Gigafactories und Energiedichte

Die High-Tech Zukunft von Autoherstellung

Elementum Metals: 12/04/2021

12/04/2021

Um die Treibhausgasemissionen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zu reduzieren, ist eine große Anzahl von Elektrofahrzeugen erforderlich, was groß angelegte "Gigafactories“ notwendig macht. Lithium-Ionen-Batterien sind heute der bevorzugte Speicher mit hoher Energiedichte, wobei die Forschung an fortschrittlichen und alternativen Technologien schnell voranschreitet. Die massiv steigende Nachfrage nach Batterierohstoffen und die damit verbundene Umweltverschmutzung machen ein effizientes Recycling unabdingbar.

Gigafactories Matter

Der Begriff "Gigafactory" wurde von Elon Musk in Anlehnung an das griechische Wort für Riese geprägt, um die Größenordnung der erforderlichen Produktionsanlagen für Elektrofahrzeuge (‚Electric Vehicles‘ EV) zu veranschaulichen; Musk spielte auch auf den elektrischen Begriff Gigawatt an, der eine riesige Menge an Energieübertragung ausdrückt. Wood MacKenzie schätzt, dass, wenn die Emissionen des Straßenverkehrs bis 2040 halbiert werden sollen, etwa 900 Millionen neue E-Fahrzeuge benötigt werden, um Autos mit Verbrennungsmotor zu ersetzen. Im Jahr 2019 gab es weltweit gerade einmal 10 Millionen E-Fahrzeuge, was bedeutet, dass jedes Jahr etwa 70 Millionen neue Fahrzeuge gebaut werden müssen. Zur Veranschaulichung des Ausmaßes dieser Herausforderung: Die 100 Jahre alte Autoindustrie produziert heute zwischen 90 und 100 Millionen konventionelle Autos pro Jahr, und allein in Europa gibt es fast 300 Produktions- und Montagewerke. Die Batteriefabriken wären auch durch die Notwendigkeit herausgefordert, die Batterieproduktion bis 2030 um das Zehnfache auf 3.000 GWh pro Jahr zu steigern; die bestehende und geplante Batterieproduktion entspricht nur 1.800 GWh[1].

Im Jahr 2020 gab es weltweit 119 Anlagen, die entweder Batterien produzierten, sich im Bau befanden oder geplant waren, von denen 109 in China angesiedelt waren, was 70 %

der weltweiten Produktion entspricht.[2]
Marktführende asiatische Hersteller wie CATL, LG Chem, BYD und SK Innovation kontrollieren den Großteil der Produktionskapazität. Diese Firmen expandieren nun nach Europa: CATL baut ein Werk in Erfurt, in der deutschen Region Thüringen, LG Chem ein Werk in Wroclaw, Polen, und Samsung SDI ein Werk in Goed, außerhalb von Budapest in Ungarn.
Bis 2030 wird erwartet, dass in Europa mindestens 16 Batteriewerke mit einer Kapazität von rund 450 GWh in Betrieb sein werden, was die Region zur zweitgrößten nach China macht. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass lokale Hersteller wie Northvolt, Daimler und Automotive Cells Company (ACC), das Joint Venture zwischen den französischen Konzernen PSA und Total, die Produktion hochfahren.[3] Northvolt ist einer der Spitzenreiter in Europa und profitiert von der strategischen Unterstützung durch die Batterie-Allianz der EU und der Finanzierung durch die Europäische Investitionsbank (EIB). Die Gigafabrik von Northvolt in Skelleftea soll bei ihrer Fertigstellung im Jahr 2021 eine Leistung von 40 GWh haben, während eine weitere Fabrik, die in Salzgitter in Deutschland in Partnerschaft mit Volkswagen geplant ist, im Jahr 2024 fertiggestellt werden soll.[4]
Teslas in Betrieb befindliche Gigafactories in den USA liegen in Fremont, Kalifornien, wo rund 500.000 Fahrzeuge pro Jahr produziert werden, und in Reno, Nevada, das nach seiner Fertigstellung voraussichtlich das größte Gebäude der Welt sein wird. Außerhalb der USA produziert Tesla das Model 3 in seiner Gigafactory in Schanghai mit einer Kapazität von 250.000 Fahrzeugen pro Jahr, wo auch die Produktion des Model Y anläuft. Mitte 2021 soll eine Fabrik in Berlin die Produktion aufnehmen, in der sowohl das Model 3 als auch das Model Y hergestellt werden. Es gibt Berichte über weitere geplante Fabriken in Großbritannien und ein weiteres asiatisches Werk entweder in Japan oder Südkorea.

