

Die Geopolitik des Lithiums

10.07.2023

Zusammenfassung

Lithium ist ein silberweißes Metall, das eine Schlüsselrolle in der Dekarbonisierungsstrategie zur Bekämpfung des Klimawandels spielt, zu der auch die Entwicklung und Förderung von Elektro- und Hybridautos mit Lithium-Ionen-Batterien als Energiespeichermedium gehört. Durch die Dekarbonisierung soll auch der massive Kapitaltransfer von den Industriestaaten zu den Öl- und Gasproduzenten deutlich reduziert werden. Der schnell wachsende Lithiumbedarf für Lithium-Ionen-Batterien führte zu verstärkten Explorationsaktivitäten und einem Anstieg der bekannten Lithiumreserven und -ressourcen.

Derzeit scheint es möglich, den stark steigenden Lithiumbedarf durch Produktionssteigerungen und Explorationen zu decken, es bestehen jedoch verschiedene Unsicherheiten, da Batterien sehr hochwertige Lithiumverbindungen benötigen. Neue Bergbauprojekte und Fördertechnologien sind unsichere und langfristige Vorhaben. Die Recyclingquote von Batterien nimmt stetig zu, das Recycling von Lithium ist jedoch immer noch technisch anspruchsvoll und Batterien aus wiedergewonnenem Lithium haben möglicherweise nicht die gleiche Qualität. Darüber hinaus ist die Batterieproduktion auch von anderen kritischen Metallen wie Kobalt und Nickel abhängig. Die Produktion von Mineralien wie Lithium, Kobalt, Nickel und Graphit muss bis 2050 um fast 500% gesteigert werden, um der wachsenden Nachfrage nach sauberen Energietechnologien gerecht zu werden.

China hat im letzten Jahrzehnt seine geopolitische Rolle durch systematische strategische Investitionen gestärkt und produziert mittlerweile 60% der weltweiten Lithiumprodukte und 75% aller Lithium-Ionen-Batterien. Das Land ist führend in den Bereichen Raffinierung, Herstellung von Batteriekomponenten, Batteriemontage, Großserienproduktion in Gigafactories und Recycling.

In einem größeren Zusammenhang werden Rohstoffe wie Lithium, Nickel, Kobalt, Graphit, Kupfer und Seltene Erden nicht nur für Elektro- und Hybridautos benötigt, sondern sind auch für andere saubere Energieprodukte wie Sonnenkollektoren und Windturbinen unerlässlich. China produziert mehr als 70% der weltweiten Solarmodule und hat fast 50% der weltweiten Produktionskapazität für Windkraftanlagen.

Ein weiteres wichtiges strategisches Thema ist der wachsende Energiebedarf für Elektro- und Hybridautos und andere saubere Technologien, der die Kapazitäten und Stabilität der Stromnetze überfordern könnte. Aus westlicher Sicht zielte die Dekarbonisierungsstrategie darauf ab, langjährige Abhängigkeiten von Öl- und Gaslieferanten und den Kapitaltransfer zu reduzieren. Die Situation am Lithiummarkt zeigt, dass die Wende zu erneuerbaren und sauberen Energien neue Abhängigkeiten und Kapitaltransfers schafft. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Lithium aus ökologischer, technischer und geopolitischer Sicht eine Schlüsselressource mit vielen Unsicherheiten für die Zukunft ist.

Content

1 Einführung.....	3
2 Technischer Hintergrund.....	4
3 Der Markt für Lithium-Ionen-Batterien	5
3.1 Lithium	5
3.2 Andere Rohstoffe.....	7
4 Diskussion	8
5 Literatur	9

1 Einführung

Lithium ist ein silberweißes Metall, das in Salzlake (Sole), Ton, hartem Gestein und Meerwasser vorkommt. Die Dekarbonisierungsstrategie zielt auf die Bekämpfung des Klimawandels ab und umfasst die Entwicklung und Förderung von Elektro- und Hybridautos mit Lithium-Ionen-Batterien als Energiespeichermedium. Diese Batterien sind die Haupttreiber der schnell wachsenden globalen Nachfrage nach Lithium¹.

