

# Recycling von Lithium-Ionen-Batterien Klimaschutz, Ressourcenschonung und wirtschaftliche Effekte

Dr. Ina Meyer, Dr. Mark Sommer

---

Recy & DepoTech 2022  
Montanuniversität Leoben

09.-11. November 2022 in Leoben




# Dekarbonisierung erfordert nachhaltiges Management von Rohstoffen

- Übergang zu **Netto-Null Treibhausgasemissionen** bis **2050/2040** erfordert umfassenden Einsatz **erneuerbarer Energietechnologien**, u.a. **Lithium-Ionen-Batterien (LIB) als Energiespeicher** (sowie PV, Wind)
- Erneuerbare Energietechnologien benötigen i.d.R. deutlich größere Mengen an Rohstoffen (Metalle, Mineralien) als ihre fossilen Pendanten
- Rasche Umstellung auf erneuerbare Technologien treibt Nachfrage nach Rohstoffen, wie z.B. **Lithium, Nickel, Kobalt, Graphit, Kupfer, Aluminium und Seltene Erden** in die Höhe.
  - Jüngste **Preisanstiege bei Rohstoffen triggern Investitionen** in **Exploration und Förderung**, dennoch besteht das **Risiko**, dass Rohstoffangebot nicht mit -nachfrage Schritt halten kann
  - Weitere **Risiken** durch Auswirkungen von Bergbauprojekten auf **Umwelt, Gesellschaft und Unternehmensführung (ESG)**, wie
    - geopolitische Spannungen, bewaffnete Konflikte, Menschenrechtsverletzungen, Bestechung und Korruption,
    - Emissionen, Wasserstress und -verschmutzung, Verlust der Artenvielfalt, soziale Verwerfungen (**Responsible Sourcing**)

# Kreislaufwirtschaft für ein nachhaltiges Ressourcenmanagement: das Projekt LIBRAT

- Zuverlässige Lieferketten sichern die Bereitstellung erneuerbarer Energietechnologien zur Erreichung der globalen Klimaziele.
- Maßnahmen sind erforderlich, um Vielfalt und Widerstandsfähigkeit der Lieferketten zu erhöhen
- **Kreislaufwirtschaftsstrategien** wie **Repair, Re-Use, Re-Manufacturing** und **Recycling** gelten als systemischer Ansatz für die effiziente Nutzung von Ressourcen
  - *Durch Rückgewinnung von Rohstoffen aus Abfallströmen entlastet das Recycling die Versorgung mit Primärrohstoffen und reduziert die Abfallströme*
  - *Recycling ist i.d.R. weniger energieintensiv als die Produktion von Primärrohstoffen*
  - *Lokales Ressourcenmanagement trägt zur Ressourcensicherheit bei*
  - *Recycling schafft lokale Arbeitsplätze und generiert Wertschöpfung*

 **Forschungsprojekt LIBRAT (2021): Entwicklung einer Wertschöpfungskette für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) - Universität für Bodenkultur, Montanuniversität Leoben, WIFO**

Analyse der Wirtschaftlichkeits-Hypothese von Kreislaufwirtschaftsstrategien am Bsp. LIB



