

Verfügbarkeit des Batterie-Rohstoffs Lithium

Michael Schmidt

1.	Der Rohstoff Lithium	566
1.1.	Verwendung	566
1.2.	Vorkommen	567
1.3.	Gewinnung und Verarbeitung.....	569
1.4.	Preise.....	570
1.5.	Bergwerksförderung Lithium.....	570
1.6.	Nachfrage 2015.....	571
1.7.	Recycling	572
1.8.	Handel	573
1.9.	Geostrategische Risiken und Marktmacht.....	574
1.10.	Angebots- und Nachfragetrends.....	576
1.11.	Zukünftige Marktdeckung.....	577
1.12.	Geostrategische Risiken des zukünftigen Angebots.....	580
2.	Fazit.....	581
3.	Literatur.....	582

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften stellt Lithium für wiederaufladbare Batterien eine unverzichtbare Schlüsselkomponente dar. Dies wird sich auch nicht grundlegend ändern, obgleich es hier technologische Weiterentwicklungen geben wird. Im Zuge der Marktdurchdringung der Elektromobilität wird daher für die Gesamtnachfrage nach Lithium in den kommenden Jahren mit sehr hohen Zuwachsraten gerechnet. Der Markt wird sich entsprechend hoch dynamisch entwickeln.

Zum besseren Verständnis des Lithiummarktes wurde seitens der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) eine Studie zur aktuellen Versorgungslage sowie Risiken der zukünftigen Versorgung mit Lithium für den Zeitraum bis einschließlich 2025 erstellt. Die Rohstoffrisikoberichte haben das Ziel, deutsche Unternehmen dabei zu unterstützen, potenzielle Preis- und Lieferrisiken auf den Rohstoffmärkten frühzeitig zu erkennen, um gegebenenfalls geeignete Ausweichstrategien in der Beschaffung zu entwickeln.

1. Der Rohstoff Lithium

Lithium (Li: altgr. Lithos) ist ein Leichtmetall, welches in der Erdkruste mit einem Anteil von etwa 0,006 % vorkommt. In elementarer Form ist Lithium ein weiches silberweißes Metall. Bei Raumtemperatur ist es das leichteste aller festen Elemente. In elementarer Form besitzt Lithium die stärkste Hydrationsenthalpie von allen Alkalimetallen und zieht Wasser somit sehr stark an. Wie alle Alkalimetalle ist Lithium sehr reaktiv und reagiert mit sehr vielen Elementen. Bei Kontakt mit Sauerstoff reagiert Lithium vehement zu Lithiumoxid.

1.1. Verwendung

Lithium findet aufgrund seiner Eigenschaften in vielen unterschiedlichen Bereichen Anwendung (Bild 1). Dabei stehen jedoch zwei Hauptanwendungsgebiete hervor. Der mit Abstand wichtigste Verwendungszweck liegt im Bereich der wiederaufladbaren Batterien (Bild 2). Dieser Bereich machte 2015 in Summe etwa 37 % der Nachfrage aus.

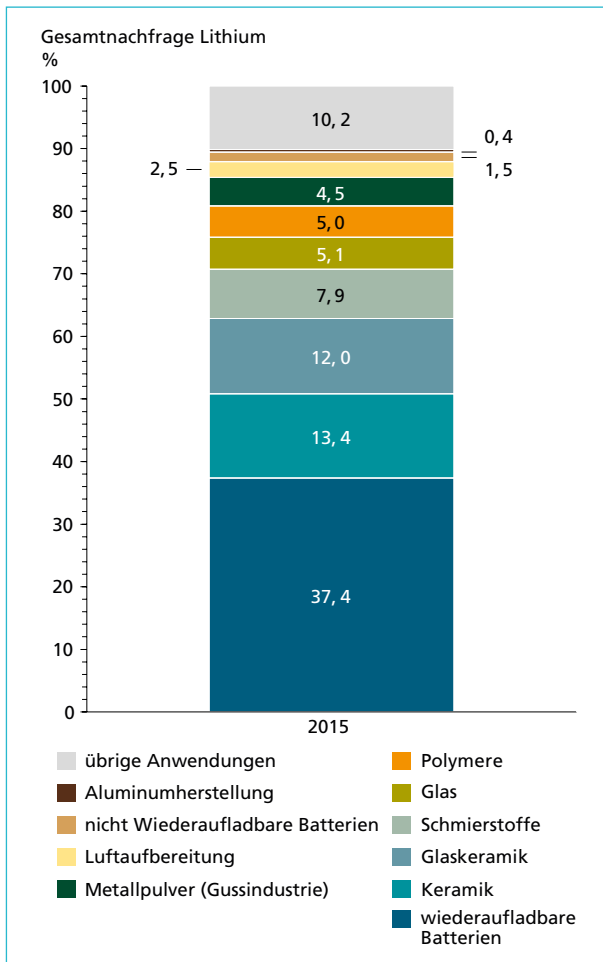


Bild 1:

Verwendungsgebiete von Lithium

Quellen:

USGS – United States Geological Survey: Lithium – Minerals Commodity Summaries. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/> (Stand: 06/2017)

Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

Der zweite wichtige Verwendungsbereich von Lithium liegt im Bereich der Glas- und Keramikindustrie. Kumuliert macht dieser Bereich etwa 30,5 % der Verwendung aus (Bild 2). Eine weitere Unterteilung erfolgt hier in die Bereiche Keramik (13,4 %), Glaskeramik (12 %) und Glas (5,1 %). Weitere Verwendung findet Lithium als Bestandteil in Schmierstoffen, als Pulver in der Stranggussindustrie, als Polymer in der pharmazeutischen Industrie, in der Luftaufbereitung, als Bestandteil nicht wiederaufladbarer Batterien (z.B. Knopfzellen) und in der Aluminiumschmelze.

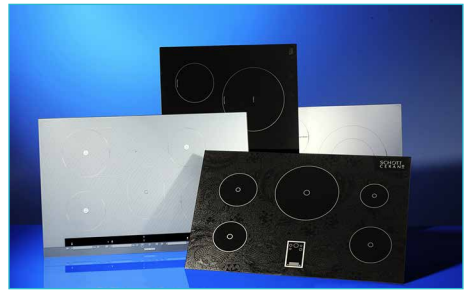


Bild 2: Pouch-Lithium-Ionen-Zelle mit einer Kapazität von 4.000 mA (links), Glaserankochfeld (rechts)

Quellen: Bild rechts: Schott AG, 2017; Bild links: BGR 2017

1.2. Vorkommen

Die beiden wirtschaftlich wichtigsten Quellen für Lithium stellen Festgesteinsvorkommen (Pegmatite) und Solevorkommen dar. Darüber hinaus findet sich Lithium in Grundwässern von Öllagerstätten (sogenannte Oilfield Brines), kontinentalen Tiefenwässern (Geothermal Brines), Tonen und Lithium-haltigen Mineralen wie z.B. Zinnwaldit (Deutschland) oder Jadarit (Serbien) (Tabelle 1).

Festgesteinsvorkommen: Aufgrund seiner chemischen Eigenschaften verbleibt Lithium sehr lange in den fluidalen Phasen von Magmen. Daher finden sich die primären Festgesteinsvorkommen vorrangig in Pegmatiten und Randbereichen alkalischer Intrusionen. Wichtige Pegmatitvorkommen finden sich in Australien, Kanada und Afrika (z.B. Simbabwe) (Bild 3).



Bild 3:

Pegmatitabbau Mt. Catlin, Australien

Quelle: Galaxy Resources, 2017

Es gibt in Summe etwa 200 Minerale, die Lithium in Konzentrationen $> 0,002\%$ Li_2O enthalten. Etwa 25 davon enthalten Lithium in Konzentrationen $> 2\%$ Li_2O [3]. Wirtschaftlich nutzbar sind davon jedoch nur wenige (Tabelle 1). Neben Lithium-haltigen Mineralen (z.B. Spodumen, Petalit) kommen in solchen Pegmatiten auch andere werthaltige Minerale vor.

