkapazitäten oder zum Zukauf von Zellen oder ganzer Batteriemodulen führen. Auf dieser Grundlage entscheidet sich auch die Betrachtung der komplexen Wertschöpfungskette von Lithium-Ionen-Batterien (LIB). LIB enthalten je nach Typ verschiedene Rohstoffe wie Aluminium, Graphit, Kobalt,

Kupfer, Lithium, Mangan und Nickel; für die Rohstoffbetrachtung sind insbesondere Graphit, Kobalt, Lithium und Nickel von Bedeutung.

Unter Berücksichtigung der dynamischen Entwicklung der E-Mobilität und bedingt durch die hohen Materialkosten am Gesamtfertigungsprozess einer Batterie, muss dem Thema Rohstoffbeschaffung in der Diskussion um die Mobilitätswende eine wichtige Rolle beigemessen werden. Der Aufbau einer lokalen Zellfertigung ist davon genauso betroffen wie der Zukauf von Zellen. In beiden Fällen sind Marktrisiken abzuwägen, um nicht nur wettbewerbsfähig und zuverlässig, sondern auch nachhaltig Rohstoffe und Vorprodukte zu beziehen.

Diese Broschüre soll dazu beitragen, Fakten und Informationen zur E-Mobilität mit Blick auf die Märkte der Batterierohstoffe zu liefern. Die DERA hat in den letzten Jahren intensiv zu den Batterierohstoffen gearbeitet – nutzen Sie diese Expertise und sprechen Sie uns an!

Lithium-Ionen-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien besitzen im Vergleich zu anderen Batterietypen eine hohe Energiedichte. Damit können sie mehr Energie bei limitiertem Platzangebot, wie bspw. in einem PKW, speichern bzw. abgeben. Deswegen stehen LIB im Fokus für die E-Mobilität. Weitere Vorteile der LIB sind ein hoher Wirkungsgrad beim Laden und Entladen sowie eine geringe Selbstentladung. Die für die E-Mobilität wichtigen wiederaufladbaren Akkumulatoren kommen in verschiedenen Ausfertigungen vor. Da sich noch kein dominierender LIB-Typ durchgesetzt hat, wird hier lediglich ein allgemeiner Grundaufbau beschrieben.

In LIB für die E-Mobilität werden einzelne Batteriezellen zu einem Modul verschaltet. Mehrere Module werden dann in Reihe oder parallel verschaltet und ergeben ein Batteriesystem, welches durch das sogenannte Batteriemanagementsystem kontrolliert und geregelt wird (bspw. Überwachung der Temperatur und Zellspannung). Die einzelnen Batteriezellen besitzen entweder ein Stahl-Aluminium-Gehäuse oder – wie bei Softpouches – eine Ummantelung aus einer Aluminiumverbundfolie. Rund die Hälfte der gesamten Masse einer Traktionsbatterie kann dabei auf die Batteriezellen entfallen.

Die einzelnen Batteriezellen bestehen aus gestapelten oder gewickelten Elektroden, welche durch einen Separator (meist aus einer porösen Polymer-Membran) physisch und elektrisch voneinander isoliert sind.

Die Kathode einer Zelle besteht aus einer Kollektorfolie aus Aluminium, die mit einem Lithium-Metall-Oxid beschichtet ist. Die Anode ist meist eine mit Graphit beschichtete Kollektorfolie aus Kupfer. Durch einen salzhaltigen Elektrolyten (meist ein Lithiumsalz wie LiPF_6 in einer organischen Lösung) können sich die Lithium-Ionen zwischen den beiden Elektroden bewegen.

Beim Entladen der Batterie fließen Elektronen von der negativ geladenen Anode zur positiv geladenen Kathode und die positiv geladenen Lithium-Ionen lagern sich in das Wirtsgitter des kathodischen Aktivmaterials ein. Beim Laden der Batteriezelle dreht sich der Fluss um: Die Lithium-Ionen lagern sich in die Schichten der Graphitelektrode ein, die damit zur Kathode wird.

Als Traktionsbatterie im PKW-Bereich haben sich bisher zwei Arten von LIB durchgesetzt: Jene mit einer Kathode aus Nickel, Mangan und Kobalt (NMC) und jene mit einem Kathodengemisch aus Nickel, Kobalt und Aluminium (NCA). Aber auch Kathoden auf der Basis von Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) und Lithium-Mangan-Oxid (LMO) finden Anwendung in der E-Mobilität.

Batteriekomponenten und ihre ungefähren Gewichtsanteile (Datenquelle: Accurec Recycling GmbH 2020)

Batteriekomponenten	Material	Gew.-%
Gehäuse	Stahl oder Aluminium	20-25
Kathode	NMC, NCA, LFP oder LMO	25-35
Anode	Graphit	14-19
Elektrolyt	Lithiumsalz in einer organischen Lösung	10-15
Kathoden-Kollektorfolie	Aluminium	5-7
Anoden-Kollektorfolie	Kupfer	5-9
Separator	PP, PE- Kunststoff	1-4
Additiva	Carbon black, Silizium etc.	

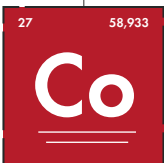
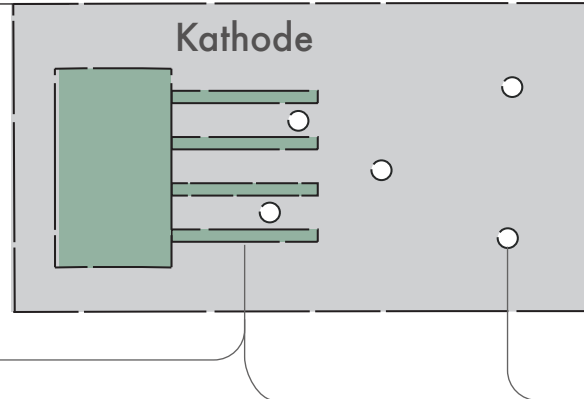
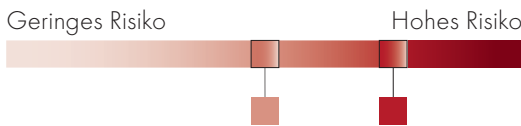
Wertschöpfung einer Lithium-Ionen-Batterie



**Bergwerksförderung
und Weiterverarbeitung**

**Precursor-Herstellung
(Pulver, Paste)**

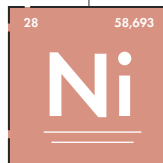
Versorgungsrisiko der Rohstoffe



Kobalt

Hohe Versorgungsrisiken

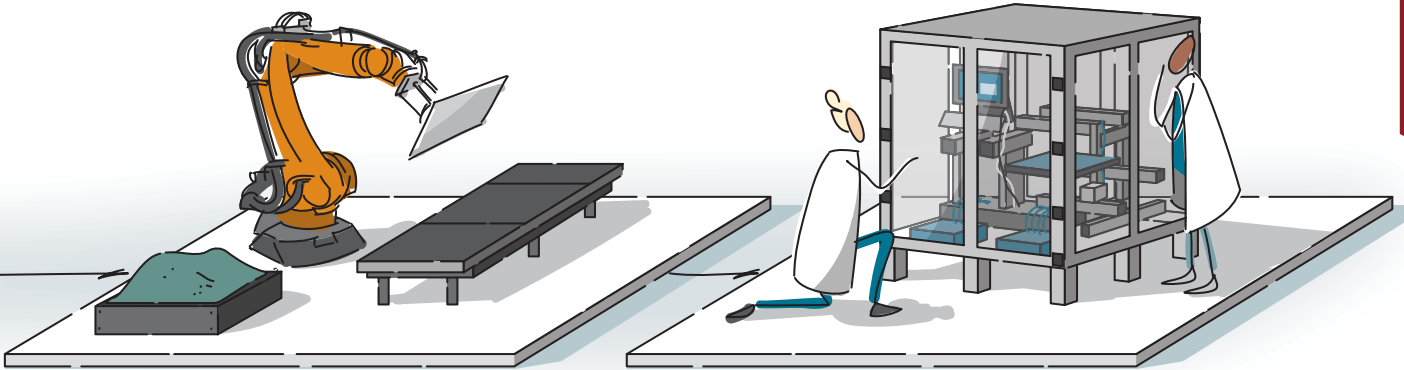
- Politische Unsicherheiten in der DR Kongo
- Imagerisiken durch Kleinbergbau
- Angebotsdefizit im Bergbau möglich
- China baut Marktanteile im Bergbau aus
- China kontrolliert die Weiterverarbeitung mit einem Marktanteil von über 60 %



Nickel

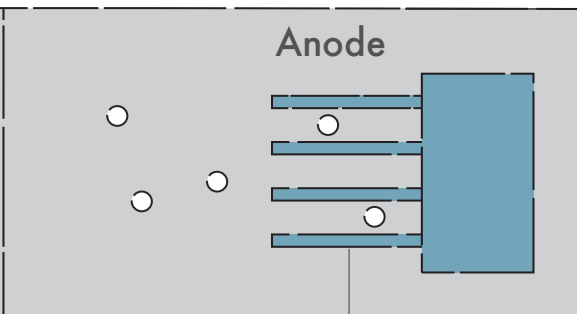
Indonesien als Schlüssel

- Batterieherstellung wird größter Wachstumstreiber der weltweiten Nachfrage
- Neue Kapazitäten der Weiterverarbeitung v. a. in Indonesien (dortiges Exportverbot für Nickelerz)
- Umweltbelastungen bei der Weiterverarbeitung
- Zuletzt mäßige Angebotskonzentration der Förderung und Weiterverarbeitung



Herstellung von Kathode, Anode und Elektrolyt

Zellfertigung und Batterieproduktion



Anode

Legende



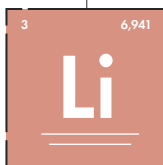
Markt



Umwelt



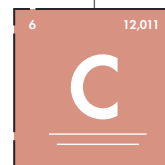
Politik



Lithium

Wetten auf die Nachfrage

- Starker Nachfrageimpuls durch Elektromobilität
- Massiver Ausbau der Kapazitäten, mittelfristig kein Angebotsdefizit
- Hohe Angebotskonzentration der Förderung und Weiterverarbeitung
- Starker Preisanstieg zwischen 2016 und 2018
- Herausforderungen im Downstream



Graphit

Chinesische Marktmacht

- Kontrolle der Förderung und Weiterverarbeitung durch China
- Hohe Umweltbelastung in der Weiterverarbeitung
- Massiver Ausbau der Kapazitäten, kein Angebotsdefizit im Bereich der Bergwerksförderung
- Zuletzt Preisanstieg bei Batteriequalität

Elektromobilität: Moderne Traktionsbatterien benötigen viele mineralische Rohstoffe

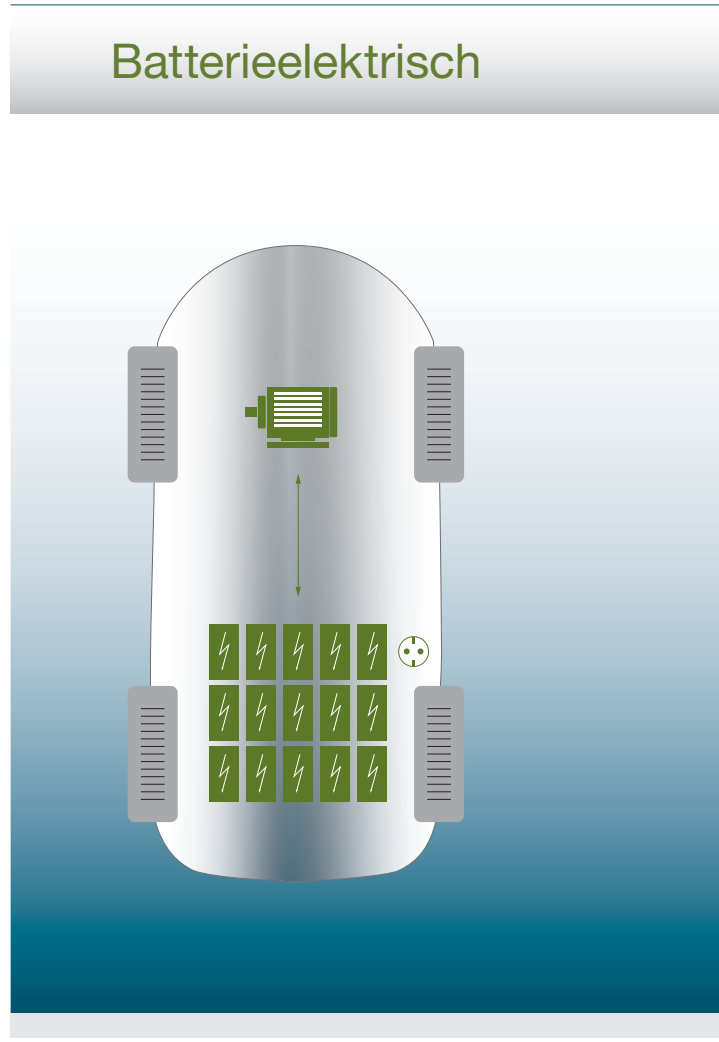
Zellhersteller verwenden für die Traktionsbatterien heute ein Kathodengemisch aus Aluminium, Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel und eine Anode aus Graphit. Mit einem Hochlauf der Elektromobilität wird die Nachfrage nach diesen Batterierohstoffen stark steigen.

