Technische Universität Braunschweig

Strategien für nachhaltige und resiliente Lieferketten für Lithium-Ionen-Batterien

Dr. Christian Thies, Technische Universität Braunschweig

Innovationsforum Recyclingregion Harz, 05.05.2022

Agenda

1. Entwicklung des Batteriemarkts und Implikationen für zukünftige Rohstoffbedarfe
2. Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten
3. Closing the Loop: Potenziale und Herausforderungen von Recycling und Second-Life
4. Fazit

Agenda

1 Entwicklung des Batteriemarkts und Implikationen für zukünftige Rohstoffbedarfe

2 Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten

3 Closing the Loop: Potenziale und Herausforderungen von Recycling und Second-Life

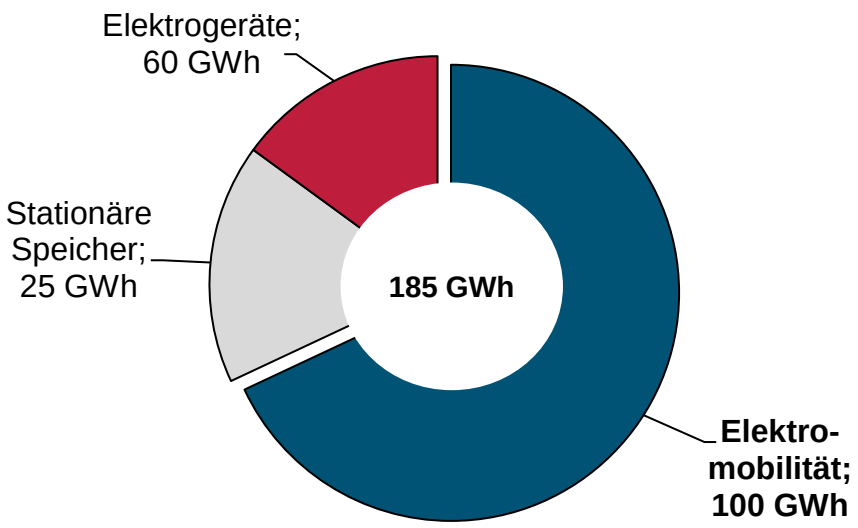
4 Fazit

Bedeutung und Anwendungen von Lithium-Ionen-Batterien

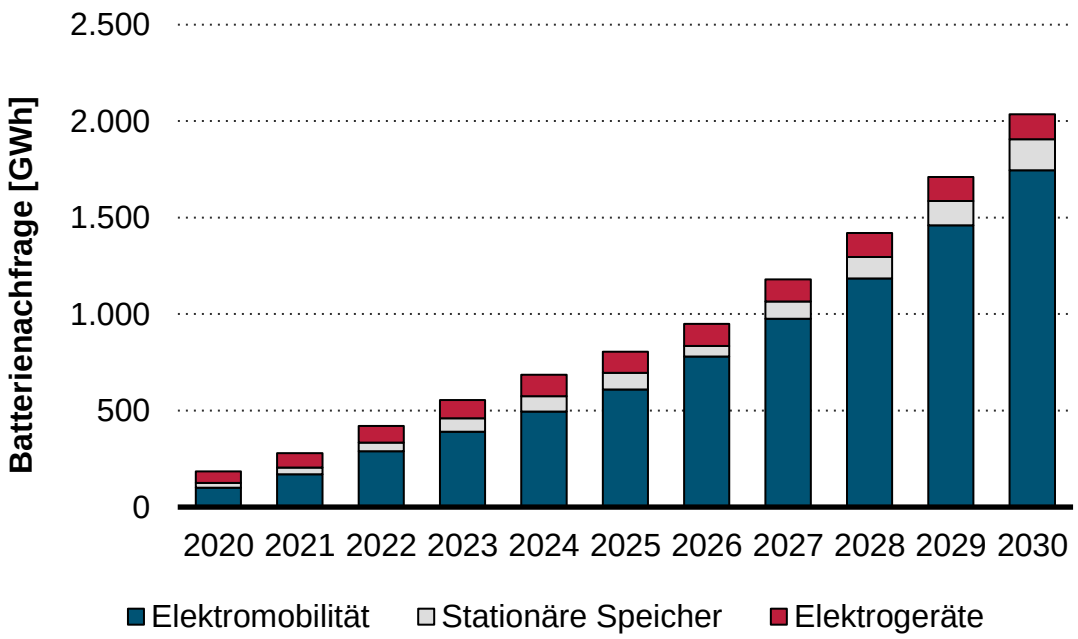
Bildnachweise: Wikimedia Commons (OzarkForever123), Pixabay (danielkirsch, MiRUTH_de, Mikes-Photography), Flick (Marco Verch)

Transition zur Elektromobilität als zentraler Treiber einer steigenden Batterienachfrage

Globale Batterienachfrage nach Anwendungsbereichen (2020)



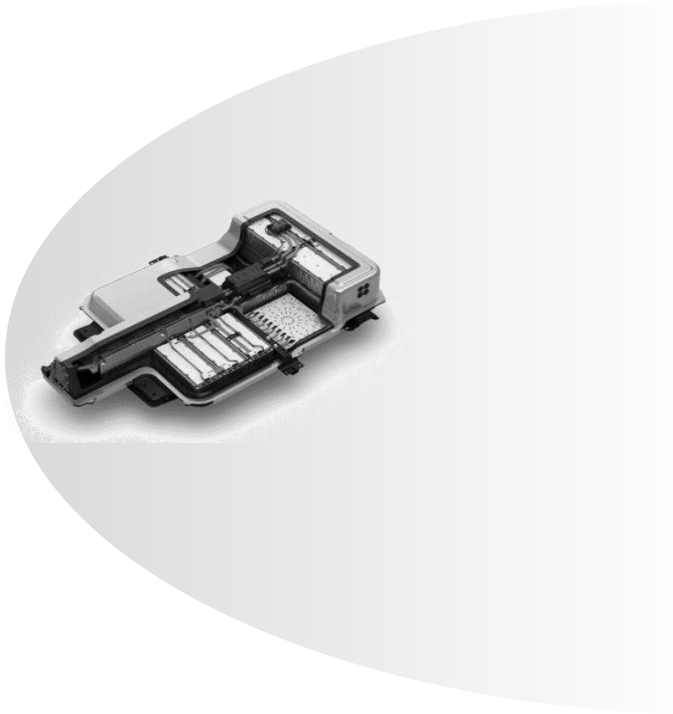
Prognose der zukünftigen Nachfrageentwicklung