Tabelle 1: Wichtige Lithium-enthaltende Minerale

Minerale	Formel	durchschnittlicher Li-Gehalt im Mineral	durchschnittlicher Li-Gehalt im Erz
		%	
Spodumen	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$	1,9 – 3,7	1,35 – 3,6
Petalit	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_{10}$	1,6 – 2,27	1,4 – 2,2
Lepidolith	$\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	1,39 – 3,6	1,4 – 1,9
Amblygonite	$(\text{Li},\text{Na})\text{AlPO}_4(\text{F},\text{OH})$	3,4 – 4,7	k. A.
Eucryptit	LiAlSiO_4	2,1 – 5,53	2,1 – 4,4
Bikitaite	$\text{LiAlSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,4	k. A.
Hektorit	$\text{Na}_{0,3}(\text{Mg},\text{Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	0,24 – 0,54	k. A.
Salitolit	$(\text{Li},\text{Na})\text{Al}_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH}_5)$	0,77	k. A.
Swinefordite	$\text{Li}(\text{Al},\text{Li},\text{Mg})_4((\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10})_2(\text{OH};\text{F})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	1,74	k. A.
Zinnwaldit ¹⁾	$\text{K}(\text{Li},\text{Fe}^{2+},\text{Al})_3[(\text{F},\text{OH})_2]\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$	0,92 – 1,85	k. A.
Polyolithionit	$\text{KLi}_2\text{AlSi}_4\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$	k. A.	k. A.
Jadarit	$\text{LiNaSiB}_3\text{O}_7(\text{OH})$	7,3	k. A.

¹⁾ Übergruppe der beiden Endglieder Siderophyllit ($\text{K}(\text{Fe}^{2+},\text{Al})_3[(\text{F},\text{OH})_2](\text{Si},\text{Al})_3\text{O}_{10}]$) und Polyolithionit ($\text{KLi}_2\text{Al}[\text{F}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$)

Quellen:

BGS – British Geological Survey: Lithium: Definitions, mineralogy and deposits. – URL: <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=3100> (Stand: 06/2016)

Garret, D. E.: Handbook Of Lithium And Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties. – 467 S.; Oxford (Elsevier B. V.), 2004

Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

Solevorkommen: Lithium-haltige Grundwässer kommen vor allem in drei unterschiedlichen Umweltmilieus vor. Zum einen in Salzseen (Salaren) bzw. Playas und zum anderen in kontinentalen Tiefenwässern und Ölfeldwässern. Aktuell genutzt werden jedoch nur die erstgenannten Vorkommen in Salzseen. Das Lithium in diesen Vorkommen hat seinen Ursprung wahrscheinlich in geothermalen Tiefenwässern bzw. heißen Quellen [3]. Hydrogeologisch stellen diese Vorkommen äußerst komplexe Systeme dar, die sich von Salar zu Salar stark unterscheiden können. Generell zeichnen sie sich durch ihre Höhenlage und geringe Niederschlagsmengen aus. Je nach Salar schwanken die Gehalte an Lithium sehr stark. Im Salar de Atacama liegen sie beispielsweise bei durchschnittlich 1.500 ppm (Bild 4). Wichtiger ökonomischer Faktor für die Gewinnung von Lithium aus solchen Vorkommen sind aber nicht nur die Gehalte an Lithium, sondern auch die Gehalte an Verunreinigungen wie Magnesium und Sulfat bzw. das Verhältnis von Lithium zu diesen Elementen und das Klima. Prinzipiell gilt, umso geringer diese Verunreinigungen sind, desto einfacher und günstiger stellt sich die konventionelle Aufbereitung und letztendlich die Gewinnung von Lithium dar.



Bild 4:

Solarevaporationsbecken der Firma Albemarle (Rockwood Lithium Ltda.) im Salar de Atacama (Chile)

Quelle: BGR 2016

1.3. Gewinnung und Verarbeitung

Die Gewinnung aus Solen findet vorrangig im sogenannten *Lithium Triangle* in Südamerika statt. Dabei handelt es sich um ein Gebiet zwischen Chile, Argentinien und Bolivien. Ein Abbau in Bolivien findet aktuell jedoch noch nicht statt. Einzelne Vorkommen gibt es aber auch in Peru. Darüber hinaus werden Lithium-haltige Solen in den USA (Nevada) und China (Tibet) gefördert und verarbeitet. Diese Solen werden üblicherweise durch Bohrlöcher an die Oberfläche gepumpt und in einem ersten Schritt in nacheinander geschalteten Evaporationsbecken durch Sonnenenergie aufkonzentriert. Ziel ist es, störende Inhalte (Karbonate, Sulfate, Salze) durch fraktionierte Kristallisation zu entfernen und gleichzeitig den Lithiumgehalt auf etwa 6 % zu erhöhen. Je nach Vorkommen unterscheiden sich die geförderten Solen in ihren chemischen Zusammensetzungen. Prinzipiell gilt, die Menge an Verunreinigungen bestimmt den technischen Aufwand, der notwendig ist, um die gewünschten Lithiumprodukte (Bild 5) in der entsprechenden Reinheit herstellen zu können. Generell sind Solen wünschenswert, die geringe Mg/Li- und geringe SO_4/Li -Verhältnisse aufweisen. Neben diesem etablierten Produktionsprozess gibt es neue Ansätze zur Lithiumgewinnung aus Lithium-haltigen Solen. Diese basieren zum überwiegenden Teil auf dem Prozess der Solvent-Extraktion und fokussieren auf die direkte Gewinnung von Lithium bzw. Lithiumverbindungen ohne die Verwendung von Evaporationsbecken.

Zur Gewinnung von Lithium aus Festgesteinsvorkommen werden die im Tage- oder Untertagebau geförderten Roherze (bspw. Pegmatite) durch Sortieren, Brechen, Mahlen, Schwerentrennung, Magnetscheidung, Flotation, Waschen, Filtern und Trocknen zu Lithium-haltigen Konzentraten verarbeitet. Hierbei wird in unterschiedliche Qualitäten hinsichtlich Reinheit, Korngröße usw. unterschieden. Typische Qualitäten sind *Technical Grade* und *Chemical Grade*. Die genauen Produktionsschritte variieren je nach Vorkommen, Mineralogie, Unternehmen und dem späteren Verwendungszweck. Konzentrate der Kategorie *Chemical Grade* werden zum überwiegenden Teil nach China zur Weiterverarbeitung zu Batterievorprodukten (Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid) exportiert. Konzentrate der Kategorie *Technical Grade* zeichnen sich durch geringere Mengen an Verunreinigungen wie Eisen aus und werden beispielsweise nach Europa exportiert, wo sie in der Glas- und Keramikindustrie eingesetzt werden. Prinzipiell werden Konzentrate hergestellt die zwischen 4–6 % Li_2O enthalten.



Bild 5: Lithiumkarbonat der Firma Albe-marle aus der Anlage La Negra

Quelle: BGR 2017

Der wichtigste Prozess zur Gewinnung von Lithiumverbindungen aus Spodumen-Konzentraten ist der sogenannte Acid-Roast Prozess. In diesem Prozess wird das Spodumen-Konzentrat aufgemahlen und in einem Drehrohrofen auf 1.075–1.150 °C erhitzt. Hierdurch wandelt sich α -Spodumen in β -Spodumen, welcher in heißen Säuren löslich ist. In nachgelagerten Prozessschritten wird als Zwischenprodukt Lithiumkarbonat ausgefällt. Für die Verarbeitung in der Batterieindustrie werden besondere Reinheiten (min. 99,5 %) benötigt. Diese werden über den Prozess des Ionenaustauschs erreicht.