Der Begriff E-Mobilität umfasst verschiedene elektrische Antriebskonzepte. Neben dem reinen Elektroantrieb, bei dem ein Elektromotor als Antrieb genutzt wird, existieren auch Hybridkonzepte. Bei dem „einfachen“ Hybridfahrzeug treibt ein Verbrennungsmotor das Fahrzeug an. Durch Rekuperation wird Energie beim Bremsvorgang zurückgewonnen und in einer Batterie gespeichert. Diese Energie kann dann wieder zum Vortrieb verwendet werden. Ein Plug-in-Hybridfahrzeug besitzt auch einen Verbrennungsmotor, jedoch existiert zusätzlich die Möglichkeit, die Batterie extern aufzuladen. Aber auch Fahrzeuge mit Brennstoffzellen speichern die erzeugte Energie in einer Batterie zwischen.

Die elektrische Antriebsenergie wird in den wiederaufladbaren Traktionsbatterien gespeichert, die die zukünftige Rohstoffnachfrage des Mobilitätssektors fundamental verändern werden. Vor allem für die Rohstoffe Lithium und Kobalt hat die gesteigerte Nachfrage durch die E-Mobilität aktuell und auch zukünftig grundlegende Auswirkungen auf die Rohstoffmärkte. Auch die Märkte für Nickel und Graphit werden spürbar durch den zunehmenden Einsatz dieser Rohstoffe in LIB verändert.

Viele Entwicklerteams arbeiten derzeit an neuen Zellgenerationen, d. h. es wird an Materialien mit einer höheren spezifischen Kapazität geforscht, um die Zellkapazitäten von LIB zu erhöhen. Im Bereich der NMC-Kathode liegt das Ziel dieser optimierten Zellen bei NMC 8:1:1, d. h. Nickel, Mangan und Kobalt werden im Verhältnis 8:1:1 eingesetzt. Gegenüber einer NMC 1:1:1 entspricht dies einer Reduktion des Kobaltinhalts von rund 70 % und einer Verdoppelung der Nickelinhalte. An einer weiteren Reduzierung von Kobalt oder sogar an einem Verzicht wird aktuell gearbeitet.

Auch im Bereich der Anode wird geforscht. Stand der Technik im Bereich der Anodenmaterialien in LIB ist Graphit. Neben einer guten Verfügbarkeit und vergleichsweise niedriger Kosten sind insbesondere die spezifische Kapazität und das niedrige Betriebspotential ausschlaggebend, was eine hohe Zellspannung ermöglicht. Insbesondere aber Silizium,

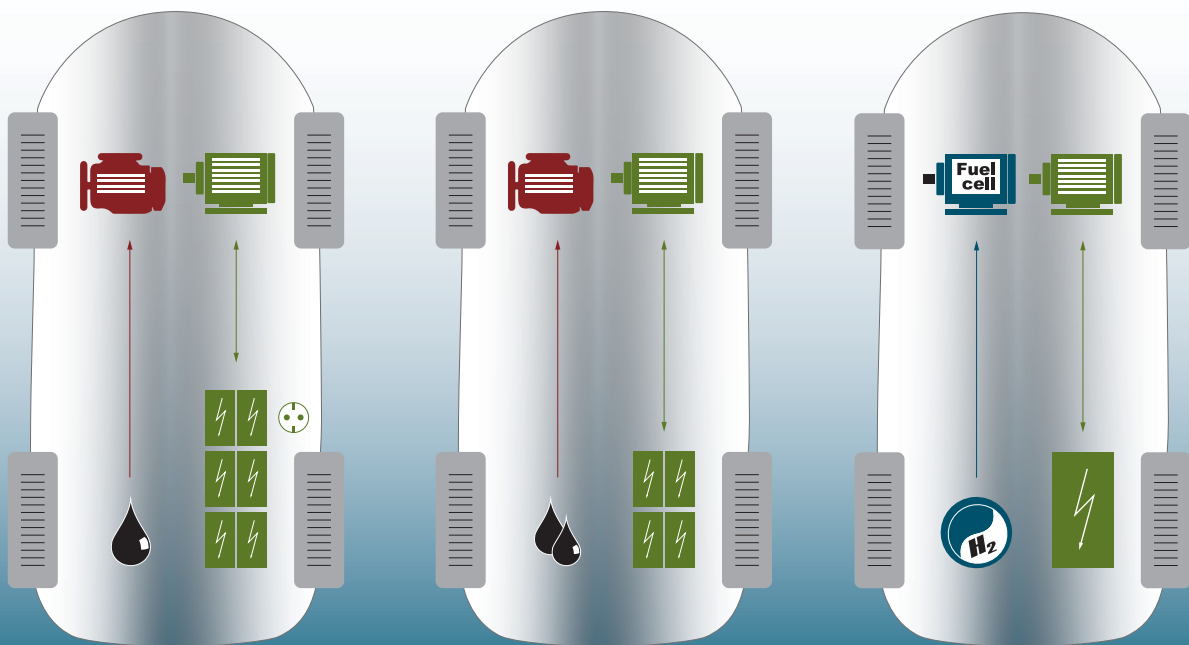


dessen spezifische Kapazität etwa zehnmal höher ist als die von Graphit, hat in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung als potenzielles Anodenmaterial gewonnen und findet auch heute schon untergeordnet Einsatz als Additiv in graphitbasierten Anoden. Allerdings stehen dem breiten kommerziellen Einsatz von Siliziumanoden starke Struktur- und Volumenveränderungen während des Lade- und Entladevorganges im Wege, was zu Einbußen bei Kapazität, Lebensdauer und der Ladezyklenstabilität führt.

Plug-in-Hybrid

Hybridfahrzeug

Brennstoffzelle



Die Gesamtkapazität einer Batterie ist limitiert durch das Material mit der geringsten Lithium-Ionen-Speicherkapazität. Dies ist in der Regel die Kathode, so dass zur Erhöhung der Gesamtzellkapazität aufgrund der aktuellen vergleichsweise niedrigen spezifischen Kapazitäten kommerzieller Kathodenmaterialien eine Kapazitätserhöhung der Anode nur bis zu einem bestimmten Grad derzeit machbar ist. Es ist davon auszugehen, dass Graphit mittelfristig weiterhin das Anodenmaterial der Wahl bleiben wird.

Für die Modellierung der Nachfrage nach LIB-Zellen für den Bereich der E-Mobilität bis zum Jahr 2030 orientiert sich die DERA an den Szenarien die vom Fraunhofer ISI und dem Fraunhofer IZM im Rahmen der Auftragsstudie "Rohstoffe für Zukunftstechnologien" entwickelt wurden: So ist von einem globalen Nachfragewachstum für LIB-Zellen aus dem Bereich der E-Mobilität im optimistischen Szenario von 500 Gigawattstunden (GWh) im Jahr 2020 auf 3.000 GWh im Jahr 2030 auszugehen.

Batteriezellfertigung in Deutschland –

der Ausbau kommt voran

Bislang fand die Entwicklung und Produktion moderner Traktionsbatterien vor allem in Asien statt. Mit der Unterstützung aus der Politik beginnt die deutsche Industrie damit, Zellforschung und Zellfertigungen in Deutschland aufzubauen und zu etablieren - mit Auswirkungen auf die deutschen Rohstoffbedarfe.

Volkswagen

Standort: Salzgitter
Kapazität: 16 (40)* GWh
Start: 2025

Akasol

Standort: Darmstadt
Kapazität: 2,5 (5)* GWh
Start: 2021

Saft PSA Groupe

Standort: Kaiserslautern
Kapazität: 16 (64)* GWh
Start: 2022

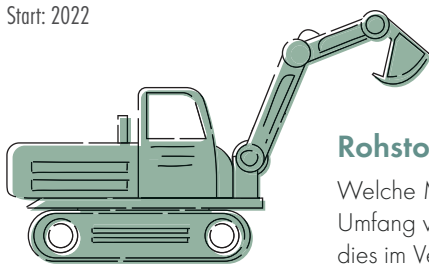
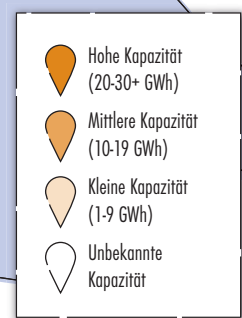
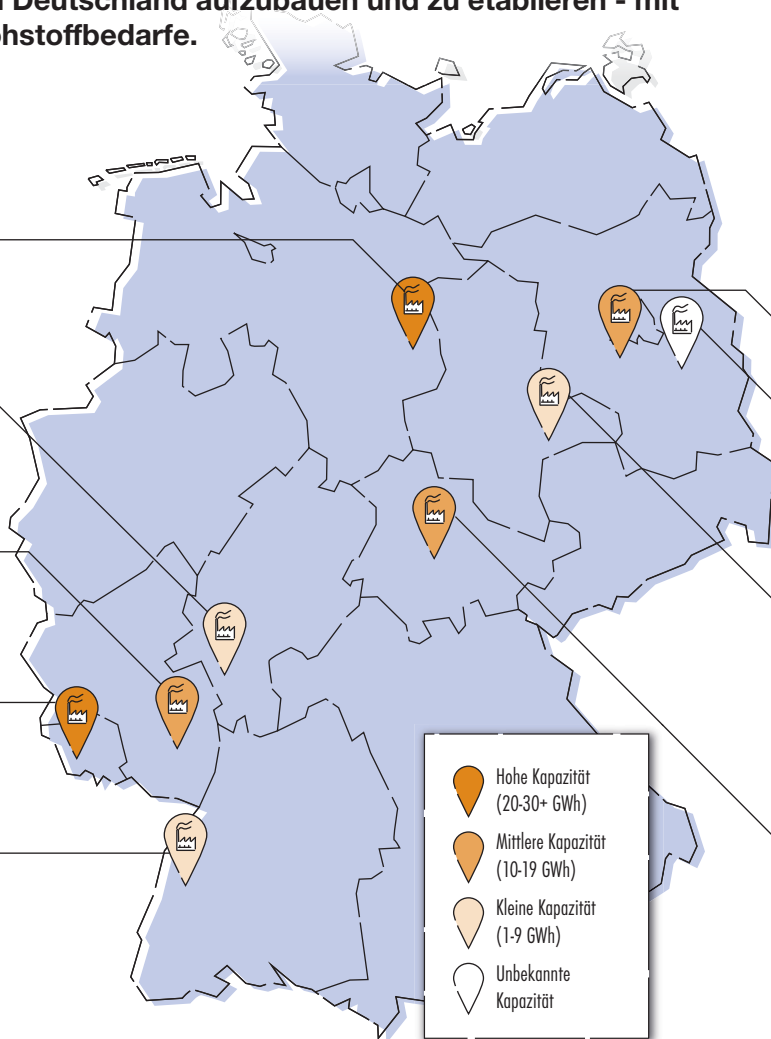
SVolt

Standort: Überherrn
Kapazität: 24 GWh
Start: 2022

Leclanché

Standort: Willstätt
Kapazität: 1 GWh
Start: 2022

* Werte in Klammern beschreiben die geplanten Ausbaustufen



Rohstoffbedarf in Deutschland

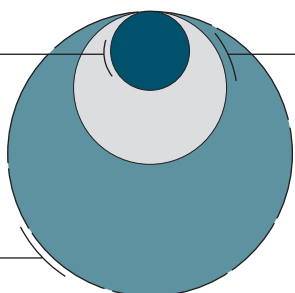
Welche Mengen an Lithium, Kobalt und Nickel werden benötigt, wenn Batterien im Umfang von entweder 55 GWh** oder 215 GWh** gebaut werden und was bedeutet dies im Vergleich zur weltweiten Bergwerks- und Raffinadeproduktion von 2018?

Lithium (Li)

Bei 55 GWh**
7.000 t
± 8 % 2018 weltweit

Bei 215 GWh**
28.000 t
± 30 % 2018 weltweit

Weltweit gesamt 2018:
91.000 t Inh.



Kobalt (Co)

Bei 55 GWh**
14.000 t
± 10 % 2018 weltweit

Weltweit gesamt 2018:
140.000 t Inh.



Hierzulande arbeiten Politik und Industrie daran, eine Batteriezellfertigung aufzubauen und die Forschung weiter voranzutreiben. Dabei greifen Automobilhersteller wie bspw. BMW auf etablierte Zellproduzenten wie die chinesische CATL zurück, die im thüringischen Arnstadt ab dem Jahr 2022 einen Teil des LIB-Bedarfs von BMW produzieren will. Auch Daimler oder der französische PSA-Konzern sind strategische Kooperationen mit Batterieherstellern eingegangen und planen oder haben bereits Produktionsstätten für Traktionsbatterien in Deutschland errichtet.