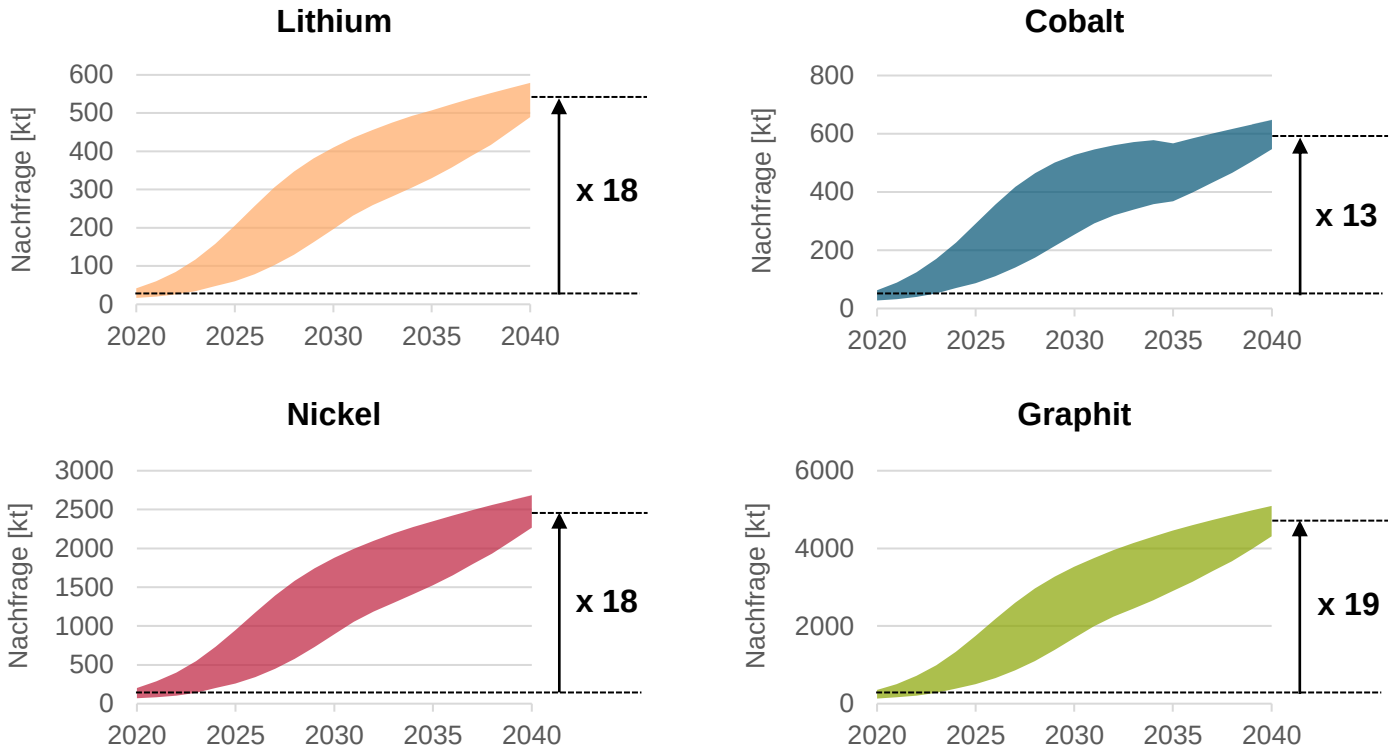
Mittelfristig: Verdopplung der Batterienachfrage alle 3-4 Jahre

Statista (2021) mit Daten von Bloomberg New Energy Finance und U.S. Department of Energy

Entwicklung des Rohstoffbedarfs für die Batterieproduktion



Prognose des globalen Rohstoffbedarfs für Traktionsbatterien 2020 – 2040

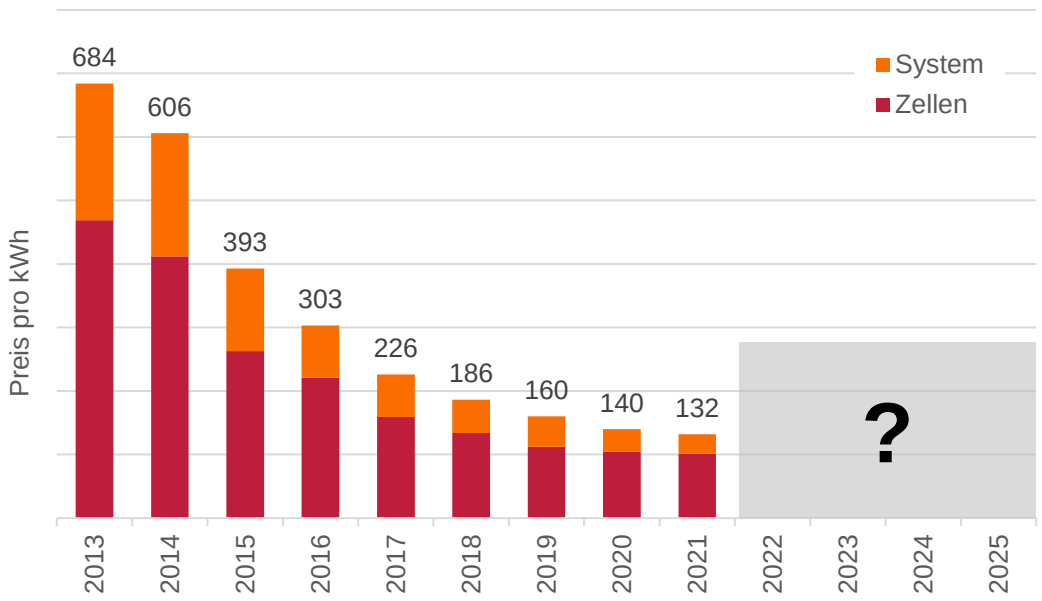


Deutliche Steigerung des Rohstoffbedarfs → Ausbau der (primären und sekundären) Lieferketten erforderlich

Daten basierend auf Dunn et al. (2021)

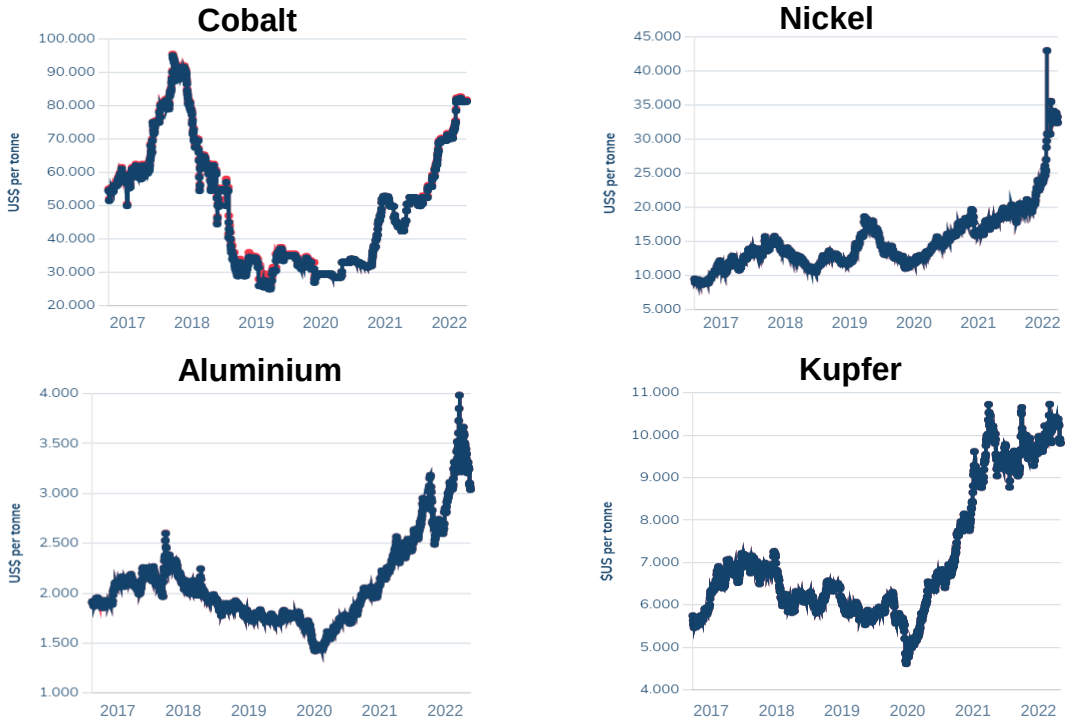
Preisentwicklung von Batterien und Batterierohstoffen: Bremsen die hohen Rohstoffpreise das Wachstum des Batteriemarktes?

Preisentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien seit 2013



Deutliche Kostenreduktion durch technologischen Fortschritt und Skaleneffekte in der Produktion

Preisentwicklung wichtiger Batterierohstoffe (2017 – 2022)



Starke Zunahme der Marktpreise wichtiger Batterierohstoffe

Bloomberg New Energy Finance (2021), LME (2022-04-29)

Steigende Anforderungen an Nachhaltigkeit und Resilienz in Batterie-Lieferketten

- **Lieferkettengesetz** (ab 2023) verlangt verstärkte Verantwortung von Unternehmen für ihre Lieferketten (→ Sorgfaltspflicht)
- **Batteriepass** (geplant ab 2026) mit Angaben über ökologische Auswirkungen (z. B. CO_2-Fußabdruck) und soziale Nachhaltigkeit

Bedarf zur Nachhaltigkeitsbewertung von Batterie-Lieferketten

01.07.2021| Porsche Newsroom

Porsche fordert bei den Lieferanten die Umstellung auf Grünstrom

Porsche unternimmt weitere Anstrengungen, um die CO_2-Emissionen in der Lieferkette zu senken: Ab Juli fordert der Sportwagenhersteller bei seinen rund 1.300 Serienlieferanten den **ausschließlichen Einsatz von erneuerbaren Energien** zur Fertigung der Porsche-Bauteile ein. […]

08.10.2021| Renault Group

Renault to partner with Terrafame for sustainable nickel supply

Terrafame will supply Renault with **low-carbon and fully traceable nickel sulphate** for electric vehicle (EV) batteries. The partnership supports Renault's strategy to offer **competitive, sustainable, and 'made in Europe'** electric vehicles. […]

16.03.2022| electrive.net

Rock Tech Lithium will Lieferkette nachverfolgen

[…] Ziel der Kooperation ist es, eine **umfassende Transparenz der Wertschöpfungskette** des Lithiums zu erhalten. Damit soll der Weg des Lithiums vom Rohmaterial, dem Spodumen, bis zum Endprodukt, dem Lithiumhydroxid, nachverfolgt werden können

BMWK (2022), Porsche (2021), Renault (2021), electrive.net (2022)

Agenda

1 Entwicklung des Batteriemarkts und Implikationen für zukünftige Rohstoffbedarfe

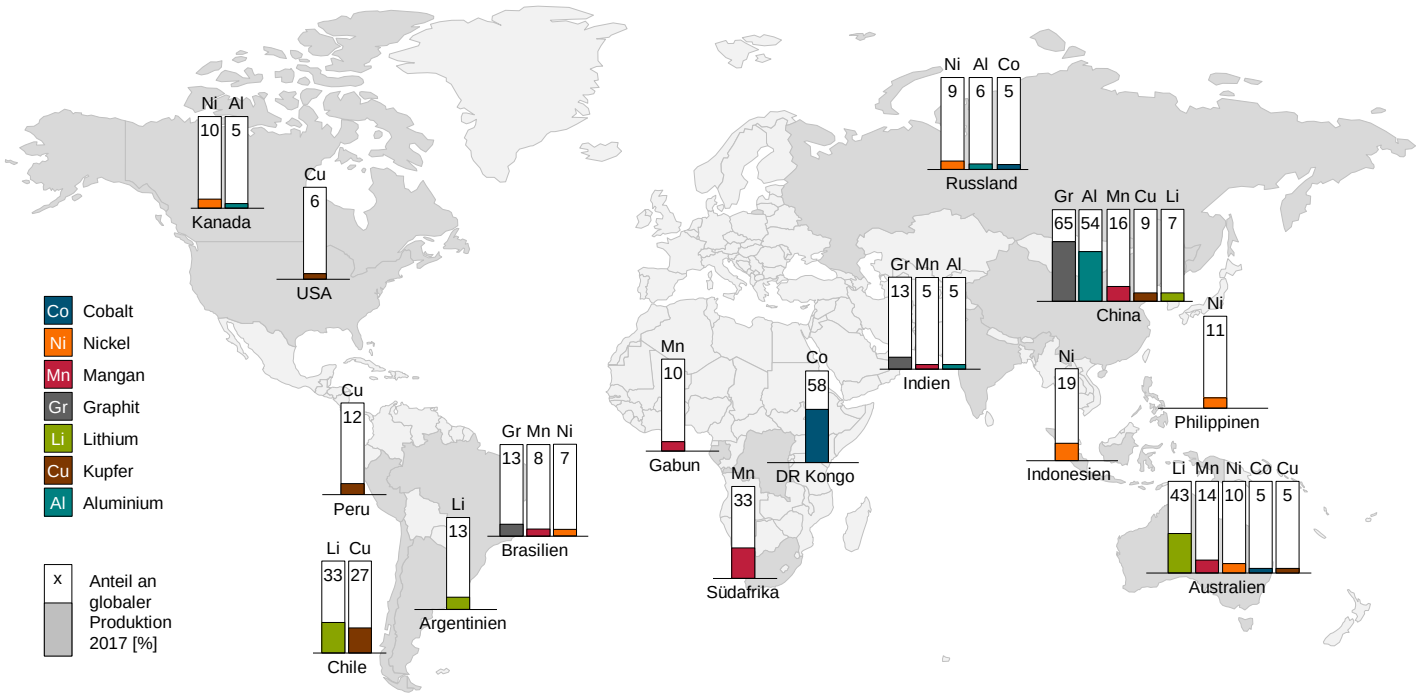
2 Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten

3 Closing the Loop: Potenziale und Herausforderungen von Recycling und Second-Life

4 Fazit

Batterie-Lieferketten und regionale Heterogenität

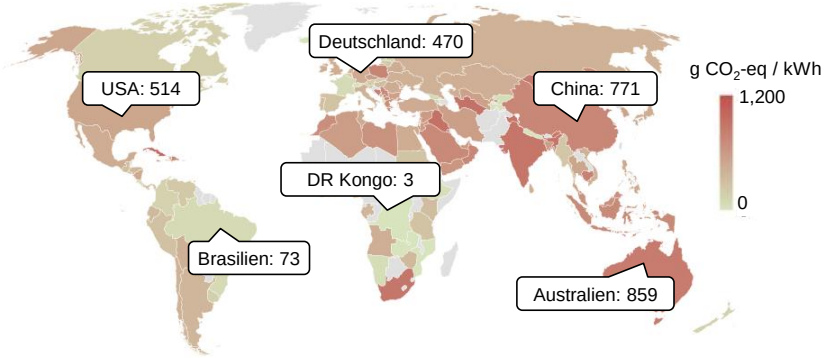
Geographische Verteilung wichtiger Batterierohstoffe



Thies (2021) basierend auf Daten von USGS (2018). Nur Anteile ≥ 5% an der globalen Produktion dargestellt.