1.4. Preise

Lithium wird hauptsächlich in Form von Lithiumkarbonat und Konzentraten (Spodumen, Petalit) in unterschiedlichen Qualitäten gehandelt. Die Preise werden üblicherweise zwischen Produzenten und Verbrauchern individuell und abhängig von den geforderten Produktqualitäten und Spezifikationen ausgehandelt (Langzeitlieferverträge). Gewisse Mengen an Lithiumprodukten werden auch am Spotmarkt gehandelt. Spotmarktpreise für Lithiumkarbonat und Spodumen-Konzentrate liegen zum Teil erheblich über den Preisen von Langzeitlieferverträgen.

Lithiumkarbonat: Zwischen 1999 und 2015 haben sich die Jahresdurchschnittspreise für Lithiumkarbonat (Lithium-Carbonate, min. 99–99,5 % Li_2CO_3 , large contracts, USA, delivered continental) um den Faktor 2,3 erhöht. Berücksichtigt man das Jahr 2016, so haben sich die Preise um den Faktor 2,6 erhöht. Sie stiegen von 2.860 USD/t (1999) auf 6.456 USD/t (2015) bzw. 7.457 USD/t (2016). Im Oktober 2017 notierte der Preis bei knapp 15.000 USD/t, was einem Plus von etwa 102 % gegenüber dem Jahresdurchschnittspreis des Jahres 2016 entspricht. Auf dem Spotmarkt werden aktuell Preise von über 22.000 USD/t Lithiumkarbonat erzielt.

Spodumen-Konzentrate: Der Preis für Konzentrate (min. 5–6 % Li_2O) lag bis August 2017 bei etwa 350–410 USD/t. Seit Ende August 2017 ist jedoch ein starker Preisanstieg zu verzeichnen. Ende November notierte der Preis bereits bei etwa 870–950 USD/t und somit knapp 150 % über dem Preis vom August des gleichen Jahres. Auf dem Spotmarkt werden aktuell Preise von über 1.100 USD/t Konzentrat erzielt.

1.5. Bergwerksförderung Lithium

Im Jahr 2015 wurden weltweit etwa 33.011 t Lithium (bezogen auf das enthaltene Lithium; im weiteren Li-Inh.) durch Bergwerksförderung gewonnen wobei etwa 52 % aus der Soleförderung stammten (Bild 6). Das größte Förderland war mit etwa 13.160 t Li-Inh. Australien (Marktanteil 39,9 %). Weltweit zweitgrößtes Förderland war

Chile mit etwa 11.787 t Li-Inh. (Marktanteil 35,7 %). Es folgte mit großem Abstand an dritter Stelle Argentinien mit etwa 3.515 t Li-Inh. (Marktanteil 10,7 %). Weitere Lithium produzierende Länder sind: China (2.002 t Li-Inh., Marktanteil 6 %), Simbabwe (1.024 t Li-Inh., Marktanteil 3 %), USA (846 t Li-Inh., Marktanteil 2,6 %), Portugal (470 t Li-Inh., Marktanteil 1,4 %) und Brasilien (186 t Li-Inh., Marktanteil 0,6 %). Auf die Kategorie *übrige Länder* entfallen lediglich etwa 19 t Li-Inh.

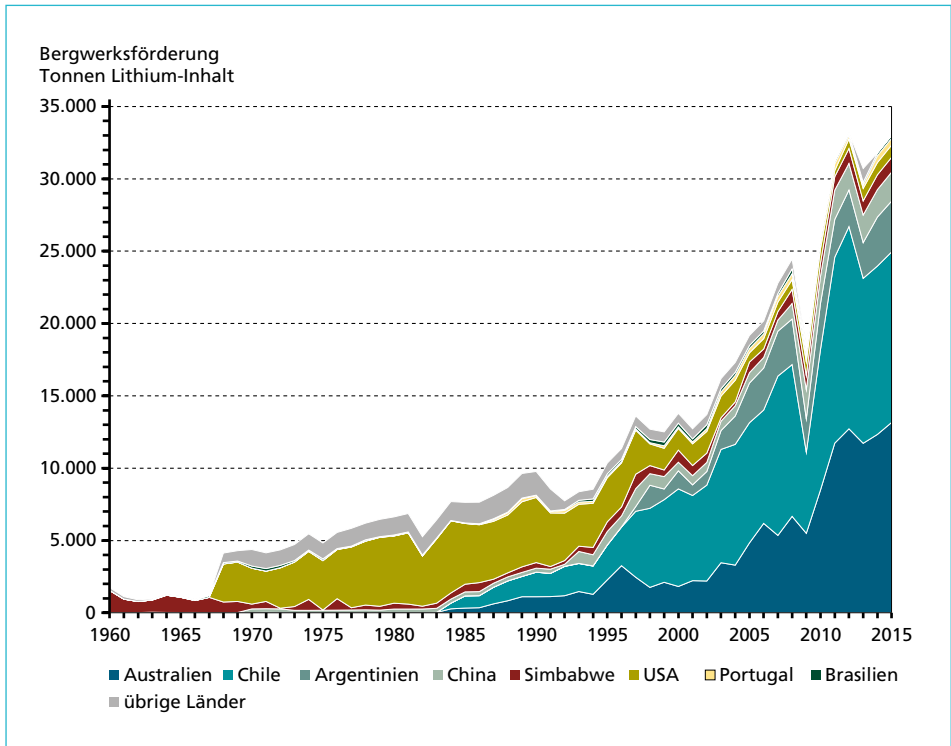


Bild 6: Entwicklung der Bergwerksförderung von Lithium zwischen 1960 und 2015

Quellen:

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR: Fachinformationssystem Rohstoffe. 2014, unveröff.; Hannover (Stand: 2017)

Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

1.6. Nachfrage 2015

Die Gesamtnachfrage nach Lithium wird fast ausschließlich über das Primärangebot durch Bergwerksförderung gedeckt. Der Sekundärsektor spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle (s.u.). Je nach verwendeter Quelle schwanken die Angaben zur Gesamtnachfrage zum Teil beträchtlich. Nach Roskill [10] lag die Gesamtnachfrage nach Lithium im Jahr 2015 bei etwa 33.300 t Li-Inh. Aufgegliedert nach Regionen wurde die höchste Nachfrage nach Lithium in China (40 % Anteil) generiert, gefolgt von Europa (21 %), Japan (11 %), Südkorea (11 %) und Nordamerika (8 %).

Etwa 6 % der Gesamtnachfrage entfallen auf die Kategorie *übrige Länder*. Hintergrund für den hohen asiatischen Anteil ist die in Asien angesiedelte Industrie zur Herstellung von wiederaufladbaren Batterien bzw. den dafür benötigten Ausgangsprodukten wie Kathoden-, Anoden- oder Elektrolytmaterialien. Die hohe Nachfrage in Europa ist mit der Glaskeramik- und Glasindustrie zu erklären.

1.7. Recycling

Für das weltweite Gesamtangebot von Lithium spielen das Recycling, und damit das Angebot aus dem Sekundärsektor, bisher keine wesentliche Rolle. Ursächlich hierfür sind die großen primären Ressourcen/Reserven sowie die relativ kostengünstige Gewinnung [8]. Auch die dissipative Verteilung des Lithiums sowie technologische Ansprüche an die Reinheit für bestimmte Anwendungen in den Endprodukten spielen eine wesentliche Rolle in diesem Kontext. Laut UNEP [12] liegt der Sekundäranteil an der gesamten Produktion (Recycling Content, RC) von Lithium bei weniger als 1 %. Der Anteil des Altschrotts am Gesamtschrott (Old Scrap Ratio, OSR) liegt bei Lithium ebenfalls bei weniger als 1 %. Entsprechend niedrig ist die End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR). Diese liegt bei Lithium bei unter 1 % und ist somit vernachlässigbar. Auch die Recyclingkapazitäten sind momentan noch unbedeutend. Initiativen wie die Europäische Batterierichtlinie 2006/66/EC, die WEEE-Richtlinie 2012/19/EU, die RoHS-Richtlinie 2011/65/EU u.a. werden aber mittelfristig zum Ausbau des Recyclings führen [7].