# Das Transition Szenario

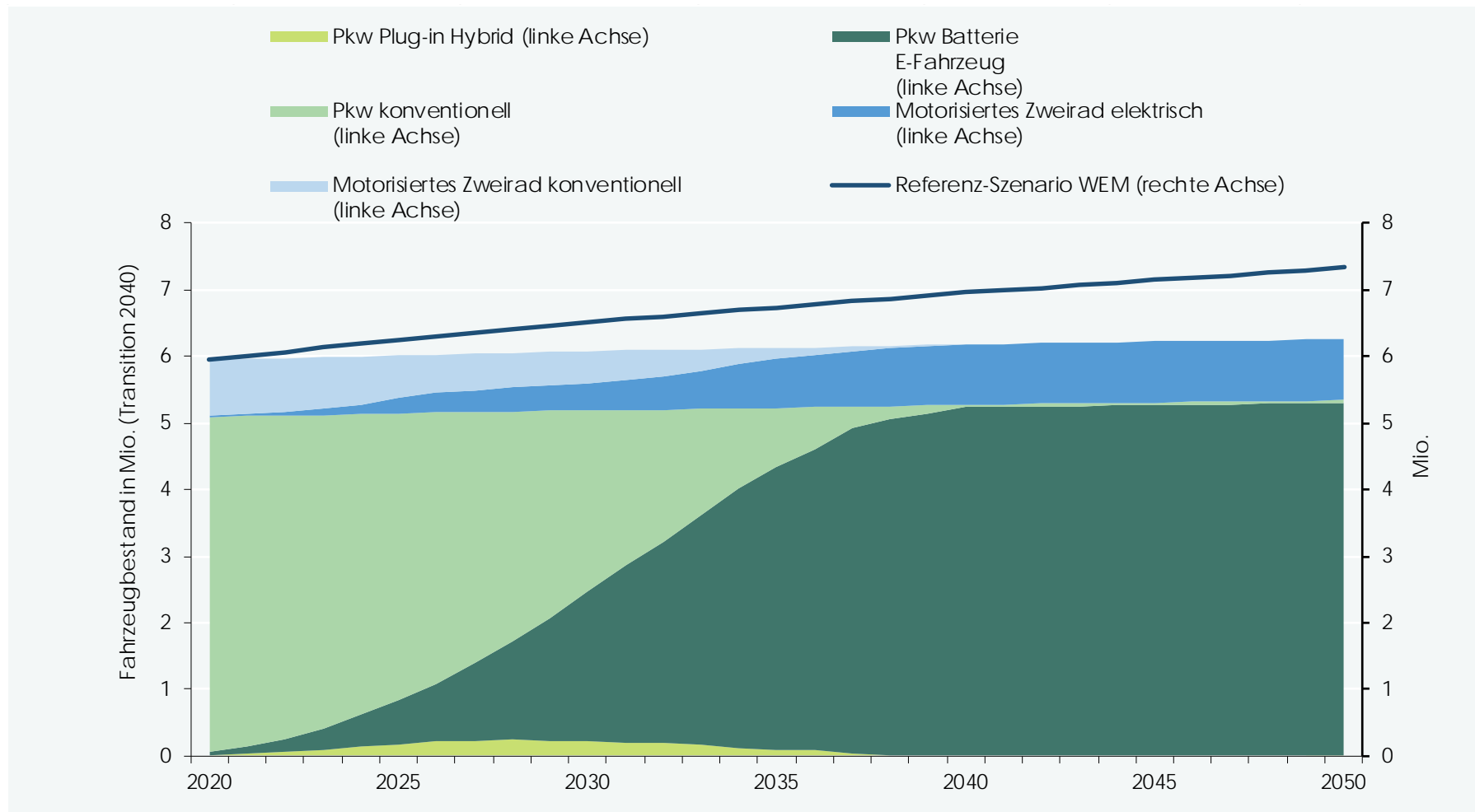
## Ein Paris-konformes Energieszenario für Österreich

Um dem hohen Grad an Unsicherheit über das zukünftige Aufkommen von Altbatterien zu begegnen, wurde ein Paris-kompatibles Energieszenario, das **Transition Szenario**, für die Quantifizierung der End-of-Life LIB Ströme herangezogen.

**Transition Szenario:** Konsistentes Energieszenario AT (2015/2050), Klimaneutralität (-80%/95% CO<sub>2</sub> 2050/1990).

- **Fokus: Elektrifizierung, umfassender Einsatz erneuerbarer Energiesysteme**
- **Energie- und Ressourceneffizienzmaßnahmen**
- **Ökosoziale Steuerreform:** 2015: 8 € je t CO<sub>2</sub>, 2020: 15 € je t, 2030: 40 € je t, 2050: 200 € je t (WEO 2016)
- **Globales Klimaschutzszenario, kein Leakage**
- **Maßnahmen außerhalb des Energiesektors:** z.B. Raumplanung bewirkt Verhaltensänderungen
- **Verkehr:** geringere Verkehrsleistung, geringerer Autobestand pro Kopf, Shift in Modal-Split
- **Ordnungsrechtliche Maßnahmen forcieren den Einsatz der Elektromobilität:**
  - Ab 2030 müssen alle neu zugelassenen Pkw in Österreich einen CO<sub>2</sub>-freien Antrieb haben
  - für leichte Nutzfahrzeuge 2035, für schwere Nutzfahrzeuge (3,5 t bis 40 t) ab 2040
- **Das Transition Szenario wurde auf das Jahr 2040 komprimiert.**