Auf der Basis der bisher errichteten oder beschlossenen Kapazitäten für die Zellfertigung wurden die Rohstoffbedarfe für verschiedene Ausbaustufen kalkuliert. Gehen alle bekannten Projekte mit der angegebenen Anfangskapazität in Produktion, so ergibt sich eine jährliche Gesamtleistung von 55 GWh. Erfolgt der Ausbau und die Erweiterung der verschiedenen Standorte in den nächsten Jahren wie geplant, so könnte die jährliche Gesamtleistung auf 215 - 245 GWh anwachsen.

Mit dem Ausbau der Zellfertigungskapazitäten in Deutschland verändern sich auch die Rohstoffbedarfe. Um die Bedarfe der unterschiedlichen Szenarien zu ermitteln, wurden bestimmte Annahmen zur Marktdurchdringung der verschiedenen NMC-Kathodenspezifikationen als Grundlage getroffen. Die vor allem von Tesla verwendeten NCA-Batterien wurden nicht berücksichtigt. Die so ermittelten Bedarfe wurden anschließend mit der jeweiligen globalen Bergwerksproduktion aus dem Jahr 2018 in Bezug gesetzt.

Somit ergibt sich für das 55 GWh-Szenario ein jährlicher Bedarf an Lithium von rund 7.000 t und an Kobalt von rund 14.000 t. Dies entspräche einem Anteil an der jährlichen globalen Bergwerksproduktion von 8 % für Lithium bzw. 10 % für Kobalt. Aufgrund der Größe des Nickelmarktes fällt der Anteil mit rund 1 % für Nickel relativ gering aus.

Microvast

Standort: Ludwigsfelde
Kapazität: 12 GWh
Start: 2021

Tesla

Standort: Grünheide
Kapazität: ?
Start: 202X

Farasis

Standort: Bitterfeld-Wolfen
Kapazität: 6 (10)* GWh
Start: 2022

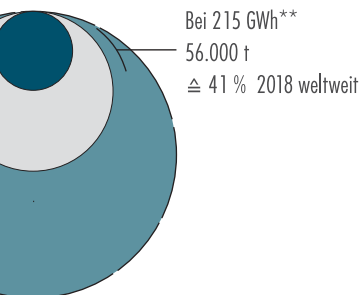
CATL

Standort: Arnstadt
Kapazität: 14 (60/100)* GWh
Start: 2022

**** Marktanteil**

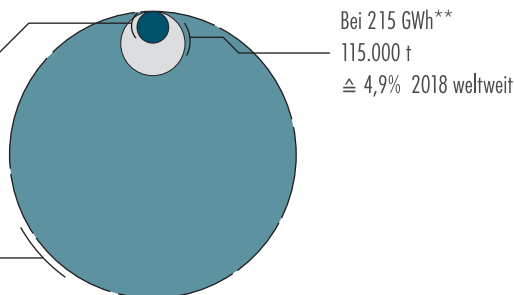


Nickel (Ni)



Bei 55 GWh**
29.000 t
≈ 1,2 % 2018 weltweit

Weltweit gesamt 2018:
2.300.000 t Inh.



Kobalt: Versorgung hängt an der DR Kongo – Unsicherheit drückt sich im Preis aus

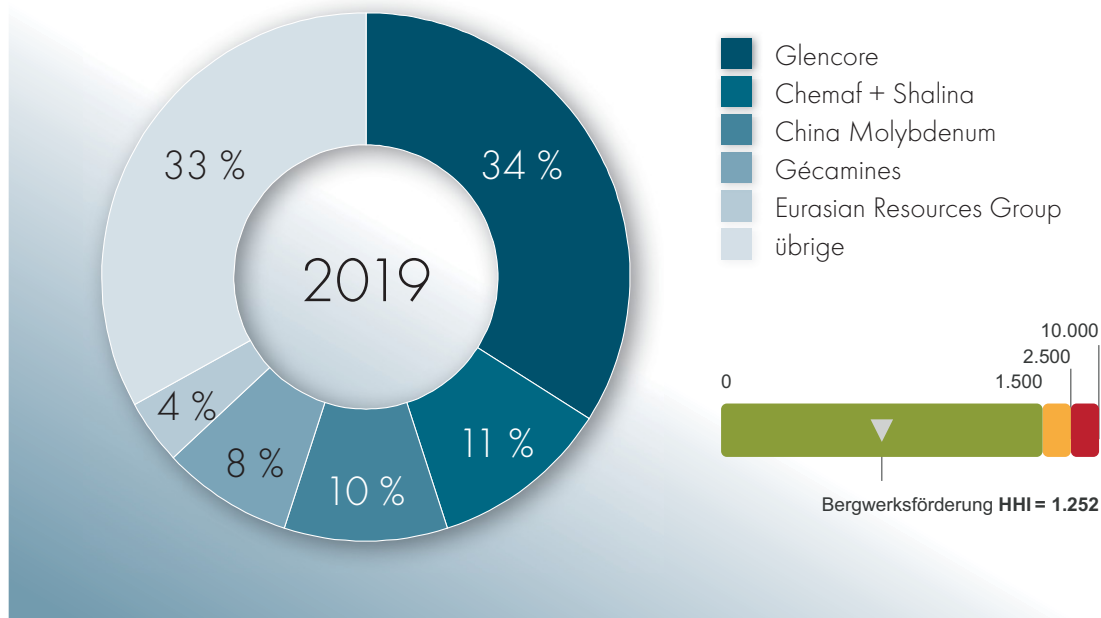
Kobalt weist aktuell die höchsten Beschaffungsrisiken aller Batterierohstoffe auf. Das liegt insbesondere an der erwarteten dynamischen Nachfrage und daraus resultierenden potenzieller Versorgungsengpässe. Vor allem die Rolle der DR Kongo als mit Abstand größtem Förderland führt zu hohen Risiken in der strategischen Planung.

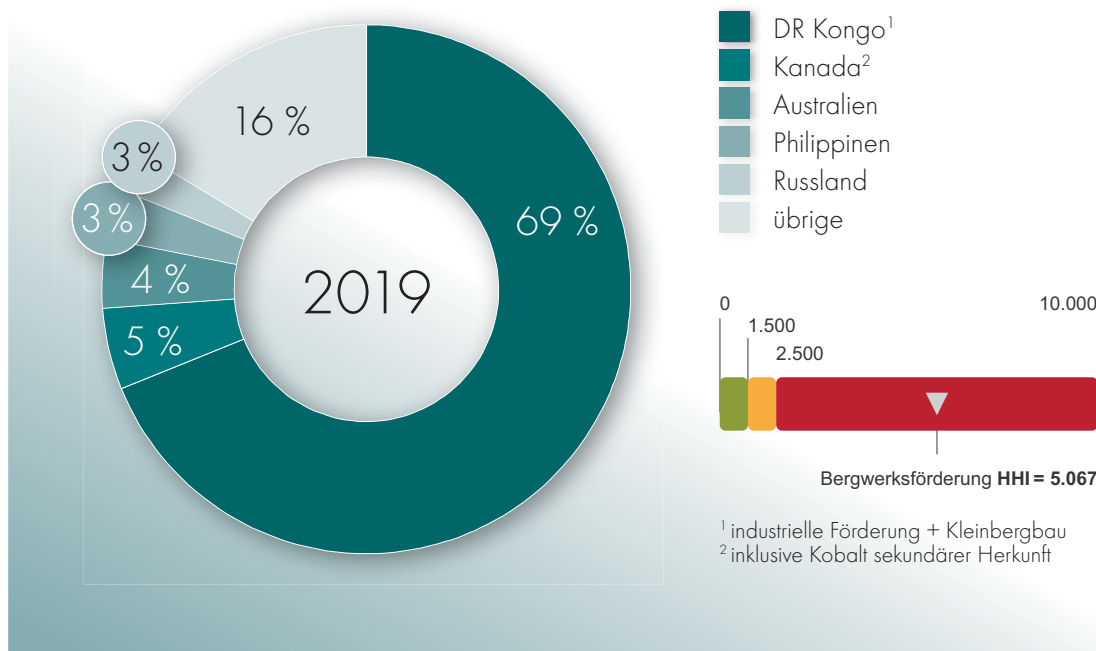
Die Kobaltnachfrage wird sich in den kommenden Jahren hochdynamisch entwickeln. Größter Wachstumstreiber der Nachfrage sind vor allem wieder-aufladbare Batterien, in denen Kobalt als Kathodenmaterial eingesetzt wird. Das größte Wachstum wird zukünftig auf LIB in der E-Mobilität entfallen, aber auch die Speicherung regenerativer Energien und mobiler Applikationen sowie die Anwendung in Werkzeugstählen und Superlegierungen wirken sich steigend auf die Gesamtnachfrage aus.

Aufgrund der Vielzahl von sehr dynamischen Variablen gestaltet sich die Modellierung der Kobaltnachfrage aus dem zukünftigen Hauptwachstumssegment E-Mobilität komplex und ist mit Unsicherheiten verbunden. Der Markthochlauf der E-Mobilität und die chemische Zusammensetzung der Kathode von LIB haben den größten Hebel auf die zukünftige Kobaltnachfrage. Die Weiterentwicklung von kobaltarmen oder sogar kobaltfreien Kathoden und alternativer

Antriebstechnologien könnte den Gesamtbedarf deutlich reduzieren. Auf Grundlage der aktuellen Nachfrageszenarien könnte sich der Kobaltbedarf für die E-Mobilität im Jahr 2030 auf bis zu 315.000 t verzwanzigfachen. Dies stellt eine große Herausforderung für die Bergbauindustrie dar.

Seit über zehn Jahren dominiert die Kobaltpförderung aus den kongolesischen Kupferbergwerken den Weltmarkt und dies wird auf absehbare Zeit auch so bleiben. Die DR Kongo könnte ihre Marktanteile bei weiter steigender Nachfrage sogar noch deutlich über seinen aktuellen Marktanteil von bereits 69% ausbauen. Steigende Kupfer- und Kobaltpreise könnten eine Wiederinbetriebnahme der Kupfer-Kobalt Lagerstätte Mutanda durchaus rechtfertigen. Bis Ende 2019 wurden hier noch 25.100 t Kobalt im Jahr gefördert, bevor die Produktion eingestellt wurde. Weitere Großprojekte werden derzeit entwickelt. Außerhalb von Zentralafrika wird Kobalt





Länderkonzentration der Bergwerksförderung (Datenquelle: S&P Global Market Intelligence LLC 2020)

als Beiprodukt aus Nickel- oder Nickel-Kupferbergwerken gewonnen. Aufgrund des zuletzt niedrigen Nickelpreises wurde die Förderung auf den Bergwerken Ambatovy (Madagaskar) und Goro (Neukaledonien) jedoch vorerst eingestellt.

Der hochvolatile Kobaltpreis stellt sowohl die Bergbauindustrie als auch die Abnehmer vor große Herausforderungen. Der letzte Kobalt-Preispeak im Jahr 2018 hat kurzfristig dazu geführt, dass notwendige Investitionsentscheidungen zum Ausbau neuer industrieller Kapazitäten umgesetzt wurden. Weiter führte der rasante Preisanstieg zu einem massiven Ausbau des Artisanal- und Kleinbergbaus auf Kobalt.

Die beiden größten artesischen Gruben in der DR Kongo, Kasulo und Mutoshi, erreichten dabei eine Jahresförderung von jeweils mehreren tausend Tonnen Kobaltinhalt. Insgesamt führte der Preispeak zu einem Überangebot aus dem sehr schnell reagierenden Kleinbergbau, welches den Preisverfall ab Juni 2018 einläutete.

China hat seine Weiterverarbeitungskapazitäten in den letzten zwei Jahren weiter ausgebaut und dominiert insbesondere die Raffinadeproduktion

von Kobaltchemikalien. Europa hat seine Weiterverarbeitungskapazitäten neu strukturiert und wird diese weiter ausbauen, um vor allem die europäische Nachfrage in Zukunft besser bedienen zu können.

Zusätzlich zu der sehr hohen Angebotskonzentration im Bereich der Bergwerksförderung, aber auch der Weiterverarbeitung sowie den Unsicherheiten über die zukünftige Marktversorgung, führen insbesondere die zum Teil prekären Abbaubedingungen im Kleinbergbau zu erhöhten Beschaffungsrisiken. Rund 10 - 20 % der Kobaltproduktion aus der DR Kongo stammt aus dem Kleinbergbau. Damit assoziierte Probleme, wie schlechte Umwelt- und Sozialstandards erfordern eine hohe Sorgfaltspflicht der Abnehmer, ansonsten pausen sich diese Risiken durch die gesamte Lieferkette durch. Ziel zahlreicher Initiativen ist es daher, die Wertschöpfung von Kobalt möglichst transparent zu gestalten, um bspw. Kinderarbeit wirksam und nachhaltig zu verhindern. Dies ist umso wichtiger, da die DR Kongo auch in den kommenden Jahren der mit Abstand größte Kobaltproduzent bleiben wird.