Das größte Recyclingpotenzial für Lithium liegt nach Martin et al. [8] in wiederaufladbaren Lithium-Ionen Batterien. Zu diesem Thema sind in den vergangenen Jahren unterschiedlichste Forschungsprojekte durchgeführt worden (z.B. LithoRec, LithoRec II, LiBri, ECOBATREC). Die Verfahren zur Rückgewinnung dieser Batterien müssen umweltgerecht und energieeffizient darstellbar sein (Bild 7). Der Prozess muss darüber hinaus hohe Recyclingraten zulassen und ein Produkt zur Verfügung stellen, das marktfähig ist und beispielsweise in Batterien wieder verwendet werden kann (Closed-Loop). Diese Recyclingprozesse müssen außerdem kompatibel zu den unterschiedlichen aktuell verfügbaren Batterietypen und somit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen sein [5]. Die Trennung einzelner Komponenten kann sich schwierig gestalten, da diese im besten Fall verschraubt und im schlechtesten Fall verklebt oder in Harzen bzw. Kunststoffen eingegossen sind. Die Zellen bzw. Module sind häufig fest mit Kühlelementen oder stabilisierenden Strukturen verbunden, um eine verbesserte Kühlleistung bzw. mechanische Stabilität zu gewährleisten [6]. Eine Trennung in einzelne Komponenten oder Materialgruppen führt zu einer effizienteren Rückgewinnung. Gehäusematerialien (Stahl, Aluminium, Plastik), Kabel (Kupfer) und Elektronikkomponenten (Gold, Silber, PGM) können so direkt in die entsprechenden Recyclingkreisläufe eingebracht werden.

In den übrigen Verwendungsbereichen wird Lithium nicht zurückgewonnen. Glasbruch kann jedoch, wenn er sortenrein ist, recycelt werden.

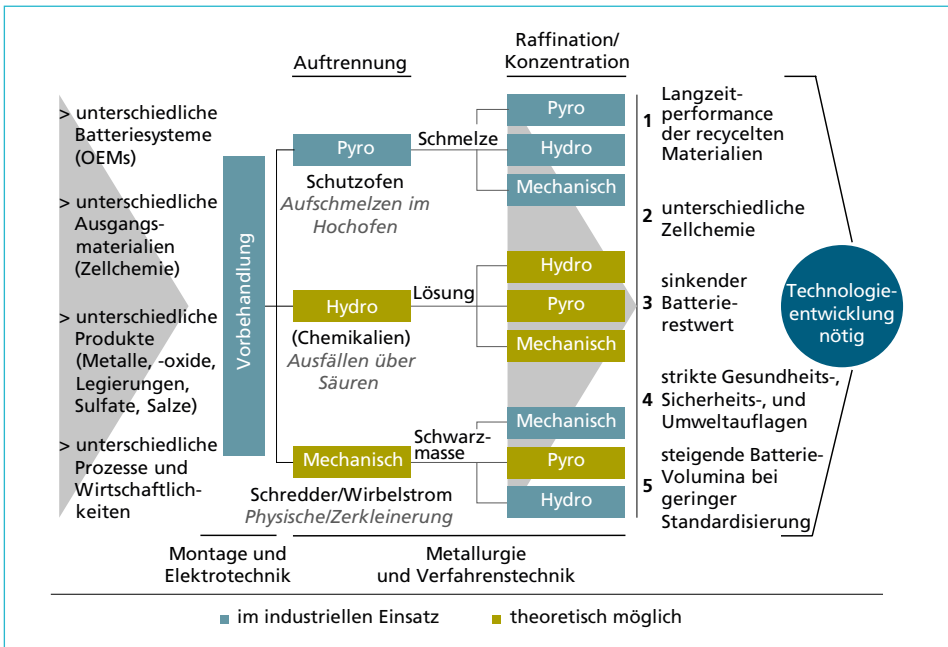


Bild 7: Schematische Übersicht möglicher Verfahrenswege zum Recycling von Lithium-Ionen-Batterien modifiziert nach Roland Berger GmbH

Quelle: Roland Berger GmbH: Studie zu Verwendungsmöglichkeiten im Bereich Klärschlamm, GfK und Li-Ion Batterien. – Auszug LiBT.– Firmenpräsentation (Stand: 04/2017)

1.8. Handel

Zum besseren Verständnis des Lithiummarktes bzw. der Wertschöpfungskette ist es sinnvoll globale Handelsdaten zu analysieren. Die wichtigsten Handelsprodukte stellen auf der Rohstoffebene Lithiumkarbonat und Lithium-haltige Mineralkonzentrate (Spodumen) dar. Darüber hinaus findet Handel mit Lithiumoxid, -hydroxid, Lithiumchlorid, Lithium-Ionen-Batterien und geringen Mengen an Lithiummetall und Lithiumhaltigen Solen statt. Die hier angegebenen Handelsdaten beziehen sich auf die positiven Nettoexporte der jeweiligen Produkte, da der Fokus auf der Angebotsseite liegt. Unter Nettoexporten versteht man die Differenz von Exporten und Importen einer Volkswirtschaft. Nettoexporte können sowohl positive als auch negative Werte annehmen.

Lithiumkarbonat: Im Jahr 2015 lagen die weltweiten Nettoexporte von Lithiumkarbonat bei etwa 63.380 t. Größter Nettoexporteur war Chile mit 49.610 t (Weltanteil 78,3 %). Bei den Exporten aus Chile ist ein prozentualer Anteil an Material aus Argentinien enthalten, welches über die Anden an die chilenische Küste (Antofagasta) transportiert wird und dann das Land verlässt. Die genaue Menge lässt sich jedoch nicht quantitativ erfassen. Zweitgrößter Nettoexporteur war Argentinien (13.730 t, 21,7 %). Diese beiden Länder sind für beinahe 100 % des gesamten Nettohandels mit Lithiumkarbonat verantwortlich. Beide sind in der Förderung und Weiterverarbeitung zu Lithiumkarbonat aktiv.

Mineral-Konzentrate: Im Jahr 2015 lagen die ermittelten Nettoexporte dieser Konzentrate bei etwa 520.300 t. Der überwiegende Teil dieser Exporte stammte aus Australien (472.410 t, Anteil 90,8 %). Bei einem angenommenen Li_2O -Gehalt von etwa 6 % entspricht dies in etwa 13.150 t Li-Inh. Die ermittelten Nettoexporte Simbabwes betragen 2015 etwa 47.880 t Konzentrat (Anteil 9,2 %, 1.300 t Li-Inh).

Lithium-Ionen-Batterien: Da Lithium-Ionen-Batterien den wichtigsten Anwendungsbereich darstellen und sich die Produktion dieser Zellen aktuell auf den asiatischen Wirtschaftsraum konzentriert, ist es notwendig, auch den Nettohandel dieser Produkte zu betrachten. Die Nettoexporte von Lithium-Ionen-Batterien lagen 2015 bei etwa 2,45 Mrd. Einheiten. Größter Nettoexporteur war die Republik Korea mit etwa 1,33 Mrd. Einheiten (Weltanteil 54,2 %). Zweitgrößter Nettoexporteur war Japan mit etwa 0,91 Mrd. Einheiten (Weltanteil 37,2 %). Weitere Nettoexporte kamen 2015 aus Singapur (0,18 Mrd. Einheiten, Weltanteil 4,8 %) und Thailand (95 Mio. Einheiten, Weltanteil 3,9 %). Beide Länder verfügen über keine eigene Produktion, sodass hier von einem Durchgangshandel ausgegangen werden kann. China taucht als Nettoexporteur dieser Warengruppe nicht auf, obgleich das Land eine zentrale Rolle in der Zellfertigung einnimmt. Ursache hierfür ist, dass die Importe mit etwa 1,7 Mrd. Einheiten über den Exporten von etwa 1,5 Mrd. Einheiten liegen. China produziert selbst große Mengen an Lithium-Ionen-Batterien und importiert zusätzlich große Mengen. Diese Zellen werden im Land zu Produkten der höheren Wertschöpfung weiterverarbeitet und global exportiert bzw. lokal verkauft, so z.B. Batteriesysteme, klassische 3C-Anwendungen (Laptops, Tablets, Smartphones), E-Fahrzeuge, ESS-Anwendungen u.a. Basierend auf reinen Exporten ist China mit 1,5 Mrd. Einheiten das wichtigste Lieferland [4].