Die Dekarbonisierungsstrategie hat eine ökologische und eine strategische Dimension². Innerhalb der *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)* mit 197 Mitgliedern führte das *Pariser Abkommen 2015* auf der 21. Vertragsstaatenkonferenz der UNFCCC (COP21) zu freiwilligen Verpflichtungen zur Begrenzung der anthropogenen Treibhausgasemissionen, um den globalen Temperaturanstieg auf 1,5 zu begrenzen. In einem breiteren Kontext ist diese Aktivität Teil der Ziele für nachhaltige Entwicklung (*Sustainable Development Goals*) der Vereinten Nationen³.

In der Praxis bedeutet dies die Reduzierung fossiler Energieträger wie Gas und Öl, was direkte Auswirkungen auf die Automobilindustrie hat. Elektrofahrzeuge (**electric vehicles EVs**) mit Lithium-Ionen-Batterien als Energiespeichermedium sind die weltweit vorherrschende Lösung. Aus westlicher Sicht dürfte die Umstellung auch den massiven Kapitaltransfer zu den Öl- und Gasproduzenten deutlich reduzieren. Der geopolitische Unterschied wird auch als Unterschied zwischen „**Elektrostaaten**“ und „**Petrostaaten**“ bezeichnet.

Ein wichtiger Unterschied zwischen Öl und Lithium besteht darin, dass Lithium lediglich ein Energiespeichermedium ist und die gespeicherte Energie aus externen Stromquellen kommen muss, z.B. erneuerbaren Energien oder Kernkraft⁴.

Im Jahr 1992 wurden Lithiumbatterien für Autos eingeführt und aufgrund des stetigen technischen Fortschritts ist die durchschnittliche Energiedichte von *Lithium-Ionen-Batterien (Li-Ionen-Batterien)* viel höher als die der ursprünglich führenden *Nickel-Metallhydrid-Batterien (NiMH)*, was zu einem geringeren Gewicht und geringeren Produktionskosten der Li-Ionen-Batterien führt. Li-Ionen-Batterien erreichten im Jahr 2020 einen weltweiten Marktanteil von 93%⁵.

Der schnell wachsende Lithiumbedarf für Batterien führte zu verstärkten Explorationsaktivitäten und einer Erhöhung der bekannten Lithiumreserven (die mit dem aktuellen Stand der Technik genutzt werden könnten) und Ressourcen (als potenzielle Quellen). Lithium wird auch *Oro Gris (graues Gold)* genannt.

Derzeit scheint es möglich, den schnell steigenden Lithiumbedarf durch Produktionssteigerungen und Exploration zu decken, es bestehen jedoch verschiedene Unsicherheiten, da Batterien sehr hochwertige Lithiumverbindungen benötigen⁶ und Batterien aus zurückgewonnenem Lithium möglicherweise nicht die gleiche Qualität aufweisen. Die Recyclingquote von Batterien steigt stetig, das Lithium-Recycling ist jedoch immer noch technisch anspruchsvoll⁷. Darüber hinaus ist die Batterieproduktion auch von anderen kritischen Metallen wie Kobalt und Nickel abhängig. Die Produktion von Mineralien wie

¹ vgl. Altiparmak 2022

² vgl. National Intelligence Estimate 2021

³ vgl. Hafner/Tagliapietra 2020

⁴ vgl. National Intelligence Estimate 2021 Der Kampf gegen Plastikverschmutzung, wie z.B. durch Mikroplastik gehört ebenfalls zu dieser Strategie, da Plastik ein Öl-Produkt ist.

⁵ vgl. Altiparmak 2022

⁶ vgl. Stampatori et al. 2020

⁷ vgl. Altiparmak 2022

Lithium, Kobalt, Nickel und Graphit muss bis 2050 um fast 500% gesteigert werden, um der wachsenden Nachfrage nach sauberen Energietechnologien gerecht zu werden⁸.

Im Jahr 2021 wurden weltweit jede Woche 120.000 Elektrofahrzeuge verkauft, während 2012 in einem Jahr die gleiche Menge verkauft wurde und die Lithiumpreise seit 2020 um fast 900 Prozent gestiegen sind⁹. Die weltweite Nachfrage nach Lithium könnte bis 2040 um das Vierzigfache steigen, vor allem für Elektrofahrzeuge und Batterien zur Speicherung erneuerbarer Energien¹⁰. Die Nachfrage der Europäischen Union (EU) nach Lithium könnte bis 2030 um das 18-fache und bis 2050 um das 60-fache steigen¹¹. Die zukünftige Nachfrage nach Lithium könnte höher sein als die bestehenden Kapazitäten und neue Bergbauprojekte und alternative Bergbautechnologien sind ungewisse, langfristige Prozesse¹². Das Papier wird die Rolle von Lithium als strategische Ressource analysieren.

