

**54**

## **DERA Rohstoffinformationen**



**Rohstoffrisikobewertung – Lithium**

## Impressum

**Editor:** Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)  
Wilhelmstraße 25–30  
13593 Berlin  
Tel.: +49 30 36993 226  
dera@bgr.de  
www.deutsche-rohstoffagentur.de

**Autoren:** Michael Schmidt, unter Mitarbeit von Denis Bastian, Carolin Kresse

**Layout:** deckermedia GbR

**Datenstand:** 2022

**Titelbilder:** © Maxim\_Kazmin-Fotolia.com  
© BGR

**Zitierhinweis:** SCHMIDT, M. (2023): Rohstoffrisikobewertung – Lithium. – DERA  
Rohstoffinformationen 54: 81 S., Berlin.

**ISBN:** 978-3-948532-69-7 (Druckversion)  
**ISBN:** 978-3-948532-70-3 (PDF)  
**ISSN:** 2193-5319

Berlin, 2023

## **DERA Rohstoffinformationen**

Rohstoffrisikobewertung – Lithium



## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Executive Summary</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Zusammenfassung</b>  | <b>10</b> |
| <b>1 Rohstoff Lithium</b>   | <b>13</b> |
| 1.1 Einführung  | 13        |
| 1.2 Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung                                     | 13        |
| 1.3 Ökologische und sozioökonomische Aspekte                                  | 18        |
| 1.4 Verwendung  | 22        |
| <b>2 Rohstoffrisikobewertung</b>  | <b>24</b> |
| 2.1 Preisentwicklung und -risiken   | 24        |
| 2.1.1 Preisdaten  | 24        |
| 2.2 Angebot   | 27        |
| 2.2.1 Bergwerksförderung Lithium  | 27        |
| 2.2.1.1 Firmenkonzentration   | 31        |
| 2.2.2 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Förderung              | 33        |
| 2.2.3 Recycling   | 35        |
| 2.3 Nachfrage   | 37        |
| 2.4 Derzeitige Marktdeckung   | 38        |
| 2.5 Handel  | 39        |
| 2.5.1 Nettoexporte  | 40        |
| 2.5.1.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Nettoexporte         | 41        |
| 2.5.2 Importe Deutschlands  | 43        |
| 2.5.2.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Importe Deutschlands | 43        |
| 2.6 Angebots- und Nachfragetrends   | 45        |
| 2.6.1 Vorräte   | 45        |
| 2.6.2 Call for Lithium (Invest Chile)   | 46        |
| 2.6.3 Zukünftiges globales Angebot  | 48        |
| 2.6.3.1 Primärangebot   | 48        |
| 2.6.3.2 Sekundärangebot   | 54        |
| 2.6.4 Fokus Europa (Angebot)  | 55        |
| 2.6.5 Zukünftige globale Nachfrage  | 56        |
| 2.6.5.1 Zukünftige Nachfrage wichtiger Anwendungsgebiete                      | 57        |
| 2.6.5.2 Fokus Europa (Nachfrage)  | 61        |
| 2.6.6 Zukünftige Marktdeckung   | 61        |
| 2.6.6.1 Geopolitisches Risiko des zukünftigen Angebots                        | 67        |
| <b>3 Literaturverzeichnis</b>   | <b>69</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Anhang</b>                               | <b>75</b> |
| Indikatoren und Risikobewertung für Lithium | 76        |
| Glossar                                     | 78        |
| Internationaler Handel (Nettoexporte)       | 80        |

## Abbildungsverzeichnis

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Abb. 1:  | Vereinfachtes Produktionsschema von Lithium und wichtigen Lithiumverbindungen  | 17 |
| Abb. 2:  | Verwendungsgebiete von Lithium 2020  | 22 |
| Abb. 3:  | Nominalpreise für Lithiumkarbonat (01/2015–04/2022)  | 25 |
| Abb. 4:  | Nominalpreis für Lithiumhydroxid (08/2015–04/2022)   | 26 |
| Abb. 5:  | Nominalpreis für Spodumen-Konzentrate (04/2015–04/2022)  | 26 |
| Abb. 6:  | Preisdaten der Firma Pilbara Minerals Ltd. für Spodumen-Konzentrat-Auktionen (Pilbara BMX)   | 27 |
| Abb. 7:  | Entwicklung der Bergwerksförderung von Lithium zwischen 1960 und 2021  | 28 |
| Abb. 8:  | Entwicklung der Bergwerksförderung von Lithium der Länder Australien, Chile, China im Vergleich zu der übrigen Welt zwischen 1960 und 2020 | 29 |
| Abb. 9:  | Jährliches Wachstum der Bergwerksförderung von Lithium im Vergleich zum Nominalpreis von Lithiumkarbonat für den Zeitraum 2000–2021        | 30 |
| Abb. 10: | Länder mit Förderung von Lithium im Jahr 2020 und deren aggregierter World Governance Indicator (Länderrisiko)                             | 30 |
| Abb. 11: | Firmenkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium für das Jahr 2020   | 31 |
| Abb. 12: | Entwicklung der Länderkonzentration und des gewichteten Länderrisikos der Bergwerksförderung für Lithium (1960–2020).                      | 35 |
| Abb. 13: | Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen seit der Einführung der europäischen Batterierichtlinie im Jahr 2006                         | 36 |
| Abb. 14: | Vergleich der globalen Gesamtnachfrage nach Anwendungsbereichen im Jahr 2015 und 2020  | 37 |
| Abb. 15: | Marktdeckung für Lithium: Entwicklung von Bergwerksförderung und Nachfrage ab 2010   | 39 |
| Abb. 16: | Nettoexporteure der wichtigsten Lithiumprodukte 2021   | 41 |
| Abb. 17: | Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der globalen positiven Nettoexporte im Vergleich zur Bergwerksförderung von Lithium       | 42 |
| Abb. 18: | Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der deutschen Importe im Vergleich zur Bergwerksförderung von Lithium                        | 44 |
| Abb. 19: | Prozentuale Verteilung der weltweiten Lithium-Reserven für das Jahr 2021   | 45 |
| Abb. 20: | Gesamtnachfrageprognosen für das Jahr 2030 sowie DERA Szenarien  | 56 |
| Abb. 21: | Nachfrage 2020 im Vergleich zur Prognose 2030 (Szenario 2, SSP2)   | 57 |
| Abb. 22: | Prognostizierte Entwicklung der Kathodenzusammensetzung für LIB bis 2030   | 58 |
| Abb. 23: | Prognostizierte Nachfrage nach Lithium im gesamten Bereich der wiederaufladbaren Batterien im Jahr 2030 (Szenario 2, base case)            | 60 |
| Abb. 24: | Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2030 (Angebotsszenario 1, konservativ)                                     | 63 |
| Abb. 25: | Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2030 (Angebotsszenario 2)  | 65 |
| Abb. 26: | Vergleich der Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage und Marktdeckung   | 65 |
| Abb. 27: | Angebots- und Nachfrageszenario Europa 2030  | 67 |
| Abb. 28: | Veränderung der Länderkonzentration der Bergwerksförderung bis 2030  | 68 |

## Tabellenverzeichnis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tab. 1:  | Umrechnungsfaktoren für Lithium und Lithiumverbindungen   | 13 |
| Tab. 2:  | Wichtige lithiumenthaltende Minerale  | 14 |
| Tab. 3:  | Durchschnittliche Gehalte an Lithium, Magnesium, Kalium, Natrium, Sulfat und Chlorid einzelner Lithiumvorkommen   | 15 |
| Tab. 4:  | Durchschnittliche Gehalte an Lithium, Magnesium, Kalium, Natrium, Sulfat und Chlorid geothermaler kontinentaler Tiefenwässer  | 16 |
| Tab. 5:  | Ergebnisse LCA für Lithiumkarbonat und -hydroxid aus Festgesteins- und Solevorkommen  | 21 |
| Tab. 6:  | Preisdaten für Lithium und Lithiumverbindungen  | 24 |
| Tab. 7:  | Bergwerksförderung von Lithium  | 28 |
| Tab. 8:  | Jährliche Wachstumsraten der Lithiumförderung für ausgewählte Zeitintervalle ab 1960  | 29 |
| Tab. 9:  | Anteile der wichtigsten Unternehmen an der Bergwerksförderung von Lithium   | 32 |
| Tab. 10: | Warengruppen nach dem Harmonized System (HS) der Weltzollorganisation (WCO 2022) für Lithium und Lithiumprodukte  | 39 |
| Tab. 11: | Nettoexporte der wichtigsten Lithiumprodukte 2021   | 40 |
| Tab. 12: | Deutsche Importe von Lithiumverbindungen in Tonnen für das Jahr 2021  | 43 |
| Tab. 13: | Übersicht der aktuell wichtigsten Lithium-Projekte im Status: Betriebserweiterungen/Wiederaufnahme und Bergwerke im Bau   | 51 |
| Tab. 14: | Übersicht der aktuell wichtigsten Lithium-Projekte im PFS/DFS-Status (Unternehmensangaben siehe Literaturverzeichnis)   | 52 |
| Tab. 15: | Übersicht der zusätzlich möglichen Jahresförderkapazität aus Betriebserweiterungen, im Bau/in Entwicklung, Wiederaufnahme und ausgewählte Projekte sowie Recycling für Lithium.           | 53 |
| Tab. 16: | Übersicht des zusätzlich möglichen Angebots aus dem Recycling von LIB für Lithium   | 54 |
| Tab. 17: | Übersicht des zusätzlich möglichen Angebots aus dem Recycling von LIB für Lithium in Europa   | 56 |
| Tab. 18: | Gesamtnachfrageszenarien für den Zeitraum 2020–2030   | 57 |
| Tab. 19: | Zukünftige durchschnittliche Wachstumsraten pro Jahr für Lithium in LIB für die Elektromobilität entsprechend den Szenarien basierend auf den Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 1 und 2 | 59 |
| Tab. 20: | Nachfrageprognose für Europa im Jahr 2030   | 61 |
| Tab. 21: | Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotsszenario 1 (konservativ).   | 62 |
| Tab. 22: | Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotsszenario 2 (optimistisch).  | 64 |
| Tab. 23: | Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Angebotsszenarien für Europa   | 66 |



## Executive Summary

The availability of mineral raw materials and their secure and sustainable supply is essential for the German economy. As a major industrial nation with resource-intensive processing industries and only limited domestic mine production, Germany is dependent on imports.

This commodity risk assessment is an update of the report published in 2017 and presents a comprehensive review of the lithium market, its status quo and potential future supply up until 2030. Published by the German Mineral Resources Agency (DERA, as part of the German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR)), DERA Rohstoffinformationen aim to improve market transparency, thus supporting companies in their quest to identify potential price and supply risks and ultimately assist with mitigation strategies.

Developments on the lithium market gained significantly in dynamics over the last five years. The reason for this are great expectations in e-mobility and the regulatory driven demand generated by it. Both, production and sale of conventional combustion engines are set to be discontinued in some countries in the medium term. The EU is already implementing a complete ban of ICE vehicles from 2035 onwards.

Until a few years ago, the production of lithium-ion batteries was purely dominated by Southeast Asia, but the US and especially Europe are gaining momentum in becoming major hotspots for battery cell production. Thus, questions about availability, sustainable extraction methods and future price developments of battery raw materials such as lithium are gaining focus.

The results of this report show that, apart from issues with charging infrastructure and renewable energy supply, the availability of battery-grade lithium could be a limiting factor for the global mobility transition.

Due to its specific properties, lithium remains an indispensable, non-substitutable key component for rechargeable batteries in the coming decades, regardless of the chosen cathode chemistry. For this reason, the total demand for lithium will, depending on the scenario, increase by a factor of four to eight by 2030.

The price development of lithium shows that there have already been major price fluctuations and short-term price peaks in the past. Above all, high price volatilities represent incalculable risks in the procurement strategies of companies. Since the beginning of 2022, unprecedented price levels have been observed. Lithium carbonate (> 70,000 US\$/t), lithium hydroxide (> 70,000 US\$/t) and spodumene concentrates (> 5,500 US\$/t) are currently at all-time highs.

Primary production of lithium still represents an oligopoly and is highly concentrated. In 2020, Australia and Chile accounted for almost 75 % of global mine production, although through different process routes and thus environmental footprints. This supply situation will change towards 2030. Especially, Argentina, Canada, the US, DR Congo, Mali and Brazil could gain significant market shares if projects are successfully implemented. By 2030, Australia's market share could decrease to around 37–43 % and Chile's share could fall from 26 % to below 13 %. The reasons for this are rooted in the complex structure of the lithium industry in Chile. If the new Chilean government succeeds in establishing a clearly defined legal framework that applies equally to all companies, this could lead to increased investment security and the enormous potential of the country could be used. Generally, Latin America will expand its share of total supply to around 33 % by 2030 and thus become the second important cornerstone for the market alongside Australia. In addition to Chile, there are other countries such as Bolivia, Mexico, Serbia, US and Canada aiming to restructure or adapt their raw material policies with regard to lithium or have already done so. Therefore, future supply will also significantly depend on the developments in these countries, as they host large resources and potentials.

The company concentration of lithium also still represents an oligopoly. The top five companies supplied approximately 70 % of global mining or chemical production in 2020. This situation will not change significantly by 2030. In the future, there could be further company consolidations or strategic joint ventures between individual companies. The processing industry (cell manufacturers, automotive manufacturers) may also engage upstream the value chain in order to secure supply. This applies primarily to Asian companies, but also increasingly to the European industry. In addition to direct participation via joint ventures, memorandums of understanding (MOUs), letters of intent (LOIs) and binding/ non-binding off-take agreements are common hedging tools.

The majority of junior mining companies considered in this study already entered into such agreements. Furthermore, it is clear that these companies tend to orient their potentially planned production with regard to product qualities explicitly towards the battery industry. This shift mainly affects traditional lithium applications, such as the glass or ceramics industry.

The assessment of the lithium supply/demand balance to 2030 is based on two developed supply scenarios. Annual demand growth rates were assumed to be 15.6 %, 19.1 % or 22.4 %. This corresponds to a demand of around 316,307–558,780 t Li-Inh. (1,683,704–2,974,386 t LCE). In the conservative supply scenario 1, a combined supply of about 271,889 t of lithium (about 1,159,823 t LCE) is available to the market in 2030 (including recycling). In the optimistic supply scenario 2, supply would be about 357,680 t of lithium (about 1,903,930 t LCE).

If the lithium market develops as projected in scenario 1, each of the assumed growth rates would result in supply deficits of lithium. Such high deficits are likely to lead to accelerated implementation of individual projects or scaling of production by existing companies where possible. Also, they would lead to significant price and supply risks. The targets for global market penetration for e-mobility would not be reached with this supply scheme.

If the market develops according to the more likely scenario 2, a demand growth of 15.6 % per year would result in a supply surplus of approximately 41,370 t. Demand growth of 19.1 % and 22.4 % per year, respectively, would result in deficits of 69,040 t and 201,100 t in this scenario. Even this scenario poses a certain risk for the global market penetration targets for EVs.

On an EU level, there is currently no primary lithium mining and refining industry established, although there is great potential in many countries. Some companies have already started the construction of refining capacities and many more have announced this logical and necessary step. Current announced potential battery cell manufacturing capacities in Europe are in excess of 1,300 GWh. The potential European and especially German cell manufacturing industry would be massively dependent on the import of primary products and/or precursor materials. The results of the current report show that a self-sufficiency of Europe, in the given scenario (demand of 97,000 Li-Inh. in 2030), would be possible to about 27–34 %. Secondary sources of lithium could provide about 3–10 % of the European demand and are already included in the above figures. Therefore, the EU will remain dependent on imports.

Global lithium production has to increase quite considerably in the coming years in order to be able to meet the global demand forecasts. An increase by a factor of four to seven compared to 2020 seems necessary. Additionally, processing capacities also need to increase. This alone will pose enormous challenges for the mining sector and the processing industry. However, these expansions must be designed and executed in an environmentally friendly, i.e. sustainable way. Depending on the process route chosen for production, there will be different GHG emissions as well as energy and water consumption.

It must be pointed out that potential surplus of mine supply is not equal to supply of specialty lithium chemicals as needed by cell manufacturers. Depending on the supply scenario, hard rock deposits will account for about 50–60 % of the supply in 2030 as a main pillar. For these deposits, conversion capacities are required that can provide the right quality and quantity of products. In addition, many new projects plan

to implement DLE processes for extraction. This novel technology needs to be implemented on an industrial scale and deliver corresponding qualities and quantities. The processing and conversion of lithium carbonate, which mainly comes from Chile and Argentina, will probably continue to take place primarily in Southeast Asia until 2030. The processing of spodumene concentrates from Australia into lithium hydroxide will also continue to take place largely in China in the future. However, a trend towards processing or refining of semi-finished products in Europe and other countries can be observed. Individual companies have already announced or implement it.

The supply of lithium from secondary sources has not played a major role so far. Due to the dissipative distribution in end products and required product qualities, recovery is currently not yet economically feasible. However, the recycling of lithium-ion batteries is possible and corresponding large-scale processes are available. In Europe in particular, a corresponding industry is already developing. The results of this study show that recycling could provide approx. 3–9 % of the global lithium demand in 2030. Corresponding legal guidelines or drafts for this are also being implemented.

Based on the presented results, German companies that process lithium themselves or use it in their products should develop suitable alternative strategies for procurement such as long-term supply contracts or direct project participation against potential supply bottlenecks, strong price increases as well as market concentration.

## Zusammenfassung

Die Rohstoffrisikobewertungen der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 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.

Die vorliegende Rohstoffrisikobewertung ist ein Update der im Jahr 2017 veröffentlichten Studie. Neben der aktuellen Versorgungslage werden in dieser aktualisierten Fassung Risiken der zukünftigen Versorgung mit Lithium bis zum Jahr 2030 detailliert betrachtet.

Die Entwicklungen auf dem Lithiummarkt haben in den letzten fünf Jahren nochmals deutlich an Dynamik hinzugewonnen. Ursächlich hierfür ist die große Erwartungshaltung an die E-Mobilität und die hierdurch generierte Nachfrage. Sowohl Produktion als auch Verkauf konventioneller Verbrennungsmotoren sollen in einigen Ländern mittelfristig eingestellt werden. Die EU hat im Juni 2022 ein komplettes Verbot von Neuzulassungen von Verbrennungsmotoren ab 2035 beschlossen. War die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien bis vor wenigen Jahren ein rein asiatisches Thema, so entwickeln sich die USA, aber vor allem Europa, zu Hotspots für die Batteriezellfertigung. Entsprechend rücken Fragen nach Verfügbarkeiten, nachhaltiger Gewinnung und zukünftigen Preisentwicklungen der Batterierohstoffe wie Lithium in den Fokus. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Verfügbarkeit von batterietauglichem Lithium ein limitierender Faktor für die globale Mobilitätswende darstellen könnte.

Aufgrund seiner spezifischen Eigenschaften stellt Lithium für wiederaufladbare Batterien, unabhängig vom gewählten Kathodenchemismus, auch in den kommenden Jahrzehnten eine unverzichtbare, nicht substituierbare Schlüsselkomponente dar. Aus diesem Grund wird sich die Gesamtnachfrage nach Lithium, je nach Szenario, um den Faktor vier bis acht bis zum Jahr 2030 erhöhen.

Die Preisentwicklung von Lithium zeigt, dass es in der Vergangenheit bereits zu großen Preisschwankungen und kurzfristigen Preispeaks gekommen ist. Vor allem hohe Preisvolatilitäten stellen unkalkulierbare Risiken in der Beschaffung der Unternehmen dar. Seit Anfang 2022 ist ein bis dato nie dagewesenes Preisniveau zu beobachten. So notieren Lithiumkarbonat (> 70.000 US\$/t), Lithiumhydroxid (> 70.000 US\$/t) und Spodumen-Konzentrate (> 5.500 US\$/t) auf absoluten Allzeithochs.

Die Primärförderung von Lithium stellt nach wie vor ein Oligopol dar. Das Angebot wird aktuell von zwei Ländern bestimmt. So stellten im Jahr 2020 Australien und Chile knapp 75 % der globalen Bergwerksförderung. Bis zum Jahr 2030 wird sich diese Situation verändern. Vor allem Argentinien, Kanada, USA, die DR Kongo, Mali und Brasilien könnten, bei erfolgreichen Projektumsetzungen, erhebliche Marktanteile hinzugewinnen. Der Anteil Australiens am Lithiummarkt könnte auf ca. 37–43 % fallen. Der Anteil Chiles könnte bis 2030 von aktuell 26 % auf unter 13 % sinken. Die Ursachen hierfür sind in der komplexen, historisch gewachsenen Struktur der Lithiumindustrie in Chile zu suchen. Sollte es der neuen chilenischen Regierung gelingen, einen klar definierten Rechtsrahmen zu etablieren, der für alle Unternehmen gleichermaßen gilt, könnte dies zu einer erhöhten Investitionssicherheit führen und die enormen Potenziale des Landes ließen sich besser nutzen. In Summe wird Lateinamerika seinen Anteil am Gesamtangebot bis 2030 auf ca. 33 % ausbauen und so neben Australien zum zweiten wichtigen Eckpfeiler für die Gesamtversorgung des Marktes werden.

Neben Chile gibt es weitere Länder (u. a. Bolivien, Mexiko, Serbien, USA, Kanada), die ihre Rohstoffpolitik bezogen auf Lithium neu strukturieren bzw. anpassen wollen bzw. dies schon getan haben. Das zukünftige Angebot wird auch maßgeblich von den Entwicklungen in diesen Ländern abhängig sein.

In Europa wird Lithium nicht primär gewonnen, obgleich es große Potenziale gibt. Nach aktuellem Stand sind potenzielle Batterie-Zellfertigungskapazitäten von bis zu 1.300 GWh in Europa angekündigt. Falls es in Europa und speziell Deutschland zukünftig zu einer solchen Fertigung von Batteriezellen kommen

sollte, wäre die hiesige Industrie massiv auf den Import von Vorprodukten angewiesen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine Selbstversorgung Europas, in einem hier aufgeworfenen Szenario (Bedarf von 97.000 t Li-Inh. im Jahr 2030), zu etwa 27–34 % möglich wäre. Das Recycling könnte ca. 3–10 % des europäischen Bedarfs decken.

Grundsätzlich muss die globale Lithiumförderung in den kommenden Jahren massiv ausgebaut werden, um die prognostizierten globalen, regulatorisch getriebenen, Bedarfe decken zu können. Eine Steigerung um den Faktor vier bis sieben gegenüber 2020 erscheint notwendig. Ebenfalls müssen die Kapazitäten zur Weiterverarbeitung erhöht werden. Dies allein wird den Bergbausektor und die verarbeitende Industrie vor enorme Herausforderungen stellen. Hinzu kommt, dass dieser Ausbau nachhaltig gestaltet werden muss. Abhängig von der gewählten Prozessroute der Produktion ergeben sich unterschiedliche GHG-Emissionen, Energie- und Wasserverbräuche.

Auch die Firmenkonzentration von Lithium stellt nach wie vor ein Oligopol dar. Die fünf wichtigsten Unternehmen lieferten 2020 ca. 70 % der globalen Förderung bzw. Produktion. An dieser Situation wird sich bis 2030 nichts Wesentliches ändern. Zukünftig könnte es zu weiteren Firmenkonsolidierungen bzw. strategischen Joint Ventures zwischen einzelnen Unternehmen kommen. Ferner ist davon auszugehen, dass sich die weiterverarbeitende Industrie (Zellfertiger, Automobilhersteller) an der Primärförderung beteiligen wird. Dies gilt vorrangig für asiatische Unternehmen, aber auch zunehmend für die europäische Industrie. Neben direkten Beteiligungen über Joint Ventures sind Memorandum of Understanding (MOUs), Letters of Intent (LOIs) und Offtake Agreements übliche Absicherungswerkzeuge.

Der überwiegende Teil der im Rahmen dieser Studie betrachteten zukünftigen Projektgesellschaften hat solche Vereinbarungen bereits getroffen. Weiterhin ist zu beobachten, dass Explorationsprojekte dazu tendieren, ihre geplante Produktion bezüglich ihrer Produktqualitäten explizit auf die Batterieindustrie hin auszurichten. Diese Verschiebung wirkt sich vor allem auf traditionelle Lithiumanwendungen, bspw. in der Glas- oder Keramikindustrie, aus.

Für die Bewertung der zukünftigen Marktdeckung wurden für Lithium zwei Angebotsszenarien bis zum Jahr 2030 entwickelt. Für die zukünftige Nachfrageentwicklung wurden jährliche Steigerungsraten von 15,6 %, 19,1 % und 22,4 % angenommen. Dies entspricht einer Nachfrage von rund 316.307–558.780 t Li-Inh. (1.683.704–2.974.386 t LCE). In Angebotsszenario 1 stehen dem Markt 2030 aus der Bergwerksförderung (inkl. Recycling) zusammen etwa 271.889 t Lithium (ca. 1.159.823 t LCE) zur Verfügung. In Angebotsszenario 2 wären es etwa 357.680 t Lithium (ca. 1.903.930 t LCE).

Falls sich der Lithiummarkt wie in Angebotsszenario 1 entwickelt, ergibt sich bei jedem der angenommenen Wachstumsraten ein Angebotsdefizit von ca. 98.420 t, 208.830 t bzw. 340.890 t Lithium. So hohe Angebotsdefizite führen wahrscheinlich zu einer zeitlich beschleunigten Umsetzung einzelner Projekte bzw. Skalierung der Produktion bestehender Firmen. Diese drei genannten Defizite würden zu erheblichen Preis- und Lieferrisiken führen. Die gesetzten Ziele zur globalen Marktdurchdringung der E-Mobilität wären somit nicht vollumfänglich umsetzbar.

Sollte sich der Markt entsprechend dem wahrscheinlicheren Angebotsszenario 2 entwickeln, ist bei einem Nachfragewachstum von 15,6 % jährlich ein Angebotsüberschuss von ca. 41.370 t zu verzeichnen. Ein Nachfragewachstum von 19,1 % bzw. 22,4 % jährlich würde in diesem Szenario zu Defiziten von 69.040 t bzw. 201.100 t führen.

In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass potenzielle Angebotsüberschüsse der Bergwerksförderung nicht grundsätzlich mit Angebotsüberschüssen bei Lithiumchemikalien gleichzusetzen sind.

Je nach Szenario werden Festgesteinsvorkommen ca. 50–60 % des Angebots im Jahr 2030 ausmachen. Diese Vorkommen müssen in die entsprechenden Lithiumchemikalien umgesetzt werden. Hierzu werden

Raffinadekapazitäten benötigt, die dies in der entsprechend notwendigen Qualität und Quantität leisten können. Darüber hinaus planen viele Projekte die Nutzung von DLE-Prozessen zur Gewinnung. Auch diese müssen im industriellen Maßstab umgesetzt werden und entsprechende Qualitäten liefern.

Die Weiterverarbeitung von Lithiumkarbonat, welches hauptsächlich aus Chile und Argentinien stammt, wird voraussichtlich bis 2030 vorrangig weiterhin im asiatischen Raum stattfinden; die Weiterverarbeitung von Spodumen-Konzentraten aus Australien zu Lithiumhydroxid wird künftig weiterhin zum Großteil in China erfolgen. Es ist jedoch ein Trend zur Weiterverarbeitung bzw. Veredelung von Vorprodukten in Europa zu erkennen. Einzelne Unternehmen haben dies bereits angekündigt bzw. setzen dies um.

Das Angebot von Lithium aus dem Sekundärsektor spielt bislang keine große Rolle. Aufgrund der dissipativen Verteilung in den Endprodukten und geforderten Produktqualitäten ist die Rückgewinnung derzeit wirtschaftlich noch nicht darstellbar. Das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien ist jedoch möglich und entsprechende großtechnische Prozesse stehen zur Verfügung. Gerade in Europa entwickelt sich gerade eine entsprechende Industrie. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass das Recycling ca. 3–9 % des globalen Bedarfs im Jahr 2030 decken könnte. Entsprechende gesetzliche Richtwerte bzw. Entwürfe dazu befinden sich ebenfalls in der Umsetzung.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse sollten deutsche Unternehmen, die Lithium selbst verarbeiten oder in ihren Produkten einsetzen, zeitnah geeignete Ausweichstrategien wie etwa langfristige Lieferverträge oder direkte Projektbeteiligungen gegen potenzielle Lieferengpässe und starke Preissteigerungen entwickeln.

## 1 Rohstoff Lithium

### 1.1 Einführung

Lithium (Li: altgr. Lithos) ist ein Leichtmetall mit der Ordnungszahl 3. Es steht im Periodensystem der Elemente in der zweiten Periode und in der ersten Hauptgruppe. In der Erdkruste kommt es mit einer Häufigkeit von etwa  $6 \cdot 10^{-3} \%$  vor.

In elementarer Form ist Lithium ein weiches, silbrig-weißes Alkalimetall. Unter Standardbedingungen ist es das leichteste aller festen Elemente. Unter den Alkalimetallen hat Lithium die höchste spezifische Wärmekapazität sowie den höchsten Schmelz- und Siedepunkt. Im elementaren Zustand hat es von allen Alkalimetallen die höchste Hydratationsenthalpie und zieht daher Wasser sehr stark an. Wie alle Alkalimetalle ist Lithium sehr reaktiv und reagiert mit vielen Elementen vehement. Aufgrund seiner Reaktivität wird elementares Lithium in Paraffinöl oder Petroleum gelagert. Bei Kontakt mit Sauerstoff reagiert Lithium heftig zu Lithiumoxid.

In wissenschaftlichen Publikationen, Unternehmensberichten und Präsentationen wird der Lithiumgehalt in der Regel als LCE-Einheit (Lithiumkarbonat-Äquivalent) oder als  $\text{Li}_2\text{O}$ -Gehalt angegeben. 1.000 t Lithiummetall entsprechen 5.323 t  $\text{LiCO}_3$  (LCE) oder 2.153 t  $\text{Li}_2\text{O}$  (Tab. 1).

### 1.2 Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung

#### Vorkommen

Die aktuell wirtschaftlich wichtigsten Quellen für Lithium stellen Festgesteinsvorkommen (Tab. 2) und Solevorkommen (Tab. 3) dar. Bei der derzeitigen Marktlage entfallen ca. 60 % des weltweiten Lithiumangebots auf Pegmatitlagerstätten.

**Festgesteinsvorkommen:** Aufgrund seiner chemischen Eigenschaften verbleibt Lithium sehr lange in den fluidalen Phasen von Magmen. Aus diesem Grund finden sich die primären Festgesteinsvorkommen auch vorrangig in Pegmatiten und Randbereichen alkalischer Intrusionen. Wichtige Vorkommen finden sich in Australien, Kanada und Afrika (z. B. DR Kongo, Mali, Simbabwe, Mosambik). Es gibt etwa 200 Minerale, die Lithium in Konzentrationen  $> 0,002 \%$   $\text{Li}_2\text{O}$  enthalten. Etwa 25 davon enthalten Lithium in Konzentrationen  $> 2 \%$   $\text{Li}_2\text{O}$  (GARRET 2004). Wirtschaftlich nutzbar sind davon jedoch nur wenige. Die für die Gewinnung von Lithium wichtigsten Minerale sind in Tab. 2 zusammengefasst. Zusätzlich enthalten solche Pegmatite häufig andere werthaltige Minerale, die z. B. Tantal, Niob, Zinn, Wolfram, Cäsium, Rubidium, Bor, Fluor und andere seltene Elemente aufweisen können.

Lithiumhaltige Tone entstehen bei der Verwitterung von lithiumhaltigen vulkanischen Intrusivgesteinen. Eine weitere Anreicherung kann durch

Tab. 1: Umrechnungsfaktoren für Lithium und Lithiumverbindungen

| Ausgangsverbindung        | Formel                                 | Li-Gehalt (%) | zu Li | zu $\text{LiO}_2$ | zu $\text{Li}_2\text{CO}_3$ |
|---------------------------|--|---------------|-------|-------------------|-----------------------------|
| Lithium                   | Li                                     | 100           | 1     | 2,153             | 5,323                       |
| Lithiumoxid               | $\text{LiO}_2$                         | 46,5          | 0,464 | 1                 | 2,743                       |
| Lithiumfluorid            | LiF                                    | 26,8          | 0,268 | 0,576             | 1,420                       |
| Lithiumkarbonat           | $\text{Li}_2\text{CO}_3$               | 18,8          | 0,188 | 0,404             | 1                           |
| Lithiumhydroxidmonohydrat | $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 16,5          | 0,165 | 0,356             | 0,880                       |
| Lithiumchlorid            | LiCl                                   | 16,3          | 0,163 | 0,362             | 0,871                       |
| Lithiumhypochlorid        | LiOCl                                  | 11,89         | 0,119 | 0,256             | 0,633                       |
| Lithiumbromid             | LiBr                                   | 8             | 0,080 | 0,172             | 0,425                       |
| Butyllithium              | $\text{C}_4\text{H}_9\text{Li}$        | 10,83         | 0,108 | 0,233             | 0,576                       |

hydrothermale Prozesse stattfinden. Die wichtigsten dieser Tonminerale gehören zur Gruppe der Smekтите, hier vor allem das Endglied Hektorit (Tab. 2). Wichtige Vorkommen finden sich in den USA (Nevada, Kalifornien, Utah, Oregon, Wyoming, Arizona und New Mexiko) (ROSKILL 2016).

Lithium kann darüber hinaus in Lithiumeisenglimmern (z. B. Zinnwaldit) vorkommen. Zinnwaldit steht als Gruppenname für die Mischreihe Siderophyllit – Polyolithionit (Endglieder). Sie gehören damit zur Phlogopitgruppe. Die Typlokalität für Zinnwaldit liegt im Erzgebirge in Zinnwald (Zinnwald-Georgenstadt). Zinnwaldit weist einen relativ geringen Lithiumgehalt sowie relativ hohe Gehalte an Eisen und Fluorid auf, was eine Prozessierung und Gewinnung von Lithium gegenüber anderen Erzen (Pegmatiten) erschwert.

Neben den genannten Quellen kommt Lithium auch in dem Mineral Jadarit vor (Tab. 2). Dabei handelt es sich um ein Natrium-Lithium-Bor-Silikat-Hydroxid, welches maximal 7,3 % Lithium enthalten kann. Die Typlokalität befindet sich im Jadarbecken in Serbien (Kap. 2.6.3).

**Solevorkommen:** Lithiumhaltige Grundwässer kommen vor allem in drei unterschiedlichen Umgebungen 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, wobei die Potenziale in kontinentalen Tiefenwässern zunehmend evaluiert werden.

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.

Das Lithium in diesen Vorkommen hat seinen Ursprung wahrscheinlich in geothermalen Tiefenwässern bzw. heißen Quellen (GARRET 2004). Geringe Mengen an Lithium können auch aus der Laugung lithiumhaltiger Minerale (vulkanische Aschen, Tone) stammen. Je nach Salar schwanken die Gehalte an Lithium sehr stark (Tab. 3). Im Salar de Atacama liegen sie bspw. bei  $\approx 1.500$  ppm (siehe SCHMIDT 2017).

Das Potenzial einer Lithiumgewinnung aus **kontinentalen Tiefenwässern** ist in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus gerückt (Tab. 4). Vor allem in den USA (bspw. Salton Sea) und Europa (bspw. Oberrheingraben) wird aktiv an einer solchen Gewinnung geforscht und werden entsprechende Projekte entwickelt. In Europa ist dieses Potenzial im Zusammenhang mit der tiefen Geothermie zu nennen. Hier soll Lithium gekoppelt an die Wärme- und Stromgewinnung gefördert bzw. produziert werden.

**Tab. 2: Wichtige lithiumenthaltende Minerale (Datenquelle: BGS 2016, ROSKILL 2016, GARRET 2004)**

| Minerale                 | Formel   | Li-Gehalt (%) | Ø Li-Gehalt Erze (%) |
|--------------------------|--|---------------|----------------------|
| Spodumen                 | $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$  | 1,9–3,7       | 1,35–3,6             |
| Petalit                  | $\text{LiAlSi}_4\text{O}_{10}$   | 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                | $\text{LiAlSiO}_4$   | 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             | $\text{Li}(\text{Al},\text{Li},\text{Mg})_4(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH};\text{F})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | 1,74          | k. A.                |
| Zinnwaldit <sup>1)</sup> | $\text{K}(\text{Li},\text{Fe}^{2+},\text{Al})_3[(\text{F},\text{OH})_2]\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$                              | 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.                |

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



**Tab. 3: Durchschnittliche Gehalte an Lithium, Magnesium, Kalium, Natrium, Sulfat und Chlorid einzelner Lithiumvorkommen (Datenquelle: GARRET 2004, ROSKILL 2016, BGS 2016, NEOLITHIUM 2017, Li3 ENERGY 2016)**

| Vorkommen                                 | Ort         | Li Ø<br>(ppm) | Mg Ø<br>(ppm)       | K Ø<br>(ppm)      | Na Ø<br>(ppm)        | SO <sub>4</sub> Ø<br>(ppm) | Cl Ø<br>(ppm)        | Mg/Li              | K/Li             | SO <sub>4</sub> /Li |
|---|-------------|---------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| <b>Salare</b>                             |             |               |                     |                   |                      |                            |                      |                    |                  |                     |
| Salar de Atacama                          | Chile       | 1.570         | 9.650               | 23.600            | 91.000               | 15.900                     | 189.500              | 6,15               | 15,03            | 10,12               |
| Salar de Maricunga                        |             | 1.250         | 8.280               | 8.869             | k. A.                | 7.200                      | k. A.                | 6,63               | 8,6              | 5,76                |
| Salar de Hombre Muerto                    | Argentinien | 190<br>– 900  | 180<br>– 1.410      | 2.400<br>– 9.700  | 99.000<br>– 103.000  | 5.300<br>– 11.400          | 158.000<br>– 168.000 | 0,94<br>– 1,56     | 10,77<br>– 12,63 | 12,66<br>– 27,89    |
| Salar de Olaroz <sup>1)</sup>             |             | 610<br>– 695  | 1.450 <sup>2)</sup> | 5.730             | k. A.                | 16.287 <sup>3)</sup>       | k. A.                | 2,37 <sup>1)</sup> | 9,39<br>– 8,24   | 26,7 <sup>1)</sup>  |
| Salar de Rincon                           |             | 397           | 3.415 <sup>2)</sup> | 7.513             | k. A.                | 12.228 <sup>3)</sup>       | k. A.                | 8,6                | 18,9             | 30,8                |
| Salar des tres Quebradas <sup>4)</sup>    |             | 858           | 1.363               | 7.682             | 78.782               | 554                        | 191.289              | 1,59               | 8,9              | 0,65                |
| Salar de Los Angeles                      |             | 501           | 1.904 <sup>2)</sup> | 6.206             | k. A.                | 7.315 <sup>3)</sup>        | k. A.                | 3,8                | k. A.            | 14,6                |
| Sal de Vida                               |             | 782           | 1.720 <sup>2)</sup> | 8.653             | k. A.                | 8.993 <sup>3)</sup>        | k. A.                | 2,2                | 11,1             | 11,5                |
| Salar de Cauchari                         |             | 618           | 1.792 <sup>2)</sup> | 5.127             | k. A.                | 19.096 <sup>3)</sup>       | k. A.                | 2,9                | 8,3              | 30,9                |
| Salar de Centenario                       | 560         | 3.260         | 5.111               | k. A.             | k. A.                | k. A.                      | 5,87                 | 9,20               | k. A.            |                     |
| Mariana                                   | Bolivien    | 300<br>– 341  | k. A.               | 8.740<br>– 10.655 | k. A.                | k. A.                      | k. A.                | k. A.              | k. A.            | k. A.               |
| Salar de Uyuni                            |             | 349           | 6.500               | 7.200             | 87.200               | 8.500                      | 157.100              | 18,62              | 20,63            | 24,35               |
| Clayton Valley                            |             | 163           | 190                 | 4.000             | 46.900               | 3.400                      | 72.600               | 1,17               | 24,54            | 20,86               |
| Silver Peak                               |             | 245           | 343 <sup>2)</sup>   | 5.655             | k. A.                | 7.571 <sup>3)</sup>        | k. A.                | 1,4                | 23,1             | 30,9                |
| Searless Lake                             |             | 54<br>– 60    | k. A.               | 1.570<br>– 2.530  | 110.800<br>– 118.400 | 4.440<br>– 4.610           | 108.100<br>– 123.000 | k. A.              | 26,2<br>– 46,9   | 74<br>– 85,4        |
| Great Salt Lake                           |             | 18            | 5.000<br>– 9.700    | 2.600<br>– 7.200  | 37.000<br>– 87.000   | 9.400<br>– 20.000          | 70.000<br>– 156.000  | 277,8<br>– 538,9   | 144,4<br>– 400   | 522,2<br>– 1.111,1  |
| Bonneville                                |             | 57            | 4.000               | 5.000             | 83.000               | k. A.                      | 140.000              | 70,2               | 87,7             | k. A.               |
| Zabuye Caka                               | China       | 489           | 26                  | 16.600            | 72.900               | 27.100                     | 123.000              | 0,05               | 33,9             | 55,4                |
| Da Qaidam (Quaidam Becken <sup>5)</sup> ) |             | 182           | 11.700              | 3.600             | 77.700               | 20.400                     | 141.600              | 64,3               | 19,8             | 112                 |
| Taijinaier                                |             | 310           | 20.200              | 4.400             | 56.300               | 34.100                     | 134.200              | 65,2               | 14,2             | 110                 |
| Totes Meer                                | Israel      | 12            | 3.090               | 5.600             | 30.010               | 610                        | 161.000              | 257,5              | 466,7            | 50,8                |
| Sua Pan                                   | Indien      | 20            | k. A.               | 2.000             | 60.000               | 8.300                      | 70.900               | k. A.              | 100              | 415                 |

| Vorkommen              | Ort | Li Ø<br>(ppm) | Mg Ø<br>(ppm) | K Ø<br>(ppm) | Na Ø<br>(ppm) | SO <sub>4</sub> Ø<br>(ppm) | Cl Ø<br>(ppm) | Mg/Li | K/Li | SO <sub>4</sub> /Li |
|------------------------|-----|---------------|---------------|--------------|---------------|----------------------------|---------------|-------|------|---------------------|
| <b>Oilfield Brines</b> |     |               |               |              |               |                            |               |       |      |                     |
| Smackover<br>(1976)    | USA | 146           | 2.900         | 2.400        | 56.900        | 375                        | 144.500       | 19,9  | 16,4 | 2,6                 |
| Smackover<br>(1984)    |     | 170           | 3.500         | 2.800        | 67.000        | 450                        | 171.700       | 20,6  | 16,5 | 2,6                 |

<sup>1)</sup> Basiert auf Angaben des Unternehmens Orocobre (2016)

<sup>2)</sup> abgeleitet aus dem Verhältnis Mg/Li

<sup>3)</sup> abgeleitet aus dem Verhältnis SO<sub>4</sub>/Li

<sup>4)</sup> basiert auf Angaben des Unternehmens Neolithium (2017)

<sup>5)</sup> Becken enthält die Seen: Qaidam, Kiao Qaidam, Mahai, Quinghai

**Tab. 4: Durchschnittliche Gehalte an Lithium, Magnesium, Kalium, Natrium, Sulfat und Chlorid geothermaler kontinentaler Tiefenwässer (Datenquelle: GARRET 2004, SANJUN et al. 2022)**

| Vorkommen                | Ort     | Li Ø<br>(ppm) | Mg Ø<br>(ppm)  | K Ø<br>(ppm)       | Na Ø<br>(ppm)      | SO <sub>4</sub> Ø<br>(ppm) | Cl Ø<br>(ppm)        | Mg/Li       | K/Li         | SO <sub>4</sub> /Li |
|--------------------------|---------|---------------|----------------|--------------------|--------------------|----------------------------|----------------------|-------------|--------------|---------------------|
| <b>Geothermal Brines</b> |         |               |                |                    |                    |                            |                      |             |              |                     |
| Cerro Prieto             | Mexiko  | 393           | k. A.          | 36.000             | 70.000             | k. A.                      | 159.000              | k. A.       | 91,6         | k. A.               |
| El Tatio Hot Springs     | Chile   | 38            | 2,2            | 357                | 3.620              | 36                         | 6.470                | 0,06        | 9,4          | 0,95                |
| Salton Sea               | USA     | 100<br>– 400  | 700<br>– 5.700 | 13.000<br>– 24.000 | 50.000<br>– 70.000 | 42.000<br>– 50.000         | 142.000<br>– 209.000 | 7<br>– 14,3 | 130<br>– 240 | 420<br>– 500        |
| Paradox Becken           |         | 110           | 30.900         | 26.700             | 25.200             | 22                         | 201.000              | 281         | 243          | 0,2                 |
| Campi Flegrei            | Italien | 480           | k. A.          | 43.400             | 85.200             | k. A.                      | 314.000              | k. A.       | 90,42        | k. A.               |
| Cesano C-1-1-3           |         | 250           | 12             | 88.000             | 61.000             | 191.000                    | 28.000               | 0,05        | 352          | 0,76                |
| Groß Schönebeck GRSK-4   | Dtl.    | 215           | 243            | 3.520              | 32.200             | 38                         | 128.000              | 1,13        | 16,37        | 0,18                |
| Molassebecken HC-14      |         | 143           | 351            | 1.140              | 18.700             | 1.852                      | 30.800               | 2,45        | 7,97         | 0,01                |
| Illkirch                 | FRZ     | 173           | 191            | k. A.              | 27.200             | 400                        | 54.500               | 1,10        | k. A.        | 2,31                |
| Vendenheim               |         | 162           | 66             | 3.880              | 28.600             | k. A.                      | 62.000               | 0,41        | 23,95        | k. A.               |
| Rittershofen GRT-1       |         | 190           | 138            | 3.790              | 28.500             | 220                        | 59.900               | 0,73        | 19,95        | 1,16                |
| Soultz-Sous-Forêt        |         | 173           | 131            | 3.190              | 28.100             | 157                        | 58.600               | 0,76        | 18,44        | 0,91                |
| Cronenbourg              |         | 210           | 126            | 4.030              | 31.500             | 480                        | 62.000               | 0,60        | 19,19        | 2,29                |
| Insheim                  |         | 168           | 99             | 3.820              | 29.900             | 131                        | 64.900               | 0,59        | 22,74        | 0,78                |
| Landau                   | Dtl.    | 182           | 80             | 4.000              | 28.200             | 130                        | 64.500               | 0,44        | 21,98        | 0,71                |
| Bruchsal                 |         | 159           | 301            | 3.110              | 35.100             | 267                        | 73.600               | 1,89        | 19,56        | 1,68                |

Das Forschungsprojekt Li+ Fluids hat bspw. als übergreifendes Ziel die Erstellung einer umfassenden Potenzialstudie für ganz Deutschland zur Gewinnung von Lithium aus hydrothermalen Fluiden (BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2022). Diese Studie soll zur Entwicklung einer (Sekundär-)Rohstoffstrategie beitragen und eine Entscheidungshilfe bei der Planung von Geothermie-Standorten mit Wärme- und zusätzlicher Rohstoffgewinnung darstellen. Partner im Verbundprojekt sind bspw. die Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastruktur und Geothermie IEG sowie die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Das Projekt wird vom BMWK gefördert.