1.9. Geostrategische Risiken und Marktmacht

Geostrategische Risiken und Marktmacht durch eine Anbieterkonzentration werden anhand des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) und des gewichteten Länderrisikos (GLR) untersucht.

Für die Ermittlung des Konzentrationsgrads wird der HHI berechnet und herangezogen. Dieser ist eine Kennzahl, welche die Konzentration in einem Markt (Länder/Firmen) angibt. Sie wird durch das Summieren der quadrierten Marktanteile aller Wettbewerber errechnet. Die Bewertungsskala für den HHI richtet sich nach den Vorgaben des U.S. Department of Justice und der Federal State Commission, die einen Markt bei einem HHI unter 1.500 als gering und zwischen 1.500 und 2.500 Punkten als mäßig konzentriert definieren. Bei einem Indexwert über 2.500 gilt ein Markt als hoch konzentriert.

Das Länderrisiko (LR) ergibt sich aus dem Mittelwert der sechs *Worldwide Governance Indicators* der Weltbank, die jährlich die Regierungsführung von über 200 Staaten weltweit bewertet. Gemessen werden Mitspracherecht und Rechenschaftspflicht, politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt, Leistungsfähigkeit der Regierung, Regulierungsqualität, Rechtsstaatlichkeit und Korruptionsbekämpfung.

Das GLR als Indikator für geopolitische Risiken errechnet sich aus der Summe der Anteilswerte der Länder an der Produktion oder dem Nettoexport, multipliziert mit

dem Länderrisiko. Das GLR liegt in einem Intervall zwischen +2,5 und -2,5. Bei Werten über 0,5 wird das Risiko als niedrig eingestuft, zwischen +0,5 und -0,5 liegt ein mäßiges Risiko vor und Werte unter -0,5 gelten als kritisch.

Bergwerksförderung Lithium: Mit einem HHI von knapp über 3.000 liegt die Länderkonzentration der Weltbergwerksförderung von Lithium in einem bedenklichen Bereich. Das GLR der Weltbergwerksförderung von Lithium lag 2015 mit einem Wert von 0,95 im unkritischen Bereich. Das geopolitische Risiko der Weltbergwerksförderung wird insgesamt dennoch als unbedenklich bewertet.

Weiterverarbeitung Lithium: Mit einem HHI von 3.658 liegt die Länderkonzentration der Weiterverarbeitung von Lithium analog zur Weltbergwerksförderung 2015 in einem bedenklichen Bereich. Hauptgrund hierfür ist, dass die Weiterverarbeitung hauptsächlich in zwei Ländern (Chile, China) stattfindet (Anteil 83,2 %). Das gewichtete Länderrisiko der Weiterverarbeitung von Lithium lag mit einem Wert von 0,29 im mäßig kritischen Bereich. Damit ist das geopolitische Risiko der Weiterverarbeitung insgesamt als mäßig bedenklich zu bewerten.

Handelsprodukte: Die mithilfe des HHI berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte von Lithiumkarbonat lag im Jahr 2015 mit einem Wert von 6.597 im bedenklichen Bereich. Das gewichtete Länderrisiko ist mit einem Wert von 0,83 als unbedenklich zu bewerten.

Eine quantitative Bewertung der Nettoexporte von Lithium-haltigen Mineral-Konzentraten ist aufgrund der zur Verfügung stehenden Daten nur unzureichend möglich. Qualitativ ist der Nettoexport dieser Warengruppe als sehr hoch konzentriert anzusehen. Legt man die ermittelten Exportdaten zugrunde, liegt der ermittelte HHI von etwa 8.330 im bedenklichen Bereich. Das gewichtete Länderrisiko ist mit einem Wert von 1,31 aufgrund der positiven Länderbewertung Australiens als unbedenklich zu bewerten.

Firmenkonzentration

Bergwerksförderung: Anhand der Produktionszahlen der Unternehmen [10] kann die globale Förderung von etwa 33.010 t Li-Inh. zu 98 % einzelnen Bergbauunternehmen zugeordnet werden. Die gesamte Struktur der Lithiumförderung stellt ein Oligopol dar, bei dem auf die vier größten Produzenten im Jahr 2015 zusammen knapp 91 % der Weltlithiumförderung entfielen. Die übrigen 9 % der Förderung entfielen auf weitere 15 Unternehmen. Die Ausübung von Marktmacht durch weltweite Firmenkonzentration bei den Bergbauunternehmen wird, basierend auf einem berechneten HHI von 2.480, als mäßig bedenklich mit Tendenz in den bedenklichen Bereich bewertet.

Weiterverarbeitung (Lithium Chemikalien): Die globale Produktion, basierend auf Daten von Roskill [10], kann zu knapp 99,9 % einzelnen Unternehmen zugeordnet werden. Auf die vier größten Produzenten entfielen 2015 etwa 74 % der Weltproduktion von Lithiumchemikalien (Lithiumkarbonat, Lithiumhydroxid). Die Ausübung von Marktmacht durch weltweite Firmenkonzentration bei diesen Unternehmen wird, basierend auf einem berechneten HHI von 1.615, als mäßig bedenklich mit Tendenz in den unbedenklichen Bereich bewertet.

Weiterverarbeitung (Konzentrate): Die globale Produktion, basierend auf Daten von Roskill [10], kann zu knapp 87 % einzelnen Bergbauunternehmen zugeordnet werden. Allein auf den größten Produzenten entfielen 2015 etwa 70 % der Weltproduktion von Lithium-haltigen Konzentraten der Kategorie *Technical Grade*. Auf das zweitgrößte Unternehmen entfallen knapp 16 % Anteil. Die Ausübung von Marktmacht durch weltweite Firmenkonzentration bei den Bergbauunternehmen wird, basierend auf einem berechneten HHI von 5.179, als bedenklich bewertet.

1.10. Angebots- und Nachfragetrends

Vorräte: Die weltweiten Reserven von Lithium werden vom USGS [13] mit 14,5 Millionen Tonnen Li-Inh. beziffert. Der Großteil dieser Reserven konzentriert sich in Chile (7,5 Mio. t Li-Inh., 51,8 %). Weitere Reserven befinden sich in den Ländern China (3,2 Mio. t Li-Inh., 22,1 %), Argentinien (2 Mio. t Li-Inh., 13,8 %) und Australien (1,6 Mio. t Li-Inh., 11,1 %). Weitere 170.000 Li-Inh. (1,2 %) entfallen auf die Kategorie *übrige Länder* (inkl. USA, Simbabwe, Portugal). Angaben zu den Reserven Boliviens im Salar de Uyuni sind nicht verfügbar.

Die Lithiumressourcen liegen nach Daten des USGS [13] bei etwa 41 Mio. t Li-Inh. In dieser Kategorie führt Bolivien das Ranking mit etwa 9 Mio. t Li-Inh. (22 %) an. Es folgen Chile (7,5 Mio. t Li-Inh., 18,3 %), USA (6,7 Mio. t Li-Inh., 16,3 %) und Argentinien (6,5 Mio. t Li-Inh., 15,9 %). China liegt mit etwa 5,1 Mio. t Li-Inh. und einem Anteil von 12,4 % an fünfter Stelle. Australien befindet sich als wichtigster Lieferant von Spodumen-Konzentraten mit etwa 1,7 Mio. t Li-Inh. (4,1 %) auf Rang 6.