Regionale Heterogenität

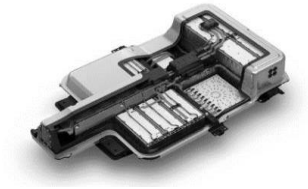
- Beispiel: Länderspezifische CO_2-Intensität des durchschnittlichen Strommix



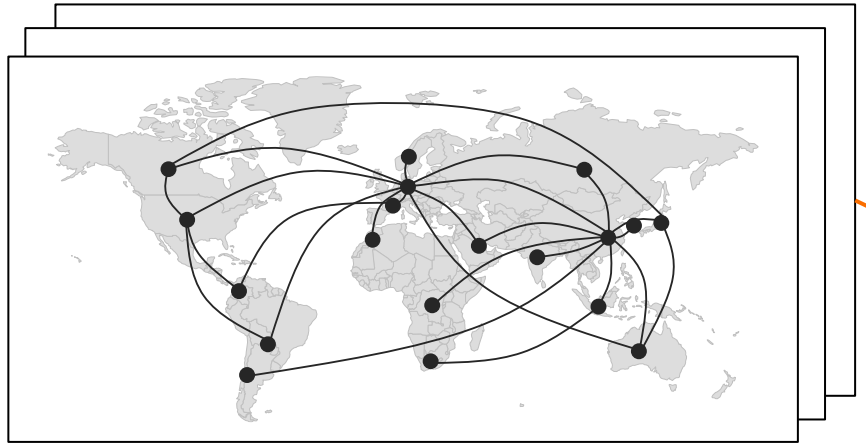
- Weitere regionale Unterschiede hinsichtlich Umwelt, Märkte und Gesellschaft

Wie wirkt sich die Gestaltung der Lieferkette auf die Nachhaltigkeitskennzahlen eines Batteriesystems aus?

Fallbeispiel: Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten
Betrachtungsgegenstand

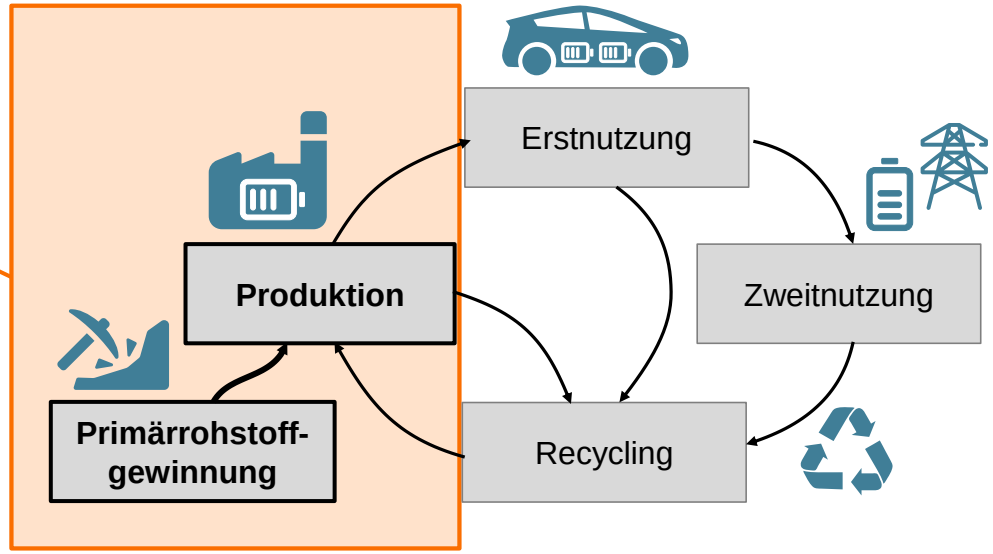


Generisches Batteriesystem, NMC-111, 53 kWh, 314 kg



Ökologisch | Ökonomisch | Sozial

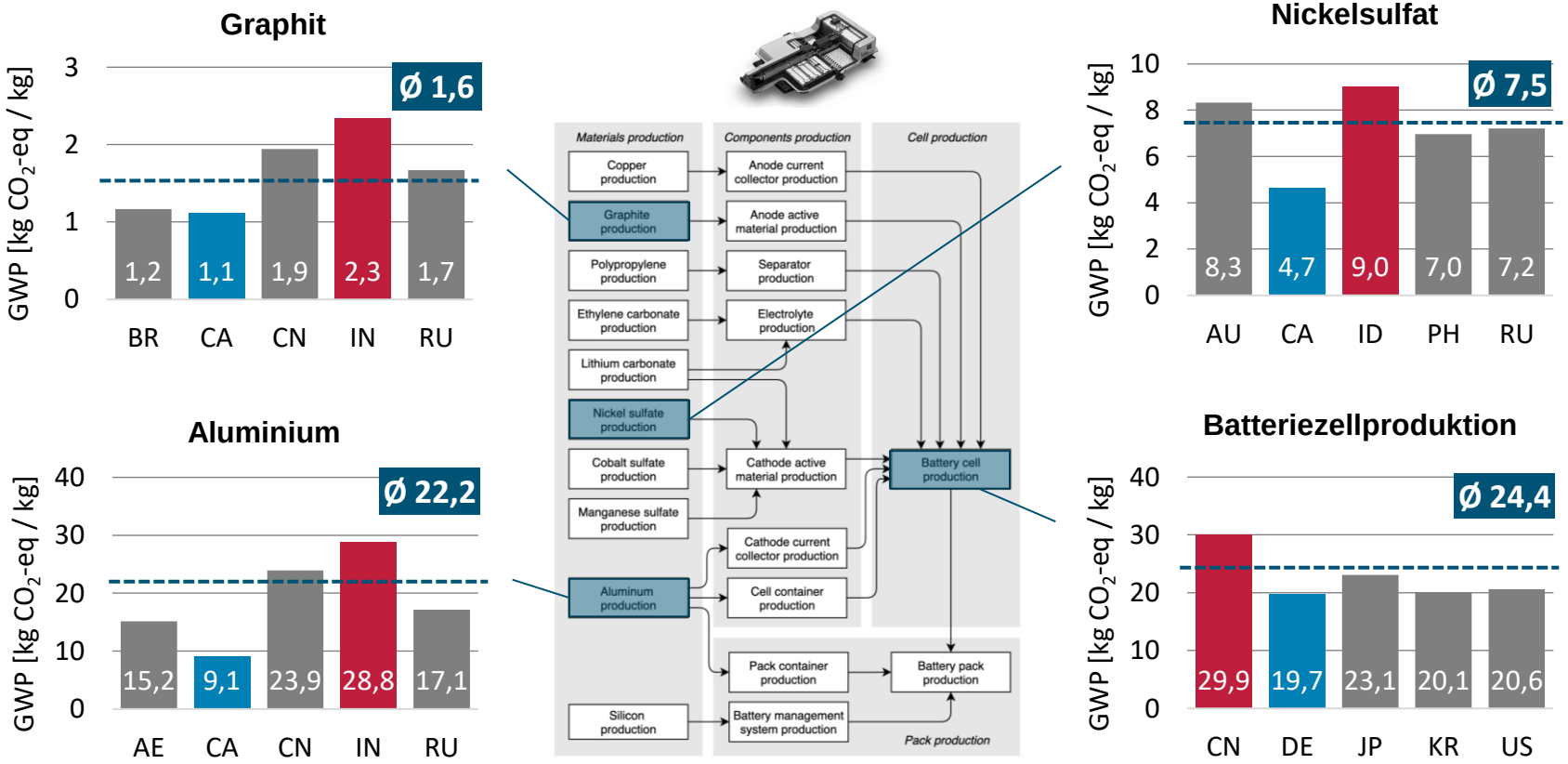
Thies, C.; Kieckhäfer, K.; Spengler, T. S. (2021): Activity analysis based modeling of global supply chains for sustainability assessment, in: Journal of Business Economics, 91 (2), pp. 215–252. https://doi.org/10.1007/s11573-020-01004-x