Das Verbundprojekt UnLimited hat als Ziel, gemeinsam mit den Projektpartnern ein Verfahren zur Lithiumförderung aus geförderten Tiefenwässern begleitend zur geothermischen Nutzung zu entwickeln und zu erproben. Projektpartner sind hier das Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Hydrosion GmbH, die Georg-August-Universität Göttingen, EnBW AG und die BESTEC GmbH. Dieses Projekt wird ebenfalls vom BMWK gefördert (UNLIMITED 2022).

Forscher des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) haben das Potential der Geothermie als Lithiumlieferant in Deutschland und Frankreich und heutigem Ausbaustand berechnet. Nach GOLDBERG et al. (2022) liegt dieses Potential bei ca. 1.353 t Lithium Inh. (ca. 7.200 t LCE) pro Jahr. Gegenstand der Forschung sind bspw. auch Fragen wie Größe und Herkunft der Lithiumvor-

kommen. Welche Reaktionen und Wechselwirkungen treten bei Förderung in den Reservoiren auf.

### Gewinnung/Verarbeitung

Eine stark vereinfachte schematische Darstellung der konventionellen Produktionsschritte und wichtigsten Zwischenprodukte findet sich in Abb. 1. Sowohl lithiumhaltige Sole als auch Mineralkonzentrate können, über unterschiedliche Prozessrouten, ein qualitativ gleichwertiges Produkt liefern, welches sich lediglich in seinem ökologischen Fußabdruck (GHG Emissions) deutlich unterscheidet (Kap. 1.3).

Eine detaillierte Darstellung der konventionellen Prozessrouten der Gewinnung aus Festgesteinsvorkommen bzw. Solevorkommen von Lithium ist SCHMIDT (2017) zu entnehmen.

Der Anteil der globalen Lithiumförderung aus pegmatitischen Vorkommen hat in den letzten Jahren massiv zugenommen (Kap. 2.2.1). Dies ist vorrangig auf fremdfinanzierte Projektumsetzungen in Australien zurückzuführen. Nach wie vor werden die dort produzierten Spodumenkonzentrate zum überwiegenden Teil nach Asien (China) zur Weiterverarbeitung zu Batterievorprodukten (Lithiumkarbonat, -hydroxid) exportiert. Es zeichnet sich jedoch ein Trend hin zu lokalen Wertschöpfungsketten ab. So wurde bspw. die Weiterverarbeitungsanlage Kwinana des Unternehmens Lithium HoldCo (Tianqi Lithium/IGO) in

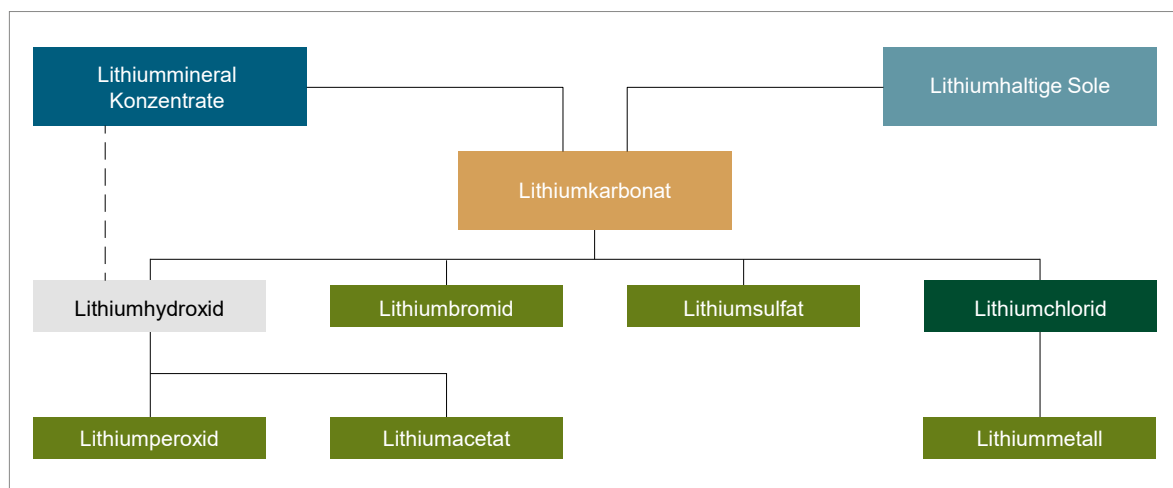


Abb. 1: Vereinfachtes Produktionsschema von Lithium und wichtigen Lithiumverbindungen (modifiziert nach ROSKILL 2016)

Betrieb genommen. Im Mai 2022 wurde erstmals batteriefähiges Lithiumhydroxid in Kwinana hergestellt (S&P GLOBAL 05/2022). Die als Joint Venture geplante Weiterverarbeitungsanlage Kemerton (ALBEMARLE/MINERAL RESOURCES) wird aktuell gebaut und soll Ende 2022 in Betrieb gehen (MINERAL RESOURCES 2022). Weitere Unternehmen in Australien wie bspw. Pilbara Minerals (Pilgangoora), Westfarmers (Mt. Holland) oder Liontown (Kathleen Valley) evaluieren ebenfalls den Einstieg in eine höhere Wertschöpfung. Vergleichbare Pläne haben auch andere Förderländer bzw. die dort angesiedelten Projekte.

Ähnliche Entwicklungen sind auch in Europa zu beobachten. Zum einen sollen Verarbeitungskapazitäten für importierte Konzentrate und Ausgangsprodukte entstehen. Zum anderen planen Explorationsprojekte neben der reinen Rohstoffgewinnung die Herstellung von Produkten der höheren Wertschöpfung (Lithiumkarbonat, -hydroxid). In Europa sind aktuell ca. 20 Projekte bekannt, die Lithiumprodukte der höheren Wertschöpfungsstufen herstellen wollen. So bspw. in Finnland, Portugal, Frankreich, Großbritannien, Österreich, Serbien und Deutschland. Die Firma Rocktech Lithium plant den Bau von bis zu fünf Convertern in Europa. Eine erste Anlage soll in Guben (Brandenburg) entstehen (ROCKTECH LITHIUM 2021). Die Firma AMG Lithium GmbH hat bereits mit dem Bau einer Raffinerie zur Produktion von Lithiumhydroxid im Chemiepark Bitterfeld/Wolfen begonnen (AMG LITHIUM 2022). Vulcan Energy plant ebenfalls den Bau einer Anlage zur Lithiumgewinnung und die Produktion von Lithiumhydroxid (VULCAN ENERGY 05/2022).

Die Gewinnung von Lithium aus Solen findet nach wie vor vorrangig im sogenannten „Lithium Triangle“ in Südamerika (Chile, Argentinien, Bolivien) mit den in SCHMIDT (2017) beschriebenen Produktionsmethoden statt. Die Industrie steht hier vor allem in Chile im Brennpunkt einer nachhaltigeren und sozial- wie umweltverträglicheren Förderung/Produktion (Kap. 1.3). Analog zu den Festgesteinsvorkommen gibt es hier das Bestreben, nachgelagerte lokale Wertschöpfungsketten zu etablieren. Prozessoptimierungen sowie neue technologische Ansätze zur Effizienzsteigerung der Produktion sowie alternative Produktionsmethoden wie bspw. DLE (Direct Lithium Extraction) werden weiter an Bedeutung gewinnen.

### 1.3 Ökologische und sozioökonomische Aspekte

Hinsichtlich Nachhaltigkeitsaspekten muss zwischen der Gewinnung aus Festgesteinsvorkommen und der aus Solevorkommen unterschieden werden, da die Umweltauswirkungen sehr unterschiedlich ausfallen. Die Endprodukte Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid haben, je nach Quelle, unterschiedliche Umweltabdrücke und somit auch die Produkte, in denen sie eingesetzt werden.

Die Lithiumförderung muss in den kommenden Jahren massiv ausgebaut werden. Dies allein stellt den Bergbausektor und die verarbeitende Industrie vor enorme Herausforderungen. Diese Entwicklungen müssen darüber hinaus nachhaltig gestaltet werden.

#### Gewinnung aus Festgestein

Die Gewinnung von Lithium aus Festgestein erfolgt meist im Tagebau. Dabei müssen zuerst der Abraum und taubes Nebengestein entfernt werden, welches deponiert wird. Hierbei kann es zu Staubbelastung kommen. Das Abraum-Erz-Verhältnis für Lithiumpegmatite liegt in der Regel im Bereich von 3 : 1 bis 10 : 1. Damit fallen 3–10 t Abraum pro Tonne Erz an. Die Flächeninanspruchnahme dieser Bergwerke ist abhängig von ihrer Lokalität und schwankt entsprechend stark. Sie ist in den ariden, kaum besiedelten Gebieten, wie im Norden Australiens, weniger problematisch als bspw. in dicht besiedelten Gebieten (siehe DROBE 2020). Nutzungskonflikte sind somit spezifisch für die jeweiligen Vorkommen.

Bei der Produktion von lithiumhaltigen Konzentraten aus Festgestein wird Wasser benötigt. Die produzierten Konzentrate werden vor dem Transport zusätzlich entwässert und die Rückstände in Absetzbecken (Tailings ponds) geleitet. Das dort zurückgewonnene Wasser kann zum Teil wiederverwendet werden, ein Teil verbleibt jedoch als Poren- und Haftwasser in den Tailings (ca. 40 % des Volumens). Durch den Einsatz von Eindickern und Filterpressen zum Entwässern der Tailings kann eine Verringerung des Wasserverlustes erreicht werden. Die Restfeuchte liegt nach dem Einsatz von Filterpressen zwischen 15 und 25 %. Bei einem Erzdurchsatz von 5 Mio. t pro Jahr bedeutet dies allerdings immer noch, dass ca.

500.000 m<sup>3</sup> Wasser benötigt werden. Im Gegensatz zum Metallbergbau (Kupfer, Blei, Zink, Goldkonzentrate) tritt bei Lithium gewöhnlich keine sulfidische Mineralisation auf, sodass eine Versauerung des Grund- oder Oberflächenwassers unwahrscheinlich ist.

Die produzierten Konzentrate werden aktuell zum überwiegenden Teil per Schiff nach China exportiert und dort weiterverarbeitet. Dieser Transport bedingt bereits erhebliche Mengen an Treibhausgasen. Da die Konzentrate nur bis zu 6 % Li<sub>2</sub>O (2,8 % Li-Inh.) enthalten, fallen hierdurch große Mengen an taubem Gestein an. Im Jahr 2020 exportierte Australien ca. 1,6 Mio. t Konzentrate nach China. Das entspricht bei einem durchschnittlichen Gehalt von 6 % Li<sub>2</sub>O ca. 41.800 t Li-Inh. und mehr als 1,5 Mio. t Abraum. Hinzu kommen Prozessabfälle. In Summe fallen laut Brancheninsider so bis zu 10 t Abfall (bspw. Schlacken) pro Tonne Endprodukt an, für die es im Moment noch keine vollständige Verwertungsmöglichkeit gibt. Wissenschaftliche sowie privatwirtschaftliche Projekte zur Untersuchung von Nutzungspotenzialen dieser Produktionsabfälle gibt es jedoch bereits. So untersucht bspw. die 2021 gegründete Firma ITEL – Deutsches Lithiuminstitut GmbH unter anderem die Potentiale dieser Produktionsabfälle. Im Fokus stehen die CO<sub>2</sub>-neutrale Produktion, der Aufbau einer integrierten Lithiumwirtschaft inkl. der Nutzung der Nebenprodukte, der Aufbau einer europäischen Lithiumkreislaufwirtschaft basierend auf digitalen Zwillingen und die internationale Normung entsprechender ESG-Kriterien (ITEL 2022). Darüber hinaus gibt es auf Unternehmensebene Bestrebungen, die Weiterverarbeitung von solchen Konzentraten in Europa mit abgewandelten Verfahren durchzuführen und Abfallprodukte einer Nutzung zuzuführen.

Die Weiterverarbeitung und chemische Aufbereitung der Konzentrate zu Lithiumkarbonat oder Lithiumhydroxid ist energie- und wasserintensiv, was auch entsprechende CO<sub>2</sub>-Emissionen bedingt (Tab. 5).

### Gewinnung aus Sole

Bei der Lithiumgewinnung aus Sole bedarf es einer deutlich differenzierteren Betrachtung, da sich diese Industrie vor allem in Chile in einem Spannungsfeld befindet. Hier treffen wirtschaft-

liche, gesellschaftliche und politische Interessen aufeinander (Kap. 2.6.2). Aufgrund des hohen Marktanteils Chiles wird im Folgenden auf dieses Land speziell eingegangen.

Grundsätzlich ist der Flächenverbrauch in den Salaren hauptsächlich auf die angelegten Solar- evaporationsbecken zurückzuführen. Die Fläche der Evaporationsbecken der Firma SQM (Salar de Atacama) haben bspw. eine Größe von ca. 19 km<sup>2</sup> (Lithiumgewinnung), die des Unternehmens Albemarle (ALB) eine Größe von ca. 6 km<sup>2</sup>. Der gesamte Salar de Atacama hat zum Vergleich eine Fläche von rund 3.000 km<sup>2</sup>. Darüber hinaus werden Flächen in den Salaren zur Deponierung von Salzen benötigt, die bisher keiner signifikanten kommerziellen Nutzung zugeführt werden. Im Vergleich zu den Evaporationsbecken ist der Flächenbedarf hierfür relativ gering, zumal die Industrie bemüht ist diese Produkte zukünftig zu vermarkten. So wird z. B. das Mineral Bischofit im Straßenbau verwendet. Vermischt mit Wasser kann es die Staubbildung auf Straßen verringern. Die Salze Sylvinit/Carnalit können in die Düngemittelindustrie abgegeben werden. Eine anderweitige Nutzung der Flächen in den Salaren gibt es darüber hinaus nicht.

Zu den wichtigsten Themen im Salar de Atacama, aber auch in anderen Salaren in Südamerika, zählen die Nutzung von Wasser und der Einfluss der Soleextraktion auf das Ökosystem dieser ariden Gebiete. Bezogen auf die Wassernutzung kommt es oft zu Missverständnissen, da Evaporationsbecken in der Wüste einen hohen Verbrauch anderweitig nutzbaren Wassers suggerieren. So werden häufig die Begriffe Sole, Frischwasser und Industrierwasser fälschlicherweise synonym verwendet.

Die in den Salaren geförderte Sole hat einen durchschnittlichen Salzgehalt (TDS) von ca. 350 kg/m<sup>3</sup>. Zum Vergleich: Meerwasser liegt typischerweise bei ca. 35 kg/m<sup>3</sup> und das Tote Meer bei rund 240 kg/m<sup>3</sup>. Die geförderte Sole ist anderweitig nicht nutzbar und in Chile als mineralische Ressource und nicht als Grundwasser definiert. Dieser Umstand ist ebenfalls großer Streit- bzw. Kritikpunkt, da Sole chemisch gesehen ca. 70 % Wasser enthält. Durch diese Definition wird der Wasseranteil der Sole, der verdunstet, in manchen LC-Analysen nicht berücksichtigt. Somit ist eine Vergleichbarkeit häufig nicht gegeben.

Grundsätzlich wird die an die Oberfläche gepumpte Sole in diesen Evaporationsbecken verdunstet, wodurch nicht erwünschte Salze ausgefällt werden und Lithium aufkonzentriert wird (6 % Li-Inh.). Nach KELLY et al. (2021) werden pro Tonne konzentrierter Sole (6 % Li-Inh.) ca. 24 t Ausgangssole benötigt. Pro Tonne Lithiumkarbonat werden wiederum 4 t konzentrierte Sole benötigt.

Die Menge an Sole, die gefördert werden darf, ist im Falle des Salar de Atacama (Chile) durch CORFO bzw. die Verträge von SQM (1.600 l/sec.) und ALB (443 l/sec.) vorgegeben. Unstrittig ist, dass dem System Salar in Summe hierdurch Sole entzogen wird. Diese Entnahme wird streng überwacht und aufgezeichnet. Sowohl CORFO als auch die dort tätigen Unternehmen halten eigene hydrogeologische Modelle vor, um den Einfluss auf das Gesamtsystem zu überwachen (Input/Output-Analyse). Das Unternehmen SQM stellt bspw. unter <https://www.sqmsenlinea.com/> ein frei zugängliches „real time online monitoring system“ zur Verfügung (SQM 06/2022). In diesem sind Echtzeitdaten aus dem Salar de Atacama hinterlegt. Die Langzeiteffekte der Soleentnahme sind darüber hinaus Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen und Forschungsverbundprojekte (bspw. BrineMine). Die Unternehmen SQM und ALB arbeiten darüber hinaus beide daran, ihre Soleförderung bei gleichzeitiger Produktionssteigerung zu verringern. Dies soll durch Prozessoptimierungen sowie zusätzliche Prozessschritte ermöglicht werden. Somit sollen die Gewinnungsraten deutlich angehoben werden. Neue Extraktionstechnologien wie bspw. DLE (Direct Lithium Extraction) könnten hier ebenfalls zum Einsatz kommen. Viele neue geplante Explorationsprojekte setzen ausschließlich auf diese selektiven Extraktionsmethoden. Andere etablierte Produzenten, bspw. in Argentinien, arbeiten ebenfalls an Prozessoptimierungen.

Frischwasser wird im Salar benötigt, um bspw. Equipment von Salzanlagerungen zu reinigen sowie im Fall von SQM zur Reinigung von dort produzierten Kalisalzen bzw. in dessen Prozessroute. Es wird also nicht das gesamte geförderte Wasser für die Lithiumproduktion verwendet. Dieses Wasser wird außerhalb des Salars aus Brunnen gewonnen. Auch hier gibt es rechtliche Vorgaben über die genauen Mengen, die gefördert werden dürfen. Grundsätzlich stehen diese in einer Nutzungskonkurrenz zur lokalen Bevölkerung, dem

Tourismus sowie anderen Industrien wie bspw. der Kupferindustrie.

So stehen dem Unternehmen Albemarle ca. 0,5 % der gesamten Frischwasserrechte im Salar de Atacama zur Verfügung. Von diesen 24 l/s nutzt das Unternehmen nach eigenen Angaben jedoch nur noch 9 l/s (ALBEMARLE 2020). Das Unternehmen SQM besitzt, aufgrund seiner Größe und Ausrichtung, ca. 6,9 % der Wasserrechte im Salar de Atacama, nutzte nach eigenen Angaben im Jahr 2020 aber nur 2,1 % (SQM 03/2021). Über 50 % (> 2.300 l/s) der Wasserrechte entfallen auf die übrige Industrie (vorrangig Kupfer). Die übrigen 41 % (> 2.200 l/s) entfallen auf Landwirtschaft, Tourismus, Bevölkerung, wobei der Tourismus den größten Anteil einnimmt.

Die im Salar aufkonzentrierte Sole wird per Tanklastwagen in die jeweiligen Verarbeitungsanlagen in La Negra (ALB) oder La Carmen (SQM) außerhalb von Antofagasta transportiert und dort weiterverarbeitet. In den Anlagen wird Wasser benötigt, welches zum überwiegenden Teil aus der Aufbereitung industrieller oder städtischer Abwässer kommt. Das eingesetzte Wasser wird im Kreislauf gefahren und rückgewonnen. Ein Teil des Wasserbedarfs wird genutzt, um die konzentrierte Sole auf unter 1,2 % zu verdünnen. Weiterhin wird Wasser für die Produktion von Lithiumhydroxid aus Lithiumkarbonat benötigt. In Tab. 5 sind Energie- und Wasserverbrauch für die Produktion von Lithiumkarbonat und -hydroxid nach KELLY et al. (2021) aufgeführt.

Durch den Einsatz sogenannter „Thermal Evaporator“ kann der Wasserverbrauch weiter gesenkt werden. Die Firmen SQM und ALB nutzen diese Technologie. Albemarle hat eine solche Anlage Anfang 2022 in La Negra in Dauerbetrieb genommen. Laut Unternehmen kann der Frischwasserverbrauch so um 30 % reduziert werden (ALBEMARLE 2021). Beide Unternehmen evaluieren darüber hinaus die Nutzung von Wasser aus der Meerwasserentsalzung.

Anfang 2022 wurde in Chile eine Klage durch den CDE (Consejo de Defensa del Estado) eingereicht. In dieser Klage gegen die Unternehmen BHP Minera Escondida (Kupfer), Compania Minera Zaldivar S.A. (Kupfer) und Albemarle (Lithium) geht es um die Wasserentnahme aus dem Monturaqui-Negrillar-Tilopozo-Aquifer (PRIMER TRIBUNAL

AMBIENTAL REPUBLICA DE CHILE 2022) außerhalb des Salar de Atacama. Der Grundwasserspiegel ist dort deutlich gesunken, was der Entnahme von Wasser durch Escondida (Monturaqui), Zaldivar (Negrillar) und Albemarle (Tilopozo) geschuldet sein soll. BHP Escondida hat dort bis 2019 ca. 1.400 l/s gefördert. Zaldivar hat eine laufende Genehmigung bis 2025 von bis zu 500 l/s, bei aktueller Förderung von ca. 213 l/s. Demgegenüber förderte Albemarle seinerzeit lediglich 17 l/s und somit etwa nur 1,2 % der Menge von BHP. Gleichwohl werden alle drei Unternehmen gleichermaßen angeklagt. Anfang Juni 2022 wurde darüber hinaus die Vergabe von Lithiumproduktionslizenzen an die Firmen BYD Chile SpA und Servicios y Operaciones Mineras del Norte S.A. (Gruppo Erzuris) zurückgezogen, nachdem indigene Gemeinschaften aufgrund fehlender Einbeziehung geklagt hatten (Kap. 2.6.2).

Der Dialog mit der indigenen Bevölkerung und deren Konsultation in Bezug auf diese Industrie spielen aber eine wichtige Rolle in Chile. Dies gilt gleichermaßen für Argentinien und Bolivien. Auch Fragestellungen zum Thema Wasserverbrauch und Umweltauswirkungen durch die Gewinnung spielen in Argentinien und Bolivien eine wichtige Rolle.

Die in Südamerika produzierten Lithiumverbindungen werden ebenfalls per Schiff transportiert, was hohe Treibhausgasemissionen bedingt.

Aus den Daten von KELLY et al. (2021) geht hervor, dass sowohl Energie- als auch Wasserbrauch bei der Prozessroute Festgestein höher sind als bei der Prozessroute Sole. Lithiumkarbonat aus Sole gewonnen hat einen um den Faktor ~ 7 geringeren CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Abdruck als Lithiumkarbonat gewonnen aus Festgestein über die Pro-

zessroute Australien/China. Bei Lithiumhydroxid liegt der Faktor bei 2 zugunsten der Produktion aus Sole. Dieser geringere Unterschied ergibt sich aus der Prozessroute, die bei der Gewinnung aus Sole über Lithiumkarbonat führt. Bei Festgesteinsvorkommen ist dieser Zwischenschritt nicht nötig. Durch den Einsatz von regenerativen Energiequellen könnte die Prozessroute in China und anderen Ländern bezogen auf die GHG-Emissionen verbessert werden. Auch der Wasserverbrauch pro Tonne Produkt ist bei der Herstellung aus Festgestein nach KELLY et al. (2021) deutlich höher als bei der Produktion aus Sole.

### Gewinnung aus kontinentalen Tiefenwässern

Die Gewinnung von Lithium aus kontinentalen Tiefenwässern wird in mehreren Ländern von Unternehmen und Forschungseinrichtungen evaluiert und in Pilotanlagen untersucht. In den USA sind z. B. die Firmen Berkshire Hathaway Energy, Energy Sources und Controlled Thermal Resources (CTR) im Imperial Valley (Salton Sea) aktiv im Bereich der Geothermie und potenziellen Lithiumgewinnung. In Deutschland evaluiert das Energieunternehmen ENBW im Innovationsprojekt „UnLimited“ eine solche Gewinnung am Standort Bruchsal im Oberrheingraben. Die Firma Vulcan Energy Zero Carbon Lithium plant die Umsetzung einer an tiefe Geothermie gekoppelten Lithiumproduktion in Deutschland.

Im Optimalfall sollen diese Tiefenwasser zur Energiegewinnung genutzt werden. Anschließend soll aus diesen Wässern Lithium selektiv mittels DLE (Direct Lithium Extraction) gewonnen werden. Klassische Evaporationsbecken werden somit nicht benötigt, was den Flächenverbrauch im Ver-

**Tab. 5: Ergebnisse LCA für Lithiumkarbonat und -hydroxid aus Festgesteins- und Solevorkommen (Datenquelle: KELLY et al. 2021)**

| Vorkommen   | Prozessschritt                              | GHG-Emissionen [t CO <sub>2</sub> e/t] | Energie [MJ/t] | Frischwasser [m <sup>3</sup> /t] |
|-------------|---|--|----------------|----------------------------------|
| Sole        | Aufkonzentrierung                           | 0,08–0,18                              | 1.300–2.800    | 2,95–7,3                         |
|             | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -Produktion | 2,7–3,1                                | 30.000–36.000  | 15,5–32,8                        |
|             | LiOH-Produktion                             | 6,9–7,3                                | 76.600–82.900  | 31–50                            |
| Festgestein | Aufkonzentrierung                           | ~ 0,42                                 | ~ 5.500        | ~ 3,4                            |
|             | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -Produktion | ~ 20,4                                 | ~ 218.000      | ~ 77                             |
|             | LiOH-Produktion                             | ~ 15,7                                 | ~ 187.200      | ~ 69                             |

gleich deutlich minimiert. Aufgrund der theoretischen Kopplung an die Energiegewinnung aus Geothermie sinkt der CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Abdruck pro Tonne Produkt sehr stark. Vulcan Energy gibt einen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Abdruck pro Tonne Lithiumhydroxid von null an. Der Frischwasserverbrauch wird mit 80 m<sup>3</sup>/t Lithiumhydroxid angegeben (VULCAN ENERGY 04/2022). Aufgrund der Nähe zu potenziellen Endmärkten in Europa sind theoretisch auch kürzere Transportwege möglich. Die Produktionspotenziale sind nach GOLDBERG et al. (2022) momentan jedoch noch limitiert.

### Toxikologische Klassifizierung

Lithium als Werkstoff weist je nach Produkt unterschiedliche Gefahrenpotenziale und entsprechende Einstufungen auf. Lithiummetall (CAS 7439-93-2) verursacht laut der European Chemicals Agency (ECHA) schwere Hautverätzungen und bei Kontakt Augenschäden (ECHA 2022a). In Verbindung mit Wasser werden entzündliche Gase freigesetzt. Daher erfolgt der Transport in Parafinöl. Bei Sauerstoffkontakt erfolgt eine exotherme Reaktion zu Lithiumoxid (siehe SCHMIDT 2017).

Lithiumchlorid (CAS 7447-41-8) ist laut ECHA 2022b schädlich beim Verschlucken und verursacht schwere Augen- sowie Hautreizungen. Lithiumkarbonat (CAS 554-13-2) ist bei Verschlucken gesundheitsschädlich und verursacht ebenfalls Augenreizungen (ECHA 2022c). Lithiumhydroxid (CAS 1310-65-2) ist beim Verschlucken giftig und verursacht schwere Verätzungen der Haut sowie Augenschäden (ECHA 2022d).

Im Juni 2020 wurde von ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, France) ein Antrag eingereicht mit dem Ziel, Lithiumchlorid, -karbonat und -hydroxid als Repr.1A (H360FD) unter REACH zu klassifizieren (ANSES 2020). Die Deadline zur Kommentierung lag im Dezember 2021. Eine finale Entscheidung steht noch aus, jedoch ist nicht damit zu rechnen, dass die Klassifizierung abgelehnt wird. Mit einer Entscheidung wird Ende 2022 bzw. Anfang 2023 gerechnet.

Eine solche Klassifizierung könnte aufgrund erhöhter Sicherheitsbestimmungen die Kosten erhöhen und somit Auswirkungen auf Produktion,

Transport, Umgang sowie Recycling von Produkten zeigen, die diese Verbindungen enthalten. Welchen Effekt eine solche Klassifizierung somit auf die Wettbewerbsfähigkeit einer europäischen Batterieindustrie haben könnte, ist aktuell nicht absehbar. Laut REUTERS (07/2022) wäre bspw. das Unternehmen Albemarle möglicherweise gezwungen seine Produktion in Langelsheim aufzugeben.

## 1.4 Verwendung

Viele Produkte enthalten Lithium aufgrund seiner sehr spezifischen Eigenschaften. Die bei weitem wichtigste Verwendung von Lithium ist der Einsatz in wiederaufladbaren Batterien. Die zweite wichtige Anwendung von Lithium liegt im Bereich Keramik/Glaskeramik/Glas. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Verwendungsbereiche von Lithium findet sich in SCHMIDT (2017).

Lag der Anteil wiederaufladbarer Batterien im Jahr 2015 nach ROSKILL (2016) noch bei 37 %,

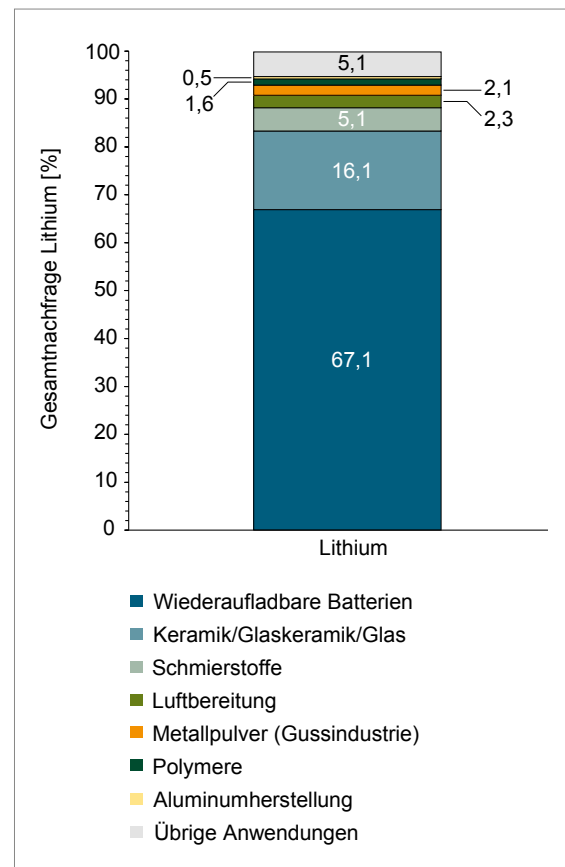


Abb. 2: Verwendungsgebiete von Lithium 2020 (Datenquelle: CRU 2022)



so stieg er im Jahr 2020 bereits auf 67,1 % (CRU 2022) (Abb. 2). Der größte Anteil entfiel auf den Bereich E-Mobilität. Der kumulierte Anteil Keramik/Glaskeramik/Glas der Verwendung lag 2015 insgesamt bei ca. 26,5 % (ROSKILL 2016). Im Jahr 2020 betrug dieser nur noch 16,1 % (CRU 2022) (Abb. 2). Beide Bereiche zusammen machten 2020, je nach Datenquelle, etwa 83–85 % der Verwendung aus. Auf den Bereich „übrige Anwendungen“ entfallen 15–17 %.

## 2 Rohstoffrisikobewertung

### 2.1 Preisentwicklung und -risiken

Lithium wird hauptsächlich in Form von Mineralkonzentraten (Spodumen, Petalit) und den beiden wichtigsten Zwischenprodukten Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid in unterschiedlichen Qualitäten gehandelt. Darüber hinaus findet, bezogen auf die Mengen, in geringem Umfang Handel mit lithiumreichen Solen, Lithiumchloriden, -bromiden und -metall statt.

Die Preise werden zwischen Produzenten und Verbrauchern individuell und abhängig von den geforderten Produktqualitäten und Spezifikationen ausgehandelt (Langzeitlieferverträge). Gewisse Mengen an Lithiumprodukten werden auch am Spotmarkt gehandelt. Im Allgemeinen werden die Preise durch Angebot und Nachfrage bestimmt. Spotmarktpreise für Lithiumkarbonat und Spodumen-Konzentrate liegen zum Teil erheblich über den Preisen von Langzeitlieferverträgen.

Seit Mitte 2021 wird Lithium an der London Metal Exchange (LME) in Form des „LME battery-grade hydroxide cash-settled future“ gehandelt. Die Parameter dieses Contracts sind unter: <https://www.lme.com/en/Metals/EV/About-Lithium/Contract-specification> einzusehen. Als Preisbasis wird ein Preis von Fastmarkets MB verwendet: „lithium hydroxide monohydrate: min 56.5 % LiOH battery

grade, spot prices CIF China, Japan and Korea, \$/KG“ (LME 2022).

Darüber hinaus gibt es seit Mai 2021 einen Lithium Future (*Lithium Hydroxide CIF CJK [Fastmarkets]*) mit dem Ticker Symbol LTH, der durch die CME Group aufgesetzt wurde. Ein ähnlicher Future wurde bereits für Kobalt erfolgreich ins Leben gerufen. Die Parameter dieses Futures sind unter <https://www.cmegroup.com/trading/metals/other/lithium-futures.tml> einzusehen (CME GROUP 2022).

#### 2.1.1 Preisdaten

Für Lithiumrohstoffe und -chemikalien liegen die in Tab. 6 aufgeführten Spezifikationen und Zeitreihen vor. Diese unterscheiden sich in ihrer zeitlichen Verfügbarkeit sowie in den Produkt- und Lieferparametern. Eine direkte Vergleichbarkeit ist somit nicht gegeben. Eine detaillierte Auswertung der Preisentwicklung bis einschließlich 2016 ist SCHMIDT (2017) zu entnehmen.

##### Lithiumkarbonat

Für Lithiumkarbonat zeichnete sich Ende 2016 aufgrund der hohen prognostizierten Nachfrage aus China und einem limitierten Angebot ein erneuter Preispeak ab. Dieser gipfelte in Höchstständen Ende 2017 mit ca. 18.000–26.000 US\$/t,

Tab. 6: Preisdaten für Lithium und Lithiumverbindungen (Datenquelle: BGR 2022)

| Spezifikation   | Zeitraum        |
|---|-----------------|
| LITHIUM: Lithiumkarbonate, min. 99–99.5 % Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , large contracts, USA, delivered continental                     | 06/1998–10/2020 |
| LITHIUM: Lithiumkarbonate, min. 99.5 % Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , battery grade, spot price, ex works, domestic China                | 11/2017–04/2022 |
| LITHIUM: Lithiumkarbonat 99 % Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> min, technical and industrial grades, contract price ddp Europe and US, \$/kg | 03/2019–04/2022 |
| LITHIUM: hydroxide, Chinese, 56,5–57,5 % LiOH, packed in drums or bags, large contracts, del Europe   | 08/2015–04/2020 |
| LITHIUM: Lithiumhydroxid monohydrate 56,5 % LiOH.H <sub>2</sub> O min, Batteriequalität, Kassapreis ab Werk China                           | 11/2017–04/2022 |
| LITHIUM: Lithiumhydroxid monohydrate 56,5 % LiOH.H <sub>2</sub> O min, technical & industrial grade, Vertragspreis cif China, Japan & Korea | 11/2017–04/2022 |
| LITHIUM: Spodumen, min. 5–6 % LiO <sub>2</sub> , cif China  | 04/2015–04/2022 |

je nach Qualität (Tab. 6, Abb. 3). Es folgte eine Phase stark sinkender Preise aufgrund einer geringer wachsenden Nachfrage bei einem gleichzeitig massiv gestiegenen Angebot. Hinzu kam der Beginn der Covid-19-Pandemie. In der Folge fielen die Preise von ihren Höchstständen aus 2017 um mehr als 76 % auf etwa 6.000–7.000 US\$/t zum Ende des Jahres 2020.

Seit dieser Tiefpreisphase ist der Lithiumkarbonatpreis extrem gestiegen. Im März 2022 markierte er mit 75.400–77.500 US\$/t historisch gesehen absolute Höchststände. Gegenüber Dezember 2020 ist der Preis um knapp 1.000 % gestiegen. Der größte Preissprung erfolgte ab etwa Oktober 2021. Dies wird auf einen massiven Nachfrageboom aus dem Bereich der E-Mobilität zurückgeführt. Gleichzeitig ist absehbar, dass die Primärproduktion und vor allem die nachgelagerte Industrie diesen Bedarf vermutlich nicht bedienen können werden. Seit März 2022 ist eine geringe Preiskorrektur von ca. 10 % zu erkennen. Möglicherweise sinken die Preise im Verlauf des Jahres 2022 weiter, da die Automobilbranche aufgrund von Lieferproblemen deutlich weniger Autos produziert und verkauft bzw. die Nachfrage inflationsbedingt etwas abkühlt. Durch die

Corona-Beschränkungen in China ist es zu einem deutlichen Einbruch in Verkauf und Herstellung von Fahrzeugen gekommen. Wann und wie sich diese Situation entspannt, ist nicht absehbar.

### Lithiumhydroxid

Analog zu Lithiumkarbonat zeichnete sich Ende 2017 bzw. Mitte 2018 eine erste Hochpreisphase für Lithiumhydroxid ab. Je nach Qualität (Tab. 6, Abb. 4) lag dieser Preis bei 19.000–23.000 US\$/t. Es folgte analog zu Karbonat ein massiver Preisverfall von ca. 65 %, der seinen Tiefpunkt im Dezember 2020 mit ca. 6.500–8.100 US\$/t erreichte.

Seit dieser Tiefpreisphase hat sich auch der Lithiumhydroxidpreis erholt und ist extrem gestiegen. Im März 2022 markierte er mit 64.000–73.300 US\$/t historisch gesehen absolute Höchststände. Gegenüber Dezember 2020 ist der Preis somit, analog zu Lithiumkarbonat, um 1.000 % gestiegen. Der größte Preissprung ist ab etwa Dezember 2021 zu beobachten (133 %). Eine Preiskorrektur ist bei Lithiumhydroxid noch nicht zu erkennen.