Zukünftiges Angebot: Die Abschätzung des künftigen Angebots basiert auf geplanten Betriebserweiterungen und Bergwerksprojekten, deren Jahresförderkapazitäten und dem geplanten Produktionsbeginn. Bei den Daten der Kapazitäten aus neuen Bergbauprojekten und Betriebserweiterungen handelt es sich um Planzahlen der Bergbau- und Explorationsunternehmen. Im Rahmen der Rohstoffrisikobewertung wurden zwei unterschiedliche Angebotsszenarien für Lithium bis zum Jahr 2025 erstellt. Beide Szenarien sind in Tabelle 2 vergleichend dargestellt. Für beide Szenarien wird davon ausgegangen, dass 70 % der geplanten Kapazitäten zum Einsatz kommen.

Tabelle 2: Übersicht der zusätzlich möglichen Jahresförderkapazität für Lithium

Status	Anzahl	geplante Kapazität bis 2025	erwartete Kapazität 2025 (Szenario 1)	erwartete Kapazität 2025 (Szenario 2)
		t Li-Inh./Jahr		
Betriebserweiterungen	6	38.665	20.990	36.375
im Bau/in Entwicklung	2	13.850	13.200	13.200
Wiederaufnahme	1	4.300	0	3.600
Projekte (PFS ¹⁾ & FS ²⁾ ³⁾	11	79.125 ⁴⁾	44.411 ⁵⁾	71.215 ⁴⁾
Summe⁶⁾	20	135.940	78.600	124.390
erwartete Kapazität^{6),7)}		95.160	55.020	87.070

¹⁾ Pre-Feasibility Status; ²⁾ Feasibility Status; ³⁾ Beinhaltet mögliche Projekte in China (kumuliert) sowie ein Projekt in Bolivien; ⁴⁾ enthält 1.500 t Li-Inh. für mögliche Projekte in China sowie 3.000 t Li-Inh. für eine mögliche Produktion in Bolivien (Salar de Uyuni); ⁵⁾ enthält 1.000 t Li-Inh. für Projekte in China; ⁶⁾ Abweichung durch Rundung möglich; ⁷⁾ erwartete Kapazität entspricht 70 % der geplanten Kapazität

Quelle: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

Tabelle 3: Nachfrageszenarien für Lithium für den Zeitraum 2015 bis 2025

DERA	CAGR ¹⁾ 2015 bis 2025 %	Nachfrage 2025 t Li-Inh. ²⁾
Szenario 1 ³⁾	7,3	67.540
Szenario 2 ⁴⁾	9,2	80.150
Szenario 3 ⁵⁾	12,8	110.770

¹⁾ CAGR = Compound Annual Growth Rate
(jährliche durchschnittliche Wachstumsrate)

²⁾ Gerundet

³⁾ Bedarf Automobilindustrie = 130 GWh (180 g Li-Inh. pro kWh)

⁴⁾ Bedarf Automobilindustrie = 200 GWh (180 g Li-Inh. pro kWh)

⁵⁾ Bedarf Automobilindustrie = 370 GWh (180 g Li-Inh. pro kWh)

Quelle: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium.
DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

Zukünftige Nachfrage: Die Abschätzung der künftigen Nachfrage basiert auf Daten und -prognosen von Roskill [10]. Für die Anwendungsbereiche der wiederaufladbaren Batterien wurden jedoch DERA-interne Szenarien verwendet. Das jährliche Gesamtnachfragewachstum (CAGR) betrug zwischen den Jahren 2000 und 2015 durchschnittlich 7 %. Zwischen 2010 und 2015 stieg die Nachfrage um etwa 7,8 % pro Jahr und lag somit über dem langjährigen Durchschnitt. Zwischen 2013 und 2015 nahm die Gesamtnachfrage um 5,8 % zu und lag damit deutlich unter dem langjährigen Mittel. Die unterschiedlichen Nachfrageszenarien der DERA sind detailliert in Tabelle 3 aufgeführt.

1.11. Zukünftige Marktdeckung

Angebotszenario 1: Für das Jahr 2025 ergibt sich in diesem Szenario gegenüber dem Jahr 2015 ein zusätzliches geschätztes Lithiumangebot von 55.020 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung. Dem Markt stünden somit insgesamt 88.030 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung zur Verfügung (33.010 t + 55.020 t). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate (CAGR) von 10,3 % und würde damit deutlich über dem langfristigen Trend von 5,5 % pro Jahr (1960–2015) und dem mittelfristigen Trend von 5,6 % pro Jahr (2005–2015) liegen.

Zwischen 2015 und 2025 wird von durchschnittlichen Nachfragezuwächsen nach Lithium von 7,3 bis 12,8 % jährlich ausgegangen. Der Bedarf würde demnach im Jahr 2025 bei etwa 67.540–110.770 t Li-Inh. liegen.

Bei einem jährlichen Wachstum der Gesamtnachfrage nach Lithium von 7,3 % ab dem Jahr 2015 ergibt sich für das Jahr 2025 ein theoretischer Angebotsüberschuss von 20.500 t Li-Inh. (23,3 %) (Bild 8, Tabelle 4). Die Marktsituation wäre in diesem Falle als unbedenklich zu bewerten. Bei einem jährlichen Wachstum der Gesamtnachfrage nach Lithium von 9,2 % ab 2015 ergibt sich für das Jahr 2025 ein theoretischer Angebotsüberschuss von 7.900 t Li-Inh. (9,0 %). Die Marktsituation wäre in diesem Falle ebenfalls als unbedenklich zu bewerten. Sollte die Gesamtnachfrage nach Lithium ab 2015 mit einem CAGR von 12,8 % zunehmen, ergibt sich für das Jahr 2025 ein theoretisches Angebotsdefizit von 22.700 t Li-Inh. (-25,8 %). Diese Marktsituation wäre in diesem Falle als bedenklich zu bewerten.

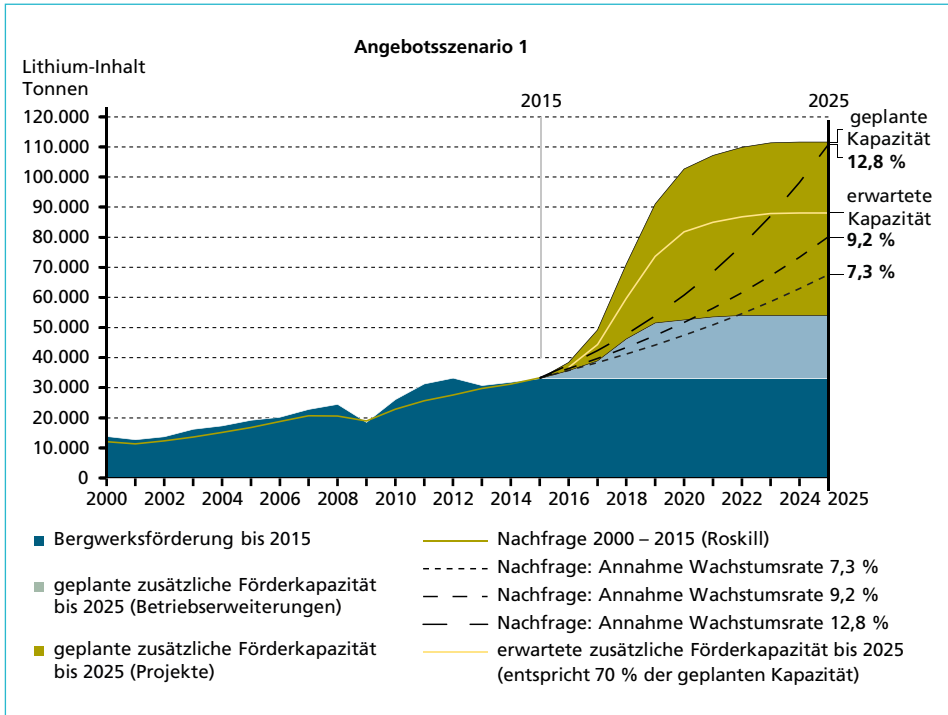


Bild 8: Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2025 (Angebots-szenario 1)

Quellen: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

Die maximal mögliche Nachfragesteigerung, bei welcher der Markt aufgrund der Angebotsentwicklung in Szenario 1 (70 % der geplanten Kapazität sind umgesetzt) bis 2025 noch ausgeglichen wäre, liegt bei etwa 10,2 %. Dieser Wert liegt deutlich über dem Durchschnitt der Jahre 1960–2015 von 5,5 % pro Jahr.