# Diffusion von elektrisch betriebenen Personenfahrzeugen im Transition Szenario



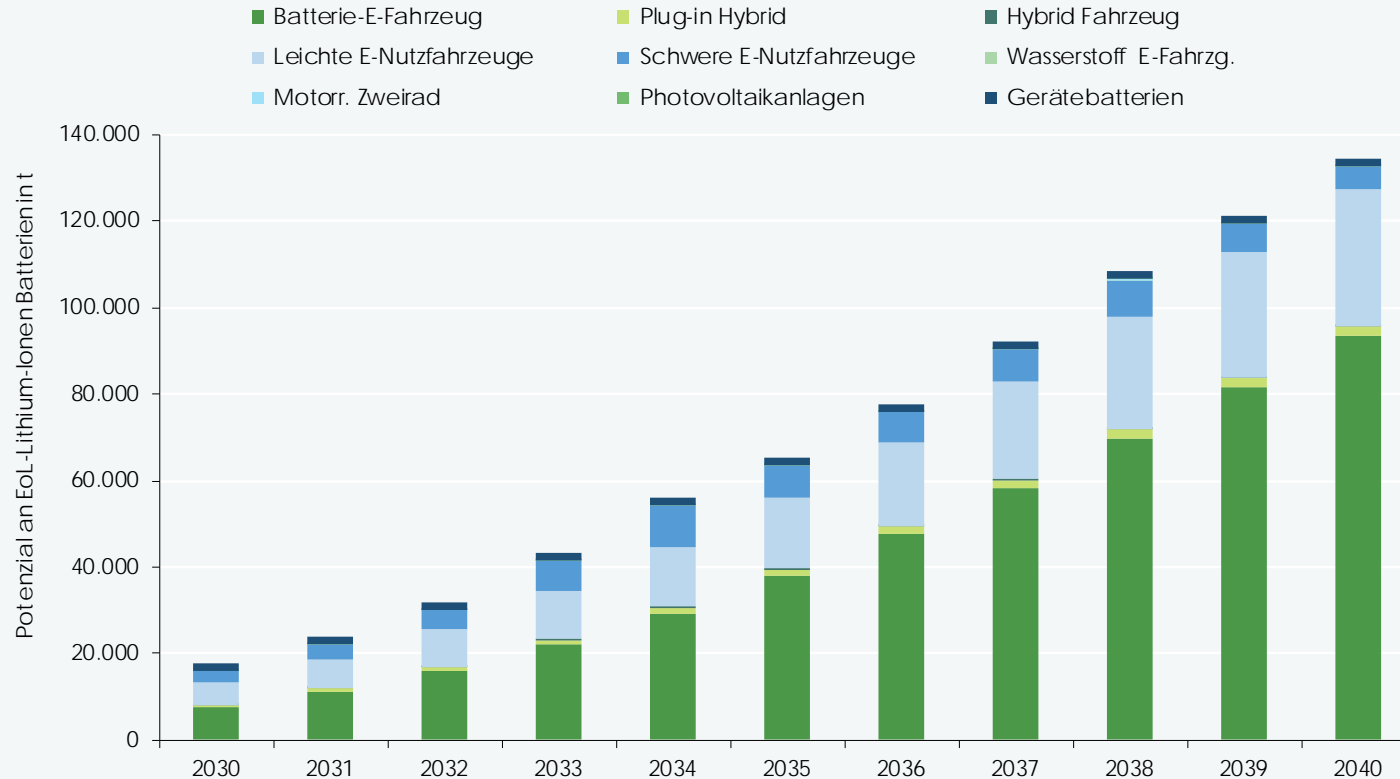
## Ableitung End-of-Life(EoL)-LIB Ströme (2040)

in t	Szenario High	Szenario Low
EoL-LIB	195.000	195.000
Verluste/Exporte	-51.000	-66.000
Sammelmenge	144.000	129.000
Wiederverwertung (Re-Use)	-21.000	-9.000
Sammelmenge nach Re-Use	123.000	120.000
Nettoimport	11.000	0
Verfügbar für Recycling	134.000	120.000

Photovoltaikanlagen mit Energiespeichern wurden ebenfalls berücksichtigt

- Jährliche Bestandsänderungen in der Fahrzeugflotte
- Annahmen zu Lebensdauer von LIB und Stückgewichten
- Annahmen zu Export/Import und Re-use of EoL-LIB bestimmen den verfügbaren Bestand an EoL LIB für das Recycling
- Zur Berechnung der wirtschaftlichen Auswirkungen von Investitionen und Betrieb von Recyclinganlagen wird das "Szenario Hoch" verwendet.