Energiedichte – Der Heilige Gral

Die Energiedichte ist das Maß dafür, wie viel Energie eine Batterie im Verhältnis zu ihrem Gewicht liefern kann, normalerweise gemessen in Wattstunden pro Kilo (WS/kg). Die Energiedichte ist ein kritisches Attribut für tragbare Batterien, die in elektronischen Geräten und Elektrofahrzeugen verwendet werden, da diese Anwendungen unter ständigem Druck stehen, Gewicht und Kosten zu reduzieren und gleichzeitig die Batterielebensdauer zu erhöhen.
Der Begriff sollte nicht mit der Leistungsdichte verwechselt werden, die ein Maß dafür ist, wie schnell Energie abgegeben werden kann. Ein Beispiel für eine Einheit mit hoher Leistungsdichte ist ein Akku, der einen Kamerablitz versorgt, der die Energie in einem kurzen Impuls entlädt und sich dann schnell wieder auflädt.
Die Energiedichte von Bleiakkumulatoren, die in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verwendet werden, liegt zwischen 30-50 WS/kg, während Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ion) zwischen 50 und 260 WS/kg liegen; die Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid-Technologie (NMC) bietet einen Bereich von 150-220 WS/kg, während Lithium-Eisen-Phosphat (LFP) 90-160 WS/kg beträgt.[5]
Wie im NTree Technical Paper #10, Electric Vehicles Go Mainstream, erörtert, wurde in der Vergangenheit ein hoher Kobaltgehalt verwendet, um eine höhere Energiedichte zu erreichen. Mit steigenden Kobaltpreisen und Bedenken hinsichtlich der Kobaltabbaupraktiken hat sich die neue Technologie jedoch zunehmend auf das Potenzial von Nickel konzentriert, das nun als Schlüsselkomponente anerkannt ist.[6] In frühen Technologien wie der NMC 111 enthält die Kathode gleiche Mengen jedes Minerals, die

Verwendung von Nickel stieg in der NMC 532 und 622, während die neueste Hochleistungs-NMC 811 acht Teile Nickel für jedes der anderen Elemente verwendet.

Li-Ionen-Batterien entwickeln sich weiter

Die ersten modernen Elektrofahrzeuge, wie z. B. der Nissan Leaf, wurden mit Lithium-Mangan-Oxid-Batterien (LMO) betrieben, die relativ kostengünstig waren, aber eine geringe Lebensdauer aufwiesen. Lithium-Eisen-Phosphat (LPF) wird derzeit häufig in EVs verwendet, die in China hergestellt werden, wie z.B. von BYD, dem weltgrößten Batteriehersteller, wo es wegen seiner mittleren Kosten- und Energiedichteeigenschaften geschätzt wird. MNC und NCA, zwei Technologien mit hohem Nickelanteil und niedrigem Kobaltgehalt, die eine hohe Energiedichte bei höheren Kosten bieten, werden in leistungsorientierten westlichen Märkten von Herstellern wie Tesla, Renault und VW eingesetzt, wo längere Reichweiten wichtig sind. Es wird geschätzt, dass bis 2030 die Technologie mit hohem Nickelanteil in fast allen Elektrofahrzeugen in westlichen Ländern und in etwa 50 % der EVs in China eingesetzt werden wird.[7]

Next Generation-Lösungen

Der Druck, die Kosten zu senken, die Ladezeiten zu verkürzen, die Reichweiten zu erhöhen und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren, führt zu umfangreichen Forschungen, die die Funktionsweise von Li-Ionen-Batterien durch den Austausch von Materialien und die Verwendung alternativer Strukturen verändern.

Es gibt eine ganze Reihe von Entwicklungen, die darauf abzielen, die Effizienz der einzelnen Batteriekomponenten - Kathode, Anode, Separator und Elektrolyt - zu verbessern, was in der Summe in den nächsten 5-10 Jahren zu erheblichen Verbesserungen der Li-Ionen-Batterietechnologie führen wird.