2 Technischer Hintergrund

Einfach ausgedrückt haben Batterien zwei Pole, eine positive Elektrode (Kathode, Pluspol) und eine negative Elektrode (Anode, Minuspol), eine Elektrolytlösung, die die Elektrizität (Ionen) transportiert, und einen Separator zwischen den Polen. Die Batteriezellen werden dann zu Batteriemodulen (parallel oder seriell geschaltet) und anschließend zu Batteriepaketen (bestehend aus mehreren Modulen) zusammengebaut. Beispielsweise enthält die Batterie des *Tesla Model 3 Long Range* 4416 Zellen mit 480 kg Lithium¹³. Der Zusammenbau (Assembly) kann recht komplex sein und erfordert zusätzliche Verbindungen wie Kabel, die das Recycling von Batterien erschweren.

Der Bergbau- und Produktionsprozess umfasst 5 Hauptschritte. Jeder Schritt erfordert mehr Investitionen und generiert einen höheren Wert als der vorherige:

- Bergbau und Raffination (*refining*)
- Produktion von Kathoden, Anoden und Separatoren
- Herstellung von Batteriezellen
- Zusammenbau der Batterie (*battery pack assembly*) und schließlich
- Produktion von Elektrofahrzeugen und Hybridmotoren¹⁴.

Die negative Elektrode besteht typischerweise aus Kohlenstoffgraphit, während die Kathode aus Lithiumprodukten mit fünf Haupttechnologien besteht: Lithiumkobaltoxid (LiCoO₂, abgekürzt als LCO), Lithiummanganoxid (LiMn₂O₄, LMO), Lithiumeisenphosphat (LiFePO₄, LFP) und die kostengünstigeren nickelhaltigen Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminiumoxid-Batterien (LiNiCoAlO₂, NCA) und Lithium-Nickel-Mangan-Kobaltoxid-Batterien (LiNiMnCoO₂, NMC)¹⁵.

Theoretisch sind Milliarden Tonnen Lithium im Meerwasser vorhanden, für die Lithiumgewinnung sind derzeit jedoch nur Solevorkommen und der Bergbau wirtschaftlich nutzbar¹⁶. Die Gewinnung von Lithium aus Solevorkommen in Lateinamerika ist einfacher als der Abbau aus hartem Gestein wie in Australien, da die Sole innerhalb von 12 bis 18 Monaten verdunsten kann. Die resultierenden Konzentrate müssen von Verunreinigungen befreit

⁸ vgl. Wang et al. 2023

⁹ vgl. Bastida et al. 2023

¹⁰ vgl. Vásquez 2023

¹¹ vgl. van Wieringen/Fernández Álvarez 2022

¹² vgl. Sanchez 2022

¹³ vgl. ACS 2022

¹⁴ vgl. Sanchez-Lopez 2022

¹⁵ vgl. Stampatori et al. 2022, Vasquez 2023

¹⁶ vgl. Stampatori et al. 2020

werden¹⁷. Aus ökologischer Sicht benötigt die Soleverdunstung viel Platz und führt zu Grundwasserverlusten. Jüngste Erkenntnisse zeigten einen Rückgang der Flamingo-Populationen in der Nähe von Solebetrieben in Chile um 10 Prozent¹⁸.

Durch die Raffination von Rohlithium zu Lithiumhydroxid und Lithiumcarbonat entstehen die Grundprodukte für den industriellen Bedarf¹⁹. Da Lithiumcarbonat für Lithium-Ionen-Batterien benötigt wird, wird erwartet, dass die Nachfrage von 270.000 Tonnen Lithiumcarbonat-Äquivalent (LCE) im Jahr 2018 bis 2025 auf mehr als 1.000.000 Tonnen LCE ansteigt²⁰. Li-Ionen-Batterien sind nicht nur der dominierende Batterietyp, sondern auch das wichtigste Lithium-Endprodukt mit 80% Weltmarktanteil im Vergleich zu anderen Produkten wie Keramik und Glas (7%), Schmierfetten (4%), Flussmittelpulver (2%), Luftaufbereitung (1%), medizinische (1%) und andere Anwendungen (5%).²¹

Aufgrund der Komplexität von Li-Ionen-Batterien ist das Recycling ein komplexer Prozess und recyceltes Lithium hat möglicherweise nicht die gleiche Qualität wie das Rohmaterial.²² Die Recyclingquote von Li-Ionen-Batterien steigt rasant, allerdings sind diese Prozesse kostspielig und das recycelte Material allein kann den stark steigenden Lithiumbedarf nicht decken.²³ Risiken sind der sogenannte *Thermal Runaway* durch brennbare Stoffe und chemische Kettenreaktionen, Brände durch innere oder äußere Kurzschlüsse von Zellen oder Modulen und das Austreten von Chemikalien, z.B. der Elektrolyte aufgrund mechanischer Beschädigung²⁴.