Nickel: Indonesien nimmt Schlüsselrolle ein – LIB sind zukünftiger Wachstumstreiber

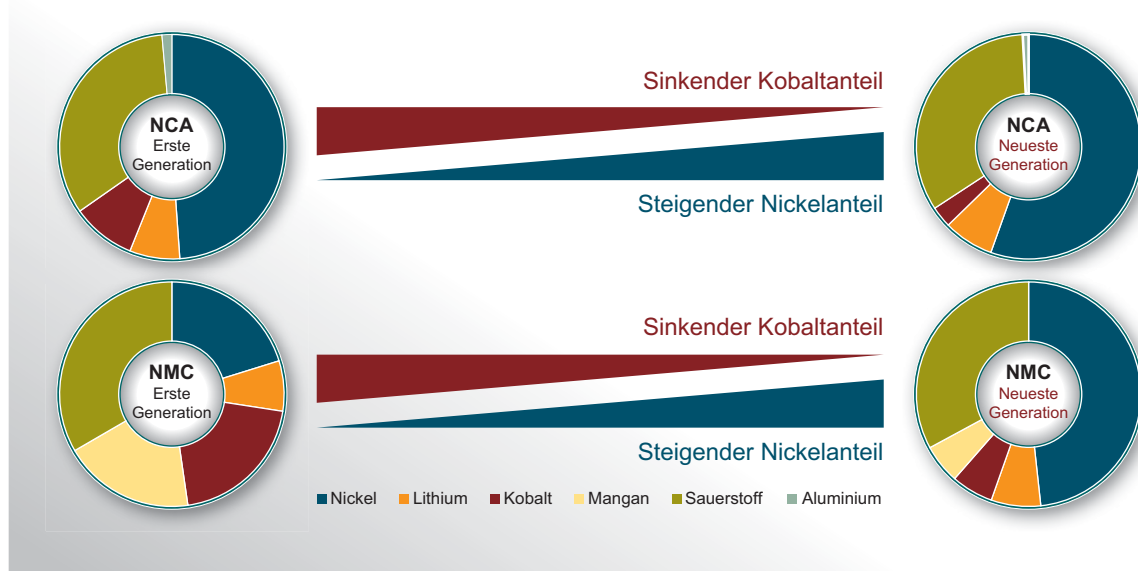
Nickel wird überwiegend für die Herstellung von nicht rostenden Stählen und Nickellegierungen nachgefragt. Zukünftig wird aber die Nachfrage für die Batterieherstellung der wesentliche Wachstumstreiber sein. Indonesien, dem mit Abstand weltweit größtem Nickelförderland, kommt hier eine besondere Bedeutung zu.

Als Rohstoff, der auch über die großen Metallbörsen gehandelt wird, können Preisrisiken bei Nickel transparent abgesichert werden. Unsicherheiten bestehen jedoch hinsichtlich der zukünftigen Versorgung: Bei weniger als der Hälfte des derzeit weltweit produzierten Nickels ist die Weiterverarbeitung zu batterietauglichem Nickelsulfat auch ökonomisch machbar.

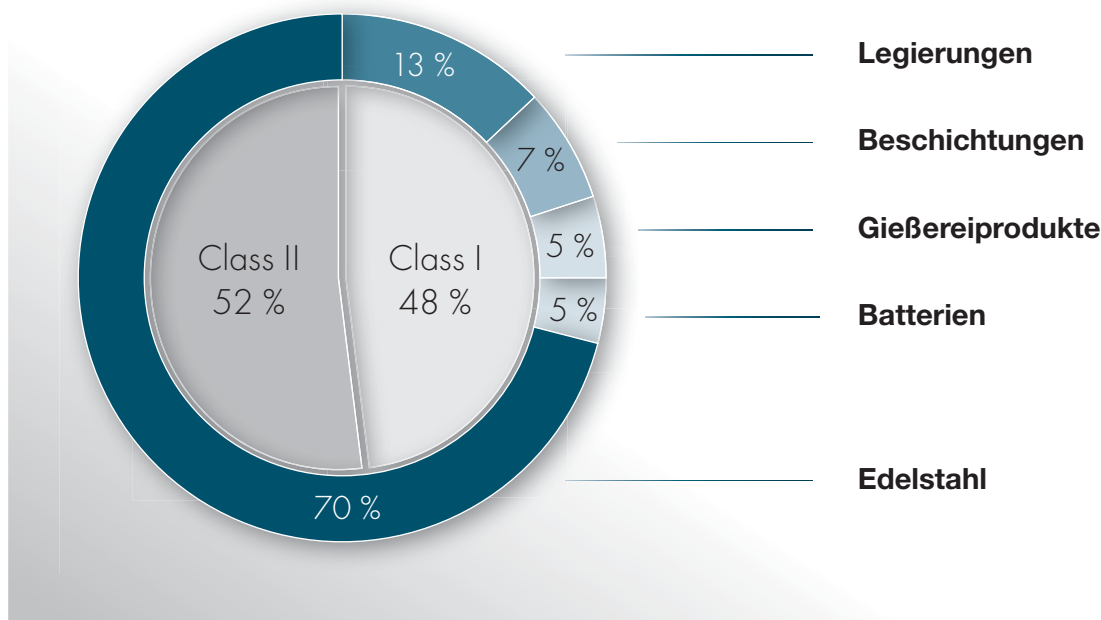
Um die Energiedichte in LIB zu erhöhen, werden die Nickelanteile in optimierten Zellen deutlich erhöht. Damit wird Nickel in Batterien zu dem Anwendungsbereich mit den zukünftig größten Wachstumsraten. Die globale Nickelnachfrage durch LIB machte im Jahr 2019 bereits mehr als 150.000 t aus primären und sekundären Quellen aus. Dies waren etwa 5 % der weltweiten Nachfrage nach Primärnickel. Bis 2025 könnte sich die Nachfrage aus dem Bereich Elektromobilität auf jährlich rund 500.000 t ausweiten und dann bereits rund 15 % der weltweiten Gesamtnachfrage ausmachen.

Die Hauptnachfrage nach Nickel kommt aber mit über 70 % auch weiterhin aus dem Bereich der Edelstahlproduktion. Hierfür wird neben sog. Class I-Nickel (Nickelinhalt >99 %) vor allem Nickel aus Sekundärrohstoffen und sog. Class II-Nickel (Nickelinhalt <99 %) eingesetzt. Während Class II-Nickel im Wesentlichen aus Lateriten gewonnen wird, beruht die Produktion von Class I-Nickel vorwiegend auf sulfidischen Erzen sowie zunehmend auch auf Lateriten.

Als Vorprodukt für die Produktion von LIB wird Nickelsulfat eingesetzt. Batterietaugliches Nickelsulfat ist heute noch hinsichtlich des gesamten Nickelangebots ein Nischenprodukt, welches aus Class I-Nickel sowie zahlreichen Zwischenprodukten der Nickelherstellung und aus Sekundärrohstoffen gewonnen wird.



Veränderte Zellchemie. Die Weiterentwicklung des Zellchemismus führt zu einem immer größeren Nickelbedarf. Das bedeutet, dass die zukünftige Nachfrage nach Nickel nicht nur von der Marktdurchdringung der Elektromobilität abhängt, sondern zusätzlich durch die Weiterentwicklung der Zellchemie beeinflusst wird.



Aktuelles Nickelangebot und Nachfrage. Nur die Hälfte des produzierten Nickels eignet sich gegenwärtig für die LIB-Produktion (Datenquelle: verändert nach Vale 2018).

Aufgrund hoher Investitionskosten und einer zuletzt langen Niedrigpreisphase bei Nickel wurden in den letzten Jahren nur wenige Nickelsulfid-Projekte, die vor allem auf Class I-Nickel abzielen, weiter exploriert bzw. in Produktion (zurück)gebracht. Entsprechend stagniert auch das Angebot an neuem Class I-Nickel bzw. daraus produziertem Nickelsulfat. Um die zukünftig steigende Nachfrage zu bedienen wird es unabdingbar sein, neue Herstellungswege zu etablieren bzw. bestehende auszubauen, um das Angebot an Nickelsulfat zu erhöhen.

Das zusätzliche Primärangebot wird vor allem aus lateritischen Lagerstätten kommen. Anhand der hydrometallurgischen Weiterverarbeitung von Lateriterzen mittels „High Pressure Acid Leaching“ wird auch heute schon ein signifikanter Anteil an Class I-Nickel bzw. Nickelsulfat hergestellt. Der Schwerpunkt dieses Angebots wird zukünftig, wie bereits heute schon vor allem in Asien und Ozeanien liegen.

Ein zusätzliches, im Zuge des Markthochlaufs der Elektromobilität, stark steigendes Angebot an Nickelsulfat wird aus dem Recycling von LIB stammen. Auch durch die Substitution von Class I-Nickel in der Edelstahlherstellung kann das Angebot an hochreinem Nickel erhöht werden. Ebenso ist die Verwendung bestimmter Class II-Produkte in Zeiten sehr hoher

Nickelpreise bzw. eines zu geringen Angebots an hochreinem Nickel nicht ausgeschlossen.

Viel hängt zukünftig von dem gewaltigen Primärnickelangebot aus Lateriten in Südostasien ab, hier insbesondere Indonesien, dem mit Abstand weltweit größten Bergwerksproduzenten von Nickel. Seit 2020 untersagt Indonesien den Export von Nickelerzen. Damit verfolgt das Land die Strategie, weitere Teile der Wertschöpfungskette im eigenen Land zu etablieren. Mittlerweile ist Indonesien nach China bereits der weltweit zweitgrößte Produzent von bislang nur Class II-Nickel. Insbesondere durch die zahlreichen Projekte zur Weiterverarbeitung von Nickel (auch zur Herstellung von Nickelsulfat oder dessen Vorprodukten), die in dem Land in Entwicklung bzw. im Bau sind, wird ein Großteil der prognostizierten Nachfrage auch nach höherwertigen Nickelprodukten für die LIB-Herstellung durch Indonesien gedeckt werden müssen.

Neben der reinen Deckung der zukünftigen Nachfrage stehen insbesondere die Umweltaspekte der Gewinnung und Weiterverarbeitung von Nickel (wie Flächennutzung, Wasser- und Energieeinsatz, Emissionen und der Umgang mit Bergbaureststoffen) im Fokus.

Lithium: Nicht nur Namensgeber –

unverzichtbarer Baustein in Traktionsbatterien

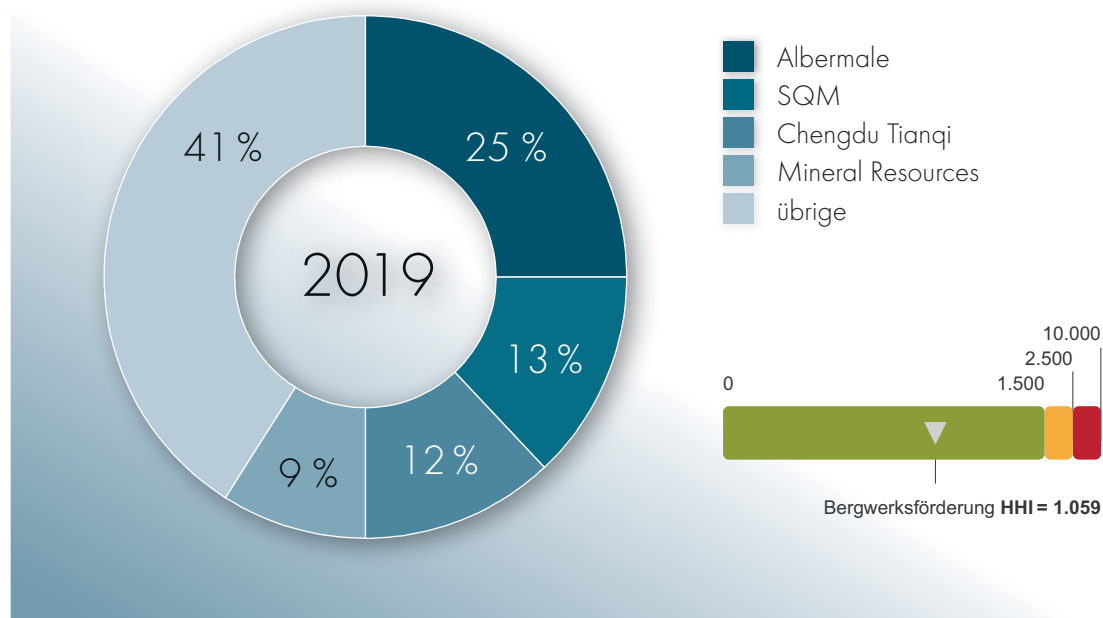
Trotz des rasanten Nachfragewachstums wird es langfristig genügend Lithium für den Ausbau der Elektromobilität geben. Der Lithium-Boom hat dazu geführt, dass zahlreiche neue Projekte entwickelt und große Investitionen angestoßen wurden. Die neuen Projekte werden jedoch kaum zu einer Verringerung der hohen Angebotskonzentration auf nur wenige Lieferländer und Firmen beitragen.