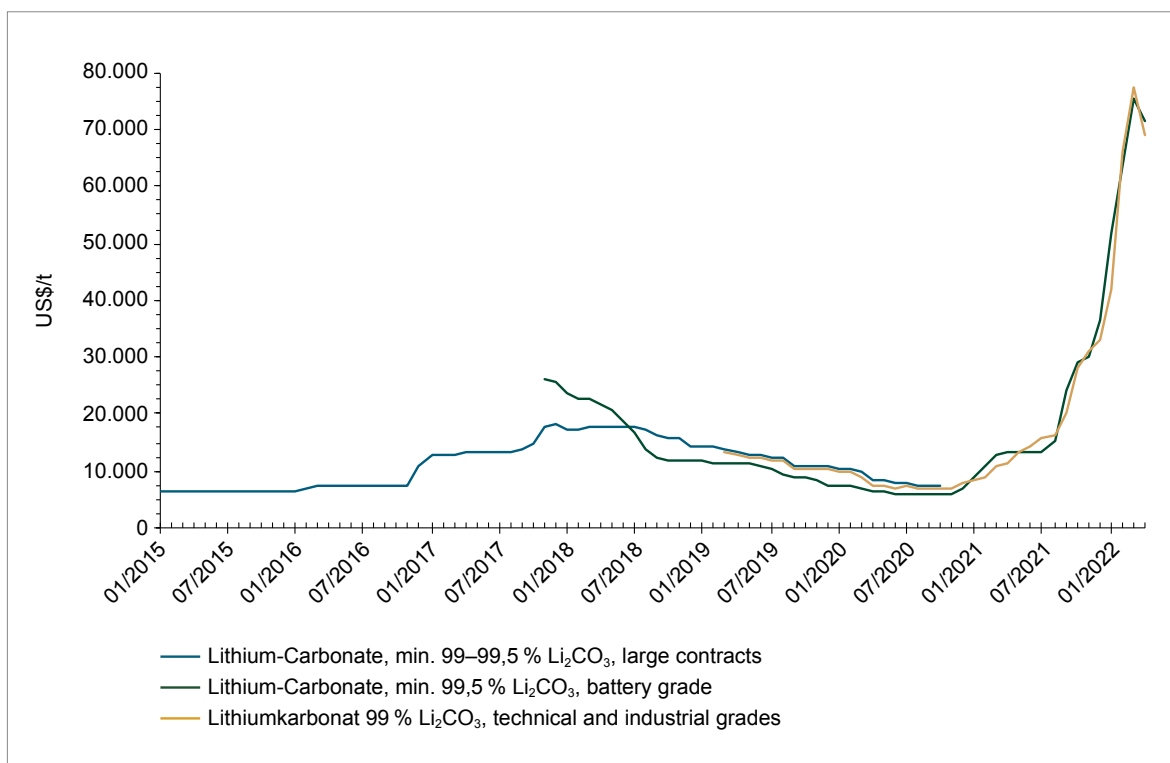


Abb. 3: Nominalpreise für Lithiumkarbonat (01/2015–04/2022), (Datenquelle: BGR 2022)

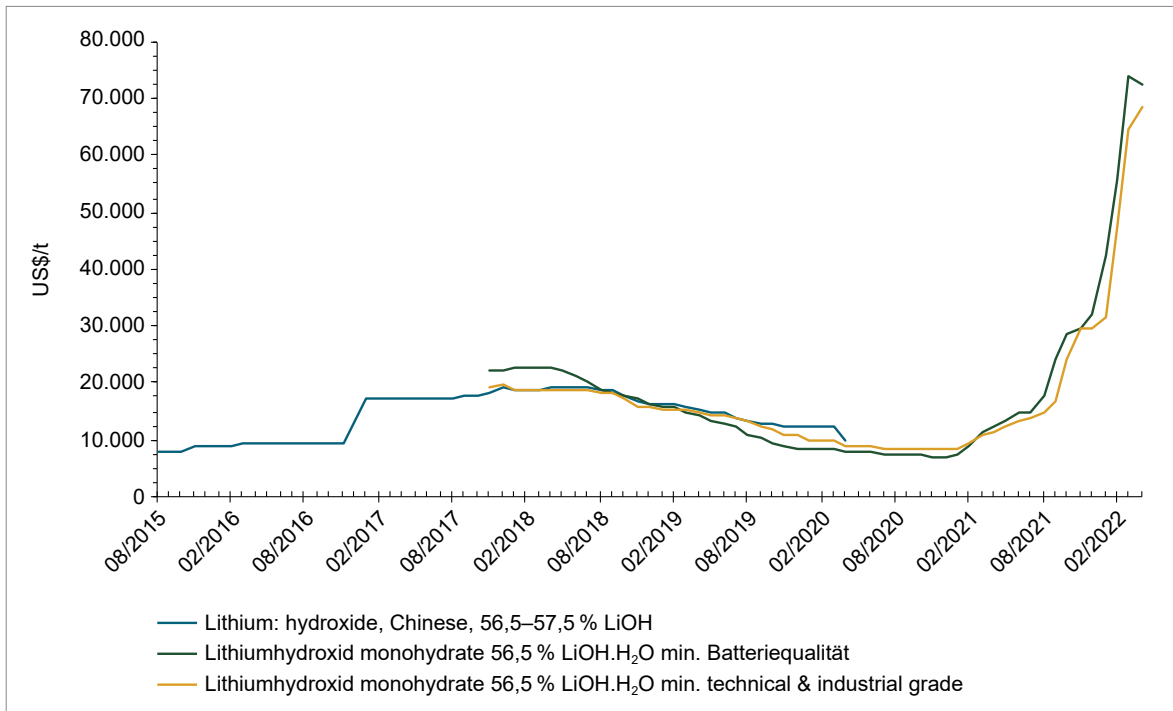


Abb. 4: Nominalpreis für Lithiumhydroxid (08/2015–04/2022), (Datenquelle: BGR 2022)

### Spodumen-Konzentrate

Der Preis für Spodumen-Konzentrate, ein Vorprodukt für Lithiumkarbonat und/oder -hydroxid, hängt maßgeblich vom Li<sub>2</sub>O-Gehalt ab. Analog zu

Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid erreichten Spodumen-Konzentrate Ende 2017 bis Mitte 2018 eine erste Hochpreisphase. Diese lag bei knapp 1.100 US\$/t. Aufgrund einer Überproduktion in den Jahren 2018 und 2019 folgte auch hier eine

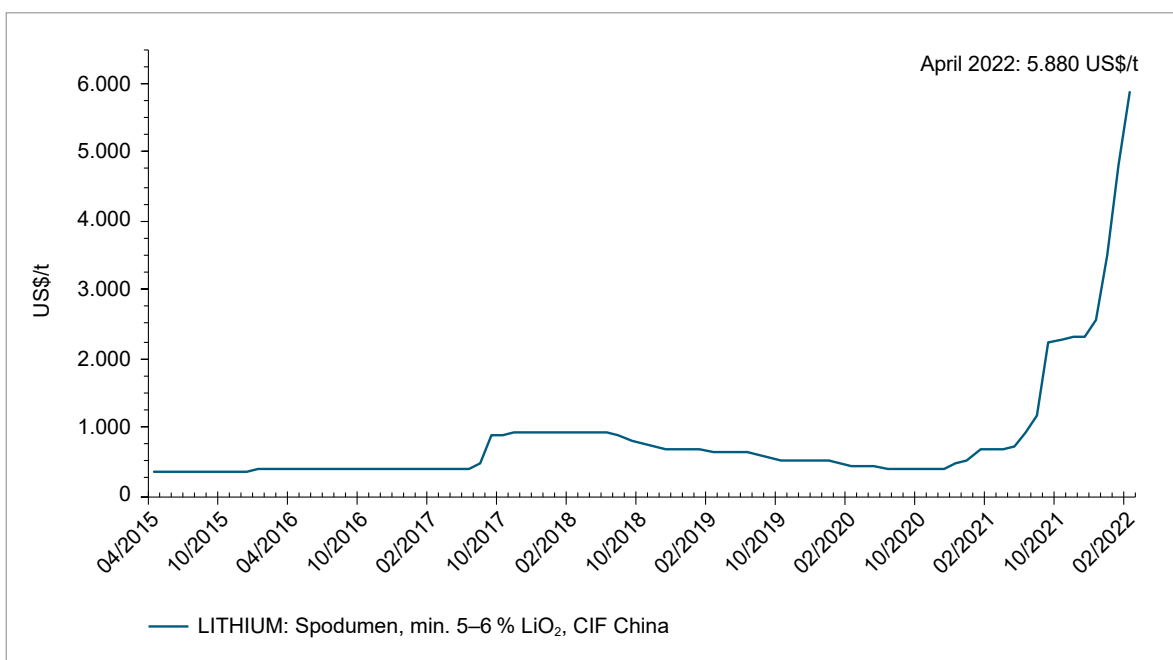


Abb. 5: Nominalpreis für Spodumen-Konzentrate (04/2015–04/2022), (Datenquelle: BGR 2022)

Phase des Preisverfalls bis ca. Ende 2020. Mit ca. 375 US\$/t lag der Konzentratpreis etwa 60 % unter seinem Höchststand im Juni 2018. Seitdem sind die Preise extrem stark gestiegen. Im April 2022 markierte der Preis mit ca. 5.890 US\$/t einen absoluten Höchststand. Innerhalb von 18 Monaten stieg der Preis um ca. 1.500 %. Allein seit Dezember 2021 ist der Preis um 160 % gestiegen (Abb. 5).

Neben dieser Preiszeitreihe zu Spodumen-Konzentraten liegen Informationen zu Preisen einzelner Unternehmen vor. Die Firma Pilbara Minerals Ltd. hat z. B. seit August 2021 in Summe fünf eigene Auktionen für Spodumen-Konzentrate (SC5,5 FOB Port Hedland & SC6,0 CIF China) an seiner eigenen Battery Material Exchange (BMX) durchgeführt. Die Mengen lagen jeweils bei relativ geringen Mengen von 5.000–10.000 t Konzentrat. Lag der erzielte Preis der ersten Auktion im Juli 2021 bei ca. 1.250 US\$/t für 5.000 t, so stieg er zur fünften Auktion im Mai 2022 auf 5.955 US\$/t für 10.000 t (S&P GLOBAL 2022). Die sechste Auktion am 23.06.2022 erzielte laut Pilbara Minerals Ltd. Rekordpreise von ca. 6.350 US\$/t (SC5,5 FOB Port Hedland) für 5.000 t (Abb. 6). Weitere Auktionen sollen im Verlauf des Jahres 2022 folgen.

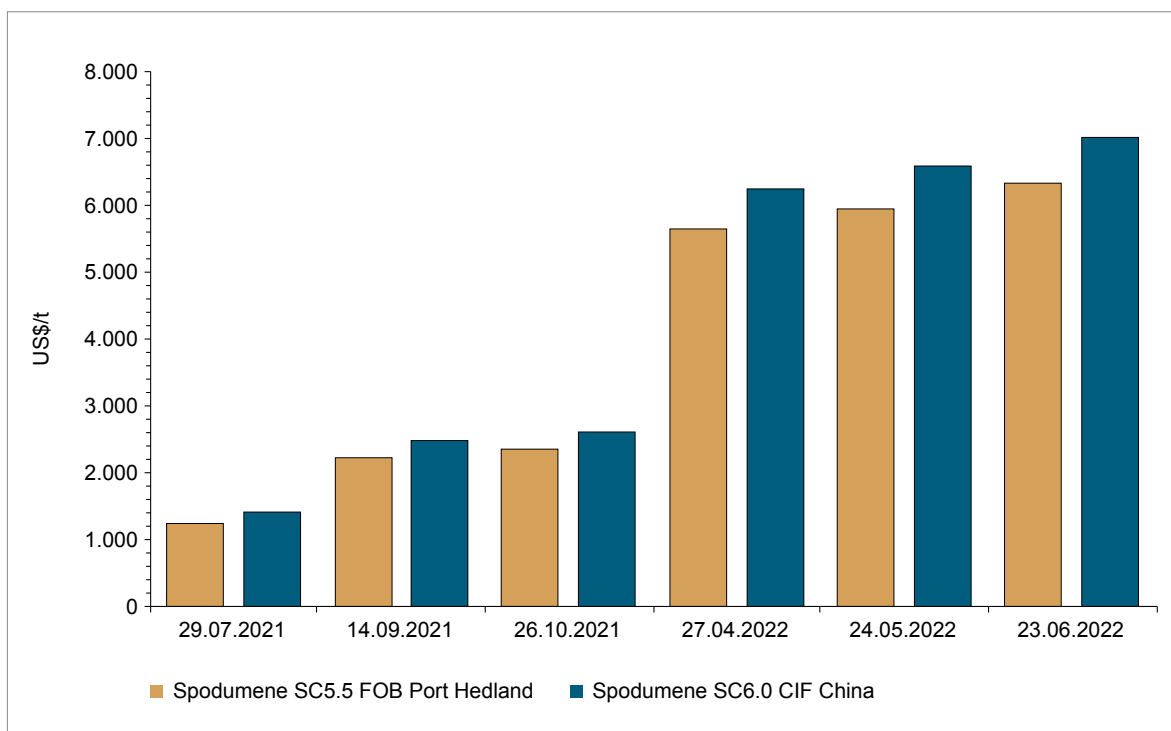
## 2.2 Angebot

### 2.2.1 Bergwerksförderung Lithium

2020 wurden weltweit etwa 82.120 t Lithium (Li-Inh.) durch Bergwerksförderung gewonnen (Tab. 7, Abb. 7). Dies entspricht ca. 437.110 t Lithiumkarbonatäquivalent (LCE). Etwa 40 % des gewonnenen Lithiums stammten aus der Soleförderung, 60 % wurden aus Festgestein gewonnen.

Das wichtigste Förderland war im Jahr 2020 mit etwa 39.700 t Li-Inh. Australien (Marktanteil ca. 48,4 %), gefolgt von Chile und China (Tab. 7). Mit großem Abstand folgt das ehemals drittgrößte Förderland Argentinien. Auf diese vier Länder entfielen im Jahr 2020 knapp 98 % der globalen Lithiumförderung. Die vorläufigen Daten zur globalen Bergwerksförderung 2021 liegen knapp 30 % über den Zahlen aus 2020 (Tab. 7).

Die jährlichen Wachstumsraten der globalen Lithiumförderung sind in Tab. 8 für ausgewählte Zeitintervalle dargestellt. Eine ausführliche Beschreibung für den Zeitraum 1960–2015 findet sich in SCHMIDT (2017).



**Abb. 6: Preisdaten der Firma Pilbara Minerals Ltd. für Spodumen-Konzentrat-Auktionen (Pilbara BMX), (Datenquelle: PILBARA MINERALS 2022)**

Tab. 7: Bergwerksförderung von Lithium (Datenquelle: BGR 2022, S&amp;P GLOBAL 2022, USGS 2022)

| Bergwerksförderung [t Li-Inhalt]         |               |               |               |               |               |                    |                     |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Jahre                                    | 2016          | 2017          | 2018          | 2019          | 2020          | 2021 <sup>5)</sup> | Weltanteil 2020 [%] |
| Australien <sup>1)</sup>                 | 15.590        | 47.513        | 58.800        | 45.000        | 39.700        | 55.000             | 48,4                |
| Chile <sup>2)</sup>                      | 14.526        | 16.584        | 17.000        | 19.300        | 21.500        | 26.000             | 26,2                |
| China <sup>3)</sup>                      | 4.775         | 6.832         | 7.100         | 10.800        | 13.300        | 14.000             | 16,2                |
| Argentinien <sup>2)</sup>                | 5.767         | 5.740         | 6.241         | 6.300         | 5.900         | 6.200              | 7,2                 |
| Brasilien <sup>1)</sup>                  | 195           | 250           | 430           | 530           | 620           | 1.500              | 0,6                 |
| USA <sup>2)</sup>                        | 900           | 900           | 940           | 940           | 450           | 450                | 0,5                 |
| Simbabwe <sup>1)</sup>                   | 974           | 994           | 1.600         | 1.200         | 417           | 1.200              | 0,5                 |
| Portugal <sup>1)</sup>                   | 299           | 763           | 230           | 230           | 230           | 900                | 0,3                 |
| Übrige Länder <sup>3)</sup>              | 18            | 588           | 2933          | 490           | 0             | 0                  | 0                   |
| <b>Weltweite Produktion<sup>4)</sup></b> | <b>43.044</b> | <b>80.164</b> | <b>95.274</b> | <b>84.790</b> | <b>82.117</b> | <b>105.250</b>     | <b>100</b>          |
| <b>HHI</b>                               | <b>2.763</b>  | <b>4.069</b>  | <b>4.239</b>  | <b>3.556</b>  | <b>3.338</b>  |                    |                     |
| <b>GLR</b>                               | <b>0,52</b>   | <b>0,89</b>   | <b>0,94</b>   | <b>0,77</b>   | <b>0,67</b>   |                    |                     |

<sup>1)</sup> Lithium-Gewinnung aus Festgestein (Pegmatite)

<sup>2)</sup> Lithium-Gewinnung aus Solen

<sup>3)</sup> Lithium-Gewinnung aus Solen und Festgesteinsvorkommen

<sup>4)</sup> geringe Abweichung durch Rundung möglich

<sup>5)</sup> vorläufige Bergwerksförderung

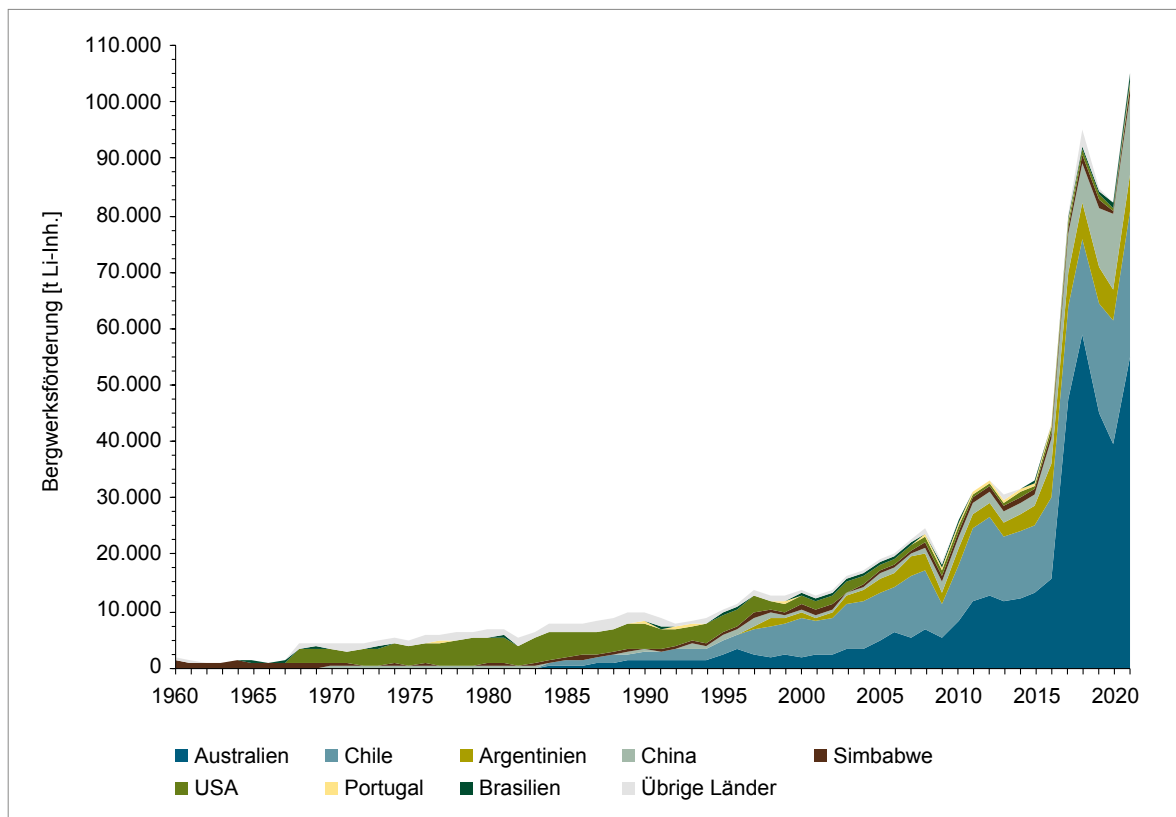
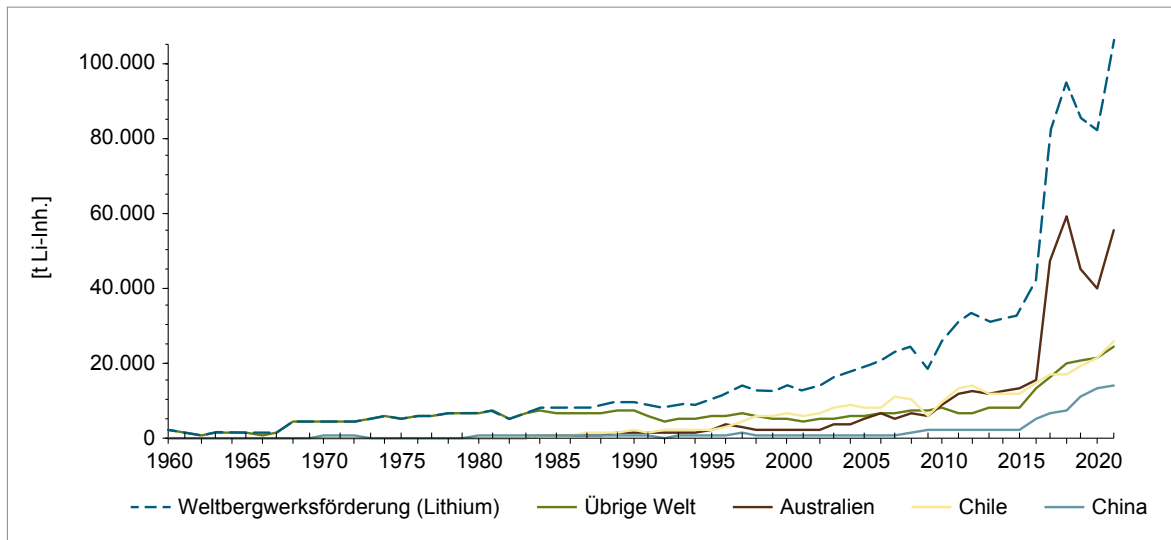


Abb. 7: Entwicklung der Bergwerksförderung von Lithium zwischen 1960 und 2021\* (Datenquelle: BGR 2022, S&P GLOBAL 2022, USGS 2022)

\* 2021 = vorläufige Bergwerksförderung



**Abb. 8: Entwicklung der Bergwerksförderung von Lithium der Länder Australien, Chile, China im Vergleich zu der übrigen Welt zwischen 1960 und 2020 (Datenquelle: BGR 2022, USGS 2022, S&P GLOBAL 2022)**

Von 1960 bis 2020 stieg die weltweite Bergwerksförderung von Lithium mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von etwa 6,6 % (Tab. 8). Sie nahm damit von etwa 1.741 t Li-Inh. auf insgesamt 82.117 t Li-Inh. um über 4.600 % zu. Zwischen 2015 und 2020 stieg die weltweite Bergwerksförderung von Lithium aufgrund der sprunghaft gestiegenen Nachfrage von ca.

33.000 t Li-Inh. auf etwa 82.000 t Li-Inh. Dies entspricht einer Gesamtsteigerung von knapp 150 % und einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von etwa 20 %. Vor allem die wichtigsten Lieferländer Australien, Chile und Argentinien konnten ihre Förderung jeweils mehr als verdoppeln. Den größten Zuwachs weist jedoch China auf. Die Förderung Chinas stieg von ca. 2.000 t Li-

**Tab. 8: Jährliche Wachstumsraten der Lithiumförderung für ausgewählte Zeitintervalle ab 1960**

| Zeitraum                  | Jährliche Wachstumsrate CAGR [%] |               |               |               |               |               |               |               |
|---------------------------|----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | 1960<br>–2020                    | 1960<br>–1984 | 1984<br>–2020 | 1960<br>–2009 | 1984<br>–2009 | 2009<br>–2020 | 2010<br>–2020 | 2015<br>–2020 |
| Australien                | 21,7                             | 32,9          | 14,8          | 22,2          | 12,7          | 19,7          | 16,7          | 24,7          |
| Chile <sup>1)</sup>       | –                                | –             | 11,8          | –             | 11,2          | 13,0          | 8,3           | 12,8          |
| Argentinien               | 12,9                             | –5,6          | 27,3          | 13,9          | 36,3          | 8,9           | 6,4           | 10,9          |
| China <sup>1)</sup>       | –                                | –             | 11,3          | –             | 8,3           | 18,7          | 21,7          | 46,0          |
| Simbabwe                  | –2,2                             | –5,2          | –0,1          | –0,9          | 3,4           | –7,4          | –7,6          | –16,5         |
| USA                       | 15,1                             | 57,0          | –6,5          | 20,6          | –6,4          | –6,6          | –7,6          | –11,9         |
| Portugal <sup>1)</sup>    | –                                | –             | 19,8          | –             | 33,0          | –5,6          | –6,8          | –13,3         |
| Brasilien                 | 8,8                              | 6,2           | 10,5          | 9,7           | 13,1          | 4,8           | 5,4           | 27,2          |
| übrige Welt <sup>2)</sup> | –                                | 8,4           | –             | 1,0           | –5,6          | –             | –             | –             |
| <b>Welt</b>               | <b>6,6</b>                       | <b>6,4</b>    | <b>6,8</b>    | <b>4,9</b>    | <b>3,6</b>    | <b>14,5</b>   | <b>12,2</b>   | <b>20,0</b>   |

<sup>1)</sup> Daten erst ab 1984 verfügbar

<sup>2)</sup> beinhaltet: Kanada, Namibia, Ruanda, Spanien, Südafrika, Surinam, Uganda, UDSSR/GUS  
– keine Wachstumsraten für den Zeitraum bestimmbar

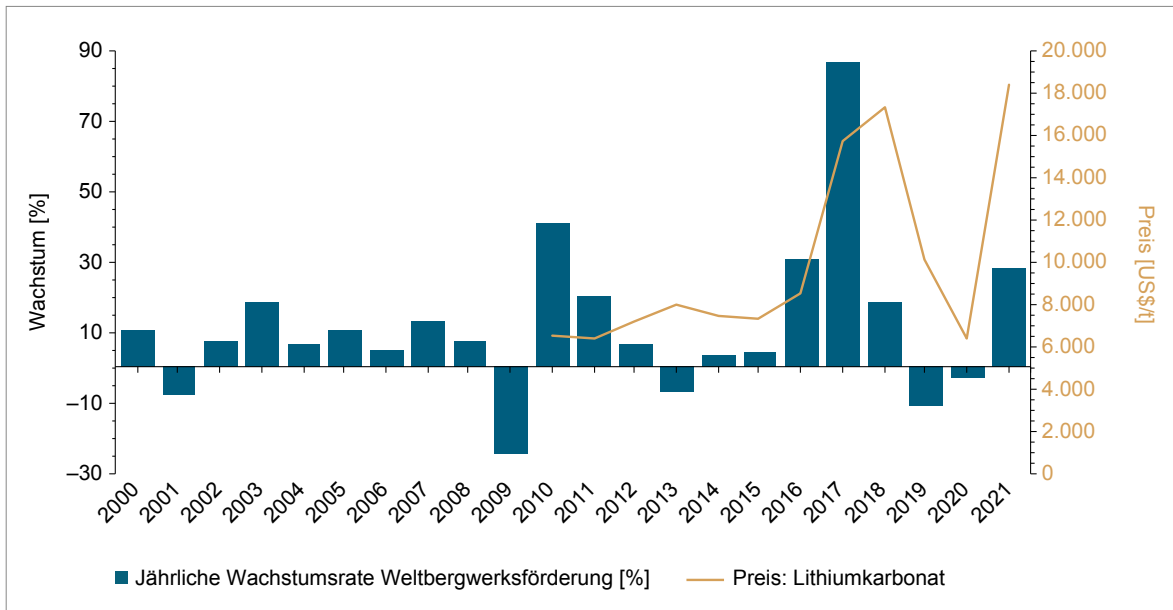


Abb. 9: Jährliches Wachstum der Bergwerksförderung von Lithium im Vergleich zum Nominalpreis von Lithiumkarbonat für den Zeitraum 2000–2021 (Datenquelle: BGR 2022)

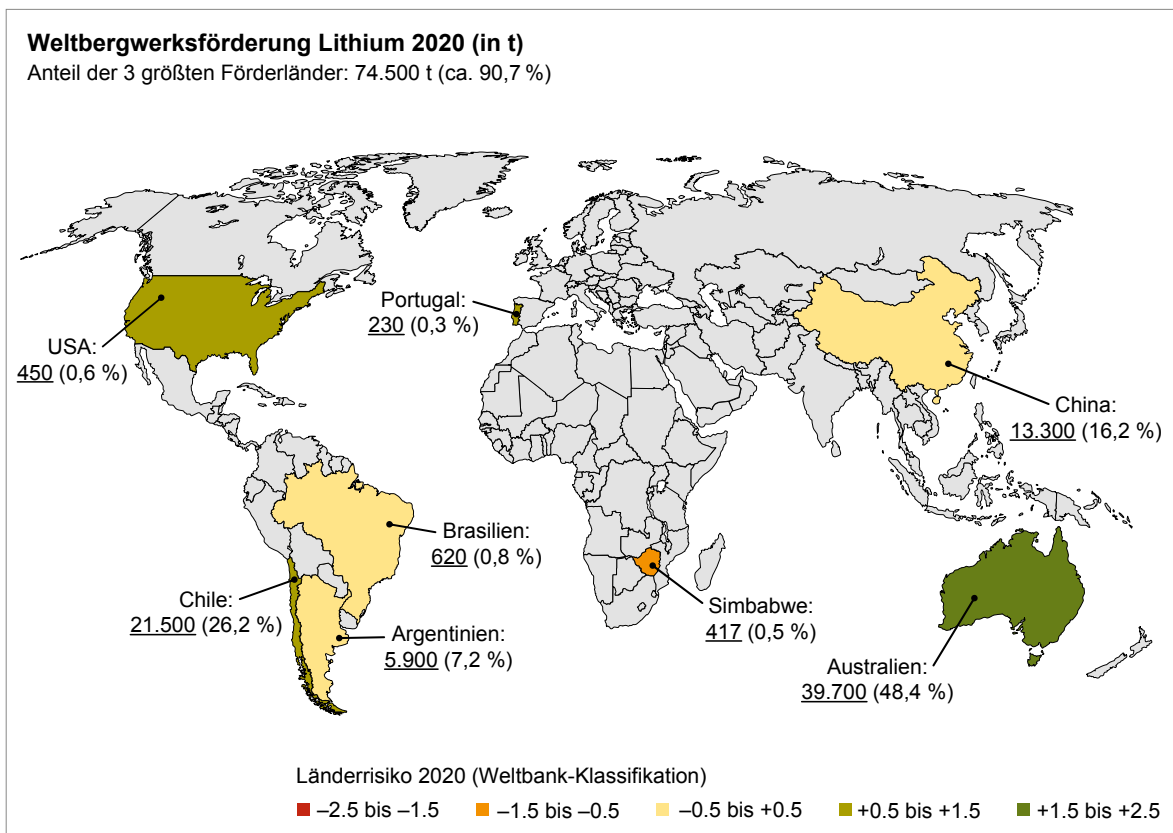


Abb. 10: Länder mit Förderung von Lithium im Jahr 2020 und deren aggregierter World Governance Indicator (Länderrisiko), (Datenquelle: BGR 2022, S&P GLOBAL 2022, USGS 2022, WORLD BANK 2022)



Inh. auf über 13.000 t Li-Inh. (CAGR = 46 %). Für den Gesamtmarkt weniger bedeutende Förderländer wie bspw. Portugal, Simbabwe oder USA weisen für diesen Zeitraum einen Förderrückgang auf (Tab. 8). Brasilien verzeichnet hingegen eine steigende Förderung. Für das Jahr 2021 ergeben sich für Portugal, Simbabwe, USA und Brasilien voraussichtlich eine steigende Förderung und dementsprechend positive durchschnittliche jährliche Wachstumsraten.

### 2.2.1.1 Firmenkonzentration

Die Bergwerksförderung von Lithium ist im Vergleich zu vielen anderen Rohstoffen auf relativ wenige Länder und wenige Bergbauunternehmen beschränkt. Darüber hinaus zeichnete sich in den letzten Jahren eine große Dynamik im Bereich von strategischen Joint Ventures (JVs), Projektbeteiligungen und Zusammenschlüssen ab. Vor allem chinesische Unternehmen sind in den vergangenen Jahren auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette strategisch sehr aktiv aufgetreten. Dies gilt vor allem für Unternehmen wie Chengdu Tianqi Industry Grp Co. oder Ganfeng Lithium Co. Ltd. Am größten Produzenten (Talisson Lithium, Abb. 11) sind die beiden Unternehmen Albemarle und Chengdu Tianqi Industry Grp Co. zu 49 % bzw. 51 % als Joint-Venture-Partner beteiligt. Chengdu Tianqi Industry Grp Co. ist darüber hinaus mit einem Aktienbesitz von 23,8 % an dem chilenischen Unternehmen SQM S.A. beteiligt (SQM 2022).

Grundsätzlich gilt es festzuhalten, dass die Lithiumgewinnung eine chemische Industrie darstellt

und keinen klassischen Bergbau wie bspw. Kupfer oder Aluminium. Unternehmen, die Lithiumverbindungen aus Sole gewinnen, sind dementsprechend als vertikal integrierte Unternehmen zu betrachten. Firmen, die lithiumhaltige Konzentrate aus Festgesteinsvorkommen gewinnen, weisen eine solche vertikale Integration bisher nicht auf, obgleich ein deutlicher Trend in diese Richtung zu erkennen ist. Zusätzlich sind viele Unternehmen über strategische Beteiligungen miteinander in den beiden unterschiedlichen Prozessrouten tätig. Eine Trennung auf Firmenebene zwischen Primärförderung und Weiterverarbeitung ist somit nicht sinnvoll.

Mit Blick auf das Jahr 2030 und darüber hinaus werden neue Unternehmen oder Firmenausgründungen aktiv in den Lithiummarkt eintreten. Gleiches war in den vergangenen Jahren zu beobachten. So liegt das relativ junge australische Unternehmen Pilbara Minerals Ltd. mit seiner Produktion bereits auf Weltrangplatz 6.

In Tab. 9 ist die unternehmerische Konzentration der Weltlithiumförderung für das Jahr 2020 dargestellt. Anhand der Produktionszahlen der Unternehmen (Datenbasis S&P GLOBAL 2022) kann die globale Förderung von ca. 82.117 t Li-Inh. zu 94,3 % einzelnen Unternehmen zugeordnet werden. Die gesamte Struktur der Lithiumförderung stellt ein Oligopol dar, bei dem auf die vier größten Produzenten im Jahr 2020 zusammen knapp 64 % der Weltlithiumförderung entfielen. Die übrigen 36 % teilen sich weitere 25 Unternehmen. Auf die zehn größten Unternehmen entfielen in Summe ca. 89 % der Förderung.

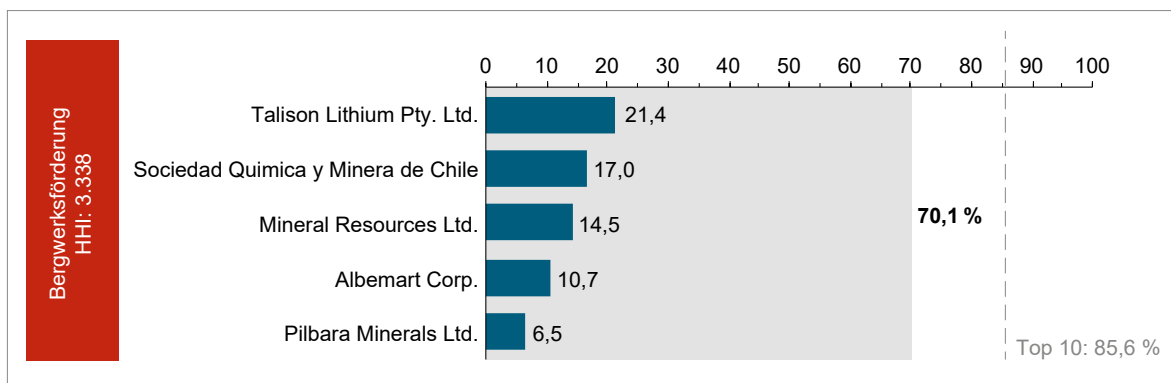


Abb. 11: Firmenkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium für das Jahr 2020 (S&P GLOBAL 2022)

Die Ausübung von Marktmacht durch die weltweite Firmenkonzentration bei den Bergbauunternehmen wird, basierend auf einem berechneten Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) von ca. 1.206, als unbedenklich bewertet (Abb. 11). Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich der Konzentrationsgrad

deutlich verändert (2015 Top 5: 91 %, HHI: 2.480). Unter Berücksichtigung der jeweiligen JV-Anteile (Tab. 9) würde der HHI theoretisch auf einen Wert von 1.112 sinken und ebenfalls im unbedenklichen Bereich liegen.

**Tab. 9: Anteile der wichtigsten Unternehmen an der Bergwerksförderung von Lithium**  
(Datenquelle: BGR 2022, S&P GLOBAL 2022)

| Unternehmen                                   | Firmensitz  | Abbauland            | 2020 [t Li-Inh.]            | Anteil [%]  | 2020 [t Li-Inh.] | Anteil [%]  |
|---|-------------|----------------------|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|
|   |             |                      | Ohne JV-Anteile (Betreiber) |             | Inkl. JV-Anteile |             |
| Talison Lithium Pty. Ltd. <sup>1)</sup>       | Australien  | AUS                  | ~ 16.530                    | <b>21,4</b> | 0                | 0           |
| SQM S.A.                                      | Chile       | CHL                  | ~ 13.151                    | <b>17,0</b> | 13.151           | <b>17</b>   |
| Mineral Resources Ltd. <sup>2)</sup>          | Australien  | AUS                  | ~ 11.240                    | <b>14,5</b> | 5.620            | 7,3         |
| Albermarle Co. <sup>1)</sup>                  | USA         | CHL,<br>AUS          | ~ 8.304                     | <b>10,7</b> | 16.404           | <b>21,2</b> |
| Pilbara Minerals Ltd.                         | Australien  | AUS                  | ~ 5.041                     | <b>6,5</b>  | ~ 5.041          | <b>6,5</b>  |
| Chengdu Tianqi Industry Grp Co. <sup>1)</sup> | China       | CN,<br>(AUS)         | 0                           | <b>0</b>    | 8.431            | <b>10,9</b> |
| Ganfeng Lithium Co. Ltd. <sup>3)</sup>        | China       | CN,<br>(AUS,<br>ARG) | 0                           | <b>0</b>    | 6.847            | <b>8,8</b>  |
| Livent Corp <sup>4)</sup>                     | USA         | ARG                  | ~ 3.720                     | 4,8         | ~ 3.720          | 4,8         |
| Galaxy Resources <sup>5)</sup> Ltd.           | AUS         | AUS                  | 3.001                       | <b>3,9</b>  | 3.001            | 3,9         |
| Morella <sup>6)</sup> Corp.                   | Australien  | AUS                  | 2.653                       | 3,4         | 2.653            | 3,4         |
| Lithium Americas Corp. <sup>7)</sup>          | Argentinien | ARG                  | 2.630                       | 3,4         | 1.179            | 1,5         |
| Qinghai Salt Lake Industry Co.                |             |                      | 2.537                       | 3,3         | 2.537            | 3,3         |
| Yichun Tantalum Co Ltd.                       | China       | CN                   | 1.839                       | 2,4         | 1.839            | 2,4         |
| Western Mining Group Co. Ltd.                 |             |                      | 1.776                       | 2,3         | 1.776            | 2,3         |
| Allkem <sup>8)</sup> Ltd.                     | Australien  | AUS,<br>ARG          | 1.606                       | 2,1         | 1.068            | 1,4         |
| Bikita Minerals Ltd.                          | Simbabwe    | ZIM                  | 1.561                       | 2,0         | 1.561            | 2,0         |
| Qinghai Hengxin Rongliye Tech.                | China       | CN                   | 633                         | 0,8         | 633              | 0,8         |
| Toyota Tsusho Corp. <sup>9)</sup>             | Japan       | JP,<br>(ARG)         | 0                           | 0           | 402              | < 0,5       |
| Jujuy Energia y Minería <sup>10)</sup>        | Argentinien | ARG                  | 0                           | 0           | 360              | < 0,5       |
| AMG Advanced Metallurgical Grp.               | Brasilien   | BRA                  | 356                         | < 0,5       | 356              | < 0,5       |
| Cia Brasileira de Lítio                       | Brasilien   | BRA                  | 267                         | < 0,3       | 267              | < 0,3       |
| Grupo Mota                                    | Portugal    | PRT                  | 232                         | < 0,3       | 232              | < 0,3       |

| Unternehmen                                 | Firmensitz | Abbau-land | 2020 [t Li-Inh.]            | Anteil [%]  | 2020 [t Li-Inh.] | Anteil [%]  |
|---|------------|------------|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|
|   |            |            | Ohne JV-Anteile (Betreiber) |             | Inkl. JV-Anteile |             |
| Youngy Invt. Hldg. Grp. Co. Ltd.            | China      | CN         | 172                         | < 0,2       | 172              | < 0,2       |
| Tibet Zangge Venture Cap Grp.               |            |            | 100                         | < 0,1       | 100              | < 0,1       |
| Sichuan Yonghong Industrial Co.             |            |            | 37                          | < 0,1       | 37               | < 0,1       |
| Beijing Lianzhong Peer Biotech              |            |            | 6                           | < 0,1       | 6                | < 0,1       |
| Qinghai Zhonghao Natural Gas Co.            |            |            | 1,5                         | < 0,1       | 1,5              | < 0,1       |
| Xinjiang Huajing Junhua Eqty.               |            |            | 1                           | < 0,1       | 1                | < 0,1       |
| Beijing Lianda Sifang Invt. Con.            |            |            | 1                           | < 0,1       | 1                | < 0,1       |
| <b>Summe<sup>1)</sup>:</b>                  |            |            | <b>~ 77.397</b>             | <b>94,3</b> | <b>~ 77.397</b>  | <b>94,3</b> |
| <b>HHI<sup>1)</sup>:</b>                    |            |            | <b>1.206</b>                |             | <b>1.112</b>     |             |
| weitere Firmen u. Länder <sup>1)</sup>      |            |            | 4.720                       | 5,7         | 4.720            | 5,7         |
| <b>Weltbergwerksförderung<sup>1)</sup>:</b> |            |            | <b>~ 82.117</b>             |             | <b>~ 82.117</b>  |             |

<sup>1)</sup> Greenbushes Joint Venture zwischen Albermarle und Lithium HoldCo (Tianqi Lithium Co. Ltd./IGO)

<sup>2)</sup> Mt Marion als JV zwischen Mineral Resources und Ganfeng Lithium

<sup>3)</sup> Mt Marion als JV zwischen Mineral Resources und Ganfeng Lithium. Cauchari-Olaroz als JV zwischen Ganfeng Lithium und Lithium Americas

<sup>4)</sup> Ausgliederung aus FMC und Umbenennung

<sup>5)</sup> ab 2021 in Allkem integriert

<sup>6)</sup> Altura-Projekt des Unternehmens Morella Corp. (ex Altura) 2021 durch Pilbara Minerals übernommen

<sup>7)</sup> Cauchari-Olaroz als JV zwischen Ganfeng Lithium, Lithium Americas und Jujuy Energia y Minería

<sup>8)</sup> Allkem als Ausgliederung von Orocobre 2021 und Integration von Galaxy Resources 2021. Olaroz-Projekt als JV zwischen Allkem, Toyota Tsuho und Jujuy Energia y Minería

<sup>9)</sup> JV-Anteile an Olaroz

<sup>10)</sup> JV-Anteile an Olaroz und Cauchari-Olaroz

<sup>11)</sup> geringe Abweichung durch Rundung möglich

Potenziell ist damit zu rechnen, dass die Firmenkonzentration zukünftig steigen könnte. Pilbara Minerals hat bspw. im Jahr 2021 das Projekt des benachbarten Unternehmens Morella Corp. (ex Altura Mining) übernommen (AUSTRALIAN MINING 2022). Die Produktion wird daher ab 2021 bzw. ab Produktionsstart unter Pilbara Minerals geführt. Galaxy Resources wurde 2021 in das Unternehmen Allkem eingegliedert. Somit wird auch diese Produktion zukünftig aggregiert unter Allkem geführt.

## 2.2.2 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Förderung

### Länderkonzentration Bergwerksförderung Lithium

Seit Anfang der 1980er Jahre haben Chile und Australien kontinuierlich ihre Förderung von Lithium erhöht und sich so zu den aktuell weltgrößten Bergbauländern für Lithium entwickelt. Dies gilt vor allem für Australien seit dem Jahr 2015. Gleichzeitig nahm die bis dahin beherrschende Rolle der USA im gleichen Zeitraum markant ab.

Mit einem Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)<sup>1</sup> von knapp über 3.300 liegt die Länderkonzentration der Weltbergwerksförderung von Lithium in einem bedenklichen Bereich (Tab. 7). Historisch betrachtet hat der HHI der Weltbergwerksförderung zwischen 1960 und 2020 von knapp 8.000 auf 3.338 abgenommen. Hauptgrund hierfür ist die Abnahme der Förderung in den USA und auch Simbabwe bei einer gleichzeitig markanten Zunahme der Förderung in Australien, Chile, Argentinien und China (Abb. 7, Abb. 8). Die zeitliche Entwicklung der Länderkonzentration ist in Abb. 12 dargestellt.

### **Gewichtetes Länderrisiko Bergwerksförderung Lithium**

Das auf den „Worldwide Governance Indicators“ der Weltbank (WORLD BANK 2022) und der Bergwerksförderung basierende gewichtete Länderrisiko (GLR, siehe Glossar) der Weltbergwerksförderung von Lithium lag 2020 mit einem Wert von 0,67 noch im unkritischen Bereich<sup>2</sup>. Gegenüber dem Jahr 2015 (GLR = 0,95) hat sich das gewichtete Länderrisiko der Lithiumförderung jedoch deutlich verschlechtert (Abb. 10, Abb. 12).