Das Recycling von Li-Ionen-Batteriematerialien erfolgt durch Pyrometallurgie (Hitze und Feuer zur Erzeugung von Schlacke, die geschmolzen werden kann) oder Hydrometallurgie (mit Trennung, Säureauslaugung und Fällung); eine neue Alternative könnte das direkte Recycling sein²⁵. Das Recycling dieser Batterien ermöglicht die Rückgewinnung von Kupfer, Nickel und Kobalt, während das Recycling von Lithium nicht im Vordergrund stand, was sich in Zukunft ändern wird²⁶.

3 Der Markt für Lithium-Ionen-Batterien

3.1 Lithium

Der schnell wachsende Lithiumbedarf für Lithium-Ionen-Batterien führte zu verstärkten Explorationsaktivitäten und einer Erhöhung der bekannten Reserven (die mit dem aktuellen Stand der Technik genutzt werden könnten) und Ressourcen (als potenzielle Quellen). Im Jahr 2023 liegen die Lithiumressourcen bei etwa 98 Millionen Tonnen, Spitzenreiter sind Bolivien mit 21, Argentinien mit 20, USA mit 12, Chile mit 11, Australien mit 7,9, China mit 6,8 und Deutschland mit 3,2 Millionen Tonnen²⁷.

Die drei Länder Chile, Bolivien und Argentinien verfügen über eine Konzentration hochwertiger Salzebenen („Salares“) im *Puna-Plateau* der Zentralanden mit lithiumhaltigen Solen, bekannt als Lithiumdreieck oder **Lithium Triangle** (Boliviens *Salar de Uyuni*, Chiles

¹⁷ vgl. Stampatori et al. 2022

¹⁸ vgl. Graham/Rupp 2023

¹⁹ vgl. Sanchez-Lopez 2022

²⁰ vgl. Stampatori et al. 2020

²¹ vgl. USGS 2023. Lithium konkurriert mit Natrium im Transport von Nervensignalen und führt nach einiger Zeit zu einer Stabilisierung. Die Langzeiteinnahme von Lithium ist wirksam bei verschiedenen neuropsychiatrischen Erkrankungen.

²² vgl. Altiparmak 2022

²³ vgl. Graham/Rupp 2023

²⁴ vgl. VDMA 2021

²⁵ vgl. Stampatori et al. 2020ä

²⁶ vgl. Buchert/Sutter 2023

²⁷ vgl. USGS 2023

Salar de Atacama und Argentinien's *Salar de Arizaro*)²⁸. Es wird angenommen, dass das Lithiumdreieck (*triángulo del litio*, auch *Saudi-Arabien des Lithiums* genannt) über 75% der vorhandenen bekannten Lithiumreserven enthält²⁹. Im Jahr 2022 waren die höchsten Reserven für Chile mit 9,3, Australien mit 6,2, Argentinien mit 2,7 und China mit 2 Millionen Tonnen bekannt.³⁰

Bolivien verfügt über die größten Ressourcen, hat die Produktion jedoch noch nicht entwickelt, da Bolivien die Produktion zwar selbst kontrollieren möchte, dafür aber das Know-how ausländischer Partner benötigen würde³¹. Chile hat Lithium als strategische Ressource definiert, private Investitionsbeschränkungen und Beschränkungen für die Soleförderung eingeführt und seine Rolle als Spitzenproduzent an Australien verloren³². Argentinien ist mittlerweile Ziel mehrerer Förderunternehmen, die dort investieren und Lithium fördern wollen³³.

Im Jahr 2022 war Australien mit 61.000 Tonnen der größte Lithiumproduzent, gefolgt von Chile mit 39.000 Tonnen, China mit 19.000 Tonnen und Argentinien mit 6.200 Tonnen³⁴.

