

# BATTERIESYSTEME DER ZUKUNFT



© CC0 (Getty Images/unsplash)

## ZUSAMMENFASSUNG

Die weltweite Batterienachfrage wird bis 2030 deutlich ansteigen. Dies ist hauptsächlich auf den Ausbau erneuerbarer Energien und die Elektromobilität zurückzuführen. Dieser Markt wird zu einem strategischen Bereich für neue Geschäftsmodelle, Technologien und Rohstoffe auf globaler Ebene. Derzeit wird dieser Markt von Lithium-Ionen-Batterien dominiert. Mit dem verstärkten Einsatz von Batterien ergeben sich Herausforderungen in Bezug auf Umweltauswirkungen, Lieferketten und die Verwendung kritischer Ressourcen wie Kobalt, Lithium, Nickel und Naturgraphit. Post-Lithium-Technologien wie Natrium-Ionen-Batterien (SIB) werden erforscht, um den Einsatz seltener und teurer Materialien zu reduzieren. Um die Entwicklung neuer Technologien und den Aufbau einer nachhaltigen, zirkulären Batterieindustrie zu fördern, sind gemeinsame Standards und transparente Lieferketten erforderlich. Eine umfassende TA-Studie wird vorgeschlagen, um Potenziale und Strategien für Forschung, Produktion und Recycling von Batterien zu ermitteln.

*Verstärkter Einsatz von Batterien bringt Herausforderungen (Umwelt, Lieferketten, kritische Ressourcen) mit sich*

## ÜBERBLICK ZUM THEMA

Die weltweite Nachfrage nach Batterien wird bis 2030 potentiell um das 14-fache steigen, 17 % dieser Nachfrage könnten auf die EU entfallen (Choix & Uhlig, 2021). Dies ist auf den Ausbau erneuerbarer Energien und insbesondere der Elektromobilität zurückzuführen. In verschiedenen Studien wird von einem Energiespeicherbedarf von über 3.100 GWh (bis zu 4.100 GWh) bis 2030 ausgegangen. Davon entfallen über 90 % alleine auf den Mobilitätssektor, ca. 6 % auf stationäre Energiespeichersysteme und ca. 3 % auf elektronische Geräte (Roland Berger, 2022).<sup>1</sup> Die wachsende Bedeutung von Batterien in unterschiedlichen Anwendungsgebieten wird diesen Markt strategisch wichtig für neue Geschäftsmodelle, Technologien, Rohmaterialien und Recycling auf globaler Ebene machen. Derzeit haben chinesische (CATL 34 %, BYD 12 %), japanische (Panasonic 10 %) und südkoreanische (LG 14 %, Samsung 5 %) Unternehmen die größten Anteile in der Batterieherstellung (2022 mit 82 %), wobei in China knapp 75 % der globalen Produktion verortet sind (Statista, 2022).<sup>2</sup> In Europa gibt es eine Vielzahl an Initiativen für den Aufbau von Lithium-Ionen-Produktionskapazitäten im Umfang von insgesamt 1939 GWh<sup>3</sup>, welche sich größtenteils auf Deutschland, Schweden, Norwegen, Ungarn und Polen aufteilen.<sup>4</sup>

*Batteriespeicher  
als Kernelement  
für die Energie- und  
Verkehrswende*

Mit dem verstärkten *Einsatz von Batterien* ergeben sich Herausforderungen hinsichtlich Umweltauswirkungen, Wertschöpfungsketten und – je nach eingesetztem Elektrodenmaterial – der Verfügbarkeit kritischer und knapper Ressourcen. Der steigende weltweite Bedarf an Batterien im Mobilitäts- und Energiesektor kann je nach Szenario die derzeit bekannten Reserven für viele Metalle wie Kobalt, Lithium, aber auch Nickel, Kupfer und Naturgraphit übersteigen (Weil et al., 2018). Verfügbarkeit und Versorgung mit Rohstoffen, aber auch deren Veredelung (Herstellung von Rohstoffen für die Industrieanwendung) werden dadurch zunehmend unsicher, Rohstoffpreise geraten unter Druck. Mehr als 80 % der in der EU für Industrie und Wirtschaft benötigten Rohstoffe werden importiert, von denen viele als kritische Rohstoffe gelten (European Commission, 2023). Erforderlich ist die Schaffung gemeinsamer Standards und transparenter Lieferketten, um eine nachhaltige, resiliente und möglichst kreislaufbasierte Batterieindustrie aufzubauen. Parallel dazu wird zur Reduktion der Importabhängigkeit versucht, neue Abbaugelände in Europa zu erschließen bzw. alte Minen zu reaktivieren (im Fall von Lithium z. B. in Österreich<sup>5</sup>, Deutschland<sup>6</sup>,

<sup>1</sup> [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).