Konfiguration des Batteriesystems mit BatPaC-Modell (Nelson et al., 2018): https://www.anl.gov/cse/batpac-model-software

Fallbeispiel: Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten
Lieferketten-Konfigurationen

Analyse des länderspezifischen CO_2-Fußabdrucks (GWP) ausgewählter Produktionsprozesse



Definition alternativer Lieferketten-Konfigurationen

BEST GWP

Prozesse in Ländern mit **geringstem GWP-Wert**

BASELINE

Prozesse in Ländern anhand **durchschnittlichem Produktionsmix (2018)**

WORST GWP

Prozesse in Ländern mit **höchstem GWP-Wert**

Thies et al. (2021). GWP: Global warming potential, AE: Vereinigte Arabische Emirate, AU: Australien, BR: Brasilien, CA: Kanada, CN: China, DE: Deutschland, ID: Indonesien, IN: Indien, JP: Japan, KR: Korea, PH: Philippinen, RU: Russland, US: United States

Fallbeispiel: Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten
Ergebnisse

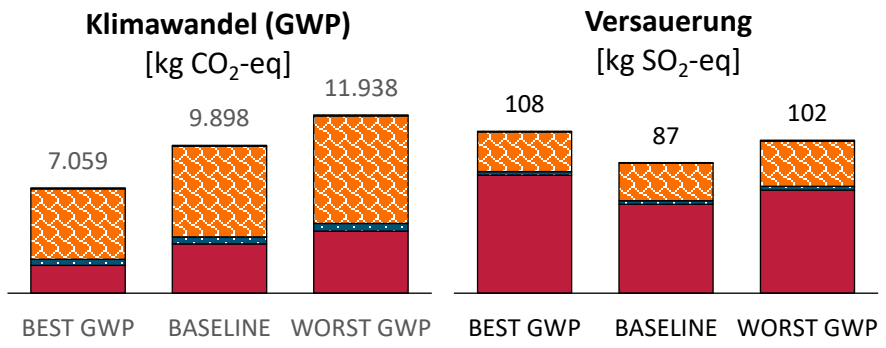
Lieferketten-Konfigurationen

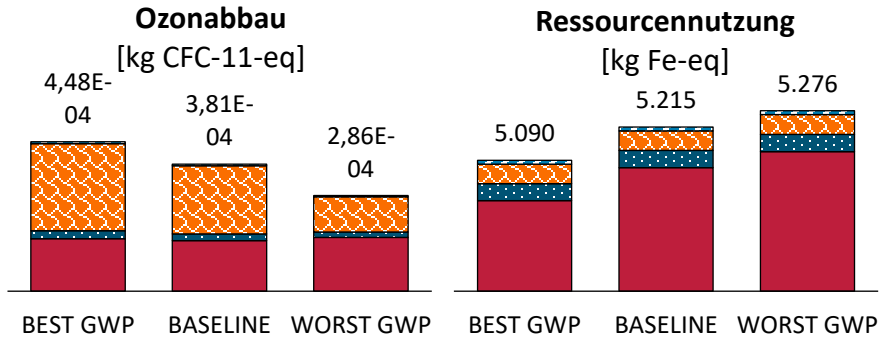
BEST GWP

BASELINE

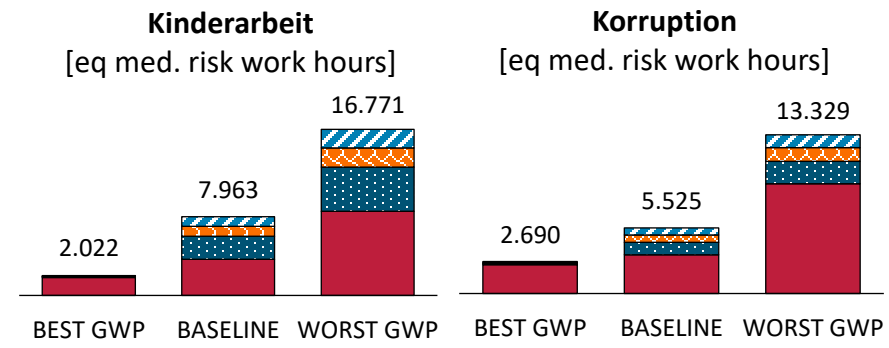
WORST GWP

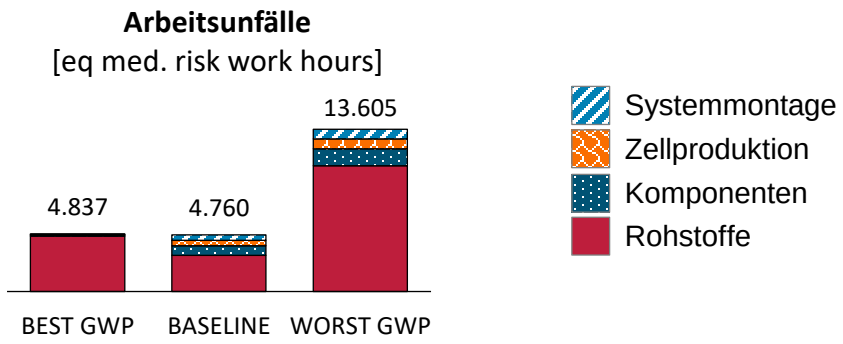
Ökologische Auswirkungen





Soziale Risiken



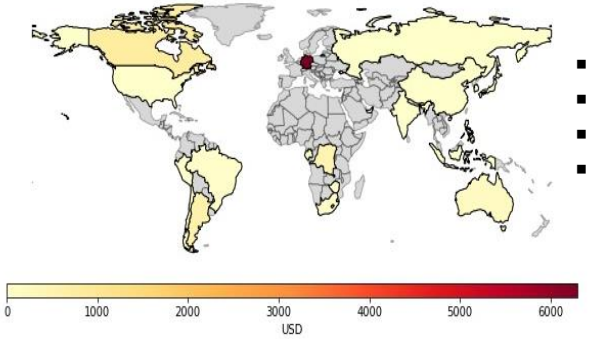


Gestaltung der Lieferkette hat bedeutenden Einfluss auf ökologische und soziale Nachhaltigkeit

Thies et al. (2021)

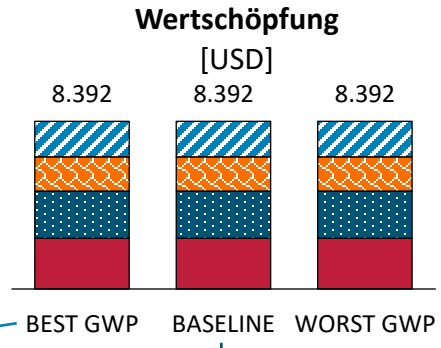
Fallbeispiel: Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten
Ergebnisse

Verteilung der Wertschöpfung (**BEST GWP**)