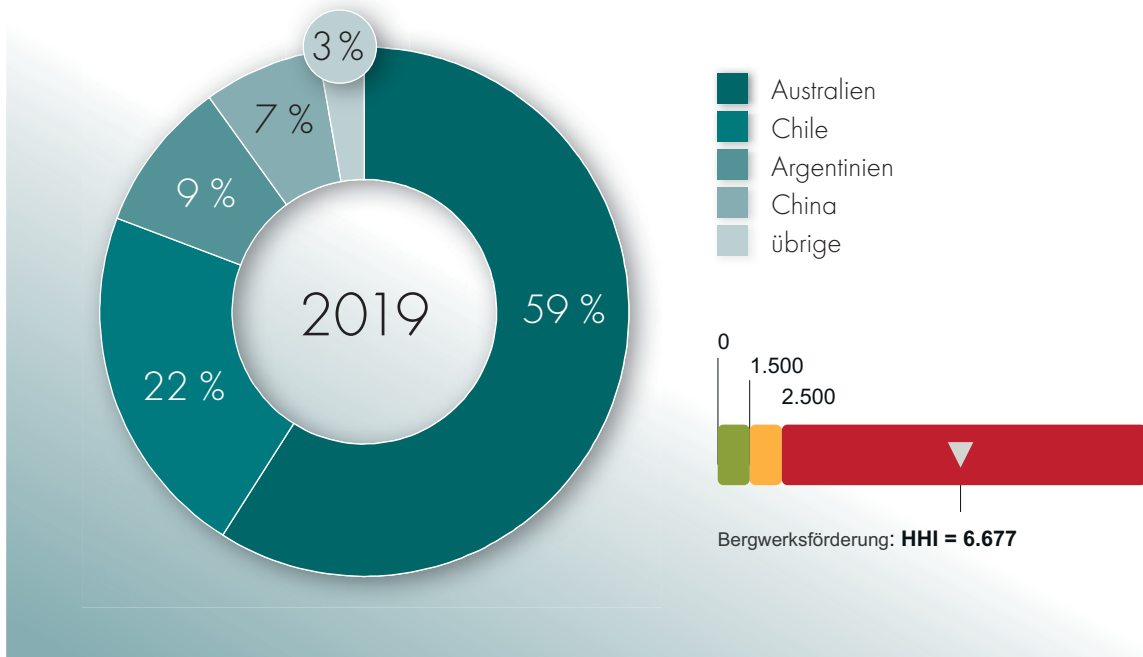
Lithium ist mit 6 - 12 Gew. % weder mengen- noch wertmäßig der größte Bestandteil moderner Traktionsbatterien. Jedoch sind alle Zellgenerationen, sei es NMC, NCA, LMO oder LFP, auf Lithium als Bestandteil des Kathodenmaterials angewiesen. Da es sich bei Lithium zudem um einen kleinen Markt handelt, fällt der erwartete Anstieg der Nachfrage in Relation zur heutigen Produktion besonders hoch aus. Unsere Nachfrageszenarien zeigen, dass sich das Angebot bis 2026 bereits verdreifachen müsste, um allein die kommenden Bedarfe der Elektromobilität zu bedienen.

Die Förderung von Lithium ist heute auf drei Länder konzentriert. Australien hat in den letzten Jahren die Produktion stark erhöht und ist mittlerweile der größte Bergbauproduzent. Lithium wird hier aus Festgestein gewonnen, das Lithiumkonzentrat wird überwiegend

nach China exportiert, wo die Weiterverarbeitung zu batterieauglichem Lithiumkarbonat und -hydroxid stattfindet. Südamerika ist, insbesondere mit Chile und Argentinien, die zweite wichtige Abbauregion. Hier wird Lithium aus lithiumhaltigen Solen gewonnen. Die Weiterverarbeitung zu Lithiumkarbonat findet überwiegend lokal statt. Südamerika verfügt zudem über die größten Lithiumreserven. Die beiden Herkunftstypen für Lithium, Festgestein und Sole, teilen sich den Markt zu rund 50 %, mit starker Tendenz zu Festgesteinsvorkommen.

Der Lithiummarkt ist derzeit in der Hand von nur wenigen Firmen. Vier Unternehmen kontrollieren fast 60 % der globalen Produktion. Der Lithium-Boom der letzten Jahre hat jedoch gezeigt, dass der Lithiummarkt vor großen Veränderungen steht. Der starke Preisanstieg, mit einer Verdreifachung des Lithiumpreises seit





Länderkonzentration der Bergwerksförderung (Datenquelle: S&P Global Market Intelligence LLC 2020)

Mitte 2016, führte zu einem regelrechten Investitionsboom – insbesondere in Australien. Hier gingen in kürzester Zeit neue Projekte in Produktion. Aber auch in Südamerika wurden bestehenden Projekte erweitert und neue Projekte mit zum Teil großen Kapazitäten angeschoben. Dies geschieht vor allem vor dem Hintergrund den noch vorhandenen Kostenvorteil gegenüber den australischen Festgesteinsprojekten zu nutzen um Marktanteile zu sichern bzw. auszubauen. Daneben werden auch in Kanada, Mexiko oder Bolivien große Projekte geplant bzw. bereits umgesetzt.

Aber auch Europa und explizit Deutschland verfügt über Potentiale. Die Auswertung dieser neuen Projekte durch die DERA zeigt, dass es gelingen kann, den Markt auch in einem optimistischen Mobilitätszenario der Elektromobilität mit ausreichend Lithium zu versorgen. Überschussmengen, wie wir sie aktuell beobachten, sowie eine verzögerte Nachfrage haben zu einem starken Preisverfall geführt. Dies führt zu einer zeitlich verzögerten Umsetzung einzelner Projekte bzw. Skalierung der Produktion, um einer weiteren Erosion des Preisniveaus entgegen zu wirken.

Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass trotz der neuen Projekte die hohe Angebotskonzentration auf nur wenige Lieferländer bestehen bleiben wird. Zudem haben sich vor allem asiatische Abnehmer bereits durch langfristige Lieferverträge abgesichert, was die frei verfügbare Menge an Lithium auf dem Weltmarkt stark reduziert. Die jüngsten Meldungen über strategische Beteiligungen und Übernahmen im Lithiummarkt, bspw. die Beteiligung des chinesischen Unternehmens Chengdu Tianqi an der chilenischen SQM (Sociedad Química y Minera de Chile SA), könnten sich langfristig negativ auf den Wettbewerb auswirken.

Es ist davon auszugehen, dass sich die weiterverarbeitende Industrie in noch stärkerem Maße an der Primärförderung beteiligen wird. Gerade asiatische Zell- und Precursorhersteller (Kathodenpulver/-pasten) versuchen sich durch eine Rückwärtsintegration und Bergwerks-Beteiligungen den direkten Zugriff auf Lithium zu sichern.

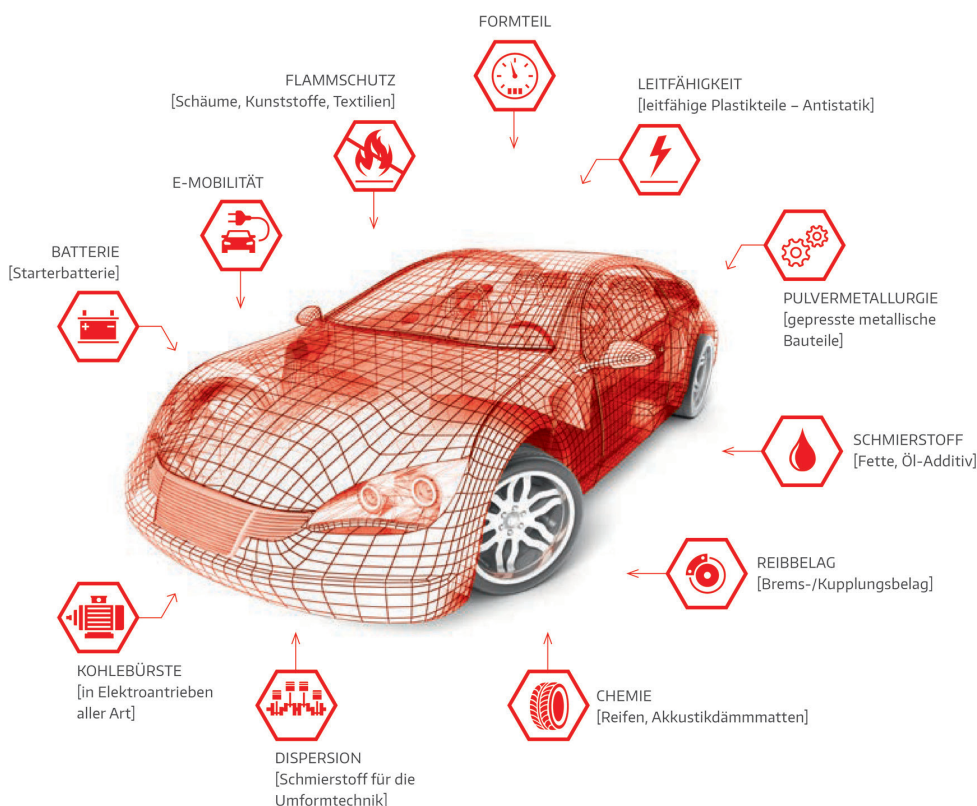
Graphit: Hohe Marktkonzentration –

entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Mengenmäßig ist Graphit der wichtigste Bestandteil moderner Lithium-Ionen-Batterien. Entsprechend wird sich der Bedarf in den kommenden Jahren stark erhöhen. Risiken liegen vor allem in der hohen Angebotskonzentration: China kontrolliert fast die gesamte Wertschöpfung.

Während auf der Kathodenseite verschiedene Zusammensetzungen konkurrieren, sind die Anoden in LIB aktuell überwiegend graphitbasiert. Graphit hat den höchsten Volumenanteil aller Batterierohstoffe in der Batterie und spielt auch hinsichtlich der Kosten eine wichtige Rolle in der Zellproduktion. Zudem kommt Graphit in einer ganzen Reihe von weiteren Anwendungen im Automobilbereich zum Einsatz.

tiger zu gewinnen als sein in Hochöfen durch Graphitierungsprozesse erzeugter synthetischer Counterpart, allerdings ist ein Vergleich beider Rohstoffe in Bezug auf den Einsatz als Anodenmaterial nur bedingt möglich. Insbesondere die für hochreinste Batteriequalitäten notwendigen Prozessschritte der chemischen und thermischen Aufreinigung sind für den natürlichen Graphit meist aufwendiger und können die Kosten in die Höhe treiben.



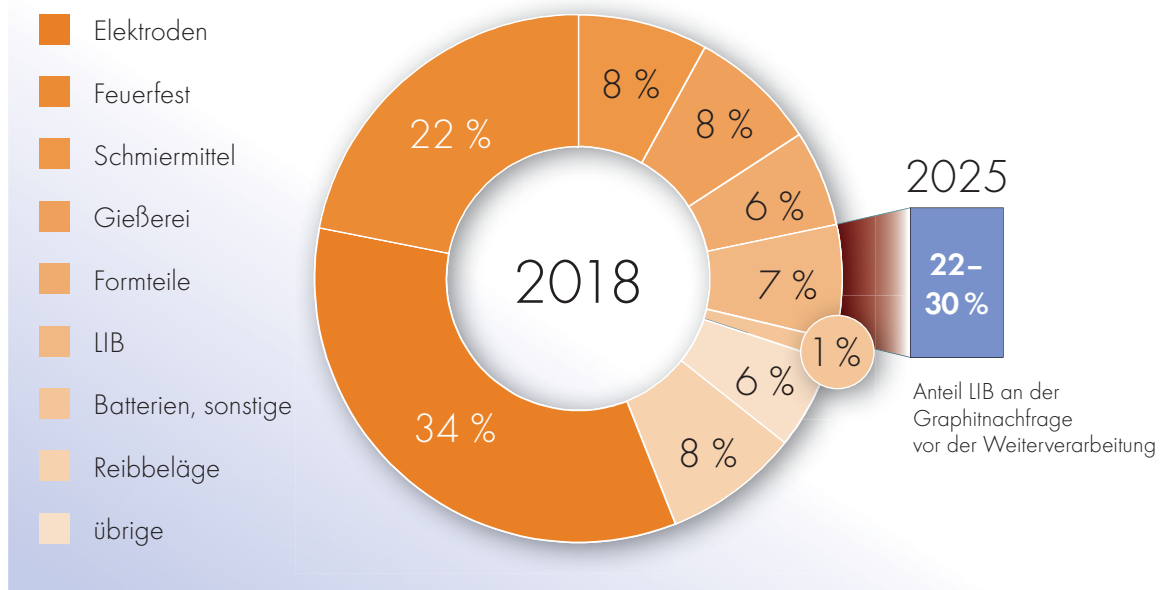
Anwendungen von Graphit im Automobilbereich (Quelle: Kropfmühl GmbH 2020)