<sup>2</sup> [de.statista.com/statistik/daten/studie/490589/umfrage/ranking-zu-den-groessten-herstellern-von-lithium-inonen-akkus-weltweit/](https://de.statista.com/statistik/daten/studie/490589/umfrage/ranking-zu-den-groessten-herstellern-von-lithium-inonen-akkus-weltweit/).

<sup>3</sup> [battery-news.de/2023/02/03/16260/](https://battery-news.de/2023/02/03/16260/).

<sup>4</sup> [cicenergigune.com/en/blog/gigafactories-europe-commitment-economic-recovery-battery-factories](https://cicenergigune.com/en/blog/gigafactories-europe-commitment-economic-recovery-battery-factories).

<sup>5</sup> [derstandard.de/story/2000144141038/lithium-aus-dem-lavanttal-australier-wittern-in-kaernten-das-grosse](https://derstandard.de/story/2000144141038/lithium-aus-dem-lavanttal-australier-wittern-in-kaernten-das-grosse); [futurezone.at/b2b/lithium-kaernten-erzabbau-koralmb-2025-wolfsberg-huerde-beginn-wann-rohstoff-european-lithium/402540629](https://futurezone.at/b2b/lithium-kaernten-erzabbau-koralmb-2025-wolfsberg-huerde-beginn-wann-rohstoff-european-lithium/402540629).

<sup>6</sup> [ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/lithium-ueberraschender-fund-im-deutschen-bergwerk/](https://ingenieur.de/technik/fachbereiche/energie/lithium-ueberraschender-fund-im-deutschen-bergwerk/).

Tschechien<sup>7</sup> oder Portugal<sup>8</sup>), oder auch die Rohstoffe mittels alternativer Verfahren zu gewinnen (z. B. Lithium durch Geothermieanlagen<sup>9</sup>). Die Rohstoffgewinnung im relativ dicht besiedelten Europa, insbesondere der herkömmliche Abbau in Minen, ist aber mit großen Umwelt- und sozialen Auswirkungen verbunden (Mononen et al., 2022). Ein anderer Weg, die Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen zu reduzieren, ist deshalb die Entwicklung neuer Batteriesysteme, die auf gut verfügbaren Rohstoffen wie Natrium, Magnesium, Calcium, Zink oder Kalium basieren.<sup>10</sup>

Lithium-Ionen-Batterien (LIB) nehmen aktuell einen signifikanten Marktanteil ein und haben sich als vielversprechendste Batterietechnologie für die Speicherung erneuerbarer Energien und die Umsetzung der Elektromobilität etabliert. Die Entwicklung von LIB hat in den letzten Jahren große Sprünge Energiedichte als auch der Lebensdauer gemacht bei einer gleichzeitigen starken Reduktion der Speicherkosten (Ziegler & Trancik, 2021). Eine vielversprechende Entwicklung im LIB-Bereich sind sog. Feststoffbatterien. Bei diesen wird das aktuelle Flüssigelektrolyt durch eine Feststoffalternative (Polymere, Keramiken oder hybrid) ersetzt. Damit einhergehend werden potenzielle Sprünge im Bereich der Energiedichte als auch der Sicherheit entsprechender Batteriezellen erwartet. Ein wichtiges Ziel der Erforschung neuer Batteriesysteme, sogenannter Post-Lithiumsysteme, besteht darin, potenzielle Nachhaltigkeitskonflikte im Zusammenhang mit der steigenden Nachfrage zu minimieren und den Einsatz kritischer und teurer Materialien mit hohen Umweltauswirkungen zu reduzieren. Post-Lithiumsysteme umfassen eine breite Palette von Zellchemien basierend auf Mg, Ca, Al, Na, K oder Zn, wobei der Name je nach Ionenwechsel innerhalb der Batterie vergeben wird. Unter den derzeitigen Entwicklungen gelten Natrium-Ionen-Batterien (NIB) als die am weitesten fortgeschrittene Technologie – eine Vielzahl an Start-ups und größeren Batterieherstellern streben eine zeitnahe Markteinführung von NIB für stationäre und Mobilitätsanwendungen an. Diese basieren im Wesentlichen auf demselben Funktionsprinzip als auch denselben Herstellungsprozessen wie LIB und werden deshalb als Drop-In-Technologie bezeichnet (Peters et al., 2022). Ihre Vorteile sind die Verwendung billigerer und häufiger vorkommender Materialien (Aluminium anstelle von Kupfer als Stromkollektor, Natrium anstelle von Lithium im aktiven Kathodenmaterial und im Elektrolytsalz) (Baumann et al., 2022). Die Verwendung von unkritischen Materialien führt jedoch nicht automatisch zu einer nachhaltigeren Technologie, weshalb eine gründliche Bewertung der potenziellen Umweltauswirkungen und Ressourcenfragen notwendig ist (Peters et al., 2022). Eine der größten Herausforderungen für die Markteinführung neuer Technologien ist die Notwendigkeit, den Markt für Komponenten zu entwickeln (Elektrolyte, Kathodenmaterialien). Generell liegt bei neuen Batteriesystemen wie NIB das Problem in der Kommerzialisierung im großen Maßstab. Die Forschung zu Batterien (1. und 2. Generation)