Fünf große Unternehmen dominieren die Lithiumproduktion, in dieser Reihenfolge *Albemarle* (USA), *Ganfeng* (China), *SQM* (Chile), *Tianqi* (China) und *Livent Corp* (USA)³⁵.

Albemarle ist ein US-amerikanisches Unternehmen mit 5.000 Mitarbeitern und einem aktuellen Marktwert von 26 Milliarden US-Dollar. *Sociedad Química y Minera de Chile SA (SQM)* ist das führende chilenische Unternehmen mit einem aktuellen Marktwert von 19 Milliarden US-Dollar, während *Ganfeng Lithium* der größte chinesische Hersteller von Lithiumverbindungen ist und *Chengdu Tianqi Industry Group Co.* (mit der Tochtergesellschaft *Tianqi Lithium Corporation*) der größte Produzent aus Felsgestein³⁶.

Der weltweit größte Lithiumproduzent, die australische *Talison Lithium*, belieferte etwa 35% des weltweiten Lithiummarktes, wurde jedoch zwischenzeitlich von *Tianqi* und der deutschen *Rockwood Holdings* übernommen, *Rockwood* jedoch dann wiederum von *Albemarle*³⁷. *Tianqi* hat außerdem 26 Prozent des chilenischen Lithiumunternehmens *SQM* übernommen³⁸.

Ganfeng Lithium erwarb im Jahr 2022 ein argentinisches Lithiumprojekt für fast 1 Milliarde US-Dollar, ein anderes chinesisches Unternehmen hat im selben Jahr mehr als 500 Millionen US-Dollar in den argentinischen Lithiumsektor investiert³⁹. Dies waren nur zwei von mehreren strategischen Investitionen Chinas im Lithiumsektor im letzten Jahrzehnt. Darüber hinaus ist *Ganfeng Lithium* ein vertikal integriertes Unternehmen, das in den Bereichen Bergbau, Raffinierung und Verarbeitung, Batterieherstellung und Batterierecycling tätig ist⁴⁰ und Lieferverträge mit den Automobilherstellern *Tesla*, *VW*, *BMW* und dem koreanischen Batteriehersteller *LG Chem* hat⁴¹.

²⁸ vgl. Bastida 2023, Vásquez 2023

²⁹ vgl. Altiparmak 2022

³⁰ vgl. Vásquez 2023

³¹ vgl. Seefeldt 2020, Sanderson 2023

³² vgl. Vásquez 2023

³³ vgl. Sanderson 2023

³⁴ vgl. Vásquez 2023. **Achtung:** die hier präsentierten Zahlen schwanken in der Literatur, was mit der dynamischen Marktentwicklung und manchmal auf Schätzungen beruhen.

³⁵ vgl. Sanchez-Lopez 2022

³⁶ vgl. InvestingNews 2023

³⁷ vgl. Rodrigues/Padula 2017

³⁸ vgl. Vasquez 2023

³⁹ vgl. Sanderson 2023

⁴⁰ vgl. Sanchez-Lopez 2022

⁴¹ vgl. InvestingNews 2023

Infolgedessen produziert China Anfang 2023 60% der weltweiten Lithiumprodukte und 75% aller Lithium-Ionen-Batterien⁴². China kontrolliert 89% der weltweiten Lithiumraffineringskapazitäten, während Chile die restlichen 11% beisteuert⁴³.

Von den Batteriekomponenten (Kathoden, Anoden, Separatoren) werden mehr als 65% in China hergestellt, gefolgt von Japan mit 27%, während die Batterieproduktionskapazität hauptsächlich in China (75%) liegt, gefolgt von Südkorea (15%)⁴⁴. Mittlerweile stammen 78% der weltweiten Kathodenproduktion aus China, ebenso 91% der Anoden⁴⁵. Die Batteriemontage ist mit 60% hauptsächlich in China und mit 9% in den USA angesiedelt. Bemerkenswert ist, dass der wichtige chinesische Hersteller von Elektro- und Hybridautos *BYD Auto Company Limited (BYD)* bereits in allen diesen Produktionsschritten aktiv ist. Die chinesische *Contemporary Amperex Technology Co. Limited (CATL)* ist heute der weltweit größte Hersteller von Batterien für Elektrofahrzeuge⁴⁶ und von *battery management systems (BMS)*.