Australien gilt mit einer Risikobewertung von 1,48 als sehr risikoarmes Land und hat damit aufgrund seines hohen prozentualen Anteils an der Förderung (48,4 %) einen großen Einfluss auf das GLR. Gleiches gilt für Chile (Anteil 26,2 %), welches mit einem Wert von 0,89 ebenfalls als risikoarm eingestuft wird. Diese beiden Länder bestimmen das GLR maßgeblich. China und Argentinien als dritt- und viertgrößtes Förderland gelten mit einem Wert von –0,25 bzw. –0,12 als mäßig risikoreiche Länder und beeinflussen das GLR somit negativ.

### **Gesamtbewertung Bergwerksförderung**

Die Länderkonzentration der Weltbergwerksförderung von Lithium liegt analog zu 2015 weiterhin im bedenklichen Bereich. Das gewichtete Länderrisiko liegt im unbedenklichen Bereich, hat sich jedoch deutlich verschlechtert. Das geopolitische

Risiko der Weltbergwerksförderung wird insgesamt als mäßig bedenklich bewertet. Auch wenn die aktuelle Liefersituation unbedenklich erscheint, ist aufgrund der Marktmacht Chinas bei ausbleibenden Lieferungen eine deutliche Verschlechterung anzunehmen.

Australien und Chile haben sich in den letzten Jahrzehnten als sichere Lieferländer dargestellt. Beide Länder stellten 2020 knapp 76 % der globalen Lithiumförderung. Die politischen Entwicklungen in Chile sowie die geplanten Umstrukturierungen in der chilenischen Lithiumindustrie gilt es zu beobachten, da dies einen großen Effekt auf die zukünftigen Produktionskapazitäten des Landes haben könnte.

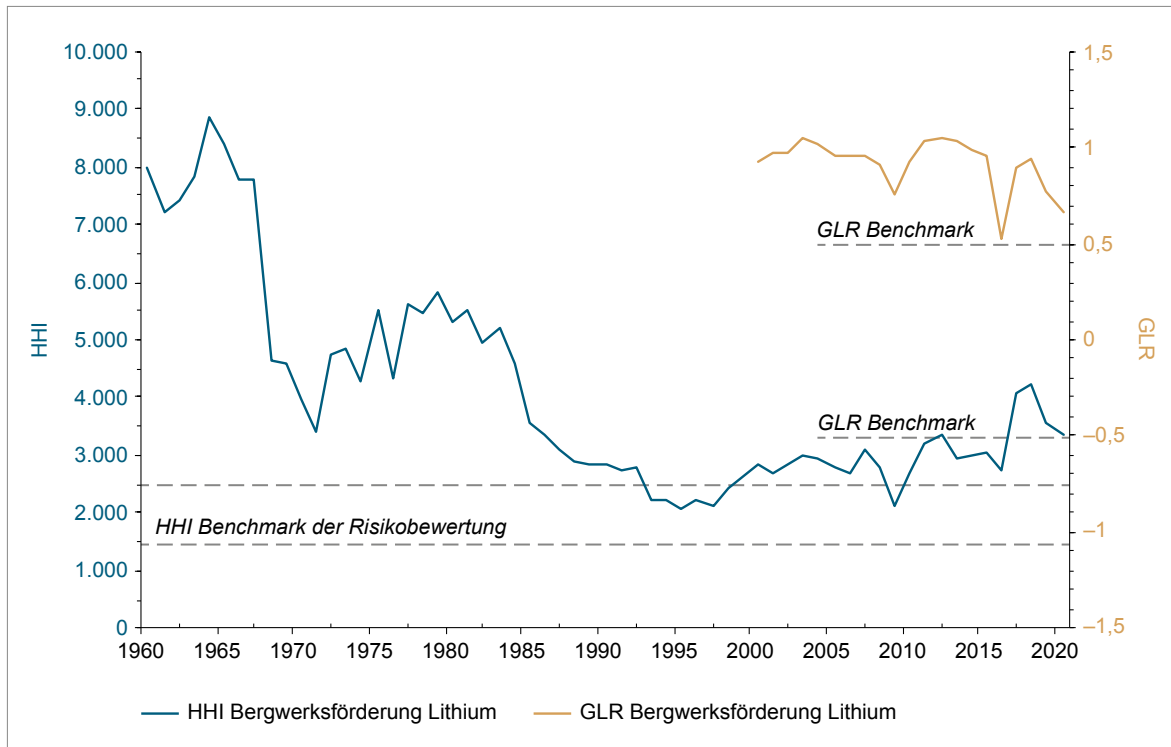
Auch die politischen Entwicklungen in anderen Ländern könnten sich potenziell auf das zukünftige Angebot auswirken. In Mexiko wurde bspw. im April 2022 das Bergbaugesetz reformiert und in der Folge ein staatliches Lithiumunternehmen (LitoMX, Lito para Mexico) gegründet. Dieses Staatsunternehmen wird zukünftig die vollständige Produktion und Vermarktung von Lithium übernehmen. Bestehende Verträge sollen seitens LitoMX auf ihre Gültigkeit hin überprüft werden (HANDELSBLATT 2022).

Gleiches gilt für die großen Potenziale in Bolivien. Das Land hat bisher keine eigene Produktion im industriellen Maßstab und sämtliche Projekte der jüngeren Vergangenheit sind aufgrund unterschiedlicher Gründe eingestellt worden. Aktuell versucht die Regierung in Bolivien einen alternativen Ansatz zur Entwicklung einer Lithiumindustrie. In einem Auswahlprozess (Tender) wurden sechs Unternehmen ausgewählt, die für ein potenzielles Joint Venture mit YLB (Yacimientos de Litio Bolivianos) im Salar de Uyuni in Frage kommen (REUTERS 06/2022). Die Entscheidung für den finalen Zuschlag wurde auf Dezember 2022 verschoben.

Darüber hinaus sind auch die politischen Entwicklungen in Serbien genau zu beobachten. Ob und zu welchem Zeitpunkt und Umfang der Bergbaukonzern Rio Tinto das für Lithium und Bor wichtige

<sup>1</sup> Für die Ermittlung des Konzentrationsgrads wird der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnet (siehe Anhang). HHI-Werte zwischen 1.500 und 2.500 werden als mäßig risikoreich bewertet, Werte > 2.500 gelten als bedenklich. Diese Einteilung gilt auch für die Firmenkonzentration (U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE 2010).

<sup>2</sup> Bezogen auf die Weltbank-Skala für das Länderrisiko (von –2,5 bis 2,5) sind Länder mit einem Länderrisiko zwischen 0,5 und –0,5 als mäßig risikoreich zu bewerten. Werte < –0,5 sind zunächst als bedenklich einzustufen. Diese Bewertungsskala gilt auch für das gewichtete Länderrisiko (GLR).



**Abb. 12: Entwicklung der Länderkonzentration und des gewichteten Länderrisikos der Bergwerksförderung für Lithium (1960–2020)**

Projekt Jadar weiterentwickeln kann, ist aktuell noch nicht absehbar. Das Projekt selbst wäre, aufgrund seiner Größe, für eine potenzielle Versorgung des europäischen Marktes von sehr großer Bedeutung.

### 2.2.3 Recycling

Für das weltweite Gesamtangebot von Lithium spielte das Recycling, und damit das Angebot aus dem Sekundärsektor, bisher keine wesentliche Rolle. Dies wird sich bis zum Jahr 2030, aber vor allem darüber hinaus maßgeblich ändern.

Das größte Recyclingpotenzial für Lithium liegt in wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Batterien (LIB). Vor allem das spätere Recycling von Batterien aus E-Fahrzeugen wird einen großen Stellenwert einnehmen, umso mehr, da diese Antriebstechnologie nachhaltig und umweltschonend sein soll. Dies kann jedoch nur gelingen, wenn es einen geschlossenen bzw. teilweise geschlossenen Kreislauf zwischen Produktion (Design for Recycling), Ersteinsatz, Zweiteinsatz und Wiederverwertung dieser Batterien geben wird. Ursachen

für den bisher geringen Recyclinganteil sind die bis dato geringen Rücklaufmengen, die großen primären Lithium Ressourcen/Reserven sowie die relativ kostengünstige Primärgewinnung dieses Rohstoffs (MARTIN et al. 2017). Auch die dissipative Verteilung des Lithiums, komplexe technologische Ansprüche an die Recyclingprozesse sowie technologische Ansprüche an die Reinheit für bestimmte Anwendungen in den Endprodukten spielen eine wesentliche Rolle in diesem Kontext. Die grundlegenden Verfahrenswege zum Batterie-recycling finden sich detailliert in SCHMIDT (2017).

Grundsätzlich gilt, dass Nutzung, Entsorgung und Recycling von LIB unter die europäische Batterierichtlinie fallen. Die neue geplante europäische Batterieverordnung wurde aufbauend auf die Verordnung (2006/66/EC) aus dem Jahr 2006 an die Herausforderungen der heutigen Zeit angepasst. So sollen in der neuen Verordnung Kennzeichnungs- und Informationsvorschriften festgelegt, Anforderungen an die Sorgfaltspflicht in der Lieferkette aufgestellt und metall-spezifische Recyclingraten sowie die Verwendung von recycelten Materialien (Rezyklaten) für Batterien über 2 kWh vorgeschrieben werden. Dies betrifft vorrangig

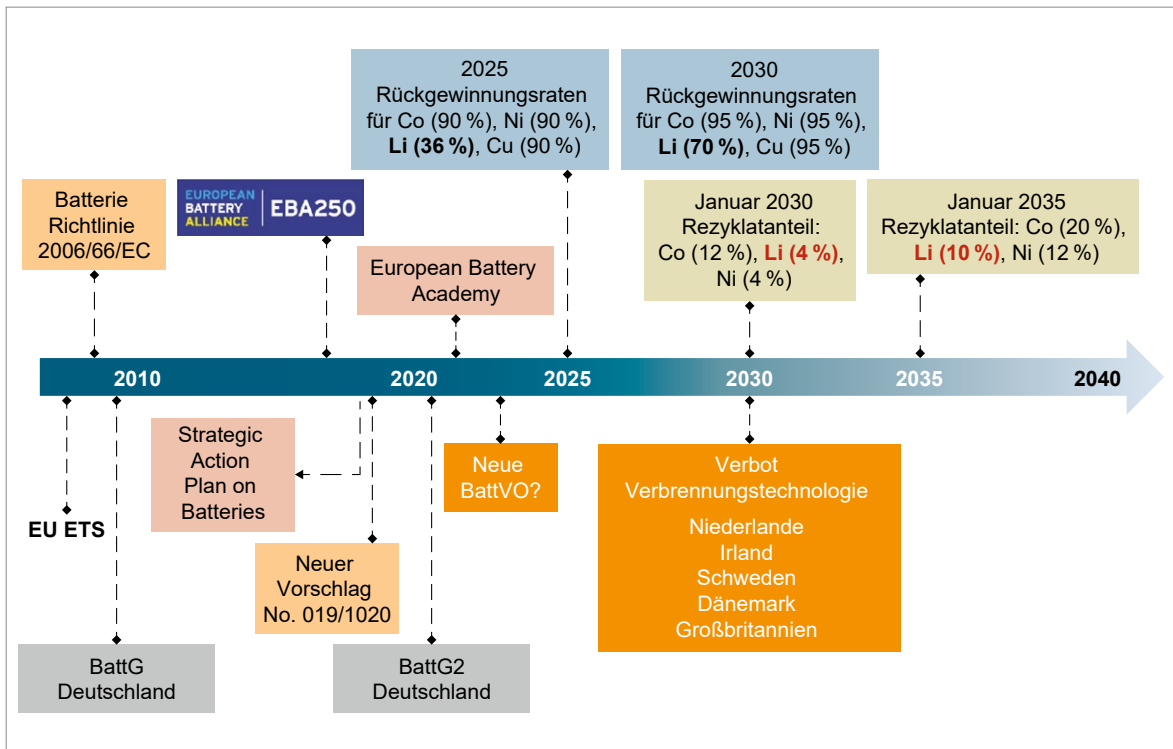


Abb. 13: Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen seit der Einführung der europäischen Batterierichtlinie im Jahr 2006 (KRESSE et al. 2022)

Batterien in batterieelektrischen Fahrzeugen. Darüber hinaus sollen erstmalig Angaben zum CO<sub>2</sub>-Footprint der Batterieproduktion festgelegt werden. Die neue Verordnung, vorgeschlagen 2019, tritt möglicherweise 2023 in Kraft (Abb. 13).

Die mit der neuen Batterieverordnung formulierten Ziele betreffen den Recyclinganteil und die Rückgewinnungsraten für bestimmte Metalle wie Kobalt, Nickel und Lithium. Innerhalb der EU soll der Anteil an Lithium aus dem Recycling in neuen LIB ab Januar 2030 auf 4 % bei einer Recyclingquote von 70 % steigen. Im Jahr 2035 soll der Recyclinganteil von 4 % auf 10 % steigen (Ec 2020).

### Lithium-Ionen-Batterien

Unter Berücksichtigung der Lebensdauer und der potenziellen Weiterverwendung der Batterien wird das Recycling in Zukunft eine wichtige Komponente im Rohstoffkreislauf darstellen. Zu berücksichtigen sind die Lebensdauer der Produkte, eine mögliche Zweitnutzung, und somit eine zeitliche Verzögerung bis zur Verwertung, sowie Verluste im Recyclingprozess. DERA-interne Berechnun-

gen zum Angebot aus dem Sekundärsektor finden sich in Kap. 2.6.3.2.

Der europäische Markt für das LIB-Recycling befindet sich in einer frühen Phase mit großem Wachstumspotenzial. Industriell etablierte Recyclinganlagen in Europa und Deutschland mit einer Kapazität von > 2.000 t Batterien pro Jahr umfassen z. B. Umicore, Accurec, Nickelhütte Aue, AkkuSer und Duesenfeld. Zu den Pilotanlagen mit einer jährlichen Recyclingkapazität von < 2.000 t zählen unter anderem TEM, SNAM, Volkswagen und Primobius (KRESSE et al. 2022).

Grundsätzlich stellen Lithium-Ionen-Batterien ein prozesstechnisch schwieriges Einsatzmaterial für Recyclinganlagen dar, insbesondere im Hinblick auf Korrosion, Brandgefahr, Schlackeneigenschaften, Energie- und Massenbilanz. Nach den in dem Patent veröffentlichten Informationen des Forschungsprojektes LIBRi wäre eine Gesamtlithiumrückgewinnung von etwa 90 % aus der Schlacke erreichbar, was mit der Lithiumausbeute aus Spodumen-Konzentraten vergleichbar ist (BRÜCKNER et al. 2020).

Recyclingprozesse für LIB müssen vor allem Parameter wie skalierbare Anlagenkapazität und Technologieoffenheit aufweisen, um zukünftig in dieser dynamischen Industrie wirtschaftlich betrieben werden zu können. Die Recyclingprozesse von Umicore, Accurec und Duesenfeld sind in KRESSE et al. 2022 beschrieben.

### Übrige Anwendungen

Aus den Verwendungsbereichen Keramik/Glaskeramik wird Lithium nicht zurückgewonnen. Glasbruch kann jedoch, wenn er sortenrein ist, recycelt werden. In Schmierstoffen wird Lithium als chemische Verbindung (Additiv) eingesetzt. Eine Rückgewinnung dieser Verbindungen bzw. von Lithium findet nicht statt. Schmierstoffe wie Öle und Fette können jedoch prinzipiell aufbereitet und erneut eingesetzt werden. Öle werden dabei gereinigt und von Verunreinigungen befreit. Nach der erneuten Zugabe von Additiven und anderen Zusatzstoffen können diese Öle wiederverwendet werden. Die abgeschiedenen Verunreinigungen werden deponiert (ROSKILL 2016).

## 2.3 Nachfrage

Die Gesamtnachfrage nach Lithium wird aktuell noch über das Primärangebot der Bergwerksförderung gedeckt. Der Sekundärsektor spielt in diesem Zusammenhang somit bislang eine untergeordnete Rolle. Dies wird sich mit Blick auf 2030 und darüber hinaus massiv verändern.

Aufgrund der sehr spezifischen Eigenschaften enthalten viele Produkte Lithium (SCHMIDT 2017). Nach CRU (2022) lag die Gesamtnachfrage im Jahr 2020 bei etwa 73.600 t Li-Inh. (391.800 t LCE) (Abb. 14). Gegenüber 2015 (ca. 34.000 t Li-Inh.) entspricht dies einem Zuwachs von ca. 116 %.

### Nachfrage nach Anwendungsgebieten

Die höchste Nachfrage entfiel im Jahr 2020, analog zu 2015, auf die Anwendungsbereiche wiederaufladbare Batterien, Keramik/Glaskeramik/Glas (kumuliert) und Schmierstoffe (Abb. 14).

**Wiederaufladbare Batterien:** Im Bereich der wiederaufladbaren Batterien hat die Nachfrage

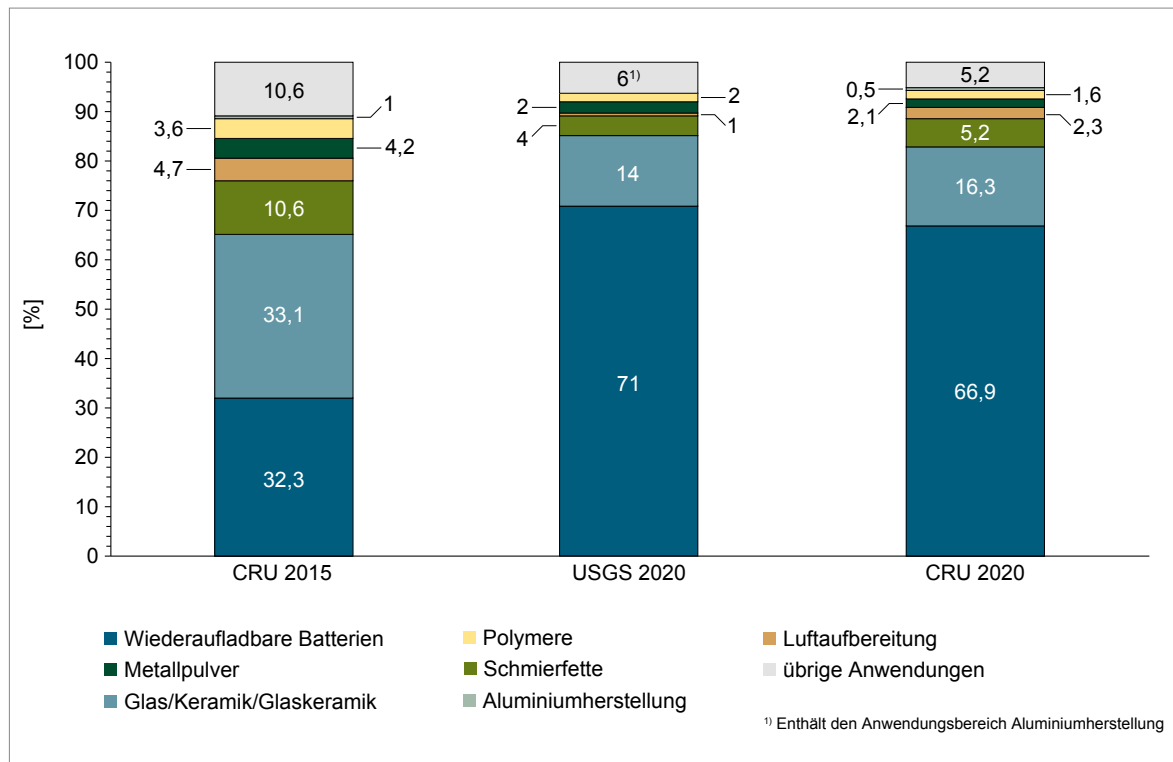


Abb. 14: Vergleich der globalen Gesamtnachfrage nach Anwendungsgebieten im Jahr 2015 und 2020 (Datenquelle: ROSKILL 2016, USGS 2022, CRU 2022)

nach Lithium in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Im Jahr 2015 machte die Nachfrage aus diesem Bereich mit rund 58.400 t LCE etwa 32,3 % der Gesamtnachfrage aus. Im Jahr 2020 stieg die Nachfrage bereits auf ca. 262.100 t LCE und dementsprechend auf knapp 67 % der Gesamtnachfrage (Abb. 14). Dies entspricht einer Zunahme von rund 350 % innerhalb von fünf Jahren. Der Bereich wiederaufladbare Batterien teilt sich nochmals in die Teilbereiche 3C, Power und Motive, ESS und E-Mobilität auf. Knapp 41 % der Nachfrage innerhalb der wiederaufladbaren Batterien kam aus dem Teilbereich E-Mobilität (LDV, HDV, Bus). Auf den Bereich der 3C-Anwendungen entfielen ca. 37 % (CRU 2022).

**Keramik/Glaskeramik/Glas:** Dieser Sektor stellt nach wie vor den zweitstärksten Anwendungsbereich für Lithium dar, wobei nur eine geringe jährliche Zunahme zu beobachten ist. Die Nachfrage aus dem Jahr 2020 lag mit ca. 64.000 t LCE entsprechend nur ca. 6 % über der Nachfrage aus dem Jahr 2015 (60.000 t LCE). Der Anteil am Gesamtbedarf lag 2020 bei nur noch rund 16,3 %.

**Schmierstoffe:** Der Anwendungsbereich der Schmierstoffe, in dem Lithium als Additiv genutzt wird, stellt den dritt wichtigsten Absatzmarkt für Lithium dar. Im Jahr 2015 lag die Nachfrage bei rund 19.000 t LCE (10,6 % Anteil). Im Vergleich dazu lag die Nachfrage 2020 mit ca. 20.300 t LCE nur etwa 6 % darüber. Am Gesamtmarkt 2020 machte dieser Bereich nur noch 5,2 % aus.

Unter „übrige Anwendungen“ werden die folgenden Verwendungsgebiete zusammengefasst:

Luftaufbereitung  
ca. 9.000 t LCE; Weltanteil: 2,3 %; +7,0 % zu 2015

Metallpulver  
ca. 8.270 t LCE; Weltanteil: 2,1 %; +9,4 % zu 2015

Polymere  
ca. 6.100 t LCE; Weltanteil: 1,6 %; –6,0 % zu 2015

Aluminiumherstellung  
ca. 2.000 t LCE; Weltanteil: 0,5 %; +13,5 % zu 2015

Übrige Anwendungen  
ca. 20.250 t LCE; Weltanteil: 5,2 %; +6,1 % zu 2015

## 2.4 Derzeitige Marktdeckung

Die Betrachtung der aktuellen Marktdeckung basiert für den Zeitraum 2010–2015 auf Nachfragedaten von ROSKILL (2016). Für den Zeitraum 2015–2020 wurden Angebots- und Nachfragedaten von CRU (2022) verwendet. Die Marktdeckung gibt das Verhältnis von Angebot (Produktion) und Nachfrage (Verbrauch) in Prozent wieder.

Das relativ gesehen geringe Defizit des Jahres 2015 vergrößerte sich im Jahr 2016 auf ca. 2.300 t Li-Inh. (–6,5 %). In den Jahren 2017, aber noch mehr 2018, stieg die Primärförderung, auch durch neu in Betrieb genommene Bergwerke, deutlich an. Gleichzeitig blieb die Nachfrage hinter den Erwartungen zurück, was zu deutlichen Angebotsüberschüssen und Lagerhaltung von Konzentraten, vor allem in China, führte. Diese Angebotsüberschüsse lagen 2017 bei rund 5.000 t Li-Inh. (10 %) bzw. 13.800 t Li-Inh. (21,6 %) im Jahr 2018 (Abb. 15). Eine vergleichbare Situation ist rückblickend in den Jahren 2011 und 2012 aufgetreten.

Trotz dieser Angebotsüberschüsse stiegen die Preise ab 2016 bis Mitte/Ende 2018 stark an. Eine Begründung dafür liegt in der Wertschöpfungskette der Lithiumindustrie. Es handelt sich dabei um einen Spezialchemikalienmarkt. Überschüsse in der Primärproduktion von bspw. Konzentraten bedeutet nicht zwangsläufig entsprechende Qualitäten und vor allem Quantitäten von Lithiumkarbonat und/oder -hydroxid am Markt. Somit stellte die Weiterverarbeitung in diesem Zeitraum den Engpass der Industrie dar.

In den Jahren 2019 und 2020 wurden die Produktionskapazitäten aufgrund rückläufiger Nachfrage und damit verbundenen sinkenden Preisen gedrosselt, einige Bergwerke wurden sogar vorübergehend stillgelegt und Lagerbestände abgebaut. Lag der Überschuss 2019 noch bei knapp 12.000 t Li-Inh. (16,30 %), so drehte der Markt aufgrund des massiven Nachfrageschubs in der zweiten Hälfte des Jahres 2020 mit einem Defizit von 3.700 t Li-Inh. (–5,2 %) ins Minus (Abb. 15). Im Jahr 2021 lag der Markt bereits mit 8.400 t Li-Inh. (10 %) im Defizit.



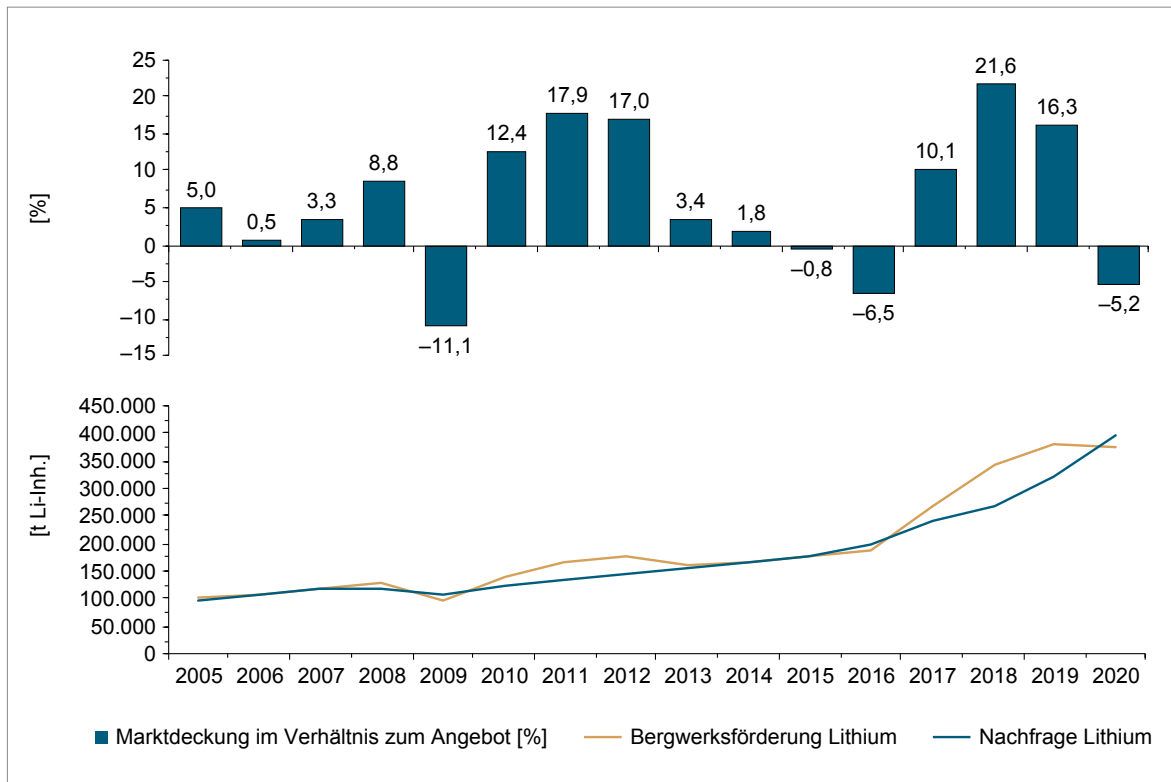


Abb. 15: Marktdeckung für Lithium: Entwicklung von Bergwerksförderung und Nachfrage ab 2010 (Datenquelle: ROSKILL 2016, CRU 2022)

## 2.5 Handel

Daten zum globalen Handel von Lithium liegen für die in Tab. 10 aufgeführten Spezifikationen vor. Die Produktgruppen Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxide/Lithiumoxide stellen global die wichtigsten Handelsprodukte dar.

Der Handel mit Lithiumkarbonat (HS 2836.91) kann auf Länderebene vollständig nachvollzogen

werden. Dies ist bei Lithiumoxid und Lithiumhydroxid (HS 2825.20) nicht möglich, da beide unter einer gemeinsamen HS-Warennummer zusammengefasst sind. Eine Einzelbetrachtung beider Produkte auf Länderbasis ist somit nicht möglich, jedoch entfällt vermutlich der mengenmäßig größte Teil auf Lithiumhydroxid.

Da Lithiumchlorid zusammen mit anderen Produkten in einer HS-Übergruppe (2827.30) geführt

Tab. 10: Warengruppen nach dem Harmonized System (HS) der Weltzollorganisation (WCO 2022) für Lithium und Lithiumprodukte (Datenquelle: IHS MARKIT 2022)

| Handelsname                       | HS-Warennummer <sup>1)</sup> |
|-----------------------------------|------------------------------|
| Lithiumkarbonat                   | 2836.91                      |
| Lithiumoxid und Lithiumhydroxid   | 2825.20                      |
| Lithiumchlorid <sup>2)</sup>      | 2827.30.xx <sup>2)</sup>     |
| Mineral-Konzentrate <sup>3)</sup> | 2530.90.xx <sup>3)</sup>     |
| Lithium-Ionen-Akkumulatoren       | 8507.60                      |

<sup>1)</sup> HS = Harmonized System der Weltzollorganisation (WCO)

<sup>2)</sup> erstellte Warengruppe basierend auf 8-stelligen Warencodes der Länder Chile, Argentinien, China

<sup>3)</sup> basiert auf der HS-Gruppe 2530.90.93. Änderung des HS Australiens von 2530.90.93 (bis 12.2020) zu 2530.90.11 (ab 01.2021)

wird, kann der Handel nur über länderspezifische Warennummern (8-stellig) nachvollzogen werden. Diese Codes stehen für die wichtigsten Exportländer Argentinien, Chile und China zur Verfügung. Es besteht daher die Möglichkeit, dass aufgrund nicht erfasster Länder der Handel nicht vollständig abgebildet werden kann. Argentinien und Chile stellen jedoch die wichtigsten Exporteure dar.

Gleiches gilt für Spodumen-Konzentrate, die unter der Warengruppe 2530.90 zusammen mit anderen mineralischen Rohstoffen geführt werden. Um den Handel nachvollziehen zu können, wurde der spezifische 8-stellige Ländercode Australiens herangezogen (HS 2530.90.93 und HS 2530.90.11). Da Australien selbst keine Spodumen-Konzentrate importiert, entsprechen die Exporte des Landes auch den Nettoexporten. Neben Australien weist nur Brasilien einen speziellen Warencode (HS 2530.90.93) für lithiumhaltige Mineralkonzentrate aus. Da Simbabwe als Produzent von lithiumhaltigen Mineralkonzentraten (Petalit) keine Exporte angibt, wurden die Ausfuhren des Landes aus globalen Importen abgeleitet. Da das Land keine Konzentrate importiert, entsprechen die so ermittelten Exporte den Nettoexporten. Weitere importierende Länder sind aufgrund fehlender HS-Warengruppen nicht zu identifizieren. Der hier angegebene Handel basiert daher nur auf den Ländern Australien, Brasilien und Simbabwe.

Geringe Mengen an Lithiummetall und lithiumhaltigen Solen werden ebenfalls gehandelt. Hierfür stehen jedoch keine HS-Warennummern zur Verfügung, sodass der Handel dieser Produkte nicht nachvollzogen werden kann.

Die hier angegebenen Daten beziehen sich auf die positiven Nettoexporte (NX > 0) der jeweiligen HS-Warengruppen, da der Fokus primär auf der Angebotsseite liegt (siehe Glossar im Anhang).

### 2.5.1 Nettoexporte

In der gesamten Wertschöpfungskette der Lithiumindustrie nimmt Asien, im speziellen China, eine Schlüsselrolle ein. Beim Endprodukt, der Lithium-Ionen-Batterie, ist das Land bspw. der weltgrößte Exporteur (Tab. 11). Voraussetzung für diese Produktion ist der Import und/oder die lokale Produktion der für LIB wichtigen Batteriematerialien, hier Lithiumverbindungen.

Lithium bzw. Lithiumverbindungen werden grundsätzlich über zwei Hauptprozessrouten hergestellt (Abb. 1). In Südamerika werden Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid direkt aus Solevorkommen hergestellt und entsprechend exportiert (siehe Anhang).

Tab. 11: Nettoexporte der wichtigsten Lithiumprodukte 2021 (Datenquelle: IHS MARKIT 2022)

| HS-Warennummer           | Globale Exporte [kt]  | Globale Importe [kt] | NX > 0 [kt]        | Größte Nettoexporteure                     | HHI Nettoexporte | GLR Nettoexporte |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--|------------------|------------------|
| 2836.91                  | ~ 334,2               | ~ 195,4              | ~ 165              | CL (81,3 %)<br>ARG (18,5 %)<br>BE (0,2 %)  | <b>6.948</b>     | <b>0,7</b>       |
| 2825.20                  | ~ 114,7               | ~ 113,2              | ~ 102,5            | CN (68,3 %)<br>CL (11 %)<br>BE (0,4 %)     | <b>4.914</b>     | <b>0,05</b>      |
| 2827.30.xx <sup>1)</sup> | ~ 0,6                 | ~ 0,2                | ~ 0,4              | CN (62,8 %)<br>ARG (37,2 %)                | <b>5.327</b>     | <b>-0,2</b>      |
| 2530.90.xx <sup>2)</sup> | ~ 2.146 <sup>2)</sup> | k. A.                | ~ 2.146            | AUS (94 %)<br>BRA (4,8 %)<br>ZIM (1,2 %)   | <b>8.855</b>     | <b>1,37</b>      |
| 8507.60 <sup>3)</sup>    | ~ 8,3<br>Mrd. Stk.    | ~ 5,6<br>Mrd. Stk.   | ~ 4,6<br>Mrd. Stk. | CN (40,9 %)<br>JP (21,3 %)<br>KOR (16,1 %) | <b>2.575</b>     | <b>0,51</b>      |

<sup>1)</sup> Erstellte Warengruppe basierend auf 8-stelligen Warencodes der Länder Chile, Argentinien, China

<sup>2)</sup> basiert auf der HS-Gruppe 2530.90.93. Änderung des HS Australiens von 2530.90.93 (bis 12.2020) zu 2530.90.11 (ab 01.2021).  
Beinhaltet Daten der Länder Australien, Brasilien und Simbabwe. Unvollständig aufgrund fehlender HS-Zuordnung übriger Länder

<sup>3)</sup> Angabe in Stückzahlen

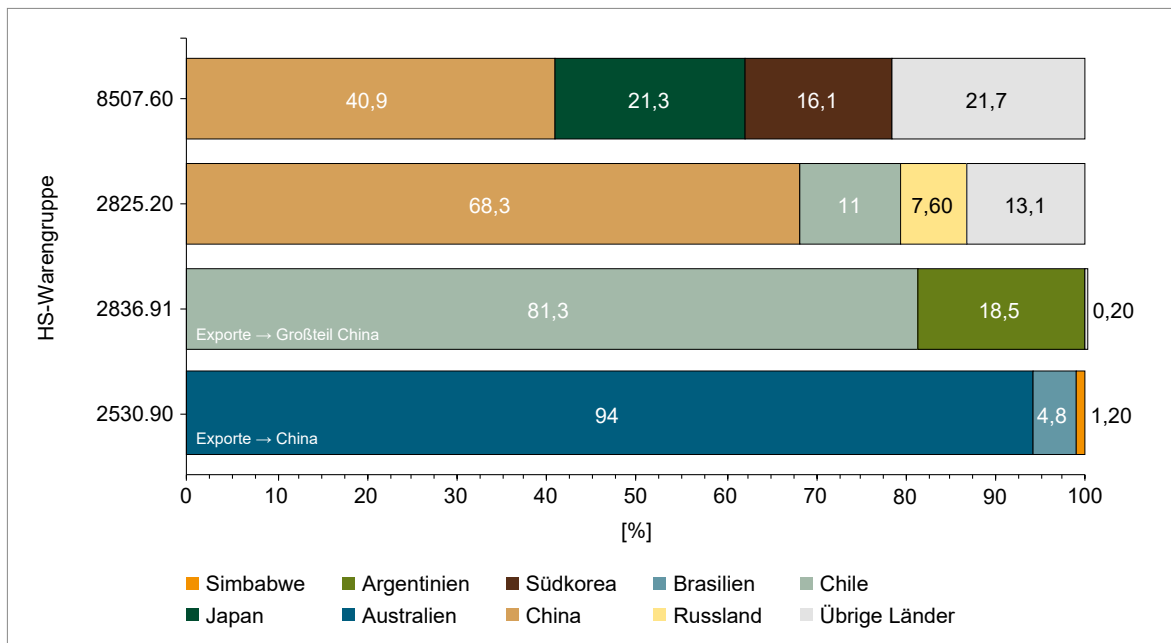


Abb. 16: Nettoexporteure der wichtigsten Lithiumprodukte 2021 (Datenquelle: IHS MARKIT 2022)

China war 2021 mit Abstand global größter Importeur von Lithiumkarbonat (41,5 %) und gleichzeitig größter Exporteur (32,4 %). Diese Exporte setzen sich aus inländischer Produktion und Durchgangshandel zusammen.

Bei Lithiumhydroxid war China hingegen nur drittgrößter Importeur (3,2 %), aber mit rund 68,3 % weltgrößter Exporteur. Die Basis für die Produktion von Lithiumhydroxid in China sind lokale Vorkommen, zum überwiegenden Teil aber Importe von Spodumen-Konzentraten aus Australien (siehe Anhang). Das Lithiumhydroxid wird dann in die lokale Wertschöpfung eingespeist oder in andere Länder wie Südkorea und Japan exportiert.

Zukünftig könnte sich diese Dominanz verändern, da einige Länder und Firmen vermehrt die lokale Wertschöpfung vorantreiben.

### 2.5.1.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Nettoexporte

#### Lithiumkarbonat (HS-Position 2836.91)

Die mithilfe des Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) berechnete Länderkonzentration der Nettoexporte

dieser Warengruppe lag im Jahr 2021 mit einem Wert von 6.948 im bedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 (6.486) haben der HHI und damit die Länderkonzentration minimal zugenommen. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) ist mit einem Wert von 0,70 als unbedenklich zu bewerten.

Insgesamt treten nur drei Länder als Nettoexporteure in Erscheinung, wobei der Anteil der beiden größten Exportländer bereits 99,8 % abdeckt. Belgien als Umschlagplatz spielt daher nur eine untergeordnete Rolle. Als wichtigste Länder treten Chile (81,3 %) und Argentinien (18,5 %) auf. Diese Situation wird sich nicht maßgeblich verändern, da neue Produktionskapazitäten eher auf Lithiumhydroxid fokussiert sind (s. u.).

#### Lithiumhydroxid und Lithiumoxid (HS-Position 2825.20)

In dieser Warengruppen werden Lithiumhydroxid und Lithiumoxid zusammengeführt, wobei sich der Handel zum überwiegenden Teil auf Lithiumhydroxide beschränkt. Der Konzentrationsgrad der Exporte liegt mit einem HHI von 4.914 im bedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 (HHI 3.200) hat die Länderkonzentration deutlich zugenommen. Das gewichtete Länderrisiko ist mit einem Wert von 0,05 als mäßig bedenklich zu bewerten. Gegen-

über dem Jahr 2015 hat sich das GLR aufgrund der Lieferanteile Chinas deutlich verschlechtert. Als wichtigste Länder treten China (68,3 %) und Chile (11 %) auf.

Tendenziell wird sich diese Situation deutlich ändern, da Produktionskapazitäten für Lithiumhydroxid vor allem in Australien aufgebaut werden. Allein die Anlagen „Kwinana“ und „Kemerton“ sollen in angekündigten Ausbaustufen bis zu ca. 100.000 t Lithiumhydroxid produzieren. Da der Bedarf dafür in Australien nicht in diesem Umfang besteht, wird dieses Material in den Export gehen und Australien zukünftig zu einem Nettoexporteur. Zum Vergleich: Der aktuell größte Nettoexporteur China lieferte 2021 ca. 70.000 t. Weitere Lieferländer werden aufgrund lokaler Wertschöpfungsketten und vertikaler Integration ebenfalls in diesen Markt eintreten.

#### Lithiumchlorid (HS-Position 2827.39.xx)

Basierend auf den ermittelten Handelsdaten liegt der Konzentrationsgrad der Exporte für das Jahr 2021 mit einem HHI von ca. 5.330 deutlich

im bedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 (HHI 5.930) hat die Länderkonzentration nur marginal abgenommen. Das gewichtete Länderrisiko ist mit einem Wert von  $-0,20$  als mäßig bedenklich zu bewerten. Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich das GLR damit deutlich verschlechtert.

#### Mineral-Konzentrate (HS-Position 2530.90.xx)

Eine quantitative Bewertung der Nettoexporte von lithiumhaltigen Mineralkonzentraten ist aufgrund der Datenbasis nur unzureichend möglich, da diese Konzentrate in der Warengruppe 2530.90 zusammen mit anderen Produkten geführt werden. Jedoch listet kein Land, bis auf Australien und Brasilien, einen spezifischen Warencode basierend auf dem HS für diese Produkte.

Legt man die ermittelten Exportdaten zugrunde, ergibt sich für das Jahr 2021 ein HHI von etwa 8.855. Gegenüber 2015 (HHI 8.830) hat die Länderkonzentration nur geringfügig zugenommen. Das gewichtete Länderrisiko ist mit einem Wert von 1,37 aufgrund der positiven Länderbewertung Australiens in Verbindung mit den hohen Netto-

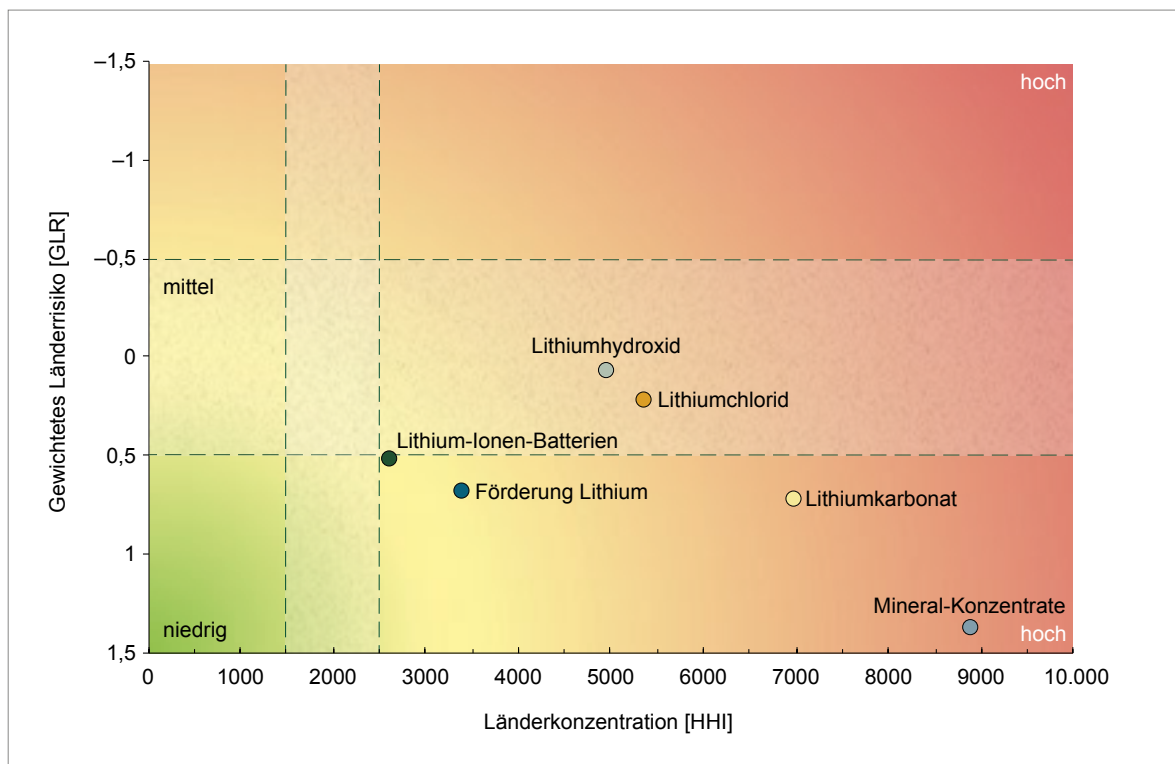


Abb. 17: Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko der globalen positiven Nettoexporte im Vergleich zur Bergwerksförderung von Lithium (Datenquelle: BGR 2022, IHS MARKIT 2022)

exportanteilen als unbedenklich zu bewerten. Da bspw. die DR Kongo, Mali, Kanada, USA, Brasilien und Länder in Europa Kapazitäten aufbauen, könnte die Länderkonzentration sinken, obgleich die Produktionskapazitäten in Australien weiter massiv ausgebaut werden.