*Post-Lithium-  
Batterien als  
Game-Changer?*

<sup>7</sup> [dw.com/de/gr%C3%B6%C3%9Ftes-vorkommen-in-europa-tschechien-im-lithium-rausch/a-66808176](https://dw.com/de/gr%C3%B6%C3%9Ftes-vorkommen-in-europa-tschechien-im-lithium-rausch/a-66808176).

<sup>8</sup> [de.euronews.com/2023/06/09/lithiumvorkommen-in-portugal-streit-zwischen-wirtschaft-und-wissenschaft](https://de.euronews.com/2023/06/09/lithiumvorkommen-in-portugal-streit-zwischen-wirtschaft-und-wissenschaft).

<sup>9</sup> [kit.edu/kit/pi\\_2023\\_028\\_energiespeichermaterialien-aus-heissem-tiefenwasser-lasst-sich-lithium-gewinnen.php](https://kit.edu/kit/pi_2023_028_energiespeichermaterialien-aus-heissem-tiefenwasser-lasst-sich-lithium-gewinnen.php).

<sup>10</sup> [postlithiumstorage.org/en/polis](https://postlithiumstorage.org/en/polis).

ist zwar in der EU (Deutschland, Österreich mit Varta Forschungshub) stark.<sup>11</sup> Allerdings bleibt es aktuell bei kleinskaligen Pilot- oder Kommerzialisierungsprojekten, die gegenüber den kommerziellen Lösungen aus China, wo NIB schon im automobilen Sektor getestet werden, nicht mithalten können.

Das Recycling spielt für die Verfügbarkeit relevanter Materialien eine wichtige Rolle und wird bei Auftreten größerer Altbatteriekapazitäten ab 2030 stärker wachsen.<sup>12</sup> Gemäß der seit 2023 gültigen EU-Batterierichtlinie müssen für LIB Mindestmengen aus Herstellungs- und Verbraucherabfällen in neuen Batterien wiederverwendet werden. So müssen ab dem 1. Januar 2030 Batterien einen Mindestanteil an *recyceltem Material* enthalten (12 % Kobalt, 85 % Blei, 4 % Lithium und 4 % Nickel). Diese Werte sollen ab 2035 weiter erhöht werden (20 % Kobalt, 10 % Lithium und 12 % Nickel) (European Union, 2023). Beim mechanischen Recycling werden die Batterien hierfür zunächst demontiert, dann geschreddert und werthaltige Stoffe mittel Klassierprozessen aussortiert (Elektrolytreste werde durch Pyrolyse entfernt). Abschließend erfolgt eine Trennung der Schwarzmasse (bestehend aus Co, Ni, Mn), wodurch rund 30 % der Materialien wiedergewonnen werden können. Eine weitere Recyclingform ist das pyrometallurgische Recycling. Bei diesem Hochtemperaturprozess (300-1.400 C) ist das Endprodukt eine Metalllegierung (Li, Co, Ni, Cu, Fe). Hierdurch lassen sich derzeit 40-50 % der Materialien wiedergewinnen, wobei durch weitere Maßnahmen eine Steigerung auf rund 80 % möglich erscheint, allerdings mit hohen Aufwendungen. Hydrometallurgie schließt an die mechanischen (oder ggf. an die oben genannte pyrometallurgischen) Routen an. Hierbei kann die Schwarzmasse durch Säureaufschluss und unterschiedliche Extraktionsverfahren weiterbearbeitet werden. Zurück bleiben Metallsalze hoher Reinheit, die weiter getrennt werden können. Durch die Kombination genannter Recyclingprozesse ist es theoretisch möglich, über 90 % der Materialien wieder zu gewinnen, was aber mit höheren Kosten und Energieaufwendungen verbunden ist (Neef et al., 2021). Eine Übersicht über die verschiedenen Recyclingtechnologien ist in Mohr et al. (2020) zu finden. Für Post-Lithium-Technologien ergeben sich veränderte Anforderungen an das Recycling, was zu einer Anpassung verfügbarer Prozesse führen kann bzw. muss, da der Wertstoffgehalt in Post-Lithium-Systemen deutlich geringer ist (Weil, Baumann, et al., 2020). Des Weiteren muss geprüft werden, ob es für diese Recyclingprozesse auch einen entsprechenden Business Case gibt (Wert der recycelten Materialien).