Die Produktion von Elektro- und Hybridautos erfolgt in China (43%), Deutschland (22%), den USA (9%) und Japan (8%)⁴⁷.

Die strategischen Trends für die Zukunft sind sogenannte Gigafabriken (**Gigafactories**) und die vertikale Integration der Batterie- und Autoproduktion oder, wo dies nicht möglich ist, die Diversifizierung der Bezugsquellen. Eine Gigafactory produziert Elektro- und Hybridautos mit einer Kapazität von Gigawattstunden (GWh). Der führende US-Hersteller *Tesla* hat für seine Gigafactory in Nevada unter anderem Vereinbarungen mit *Panasonic* und *LG Chem* getroffen. Erneut dominiert China bei den Gigafactories für die Batterieproduktion, mit 71 von 106 gezählten Fabriken im Jahr 2021 und 92 von 128 geplanten Fabriken⁴⁸. Die USA versuchen nun, die Hersteller von Lithiumbatterien mit finanziellen Anreizen aus dem *Inflation Reduction Act (IRA)* der Biden-Administration anzulocken⁴⁹.

Die führenden Batterierecyclingkapazitäten für Lithium-Ionen-Batterien liegen bei 188.000 Tonnen in China, 92.000 Tonnen in Europa und 21.500 Tonnen in Japan.⁵⁰

3.2 Andere Rohstoffe

China dominiert die Verarbeitung von Batterierohstoffen⁵¹. Es raffiniert 69% des Nickels, 75% des Kobalts, 40% des Kupfers und fast den gesamten Graphit für Batterien⁵².

Die größten Kobaltproduzenten sind *Glencore* (Südafrika) mit 19,3% und *Eurasian Natural Resources* (kontrolliert von Kasachstan) mit 11,6%⁵³, aber die Demokratische Republik Kongo liefert mehr als 70% des weltweit für Batterien, Windgeneratoren und digitale Technologien benötigten Kobalts, und China besitzt mittlerweile 70% der Bergbauindustrie im Kongo⁵⁴. Um dies zu erreichen, sicherte sich China Beteiligungen und Liefervereinbarungen mit mehr als der Hälfte der lokalen Kobaltproduzenten⁵⁵.

⁴² vgl. Zhang 2023

⁴³ vgl. Sanchez-Lopez 2022

⁴⁴ vgl. Sanchez-Lopez 2022

⁴⁵ vgl. Sanderson 2023

⁴⁶ vgl. Vásquez 2023

⁴⁷ vgl. Sanchez-Lopez 2022

⁴⁸ vgl. Sanchez-Lopez 2022

⁴⁹ vgl. Vásquez 2023

⁵⁰ vgl. ACS 2022

⁵¹ vgl. Zhang 2023

⁵² vgl. Bosch/Rondón 2022, Sanderson 2023

⁵³ vgl. Leruth et al. 2022

⁵⁴ vgl. van Wieringen/Fernández Álvarez 2022

⁵⁵ vgl. Meidan 2021

Der Kupfermarkt ist weniger konzentriert, Spitzenproduzent ist Chile mit 27,8%, Peru mit 10,4% und China mit 8,3%, und kein Unternehmen hat derzeit mehr als 8,4% Marktanteil⁵⁶.

Der Nickelmarkt sieht ähnlich aus, Spitzenproduzent ist Indonesien mit 39,4%, die Philippinen mit 12,5% und Russland mit 8,9%, und kein Unternehmen hat derzeit mehr als 6,7% Marktanteil⁵⁷.

4 Diskussion und Zusammenfassung

In einem größeren Zusammenhang werden Rohstoffe wie Lithium, Nickel, Kobalt, Graphit, Kupfer und Seltene Erden nicht nur für Elektro- und Hybridautos benötigt, sondern sind auch für andere saubere Energieprodukte wie Sonnenkollektoren und Windturbinen unerlässlich.

Mittlerweile produziert China mehr als 70% der weltweiten Solarmodule und hat fast 50% der weltweiten Produktionskapazität für Windkraftanlagen⁵⁸. Darüber hinaus spielt China eine wichtige Rolle in der Polysiliziumproduktion für Solarmodule und im Photovoltaikmarkt⁵⁹. Für China haben diese Aktivitäten sowohl eine ökologische als auch eine strategische Dimension. Aus ökologischer Sicht hat China im Jahr 2020 erklärt, bis 2060 CO₂-Neutralität zu erreichen. Aus strategischer Sicht verleiht die Kontrolle von Ressourcen und Produktion dem Land eine starke Stellung in der zukünftigen Geopolitik und Klimapolitik⁶⁰.