### Lithium-Ionen-Batterien (HS-Position 8507.60)

Der Konzentrationsgrad der Exporte von Lithium-Ionen-Batterien liegt im Jahr 2021 mit einem HHI von 2.575 knapp im bedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 (HHI 4.353) hat die Länderkonzentration deutlich abgenommen. Das gewichtete Länderrisiko liegt mit einem Wert von 0,51 knapp im unbedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 hat sich das GLR deutlich verschlechtert, da China den Export von LIB mehr als verdoppelt hat.

Diese Situation wird sich mittelfristig nicht ändern, obgleich in Europa und den USA Zellfertigungskapazitäten aufgebaut werden. Diese sind jedoch zum überwiegenden Teil für lokale Märkte und nicht für den Export bestimmt. Somit werden die asiatischen Länder China, Südkorea und Japan die größten Nettoexporteure von LIB bleiben.

## 2.5.2 Importe Deutschlands

Die Importmengen Deutschlands für das Jahr 2021 im Vergleich zu den weltweiten Importen der betrachteten Warengruppen sind in Tab. 12 dargestellt. Für Lithiumoxid und Lithiumhydroxid

werden seit 2007 aufgrund eines Sperrvermerks in den Datenbanken keine Importe mehr gemeldet (pers. Mitt. DESTATIS 2017). Zu Vergleichszwecken wurden daher die Werte des Jahres 2007 angegeben. Für Lithiumchlorid und Spodumen-Konzentrate stehen keine spezifischen Waren-codes zur Ermittlung der Einfuhrmengen zur Verfügung. Da in Deutschland aktuell kein Lithium primär gewonnen wird, besteht für dieses Metall und dessen Verbindungen nach wie vor eine sehr große Importabhängigkeit.

### 2.5.2.1 Länderkonzentration und gewichtetes Länderrisiko Importe Deutschlands

#### Lithiumkarbonat (HS-Position 2836.91)

Im Jahr 2021 wurden 6.524 t Lithiumkarbonat mit einem Gesamtwarenwert von knapp 47 Mio. € nach Deutschland eingeführt (DESTATIS 2022). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten bei ca. 3,3 % (Welt-rang 7; Weltrang 2015: 5).

Die Importe erfolgten hauptsächlich aus Chile (3,167 t, 48,5 %), Belgien (1,735 t, 26,6 %) und den USA (750 t, 11,5 %). In Summe stammten etwa 87 % der deutschen Importe aus lediglich drei Lieferländern, von denen jedoch nur Chile und die USA Primärproduzenten sind. Betrachtet man zusätzlich die Importe Belgiens, so wird ersichtlich, dass dieses Land den Großteil seiner

Tab. 12: Deutsche Importe von Lithiumverbindungen in Tonnen für das Jahr 2021  
(Datenquelle: IHS MARKIT 2022, DESTATIS 2022)

| HS-Waren-nummer <sup>1)</sup> | Importe Global [t]            | Importe Dtl. [t]            | Anteil [%] | Weltrang Dtl. | HHI Importe Dtl. | GLR Importe Dtl. |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------|---------------|------------------|------------------|
| HS 2836.91                    | ~ 195.398                     | ~ 6.524                     | ~ 3,3      | 7             | <b>3.246</b>     | <b>0,95</b>      |
| HS 2825.20                    | ~ 113.209                     | ~ 4.261 <sup>2)</sup>       | ~ 3,6      | n.A.          | <b>5.401</b>     | <b>1,47</b>      |
|                               | ~ 24.204 <sup>3)</sup>        | ~ 5.150 <sup>3)</sup>       | ~ 21,3     | 1             |                  |                  |
| HS 2827.39.xx                 | ~ 200 <sup>4)</sup>           | n.A.                        | n.A.       | n.A.          | n.A.             | n.A.             |
| HS 2530.90.xx                 | n.A.                          | n.A.                        | n.A.       | n.A.          | n.A.             | n.A.             |
| HS 8507.60                    | ~ 5.608.133.598 <sup>5)</sup> | ~ 281.999.945 <sup>5)</sup> | ~ 5,0      | 5             | <b>2.340</b>     | <b>0,71</b>      |

<sup>1)</sup> HS = Harmonized System der Weltzollorganisation (WCO)

<sup>2)</sup> Angaben basieren auf Exporten nach Deutschland, da es seit 2007 einen Sperrvermerk für deutsche Importe gibt

<sup>3)</sup> Importmengen 2007

<sup>4)</sup> Schätzung aufgrund fehlender HS-Zuordnung

<sup>5)</sup> Stückzahlen (Batteriezellen)

Importe (>95 %) ebenfalls aus Chile bezieht. In Belgien ist jedoch auch eine Sekundärproduktion angesiedelt. Das Verhältnis zwischen Exporten von Primärmaterial (Ursprung Chile u. a.) und Lithium aus Recyclingmaterial ist nicht bekannt, kann aber vermutlich zum aktuellen Zeitpunkt vernachlässigt werden.

Die Marktkonzentrierung der Importe von Lithiumkarbonat war im Jahr 2021 mit einem HHI-Wert von 3.246 bedenklich hoch. Mit einem Wert von 0,95 ist das berechnete gewichtete Länderrisiko (GLR) hingegen als unbedenklich zu bewerten. Vor allem die Importmengen aus Chile, Belgien und den USA, verbunden mit den jeweiligen Länderrisikobewertungen von 0,89 (Chile), 1,20 (Belgien) und 0,97 (USA), führen zu dem berechneten GLR. Von den nach Deutschland exportierenden Ländern wurde 2021 lediglich China als mäßig risikoreich bewertet (-0,25). Die geringen Liefermengen aus China wirken sich jedoch nicht auf das GLR aus. Gegenüber dem Jahr 2015 hat sich der HHI nur minimal verändert. Das GLR hat sich aber gegenüber 2015 verschlechtert (siehe SCHMIDT 2017).

Insgesamt ist die Importabhängigkeit Deutschlands für Lithiumkarbonat basierend auf den Indikatoren HHI und GLR als unbedenklich, mit einer Tendenz zum mäßig bedenklichen Bereich zu bewerten.

#### Lithiumoxid und -hydroxid (2825.20)

Deutsche Importe der Warengruppe 2825.20 (Lithiumoxide und -hydroxide) unterliegen einem Sperrvermerk und werden nicht veröffentlicht. Betrachtet werden daher von anderen Ländern gemeldete Exporte nach Deutschland.

Im Jahr 2021 wurden weltweit Exporte von Lithiumoxiden und -hydroxiden nach Deutschland in Höhe von ca. 4.260 t mit einem Warenwert von rund 20,4 Mio. € angegeben. Die so abgeleiteten Importe Deutschlands erfolgten hauptsächlich aus den Niederlanden (3.023 t, Anteil 70,9 %), USA (767 t, Anteil 18 %) und Belgien (244 t, Anteil 5,7 %). In Summe stammten demnach etwa 94,7 % der deutschen Importe aus lediglich drei Lieferländern.

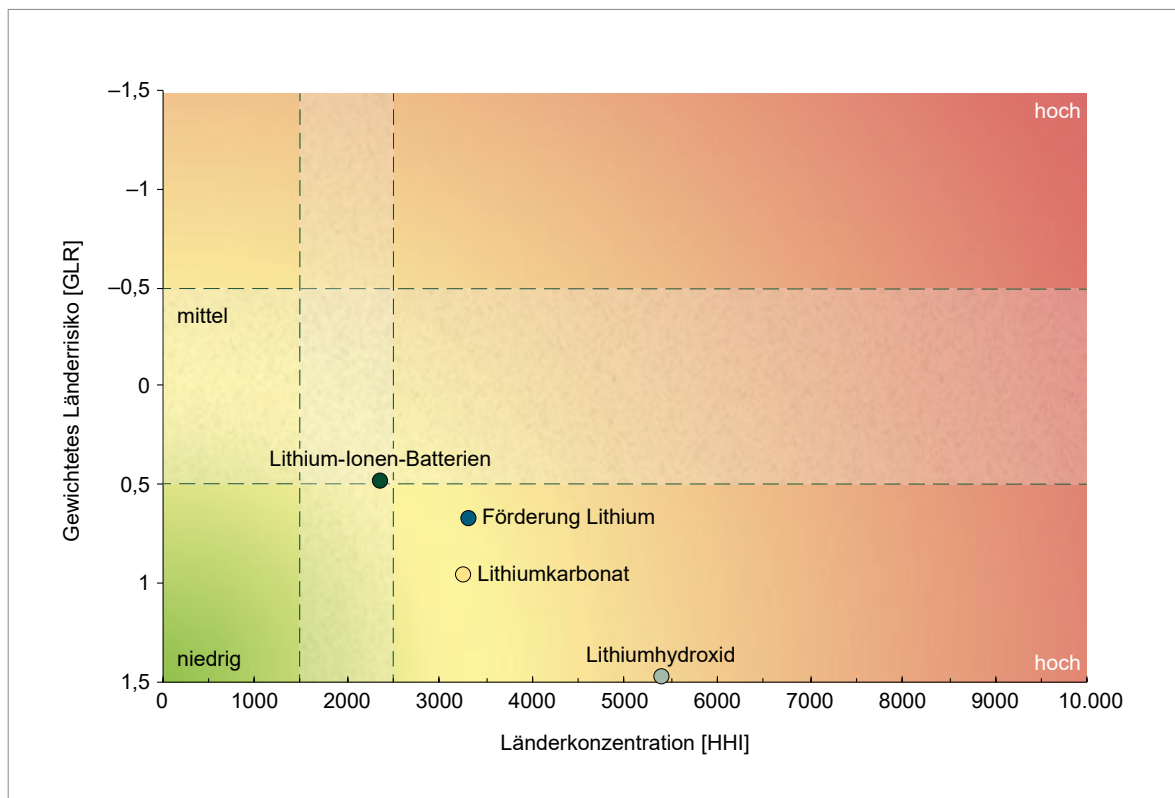


Abb. 18: Gewichtetes Länderrisiko und Diversifizierung der deutschen Importe im Vergleich zur Bergwerksförderung von Lithium (Datenquellen: BGR 2022, IHS MARKIT 2022)

Der Grad der Diversifizierung der Importe von Lithiumoxiden und -hydroxide war 2021 niedrig und lag mit einem HHI von 5.401 im bedenklichen Bereich. Im Vergleich zu 2015 ist eine deutliche Zunahme der Länderkonzentration zu beobachten. Das gewichtete Länderrisiko (GLR) liegt mit einem Wert von 1,47 im unbedenklichen Bereich.

### Lithium-Ionen-Batterien (8507.60)

Im Jahr 2021 wurden ca. 282 Mio Einheiten mit einem Gesamtwarenwert von knapp 8,5 Mrd. € nach Deutschland eingeführt (IHS MARKIT 2022). Damit lag der Anteil der deutschen Importe an den weltweiten Gesamtimporten bei ca. 5 % (Weltangabe 5). Im Vergleich zu 2015 stieg der Import um ca. 200 Mio. Einheiten und mehr als 5 Mrd. €.

Entsprechend der globalen Wertschöpfungskette erfolgten die Importe hauptsächlich aus China (122 Mio. Einheiten, Weltanteil 43,2 %), Republik Korea (35 Mio. Einheiten, Weltanteil 12,4 %) und Japan (34,6 Mio. Einheiten, Weltanteil 12,3 %). In Summe stammten etwa 68 % der deutschen Importe aus diesen drei Lieferländern, die gleichzeitig auch die wichtigsten globalen Batterieproduzenten sind.

Der HHI der LIB-Importe nach Deutschland ist mit einem Wert von 2.340 knapp als mäßig bedenklich zu bewerten. Im Vergleich zu 2015 hat der Grad der Diversifizierung leicht abgenommen. Mit einem Wert von 0,47 liegt das berechnete

gewichtete Länderrisiko (GLR) noch knapp im mäßig bedenklichen Bereich. Gegenüber 2015 ist das GLR leicht gestiegen. Potenziell entsteht in Europa, speziell in Deutschland, eine Zellfertigungsindustrie für LIB. Somit könnte auch die Importabhängigkeit bei diesen Produkten sinken, sofern die vorgelagerten Wertschöpfungsketten ebenfalls lokal angesiedelt werden.

## 2.6 Angebots- und Nachfragetrends

### 2.6.1 Vorräte

Die weltweiten Reserven von Lithium lagen nach Angaben des USGS (2022) im Jahr 2021 bei ca. 22.4 Mio. t Li-Inh. Der Großteil konzentriert sich auf die aktuell größten Bergbauländer Chile (9,2 Mio. t Li-Inh., 41 %) und Australien (5.7 Mio. t Li-Inh., 25,4 %). Auf die Kategorie „Übrige Länder“ entfallen 2,7 Mio. t Li-Inh. (12 %) (Abb. 19). Angaben zu den Reserven Boliviens im Salar de Uyuni sind nicht verfügbar.

Die Lithiumressourcen (inferred, indicated, measured) liegen global bei etwa 88,6 Mio. t Li-Inh. (USGS 2022). In dieser Kategorie führt Bolivien das Ranking mit rund 21 Mio. t Li-Inh. (23,7 %) an. Auf die drei größten Produzentenländer entfallen aktuell ca. 38 % der weltweiten Ressourcen. Australien befindet sich als wichtigster Lieferant von Spodumen-Konzentraten mit rund 7,3 Mio. t Li-Inh. (8,2 %) auf Rang 5. Chile als wichtigster

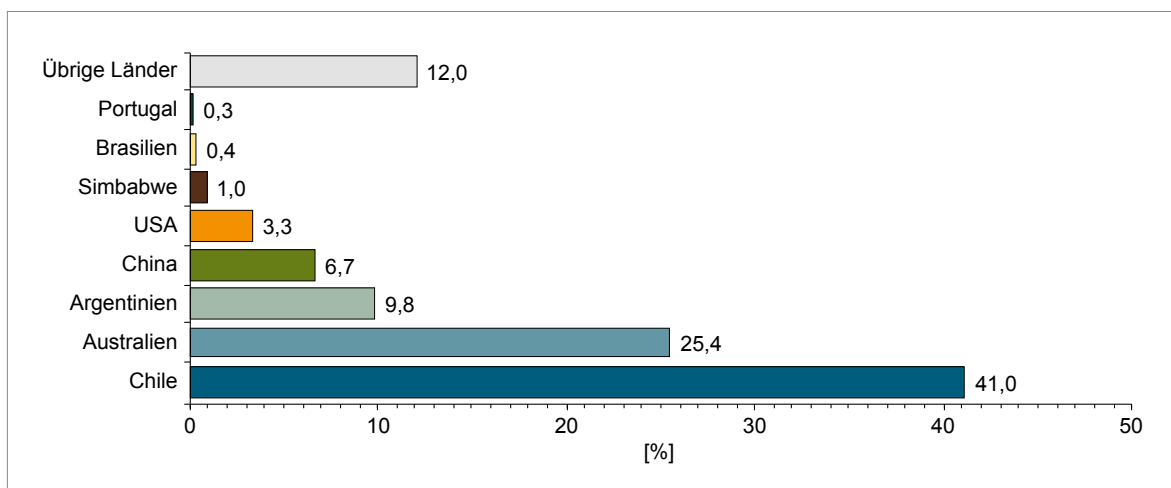


Abb. 19: Prozentuale Verteilung der weltweiten Lithium-Reserven für das Jahr 2021 (Datenquelle: USGS 2022)

Produzent in Südamerika liegt mit rund 9,8 Mio. t Li-Inh. (11,1 %) auf Rang 3. Deutschland wird mit rund 2,7 Mio. t Li-Inh. (3 %) auf Rang 9 geführt.

Laut S&P GLOBAL (2022) liegen die weltweiten Reserven/Ressourcen kombiniert bei rund 179 Mio. t Li<sub>2</sub>O, verteilt auf 83 Projekte in zehn Ländern. Dies entspricht etwa 83 Mio. t Li-Inh. Der größte Anteil entfällt demnach auf Argentinien mit ca. 21 Mio. t Li-Inh. (25,3 %), verteilt auf 20 Projekte. Für Deutschland werden zwei Projekte mit in Summe 3,2 Mio. t Li-Inh. (3,9 %) gelistet.

### **Lebensdauer kennziffer und Explorationsgrad**

Die Lebensdauer kennziffer (siehe Glossar im Anhang) errechnet sich aus dem Verhältnis der weltweiten Reserven zur weltweiten Bergwerksförderung eines Jahres. Die Ziffer gibt einen Hinweis auf den Stand der Exploration. Ausgehend von der aktuellen Bergwerksförderung von Lithium von rund 82.117 t Li-Inh. sowie den Reserven nach Angaben des USGS (2022) liegt die berechnete Lebensdauer bei etwa 273 Jahren und damit im unbedenklichen Bereich. Im Vergleich zu 2015 ist die Lebensdauer kennziffer deutlich gesunken (siehe SCHMIDT 2017). Zum Explorationsgrad und zum Explorationsbudget liegen für den Lithiummarkt keine konsistenten Daten vor.

### **Länderkonzentration und Länderrisiko der Reserven**

Etwa 86 % der bekannten Lithiumreserven konzentrieren sich auf lediglich fünf Länder. Der HHI liegt mit einem Wert von ca. 2.628 knapp im bedenklichen Bereich (siehe Anhang). Das gewichtete Länderrisiko der Reserven liegt mit einem Wert von 0,76 deutlich im unbedenklichen Bereich (siehe Anhang).

## **2.6.2 Call for Lithium (Invest Chile)**

Neben Australien ist Chile aktuell der wichtigste Lithiumproduzent weltweit. Diese Position könnte Chile gegen Mitte des Jahrzehnts jedoch an Argentinien verlieren. Einer der Gründe hierfür liegt in der komplexen, historisch gewachsenen Struktur der Lithiumindustrie im Land.

Lithium ist seit 1975 „Material of Nuclear Interest“ und wird durch CCHEN (Chilean Nuclear Energy Commission) verwaltet. Seit 1979 ist Lithium Staatseigentum und Lizenzen zum Abbau werden ausschließlich von CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) vergeben. CORFO ist eine chilenische Behörde, die 1939 zur Wirtschaftsförderung gegründet wurde. Die beiden größten Produzenten in Chile, SQM und Albemarle, produzieren Lithium unter Lizenz von CORFO im Salar de Atacama.

Die chilenische Regierung hat in den Jahren 2016 und 2017 begonnen, die Lithiumindustrie im Land zu reformieren und zu öffnen. Im Rahmen eines Programms (1<sup>st</sup> Lithium Call) sollte Chile als Standort für die Lithiumindustrie deutlich attraktiver gestaltet werden. Eines der Hauptziele dieser Ausschreibung war es, die Ansiedlung von Firmen zu fördern, die in der Herstellung von Produkten der höheren Wertschöpfung aktiv sind. Die detaillierten Rahmenparameter des ursprünglichen Förderprogramms können SCHMIDT (2017) entnommen werden.

Im Mai 2017 wurde diese Ausschreibung in Frankfurt am Main von CORFO, Invest Chile und Albemarle in Gegenwart des chilenischen Botschafters deutschen Unternehmen vorgestellt. Invest Chile ist eine staatliche Behörde zur Förderung ausländischer Investitionen in Chile.

Dieses erste Förderprogramm war seitens CORFO direkt und exklusiv an die Abnahme von Vorprodukten von Albemarle gebunden. Das Unternehmen SQM fand in diesem Programm keine Berücksichtigung. Kern des Programms war der exklusive Zugriff auf Lithiumkarbonat, Lithiumhydroxid und Lithiumchlorid zu Vorzugspreisen. Das übergeordnete Ziel war es, den Marktanteil Chiles konstant zu halten bzw. auszubauen. Die Preisgestaltung sollte sich nach den niedrigsten Exportdurchschnittspreisen von Albemarle (FOB Chile) der jeweils letzten sechs Monate (CORFO 2017a) richten. Den abnehmenden Unternehmen sollte die sichere Lieferung der genannten Vorprodukte bis zum Jahr 2044 garantiert werden. Eine Produktion von Lithiumhydroxid und Lithiumchlorid bzw. hochreinem Lithiumkarbonat aus den gelieferten Vorprodukten war im Rahmen dieses Förderprogramms nicht zulässig. Als Produkte der höheren Wertschöpfung wurden



z. B. Kathoden, Batteriekomponenten bzw. andere Lithiumverbindungen verstanden.

Zur Ansiedlung dieser wertschöpfenden Industrie wurden sechs bestehende Industriegebiete ausgewählt, in denen es den Unternehmen ermöglicht werden sollte, zu Sonderkonditionen Land zu erwerben und sich anzusiedeln. Zu diesen Industriegebieten zählen nach wie vor: Alto Hospicio (Iquique), La Negra Sur, La Negra Norte, Mejillones, Salar des Carmen, Diego de Almagro (CORFO 2017b). Dieses Programm hat sein Ziel verfehlt, da es zu keiner Investition dieser Industrie gekommen ist. Der Marktanteil Chiles sank entsprechend auf aktuell 26 % im Jahr 2020. CORFO ging seinerzeit von einem Marktanteil Chiles von etwa 25 % im Jahr 2025 aus, sollte das Programm sein Ziel verfehlen.

Im ersten Quartal 2019 erfolgte eine zweite Ausschreibung (*National and International Call for Specialized Producers of Lithium-Based Products To Invest in Production Capacity in Chile*). Die Struktur dieses zweiten Förderprogramms ähnelte dem ersten Aufruf mit dem Hauptunterschied, dass SQM und nicht Albemarle als Lieferant benannt wurden.

Gesucht wurden nationale oder internationale Unternehmen mit nachgewiesenen Erfahrungen, technischen sowie finanziellen Kapazitäten, um eine Wertschöpfungskette in Chile zu etablieren. Hierbei waren Konsortien, Joint Ventures oder andere Arten von Geschäftsbeziehungen explizit erwünscht. Die Preisgestaltung sollte sich auch hier nach den niedrigsten Exportdurchschnittspreisen von SQM (FOB Chile) der jeweils letzten sechs Monate (CORFO 2019) richten. Dieses Programm verfehlte sein Ziel ebenfalls, da es zu keiner nennenswerten Investition oder Ansiedlung dieser Industrie gekommen ist.

Infolgedessen wurde eine dritte Ausschreibung ins Leben gerufen. Diese nationale und internationale Ausschreibung zielt darauf ab, die Lithiumproduktion in Chile deutlich zu steigern und damit der wachsenden globalen Nachfrage gerecht zu werden und gleichzeitig dem sinkenden Marktanteil Chiles aufgrund fehlender neuer Projekte entgegenzuwirken (GOB 2022). Abweichend zu den ersten beiden Aufrufen zielt dieser auf die Primärproduktion ab und nicht auf Produkte der höheren Wertschöpfung der Batterieindustrie.

Im Rahmen dieses Programms wurden zwei Produktionsquoten in Höhe von jeweils 80.000 t Li-Inh. (ca. 426.000 t LCE) versteigert. Der Zeitraum, in dem diese Menge produziert werden darf, liegt bei mehr als 20 Jahren. Feste Allokationen zu spezifischen Vorkommen sind damit jedoch nicht verbunden. Aufgrund der gesetzlichen Grundlagen zur Vergabe von Lizenzen in Chile kommen z. B. der Salar de Atacama (Eigner CORFO) und Salar de Maricunga (Produktionslizenznehmer CODELCO) hierfür nicht ohne weiteres in Frage.

Gewonnen wurden diese beiden Lizenzen (Special de Operación de Litió → CEOLs) von BYD Chile SpA und Servicios y Operaciones Mineras del Norte S.A. (Gruppo Erazuris). Beide haben dafür ca. 61 Mio. US\$ gezahlt. SQM und Albemarle haben an dieser Ausschreibung teilgenommen, sind aufgrund der niedrigeren Gebote jedoch nicht zum Zuge gekommen.

Da es Zweifel an der rechtlichen Grundlage des Prozesses bzw. der Durchführung gab, wurde die Ausschreibung zur Überprüfung dem Supreme Court vorgelegt. Die Ausschreibung wurde unter der Regierung von Präsident Sebastián Piñera zwei Monate vor Ende seiner Amtszeit durchgeführt und somit gibt es Zweifel an der Rechtmäßigkeit. Die Klage gegen die Vergabe wurde durch die indigenen Gemeinden von Camar eingereicht.

Einer der größten Kritikpunkte ist die Vergabe von Produktionslizenzen ohne die explizite Bindung bzw. Allokation zu einem Vorkommen. Somit konnten die indigenen Gemeinden nicht entsprechend konsultiert und einbezogen werden. Aus diesem Grund hat der Oberste Gerichtshof am 02.06.2022 zwei Schutzklagen indigener Gemeinschaften stattgegeben und die umstrittene Lithium-Ausschreibung annulliert (COMPAÑIA CHILENA DE COMUNICACIONES S.A. 2022). Ob es zu einer neuen Ausschreibung kommen wird, ist unklar.

Im August 2022 wurde eine erneute Ausschreibung durch CORFO gestartet. Diese Ausschreibung (spezialisierte Produzenten für die Herstellung von Lithiumprodukten in Chile) hat eine Laufzeit von einem Jahr (08/2023) oder bis das Kontingent ausgeschöpft ist. Das Ziel dieser Ausschreibung ist die Ansiedlung von Unternehmen in Chile, die in die Herstellung von Mehrwertprodukten investieren und diese entwickeln, z. B. Vorprodukte und/oder Kathodenmaterial, Batte-

riekathoden, andere Lithiumbatteriekomponenten, Lithiummetall etc. Diese Unternehmen sollen Vormengungen und -preise für Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid von SQM erhalten. Die Mengen liegen bei ca. 1.875 t Lithiumkarbonat pro Monat und ca. 350 t Lithiumhydroxid pro Monat (CORFO 2022). Sämtliche Konditionen und Bedingungen sind unter: [https://www.corfo.cl/sites/cpp/landing\\_litio](https://www.corfo.cl/sites/cpp/landing_litio) einzusehen.

Darüber hinaus hat die neue chilenische Regierung unter Führung von Präsident Boric eine Neuregulierung der gesamten Lithiumindustrie angekündigt. Die Pläne reichen von der Nationalisierung der gesamten Industrie bis hin zu einer staatlichen Lithiumfirma. Auch hier herrscht aktuell noch kein Konsens, wie die Industrie in den kommenden Jahren ausgerichtet werden soll. Auch die kommenden Vertragsverhandlungen zwischen CORFO und SQM könnten hier eine wesentliche Rolle spielen, da die Lizenz für diese Firma im Salar de Atacama nach aktuellem Stand im Jahr 2030 theoretisch ausläuft. Die Lizenz von Albemarle läuft noch bis Ende 2043.

Hinzu kommen Aspekte der nachhaltigen Gewinnung in Chile sowie politische Umstrukturierungen. All dies könnte Auswirkungen auf die zukünftigen Entwicklungen der Produktionsmengen, gesteuert durch ausgeschriebene Produktionsquoten, haben.

### 2.6.3 Zukünftiges globales Angebot

Die Abschätzung des künftigen Angebots basiert auf der Primärförderung bzw. -produktion und dem Sekundärsektor (Batterierecycling). Im Rahmen dieser Studie werden Angebotsszenarien für Lithium bis zum Jahr **2030** erstellt.

#### 2.6.3.1 Primärangebot

Das Primärangebot basiert auf der aktuellen Bergwerksförderung, 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. Es werden nur Explorationsprojekte im PFS/DFS-Stadium (abgeschlossen/laufend) berücksichtigt.

#### Betriebserweiterungen/Wiederaufnahme

Informationen zu geplanten Betriebserweiterungen und Wiederaufnahmen, teilweise kombiniert, liegen aktuell von neun Unternehmen vor (Tab. 13). All diese Firmen bzw. Projekte sind für die Angebotsszenarien bis 2030 von großer Relevanz und werden nachfolgend beschrieben.

**Talison Lithium:** Das australische Unternehmen Talison Lithium plant, die Kapazität des Bergwerkes Greenbushes von aktuell ca. 200.300 t LCE (ca. 37.600 t Li-Inh.) auf rund 396.200 t LCE (ca. 74.500 t Li-Inh.) zu erhöhen (IGO 2020). Diese Erweiterung um 36.900 t Li-Inh. soll stufenweise, je nach Marktumfeld, ab 2022 bzw. 2024 bis 2027 erfolgen. Für die letzte Ausbaustufe (CGP4) ist noch kein festes Datum angekündigt.

Als Joint-Venture-Partner von Greenbushes profitiert auch Albemarle von der geplanten Erweiterung in Australien. Das zusätzliche Konzentrat aus Greenbushes wird in der in Kemerton (Australien) im Bau befindlichen Anlage zur Produktion von Lithiumkarbonat und Lithiumhydroxid verarbeitet. Diese Anlage war ursprünglich mit einer Kapazität von 100.000 t LCE geplant, wurde jedoch aufgrund der Preisentwicklung 2020 um 50 % verkleinert. Kemerton wird als Joint Venture mit Mineral Resources (60/40) betrieben (MINERAL RESOURCES 2022).

**Mineral Resources:** Das 2006 gegründete Unternehmen hat ursprünglich Dienstleistungen im Bergbausektor angeboten. Als Joint-Venture-Partner betreibt Min.Res. nun zwei Lithiumbergwerke in Australien. Mt. Marion wird als JV (50/50) mit Ganfeng Lithium und das Bergwerk Wodgina wird als JV (50/50) mit Albemarle betrieben. Die ursprünglich vertretenen Firmen Neometals und Reed Industrial Minerals haben ihre Anteile veräußert.

Für **Mt. Marion** hat Min. Res. ein „Toll Treating Agreement“ mit Ganfeng Lithium abgeschlossen und nimmt selbst 100 % der produzierten Konzentrate ab (MINERAL RESOURCES 2022). Für Mt. Marion wird, ausgehend von der aktuellen Produktionskapazität 2020, eine Produktionssteigerung von 10 bis 15 % (1.250–1.880 t Li-Inh.) in den kommenden Jahren angestrebt.

Das Bergwerk **Wodgina** soll im vierten Quartal 2022 die Produktion wiederaufnehmen und in der Folge umgehend erweitern. Die geplante Kapazität der Phase 1 (Train 1) beläuft sich auf ca. 37.000 t LCE (6.970 t Li-Inh.). Diese jährliche Kapazität soll 2030 zur Verfügung stehen. Bei einer positiven Gesamtmarktentwicklung kann um Phase 2 bzw. 3 (Train 2, 3) erweitert werden. Hierfür gibt es jedoch noch keinen Zeitplan. Dies würde einer zusätzlichen Kapazität von rund 74.200 t LCE (13.900 t Li-Inh.) entsprechen. In Summe könnte dem Markt aus dem Bergwerk Wodgina zusätzlich zwischen 6.970 t Li-Inh. und 20.870 t Li-Inh. zur Verfügung stehen.

Die potenzielle Produktion von Konzentraten in Wodgina wird zu 100 % bei dem Unternehmen Mineral Resources gelistet, da das Unternehmen der Betreiber ist und somit Doppelzählungen vermieden werden. Die gesamte Produktionsmenge an Konzentraten aus Wodgina wird durch Albemarle in China verarbeitet. Diese Verarbeitungskapazitäten werden als Joint Venture (50/50) zwischen Albemarle und Min.Res. finanziert. Betrieb und Vermarktung übernimmt zu 100 % Albemarle (MINERAL RESOURCES 2022).

**Pilbara Minerals:** Das Unternehmen Pilbara Minerals hat sich aufgrund seiner schnellen Entwicklung innerhalb kürzester Zeit zu einem der weltweit größten Produzenten entwickelt (Tab. 13). Die Lizenzen für Pilgangoora wurden erst 2014 erworben und in der Folge entwickelt. Im Jahr 2020 wurde das benachbarte Unternehmen Altura Mining (zwischenzeitlich Morella) erworben. Die aktuelle Produktionskapazität liegt bei ca. 45.000 t LCE (8.400 t Li-Inh.). Diese Kapazität soll in den nächsten Jahren deutlich erhöht werden. Durch Prozessoptimierungen soll die ursprüngliche Anlage (Pilgan) auf eine Kapazität von ca. 51.700 t LCE (9.700 t Li-Inh.) gesteigert werden.

In einem weiteren Schritt ist geplant, die Produktion in der ehemaligen Altura-Anlage (jetzt Ngungaja) wiederaufzunehmen und auf eine Gesamtkapazität von 27.200 t LCE (5.110 t Li-Inh.) auszubauen. Laut Pilbara Minerals läuft der Ramp-up und erste Konzentrate werden Mitte/Ende 2022 erwartet. Für die Zukunft plant das Unternehmen, je nach Marktlage, Erweiterungen an der Pilgan-Anlage, ohne jedoch einen Zeithorizont zu nennen. Diese potenziellen Ausbaustufen (P680, P1.000) könnten zusätzlich ca. 57.100 t LCE (10.700 t Li-Inh.)

bereitstellen (PILBARA MINERALS 05/2022). In Summe könnten dem Markt so im Jahr 2030 zwischen 6.390 t Li-Inh. und 17.400 t Li-Inh. zusätzlich zur Verfügung stehen. Das Unternehmen könnte somit im Jahr 2030 zu den Top 3 der Lithiumproduzenten gehören.

**Livent:** Im Juli 2018 hat das Unternehmen FMC Corp. seinen Lithium-Geschäftsbereich aufgegliedert und in Livent Corp. umbenannt (PR NEWSWIRE 2019). Die aktuelle Produktionskapazität von ca. 20.000 t LCE (3.760 t Li-Inh.) soll bis Ende 2023 (Phase A, B) verdoppelt werden. Bis Ende 2025 ist eine weitere Erweiterung um 30.000 t LCE (5.636 t Li-Inh.) geplant. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, um weitere 30.000 t LCE (5.636 t Li-Inh.) zu erweitern. Der Zeithorizont wird hierfür mit 2028/2029 angegeben (LIVENT 2022). In Summe sollen somit im Jahr 2030 bis zu 80.000 t LCE (15.030 t Li-Inh.) zusätzlich zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus hat Livent das Lithiumgeschäft des ehemaligen Unternehmens **Nemaska Lithium** als Joint Venture (50 : 50) zusammen mit Investissement Québec übernommen (S&P GLOBAL 2022). Livent wird die Anlage in Kanada auch betreiben. Geplant ist eine Wiederaufnahme und Produktion ab ca. 2026 von bis zu 34.000 t Lithiumhydroxid, was der Kapazität der Anlage entspricht.

**SQM:** Das chilenische Unternehmen SQM betreibt seine Anlagen in direkter Nachbarschaft zu Albemarle im Salar de Atacama und kann dort auf seiner Lizenz von CORFO bis 2030 lithiumhaltige Sole fördern. Kapazitätserhöhungen bzw. Prozessoptimierungen im Salar stellen die Basis für Kapazitätserweiterungen in der Anlage La Carmen (Antofagasta) dar.

Laut Unternehmensangaben soll die Kapazität in Chile von 120.000 t LCE/a (22.500 t Li-Inh.) im Jahr 2020 um 60.000 t LCE (11.200 t Li-Inh.) auf insgesamt 180.000 t LCE (33.700 t Li-Inh.) im Jahr 2022 steigen (SQM 2022). Ob Erweiterungen darüber hinaus möglich sein werden, hängt maßgeblich von den politischen Entwicklungen in Chile bzw. den Verhandlungen mit CORFO ab. Die Lithiumhydroxidkapazität soll 2022 auf 30.000 t (4.950 t Li-Inh.) steigen und ist den oben getroffenen Angaben inkludiert (pers. Mitt. SQM 2022).

**Albemarle:** In Chile darf Albemarle bis 2044 bis zu 80.000 t LCE (15.040 t Li-Inh.) p. a. aus den

Vorkommen in Chile (Salar de Atacama) produzieren. Diese Quote basiert auf einem Amended Lithium Production Rights Agreement mit CORFO aus dem Jahr 2017 (ALBEMARLE 2017). Sämtliche Solekonzentrate sollen in LaNegra verarbeitet werden, daher ist das zukünftige zusätzliche Angebot von den Kapazitätserweiterungen in dieser Anlage abhängig. Die geplante Erweiterung La Negra III und IV soll eine zusätzliche Kapazität von in Summe 40.000 t LCE/a (7.500 t Li-Inh.) ab dem Jahr 2021/2022 bereitstellen. Darüber hinaus werden durch Prozessoptimierungen der bestehenden Anlagen die Ausbringraten gesteigert und wird gleichzeitig der Wasserverbrauch gesenkt. Diese Erweiterung um ca. 7.500 t Li-Inh. spielt daher für das Angebot bis 2030 ebenfalls eine wichtige Rolle.

**Allkem:** Das Lithiumgeschäft des ehemaligen Unternehmens Orocobre wurde 2021 unter der Neugründung „Allkem“ ausgegliedert (ALLKEM 08/2022). Im August 2021 wurde dann der Zusammenschluss mit Galaxy Resources abgeschlossen (ALLKEM 02/2022). Laut Unternehmensangaben soll die Kapazität in Argentinien (Salar de Olaroz) um 25.000 t LCE (4.700 t Li-Inh.) auf insgesamt 42.500 t LCE (7.990 t Li-Inh.) ab Ende 2022 steigen. Vor dieser geplanten Erweiterung muss jedoch erst die volle Kapazität von Phase 1 (17.500 t LCE, 3.290 t Li-Inh.) erreicht werden. Kapazitätserweiterungen in Mt.Cattlin werden derzeit diskutiert.

**Bald Hill:** Das Bergwerk Bald Hill wurde im Jahr 2018 durch Tawana Resources in Betrieb genommen. Aufgrund der stark sinkenden Preise (Kap. 2.1.1) musste das Unternehmen Mitte 2019 Insolvenz anmelden. Seitdem befindet sich das Bergwerk in Care & Maintenance. Aufgrund rechtlicher Probleme nach der Insolvenz konnte die Produktion noch nicht wiederaufgenommen werden. Eine 100%-ige Tochter von Tawana Resources, Alita Resources plant die zeitnahe Wiederinbetriebnahme (AUSTRALIAN FINANCIAL REVIEW 2022). Basierend auf den Produktionskapazitäten aus dem Jahr 2018 sowie Produktionszahlen aus dem Jahr 2019 könnten dem Markt im Jahr 2030 aus Bald Hill 3.200–4.300 t Li-Inh. zusätzlich zur Verfügung stehen.

**AMG:** Das Unternehmen AMG betreibt in Brasilien das 1978 erworbene Bergwerk Mibra (AMG Mineracao). Aktuell wird die Jahreskapazität

von 90.000 t Konzentrat um geplante 40.000 t Konzentrat (ca. 1.100 t Li-Inh.) erweitert (AMG 01/2022). Ein Großteil des Konzentrats soll dann übergangsweise in China zu Lithiumsalzen weiterverarbeitet werden. Die finale Umarbeitung soll dann in Bitterfeld (Chemiepark Bitterfeld-Wolfen) erfolgen, wo AMG Lithium aktuell eine Weiterverarbeitungsanlage baut.

### **Bergwerke im Bau**

Informationen zu im Bau befindlichen Bergwerken liegen aktuell zu insgesamt neun Unternehmen vor (Tab. 13). Sechs dieser Projekte befinden sich in Argentinien.

**Xuxa:** In Brasilien entwickelt das Unternehmen Sigma Lithium das Projekt Xuxa. Baubeginn war Ende 2021. Nach einer ersten Ausbaustufe sollen ab Ende 2022 bis zu 33.000 t LCE (6.200 t Li-Inh.) produziert werden. Eine weitere Ausbaustufe ist in Planung. Durch diese soll die Kapazität um 33.000 t LCE (6.200 t Li-Inh.) erweitert werden (SIGMA LITHIUM CORP. 2022). Laut Sigma Lithium liegen bindende Abnahmeverträge mit LG Chem vor. Eine dritte Ausbaustufe wird diskutiert.

**Cauchari Olaroz:** Das Unternehmen Lithium Americas entwickelt das Projekt Cauchari-Olaroz, Argentinien als JV mit Ganfeng (51 : 49). Beide zusammen haben einen Projektanteil von 91,3 %. Die übrigen Anteile liegen bei Jujuy Energia y Minería. In Planung sind zwei Ausbaustufen. Stufe 1 soll Ende 2022 nach Hochlauf bis zu 40.000 t LCE (7.500 t Li-Inh.) produzieren. Die zweite Ausbaustufe soll ab Mitte 2025 bis zu 20.000 t LCE (3.800 t Li-Inh.) bereitstellen (LITHIUM AMERICAS LTD. 2022).

**Mt. Holland:** Das Projekt liegt in Australien, Bundesstaat WA. Es wird als JV zwischen SQM und Westfarmers (50 : 50) durch Covalent Lithium entwickelt (SQM 02/2021). Nach Fertigstellung sollen ab Ende 2024 nach erfolgreichem Hochlauf bis zu 44.000 t LCE (8.300 t Li-Inh.) produziert werden.

**Finnis:** Das Projekt des Unternehmens Core Lithium Ltd. befindet sich südwestlich von Darwin im Norden Australiens. Mitte 2021 haben die Bauarbeiten begonnen und ab Ende 2024 sollen erste Spodumen-Konzentrate über den Hafen von Darwin exportiert werden (CORE LITHIUM LTD.