Sollte im Jahr 2025 tatsächlich die angekündigte Kapazität von 78.600 t Li-Inh. zu 100 % umgesetzt werden, könnte eine Nachfragesteigerung von 12,9 % pro Jahr bis 2025 bedient werden (Tabelle 2).

Szenario	CAGR 2015–2025	Angebot 2025	Nachfrage 2025	Markt-deckung	Markt-deckung
	%	t Li-Inh.	t Li-Inh.	t Li-Inh. ¹⁾	% ¹⁾
1	7,3		67.500	20.500	23,3
2	9,2	88.000	80.150	7.850	9,0
3	12,8		110.800	-22.700	-25,8

¹⁾ geringe Abweichung durch Rundung möglich

Tabelle 4:

Marktdeckung 2025 von Lithium unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotsszenario 1 (konservativ)

Quelle: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

Angebotszenario 2: Für das Jahr 2025 ergibt sich in diesem Szenario gegenüber dem Jahr 2015 ein zusätzliches geschätztes Lithiumangebot von 87.070 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung. Dem Markt stünden somit insgesamt 120.080 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung zur Verfügung (33.010 t + 87.070 t). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate von 13,8 % und würde damit deutlich über dem langfristigen Trend von 5,5 % pro Jahr (1960–2015) sowie über dem mittelfristigen Trend von 5,6 % pro Jahr (2005–2015) liegen.

Bei einem jährlichen Wachstum der Gesamtnachfrage nach Lithium ab 2015 mit einem Jahresmittel von 7,3 % ergibt sich für das Jahr 2025 ein extremer Angebotsüberschuss von etwa 52.600 t Li-Inh. (43,8 %) (Bild 9, Tabelle 5). Die Marktsituation wäre in diesem Falle als unbedenklich zu bewerten. Diese Marktsituation wird allerdings als unrealistisch eingeschätzt. Bei einem jährlichen Wachstum der Gesamtnachfrage nach Lithium ab 2015 mit einem Jahresmittel von 9,2 % ergibt sich für das Jahr 2025 ein extremer Angebotsüberschuss von 40.000 t Li-Inh. (33,3 %). Die Marktsituation wäre in diesem Falle ebenfalls als unbedenklich zu bewerten, wird jedoch ebenfalls als unrealistisch eingeschätzt. Sollte das jährliche Wachstum der Gesamtnachfrage nach Lithium ab 2015 mit einem Jahresmittel von 12,8 % zunehmen, ergibt sich für das Jahr 2025 ein Angebotsüberschuss von etwa 9.400 t Li-Inh. (7,8 %). Die Marktsituation wäre in diesem Falle als unbedenklich zu bewerten.

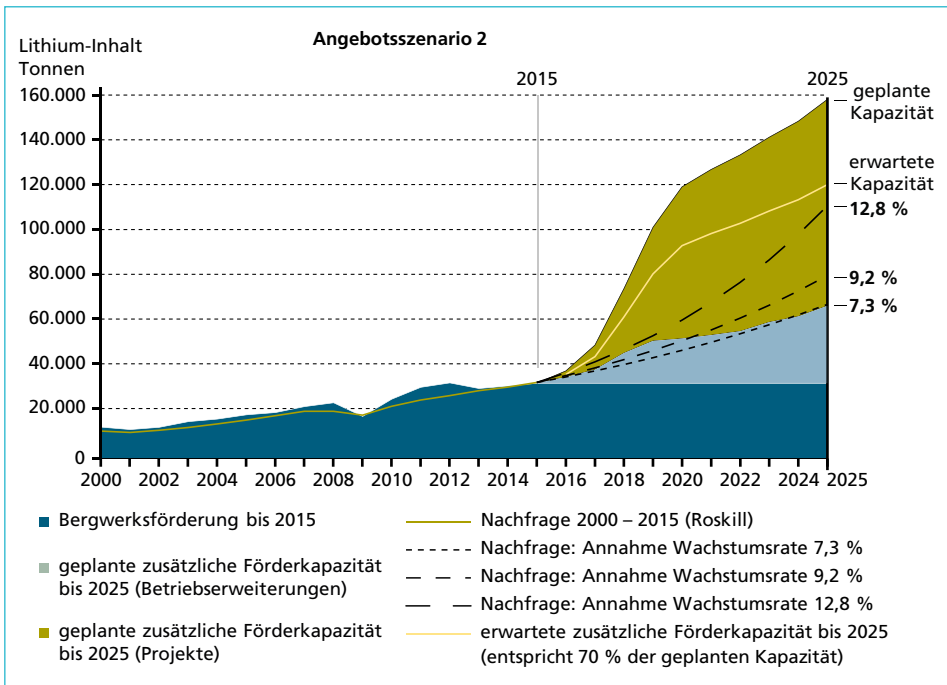


Bild 9: Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2025 (Angebots-szenario 2)

Quellen: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017
Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

Die maximal mögliche Nachfragesteigerung, bei welcher der Markt aufgrund der Angebotsentwicklung in Szenario 2 bis 2025 noch ausgeglichen wäre, liegt bei etwa 13,7 %. Dieser Wert liegt sehr deutlich über dem jährlichen Durchschnitt der Jahre 1960–2015 von 5,5 %. Sollte im Jahr 2025 die angekündigte Kapazität von 124.505 t Li-Inh. tatsächlich zu 100 % umgesetzt sein, könnte eine Nachfrage von 16,8 % bedient werden.

Szenario	CAGR 2015–2025	Angebot 2025	Nachfrage 2025	Marktdeckung	Marktdeckung
	%	t Li-Inh.	t Li-Inh.	t Li-Inh. ¹⁾	% ¹⁾
1	7,3		67.500	52.600	43,8
2	9,2	120.080	80.150	40.000	33,3
3	12,8		110.800	9.400	7,8

¹⁾ geringe Abweichung durch Rundung möglich

Tabelle 5:

Marktdeckung 2025 von Lithium unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotszenario 2 (optimistisch)

Quelle: Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

1.12. Geostrategische Risiken des zukünftigen Angebots

Legt man das Angebotsszenario 1 zugrunde, verändert sich die Länderkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium im Jahr 2025 nur geringfügig gegenüber dem Bezugsjahr 2015 (Bild 10). Der HHI würde von 3.033 im Jahr 2015 auf 2.886 im Jahr 2025 sinken. Das GLR, berechnet mit den Weltbankindikatoren von 2013, würde im Jahr 2025 mit einem Wert von 0,97 vergleichbar zu 2015 sein und somit im unbedenklichen Bereich liegen.

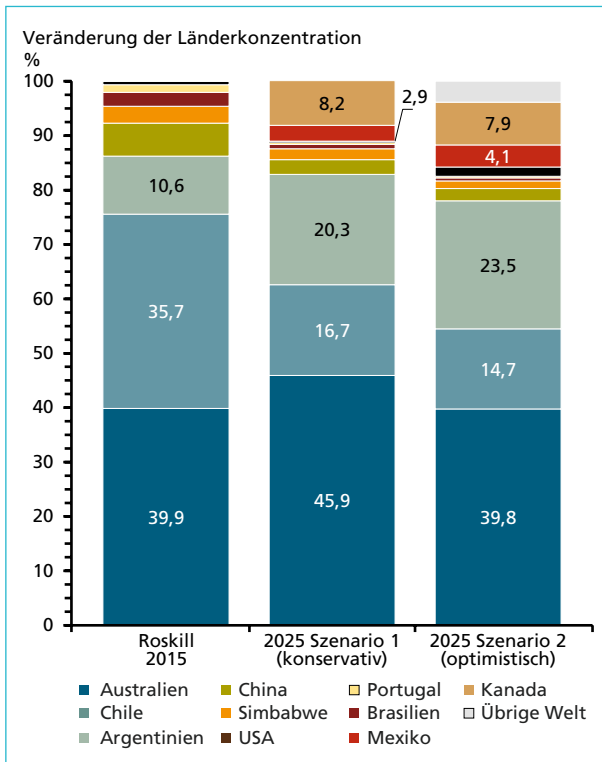


Bild 10:

Veränderung der Länderkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium bis 2025

Quellen:

Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016

Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017

Entwickelt sich das Angebot wie in Angebotsszenario 2 dargestellt, so verändert sich die Länderkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium im Jahr 2025 mäßig. Der HHI würde von 3.033 im Jahr 2015 auf 2.445 im Jahr 2025 sinken. Das GLR, berechnet mit den Weltbankindikatoren von 2013, würde im Jahr 2025 mit einem Wert von 0,84 im unbedenklichen Bereich liegen.