Aus westlicher Sicht zielt die Dekarbonisierungsstrategie darauf ab, langjährige Abhängigkeiten von Öl- und Gaslieferanten zu reduzieren und den Kapitaltransfer zu reduzieren. Die Situation auf dem Lithiummarkt zeigt, dass erneuerbare und saubere Energien neue Abhängigkeiten und Kapitaltransfers mit sich bringen. Im vergangenen Jahrzehnt hat China seine geopolitische Rolle durch systematische strategische Investitionen gestärkt.

Derzeit scheint es möglich, den schnell steigenden Lithiumbedarf durch Produktionssteigerungen und Exploration zu decken, es bestehen jedoch verschiedene Unsicherheiten, da Batterien sehr hochwertige Lithiumverbindungen benötigen⁶¹ und Batterien aus zurückgewonnenem Lithium möglicherweise nicht die gleiche Qualität aufweisen. Die Recyclingquote von Batterien steigt stetig, das Lithium-Recycling ist jedoch immer noch technisch anspruchsvoll⁶². Die zukünftige Nachfrage nach Lithium könnte höher sein als die bestehenden Kapazitäten und neue Bergbauprojekte und alternative Bergbautechnologien sind ungewisse, langfristige Prozesse⁶³. Darüber hinaus muss das Angebot an anderen Metallen, die zusammen mit Lithium verwendet werden, wie Kobalt, Kupfer und Nickel, erhöht werden.

Ein weiteres wichtiges strategisches Thema ist der Energiebedarf für Elektrofahrzeuge mit einem wachsenden Bedarf an elektrischer Energie⁶⁴. Die prognostizierte Zahl neuer Elektro- und Hybridautos unterschätzt den Lithium- und Energiebedarf, da die durchschnittlichen Batterien möglicherweise größer und dichter werden, um die Reichweite der Autos zu erhöhen, aber auch den Bau von Bussen und Lastkraftwagen zu ermöglichen. Das Stromnetz wird auch durch andere saubere Technologien wie die Wärmepumpe gefordert. Darüber hinaus kommen alternative Kraftstoffe für Autos wie Wasserstoff (H₂) nicht in der Natur vor, sondern müssen

⁵⁶ vgl. Leruth et al. 2022

⁵⁷ vgl. Leruth et al. 2022

⁵⁸ vgl. Median 2021

⁵⁹ vgl. Bosch/Rondón 2022

⁶⁰ vgl. Meidan 2021

⁶¹ vgl. Stampatori et al. 2020

⁶² vgl. Altiparmak 2022

⁶³ vgl. Sanchez 2022

⁶⁴ vgl. Proedrou 2023

erst durch Energiezufuhr erzeugt werden. Daher bestehen bereits jetzt Bedenken, dass die derzeitigen Stromnetze durch diese neuen Technologien überlastet werden könnten⁶⁵.

Zusammenfassend ist Lithium aus ökologischer, technischer und geopolitischer Sicht eine Schlüsselressource.

5 Literatur

ACS (2022): Lithium-Ion Battery Recycling - Overview of Techniques and Trends ACS Energy Lett. 2022, 7, 712-719

Altıparmak, S.O. (2022): China and Lithium Geopolitics in a Changing Global Market Chinese Political Science Review. <https://doi.org/10.1007/s41111-022-00227-3>

Bastida, A.E (2023): In Need of a New Water Blueprint for Governing Salt Flats For Lithium Production. In: Bastida, A.E., Graham, J.D., Rupp, J.A., Sanderson, H. (2023): Latin America's Lithium Perspectives on Critical Minerals in Vásquez, P.I. (ed.): Latin American Program April 2023 Wilson Center

Bosch, F., Rondón, L.G. (2022): Geopolitics of the Energy Transition: Potentials for EU-LAC Partnerships Policy Brief. Occasional paper. GEG(GC)/CRIES/EU-LAC Fundación EU-LAC

Buchert, M., Sutter, J. (2023): Stand und Perspektiven des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien aus der Elektromobilität Öko-Institut e.V.