**Tab. 13: Übersicht der aktuell wichtigsten Lithium-Projekte im Status: Betriebserweiterungen/ Wiederaufnahme und Bergwerke im Bau (Unternehmensangaben siehe Literaturverzeichnis)**

| Projektname                         | Land        | Firma                           | Status                       | Geplante zusätzliche Jahreskapazität [t Li-Inh.] (Jahr) | Geplanter Produktionsbeginn | Reserven/ Ressourcen [Mio. t Li-Inh.] |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Greenbushes <sup>1)</sup>           | Australien  | Talison Lithium                 | Erweiterung                  | 36.900  | ab 2022 <sup>2)</sup>       | 1,4/1,8                               |
| Wodgina <sup>3)</sup>               | Australien  | Mineral Resources               | Wiederaufnahme + Erweiterung | 6.970–20.870 <sup>4)</sup>                              | Q4/2022                     | 0,8/0,6                               |
| Pilgangoora/ Ngungaja <sup>5)</sup> | Australien  | Pilbara Minerals                | Wiederaufnahme + Erweiterung | 6.390 – 17.400 <sup>6)</sup>                            | ab Q4/2022                  | 0,9/0,7                               |
| Salar del Hombre Muerto             | Argentinien | Livent                          | Erweiterung                  | Bis zu 15.030 <sup>7)</sup>                             | ab Q4/2022                  | k. A./0,8                             |
| Salar de Atacama                    | Chile       | SQM                             | Erweiterung                  | 11.200  | ab 2022                     | k. A./k. A.                           |
| Salar de Atacama                    | Chile       | Albemarle                       | Erweiterung                  | 7.500   | ab 2022                     | k. A./k. A.                           |
| Whabouchi <sup>8)</sup>             | Kanada      | Livent                          | Wiederaufnahme               | Bis zu 5.620  | Ab 2026                     | 0,2/0,36                              |
| Salar de Olaroz                     | Argentinien | Allkem                          | Erweiterung                  | 4.700   | Q4/2022                     | k. A./3                               |
| Bald Hill                           | Australien  | Alita Resources                 | Wiederaufnahme               | 3.200 – 4.300 <sup>9)</sup>                             | 2022/2023                   | 0,1/0,06                              |
| Mt. Marion <sup>10)</sup>           | Australien  | Mineral Resources               | Erweiterung                  | 1.250 – 1.880 <sup>11)</sup>                            | k. A.                       | k. A./0,5                             |
| Mibra                               | Brasilien   | AMG Mining                      | Erweiterung                  | 1.100   | ab Q4/2022                  | k. A./0,07                            |
| Xuxa                                | Brasilien   | Sigma Lithium                   | Im Bau                       | 6.200–12.400 <sup>12)</sup>                             | ab 2022                     | 0,2/0,09                              |
| Cauchari Olaroz <sup>13)</sup>      | Argentinien | Lithium Americas                | Im Bau                       | 7.500–11.300 <sup>14)</sup>                             | Q4/2022                     | 3,9/0,7                               |
| Mt. Holland                         | Australien  | Covalent Lithium <sup>15)</sup> | Im Bau                       | 8.300   | Q4/2024                     | 0,6/0,6                               |
| Finnis                              | Australien  | Core Lithium                    | Im Bau                       | 5.600   | Q4/2022                     | 0,05/0,09                             |
| Centenario Ratonés                  | Argentinien | Eramet                          | Im Bau                       | 4.500   | 2024                        | 1,8/0,02                              |
| Sal de Oro                          | Argentinien | Posco Argentina                 | Im Bau                       | 4.130   | 2024                        | k.A./k.A.                             |
| Sal de Vida                         | Argentinien | Allkem                          | Im Bau                       | 2.820   | H2/2023                     | 0,3/1                                 |
| Salar de Rincon                     | Argentinien | Argosy Minerals                 | Im Bau                       | 380–2.250 <sup>16)</sup>                                | H2/2022                     | k. A./ k. A.                          |
| Mariana                             | Argentinien | Ganfeng                         | Im Bau                       | 1.900   | Q4/2024                     | 0/1                                   |

<sup>1)</sup> JV zwischen Tianqi und Albemarle

<sup>2)</sup> kein Startdatum für Ausbaustufe CGP4

<sup>3)</sup> JV zwischen Mineral Resources und Albemarle

<sup>4)</sup> Wiederaufnahme Train 1 (6.970 t) und Erweiterung Train 2/3 ohne Startdatum

<sup>5)</sup> Erweiterung Pilgangoora und Wiederaufnahme Ngungaja (ehemals Altura Mining)

<sup>6)</sup> enthält die Ausbaustufen P680 und P1.000 (kein Startdatum)

<sup>7)</sup> stufenweiser Ausbau

<sup>8)</sup> JV zwischen Livent und Investissement Québec

<sup>9)</sup> basierend auf Angaben von Cannacord (2017)

<sup>10)</sup> JV zwischen Mineral Resources und Ganfeng Lithium

<sup>11)</sup> Produktionssteigerung von 10–15 %

<sup>12)</sup> stufenweiser Ausbau (2022–2025)

<sup>13)</sup> JV zwischen Lithium Americas und Ganfeng

<sup>14)</sup> stufenweiser Ausbau (2022/2025)

<sup>15)</sup> JV zwischen SQM und Westfarmers

<sup>16)</sup> stufenweiser Ausbau

2022). Abnahmeverträge bestehen mit Ganfeng Lithium und Yahua über 150.000 t Konzentrat. Die geplante Produktionsmenge entspricht ca. 30.000 t LCE (5.600 t Li-Inh.).

**Centenario Ratones:** Das Projekt wird durch das Unternehmen Eramet zusammen mit Tsinghan Steel in der Provinz Salta, Argentinien entwickelt. Die Bauarbeiten wurden im Jahr 2021 aufgenommen. Nach Fertigstellung 2024 sollen jährlich bis zu 24.000 t LCE (4.500 t Li-Inh.) produziert werden (ERAMET 2022).

**Sal de Oro:** Dieses Projekt im Salar de Hombres Muertos, Argentinien wird von Posco Argentina entwickelt. Eine Pilotanlage arbeitet seit ca. einem Jahr erfolgreich. Ab dem Jahr 2024 sollen jährlich bis ca. 25.000 t Lithiumhydroxid (22.000 t LCE bzw. 4.130 t Li-Inh.) gewonnen werden (POSCO 2022).

**Sal de Vida:** Das Projekt befindet sich in der Catamarca Provinz, Argentinien und gehört zu 100 % dem Unternehmen Allkem (ehemals Orocobre). Die Produktion von Lithiumkarbonat soll im zweiten Halbjahr 2023 mit einer Kapazität von bis zu ca. 15.000 t LCE (2.820 t Li-Inh.) pro Jahr anlaufen (Stage 1).

**Salar de Rincon:** Das Projekt befindet sich in der Provinz Salta, Argentinien. Es wird von dem Unternehmen Argosy Minerals entwickelt. Aktuell wird eine erste Ausbaustufe (Pilot) mit einer Produktionskapazität von lediglich 2.000 t LCE (380 t Li-Inh.) errichtet (ARGOSY MINERALS 2022). Diese Anlage soll Mitte 2022 in Betrieb gehen und Lithiumkarbonat produzieren. Eine weitere Ausbaustufe ist genehmigt und im Bau. Durch diese sollen weitere 10.000 t LCE (1.900 t Li-Inh.) zur Verfügung gestellt werden.

**Mariana:** Baubeginn für das Projekt des Unternehmens Ganfeng Lithium, Lithium Minera Argentina SA. war im Mai 2022 (GLACIER MEDIA 2022). Es befindet sich im Salar de Lullaillaco der Salta Provinz, Argentinien. Ab dem Jahr 2024 sollen hier 20.000 t LiCl bzw. daraus 10.000 t LCE (1.900 t Li-Inh.) jährlich gewonnen/produziert werden.

### Bergbauprojekte

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Projekte im PFS/DFS-Stadium (abgeschlossen/laufend), die in Angebotsszenario 2 berücksichtigt werden. Die Auswahl erfolgt anhand Entwicklungsstand, Reserven/Ressourcen sowie angekündigten JVs und/oder Offtake – Vereinbarungen (binding/non-binding).

**Tab. 14: Übersicht der aktuell wichtigsten Lithium-Projekte im PFS/DFS-Status**  
(Unternehmensangaben siehe Literaturverzeichnis)

| Projektname      | Land                     | Firma             | Status               | Geplante zusätzliche Jahreskapazität [t Li-Inh.] (Jahr) | Geplanter Produktionsbeginn | Reserven/ Ressourcen [Mio. t Li-Inh.] |
|------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Kathleen Valley  | Australien               | Liontown          | DFS                  | 14.000–20.700   | 2024–2033                   | 0,43/1                                |
| Manono           | Demokratische Rep. Kongo | AVZ Minerals      | DFS                  | 19.500  | 2024                        | 1/2,1                                 |
| Goulamine        | Mali                     | Firefinch         | DFS                  | 14.100  | k.A.                        | 0,36/0,36                             |
| Thacker Pass     | USA                      | Lithium Americas  | FS (in Arbeit)       | 11.000  | k.A.                        | 0,59/3,4                              |
| Jadar            | Serbien                  | RioTinto          | DFS                  | 9.600   | k.A.                        | k.A./1,2                              |
| James Bay        | Kanada                   | Allkem            | DFS                  | 8.900   | 2024                        | 0,22/0,26                             |
| Oberrhein-graben | Deutschland              | Vulcan Energy     | PFS, DFS (in Arbeit) | 2.500–6.600   | 2024                        | 2,8/2,8                               |
| Sonora           | Mexiko                   | Bacanora Minerals | FS                   | 3.290–6.580   | 2023                        | 0,85/0,81                             |
| Rose Tantalum    | Kanada                   | Critical Elements | FS                   | 5.720   | 2023                        | 0,1/0,15                              |

| Projektname     | Land        | Firma              | Status               | Geplante zusätzliche Jahreskapazität [t Li-Inh.] (Jahr) | Geplanter Produktionsbeginn | Reserven/ Ressourcen [Mio. t Li-Inh.] |
|-----------------|-------------|--------------------|----------------------|---|-----------------------------|---------------------------------------|
| Carolina        | USA         | Piedmont           | FS                   | 5.000   | k.A.                        | 0,09/0,22                             |
| Mina de Barroso | Portugal    | Savannah Resources | DFS (in Arbeit)      | 4.900   | 2023                        | k.A./0,13                             |
| Cinovec         | Tschechien  | European Metals    | PFS, DFS (in Arbeit) | 4.900   | k.A.                        | k.A./1,4                              |
| Kachi           | Argentinien | Lake Resources     | DFS                  | 4.700   | 2024                        | k.A./0,83                             |
| Pastos Grandes  | Argentinien | Lithium Americas   | DFS                  | 4.500   | k.A.                        | 0,18/0,15                             |
| Smackover       | USA         | Standard Lithium   | DFS (in Arbeit)      | 4.000   | k.A.                        | k.A./0,6                              |
| 3Q              | Argentinien | NeoLithium         | PFS                  | 3.760   | k.A.                        | k.A./1,4                              |
| Ryolite Ridge   | USA         | loneer             | DFS                  | 3.600   | 2025                        | 0,11/0,23                             |
| Hells Kitchen   | USA         | CTR                | PFS                  | 3.300   | 2024                        | k.A./k. A.                            |
| St. Jose        | Spanien     | Infinity Lithium   | PFS, DFS (in Arbeit) | 3.200   | k.A.                        | k.A./0,54                             |
| Maricunga       | Chile       | Lithium Power      | DFS                  | 2.860   | k.A.                        | 0,14/0,4                              |
| Georgia Lake    | Kanada      | Rocktech Lithium   | PFS/FS               | 2.590   | 2024                        | k.A./0,07                             |
| Keliber Oy      | Finnland    | Keliber            | DFS                  | 2.070   | 2024                        | 0,05/0,04                             |
| Karibib         | Namibia     | Lepidico           | DFS                  | 1.300   | 2024                        | 0,015/0,01                            |
| Arcadia         | Zimbabwe    | Prospect Resources | DFS                  | k.A.  | k.A.                        | 0,24/0,12                             |
| NAL/Authier     | Kanada      | Sayona             | DFS                  | k.A.  | k.A.                        | 0,15/0,37                             |
| Wolfsberg       | Österreich  | European Lithium   | DFS (in Arbeit)      | k.A.  | 2024                        | k.A./0,13                             |
| Zinnwald        | Deutschland | Zinnwald Lithium   | DFS                  | k.A.  | k.A.                        | k.A./0,13                             |

**Tab. 15: Übersicht der zusätzlich möglichen Jahresförderkapazität aus Betriebserweiterungen, im Bau/in Entwicklung, Wiederaufnahme und ausgewählte Projekte sowie Recycling für Lithium**

| Status                                  | Anzahl | Geplante Kapazität bis 2030 [t Li-Inh./Jahr] | Erwartete Kapazität 2030 (Angebotsszenario 1) [t Li-Inh./Jahr] | Erwartete Kapazität 2030 (Angebotsszenario 2) [t Li-Inh./Jahr] |
|---|--------|--|--|--|
| Betriebserweiterungen <sup>1)</sup>     | 10     | 90.475                                       | 71.689   | 90.475   |
| Im Bau/in Entwicklung                   | 9      | 41.894                                       | 41.894   | 41.894   |
| Wiederaufnahme <sup>2)</sup>            | 4      | 9.769  | 0  | 9.769  |
| Projekte (PFS & DFS) <sup>3)</sup>      | 27     | 151.869 <sup>3)</sup>                        | 13.150 <sup>3,4)</sup>   | 106.308 <sup>4)</sup>  |
| Recyclingangebot                        | –      | 36.160 <sup>5)</sup>                         | 9.040 <sup>6)</sup>  | 27.120 <sup>7)</sup>   |
| <b>Erwartete Kapazität<sup>8)</sup></b> |        |  | <b>135.772</b>   | <b>275.563</b>   |

<sup>1)</sup> Neun Firmen (10 Projekte), Erweiterungspläne ohne spezifische Zeitpläne werden mit reduzierter Kapazität berücksichtigt

<sup>2)</sup> Zwei der vier Projekte sind gleichzeitig Erweiterungen

<sup>3)</sup> Projekte teilweise mit reduzierter Gesamtkapazität

<sup>4)</sup> Annahme für China (nicht projektspezifisch)

<sup>5)</sup> entspricht 100 % Recyclingquote basierend auf einem 2.000 GWh Nachfrageszenario

<sup>6)</sup> Recyclingquote von 25 %

<sup>7)</sup> Recyclingquote von 75 %

<sup>8)</sup> Abweichung durch Rundung möglich

### 2.6.3.2 Sekundärangebot

Da die prognostizierte Nachfrage in den kommenden Jahren das Primärangebot deutlich übersteigen wird, wird neben dem Primärangebot der Sekundärsektor für das Gesamtangebot zukünftig eine zunehmend größere Rolle spielen. Bis dato kam diesem Bereich und damit dem Angebot aus dem Recycling nur relativ wenig Bedeutung im globalen Kontext zu.

Regulatorische Maßnahmen und Gesetze werden diesen Trend verstärken. Ein klarer Trend zur Kreislaufwirtschaft und nachhaltigen Rohstoffnutzung ist deutlich erkennbar.

Für das Lithiumangebot aus dem Sekundärsektor wurde ausschließlich das Recycling von LIB aus dem Bereich E-Mobilität berücksichtigt. Übrige Anwendungsgebiete (Kap. 1.4) spielen hier keine Rolle. Zur Quantifizierung des Recyclingbeitrags wurden folgende Annahmen zu Rücklaufmengen getroffen:

- 50 % Rücklauf von LIB nach acht Jahren Nutzung;
- 60 % Rücklauf von LIB nach zehn Jahren Nutzung;
- 90 % Rücklauf von LIB nach zwölf Jahren Nutzung;
- verbleibende 10 % Verlust durch Produktionsabfälle und Exportverluste.

Ein Verbleib in der Second-Life-Nutzung wurde ebenfalls nicht berücksichtigt. Diese würde den Rücklaufzeitraum der LIB signifikant verlängern. Das Angebot aus dem Recycling basiert auf den

prognostizierten Bedarfen der E-Mobilität bis zum Jahr 2030. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass zurückgewonnenes Lithium direkt wieder in LIB eingesetzt werden kann.

Je nach Angebotsszenario wurden potenzielle Recyclingquoten von 25 % bzw. 75 % angenommen, da Lithium im metallurgischen Prozess noch schwer zurückzugewinnen ist und das Metall somit noch nicht wirtschaftlich zurückgewonnen wird. Berechnungsgrundlage für das Angebot (Tab. 16) aus dem Recycling stellen die Nachfrageszenarien der DERA für den Anwendungsbereich E-Mobilität (Kap. 2.6.5.1, Tab. 19) dar.

Für die Abschätzung der Rohstoffmengen ist zu beachten, dass sich noch kein vorherrschender LIB-Typ durchgesetzt hat und auch nicht absehbar ist, welcher sich zukünftig durchsetzen wird. Dies macht Abschätzungen des Recyclingbeitrags und den wirtschaftlichen Betrieb aktueller sowie Investitionen in neue Recyclinganlagen relativ ungewiss. Potenzielle Recyclingverfahren müssen zukünftig entweder unterschiedliche Zelltypen verarbeiten können oder es wird eine selektive Ausrichtung einzelner Unternehmen geben. Recyclingprozesse müssen darüber hinaus skalierbar sein, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu ermöglichen.

Im Folgenden sind die möglichen Angebotsmengen aus dem Recycling von LIB für das Jahr 2030 nach unterschiedlichen Markthochläufen und Recyclingquoten dargestellt (Tab. 16). Je nach Szenario und Quote stehen im Jahr 2030 bis zu ca. 56.000 t Li-Inh. (298.090 t LCE) aus dem Recycling zur Verfügung.

**Tab. 16: Übersicht des zusätzlich möglichen Angebots aus dem Recycling von LIB für Lithium**

| DERA-Recycling-szenario  | Angebot Recycling 2030 <sup>4)</sup> [t Li-Inh.]<br>100 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>4)</sup> [t Li-Inh.]<br>75 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>4)</sup> [t Li-Inh.]<br>50 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>4)</sup> [t Li-Inh.]<br>25 %-Quote |
|--------------------------|---|--|--|--|
| Szenario 1 <sup>1)</sup> | 49.720  | 37.290   | 24.860   | 12.430   |
| Szenario 2 <sup>2)</sup> | 36.160  | <b>27.120</b>  | 18.080   | <b>9.040</b>   |
| Szenario 3 <sup>3)</sup> | 55.640  | 41.730   | 27.820   | 13.910   |

<sup>1)</sup> Bedarf E-Mobilität = 3140,5 GWh (SSP1)

<sup>2)</sup> Bedarf E-Mobilität = 2004,2 GWh (SSP2)

<sup>3)</sup> Bedarf E-Mobilität = 4.500 GWh (DERA)

<sup>4)</sup> Angebot bezieht sich nur auf LIB aus der E-Mobilität; 50 % Rücklauf nach acht Jahren; 60 % Rücklauf nach zehn Jahren; 90 % Rücklauf nach zwölf Jahren; 10 % Verlust



Für das konservative Angebotsszenario (Kap. 2.6.6) wird das DERA-Recyclingszenario 2 mit einer Recyclingquote von 25 % (**9.040 t Li-Inh.**) verwendet. Für das optimistische Angebotsszenario (Kap. 2.6.6) wird ebenfalls das DERA-Recyclingszenario 2, jedoch mit einer Recyclingquote von 75 % (**27.120 t Li-Inh.**) genutzt.

Laut Benchmark Minerals könnte das Recyclingangebot 2030 bei rund 40.000 t Li-Inh. (210.000 t LCE) zusätzlich zum Angebot aus dem Bergbau liegen (pers. Mitt. S.Moores, CEO BENCHMARK MINERALS).

### 2.6.4 Fokus Europa (Angebot)

Innerhalb der letzten Jahre hat sich Europa, hier speziell Deutschland, zu einem Hotspot der E-Mobilität entwickelt. Dies betrifft nicht nur Absatzmärkte, also die Akzeptanz der Endkunden, sondern auch Automobilhersteller sowie die vorgelagerte Wertschöpfungskette der Zellfertigung. Eine solche Entwicklung in so kurzer Zeit war vor wenigen Jahren in dieser Form nicht absehbar. Hier spielen unter anderem Subventionen von E-Fahrzeugen, steigende Kundenakzeptanz, Erweiterung von Ladeinfrastruktur, Veränderungen in globalen Lieferketten sowie gesetzliche EU-weite Verbote von Verbrennungsmotoren ab 2035 eine wesentliche Rolle.

Dominierte China über viele Jahre sowohl Fertigung als auch den Absatzmarkt für batterieelektrische Fahrzeuge, so spielt Europa hier eine zunehmend wichtige Rolle. Neben den etablierten Automobilherstellern mit ihren jeweiligen Ankündigungen sind auch Ansiedlungen und Kapazitätserweiterungen zur Herstellung von Batteriechemikalien und Zellkomponenten zu nennen.

Vor diesem Hintergrund wird für Europa ein separates Angebotsszenario für den Zeithorizont **2030** diskutiert. Der Fokus liegt auf einer rein europäischen Versorgung mit Lithium, sprich Eigenversorgung. Dieses Szenario soll die Potenziale in Europa aufzeigen sowie auf damit verbundene potenzielle Importabhängigkeiten hinweisen.

Die Zugehörigkeit einzelner Zellfertigungskapazitäten zu asiatischen Firmen und der damit verbundene Zugriff auf Lithium außerhalb Europas bleiben hierbei unberücksichtigt.

### Primärangebot Europa

Aktuell findet Lithiumförderung nur in geringem Maße in Europa statt (Tab. 7). Der Gesamtanteil Europas lag 2020 entsprechend bei unter 0,4 %. Somit besteht aktuell eine beinahe 100 %-ige Importabhängigkeit. Darüber hinaus ist bisher keine signifikante Weiterverarbeitungsindustrie in Europa etabliert.

Die geplanten Hochlaufszenerarien zur Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien werden diese Importabhängigkeit weiter erhöhen. Das hier diskutierte Angebotsszenario basiert auf Daten für europäische Projekte (PFS/DFS abgeschlossen) aus dem globalen Angebotsszenario 2.

Aufgrund ihres frühen Entwicklungsstadiums werden die beiden potenziellen Projekte: Valjevo (EuroLithium Borates+, Serbien) und Lopare (Arcore Lithium Mining, Bosnien) in diesem Szenario nicht berücksichtigt. Beide Projekte sind kombinierte Bor-/Lithiumprojekte. Aufgrund der Marktsituation bei dem Rohstoff Bor müssen diese Projekte mit entsprechendem Bedacht entwickelt werden. Die Firma Arcore plant eine Produktion von bis zu 25.000 t LCE (4.700 t Li-Inh.) ab etwa 2026 (pers. Mitt.). Angaben zu Ressourcen liegen nicht vor. EuroLithium hat bisher keine potenziellen Produktionsmengen bzw. Zeithorizonte veröffentlicht. Die Ressourcen liegen laut Unternehmen bei ca. 9,6 Mio. t LCE (1,8 Mio. t Li-Inh.).

Aus europäischen Projekten könnten so im Idealfall im Jahr 2030 bis zu 26.489 t Li-Inh. (141.000 t LCE) aus der Bergwerksförderung zur Verfügung stehen. Diese Menge wird analog zu Angebotszenario 2 (global) mit 70 % berücksichtigt.

### Sekundärangebot

Für das Lithiumangebot aus dem Sekundärsektor in Europa wurden die gleichen Berechnungsparameter wie für das globale Recyclingangebot verwendet. Grundlage für das potenzielle Angebot stellen die Nachfrageszenarien bis 2030 aus Tab. 17 dar. Innerhalb der EU soll der Anteil an Lithium aus dem Recycling in LIB ab Januar 2030 auf 4 % bei einer Recyclingquote von 70 % steigen. Im Jahr 2035 soll der Recyclinganteil von 4 % auf 10 % steigen (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2020).

Tab. 17: Übersicht des zusätzlich möglichen Angebots aus dem Recycling von LIB für Lithium in Europa (Datenquelle: DERA 2022)

| Nachfrage 2030 [GWh] | Angebot Recycling 2030 <sup>1)</sup> [t Li-Inh.]<br>100 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>1)</sup> [t Li-Inh.]<br>75 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>1)</sup> [t Li-Inh.]<br>50 %-Quote | Angebot Recycling 2030 <sup>1)</sup> [t Li-Inh.]<br>25 %-Quote |
|----------------------|---|--|--|--|
| 1.310                | 26.800  | 20.100   | 13.400   | 6.700  |
| 1.000                | 17.160  | 12.870   | 8.580  | 4.290  |
| 1.000 <sup>2)</sup>  | 10.280  | <b>7.710</b>   | 5.140  | <b>2.570</b>   |

<sup>1)</sup> Angebot bezieht sich nur auf LIB aus der E-Mobilität; 50 % Rücklauf nach acht Jahren; 60 % Rücklauf nach zehn Jahren; 90 % Rücklauf nach zwölf Jahren; 10 % Verlust

<sup>2)</sup> 1.000 GWh auf 75 % Auslastung reduziert (base case)

Je nach Nachfrageszenario und Recyclingquote stehen im Jahr 2030 bis zu ca. 26.800 t Li-Inh. (142.660 t LCE) zur Verfügung. Das DERA-Szenario mit einer Zellfertigungskapazität von 1.000 GWh für Europa und 75 % Auslastung sowie einer Recyclingquote von 75 % wird als optimistischer Fall angenommen (7.710 t Li-Inh.). Das gleiche Szenario mit einer Recyclingquote von 25 % stellt das konservative Szenario dar (2.570 t Li-Inh.).

## 2.6.5 Zukünftige globale Nachfrage

Basierend auf Angaben von CRU (2022) stehen Daten zur historischen Nachfrage ab 2015 zur Verfügung. Für den Zeitraum 2000–2015 lag die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate (Compound Annual Growth Rate, CAGR) basierend auf Daten von ROSKILL (2016) bei nur 7 % (SCHMIDT 2017). Im Zeitraum 2015–2020 stieg sie auf durchschnittlich 16,9 %. Von 2020 bis 2021 stieg

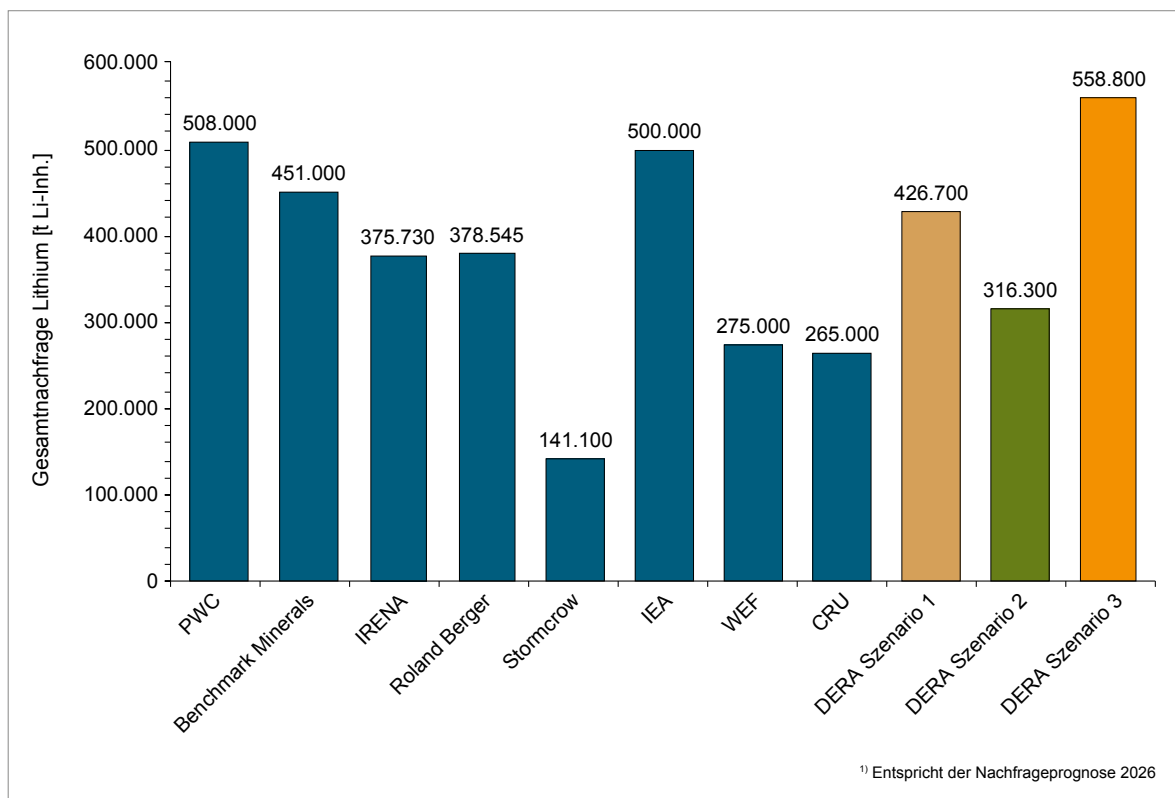


Abb. 20: Gesamtnachfrageprognosen für das Jahr 2030 sowie DERA Szenarien (Datenquellen: PWC 2022, BENCHMARK MINERALS 05/2022, IRENA 2022, ROLAND BERGER 2019, STORMCROW 2019, IEA 2022, WEF 2019, CRU 2022, DERA 2022)

Tab. 18: Gesamtnachfrageszenarien für den Zeitraum 2020–2030 (Datenquelle: DERA 2022)

| DERA-Nachfrageszenario   | CAGR 2020–2030 (%) | Nachfrage 2030 (t Li-Inh.) |
|--------------------------|--------------------|----------------------------|
| Szenario 1 <sup>1)</sup> | 19,1               | 426.700                    |
| Szenario 2 <sup>2)</sup> | 15,6               | 316.300                    |
| Szenario 3 <sup>3)</sup> | 22,4               | 558.800                    |

<sup>1)</sup> Bedarf E-Mobilität = 3140,5 GWh (SSP1)

<sup>2)</sup> Bedarf E-Mobilität = 2004,2 GWh (SSP2)

<sup>3)</sup> Bedarf E-Mobilität = 4.500 GWh (DERA)

das Nachfragewachstum um 33,4 %, was die hohe Dynamik dieses Marktes deutlich widerspiegelt. Somit hat sich das jährliche Nachfragewachstum innerhalb von einem Jahr gegenüber dem Durchschnitt der Jahre 2015–2020 bereits verdoppelt.

Nachfrageprognosen über das Jahr 2030 hinaus sind aufgrund der genannten Dynamik des Lithiummarktes sowie der globalen Wirtschaftssituation und möglicher technologischer Weiterentwicklungen aktuell wenig zielführend. In Abb. 20 sind die globalen Nachfrageszenarien für das Jahr 2030 nach ausgewählten Quellen inklusive der DERA-Szenarien eins bis drei vergleichend aufgeführt.

Die drei globalen DERA-Nachfrageszenarien sind in Tab. 18 aufgeführt. Datenbasis für diese Szenarien stellen Nachfragedaten und zeitlich weitergeführte Nachfrageprognosen von CRU (2022) dar. Für den expliziten Anwendungsbereich wiederaufladbare Batterien für die E-Mobilität wurden Daten der DERA-Vergabestudie: „Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021“ (Szenarien 1 und 2) in modifizierter Form sowie DERA-interne Annahmen (Szenario 3) verwendet.

### 2.6.5.1 Zukünftige Nachfrage wichtiger Anwendungsgebiete

Die größten Absatzgebiete nach Anwendung für Lithium waren im Jahr 2020 **wiederaufladbare Batterien** (67,1 %) und **Keramik/Glaskeramik/Glas** (16,1 %) (CRU 2022). Auf die übrigen Anwendungsgebiete wie Schmierstoffe, Metallpulver, Polymere u. a. entfielen etwa 16,7 % der Gesamtnachfrage (Kap. 1.4).

Basierend auf den von der DERA prognostizierten Nachfrageentwicklungen ergeben sich für

das Jahr 2030 (Szenario 2, Tab. 18) die folgenden prozentualen Anteile für die Anwendungsgebiete: **wiederaufladbare Batterien** ca. 88,8 %, 281.022 t Li-Inh., **Keramik/Glaskeramik/Glas** ca. 5,6 %, 17.603 t Li-Inh., **übrige Anwendungen** knapp 5,6 %, 17.657 t Li-Inh. (Abb. 21).

Sollte die E-Mobilität jedoch stärker wachsen (Szenario 3, Tab. 18), könnte der Anteil der wie-

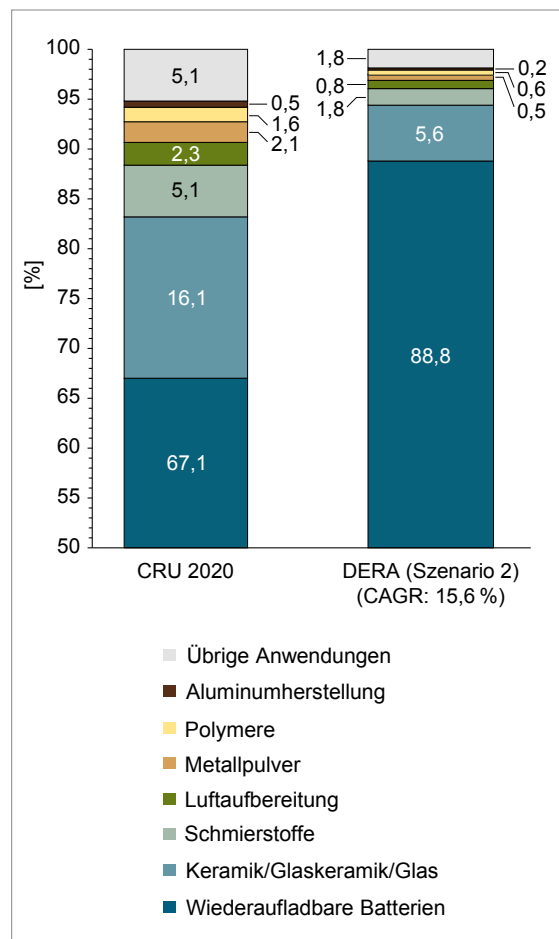


Abb. 21: Nachfrage 2020 im Vergleich zur Prognose 2030 (Szenario 2, SSP2), (Datenquelle: CRU 2022)

deraufladbaren Batterien am Gesamtbedarf auf knapp 94 % steigen.

Vor allem der Anwendungsbereich der wiederaufladbaren Batterien wird den mit Abstand größten Einfluss auf die künftige Gesamtnachfrage von Lithium ausüben. Dieser Bereich wird daher im Folgenden detaillierter betrachtet.

### Wiederaufladbare Batterien

Gründe für diese hohe Nachfragesteigerung nach Lithium in diesem Sektor stellen die Teilbereiche E-Mobilität, Speicherung regenerativer Energien (ESS), 3C-Anwendungen (Smartphones, Laptops, Tablets), Werkzeuge und E-Bikes/Trikes dar. Von den genannten Teilbereichen ist jedoch die E-Mobilität, bezogen auf die Menge, der mit Abstand größte und wichtigste Nachfragetreiber.

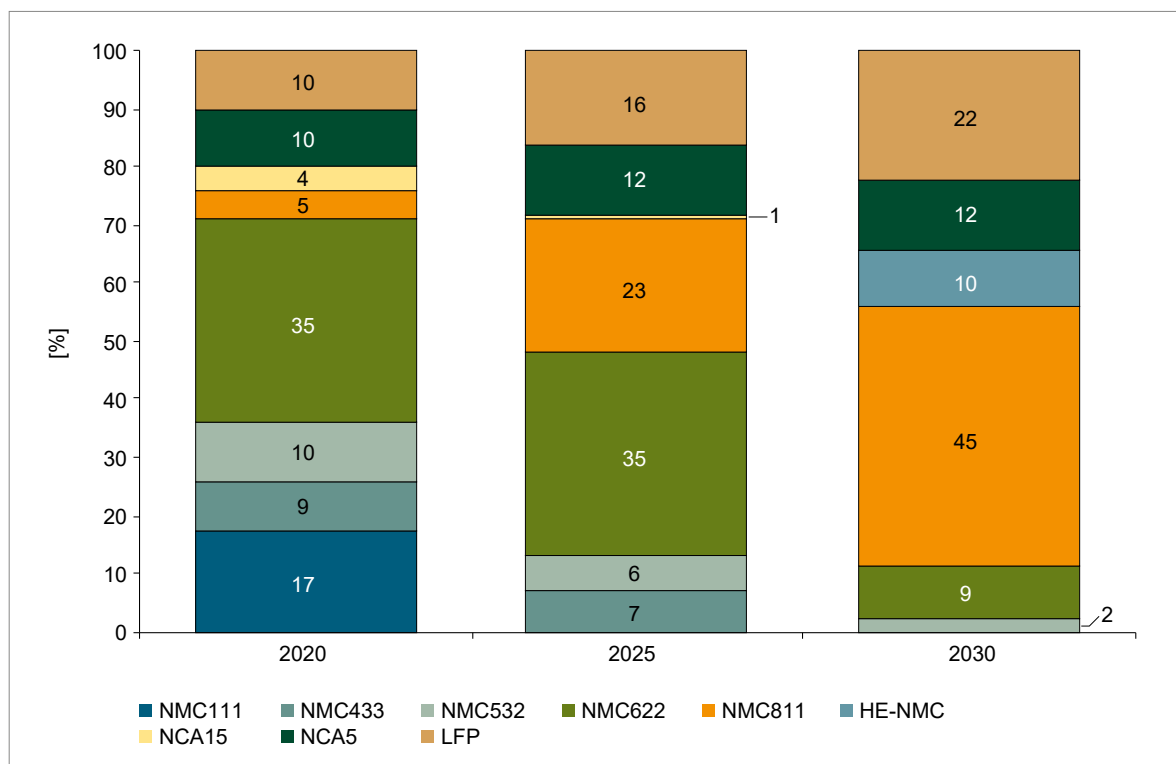
Die Vorhersagen für die Teilbereiche E-Mobilität und ESS sind aufgrund vieler Parameter (Batteriekosten, Marktdurchdringung, Verbote von Verbrennungsmotoren, unterschiedliche Absatzmärkte,

gesetzliche Anforderungen und Regelungen, gesetzliche Förderung der E-Mobilität, Technologiesprünge, konkurrierende Technologien usw.) sehr schwierig. Aus diesem Grund schwanken die Prognosen für den gesamten Bereich der wiederaufladbaren Batterien sehr stark. Neben dem Einsatz im Kathodenmaterial wird Lithium aktuell auch im Flüssigelektrolyt der Zellen eingesetzt.

### E-Mobilität

Der zukünftige Bedarf für dieses Marktsegment basiert auf dem Lithiumbedarf pro kWh der jeweiligen bis zum Jahr 2030 angenommenen Batterietechnologien (Abb. 22) sowie den für diesen Zeithorizont angenommenen Produktionskapazitäten der Zellfertigung.

Informationen zu den weltweiten Produktionskapazitäten schwanken je nach Quelle sehr stark. Laut IEA (2021) lagen diese im Jahr 2020 bei ca. 300 GWh, während die Produktion etwa 160 GWh betrug. Für das Folgejahr 2021 wird von BENCHMARK MINERALS (03/2022) jedoch bereits eine weltweite Produktionskapazität von 1.025 GWh genannt.



**Abb. 22: Prognostizierte Entwicklung der Kathodenzusammensetzung für LIB bis 2030**  
(Datenquelle: mod. nach MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. 2021, freundl. Genehmigung  
FRAUNHOFER IZM 2021)

Für den Zeithorizont 2022 bis 2030 schwanken die Annahmen aufgrund der hohen Marktdynamik noch deutlicher. Laut CRU (2022) wird der Fertigungsbedarf im Jahr 2026 bei ca. 1.370 GWh liegen. Die Gesamtproduktionskapazität im Jahr 2030 wird auf bis zu 3.200 GWh geschätzt, davon bis zu 600 GWh in Europa (IEA 2021, THIELMANN et al. 2021). Nach MCKINSEY (2022) könnte der Bedarf 2030 jedoch bereits auf 4.000–4.500 GWh steigen. Die auf den Batteriesektor spezialisierte Consultingfirma RhoMotion geht demgegenüber von ca. 2.340 GWh Zellfertigungskapazität im Jahr 2030 aus (RHOMOTION 2022). Für das Jahr 2031 nimmt BENCHMARK MINERALS (02/2022) sogar weltweite Zellfertigungskapazitäten in Höhe von ca. 5.454 GWh an, davon ca. 16 % in Europa. Die Schwankungsbreite für das Jahr 2030 liegt also bei einem Faktor von etwa 2,5.

Die hier in den DERA-Szenarien 1 und 2 dargestellten und berechneten zukünftigen Lithiumbedarfe für LIB für die Elektromobilität basieren auf Szenarien der DERA Studie Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021 (MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. 2021). Die dort aufgeworfenen Szenarien basieren auf den Shared Socioeconomic Pathways (SSPs). Fünf SSPs wurden ab dem Jahr 2011 im Rahmen des 5. Sachstandsberichts des Weltklimarates (IPCC) für klimapolitische Fragestellungen erstellt (KRIEGLER et al. 2012) und stellen unterschiedliche globale sozioökonomische Entwicklungen für das 21. Jahrhundert dar. Im Rahmen dieser Studie wurden die folgenden Szenarien (SSPs) verwendet:

- SSP1: Nachhaltigkeit – geringe Herausforderung bei der Minderung und der Anpassung an den Klimawandel: angenommene Gesamtkapazität von 3.140 GWh bis zum Jahr 2030

- SSP2: Der Mittelweg – mittlere Herausforderungen an die Schadensbegrenzung und bei der Anpassung: angenommene Gesamtkapazität von 2.004 GWh bis zum Jahr 2030

Die Annahmen bzw. Berechnungen des zukünftigen Lithiumbedarfs basieren auf den nach MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. (2021) modifizierten Batterietechnologiezusammensetzungen (Abb. 22).

Die jeweiligen zukünftigen Lithiumbedarfe für Szenario 1 (inkl. SSP1 für E-Mobilität) und Szenario 2 (inkl. SSP2 für E-Mobilität) sind in Tab. 19 dargestellt. Darüber hinaus ist Szenario 3 abgebildet, dem die DERA-Annahme einer weltweiten Kapazität von 4.500 GWh im Jahr 2030 zugrunde liegt. Das DERA-Szenario 2 stellt den base case mit einem Bedarf 2030 von rund **194.648 t Li-Inh.** dar.

### 3C-Anwendungen

3C-Anwendungen wie Smartphones, Laptops und Tablets stellten 2020 laut Cru (2022) nur noch knapp 7,7 % der Nachfrage für wiederaufladbare Batterien dar (5.966 t Li-Inh.). Dieser Markt wird grundsätzlich als relativ gesättigt angesehen. In den drei DERA-Szenarien für wiederaufladbare Batterien werden 3C-Anwendungen jeweils mit einem CAGR von 5,4 % berücksichtigt. Der Bedarf würde dann im Jahr 2030 bei rund **9.550 t Li-Inh.** liegen (Abb. 23).