In LIB kommen sowohl natürlicher Graphit in Form von Flockengraphit als auch synthetischer Graphit zum Einsatz. Die Wahl des Rohstoffes ist vorrangig kosten- aber auch anwendungsabhängig und ein Mix aus beiden Graphittypen ist üblich. Zwar ist natürlicher Graphit als Bergbauprodukt kostengüns-

Mit Blick auf die zukünftige Rohstoffversorgung müssen somit beide Graphittypen sowie auch die gesamte Wertschöpfungskette bis zu den Batteriequalitäten und der Anodenproduktion betrachtet werden. Auffällig ist, dass China seit Jahren fast die gesamte Lieferkette dominiert. Das Land bestimmt seit

Jahren den Markt für beide Graphittypen. China ist aktuell für knapp 50 % der weltweiten Produktion von synthetischem Graphit verantwortlich; für Flockengraphit ist der Markt sogar noch höher konzentriert. Im Bereich der Bergwerksförderung von Flockengraphit verfügt China insbesondere im Nordosten des Landes über große Lagerstätten und dominiert die Weltbergwerksförderung von Naturgraphit seit Jahren. Der Abbau von Flockengraphit beträgt aktuell knapp 70 % am Gesamtmarkt für Naturgraphit;

Flockengraphit durch eine Reihe von energie- und chemikalienintensiven Prozessschritten aufgereinigt und zu sog. Spherical Graphite geformt. Die Weiterverarbeitung bis zu dieser Spezifikation findet aktuell fast ausschließlich in China statt. Auch der finale Prozessschritt des Coatings für verbesserte Materialeigenschaften des Anodenmaterials erfolgt aktuell größtenteils in China, wenngleich Japan als ehemaliger Weltmarktführer dieser Technologie weiterhin wichtige Marktanteile insbesondere für den Einsatz



Verwendung von Graphit und geschätzte zukünftige Nachfrage durch LIB bis 2025 (Datenquelle: Roskill 2019)

Chinas Anteil liegt hier ebenfalls bei knapp 70 %. Seit einigen Jahren finden verstärkt Explorationsbemühungen und Investitionen in neue Graphitlagerstätten insbesondere in Ostafrika statt. Vor allem, neue zum Teil große Projekte in Mosambik, Tansania und Madagaskar tragen bereits bzw. können zukünftig potenziell zur Versorgung des Weltmarkts mit Flockengraphit und so zu einer Entspannung auf dem hochkonzentrierten Markt beitragen.

Obwohl eine zunehmende Diversifizierung der Bergwerksförderung für Entspannung auf dem globalen Graphitmarkt sorgen könnte, belasten jedoch Risiken im Bereich der Aufbereitung von Flockengraphit zu Batteriequalitäten weiterhin eine sichere Versorgung. Für den Einsatz als Anodenmaterial wird

als Anodenmaterial in hochwertigen Anwendungen hält. Auch bei der Anodenproduktion ist eine hohe Länderkonzentration festzustellen, auch hier bestimmen chinesische Unternehmen den Markt. Erhöhte Beschaffungsrisiken aufgrund hoher Marktkonzentrationen bestehen für beide Graphittypen sowie entlang der gesamten Wertschöpfungskette von batterietauglichem Graphit.

Zwar befinden sich mit bspw. Silizium, Lithium-Metall und Lithium-Titan-Oxid weitere experimentelle Anodenmaterialien in der Entwicklung. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bis zur Marktreife neuer Technologien Graphit mittelfristig das kommerziell bedeutendste Anodenmaterial bleiben wird.

Mangan

Der Einsatz von Mangan in Lithium-Ionen-Batterien nimmt stetig zu. Bestrebungen gehen aktuell zu einem erhöhten Einsatz von Mangan und Nickel in Batterien und möglichst zu einem Verzicht auf den Einsatz von Kobalt.

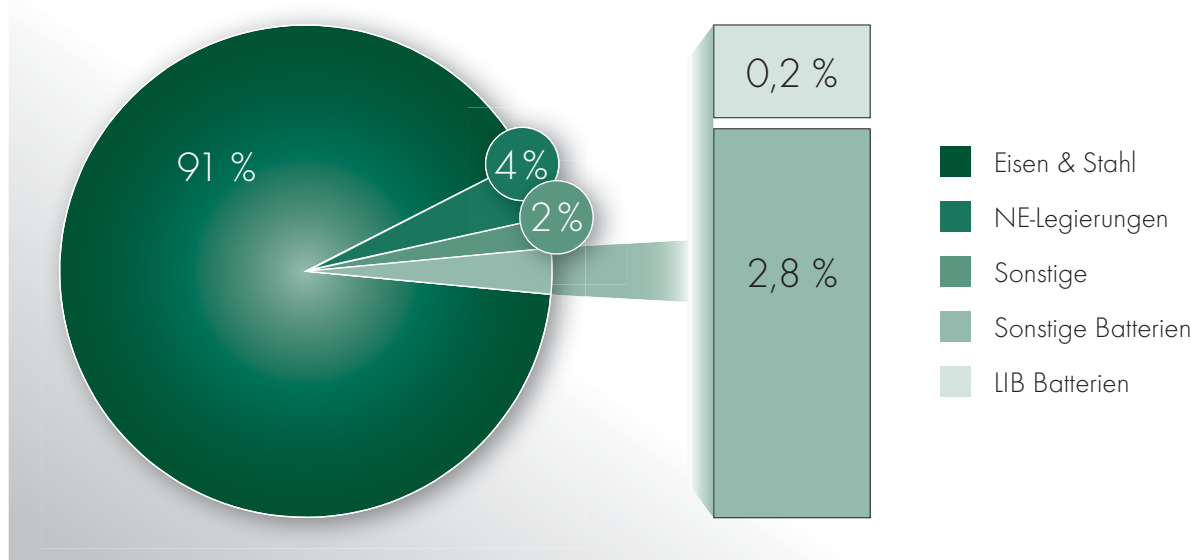
Mangan kommt aktuell in einer Reihe von Batterietypen zum Einsatz, jedoch sind Batterieanwendungen für den Manganmarkt weiterhin lediglich von untergeordneter Bedeutung: Aktuell werden für LIB nur etwa 0,2 % des weltweit geförderten Mangans verwendet, für die Gesamtheit aller Batterietypen sind es immerhin 3 %. Das mit Abstand wichtigste Anwendungsgebiet für Mangan mit über 90 % ist weiterhin die Stahlindustrie. Im Jahr 2019 wurden 64,2 Mio. t Manganerz gefördert, dies entspricht 22,5 Mio. t Mangan. Bedeutendstes Förderland ist Südafrika (33 %), gefolgt von Australien (14 %) und Gabun (11 %). Manganerze werden je nach Mangangehalt in sogenannte Low-Grade-, Medium-Grade- und High-Grade-Erze unterteilt und finden je nach Mangangehalt unterschiedliche Anwendung.

In LIB wird Mangan in NMC- und LMO-Kathoden verwendet. In NMC-Kathoden kommt es in Form von hochreinem Mangansulfat zum Einsatz. Mangansulfat kann zum einen mittels Laugung direkt aus Manganerz der Kategorie High-Grade (auch Battery-Grade) hergestellt werden oder über die Erzeugung von elektrolytischem Manganmetall (EMM), welches wiederum aus Erzen jeglicher Qualität hergestellt werden kann. In LMO-Kathoden kommt Mangan dagegen in Form von elektrolytischem Mangandioxid (EMD) zum Einsatz. EMD

wird hauptsächlich aus hochreinen (High-Grade) Manganerzen hergestellt. Die Herstellung dieser Zwischenprodukte findet vorwiegend in China statt. Das Land ist mit über 70 % aktuell größter Importeur von Manganerz weltweit und Hauptproduzent von Zwischenprodukten für die Batterieherstellung wie EMD (99 %) für LMO-Kathoden oder EMM (94 %) und hochreines Mangansulfat (91 %) für NMC-Kathoden.

Der steigende Bedarf an LIB durch die E-Mobilität wird zu einem zunehmenden Einsatz von Mangan, vor allem in Form von Mangansulfat und Mangandioxid, führen. Jedoch ist auch bei einer Verdopplung bis Verdreifachung des aktuellen Manganbedarfs für Batterieanwendungen nicht von einer Überschreitung des Marktanteils von 1 % für LIB (5 % für alle Batterietypen) zu rechnen. Es ist davon auszugehen, dass auch in Zukunft die Stahlindustrie Hauptnachfrage treiber für den Manganmarkt bleiben wird.

Die Versorgung mit Mangan kann aktuell als unkritisch betrachtet werden, da die weltweite Nachfrage nach Mangan das Angebot auch mittelfristig nicht übersteigen wird. Dennoch sollte die hohe Konzentration der Weiterverarbeitung für Batterieanwendungen in China aufmerksam verfolgt werden.



Aluminium und Kupfer

Neben den verschiedenen Rohstoffen für die Kathoden und Anoden werden weitere Rohstoffe wie Aluminium und Kupfer für die Antriebsbatterie benötigt. Beide Rohstoffe kommen als Trägermaterial zum Einsatz – Aluminium als Träger des Kathodenmaterials (Kathoden-Kollektorfolie) und Kupfer als Träger des Anodenmaterials (Anoden-Kollektorfolie).

Werden mehrere Batteriezellen zu Modulen zusammengefasst, müssen diese durch Kupfer- und Aluminiummaterialien miteinander elektrisch verbunden und zusammengehalten werden. Mehrere Batteriemodule werden anschließend zu einem Batteriepaket zusammengefasst, in dem abermals Aluminium- und Kupfermaterialien zum Einsatz kommen. In einem Batteriepaket kann damit der Gewichtsanteil von Aluminium rund 25 % und der von Kupfer rund 12 % betragen.

Das Batteriepaket wird anschließend zusammen mit einem Kühlungssystem in ein Batteriegehäuse verbaut und ergeben so das Batteriesystem. Das Batteriegehäuse hat die wichtige Aufgabe, die Traktionsbatterie dauerhaft vor äußeren Umwelteinflüssen und vor allem Beschädigungen zu schützen. Für das Batteriegehäuse kommen Aluminium und Stahl zum Einsatz.

Obwohl der Bedarf an Kupfer und Aluminium durch die wachsende Batterieproduktion zunehmen wird, ist aus diesem Bereich vorerst nicht mit tiefgreifenden Nachfrageveränderungen für die beiden Rohstoffe zu rechnen. Die absoluten Bedarfe für LIB sind im Vergleich zum existierenden Angebot noch sehr gering. Im Jahr 2018 lag die Raffinadeproduktion aus Bergwerksproduktion und recyceltem Kupfer bei rund 24 Mio. t, die Raffinadeproduktion von Aluminium sogar bei nahezu 80 Mio. t. Die vergleichsweise geringen Mengen, die für Traktionsbatterien benötigt werden, wirken sich auf diese Märkte nicht signifikant aus.



Rohstoffpreise: Hohe Volatilität –

nach dem Aufstieg kam der Einbruch

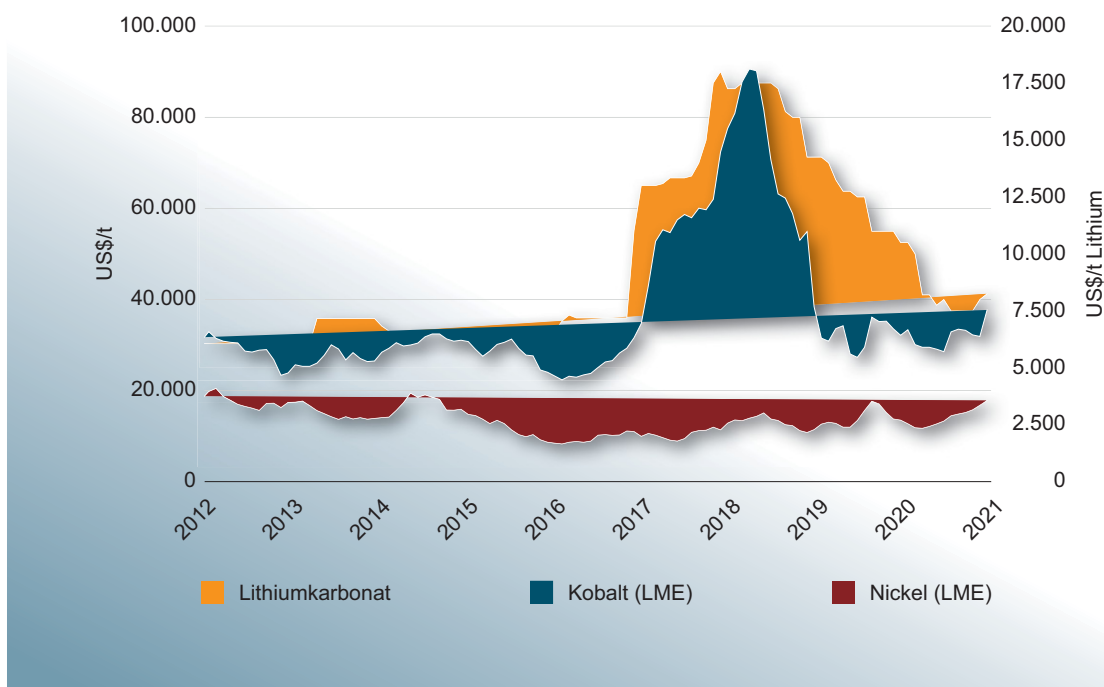
Nach den rasanten Preissteigerungen und der Euphorie der Jahre 2017/2018 fielen die Preise von Lithium und Kobalt wieder deutlich. Die Nachfrage konnte die rasch ausgeweitete Produktion nicht absorbieren.