In einer solchen Entwicklung ist Volkswagen eine Partnerschaft mit QuantumScape eingegangen, einem US-amerikanischen Batteriespezialisten, der Festkörperbatterien entwickelt, die eine höhere Energiedichte als die bisherigen Li-Ionen-Elektrolyte versprechen. Festelektrolyte ersetzen flüssige Elektrolyte, durch die Lithium-Ionen zwischen Kathode und Anode wandern, durch ein hochleitfähiges Keramikmaterial. Festelektrolyte haben den Vorteil, dass sie chemisch stabil sind, so dass Materialien mit höherer Spannungskapazität verwendet werden können, um leichtere und dichtere Batterien mit höherem Energie-Gewicht-Verhältnis herzustellen.[8]

Das US-amerikanische Unternehmen Evonix hat eine Anode auf Siliziumbasis entwickelt, die Graphit in den Anoden von Li-Ionen-Batterien ersetzen soll und eine 30 %ige Steigerung der Energiekapazität verspricht.[9] Zu den Fortschritten in der Kathodentechnologie gehört die Forschung des Energieunternehmens Total zur Entwicklung einer Lithium-Schwefel (Li-S)-Kathodentechnologie, die die chemischen Eigenschaften von Schwefel nutzt. Da sich Schwefel während des Ionentransfers in verschiedene chemische Verbindungen umwandelt, die eine bis zu viermal höhere Energiedichte als Li-Ionen bieten, ist dies eine Innovation, die sich zunächst für die Luft- und Raumfahrtindustrie eignet.[10]

Großspeicher sind jetzt realisierbar

Es wird erwartet, dass batteriebasierte elektrische Großspeicher, bei denen auch die Li-Ionen-Technologie zum Einsatz kommt, schnell von 1,2 Gigawatt im Jahr 2020 auf 7,5 Gigawatt im Jahr 2030 wachsen werden. Die größte Anlage in Moss Landing hat die Energiespeicherkapazität Kaliforniens verdoppelt, während das Ravenswood-Projekt in New York mit 316 Megawatt groß genug ist, um zwei Gaskraftwerke zu ersetzen, und 250.000

Haushalte acht Stunden lang mit Strom versorgen kann. In Florida wird das 409-Megawatt-Projekt Manatee Solarenergie speichern, die 900 Megawattstunden kohlenstoffarmen Strom liefern kann, der Disney World 7 Stunden lang mit Strom versorgen könnte.[11]
Es werden Alternativen zur Li-Ionen-Technologie entwickelt, die deren hohe Komponentenkosten und Sicherheitsrisiken abmildern. Technologien wie Redox-Flow-Batterien, bei denen Elektrolytmaterialien verwendet werden, die aufgrund ihres Vorkommens ausgewählt wurden (z. B. Salz, Eisen und Wasser), bieten die Vorteile von kostengünstigen, nicht korrosiven und ungiftigen Materialien zusammen mit Eigenschaften wie langer Lebensdauer und hoher Wiederaufladbarkeit.[12]

Recycling - knifflig, aber notwendig

If the International Energy Agency’s estimate of a global fleet of 125 million EVs by 2030 is accurate, demand for nickel and manganese could grow by 800% and cobalt by 150%.[13]
Es wird erwartet, dass solche Steigerungen zu einem anhaltenden Nachfrageüberhang gegenüber dem geplanten Förderangebot führen werden. Eine signifikante Steigerung des Förderangebots ist eine Herausforderung, da Nickelminen große Kapitalinvestitionen erfordern und fast ein Jahrzehnt brauchen, um von der Entdeckung bis zur vollen Produktion zu gelangen.
Ein beständiger Nachfrageüberhang wird wahrscheinlich zu einem Anstieg der Mineralienpreise führen, was die wirtschaftlichen Argumente für das Batterierecycling verbessert. Obwohl die Auswirkungen des Recyclings in großem Maßstab auf die Umwelt noch nicht genau bekannt sind, ist bekannt, dass Bergbau- und Raffinerieaktivitäten für 30 % der Treibhausgase bei der Batterieherstellung verantwortlich sind. Europas führender Batteriehersteller Northvolt strebt bis 2030 einen Anteil von 50 % an recycelten Rohstoffen an, was die Bedeutung der EU in Bezug auf Nachhaltigkeit und Überlegungen wie Versorgungssicherheit verdeutlicht; es wird erwartet, dass beträchtliche EU-Fördermittel zusammen mit umfassenden Batterievorschriften zu einem wirtschaftlich tragfähigen Recycling beitragen werden.[14]
Da Batterien nicht für ein einfaches Recycling ausgelegt oder nach einem einheitlichen Design konstruiert sind, ist das Recycling eine komplexe Angelegenheit. Der anfängliche Recyclingprozess, der eine manuelle Demontage beinhaltet, ist zeitaufwändig und gefährlich, da die chemische Instabilität ein Feuer- und Explosionsrisiko darstellt. Die gängigste Recycling-Methode erfordert das Einschmelzen, um alle organischen und plastischen Materialien zu entfernen, ein einfacher Prozess, der umweltschädlich und ineffizient ist, da ein Großteil des Aluminiums und Lithiums verloren geht. Das alternative hydrometallurgische Verfahren wird zunehmend eingesetzt; dabei werden die Batterien zunächst zerkleinert, wobei die Materialien durch Sieben und Magnete getrennt werden, um eine "schwarze Masse" zu erzeugen, die in ein Säurebad getaucht wird, um das Nickel, Mangan, Kobalt, Lithiumhydroxid und Graphit für die Wiederverwendung zu extrahieren.[15]
Die geplante EU-Batterieregulierung ist die umfassendste aller Länder, die darauf abzielt, Treibhausgas- und Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und gleichzeitig eine weltweit wettbewerbsfähige Industrie zu etablieren. Diese komplexen und weitreichenden Vorschriften beinhalten die Anforderung, dass alle E-Fahrzeuge bis 2024 eine Kohlenstoff-Fußabdruck-Deklaration haben müssen, bis 2027 die Menge an verwendetem Kobalt, Blei, Lithium und Nickel offenzulegen, 2030 werden Mindestmengen an recyceltem Material eingeführt und 2035 die Recyclingstandards erhöht. All diese Anforderungen werden durch ein System offizieller digitaler Batteriepässe16 durchgesetzt und nachverfolgt.[16]