### Werkzeuge und E-Roller

In diesen Bereich gehören Anwendungen wie elektrische Werkzeuge, Gartengeräte und elektrische Zweiräder und Trikes und Drohnen. Viele dieser Bereiche wurden bisher hauptsächlich durch NiCd- und NiMH-Batterien gespeist. Lithium-Ionen-Batterien ersetzen diese älteren Techno-

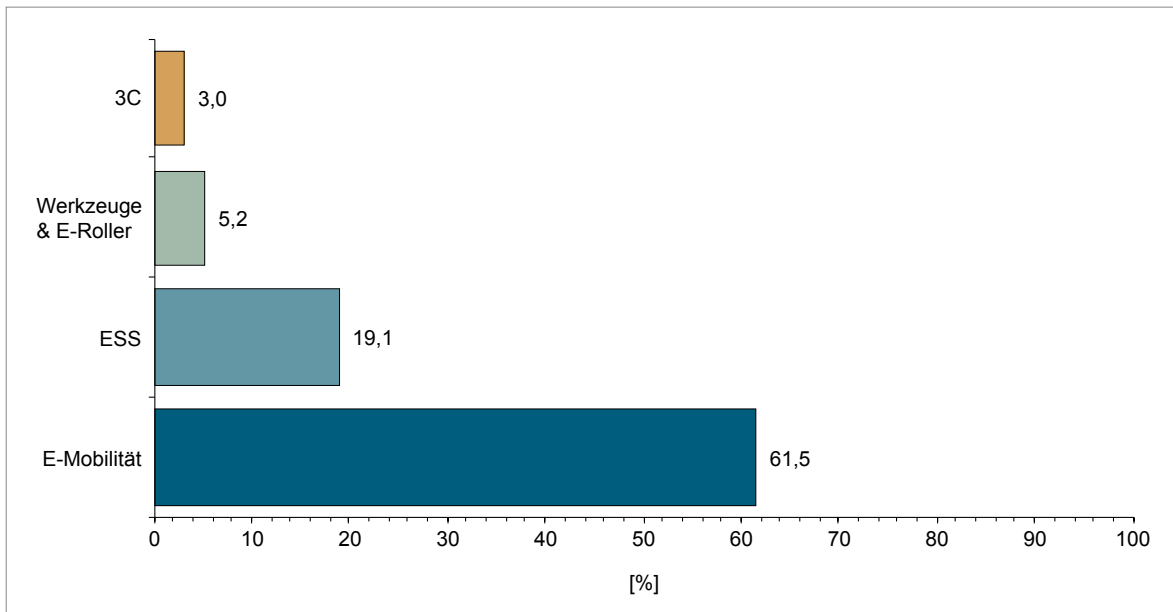
**Tab. 19: Zukünftige durchschnittliche Wachstumsraten pro Jahr für Lithium in LIB für die Elektromobilität entsprechend den Szenarien basierend auf den Shared Socioeconomic Pathways (SSP) 1 und 2 (Datenquelle: MARSCHIEDER-WEIDEMANN et al. 2021, BGR 2022, freundl. Genehmigung FRAUNHOFER IZM 2021)**

| LIB-Nachfrageszenario    | CAGR (%)<br>2020–2030 | Lithium-Nachfrage<br>2020 (t Li-Inh.) | Lithium-Nachfrage<br>2030 (t Li-Inh.) |
|--------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Szenario 1 <sup>1)</sup> | 30,8                  | 20.747                                | 305.062                               |
| Szenario 2 <sup>2)</sup> | 26,7                  | 18.260                                | <b>194.648</b>                        |
| Szenario 3 <sup>3)</sup> | 37,4                  | 18.260                                | 437.121                               |

<sup>1)</sup> Bedarf E-Mobilität = 3140,5 GWh

<sup>2)</sup> Bedarf E-Mobilität = 2004,2 GWh (base case)

<sup>3)</sup> Bedarf E-Mobilität = 4.500 GWh (DERA)



**Abb. 23: Prognostizierte Nachfrage nach Lithium im gesamten Bereich der wiederaufladbaren Batterien im Jahr 2030 (Szenario 2, base case), (Datenquelle: DERA 2022, CRU 2022)**

logien aber zunehmend. Aus diesem Grund wird dieser Anwendungsbereich auch in einem größeren Maß wachsen als bspw. 3C-Anwendungen. Im Jahr 2020 lag die Nachfrage mit etwa 2.155 t Li-Inh. bei rund 2,9 % des Gesamtbedarfs wiederaufladbarer Batterien (CRU 2022). In den drei DERA-Szenarien für wiederaufladbare Batterien werden diese Anwendungsbereiche kumuliert mit einem CAGR von 22,6 % berücksichtigt. Der Bedarf würde dann 2030 bei rund **16.500 t Li-Inh.** liegen (Abb. 23). Alleine die Bereiche Drohnen und elektrische Zweiräder sind hier die maßgeblichen Wachstumstreiber.

#### Speicherung regenerativer Energien (ESS)

Im Bereich der stationären Stromspeicherung stehen Lithium-Ionen-Batterien einer breit gefächerten Konkurrenz gegenüber, jedoch gewinnt deren Nutzung zunehmend an Bedeutung. Dies geschieht auch vor dem Hintergrund der Energiewende. Grundsätzlich wird dieser Bereich als derjenige angesehen, der potenziell die höchsten jährlichen Wachstumsraten aufweist. Laut CRU (2022) lag der Bedarf 2020 bei rund 4.780 t Li-Inh. und somit bei ca. 6,3 % der Gesamtnachfrage. In den drei DERA-Szenarien für wiederaufladbare Batterien wird dieser Anwendungsbereich mit einem CAGR von 29,1 % berücksichtigt. Der Bereich „Residential Energy Storage“ weist mit einem CAGR von 42,3 % das höchste Wachstum

auf. In Summe würde der Bedarf im Jahr 2030 bei rund **60.300 t Li-Inh.** liegen (Abb. 23).

#### Keramik/Glaskeramik/Glas

Für den zusammengefassten Anwendungsbereich Keramik/Glaskeramik/Glas wird von einem geringen Nachfragezuwachs von 3,8 % pro Jahr bis einschließlich 2026 ausgegangen (CRU 2022). Führt man diese Wachstumsraten bis 2030 fort, ergibt sich ein Bedarf von ca. **17.600 t Li-Inh.** Der Anteil dieser Industrie am Gesamtbedarf würde dann bei rund 5,6 % liegen. Im Jahr 2015 lag der Anteil kumuliert noch bei rund 31 % (SCHMIDT 2017).

#### Sonstige Anwendungsgebiete

In diesen Bereich fallen Schmierstoffe, metallische Pulver, Li-Polymere, Luftreinigung, Primärbatterien (z. B. Knopfzellen) und die Aluminiumherstellung. Diese Bereiche machten zusammengefasst etwa 16,7 % (12.411 t Li-Inh.) der Gesamtnachfrage nach Lithium im Jahr 2020 aus (CRU 2022). Im Jahr 2015 lag der Anteil sonstiger Anwendungen kumuliert noch bei rund 31 % (SCHMIDT 2017). Für das Jahr 2030 wird von einem Bedarf dieser Bereiche von rund **17.660 t Li-Inh.** ausgegangen

(Szenario 2, base case). Dies würde einem jährlichen Zuwachs von etwa 2,6 % entsprechen. Grundlage dieser Annahmen sind die von CRU (2022) für den Zeitraum 2021–2026 verwendeten CAGR-Daten dieser einzelnen Anwendungsbereiche. Der Anteil am Gesamtbedarf läge dann bei knapp 5,6 %. Die geringste Zuwachsrate liegt im Bereich metallische Pulver. Die höchste Zuwachsrate wäre bei Polymeren zu verzeichnen.

### 2.6.5.2 Fokus Europa (Nachfrage)

Im Jahr 2020 wurde die Nachfrage in Europa durch industrielle Anwendungen (außer Batterien) dominiert. Laut CRU (2022) entfielen etwa 2/3 der Nachfrage auf diesen Bereich (3.400 t Li-Inh.). Batterien machten nur etwa 1/3 der Nachfrage aus (ca. 1.200 t Li-Inh.).

Insgesamt war die Nachfrage in Europa, im Vergleich zum Rest der Welt, gering (6 %). Für den Bereich der industriellen Anwendungen wird bis 2030 eine jährliche Wachstumsrate von 2,5 % angenommen. Der Bedarf würde entsprechend auf ca. 4.150 t Li-Inh. steigen.

Der Batteriesektor wird aufgrund der für Europa angekündigten Zelfertigungskapazitäten in Zukunft die Nachfrage bestimmen. Nach aktuellem Stand liegen diese Ankündigungen in Summe bei ca. 1.310 GWh. (PEM MOTION 2022). Allein für Deutschland werden Fertigungskapazitäten von rund 476 GWh aufgeführt. Die geplante Fertigung in Bitterfeld/Wolfen der Firma Farasis wurde jedoch bereits verworfen (MZ 2022). Die geplanten Kapazitäten in Deutschland reduzieren sich somit auf 460 GWh und entsprechen etwa 35 %

der für Gesamteuropa angekündigten Kapazitäten (PEM MOTION 2022).

Aus den angekündigten Zelfertigungskapazitäten lassen sich die in Tab. 20 aufgeführten theoretischen Bedarfe für Batterien für das Jahr 2030 ableiten. Für den Bereich Batterien wird eine Nachfrage in Europa von 72.850 t Li-Inh. (1.000 GWh bei 75 % Auslastung) verwendet. Die Gesamtnachfrage in Europa wird entsprechend mit ca. 77.000 t Li-Inh. berücksichtigt. Diese Nachfrage entspricht in etwa der globalen Lithiumförderung aus dem Jahr 2020.

### 2.6.6 Zukünftige Marktdeckung

Neben zwei globalen Angebotszenarien werden, aufgrund der wachsenden Bedeutung, zwei zusätzliche Angebotsszenarien für Europa diskutiert.

#### Angebotsszenario 1 (global, konservativ)

Diesem Szenario liegen die folgenden Angebotsparameter zugrunde:

- Das Angebot aus dem Sekundärsektor wird bis 2030 nur eine geringe Rolle spielen. Im Jahr 2030 könnten ca. 9.040 t Li-Inh. zur Verfügung stehen (DERA-Recyclingszenario 2 (25 %), Tab. 16).
- Die globale Bergwerksförderung von Lithium fällt nicht unter die Mengen aus dem Jahr 2020.
- Nur Betriebserweiterungen mit angekündigtem Produktionsstart, Bergwerke mit angekündigter Wiederaufnahme sowie Bergwerksprojekte im Bau werden berücksichtigt.

**Tab. 20: Nachfrageprognose für Europa im Jahr 2030**  
(Datenquelle: CRU 2022, DERA 2022, FRAUNHOFER 2021)

| Europa             | Nachfrage 2020<br>(≈ t Li-Inh.) <sup>1)</sup> | Nachfrage 2030<br>(≈ t Li-Inh.) | Nachfrage 2030<br>(≈ t Li-Inh.) |
|--------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Übrige Anwendungen | ~ 3.400                                       | ~ 4.150                         | ~ 4.150                         |
| Batterien          | ~ 1.200                                       | ~ 127.170 <sup>2, 4)</sup>      | ~ 72.850 <sup>3, 4)</sup>       |
| <b>Summe</b>       | <b>~ 4.600</b>                                | <b>~ 131.325</b>                | <b>~ 77.000<sup>3, 4)</sup></b> |

<sup>1)</sup> CRU 2022

<sup>2)</sup> 100 % Umsetzung der Projekte bei 100 % Auslastung (1.310 GWh)

<sup>3)</sup> Projektsumme auf 1.000 GWh reduziert bei 75 % Auslastung

<sup>4)</sup> Basisdaten DERA 2021

- Geplante Erweiterungen von Bergwerken im Bau werden nicht berücksichtigt.
- Die Bergwerke Bald Hill (C&M) und Whabouchi (C&M) werden in Szenario 1 nicht berücksichtigt.
- Die von Talison Lithium für das Bergwerk Greenbushes angekündigten Betriebserweiterungen um 22.260 t Li-Inh. (TRP, CGP3) werden planmäßig umgesetzt. CGP4 wird aufgrund fehlender Zeitplanung nicht berücksichtigt.
- Die geplanten Erweiterungen des Unternehmens Albemarle in Chile (La Negra 3/4) und den USA (Silver Peak) werden planmäßig umgesetzt.
- Die von SQM geplanten Erweiterungen in Chile (Weiterverarbeitung La Carmen) werden planmäßig umgesetzt.
- Die von Mineral Resources geplante Produktionssteigerung von Mt.Marion wird mit 10 % angenommen und umgesetzt.
- Die von Mineral Resources ab 2022 geplante Produktionskapazität von Wodgina (Train 1) wird berücksichtigt. Erweiterungen der Produktionskapazität (Train 2, 3) werden nicht berücksichtigt.
- Die von Allkem geplanten Erweiterungen in Argentinien (Salar de Olaroz) werden planmäßig umgesetzt.
- Die von Livent bis 2030 geplanten stufenweisen Erweiterungen in Argentinien (Salar de Olaroz) werden in diesem Szenario mit 9.396 t Li-Inh. im Jahr 2030 berücksichtigt (Stage 1-3). Stage 4 wird nicht berücksichtigt.
- Die von Pilbara Minerals geplante Optimierung der Pilgan-Anlage sowie die Produktionswiederaufnahme der Ngungaja-Anlage werden planmäßig umgesetzt. Dies erhöht die Kapazität um 6.390 t Li-Inh. Die Erweiterungen P680 und P1.000 werden nicht berücksichtigt.
- AMG Mining wird seine geplante Erweiterung und Produktion von Spodumen-Konzentraten in Mibra wie geplant umsetzen (1.100 t Li-Inh.).
- Diese neun Erweiterungen/Wiederaufnahmen werden 2030 in Summe mit **100 %** Auslastung berücksichtigt.
- Für chinesische Projekterweiterungen/ Projekte wird aufgrund einer lückenhaften Datenbasis zusammengefasst für das Jahr 2030 von einer Produktionsmenge von rund 70.000 t LCE (13.150 t Li-Inh.) zusätzlich ausgegangen (100 % gegenüber 2020).

Für das Jahr 2030 ergibt sich in diesem Szenario gegenüber dem Jahr 2020 ein zusätzliches geschätztes Lithiumangebot von rd. 126.730 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung (Tab. 15 und Tab. 16). Dem Markt stünden somit insgesamt rd. 208.850 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung zur Verfügung. Inklusive dem Sekundärsektor würde sich das Gesamtangebot auf ca. 217.890 t Li-Inh. summieren (Tab. 21). Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von 10,3 %.

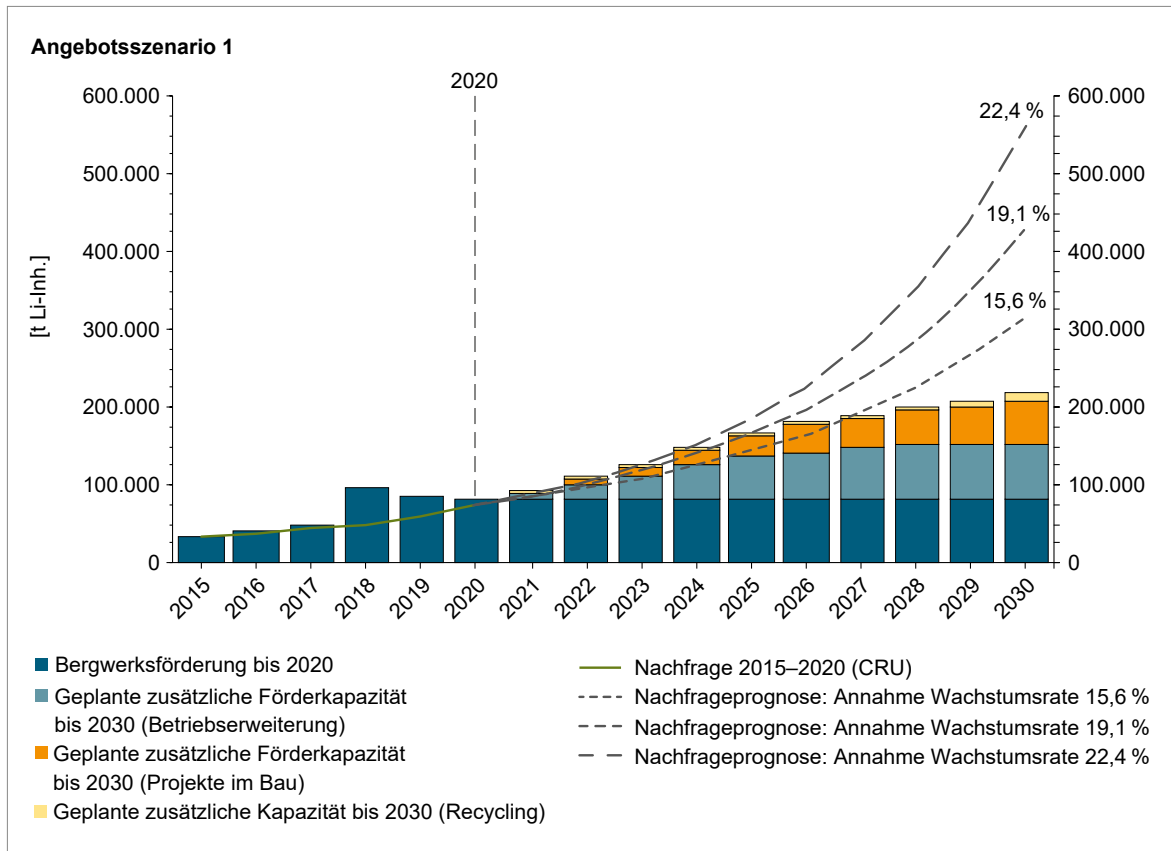
Zwischen 2020 und 2030 wird von einem durchschnittlichen Nachfragewachstum von 15,6 bis 22,4 % jährlich ausgegangen (Tab. 22). Der Bedarf würde demnach im Jahr 2030 bei ca. 316.300–558.800 t Li-Inh. liegen. Die sich daraus ergebenden Angebotsdefizite sind in Tab. 21 dargestellt. Diese drei Szenarien wären als äußerst bedenklich zu bewerten und werden als wenig realistisch angesehen. Die maximal mögliche Nachfragesteigerung, bei welcher der Markt aufgrund der Angebotsentwicklung in Szenario 1 bis 2030 noch ausgeglichen wäre, liegt bei ca. 11,4 %.

**Tab. 21: Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotsszenario 1 (konservativ)**

| Szenario | CAGR 2020–2030 (%) | Angebot 2030 (t Li-Inh.) | Nachfrage 2030 (t Li-Inh.) | Marktdeckung (t Li-Inh.) <sup>1)</sup> | Marktdeckung (%) <sup>1)</sup> |
|----------|--------------------|--------------------------|----------------------------|--|--------------------------------|
| 1        | 19,1               | 217.890                  | 426,700                    | <b>–208.832</b>                        | <b>–95,8</b>                   |
| 2        | 15,6               |                          | 316.300                    | <b>–98.418</b>                         | <b>–45,2</b>                   |
| 3        | 22,4               |                          | 558.800                    | <b>–340.891</b>                        | <b>–156,5</b>                  |

<sup>1)</sup> Geringe Abweichung durch Rundung möglich





**Abb. 24: Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2030 (Angebotsszenario 1, konservativ), (Datenquelle: BGR 2022, CRU 2022)**

#### Angebotsszenario 2 (global, optimistisch)

Diesem Szenario liegen die folgenden Angebotsparameter zugrunde:

- Das Angebot aus dem Sekundärsektor wird bis 2030 auch hier im Verhältnis nur eine geringe Rolle spielen. Im Jahr 2030 könnten ca. 27.120 t Li-Inh. zur Verfügung stehen (DERA-Recyclingszenario 2 (75 %), Tab. 16).
- Die globale Bergwerksförderung von Lithium fällt nicht unter die Mengen aus dem Jahr 2020.
- Betriebserweiterungen, -wiederaufnahme, Bergwerksprojekte im Bau sowie Projekte mit Status (PFS/DFS) werden berücksichtigt.
- Die Bergwerke Bald Hill (C/M) und Whabouchi (C/M) werden in Szenario 2 berücksichtigt.
- Die von Talison Lithium angekündigten Betriebserweiterungen (TRP, CGP3) werden planmäßig umgesetzt. CGP4 wird aufgrund fehlender Zeitplanung ab 2028 mit reduzierter Gesamtkapazität im Jahr 2030 berücksichtigt.
- Die geplante Erweiterung des Unternehmens Albemarle in Chile (La Negra 3/4) und den USA wird planmäßig umgesetzt.
- Die von SQM geplanten Erweiterungen in Chile (La Carmen) werden planmäßig umgesetzt.
- Die von Mineral Resources geplante Produktionssteigerung von Mt. Marion wird mit 15 % angenommen und umgesetzt.
- Die von Mineral Resources ab 2022 geplante Produktionskapazität von Wodgina (Train 1) wird berücksichtigt. Erweiterungen der Produktionskapazität (Train 2, 3) werden aufgrund fehlender Zeitplanung ab 2028 mit reduzierter Gesamtkapazität im Jahr 2030 berücksichtigt.
- Die von Allkem geplanten Erweiterungen in Argentinien (Olaroz) werden planmäßig umgesetzt.
- Die von Livent bis 2030 geplanten stufenweisen Erweiterungen in Argentinien (Olaroz) werden in diesem Szenario berücksichtigt.

- (Stage 1-3). Stage 4 wird ab 2029 mit reduzierter Kapazität im Jahr 2030 berücksichtigt.
- Die von Pilbara Minerals geplante Optimierung der Pilgan-Anlage sowie die Produktionsaufnahme der Ngungaja-Anlage werden planmäßig umgesetzt. Die Erweiterungen P680 und P1.000 werden ab 2028/2029 mit reduzierter Kapazität im Jahr 2030 berücksichtigt.
  - AMG Mining wird seine geplante Erweiterung und Produktion von Spodumen-Konzentraten in Mibra wie geplant umsetzen (1.100 t Li-Inh.).
  - Darüber hinaus werden die folgenden fortgeschrittenen Explorationsprojekte im Stadium PFS/DFS, teilweise mit reduzierter Gesamtproduktionskapazität im Jahr 2030, in diesem Szenario berücksichtigt: 3Q (Neo Lithium), Kachi (Lake Resources), Pastos Grandes (Millennial Lithium), Kathleen Valley (Liontown), Maricunga (Lithium Power), Oberrheingraben (Vulcan Energie), Zinnwald (Zinnwald Lithium), Wolfsberg (European Lithium), Keliber (Keliber Oy), NAL/Authier (Sayona/Piedmont), James Bay (Allkem), Rose Tantalum (Critical Elements), Georgia Lake (Rocktech Lithium), Sonora (Bacanora), Jadar (Rio Tinto), Mina de Barroso (Savannah Resources), St. Jose (Infinity Lithium), Karibib (Lepidico), Arcadia (Prospect Resources), Manono (AVZ Minerals), Goulamine (Mali Lithium), Cinovec (European Metals), Ryalite Ridge (Ioneer), Carolina (Piedmont Lithium), Thacker Pass (Lithium Americas), Smackover (Standard Lithium), Hells Kitchen (CTR).
  - Erweiterungen/Wiederaufnahmen (analog Szenario 1) werden 2030 in Summe mit **100 %** Auslastung berücksichtigt.
  - Die hier aufgeführten Projekte (PFS/DFS) werden bis 2030 in Summe mit **70 %** Auslastung der individuell angenommenen Gesamtkapazitäten berücksichtigt.

- Für chinesische Projekterweiterungen/ Projekte wird aufgrund einer lückenhaften Datenbasis zusammengefasst für das Jahr 2030 von einer Produktionsmenge von rund 70.000 t LCE (13.150 t Li-Inh.) zusätzlich ausgegangen (100 % gegenüber 2020).
- Mögliche Potenziale in Bolivien bleiben in diesem Szenario bis 2030 unberücksichtigt.

Für das Jahr 2030 ergibt sich in diesem Szenario gegenüber dem Jahr 2020 ein zusätzliches geschätztes Lithiumangebot von rd. 248.446 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung. Dem Markt stünden somit insgesamt rd. 330.563 t Li-Inh. aus der Bergwerksförderung zur Verfügung. Inklusive dem Sekundärsektor wären es ca. 357680 t Li-Inh. Dies entspricht einer durchschnittlichen jährlichen Steigerungsrate (CAGR) von 15,8 %.

Zwischen den Jahren 2020 und 2030 wird von einem durchschnittlichen Nachfragewachstum von 15,6 bis 22,4 % jährlich ausgegangen. Der Bedarf würde demnach im Jahr 2030 bei ca. 316.300–558.800 t Li-Inh. liegen. Für die drei unterschiedlichen Nachfrageszenarien in Tab. 22 ergibt sich für Szenario 1 und Szenario 3 ein deutliches Angebotsdefizit mit einer negativen Marktdeckung von –19,6 % bzw. –56,6 %. Die Marktsituation wäre in diesem Falle als äußerst bedenklich zu bewerten. Lediglich für Szenario 2 ergibt sich ein Angebotsüberschuss von 40.527 t Li-Inh.

Die maximal mögliche Nachfragesteigerung, bei welcher der Markt aufgrund der Angebotsentwicklung in Szenario 2 bis 2030 noch ausgeglichen wäre, liegt bei ca. 17 %.

**Tab. 22: Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Nachfrageszenarien und Angebotsszenario 2 (optimistisch)**

| Szenario | CAGR 2020–2030 (%) | Angebot 2030 (t Li-Inh.) | Nachfrage 2030 (t Li-Inh.) | Marktdeckung (t Li-Inh.) <sup>1)</sup> | Marktdeckung (%) <sup>1)</sup> |
|----------|--------------------|--------------------------|----------------------------|--|--------------------------------|
| 1        | 19,1               | 357.680                  | 426,700                    | <b>-69.041</b>                         | <b>-19,3</b>                   |
| 2        | 15,6               |                          | 316.300                    | <b>41.373</b>                          | <b>11,6</b>                    |
| 3        | 22,4               |                          | 558.800                    | <b>-201.100</b>                        | <b>-56,2</b>                   |

<sup>1)</sup> Geringe Abweichung durch Rundung möglich

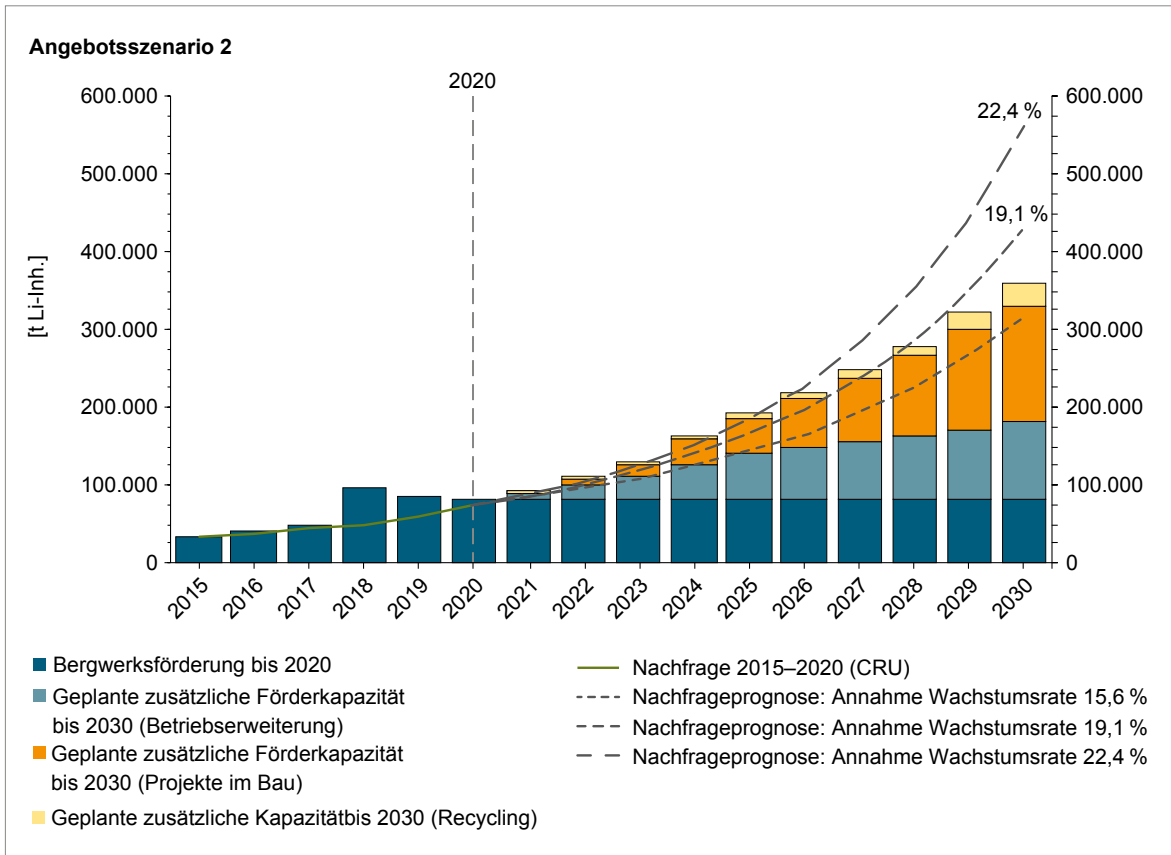


Abb. 25: Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage von Lithium bis 2030 (Angebotszenario 2), (Datenquelle: BGR 2022, CRU 2022)

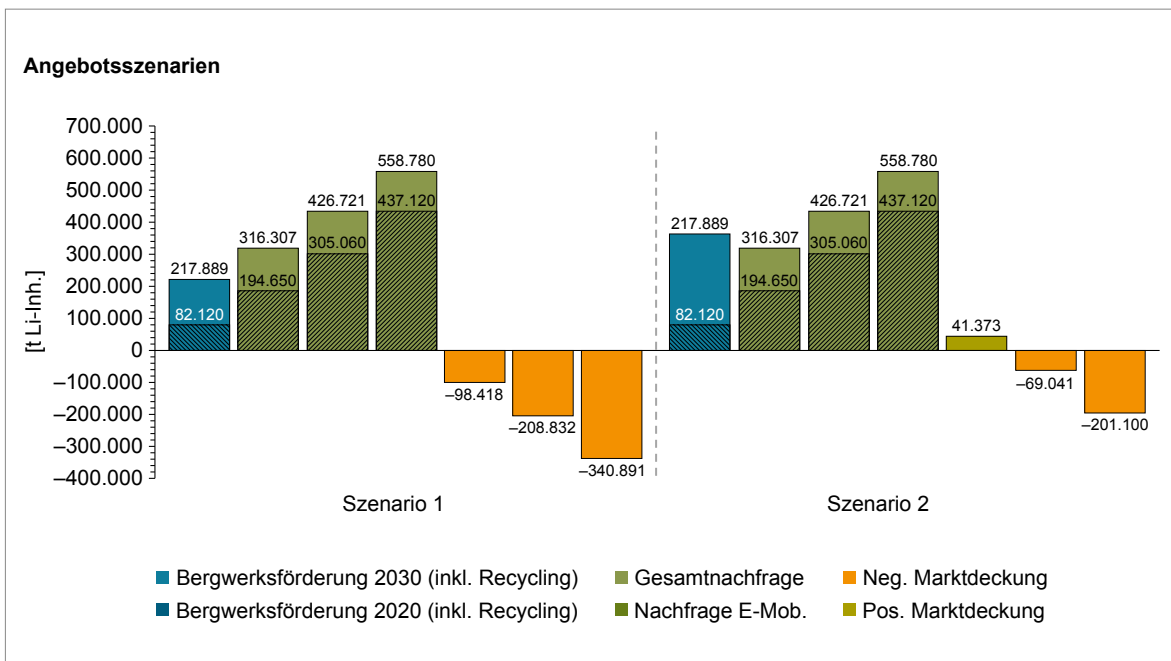


Abb. 26: Vergleich der Entwicklungsszenarien von Angebot und Nachfrage und Marktdeckung (Datenquelle: BGR 2022, CRU 2022)

### Angebotsszenario Europa (optimistisch)

Bei diesem Szenario liegt der Fokus auf einer potenziellen Eigenversorgung Europas. Diesem Szenario liegen die folgenden Angebotsparameter zugrunde:

- **Das Szenario berücksichtigt ausschließlich europäische Projekte (Eigenversorgung).**
- Die Parameter der Projektumsetzungen entsprechen denen des globalen Angebotsszenarios 2 (70 % der individuell angenommenen Kapazitäten).
- Es werden nur Projekte im PFS/DFS-Stadium (abgeschlossen/laufend) berücksichtigt.
- Es werden ausschließlich Primärprojekte und keine Raffineriekapazitäten basierend auf Rohstoffimporten betrachtet.
- Reine Weiterverarbeitungskapazitäten, basierend auf Importen von Vorprodukten, werden nicht betrachtet.
- Das Angebot aus dem Recycling wird entsprechend (Tab. 17) berücksichtigt.

Für das Jahr 2030 ergibt sich in diesem Szenario ein geschätztes Lithiumangebot von rd. 18.542 t Li-Inh. aus der europäischen Bergwerksförderung. Aus dem Recycling würden je nach Recyclingquote weitere 2.570–7.710 t Li-Inh. zur Verfügung stehen. Dem Markt stünden somit insgesamt rd. 21.112–26.252 t Li-Inh. aus europäischen Quellen zur Verfügung.

Zwischen 2020 und 2030 wird von einem durchschnittlichen Nachfragezuwachs nach Lithium von 32,5 % jährlich in Europa ausgegangen (1.000 GWh bei 75 % Auslastung). Der Bedarf würde demnach im Jahr 2030 bei ca. 77.000 t Li-Inh. liegen. Etwa 72.850 t Li-Inh. entfallen auf Lithium-Ionen-Batterien.

Für die beiden Angebotsszenarien für Europa in Tab. 23 ergibt sich in beiden Fällen ein deutliches Angebotsdefizit mit einer negativen Marktdeckung. In beiden Fällen wäre die Marktsituation als äußerst bedenklich zu bewerten, da diese Angebotsdefizite über Importe gedeckt werden müssten.

Die maximal mögliche Nachfragesteigerung, bei welcher der Markt aufgrund der Angebotsentwicklung in Szenario 1 bis 2030 noch ausgeglichen wäre, liegt bei ca. 16,5 %. Im Falle von Szenario 2 steigt dieser Wert nur unerheblich auf ca. 19 %. Für den Gesamtbereich Lithium-Ionen-Batterien allein würden theoretisch, abzüglich übriger Nachfragebereiche, ca. 16.962 t Li-Inh. (Szenario 1) bzw. 22.100 t Li-Inh. (Szenario 1) zur Verfügung stehen.

Diese innereuropäischen Angebotsmengen wären somit lediglich ausreichend für eine Zellfertigungskapazität von 170–230 GWh. Die Eigenversorgung Europas könnte bei diesen Angebotsmengen und diesem Nachfrageszenario im Jahr 2030 bei 27–34 % liegen. Der überwiegende Teil des benötigten Lithiums müsste importiert werden.

Die hier für Europa getroffenen Annahmen berücksichtigen nicht, dass viele der angekündigten Zellfertigungskapazitäten in Europa asiatischen Unternehmen gehören, die ihrerseits bereits Zugriff auf Lithium bzw. dessen Zwischenprodukte haben. Unberücksichtigt bleiben darüber hinaus angekündigte Weiterverarbeitungskapazitäten, die auf Rohstoffimporten beruhen.

**Tab. 23: Marktdeckung 2030 unter Verwendung unterschiedlicher Angebotsszenarien für Europa**

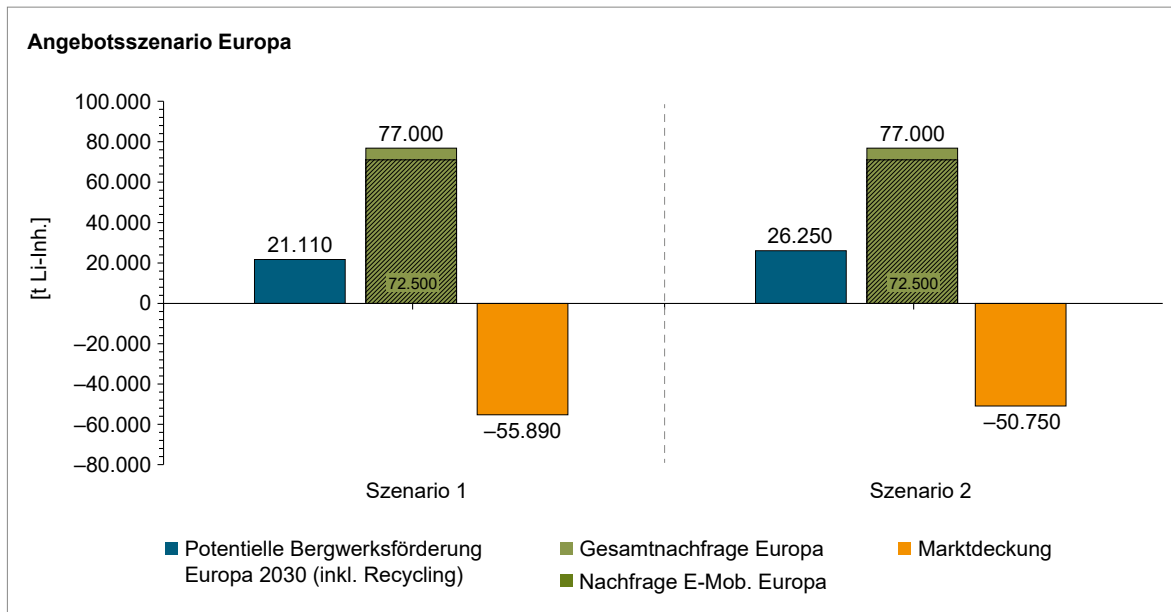
| Szenario        | Angebot 2030<br>(t Li-Inh.) | Nachfrage 2030<br>(t Li-Inh.) | Marktdeckung<br>(t Li-Inh.) <sup>1)</sup> | Marktdeckung<br>(%) <sup>1)</sup> |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 <sup>2)</sup> | 21.110                      | 77.000 <sup>4)</sup>          | -55.890                                   | -265                              |
| 2 <sup>3)</sup> | 26.250                      |                               | -50.750                                   | -193                              |

<sup>1)</sup> Gerundet

<sup>2)</sup> Beinhaltet Recycling mit einer Recyclingquote von 25 %

<sup>3)</sup> Beinhaltet Recycling mit einer Recyclingquote von 75 %

<sup>4)</sup> Basiert auf einer europäischen Zellfertigungskapazität von 1.000 GWh bei 75 % Auslastung



**Abb. 27: Angebots- und Nachfrageszenario Europa 2030 (Datenquelle: BGR 2022, CRU 2022)**

### 2.6.6.1 Geopolitisches Risiko des zukünftigen Angebots

Legt man das globale Angebotsszenario 1 zugrunde, verändert sich die Länderkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium im Jahr 2030 nur geringfügig gegenüber dem Bezugsjahr 2020. Der HHI würde von 3.338 im Jahr 2020 auf 2.795 im Jahr 2030 sinken.

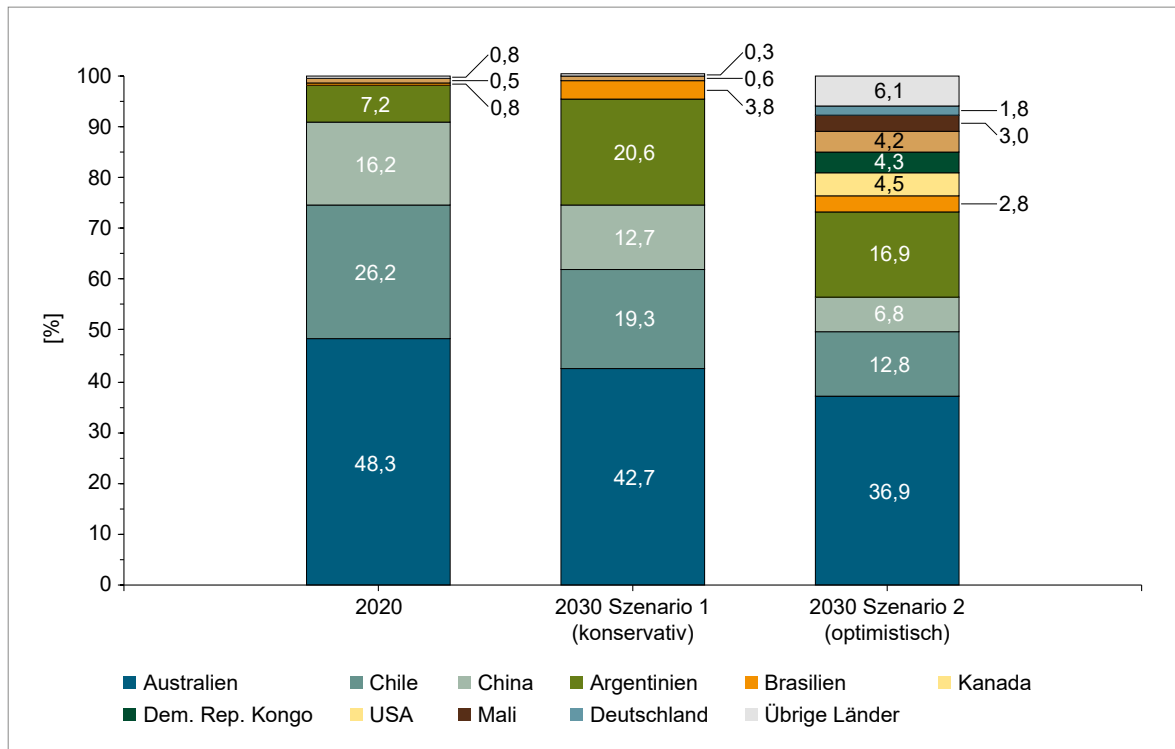
Der Anteil Australiens am weltweiten Angebot läge dann bei rund 42,7 % (2020 = 48,3 %). Der Anteil Chiles würde von 26,2 % (2020) auf 19,3 % fallen. Im Gegenzug würde der Anteil Argentiniens von 7,2 % (2020) auf knapp 20,6 % im Jahr 2030 zunehmen. Der Anteil Chinas würde von 16,2 % (2020) auf etwa 12,7 % sinken. Gerade der Anteil Chinas an der Primärförderung ist aufgrund lückenhafter Informationen schwer abzuschätzen. Der Anteil Kanadas würde von null auf etwa 8,3 % ansteigen. Auf die drei größten Förder- bzw. Produzentenländer würden im Jahr 2030 etwa 82,6 % entfallen (Abb. 28).

Das gewichtete Länderrisiko, berechnet mit den Weltbankindikatoren von 2020, würde im Jahr 2030 mit einem Wert von 0,74 niedriger als 2020 und somit im unbedenklichen Bereich liegen.

Entwickelt sich das Angebot wie in Angebots-szenario 2 dargestellt, so verändert sich die Länderkonzentration der Bergwerksförderung von Lithium im Jahr 2030 deutlich. Der HHI würde von 3.338 im Jahr 2020 aufgrund eines viel breiteren Angebots auf Länderbasis auf 1.945 im Jahr 2030 sinken.

Der Anteil Australiens am weltweiten Angebot läge in diesem Szenario bei 37 % (2020 = 48,3 %). Der Anteil Chiles würde von 26,2 % (2020) auf 12,8 % (2030) fallen. Ursache hierfür ist die geringe Anzahl an Projekten im Land aufgrund der Planungsunsicherheiten der Lithiumindustrie. Im Gegenzug würde der Anteil Argentiniens von 7,2 % (2020) auf ca. 16,9 % steigen. Der Anteil Chinas läge 2030 bei rund 6,8 %. Kanada würde seinen Anteil von null auf etwa 4,3 % im Jahr 2030 ausbauen. Als wichtige neue Lieferländer würden Mali (3 %) und die DR Kongo (4,1 %) in den Markt eintreten. Auch der Anteil der USA könnte von 0,5 % (2020) auf ca. 4 % im Jahr 2030 steigen (Abb. 28).

Das gewichtete Länderrisiko, berechnet mit den Weltbankindikatoren von 2020, würde im Jahr 2030 mit einem Wert von 0,69 im unbedenklichen Bereich liegen.



**Abb. 28: Veränderung der Länderkonzentration der Bergwerksförderung bis 2030**  
(Datenquelle: CRU 2022, DERA 2022)

### 3 Literaturverzeichnis

ALBEMARLE (2017): Albemarle receives final approval to expand lithium operations in Chile. – News Release. – URL: <https://www.albemarle.com/news/albemarle-receives-final-approval-to-expand-lithium-operations-in-chile> [Stand: 01.01.2017].

ALBEMARLE (2020): 2020 Sustainability Report. – URL: <https://www.albemarle.com/sustainability/sustainability-reports-> [Stand: 2021].

ALBEMARLE (2021): 2021 Sustainability Report. – People. Drive. Sustainability. – URL: <https://www.albemarle.com/sustainability/sustainability-reports-> [Stand: 2021].