*Löst Recycling alle Probleme?*

## RELEVANZ DES THEMAS FÜR DAS PARLAMENT UND FÜR ÖSTERREICH

Österreich hat das Ziel, den Anteil von Elektrofahrzeugen von derzeit 21 % bis 2030 auf 100 % zu erhöhen.<sup>13</sup> Hinzu kommt ein verstärkter Ausbau von Photovoltaik-Speichersystemen, welcher von 2021 bis 2023 von 131 MWh auf 229,7 MWh angestiegen ist. *Großtechnische Batteriespeicher* werden primär von

*Wirtschaftliche Potenziale für Österreich*

<sup>11</sup> [pressetext.com/news/varta-forschungshub-wird-2022-in-graz-realisiert.html](https://www.pressetext.com/news/varta-forschungshub-wird-2022-in-graz-realisiert.html).

<sup>12</sup> [mckinsey.com/de/news/presse/2023-01-16-batterien](https://www.mckinsey.com/de/news/presse/2023-01-16-batterien).

<sup>13</sup> [austriatech.at/de/zahlen-daten-fakten-archiv/](https://www.austriatech.at/de/zahlen-daten-fakten-archiv/).

Forschungs- und Demonstrationsprojekten getragen. Es gibt jedoch zunehmend kommerzielle Batteriespeicherprojekte (Blue Battery mit 14,2 MWh) (Biermayr et al., 2023). Hinzu kommen gemäß der EU-Batterieverordnung erhöhte Anforderungen zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit von Batterien während ihres gesamten Lebenszyklus. Derzeit bestehen vor allem Knappheiten bei den für den Aufbau einer Batterieproduktion benötigten Maschinen, bei Baumaterialien und Arbeitskräften. Generell stellt das Hochskalieren der Produktion eine große Herausforderung für die gesamte Batterieindustrie dar. Österreich hat hier hohe Kompetenz im Bereich der Wissenschaft (z. B. AIT, TU Graz). Insgesamt hat das BMK im Rahmen von IPCEI (Important Project of Common European Interest) als Großprojekt zur Förderung der Batterieindustrie sechs technologisch führende Industriebetriebe ausgewählt (z. B. VARTA Forschungshub in Graz). Hinzu kommen gut ausgebildete Fachkräfte entlang der gesamten Wertschöpfungskette.<sup>14</sup> Durch das erhöhte globale Momentum im Batteriemarkt und der EU ergeben sich hier im europäischen Kontext wirtschaftliche Potenziale für Österreich, welche durch ein adäquates Managen der Wertschöpfungskette unterstützt und nutzbar gemacht werden können. Des Weiteren ist die Abstimmung auf europäischer Ebene wichtig, um in Europa wettbewerbsfähig gegenüber den Aktivitäten in Asien und Nordamerika zu sein. Im Rahmen dessen müssen sowohl geopolitische Risiken als auch Handelsrestriktionen und deren Auswirkungen für die Erreichung der Verkehrs- oder Mobilitätswende berücksichtigt werden. Hier ist insbesondere die Rohstoffverfügbarkeit entlang der Wertschöpfungskette zu nennen. In der jüngeren Vergangenheit haben steigende Energie- und Rohstoffpreise zu einer Trendwende bei der Kostenentwicklung aktueller Batteriesysteme geführt.<sup>15</sup>