2. Fazit

Die Marktsituation bei der Primärförderung von Lithium stellt ein Oligopol dar. Diese Situation wird sich bis 2025 auch nicht grundlegend ändern. Es ist davon auszugehen, dass es in der Branche zu weiteren Firmenkonsolidierungen bzw. strategischen Joint Ventures kommen wird. Darüber hinaus wird sich die weiterverarbeitende Industrie verstärkt an der Primärförderung beteiligen. Für das Angebot stellen neue Projekte und Kapazitätserweiterungen in Australien und Argentinien wichtige Eckpfeiler für den Gesamtmarkt dar. Beide Länder werden im Jahr 2025 einen kumulierten Marktanteil von 60 bis 70 % aufweisen. Der Marktanteil Chiles wird von aktuell 39 % auf unter 18 % sinken. Das Sekundärangebot von Lithium spielt bisher keine Rolle, könnte aber in Zukunft substantiell zum Angebot beitragen, wobei die Mengen limitiert sind. Bei den etablierten Produktionsprozessen besteht großes Potential zur Prozessoptimierung. Alternative Gewinnungsmethoden (z.B. Solvent Extraktion) rücken in diesem Zusammenhang ebenfalls zunehmend in den Fokus der Industrie.

Die Nachfrage nach Lithium wird aktuell durch Lithium-Ionen-Batterien und die Keramikindustrie bestimmt. Bis zum Jahr 2025 wird die Nachfrage entsprechend von den Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität und deren Markthochlauf abhängen. Auf absehbare Zeit wird Lithium aufgrund seiner Eigenschaften in diesen Batterien nicht zu ersetzen sein. Neuformulierungen und technologische Weiterentwicklungen wird es jedoch geben. Je nach Nachfrageszenario könnten Lithium-Ionen-Batterien einen Anteil von bis zu 75 % an der Gesamtnachfrage im Jahr 2025 aufweisen. Die Elektromobilität könnte dabei einen Anteil von bis zu 60 % am Gesamtbatteriemarkt haben. Alle anderen genannten Anwendungen für Lithium werden bis 2025 im Vergleich nur geringe Zuwachsraten aufweisen. Bezüglich der Elektromobilität gilt es zu berücksichtigen, dass China aktuell aber auch in Zukunft den mit Abstand wichtigsten Absatzmarkt für Elektrofahrzeuge darstellt. Die Entwicklungen in China werden daher richtungsweisend für den globalen EV-Markt sein.

Die dynamische Entwicklung des Lithiummarktes der letzten Jahre wird sich in den kommenden Jahren fortsetzen. Lithium ist und bleibt aufgrund seiner Eigenschaften eine Schlüsselkomponente für Lithium-Ionen-Batterien. Die Nachfrage nach dem Metall könnte sich daher zwischen 2015 und 2025 verdoppeln bzw. verdreifachen. Demgegenüber könnte sich das Angebot um den Faktor 2,5 bis 3,6 erhöhen. Eine Verknappung des Rohstoffs Lithium ist daher nicht absehbar, obgleich es bei Zwischenprodukten für die Herstellung von Batterien zu Engpässen aufgrund fehlender Kapazitäten kommen könnte. Deutsche Unternehmen die Lithium verarbeiten oder auf Lithium-Produkte angewiesen sind, sollten den Markt daher intensiv beobachten und geeignete Ausweichstrategien (z.B. langfristige Lieferverträge oder Projektbeteiligungen) gegen eventuelle Lieferengpässe und Preissteigerungen entwickeln.

3. Literatur

- [1] British Geological Survey (BGS): Lithium: Definitions, mineralogy and deposits. – URL: <https://www.bgs.ac.uk/downloads/start.cfm?id=3100> (Stand: 06/2016)
- [2] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): Fachinformationssystem Rohstoffe. 2014, unveröff.; Hannover (Stand: 2017)
- [3] Garret, D. E.: Handbook Of Lithium And Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties. – 467 S.; Oxford (Elsevier B. V.), 2004
- [4] Global Trade Information Services Inc. (GTIS): Global Trade Atlas. – kostenpflichtige Online-Datenbank, 2017 – URL: <https://www.gtis.com/gta/><https://www.gtis.com/gta/> (Stand: 06/2017)
- [5] Hagelüken, C.: Recycling von Lithium-Ionen Batterien. Präsentation auf der Konferenz: Ressourcenschonung – von der Idee zum Handeln, 21.–22.04.2016, München
- [6] Lithium-Ionen Batterierecycling Initiative (LIBRI): Entwicklung eines realisierbaren Recyclingkonzeptes für die Hochleistungsbatterien zukünftiger Elektrofahrzeuge. – Abschlussbericht. – 132 S., Hanau, Deutschland – URL: http://erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/publications/abschlussbericht-libri_1.pdf (Stand: 2011)
- [7] Marscheider-Weidemann, F.; Langkau, S.; Hummen, T.; Erdmann, L.; Espinoza, T.; Angerer, L.; Marwede, M.; Benecke, S.: Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. – DERA Rohstoffinformationen 28: 353 S., Berlin, 2016
- [8] Martin, G.; Schneider, A.; Voigt, W.; Bertram M.: Lithium extraction from the mineral zinnwaldite: Part II: Lithium carbonate recovery by direct carbonation of sintered zinnwaldite concentrate. Minerals Engineering 2017: 110, 75–81, Elsevier
- [9] Roland Berger GmbH: Studie zu Verwendungsmöglichkeiten im Bereich Klärschlamm, GFK und Li-Ion Batterien. – Auszug LiBT.– Firmenpräsentation (Stand: 04/2017)
- [10] Roskill Information Services Ltd.: Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien, 2016
- [11] Schmidt, M.: Rohstoffrisikobewertung – Lithium. DERA Rohstoffinformationen 33: Berlin, 136 S., 2017
- [12] United Nations Environment Programme (UNEP): Recycling Rates of Metals – A Status Report. – A Report of the Working Group Global Metal Flows to the International Resource Panel. Graedel, T. E.; Allwood, J.; Birat, J.-P.; Reck, B. K.; Sibley, S. F.; Sonnemann, G.; Buchert, M.; Hagelüken, C.: 44 S., 2011. – URL: <http://www.unep.org/resourcepanel/Publications/Recycling-rates-of-metals/tabid/56073/> (Stand: 12.09.2014)
- [13] United States Geological Survey (USGS): Lithium – Minerals Commodity Summaries. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/> (Stand: 06/2017)

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Stephanie Thiel • Elisabeth Thomé-Kozmiensky • Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 11

ISBN 978-3-944310-40-4 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Stephanie Thiel
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2018

Redaktion und Lektorat: Dr.-Ing. Stephanie Thiel, Dr.-Ing. Olaf Holm,
Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc.

Erfassung und Layout: Claudia Naumann-Deppe, Janin Burbott-Seidel, Sandra Peters,
Ginette Teske, Cordula Müller, Gabi Spiegel

Druck: Universal Medien GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.