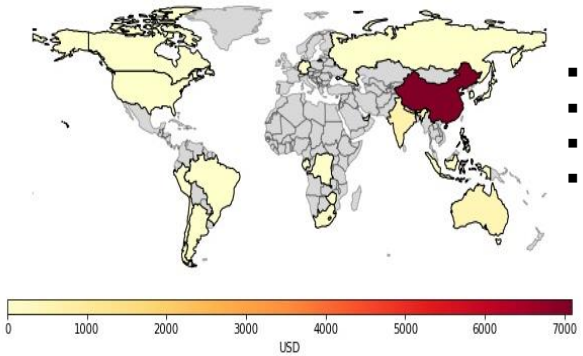


- Deutschland: 75%
- Kanada: 9%
- Argentinien: 7%
- Sonstige: 9%

Ökonomisch

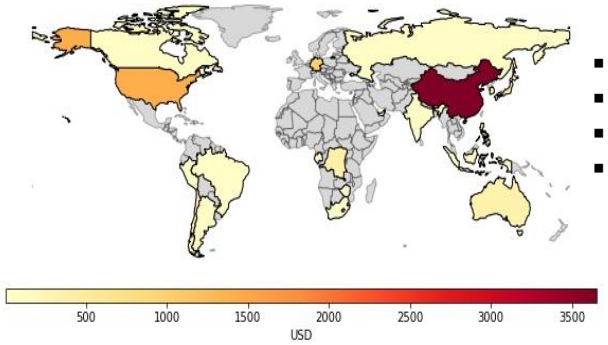


Verteilung der Wertschöpfung (**WORST GWP**)



- China: 85%
- Indien: 7%
- Australien: 6%
- Sonstige: 2%

Verteilung der Wertschöpfung (**BASELINE**)



- China: 44%
- USA: 17%
- Deutschland: 12%
- Sonstige: 27%

- Systemmontage
- Zellproduktion
- Komponenten
- Rohstoffe

Thies et al. (2021)

Agenda

1 Entwicklung des Batteriemarkts und Implikationen für zukünftige Rohstoffbedarfe

2 Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten

3 Closing the Loop: Potenziale und Herausforderungen von Recycling und Second-Life

4 Fazit

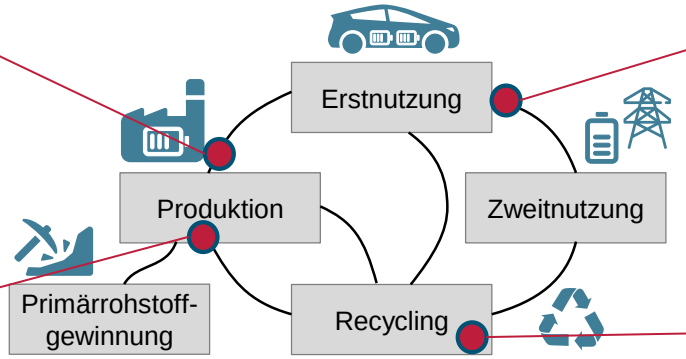
Grundkonzept und Rahmenbedingungen einer Kreislaufwirtschaft für Batterien

Wichtige Elemente der neuen europäische Batterieverordnung zur Förderung der Kreislaufführung

CO_2-Fußabdruck von Traktionsbatterien
- Ab 2024: Verpflichtende Angabe
- Ab 2027: Höchstwerte (tbd.)

Verwertungsquote für Sekundärrohstoffe in neuen Batterien

	2027	2030	2035
Cobalt	Verpflich-tende Angabe	12 %	20 %
Nickel		4 %	12 %
Lithium		4 %	10 %



Zugang zu Battery-Management-System (z. B. Informationen zu State-of-Health und erwarteter Rest-Lebensdauer)

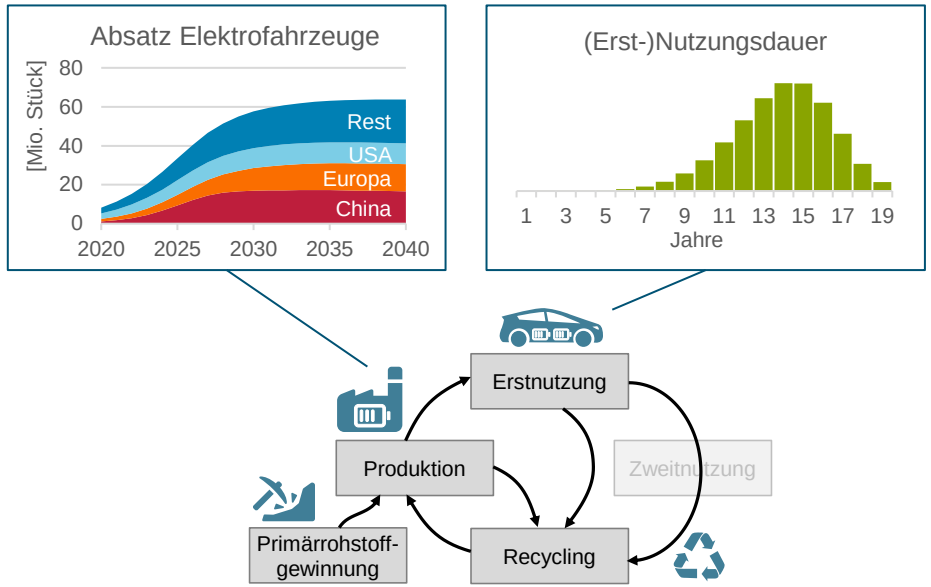
Rohstoffspezifische **Mindestrückgewinnungsraten**

	2026	2030
Kupfer, Cobalt, Nickel	90 %	95 %
Lithium	35 %	70 %

Steigende Anforderungen für die Produktion und das Recycling von Batterien

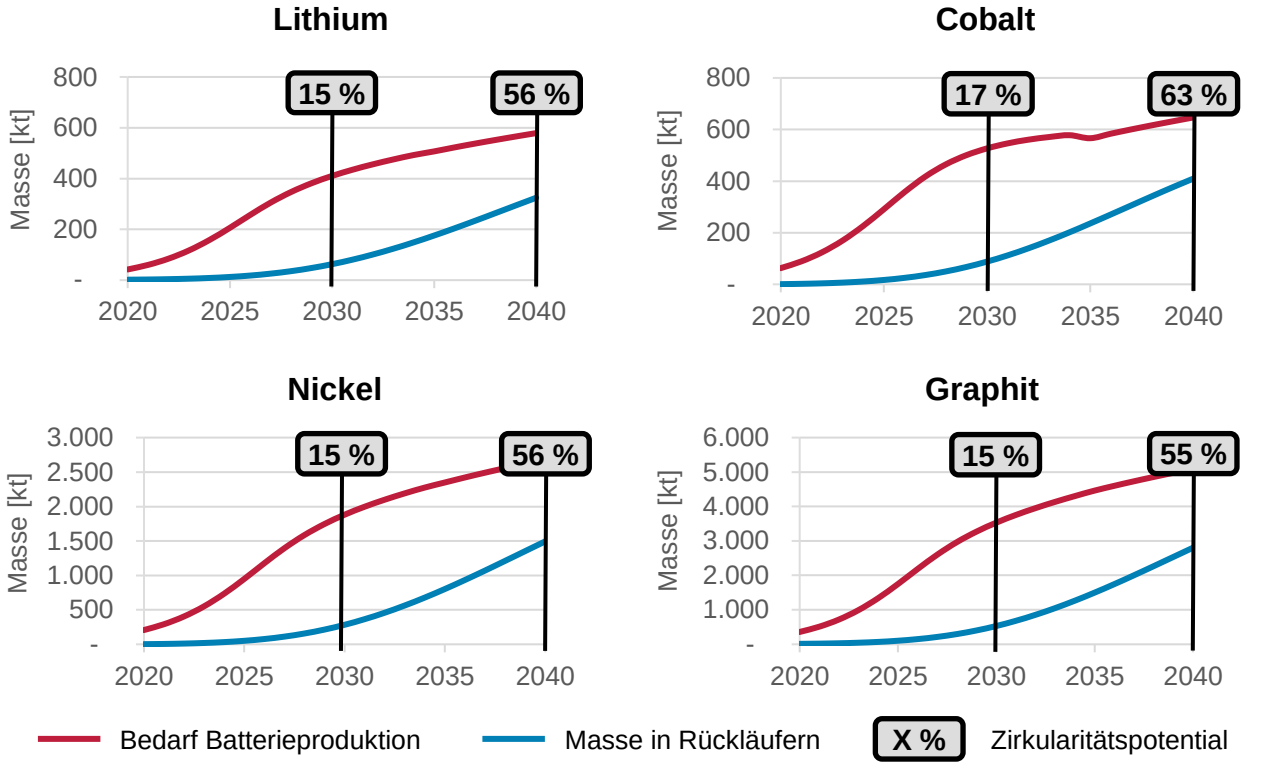
Eigene Darstellung basierend auf Europäische Kommission (2021)