Die Preisentwicklung der Schlüsselrohstoffe für LIB waren in den vergangenen vier Jahren von einem Auf und Ab geprägt. Treiber der Preisrallye waren vor allem die Erwartung an eine stark steigende Rohstoffnachfrage durch die E-Mobilität sowie die daraus resultierende Sorge um mögliche Liefer- und Versorgungsengpässe. Während diese Situation bei Rohstoffeinkäufern Sorgenfalten hervorrief, versetzte der Hype Investoren rund um den Globus in Goldgräberstimmung.

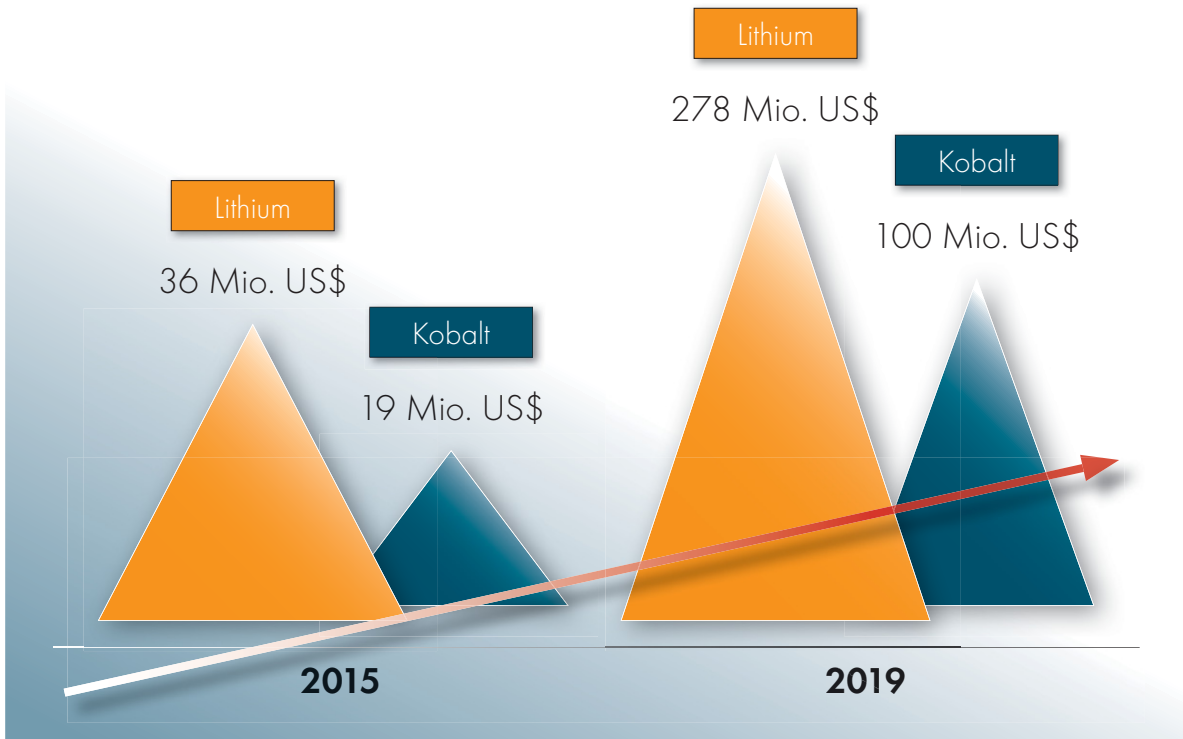
Vor allem zwei Batterierohstoffe sorgten mit rasanten Preisanstiegen auch medial für Aufsehen. Zuerst verdreifachte sich Ende des Jahres 2015 innerhalb von nur 24 Monaten der Preis von Lithium. Kurz darauf setzte Kobalt dann zum Höhenflug an. Binnen zwei Jahren vervierfachte sich der Preis für das Hartmetall. Doch im Jahr 2018 begann eine Preiskorrektur, die die Preise wieder auf ein Niveau wie vor dem

Beginn der Rohstoffpreis-Hausse fallen lies. Der zu beobachtende Preisanstieg bildete indes auch die Grundlage für einen raschen Preisverfall. Stark gestiegene Preise und optimistische Prognosen über den zukünftigen Bedarf sorgten für eine rasche Ausweitung der Rohstoffproduktion. Diese zusätzlichen Kobalt- und Lithiumeinheiten konnte der Markt jedoch nicht absorbieren. Die Überversorgung drückte die Preise fast wieder auf das Niveau des Jahres 2015.

Die jüngsten Entwicklungen auf dem Lithiummarkt gewinnen aber wieder deutlich an Dynamik. Seit Dezember 2020 steigen die Preise für Lithium wieder. Auch der Kobaltpreis konnte seit dem Herbst 2020 merklich zulegen. Durch Kaufprämien und Steuererleichterungen ist die Nachfrage nach Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 weltweit stark angezogen. Die steigende Nachfrage spiegelt sich aktuell in steigenden Rohstoffpreisen wider.



Preisentwicklung der wichtigsten Kathodenrohstoffe: Preisrallye bei Lithium und Kobalt



Explorationsausgaben sind in den letzten Jahren massiv ausgeweitet worden (nicht maßstäblich).

Die gestiegenen Preise und Prognosen sorgten auch für einen rasanten Anstieg der Investitionsausgaben in neue Bergbauprojekte. Die globalen Explorationsausgaben für Lithium stiegen zwischen 2015 und 2019 um das Achtfache, für Kobalt um das Fünffache.

Im Jahr 2019 sind die Erkundungsausgaben für Lithium zwar noch gestiegen, jedoch hat sich der Anstieg deutlich verlangsamt. Nach Angaben des chilenischen Lithiumproduzenten SQM übertrafen die zuvor getroffenen jährlichen Wachstumsprognosen die tatsächlichen Wachstumsraten um rund 20%. Die beiden größten Lithiumproduzenten Albermarle und SQM kündigten daraufhin an, den Ausbau ihrer Kapazitäten zu reduzieren und Investitionen in neue Projekte zu verschieben.

Im Jahr 2019 sind die Explorationsausgaben für Kobalt gegenüber dem Vorjahr erstmals wieder gesunken und lagen rund 10% niedriger als noch im Vorjahr. Der aktuelle Kobaltpreis führte in der DR Kongo zu einer stark rückläufigen Förderung aus dem Artisanal- und Kleinbergbau (ASM). Der

ASM-Sektor in der DR Kongo hatte dem Markt zur Hochpreisphase 2017/2018 innerhalb kürzester Zeit große Mengen an Kobalt zur Verfügung gestellt. Zurzeit befindet sich der Lithium- als auch der Kobaltmarkt in einer starken Konsolidierungsphase.

Unrentable Projekte werden eingestellt oder vorübergehend stillgelegt. Kleinere Projekte mit potenziell höheren Produktionskosten werden möglicherweise aus dem hart umkämpften Markt gedrängt. Größere Produzenten haben sich entsprechend strategisch positioniert, um diese Phase zu überwinden.

Beurteilung der Versorgungsrisiken –

Rohstoffe für die Traktionsbatterie

Die Bewertung von Versorgungsrisiken ist stets Ausdruck bestimmter Parameter zu einem bestimmten Zeitpunkt. Dies trifft natürlich auch auf die Risiken und die Marktsituation im Bergbau zu. Somit ist die Beurteilung von Preis- und Lieferrisiken niemals statisch, sondern verändert sich mit der Zeit.

Im Frühjahr 2021 blicken wir auf mittlerweile fünf turbulente Jahre bei den Batterierohstoffen zurück: Preis- und Versorgungsrisiken haben insbesondere die Märkte für Lithium und Kobalt geprägt. Die Preisexplosion beider Rohstoffe ab dem Jahr 2016 war Ausdruck einer Unsicherheit über die zukünftige Versorgungslage – gleichzeitig aber auch Startschuss eines Explorationsbooms sowie für einen deutlichen Ausbau der Produktion.

Die größten Versorgungsrisiken sehen wir aktuell immer noch beim Rohstoff Kobalt – geschuldet insbesondere der politischen Unsicherheit der DR Kongo. Insgesamt weisen jedoch viele Batterierohstoffe durch die hohe Nachfrageerwartung hohe Risiken auf – Lithium vor allem im Bereich der Bergwerksförderung, Nickel eher in der Weiterverarbeitung und Graphit in beiden Bereichen.



Relevanzanalyse

Welche monetäre und strategische Bedeutung haben die eingesetzten Rohstoffe?



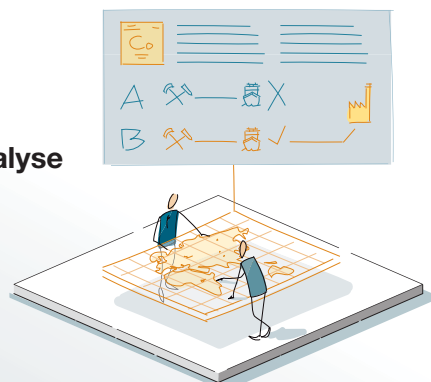
Screening

von internationalen Wettbewerbsverzerrungen

Für welche der potenziell kritischen systemrelevanten Rohstoffe gibt es zusätzlich Handelsbeschränkungen?

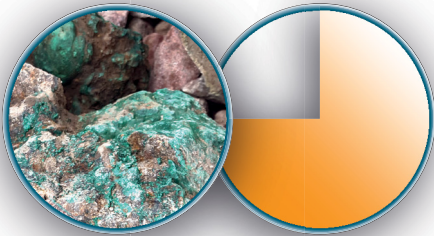
Detailanalyse

Welche weiteren Versorgungsrisiken bestehen für die potenziell kritischen systemrelevanten Rohstoffe?



○ Geringes Versorgungsrisiko

● Hohes Versorgungsrisiko

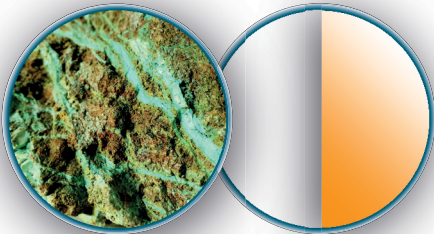
**Kobalt:****Hohes Versorgungsrisiko**

Politische Unsicherheiten in der DR Kongo, dem größten Bergbauproduzenten (69%)

Imagerisiken durch Kleinbergbau

Angebotsdefizit im Bergbau zukünftig möglich

China kontrolliert die Weiterverarbeitung mit einem Marktanteil von über 60 %, investiert strategisch in Bergbau und Weiterverarbeitung

**Nickel:****Indonesien als Schlüssel**

Batterieherstellung wird größter Wachstumstreiber der weltweiten Nachfrage

Neue Kapazitäten der Weiterverarbeitung v. a. in Indonesien (dortiges Exportverbot für Nickelerz),

Umweltbelastungen bei der Weiterverarbeitung

Zuletzt mäßige Angebotskonzentration der Förderung und Weiterverarbeitung

**Lithium:****Wetten auf die Nachfrage**

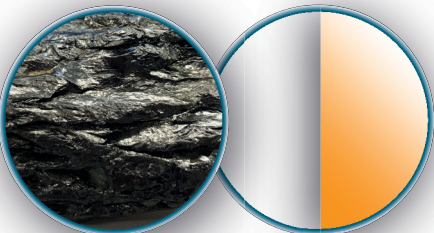
Starker Nachfrageimpuls durch E-Mobilität, im Moment aber weit unter den Erwartungen

Massiver Ausbau der Kapazitäten, mittelfristig kein Angebotsdefizit

Hohe Angebotskonzentration der Förderung und Weiterverarbeitung

Starker Preisanstieg zwischen 2016 und 2018, seitdem starker Preisverfall auf 2015er Niveau,

Herausforderungen im Downstream

**Graphit:****Chinesische Marktmacht**

Dominanz Chinas beim Abbau von Flockengraphit und Produktion von synthetischem Graphit

Kontrolle der Weiterverarbeitung zu Batteriequalitäten durch China

Hohe Umweltbelastung in der Weiterverarbeitung von Naturgraphit

Neue Kapazitäten im Abbau von Flockengraphit,

Zuletzt Preisanstieg bei Batteriequalität

Recycling von Lithium-Ionen-Batterien –

Batterierohstoffe im Kreislauf?