Fazit

Das rasante Tempo der Entwicklung neuer industrieller Infrastrukturen und technologischer Fortschritte spiegelt die Herausforderungen wider, die mit dem schnellen und nachhaltigen Ersatz des weltweiten Bestands an Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren verbunden sind. Technologische Verbesserungen senken die Kosten der Batterieenergie sowie die Effizienz der Verbraucheranwendungen und reduzieren gleichzeitig den Einsatz der empfindlichsten Materialien. Es wird jedoch erwartet, dass EV-Batterie-Inputs immer knapper und teurer werden und sich daher für das Recycling eignen.

Footnotes

1. Wood MacKenzie, April 2020. https://www.woodmac.com/news/opinion/batteries-powering-the-fight-against-climate-change/
2. Wood MacKenzie, August 2020. https://www.woodmac.com/press-releases/global-lithium-ion-cell-manufacturing-capacity-to-quadruple-to-1.3-twh-by-2030/
3. Climate Home News, July 2020. https://www.climatechangenews.com/2020/07/27/european-battery-gigafactories-boom-despite-covid-slowdown/
4. Benchmark Mineral Intelligence, April 2020. https://www.benchmarkminerals.com/membership/coronavirus-supply-chain-shift-was-already-underway-in-battery-industry-2/
5. TXF News, September 2020. https://www.txfnews.com/News/Article/7055/EV-gigafactories-Europe-moves-up-a-gear
6. Fluxpower, August 2020. https://www.fluxpower.com/blog/what-is-the-energy-density-of-a-lithium-ion-battery#:~:text=What%20is%20Battery%20Energy%20Density,one%20watt%20for%20on
7. NTree Technical Paper #10, Electric Vehicles Go Mainstream, February 2021. https://dl.airtable.com/.attachments/d45e3250c8b256316438df968cc1dcab/bcbb7de3/NTre
8. McKinsey, June 2018. https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/metals%20and%20mining/our%20
and-cobalt-a-tale-of-two-commodities.ashx
9. Volkswagen, June 2020. https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/volkswagen-increases-stake-in-quantumscape-6136
10. Argus, January 2021. https://www.argusmedia.com/en/news/2182042-battery-makers-expand-silicon-anode-production
11. SAFT. https://www.saftbatteries.com/media-resources/our-stories/three-battery-technologies-could-power-future/11. BBC, December 2020. https://www.bbc.com/future/article/20201217-renewable-power-the-worlds-largest-battery
12. Energy Storage World Forum. https://energystorageforum.com/blog/which-emerging-battery-technology-will-be-the-future-of-stationary-energy-storage
13. Fortum. https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-solution
14. Wired, November 2020. https://www.wired.co.uk/article/electric-car-battery-recycling
15. Wired, November 2020. https://www.wired.com/story/the-race-to-crack-battery-recycling-before-its-too-late/
16. European Commission, December 2020. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_20_2311

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_20_2311