Welcher Anteil des Rohstoffbedarfs kann durch Recycling gedeckt werden?



$$\text{Zirkularitätspotential} = \frac{\text{Rohstoffmasse in Rückläufern}}{\text{Rohstoffbedarf für Produktion}}$$

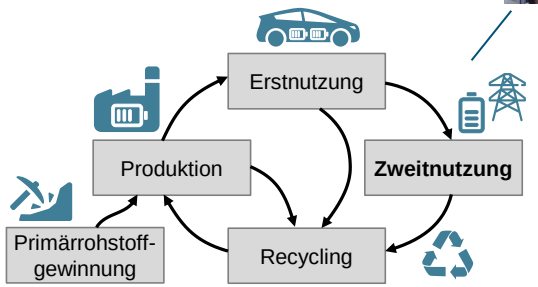
Abgleich der Rohstoffbedarfe und Rohstoffmengen in Batterierückläufern



Während Markthochlauf auch mit idealem Recycling noch hoher Bedarf an Primärrohstoffen, zunehmendes Zirkularitätspotential

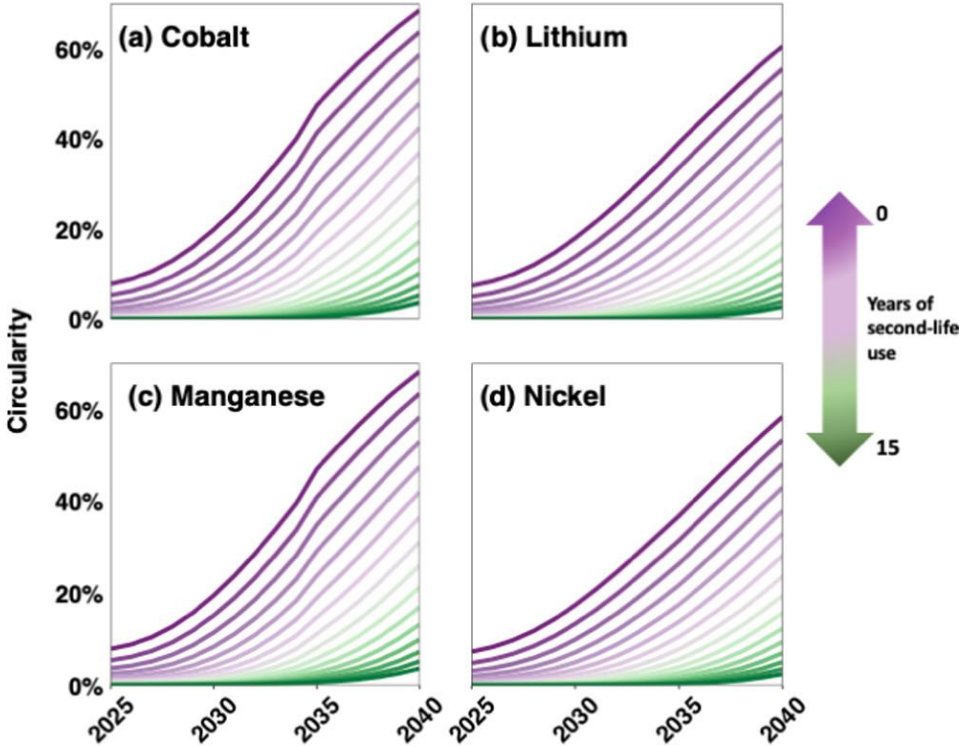
Xu et al. (2020), Dunn et al. (2021)

Wie wirkt sich die Zweitnutzung (Second-Life) von Batterien auf die Kreislaufführung aus?



Speicherfarm aus i3-Batterien im BMW-Werk Leipzig (Foto: BMW Group)

Einfluss der Zweitnutzung auf das Zirkularitätspotential



Second-Life verzögert Rückläufer für das Recycling, reduziert aber auch den Primärrohstoffbedarf für stationäre Speicher

Dunn et al. (2021)

Agenda

1 Entwicklung des Batteriemarkts und Implikationen für zukünftige Rohstoffbedarfe

2 Nachhaltigkeitsbewertung von globalen Batterie-Lieferketten

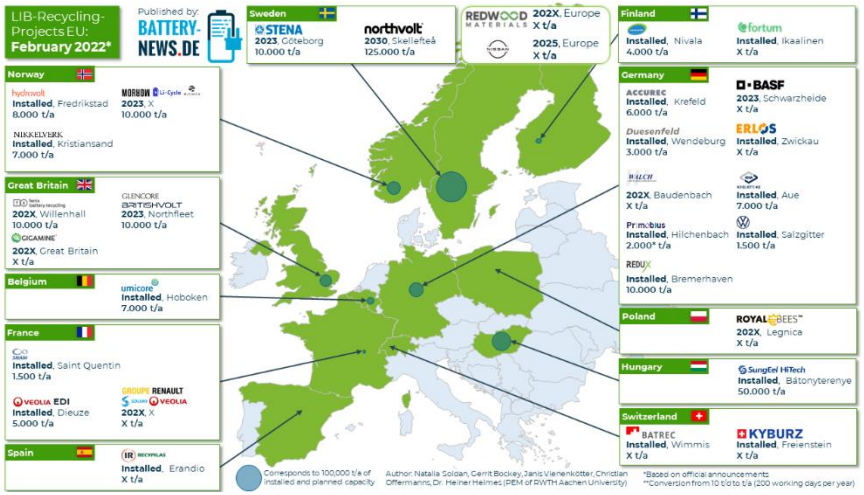
3 Closing the Loop: Potenziale und Herausforderungen von Recycling und Second-Life

4 Fazit

Handlungsfelder und Forschungsaktivitäten für nachhaltige Batteriekreisläufe

Zentrale Handlungsfelder für Industrie, Politik und Forschung

- Design für Kreislaufwirtschaft (Modularität, Recyclingfähigkeit, …)
- Weiterentwicklung hocheffizienter Recyclingtechnologien
- Entwicklung von Kennzahlen und Bewertungsmethoden
- Etablierung wirksamer Anreizsysteme
- Aufbau der physischen und logistischen Recycling-Infrastruktur
- Stärkung der interdisziplinären (Aus-)Bildung und Forschung



Forschungsaktivitäten in der Region und darüber hinaus

Graduiertenkolleg CircularLIB

- 19 Promotionsprojekte in vier Forschungsfeldern
- Laufzeit: 2021 – 2024
- Förderung: MWK Niedersachsen