## VORSCHLAG WEITERES VORGEHEN

Eine TA-Studie müsste erheben, welche Potenziale es für den Aufbau relevanter Maßnahmen für Forschung (z. B. auch hinsichtlich alternativer Technologien), Produktion und Recycling von Batterien gibt. Wesentlich ist hierbei zu verstehen, welche Batteriekreislaufstrategien sich für Österreich eignen. Im Rahmen dieser Analyse ist die gesamte Wertschöpfungskette – von der Material-, Produktions- als auch Recyclingebene – zu berücksichtigen. Ein Mapping potentieller Risiken für die Versorgung Österreichs mit notwendigen Energiespeichertechnologien für stationäre und mobile Anwendungen erscheint notwendig. Dies muss auch potenzielle Umweltauswirkungen, soziale Aspekte und Ressourcenfragen von Energiespeichern umfassen, um eine ganzheitliche Perspektive zu ermöglichen.

*Was ist für eine nachhaltige Batterie-Wertschöpfungskette notwendig?*

<sup>14</sup> [infothek.bmk.gv.at/klimatechnologien-europaeische-batterie-initiative-mit-entscheidender-oesterreichischer-beteiligung/](https://infothek.bmk.gv.at/klimatechnologien-europaeische-batterie-initiative-mit-entscheidender-oesterreichischer-beteiligung/).

<sup>15</sup> [about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/](https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-rise-for-first-time-to-an-average-of-151-kwh/).

## ZITIERTE LITERATUR

- Baumann, M., et al. (2022). Prospective Sustainability Screening of Sodium-Ion Battery Cathode Materials. *Advanced Energy Materials*, 2202636. [doi.org/10.1002/aenm.202202636](https://doi.org/10.1002/aenm.202202636).
- Biermayr, P., et al. (2023). Innovative Energietechnologien in Österreich: Marktentwicklung 2022 (Schriftenreihe 36/2023). BMK. [nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/publikationen/markterhebungen.php](https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/publikationen/markterhebungen.php).
- Choix, B., & Uhlig, F. (2021). Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zu „Nachhaltigkeitsanforderungen für Batterien in der EU“. (COM(2020) 798 final – 2020/353 (COD)). [eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021AE0122&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021AE0122&from=EN).
- European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, Grohol, M., Veeh, C., *Study on the critical raw materials for the EU 2023 – Final report*, Publications Office of the European Union, 2023, [data.europa.eu/doi/10.2873/725585](https://data.europa.eu/doi/10.2873/725585).
- European Union. (2023). Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC (EU). [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1542).
- Mohr, M., Peters, J. F., Baumann, M., & Weil, M. (2020). Toward a cell-chemistry specific life cycle assessment of lithium-ion battery recycling processes. *Journal of Industrial Ecology*. [doi.org/10.1111/jiec.13021](https://doi.org/10.1111/jiec.13021).
- Mononen, T., Kivinen, S., Kotilainen, M., Leino, J. (2022). Social and environmental impacts of mining activities in the EU, Policy. Directorate-General for Internal Policies. [doi.org/10.2861/804163](https://doi.org/10.2861/804163).
- Neef, C., Schmaltz, T., & Thielmann, A. (2021). Recycling von Lithium-Ionen-Batterien: Chancen und Herausforderungen für den Maschinen- und Anlagenbau. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- Peters, J., Baumann, M., Weil, M., & Passerini, S. (2022). On the Environmental Competitiveness of Sodium-Ion Batteries – Current State of the Art in Life Cycle Assessment. In M. Titirici, P. Adelhelm, & Y. Hu (Eds.), *Sodium-Ion Batteries* (1st ed., pp. 551–571). Wiley. [doi.org/10.1002/9783527825769.ch17](https://doi.org/10.1002/9783527825769.ch17).
- Weil, M., Peters, J., & Baumann, M. (2020). Stationary battery systems: Future challenges regarding resources, recycling, and sustainability. In *The Material Basis of Energy Transitions* (pp. 71–89). Elsevier. [doi.org/10.1016/B978-0-12-819534-5.00005-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819534-5.00005-2).
- Weil, M., Ziemann, S., & Peters, J. (2018). The Issue of Metal Resources in Li-Ion Batteries for Electric Vehicles. In G. Pistoia & B. Liaw (Eds.), *Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles* (pp. 59–74). Springer International Publishing. [doi.org/10.1007/978-3-319-69950-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-69950-9_3).
- Ziegler, M. S., & Trancik, J. E. (2021). Re-examining rates of lithium-ion battery technology improvement and cost decline. *Energy & Environmental Science*, 14(4), 1635–1651. [doi.org/10.1039/D0EE02681F](https://doi.org/10.1039/D0EE02681F).