Graham, J.D., Rupp, J.A. (2023): Lithium Mining. In: South America: The Quest For Sustainable Success. In: Bastida, A.E., Graham, J.D., Rupp, J.A., Sanderson, H. (2023): Latin America's Lithium Perspectives on Critical Minerals in Vásquez, P.I. (ed.): Latin American Program April 2023 Wilson Center

Hafner, M, Tagliapietra, S. (2020): The Geopolitics of the Global Energy Transition. Lecture Notes in Energy 73 Springer <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39066-2>

Heath G.A., Ravikumar D., Hansen, B., Kupets, E. (2022): A critical review of the circular economy for lithium-ion batteries and photovoltaic modules – status, challenges, and opportunities Journal of the Air & Waste Management Association 2022, Vol. 72, No. 6, 478–539 <https://doi.org/10.1080/10962247.2022.2068878>

InvestingNews (2023): Top Lithium producers. <https://investingnews.com> Last retrieved 06 July 2023

Klatt, R. (2023): Bundesnetzagentur will Strom für Elektroautos und Wärmepumpen drosseln. 17. Juni 2023 <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/oekonomie/bundesnetzagentur-will-strom-fuer-elektroautos-und-waermepumpen-drosseln-13377659>

Leruth, L., Mazarei, A., Régibeau, P., Renneboog, L. (2022): Green Energy Depends on Critical Minerals. Who Controls the Supply Chains? Peterson Institute for International Economics. August 2022

Meidan, M. (2021): China's Emergence As A Powerful Player In The Old And New Geopolitics of Energy. Oxford Energy Forum February 2021: ISSUE 126

National Intelligence Estimate (2021): Climate Change and International Responses Increasing Challenges to US National Security Through 2040. Director of National Intelligence-National Intelligence Council DNI NIC-NIE-2021-10030-A

Proedrou, F. (2023): EU Decarbonization under Geopolitical Pressure: Changing Paradigms and Implications for Energy and Climate Policy. Sustainability 2023, 15, 5083

⁶⁵ vgl. Klatt 2023

- Rodrigues, B.S., Padula, R. (2017): Lithium Geopolitics in the 21st Century. provided by Archives of the Faculty of Veterinary Medicine UFRGS e-ISSN 2238-6912 v.6, n.11, Jan./Jun. 2017, p.190-212
- Sanchez-Lopez, M.D. (2022): Geopolitics of the Li-ion battery value chain and the Lithium Triangle in South America. DOI: 10.1111/lamp.12285
- Sanderson, H. (2023): Great Power Competition in the Lithium Triangle. In: Bastida, A.E., Graham, J.D., Rupp, J.A., Sanderson, H. (2023): Latin America's Lithium Perspectives on Critical Minerals. In: Vásquez, P.I. (ed.): Latin American Program April 2023 Wilson Center
- Seefeldt, J. L. (2020): Lessons from the Lithium Triangle: Considering Policy Explanations for the Variation in Lithium Industry Development in the "Lithium Triangle" Countries of Chile, Argentina, and Bolivia. *Politics & Policy*, Volume 48, No. 4 (2020): 727-765. 10.1111/polp.12365
- Stampatori, D.; Raimondi, P.P., Noussan, M. (2020): Li-Ion Batteries: A Review of a Key Technology for Transport Decarbonization *Energies* 2020, 13, 2638; doi:10.3390/en13102638
- USGS (2023): U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2023
- van Wieringen, K., Fernández Álvarez, M. (2022): Securing the EU's supply of critical raw materials. Strategic Foresight and Capabilities Unit of the European Parliamentary Research Service EPRS Document PE 733.586 – July 2022
- Vásquez, P.I. (2023): Introduction. In: Bastida, A.E., Graham, J.D., Rupp, J.A., Sanderson, H. (2023): Latin America's Lithium Perspectives on Critical Minerals in Vásquez, P.I. (ed.): Latin American Program April 2023 Wilson Center
- VDMA (2021): Recycling von Lithium-Ionenbatterien. Frankfurt am Main, Juni 2021 PEM RWTH Aachen University, BLB TU Braunschweig und VDMA (Eigendruck), 1. Auflage ISBN: 978-3-947920-11-2
- Wang, B., Wang, L., Zhong, S., Xiang, N. and Qu, Q. (2023): Assessing the supply risk of geopolitics on critical minerals for energy storage technology in China. *Front. Energy Res.* 10:1032000. doi: 10.3389/fenrg.2022.1032000
- Zhang, M. (2023): The highly charged geopolitics of lithium. East Asia Forum on March 1 2023