ALLKEM (2022): News. – URL: <https://www.allkem.co/news/unveiling-of-new-brand-and-company-name#> [Stand: 08/2022].

ALLKEM (2022): Bell Potter Unearthed. – Corporate Presentation. – URL: <https://www.listcorp.com/asx/ake/allkem-limited/news/bell-potter-unearthed-corporate-presentation-2666719.html> [Stand: 02/2022].

AMG LITHIUM – ADVANCED METALLURGICAL GROUP N.V. (2022): The AMG Lithium Hub. – Firmenpräsentation. – URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/vortrag-lithium-amg-22.pdf;jsessionid=E7A03227E915FAFD7612A79852368B3F.2\\_cid292?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/vortrag-lithium-amg-22.pdf;jsessionid=E7A03227E915FAFD7612A79852368B3F.2_cid292?__blob=publicationFile&v=2) [Stand: 23.06.2022].

AMG LITHIUM – ADVANCED METALLURGICAL GROUP N.V. (01/2022): Enabling The Circular Economy. – Corporate Presentation. – URL: [https://amg-nv.com/wp-content/uploads/2022-01-11\\_AMG-Lithium-Investor-Day-Presentation-Final.pdf](https://amg-nv.com/wp-content/uploads/2022-01-11_AMG-Lithium-Investor-Day-Presentation-Final.pdf) [Stand: 01/2022].

ANSES – AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL (2020): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.anses.fr/fr/content/l%E2%80%99anses-propose-de-classer-trois-sels-de-lithium-jug%C3%A9s-toxiques-pour-la-fertilit%C3%A9-et-le> [Stand: 08/2020].

ARGOSY MINERALS (2021): Corporate Presentation. – URL: <https://www.argosyminerals.com.au/presentations> [Stand: 10/2021].

AUSTRALIAN FINANCIAL REVIEW (2022): News. – URL: <https://www.afr.com/companies/mining/fresh-firb-bid-for-bald-hill-lithium-mine-20220530-p5aprl> [Stand: 06/2022].

AUSTRALIAN MINING (2022): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.australianmining.com.au/news/altura-shows-plenty-of-promise-for-pilbara/> [Stand: 04/2022].

AVZ MINERALS (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://avzminerals.com.au/investor-centre> [Stand: 11/2021].

BACANORA MINERALS (2022): Corporate Presentation. – URL: [https://bacanoralithium.com/investors/documents/company\\_presentations](https://bacanoralithium.com/investors/documents/company_presentations) [Stand: 05/2022].

BENCHMARK MINERALS (05/2022): News. – URL: <https://source.benchmarkminerals.com/article/analysis-lithium-industry-needs-42-billion-to-meet-2030-demand/> [Stand: 05/2022].

BENCHMARK MINERALS (02/2022): VDE/VDI Battery Live Talk: How can access to battery materials be secured. – URL: <https://www.ipcei-batteries.eu/accompanying-research/events/live-talk> [Stand: 03/2022].

BENCHMARK MINERALS (03/2022): Lithium Ion Battery Gigafactory Assessment. – URL: <https://www.benchmarkminerals.com/gigafactories/> [Stand: 03/2022].

BGR – BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (2022): Fachinformationssystem Rohstoffe. – unveröff.; Hannover. [Stand: 2022].

BGS – BRITISH GEOLOGICAL SURVEY (2016): Lithium: Definitions, mineralogy and deposits. – URL: [https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/mineralProfiles/lithium\\_profile.pdf](https://www2.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/mineralProfiles/lithium_profile.pdf) [Stand: 06/2016].

- BUNDESVERBAND GEOTHERMIE (2022): Lexikon der Geothermie – Übersicht. – URL: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/li-fluids-forschungsvorhaben.html> [Stand: 11/2022].
- CME GROUP (2022): Firmeninformation. – URL: <https://www.cmegroup.com/markets/metals/battery-metals/lithium-hydroxide-cif-cjk-fastmarkets.html?redirect=/trading/metals/other/lithium-futures.html> [Stand: 06/2022].
- COMPAÑÍA CHILENA DE COMUNICACIONES S.A. (2022): Nachrichtenartikel. – URL: News (Cooperativa Regiones). – <https://www.cooperativa.cl/noticias/economia/materias-primas/litio/corte-suprema-dejo-sin-efecto-licitacion-del-litio-hecha-por-el-gobierno/2022-06-02/083445.html>
- CORE LITHIUM (2021): Construction Started Australia's Newest Lithium Producer. – Corporate Presentation. – URL: <https://corelithium.com.au/presentations> [Stand: 11/2021].
- CORFO – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (2017a): Lithium Call. – Präsentation Lithium Roadshow Frankfurt, 18.05.2017, Frankfurt am Main, Deutschland [Stand: 18.05.2017].
- CORFO – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (2017b): Locations & Real Estate Alternatives In Northern Chile. – Präsentation Lithium Roadshow Frankfurt, 18.05.2017, Frankfurt am Main, Deutschland [Stand: 18.05.2017].
- CORFO – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (2019): National And International Call For Specialized Producers of Lithium-Based Products To Invest In Production Capacities In Chile. – Präsentation. – URL: <https://corfo.cl> [Stand: 2019].
- CORFO – CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (2022): Proceso de Selección De Productores Especializados para La Elaboración De Productos De Valor Agregado De Litio En Chile. – URL: [https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/landing\\_litio;jsessionid=W5i8RBN-78wLqSOewL74tRnznwYxHLjMPWyFq6Y-ebQvoSK5pVR\\_!1188297506!NONE](https://www.corfo.cl/sites/cpp/movil/landing_litio;jsessionid=W5i8RBN-78wLqSOewL74tRnznwYxHLjMPWyFq6Y-ebQvoSK5pVR_!1188297506!NONE) [Stand: 2022].
- CRITICAL ELEMENTS (2021): Corporate Presentation. – URL: [https://www.ceccorp.ca/wp-content/uploads/Critical\\_Elements-Investor-Presentation-2022\\_11\\_14.pdf](https://www.ceccorp.ca/wp-content/uploads/Critical_Elements-Investor-Presentation-2022_11_14.pdf) [Stand: 11/2021].
- CRU (2022): Battery Metals Market Outlook. – Kostenpflichtige Online-Datenbank. – URL: <https://auth.crugroup.com/u/login?state=hKFo2SBVMzMyelBsVjk5d0RFQ0dHU-UgwcEExaWlwQ1pTT3BuR6Fur3Vu-aXZlcnNhbc1sb2dpbqN0aWTZIGJxM-0VtcW5LQjdsTjJBTE9taThRaIYzeFRPek5K-Xzh3o2NpZNkgWEJQZkNwdTJUSGV0Tz-VXWFE1Z1BXVThQeERMWTFRLRgk> [Stand: 06/2022].
- CTR – CONTROLLED THERMAL RESOURCES (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://www.cthermal.com/investors> [Stand: 2022].
- DESTATIS – STATISTISCHES BUNDESAMT (2022): Genesis-Online. – Online-Datenbank. – URL: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online> [Stand: 06/2022].
- DROBE, M. (2020): Lithium – Informationen zur Nachhaltigkeit. URL: [https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen\\_Nachhaltigkeit/lithium.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bgr.bund.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Informationen_Nachhaltigkeit/lithium.pdf?__blob=publicationFile&v=4) [Stand: 07/2020].
- ECHA – EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2022a): Substance Infocard (IC). – URL: <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.028.274> [Stand: 06/2022].
- ECHA – EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2022b): Substance Infocard (IC). – URL: <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.028.375> [Stand: 06/2022].
- ECHA – EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2022c): Substance Infocard (IC). – URL: <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.008.239> [Stand: 06/2022].
- ECHA – EUROPEAN CHEMICALS AGENCY (2022d): Substance Infocard (IC). – URL: <https://echa.europa.eu/de/substance-information/-/substanceinfo/100.013.804> [Stand: 06/2022].



- ERAMET (2022): Firmeninformation. – URL: <https://www.eramet.com/en/eramine-world-class-lithium-production-project> [Stand: 2022].
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2020): Presseraum. – „Grüner Deal: Nachhaltige Batterien für eine kreislauforientierte und klimaneutrale Wirtschaft“. – URL: [https://ec.europa.eu/commission/press-corner/detail/de/ip\\_20\\_2312](https://ec.europa.eu/commission/press-corner/detail/de/ip_20_2312) [Stand: 12/2020].
- EUROPEAN LITHIUM (2021): Corporate Presentation. – URL: <https://europeanlithium.com/presentationen-und-factsheet-presentations-factsheet/> [Stand: 02/2022].
- EUROPEAN METALS (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://www.europeanmet.com/presentations/> [Stand: 05/2022].
- FIREFINCH (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://firefinchltd.com/investors/company-presentations/> [Stand: 05/2022].
- GARRET, D. E. (2004): Handbook Of Lithium And Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties. – 467 S.; Oxford (Elsevier B. V.).
- GLACIER MEDIA GROUP (2022): News (Mining.com). – URL: <https://www.mining.com/ganfeng-kicks-off-construction-of-mariana-lithium-project-in-argentina/> [Stand: 06/2022].
- GOB - GOVERNMENT OF CHILE (2022): News. – URL: <https://www.gob.cl/en/news/mining-ministry-notifies-awarding-public-tender-increase-lithium-production/> [Stand: 01/2022].
- GOLDBERG, V., KLUGE, T., NITSCHKE, F. (2022): Herausforderungen und Chancen für die Lithiumgewinnung aus geothermalen Systemen in Deutschland Teil 1: Literaturvergleich bestehender Extraktionstechnologien. – Grundwasser. – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00767-022-00522-5>
- GOLDBERG, V., KLUGE, T., NITSCHKE, F. (2022): Herausforderungen und Chancen für die Lithiumgewinnung aus geothermalen Systemen in Deutschland Teil 2: Potenziale und Produktionsszenarien in Deutschland. – Grundwasser. – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00767-022-00523-4>
- HANDELSBLATT (2022): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.handelsblatt.com/politik/international/batterie-rohstoff-mexiko-gruendet-staatlichen-lithium-konzern/28621652.html#:~:text=Batterie%2DRohstoff%20Mexiko%20gr%C3%BCndet%20staatlichen%20Lithium%2DKonzern&text=Der%20mexikanische%20Pr%C3%A4sident%20stellt%20den%20Lithium%2DAbbau%20unter%20staatliche%20Kontrolle.&text=Mexiko%2DStadt%20Angesicht%20der%20weltweit,und%20Vermarktung%20des%20Leichtmetalls%20gegr%C3%BCndet.> [Stand: 08/2022].
- IHS MARKIT (2022): Kostenpflichtige Online-Datenbank. – URL: <https://ihsmarkit.com/> [Stand: 06/2022].
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2022): Global EV Outlook 2022. – URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022> [STAND: 05/2022].
- IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2021): Global EV Outlook 2021. – URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021> [Stand: 04/2021].
- IGO (2020): Creating A Unique Clean Energy Metals Company. – Firmenpräsentation. – URL: <https://www.igo.com.au/site/PDF/0fa40b04-2e55-4b04-9f05-ec41eb367748/IGOTianqiLithium-JVPresentation> [Stand: 12/2020].
- INFINITY LITHIUM (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://www.infinitylithium.com/presentations/> [Stand: 06/2022].
- IONEER LITHIUM (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://www.ioneer.com/investors/presentations/> [Stand: 02/2022].
- IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (2022): Critical Materials For The Energy Transition: Lithium. – Technical Paper 01/2022. – URL: <https://www.irena.org/Technical-Papers/Critical-Materials-For-The-Energy-Transition-Lithium> [Stand: 01/2022].

ITEL – INSTITUTE FOR TECHNOLOGY AND ECONOMICS OF LITHIUM (2022): Firmeninformation. – URL: <https://www.lithiuminstitut.com/forschung/> [Stand: 05/2022].

KELIBER (2022): Definitive Feasibility Study Report Volume 1 – Executive Summary. – URL: <https://www.keliber.fi/en/sustainability/reports-and-publications/> [Stand: 02/2019].

KELLY, J.C., WANG, M., DAI, Q., WINJOBI, O. (2021): Energy, greenhouse gas, and water life cycle analysis of lithium carbonate and lithium hydroxide monohydrate from brine and ore resources and their use in lithium ion battery cathodes and lithium ion batteries. – Resources, Conservation & Recycling: 174, 12 S., – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921003712> [Stand: 2021].

KRESSE, C., BASTIAN, D., BOOKHAGEN, B., FRENZEL, M. (2022): Lithium-Ionen-Batterierecycling in Deutschland und Europa. – Commodity Tops News 67. – URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity\\_Top\\_News/Rohstoffwirtschaft/67\\_Lithium-Ionen-Batterierecycling.pdf;jsessionid=531AC8B48F8C-45B4747C38D18B5DFBFA.1\\_cid331?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DE/Gemeinsames/Produkte/Downloads/Commodity_Top_News/Rohstoffwirtschaft/67_Lithium-Ionen-Batterierecycling.pdf;jsessionid=531AC8B48F8C-45B4747C38D18B5DFBFA.1_cid331?__blob=publicationFile&v=5) [Stand: 2022].

KRIEGLER, E., O'NEILL, B. C., HALLEGATTE, S., KRAM, T., LEMPERS, R. J., MOSS, R. H. & WILBANKS, T. (2012): The need for and use of socio-economic scenarios for climate change analysis: a new approach based on shared socio-economic pathways. – Global Environmental Change, 22: 807–822.

LAKE RESOURCES (2022): Corporate Presentation. – URL: [https://lakeresources.com.au/wp-content/uploads/2022/04/lke\\_investor-presentation\\_26-apr-22.pdf](https://lakeresources.com.au/wp-content/uploads/2022/04/lke_investor-presentation_26-apr-22.pdf) [Stand: 04/2022].

LEPIDICO (2022): Corporate Presentation. – URL: [https://cdn.lepidico.com/production/LPD\\_220207\\_Corporate\\_Presentation\\_February\\_2022\\_6b4e2bbb09.pdf](https://cdn.lepidico.com/production/LPD_220207_Corporate_Presentation_February_2022_6b4e2bbb09.pdf) [Stand: 02/2022].

LIONTOWN (2021): Corporate Presentation. – URL: [https://assets-global.website-files.com/61669e-a82e17647e6d6f6acb/6245b24b23bc74dcb-cbb2480\\_20211111%20-%20Liontown%20-%20](https://assets-global.website-files.com/61669e-a82e17647e6d6f6acb/6245b24b23bc74dcb-cbb2480_20211111%20-%20Liontown%20-%20)

DFS%20Investor%20Presentation%20Final%20(Web).pdf [Stand: 11/2021]

LITHIUM AMERICAS (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://www.lithiumamericas.com/investors/#presentations> [Stand: 02/2022].

LITHIUM POWER (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://lithiumpowerinternational.com/mari-cunga-chile/> [Stand: 10/2021].

LIVENT (2022): Investor Presentation. – URL: <https://ir.livent.com/financials-and-filings/conference-calls-and-presentations/default.aspx> [Stand: 05/2022].

LI3 ENERGY (2016): Corporate Presentation. – Firmenpräsentation. – URL: <https://lithium3.com/investors/presentations/> [Stand: 10/2016].

LME – LONDON METALS EXCHANGE (2022): Firmeninformation. – URL: <https://www.lme.com/en/Metals/EV/About-Lithium/Contract-specification> [Stand: 06/2022].

MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F., LANGKAU, S., BAUR, S.-J., BILLAUD, M., DEUBZER, O., EBERLING, E., ERDMANN, L., HAENDEL, M., KRAIL, M., LOIBL, A., MAISEL, F., MARWEDE, M., NEEF, C., NEUWIRTH, M., ROSTEK, L., RÜCKSCHLOSS, J., SHIRINZADEH, S., STIJEPIĆ, D., TERZERO, ESPINOZA, L., TIPPNER, M. (2021): Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2021. – DERA Rohstoffinformationen 50: 366 S., Berlin.

MCKINSEY & COMPANY (2022): Nachrichtenartikel. – Lithium is the driving force behind electric vehicles, but will supply keep pace with demand? New technologies and sources of supply can fill the gap. – URL: <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/lithium-mining-how-new-production-technologies-could-fuel-the-global-ev-revolution> [Stand: 04/2022].

MINERAL RESOURCES (2022): FY22 Half Year Results. – Firmenpräsentation. – URL: <https://www.mineralresources.com.au/news-media/half-year-fy22-financial-results/> [Stand: 06/2022].

MZ – MITTELDEUTSCHE ZEITUNG (2022): Nachrichtenartikel. – URL: Artikel. <https://www.mz.de/mitteldeutschland/sachsen-anhalt/aus-fur-batteriefabrik-600-millionen-investition-in-bitter->

- feld-ist-gescheitert-3382308?reduced=true [Stand: 05/2022].
- NEOLITHIUM (2017): Tres Quebradas (3Q) Lithium Project. – Firmenpräsentation. [Stand: 05/2017].
- NEOLITHIUM (2022): The next major lithium producer. – Firmenpräsentation. [Stand: 06/2021]. – URL: <http://www.neolithium.ca/investors.php> [Stand: 06/2021].
- PEM MOTION (2022): Online-Datenbank. – URL: <https://battery-news.de/index.php/battery-atlas/> [Stand: 06/2022].
- PIEDMONT LITHIUM (2021): Corporate Presentation. – URL: <https://piedmontlithium.com/investors/presentations/> [Stand: 12/2021].
- PILBARA MINERALS (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://1pls.irmau.com/site/pdf/dd839d1f-38fc-4f53-9703-6ce73d348500/Corporate-Presentation.pdf> [Stand: 05/2022].
- PILBARA MINERALS (2022): Firmeninformation (ASX Announcements). – URL: <https://www.pilbaraminerals.com.au/investors/reports-and-asx-announcements/> [Stand: 06/2022].
- POSCO (2022): News. – URL: <https://newsroom.posco.com/en/posco-holdings-begins-construction-of-saltwater-lithium-plant-in-argentina/> [Stand: 03/2022].
- PR-NEWswire (2019): News. – URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/fmc-corporation-announces-details-of-final-separation-of-livent-corporation-300792891.html> [Stand: 02/2019].
- PWC – PRICE WATERHOUSE COOPERS (2022): Mine 2022 – A critical transition. – URL: [https://www.pwc.com/gx/en/energy-utilities-mining/assets/global\\_mine\\_report\\_2022.pdf](https://www.pwc.com/gx/en/energy-utilities-mining/assets/global_mine_report_2022.pdf) [Stand: 05/2022].
- PRIMER TRIBUNAL AMBIENTAL REPUBLICA DE CHILE (2022): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.1ta.cl/consejo-de-defensa-del-estado-demanda-a-tres-mineras-por-dano-ambiental-en-salar-de-atacama/> [Stand: 08/2022].
- PROSPECT RESOURCES: (2018): ASX – Announcement. – URL: <https://prospectresources.com.au/asx-announcements/> [Stand: 2018].
- REUTERS (06/2022): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.reuters.com/markets/deals/bolivia-still-evaluating-six-firms-lithium-mining-partnerships-2022-06-07/> [Stand: 06/2022].
- REUTERS (07/2022): Nachrichtenartikel. – URL: <https://www.reuters.com/markets/commodities/top-producer-albemarle-risks-shutting-german-plant-if-eu-declares-lithium-hazard-2022-06-07/> [Stand: 07/2022].
- RHO MOTION (2022): Kostenpflichtige Online-Datenbank. – URL: <https://rhomotion.com/> [Stand: 06/2022].
- RIO TINTO (2022): Internetauftritt Rio Tinto. – URL: <https://www.riotinto.com/operations/projects/jadar> [Stand: 06/2022].
- ROCKTECH LITHIUM (2021): The superfuel for the battery age. – Firmenpräsentation [Stand: 10/2021].
- ROLAND BERGER (2022): The Lithium-Ion (EV) battery market and supply chain. – Market drivers and emerging supply chain risks. – URL: [https://content.rolandberger.com/hubfs/07\\_presse/Roland%20Berger\\_The%20Lithium-Ion%20Battery%20Market%20and%20Supply%20Chain\\_2022\\_final.pdf](https://content.rolandberger.com/hubfs/07_presse/Roland%20Berger_The%20Lithium-Ion%20Battery%20Market%20and%20Supply%20Chain_2022_final.pdf) [Stand: 04/2022].
- ROSKILL INFORMATION SERVICES (2016): Lithium: Global Industry, Markets & Outlook. – 386 S., London, Großbritannien.
- SAYONA MINING (2022): ASX – Announcement. – URL: <https://sayonamining.com.au/investors/asx-releases/> [Stand: 05/2022].
- SANJUAN, B., GOURCEROL, B., MILLOT, R., RETTENMAIER, D., JEANDEL, E., ROMBAUT, A. (2022): Lithium-rich geothermal brines in Europe: an up-date about geochemical characteristics and implications for potential Li resources. – Geothermics: 101, 18 S., – URL: <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2022.102385>.
- SAVANNAH RESOURCES (2021): Corporate Presentation. – URL: <https://www.savannahresources.com/investors/presentations/> [Stand: 09/2021].
- SCHMIDT, M. (2017): Rohstoffrisikobewertung – Lithium. – DERA Rohstoffinformationen 33: Ber-

lin. – URL: [https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie\\_lithium\\_2017.html](https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_lithium_2017.html) [Stand 2017]

SIGMA LITHIUM (2022): Corporate Presentation. – URL: <https://ir.sigmalithiumresources.com/news-events/presentations> [Stand: 02/2022].

SQM – SOCIEDAD DE QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. (03/2021): Sustainability Report. – URL: <https://www.sqm.com/en/sustentabilidad/reporte-de-sustentabilidad/> [Stand: 2021].

SQM – SOCIEDAD DE QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. (2022): Corporate Presentation. – URL: [https://s25.q4cdn.com/757756353/files/doc\\_presentations/2022/4Q2021\\_long-presentation\\_March-2022.pdf](https://s25.q4cdn.com/757756353/files/doc_presentations/2022/4Q2021_long-presentation_March-2022.pdf) [Stand: 03/2022].

SQM – SOCIEDAD DE QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. (06/2022): Firmeninformation. – URL: <https://www.sqmsenlinea.com/> [Stand: 06/2022].

SQM – SOCIEDAD DE QUIMICA Y MINERA DE CHILE S.A. (2021): SQM Board Approves Mt. Holland Lithium Project. – News. – URL: <https://ir.sqm.com/English/news/news-details/2021/Board-approves-Mt.-Holland-lithium-project/default.aspx> [Stand: 02/2021].

STANDARD LITHIUM (2019): NI 43 – 101 Technical Report Preliminary. – Economic Assessment of LANXESS Smackover Project. – URL: <https://www.standardlithium.com/investors/sedar>. [Stand: 01/2019]

STORMCROW CAPITAL LTD. (2021): Industry Report. – Lithium Market Update 2021. – URL: <https://www.stormcrow.ca/wp-content/uploads/2021/05/20210519-Final-Stormcrow-Lithium-Report-2021.pdf> [Stand: 05/2021].

S&P GLOBAL (2022): Commodity Profile Lithium. – URL: <https://www.capitaliq.spglobal.com/web/client?auth=inherit#industry/TopProducingMines> [Stand: 06/2022].

S&P GLOBAL (05/2022): Commodity Insights. – URL: <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/market-insights/latest-news/metals/052022-australias-igo-produces-first-battery-grade-lithium-hydroxide-from-kwinana-refinery> [Stand: 05/2022].

THIELMANN, A., WIETSCHEL, M., FUNKE, S., GRIMM, A., HETTESHEIMER, T., LANGKAU, S., LOIBL, A., MOLL, C., NEEF, C., PLÖTZ, P., SIEVERS, L., TERCERO ESPINOZA, L., EDLER, J. (2020): Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf. – URL: <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/2020/Faktencheck-Batterien-fuer-E-Autos.pdf> [Stand: 01/2020].

UNLIMITED (2022): Projektübersicht. – URL: <https://www.geothermal-lithium.org/#contact-widget> [Stand: 11/2022].

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (versch. Jg.): Lithium – Minerals Commodity Summaries. – URL: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/> [Stand: 06/2022].

VULCAN ENERGY RESOURCES (05/2022): Vulcan Energy Resources Half Year Results FY22. – Firmenpräsentation. – URL: <https://v-er.eu/investor-centre/> [Stand: 05/2022].

VULCAN ENERGY RESOURCES (04/2022): 2022 Corporate presentation. – Firmenpräsentation. – URL: <https://v-er.eu/wp-content/uploads/2022/04/Apr-Corp-Preso.pdf> [Stand: 04/2022].

WCO – WORLD CUSTOMS ORGANIZATION (2022): What is the Harmonized System (HS)? – URL: <http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/overview/what-is-the-harmonized-system.aspx> [Stand: 2022].

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM (2019): A Vision For A Sustainable Battery Value Chain in 2030. – Unlocking The Full Potential To Power Sustainable Development And Climate Change Mitigation. – URL: [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_A\\_Vision\\_for\\_a\\_Sustainable\\_Battery\\_Value\\_Chain\\_in\\_2030\\_Report.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf) [Stand: 2019].

WORLD BANK GROUP (2022): Worldwide Governance Indicators. – URL: <https://info.worldbank.org/governance/wgi/> [Stand: 2022].

ZINNWALD LITHIUM (2022): ANNUAL REPORT AND FINANCIAL STATEMENTS FOR THE YEAR ENDED 31 DECEMBER 2021. – URL: <https://www.zinnwaldlithium.com/investors/reports-and-presentations/> [Stand: 12/2021].

## Anhang

---

|   |    |
|---|----|
| Indikatoren und Risikobewertung für Lithium | 76 |
| Glossar                                     | 78 |
| Internationaler Handel (Nettoexporte)       | 80 |

## Indikatoren und Risikobewertung für Lithium

| Indikator                               |                         |        | Bewertung   |             | Risiko-<br>veränd. |
|---|-------------------------|--------|-------------|-------------|--------------------|
| <b>Angebot und Nachfrage</b>            |                         |        | <b>2015</b> | <b>2020</b> |                    |
| Recyclingrate                           | Lithium                 | EOL-RR | < 0,1 %     | < 0,1 %     | →                  |
| Derzeitige Marktdeckung                 | Lithium                 | Md     | -0,8 %      | -5,2 %      | ↗                  |
| Länderkonzentration der Produktion      | Bergwerksförderung      | HHI    | 3.033       | 3.338       | →                  |
| Gewichtetes Länderrisiko der Produktion | Bergwerksförderung      | GLR    | 0,95        | 0,67        | ↗                  |
| Firmenkonzentration                     | Bergbaufirmen           | HHI    | 2.446       | 1.206       | ↘                  |
| <b>Handel</b>                           |                         |        | <b>2015</b> | <b>2021</b> |                    |
| <b>Globale Nettoexporte</b>             |                         |        |             |             |                    |
| Diversifizierung                        | Lithiumkarbonat         | HHI    | 6.597       | 6.948       | →                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithiumkarbonat         | GLR    | 0,83        | 0,70        | →                  |
| Diversifizierung                        | Lithiumoxid, -hydroxid  | HHI    | 3.200       | 4.914       | ↗                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithiumoxid, -hydroxid  | GLR    | 0,53        | 0,05        | ↗                  |
| Diversifizierung                        | Lithiumchlorid          | HHI    | 5.927       | 5.327       | →                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithiumchlorid          | GLR    | 0,05        | -0,20       | ↗                  |
| Diversifizierung                        | Spodumen-Konzentrat     | HHI    | 8.372       | 8.855       | →                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Spodumen-Konzentrat     | GLR    | 1,31        | 1,37        | →                  |
| Diversifizierung                        | Lithium-Ionen-Batterien | HHI    | 4.353       | 2.575       | ↘                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithium-Ionen-Batterien | GLR    | 0,96        | 0,51        | ↗                  |
| <b>Nettoimporte Deutschlands</b>        |                         |        |             |             |                    |
| Diversifizierung                        | Lithiumkarbonat         | HHI    | 3.532       | 3.246       | →                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithiumkarbonat         | GLR    | 1,17        | 0,95        | →                  |
| Diversifizierung                        | Lithiumoxid, -hydroxid  | HHI    | 3.373       | 5.401       | ↑                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithiumoxid, -hydroxid  | GLR    | 1,19        | 1,47        | ↘                  |
| Diversifizierung                        | Lithium-Ionen-Batterien | HHI    | 1.804       | 2.339       | ↗                  |
| Gewichtetes Länderrisiko                | Lithium-Ionen-Batterien | GLR    | 0,58        | 0,47        | →                  |
| <b>Vorräte</b>                          |                         |        | <b>2015</b> | <b>2020</b> |                    |
| <b>Explorationsgrad</b>                 |                         |        |             |             |                    |
| Lebensdauer kennziffer                  | Lithium, primär         | Lk     | 440         | 273         | ↗                  |
| Investitionen in die Exploration        | Lithium, primär         | IE     | -           | -           |                    |
| <b>Reserven</b>                         |                         |        |             |             |                    |
| Länderkonzentration der Reserven        | Lithium                 | HHI    | 3.490       | 2.628       | ↘                  |
| Gewichtetes Länderrisiko der Reserven   | Lithium                 | GLR    | 0,55        | 0,74        | ↘                  |

| Indikator   |  |     | Bewertung   | Risiko-<br>veränd. |
|---|--|-----|-------------|--------------------|
| <b>Zukünftiges Angebot</b>                                  |  |     | <b>2030</b> |                    |
| <b>Angebotsszenario 1</b>                                   |  |     |             |                    |
| Länderkonzentration der zukünftigen Bergwerksförderung      | Lithium, primär                          | HHI | 2.886       |                    |
| Gewichtetes Länderrisiko der zukünftigen Bergwerksförderung | Lithium, primär                          | GLR | 0,97        |                    |
| <b>Angebotsszenario 2</b>                                   |  |     |             |                    |
| Länderkonzentration der zukünftigen Bergwerksförderung      | Lithium, primär                          | HHI | 2.447       |                    |
| Gewichtetes Länderrisiko der zukünftigen Bergwerksförderung | Lithium, primär                          | GLR | 0,84        |                    |
| <b>Zukünftige Marktdeckung</b>                              |  |     | <b>2030</b> |                    |
| <b>Angebotsszenario 1</b>                                   |  |     |             |                    |
| Zukünftige Marktdeckung (Mz) bis 2030                       | Nachfragewachstum <b>19,1 %</b> pro Jahr | Mz  | -95,8       |                    |
|   | Nachfragewachstum <b>15,6 %</b> pro Jahr |     | -45,2       |                    |
|   | Nachfragewachstum <b>22,4 %</b> pro Jahr |     | -156,5      |                    |
| <b>Angebotsszenario 2</b>                                   |  |     |             |                    |
| Zukünftige Marktdeckung (Mz) bis 2030                       | Nachfragewachstum <b>19,1 %</b> pro Jahr | Mz  | -19,3       |                    |
|   | Nachfragewachstum <b>15,6 %</b> pro Jahr |     | 11,6        |                    |
|   | Nachfragewachstum <b>22,4 %</b> pro Jahr |     | -56,2       |                    |

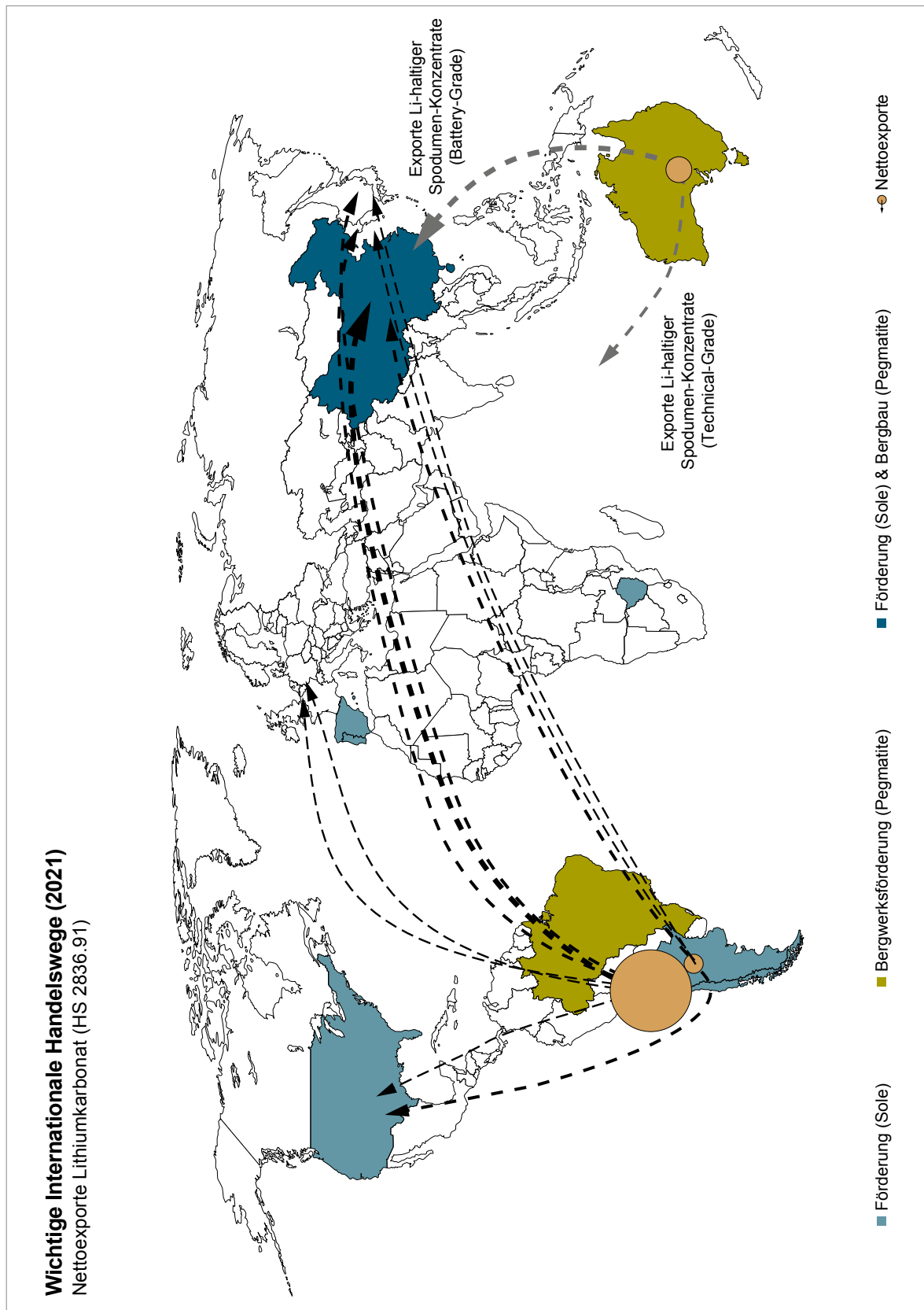
## Glossar

|   |   |
|---|---|
| <b>Diversifizierung der Importe</b>     | Die Diversifizierung der Importe errechnet sich mithilfe des HHI, wobei die mengenmäßigen Anteilswerte am Import auf Länderebene herangezogen werden.   |
| <b>Firmenkonzentration</b>              | Die Firmenkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei Anteilswerte an der weltweiten Gesamtproduktion der Bergbaufirmen herangezogen werden.   |
| <b>Gewichtetes Länderrisiko</b>         | Das gewichtete Länderrisiko (GLR) errechnet sich aus der Summe der Anteilswerte der Länder an der Produktion, dem Nettoexport oder dem deutschen Import, multipliziert mit dem Länderrisiko (LR). Das gewichtete Länderrisiko 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.  |
| <b>Herfindahl-Hirschman-Index (HHI)</b> | Der Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) ist eine Kennzahl, welche die unternehmerische Konzentration in einem Markt 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.                   |
| <b>Länderkonzentration</b>              | Die Länderkonzentration wird mithilfe des HHI berechnet, wobei jahresbezogene Anteilswerte der Bergwerksförderung, der Raffinadeproduktion oder der weltweiten Nettoexporte auf Länderebene herangezogen werden.  |
| <b>Länderrisiko</b>                     | 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 (1) Mitspracherecht und Rechenschaftspflicht, (2) politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt, (3) Leistungsfähigkeit der Regierung, (4) Regulierungsqualität, (5) Rechtsstaatlichkeit und (6) Korruptionsbekämpfung.  |
| <b>Lebensdauer-kennziffer</b>           | Die Lebensdauer-kennziffer ergibt sich aus dem Quotienten der derzeitigen Reserven und der aktuellen Weltbergwerksförderung. Die Lebensdauer-kennziffer (statische Reichweite) gibt einen Hinweis auf den Stand der Exploration und darüber, in welchem Maße zukünftig Explorationsaktivitäten notwendig sind. Die Kennziffer sagt nichts über den Erschöpfungszeitpunkt eines Rohstoffes aus.  |
| <b>Marktdeckung</b>                     | Die Marktdeckung ergibt sich aus dem Quotienten der Nachfrage (Raffinadeverbrauch) und des Angebots (Raffinadeproduktion). Bewertungsskala:<br>< 0 % = bedenklich, 0 %–10 % = mäßig, > 0 % = unkritisch   |
| <b>Nettoexporte</b>                     | Unter Nettoexporten versteht man die Differenz von Exporten und Importen einer Volkswirtschaft. Nettoexporte können sowohl positive als auch negative Werte annehmen.<br><br>Im Rahmen der Studie wurden für die einzelnen Handelsprodukte die positiven Nettoexporte (NX > 0) verwendet, da der Fokus auf der Angebotsseite liegt. Negative Nettoexporteure sind hingegen Verbraucherländer (Nettoimporteure) der jeweiligen Rohstoffe. Die Summe der positiven Nettoexporte stellt dementsprechend die in den internationalen Handel gelangte Produktionsmenge dar. |

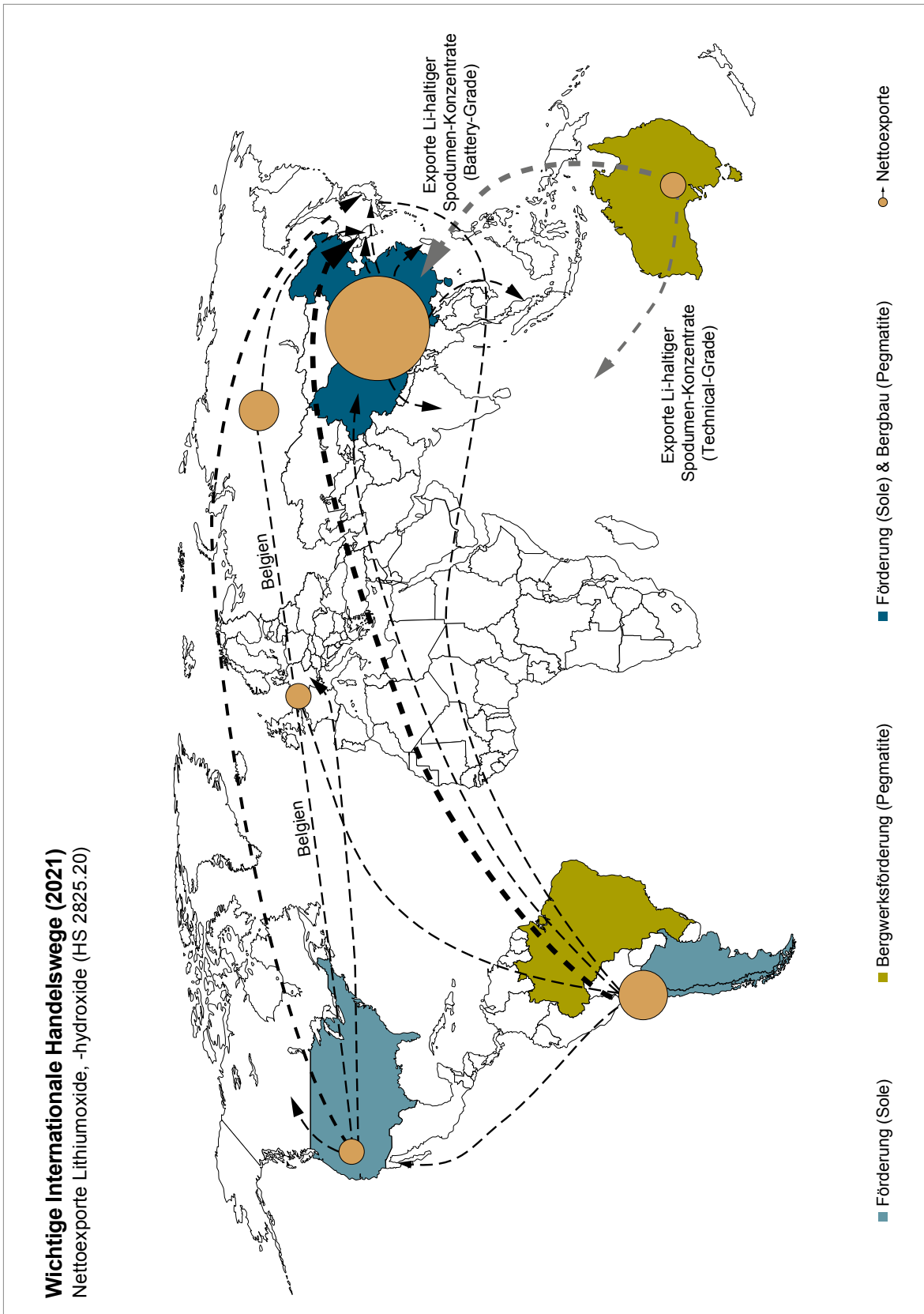


|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Recyclingrate (EOL-RR)</b>  | Die End-of-Life-Recyclingrate (EOL-RR) ist der Quotient aus der Menge des dem Recycling zugeführten Altschrotts eines Rohstoffs und der Gesamtmenge des theoretisch in den End-of-Life-Produkten angefallenen Rohstoffs. Bewertungsskala: < 10 % = bedenklich, 10 %–50 % = mäßig, > 50 % = unkritisch.  |
| <b>Reserven</b>                | Reserven sind die zu heutigen Preisen und mit heutiger Technik wirtschaftlich gewinnbaren Rohstoffmengen.   |
| <b>Wachstumsraten CAGR</b>     | Wachstumsraten basieren auf der jährlichen durchschnittlichen Wachstumsrate (engl.: Compound Annual Growth Rate, CAGR). Diese stellt den durchschnittlichen Prozentsatz dar, um den der Anfangswert einer Zeitreihe auf hypothetische Folgewerte für die Berichtsjahre wächst, bis der tatsächliche Endwert der Zeitreihe erreicht ist. Tatsächliche Ausschläge der Folgejahre in der Zwischenzeit wirken sich dabei nicht aus. |
| <b>Zukünftige Marktdeckung</b> | Die zukünftige Marktdeckung ergibt sich aus dem Quotienten der zukünftigen Nachfrage und des zukünftigen Angebots. Für das zukünftige Angebot sowie die zukünftige Nachfrage werden jeweils zwei Szenarien erstellt. Das zukünftige Angebot errechnet sich aus der Summe der derzeitigen Bergwerksförderung und einer zusätzlichen Jahresförderkapazität aus neuen Bergbauprojekten.  |

## Internationaler Handel (Nettoexporte)



Internationale Handelswege 2015 (Nettoexport Lithiumkarbonat)  
 (Datenquelle: IHS MARKIT 2022).



**Internationale Handelswege 2015 (Nettoexport Lithiumoxid, -hydroxid)**  
 (Datenquelle: IHS MARKIT 2022).

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

Wilhelmstraße 25–30  
13593 Berlin  
Tel.: +49 30 36993 211  
dera@bgr.de  
www.deutsche-rohstoffagentur.de

ISBN: 978-3-948532-69-7 (Druckversion)  
ISBN: 978-3-948532-70-3 (PDF)  
ISSN: 2193-5319