Kompetenzcluster Recycling & Grüne Batterie

- 16 Forschungsprojekte an 34 deutschen Instituten und Forschungseinrichtungen
- Laufzeit: 2020 – 2024
- Förderung: BMBF

Soldan et al. (2022)

Vision: Zirkuläre Produktion von Batterien und membranbasierten Energiespeichern

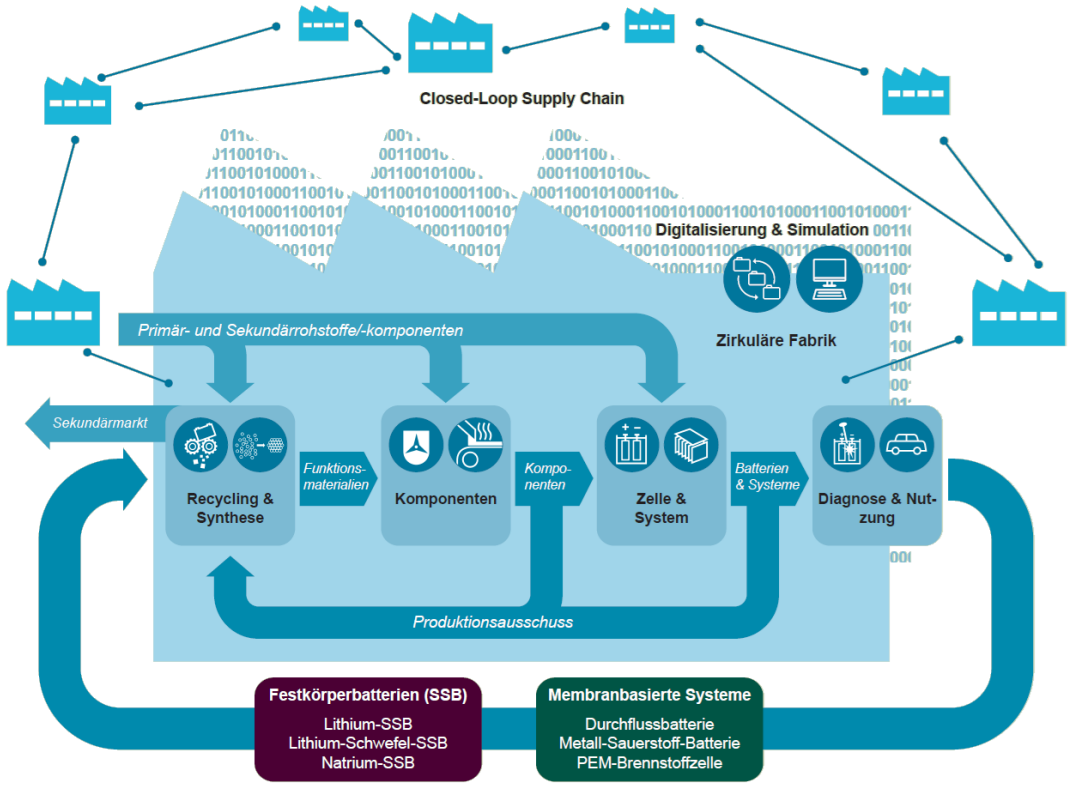
Geplanter Aufbau eines „Center for Circular Production of Next Batteries and Fuel Cells“ (CPC) in Braunschweig

29.04.2022 | MWK Niedersachen

Wissenschaftsrat empfiehlt Forschungsneubau in Braunschweig

WISSENSCHAFTSMINISTER THÜMLER: „GROSSER SCHRITT FÜR SPITZENFORSCHUNG“

Der Wissenschaftsrat hat im Rahmen seiner Frühjahrssitzung in Erfurt den Antrag der Technischen Universität Braunschweig für das **„Center for Circular Production of Next Batteries and Fuel Cells“ (CPC)**“ für die Förderphase 2023 empfohlen.



MWK Niedersachsen (2022), Wissenschaftsrat (2022)

Technische Universität Braunschweig

Strategien für nachhaltige und resiliente Lieferketten für Lithium-Ionen-Batterien

Dr. Christian Thies, Technische Universität Braunschweig
Kontakt: ch.thies@tu-braunschweig.de; +49 531 391 2217

Referenzen

- **BMWK (2022-04-25).** *Darum geht's beim Batteriepass für Elektroautos.* Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Accessed: April 29, 2022. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/Batteriezellfertigung/batteriepass.html
- **Bloomberg New Energy Finance (2021):** *Battery Pack Prices Fall to an Average of $132/kWh, But Rising Commodity Prices Start to Bite.* https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-to-an-average-of-132-kwh-but-rising-commodity-prices-start-to-bite/
- **Dunn, J., Slattery, M., Kendall, A., Ambrose, H., & Shen, S. (2021).** *Circularity of Lithium-Ion Battery Materials in Electric Vehicles*. https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07030
- **electrive.net (2022-03-16).** *Rock Tech Lithium will Lieferkette nachverfolgen.* Accessed: May 4, 2022. https://www.electrive.net/2022/03/16/rock-tech-lithium-will-lieferkette-nachverfolgen/
- **Europäische Kommission (2021).** *Batteries and accumulators.* Accessed: April 29, 2022. https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/batteries-and-accumulators_de
- **LME (2022).** *Price graphs*. London Metal Exchange. Accessed: April 29, 2022. https://www.lme.com/en/Metals
- **Nelson, P., Gallagher, K., Bloom, I., Dees, D., & Ahmed, S. (2018).** *BatPaC - A Lithium-Ion Battery Performance and Cost Model for Electric-Drive Vehicles: Version 3.1 (2018-06-28)*. http://www.cse.anl.gov/batpac
- **Porsche (2021-07-01)**. *Porsche fordert bei den Lieferanten die Umstellung auf Grünstrom ein.* Porsche Newsroom. Accessed: May 4, 2022. https://newsroom.porsche.com/de/2021/nachhaltigkeit/porsche-co2-neutralitaet-2030-lieferanten-umstellung-gruenstrom-24967.html
- **Renault (2021-10-08).** *Renault to partner with Terrafame for sustainable nickel supply.* https://www.renaultgroup.com/en/
- **Soldan, N., Bockey, G., Heimes, H. (2022-02-18):** *LIB-Recycling-Projects EU, February 2022.* Battery-News.de. Accessed: May 4, 2022. https://battery-news.de/index.php/2022/02/18/batterie-recycling-in-europa-stand-februar-2022/
- **Statista. (2021).** *Projected global battery demand from 2020 to 2030, by application (in gigawatt hours)*. Statista. Accessed: March 16, 2022. https://www.statista.com/statistics/1103218/global-battery-demand-forecast/
- **Thies, C. (2020).** *Sustainability assessment of products with global supply chains: Methodological contributions and applications to electric mobility*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.30335.12964
- **Thies, C., Kieckhäfer, K., & Spengler, T. S. (2021).** Activity analysis based modeling of global supply chains for sustainability assessment. *Journal of Business Economics*, *91*(2), 215–252. https://doi.org/10.1007/s11573-020-01004-x
- VDI/VDE. (2022). *European Battery Cell Production Expands*. https://www.ipcei-batteries.eu/fileadmin/Images/accompanying-research/market-updates/2022-01-BZF_Kurzinfo_Marktanalyse_Q4_ENG.pdf
- **Xu, C., Dai, Q., Gaines, L., Hu, M., Tukker, A., & Steubing, B. (2020).** Future material demand for automotive lithium-based batteries. *Nature Communications Materials*, *1*(1). https://doi.org/10.1038/s43246-020-00095-x