Nach einem Einsatz als Traktionsbatterie können die LIB-Zellen weiter als Stromspeicher genutzt werden. Ist dies nicht möglich, müssen sie recycelt werden. Bisher werden nicht alle in Traktionsbatterien enthaltenen Rohstoffe wieder zurückgewonnen.

Konzepte zur Zweitnutzung von Traktionsbatterien insbesondere als stationäre Stromspeicher werden derzeit erprobt. Praktische Erfahrungen, wie groß nach einer Nutzung als Traktionsbatterie die zur Verfügung stehende Kapazität auch einzelner Zellen und Module ist, fehlen bisher. Geschäftsmodelle müssen sich hinsichtlich der Sammlung sowie dem Aufwand für Demontage und Neueinbau rechnen, aber auch Fragen der Sicherheit sind zu klären. Generell besteht hier noch Forschungsbedarf.

Wenn keine Weiternutzung möglich ist, müssen die Traktionsbatterien fachgerecht entsorgt werden. Das Recycling kleiner LIB, beispielsweise aus tragbaren Elektro(nik)geräten wie Smartphones oder Werkzeugen, ist bereits etabliert. Die in Fahrzeugen verwendeten LIB sind jedoch deutlich größer und energiereicher, weshalb ein sicheres und umwelt-

freundliches Recycling komplexer und kostspieliger ist. Vor allem die leichte Brennbarkeit und die Toxizität einiger Materialien stellen die Entsorger vor große Herausforderungen. Es sind mehrstufige komplexe Trennverfahren nötig, aufgrund der unterschiedlichen Zellchemien und Batteriedesigns ist bisher keine Standardisierung möglich. Die Anzahl der Zellen und Module in einer Traktionsbatterie variiert sehr stark, sie hängt von der Batterieleistung, dem Batterietyp sowie dem Hersteller ab. Beispielsweise kann das Gewicht einer einzelnen Zelle von ca. 50 g bis zu 2 kg reichen. In einer Traktionsbatterie mit einer Kapazität über 80 kWh können mehrere tausend Zellen miteinander verschaltet sein.

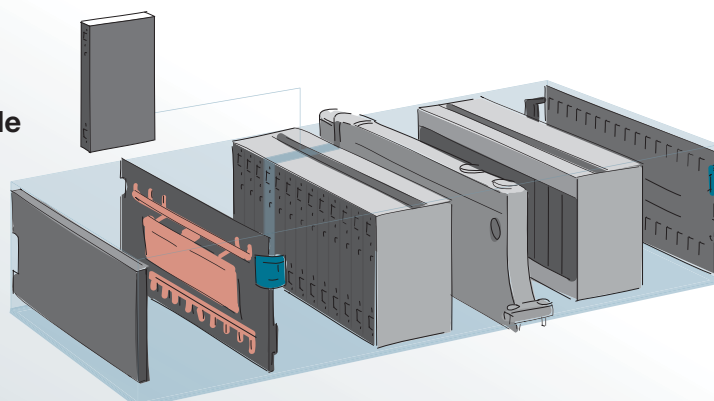
Derzeit wird vorwiegend die Rückgewinnung der ökonomisch wertvollen Metalle Kobalt, Nickel und Kupfer umgesetzt. Geringere Kobaltgehalte in Trak-

Vereinfachter Aufbau einer Lithium-Ionen-Batterie

Die einzelne Batteriezelle besteht aus gestapelten oder gewickelten Elektroden (Anode und Kathode), welche durch einen Separator voneinander isoliert sind. Mehrere Zellen werden zu Modulen verschaltet.

Die verschiedenen Batteriemodule werden anschließend zusammen mit einem Kühlungs- und Managementsystem in ein Batteriegehäuse verbaut und ergeben so das Batteriesystem.

Zelle / Zellmodule



tionsbatterien der nächsten Generation könnten sich negativ auf die ökonomische Rückgewinnung der Batterierohstoffe auswirken.

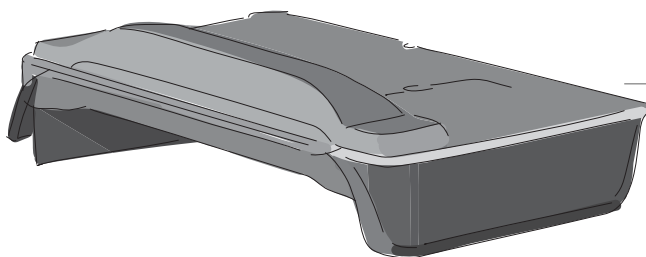
Bei der Optimierung von Prozessverfahren stehen vermehrt auch Lithium und Graphit im Fokus, für die eine vollständige Rückgewinnung mit Reinheiten für den Wiedereinsatz in Batterien derzeit kommerziell (noch) nicht rentabel ist. Generell sind die Untersuchungen zu Energie- und Materialeffizienz sowie der Wirtschaftlichkeit der Recyclingprozesse für einzelne Rohstoffe vor dem Hintergrund der Veränderung von Zellchemien noch andauernd. Der Großteil der Prozesse befindet sich noch im Aufbau und wird erst im kleinen Maßstab betrieben.

Traktionsbatterien fallen als Teil der sogenannten Industriebatterien unter die EU-Batterierichtlinie 2006/66/EC, die aktuell von der EU überarbeitet wird. Eine Modernisierung dieser Richtlinie ist erforderlich, um den neuen EU Circular Economy Action

Plan umzusetzen und damit den technologischen Entwicklungen sowie den zu erwartenden zukünftigen Batterieanwendungen gerecht zu werden.

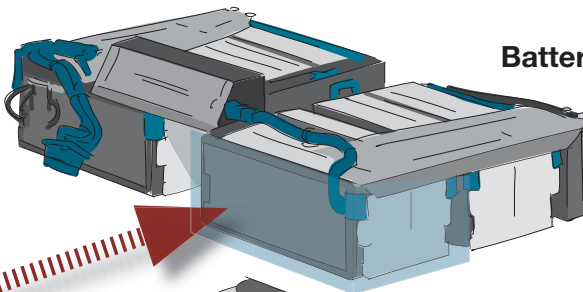
Die EU Kommission schlägt verbindliche Anforderungen für alle in der EU in Verkehr gebrachten Batterien vor. Dazu gehören unter anderem die Verwendung von verantwortungsvoll gewonnenen Rohstoffen, eine eingeschränkte Verwendung gefährlicher Stoffe, ein Mindestgehalt an recycelten Materialien, die Angabe eines CO₂-Fußabdrucks, sowie die Einhaltung von Sammel- und Recyclingzielen. Auch das Recycling von Prozessabfällen ist ein wichtiger Faktor.

Bei einem Markthochlauf der E-Mobilität wird, unter Berücksichtigung der Lebensdauer und der potenziellen Weiterverwendung der Batterien, das Recycling in Zukunft eine wichtige Komponente im Rohstoffkreislauf darstellen. Eine Kreislaufführung sollte hierbei oberstes Ziel sein.

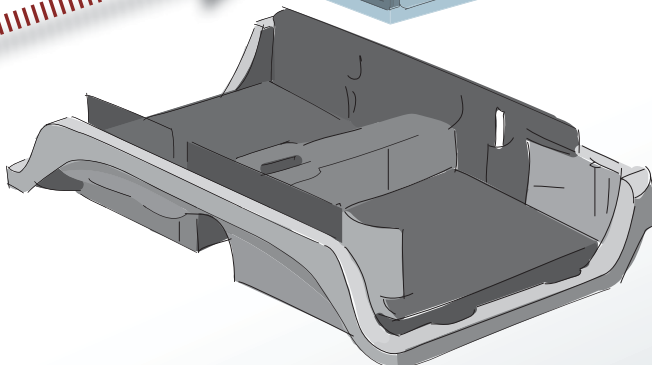


Batteriegehäuse

aus Aluminium oder Stahl



Batteriemodule sowie Kühlungs- und Managementsystem



Literaturhinweise

AL BARAZI, S. (2018): Rohstoffrisikobewertung – Kobalt. – DERA Rohstoffinformationen 36: 120 S.; Berlin.

BGR (2017): Nickel – Rohstoffwirtschaftliche Steckbriefe: 6 S.; BGR Hannover. – URL: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/rohstoffsteckbrief_ni.html [Stand 02.2021].

DAMM, S., ZHOU, Q. (2020): Supply and Demand of Natural Graphite. – DERA Rohstoffinformationen 43: 36 S.; Berlin.

DORNER, U. (2020): Rohstoffrisikobewertung – Kupfer. – DERA Rohstoffinformationen 45: 58 S.; Berlin.

HARPER, G., SOMMERVILLE, R., KENDRICK, E., DRISCOLL, L., SLATER, P., STOLKIN, R., WALTON, A., CHRISTENSEN, P., HEIDRICH, O., LAMBERT, S., ABBOTT, A., RYDER K., GAINES, L., ANDERSON P. (2019): Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. Nature reviews. – URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1682-5>

IMNI – INTERNATIONAL MANGANESE INSTITUTE (2020): International Manganese Institute Statistics 2020. – URL: http://www.manganese.org/wp-content/uploads/2019/05/IMni_Statistics_2020.pdf [Stand 02.2021].

MARSCHEIDER-WEIDEMANN, F., LANGKAU, S., BILLAUD, M., DEUBZER, O., EBERLING, E., ERDMANN, L., HAENDEL, M., HERBST, A.; KRAIL, M., LOIBL, A., MAISEL, F., MARWEDE, M., NEEF, C., NEUWIRTH, M., ROSTEK, L., RÜCKSCHLOSS, J., SHIRINZADEH, S., STIJEPIC, D., TERCERO ESPINOZA, L., TIPPNER, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. – DERA Rohstoffinformationen (in Vorbereitung); Berlin.

ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD (2019): Lithium-Ion Batteries: Outlook to 2028. – 3rd Edition; London.

ROSKILL INFORMATION SERVICES LTD. (2019): Natural and Synthetic Graphite: Global Industry, Markets & Outlook to 2028. – 12th Edition: 548 S.; London.

S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE (2020): Kostenpflichtige Datenbank. [Stand 02.02.2021].

SCHMIDT, M. (2017): Rohstoffrisikobewertung – Lithium. – DERA Rohstoffinformationen 33: 140 S.; Berlin.

SCHÜTTE, P. (2021): Kobalt. – Informationen zur Nachhaltigkeit: 22 S.; BGR, Hannover. – URL: https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/kobalt.pdf [Stand 02.2021].

SOJKA R., PAN Q., BILLMANN L. (2020): Comparative Study of Lithium-ion battery recycling processes: 56 S. Accurec Recycling GmbH.

SZURLIES, M. (2021): Rohstoffrisikobewertung – Nickel. – DERA Rohstoffinformationen (im Druck); Berlin.

Autorenschaft

Haben Sie Fragen zum Thema Batterierohstoffe für die Elektromobilität oder wünschen Sie weitere Informationen? Unsere Expertinnen und Experten beantworten gerne Ihre Fragen. Kontaktieren Sie uns!



Kobalt

Siyamend Al Barazi
siyamend.albarazi@bgr.de



Rohstoffpreise

Dennis Bastian
dennis.bastian@bgr.de



Recycling

Dr. Britta Bookhagen
britta.bookhagen@bgr.de



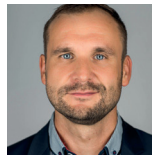
Graphit

Sophie Damm
sophie.damm@bgr.de



Mangan

Dr. Inga Osbahr
inga.osbahr@bgr.de



Lithium

Michael Schmidt
michael.schmidt@bgr.de



Nickel

Dr. Michael Szurlies
michael.szurlies@bgr.de

Impressum

Herausgeber: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) | Wilhelmstraße 25-30 | 13593 Berlin

Kontaktbüro: Tel.: +49 30 36993 226 | dera@bgr.de | www.deutsche-rohstoffagentur.de

Layout: Kay Lang

Bildnachweise: Titelbild: ©Maxiphoto/iStock

Mitarbeiterfotos: Mathias Sack

Zitierhinweis: DERA (2021): Batterierohstoffe für die Elektromobilität. – DERA Themenheft: 26 S.; Berlin.

ISSN: 2193-5319

Die Verbreitung der Inhalte durch Dritte ist unter Quellenangabe erlaubt. Belege bitte an die DERA unter dera@bgr.de senden.



Deutsche Rohstoffagentur (DERA)
in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Wilhelmstraße 25-30 | 13593 Berlin
dera@bgr.de | www.deutsche-rohstoffagentur.de