# Geschätztes jährliches Aufkommen von EoL-LIB im „Szenario High“



- Durchschnittliche Lebensdauer:  
11 Jahre für E-Fahrzeuge  
20 Jahre für PV Systeme
- Batterien müssen während ihrer Lebensdauer 1,1 Mal ausgetauscht werden (1,5 Mal für leichte Nutzfahrzeuge und 1,75 Mal für schwere Nutzfahrzeuge)

Ab 2028 ist in Österreich mit einer Recyclingmenge von mindestens 10.000 t zu rechnen.

# Ökonomische Effekte des Recyclings von LIB

## Daten und Methode

- **Input-Output Analyse** gekoppelt mit **makroökonomischem Modell der österr. Wirtschaft**
- Darstellung der Vorleistungskette, wenn Investitionen getätigt werden oder wenn sich Strukturen ändern, z.B. durch den Betrieb einer neuen Recyclinganlage.
- Direkte, indirekte und induzierte Effekte
  - **Direkte Effekte** beziehen sich auf Investitionen und den Betrieb der Recycling-Anlagen
  - **Indirekte Effekte** beziehen sich auf die Produktion von Gütern und die Beschäftigung, die sich aus der veränderten Nachfragestruktur und den **notwendigen Vorleistungen in anderen Sektoren ergeben.**
  - **Induzierte Effekte** ergeben sich durch den mit der Produktionssteigerung verbundenen Einkommenszuwachs, der privaten Konsum erhöht (**konsum-induzierte Effekte**)
- Vor allem die **Weltmarktpreise für (Sekundär-)Materialien beeinflussen die einzelwirtschaftliche Rentabilität von Recyclinganlagen.**
- Aussagekräftige Prognose der Rohstoffpreise bis 2040 unmöglich, **verschiedene Bandbreiten für die Preisentwicklung der rezyklierten Materialien wurden definiert:** ein mittleres, oberes und unteres Preisband. Die historischen Höchst- und Tiefstwerte der Rohstoffpreise definieren die Bandbreite



# Rohstoffpreise, Anteile und Ausbeute der durch Recycling von Lithium-Ionen-Batterien anfallenden Sekundärmaterialien

Endprodukt/ -material	Preise 2020	Höchst- preis € je t	Niedrigst- preis	Anteil <sup>5)</sup> je t LIB	Ausbeute <sup>6)</sup>	
					bis 2025 In %	bis 2030
Aluminiumschrott <sup>1)</sup>	600	930	560	30	95	95
Kupferschrott <sup>1)</sup>	3.800	5.430	2.260	11	99	99
Stahlschrott <sup>1)</sup>	700	1.080	360	7	97	97
Elektronikschrott <sup>1)</sup>	300	300	300	3	60	60
Mangan <sup>2)</sup>	1.700	2.300	1.700	6	30	70
Nickel <sup>2)</sup>	12.100	32.670	8.420	3	90	95
Lithium <sup>3)</sup>	5.400	20.210	5.400	1	35	70
Cobalt <sup>3)</sup>	28.900	62.970	23.300	1	90	95
Entsorgungskosten für ungefährlichen Abfall <sup>4)</sup>	150	150	150	22		
Entsorgungskosten für gefährlichen Abfall <sup>4)</sup>	500	500	500	10		
Sonstige Stoffe (Sauerstoff)	n.v.	n.v.	n.v.	6		

Q: WIFO, basierend auf Pistoia, Liaw (2018). EMC (Ethylmethylcarbonat), DMC (Diethylcarbonat), EC (Ethylcarbonat) wurden dem gefährlichen Abfall zugeordnet. 1) Basierend auf Pistoia, Liaw (2018). 2) Preise lt. Expertenannahmen. 3) Preise lt. Thies et al. (2018). 4) Preise lt. World Bank (2021). 5) tradingeconomics.com (2021a, b). 6) Preis entspricht den Entsorgungskosten

# Kosten einer Recyclinganlage

	Kapazität t.a	Investition <sup>3)</sup> €	Fixe Betriebs- kosten <sup>1)</sup> €/a	Variable Betriebs- kosten <sup>1)</sup> €/t	Ökonomische Lebensdauer <sup>2)</sup> a
Gebäude	-	3.648.000	66.000	0	50
Behandlung, Entladung und Transport	6.000	386.500	2.400	210	20
Zerlegung	6.000	44.000	480	430	20
Mechanische Behandlung (Lösungsmittel extraktion)	6.000	6.171.000	684.000	0	20
Hydro/Pyrometallurgische Behandlung	6.000	9.750.500	1.080.755	0	20
<b>Gesamtanlage</b>	<b>6.000</b>	<b>20.000.000</b>	<b>1.833.635</b>	<b>640</b>	

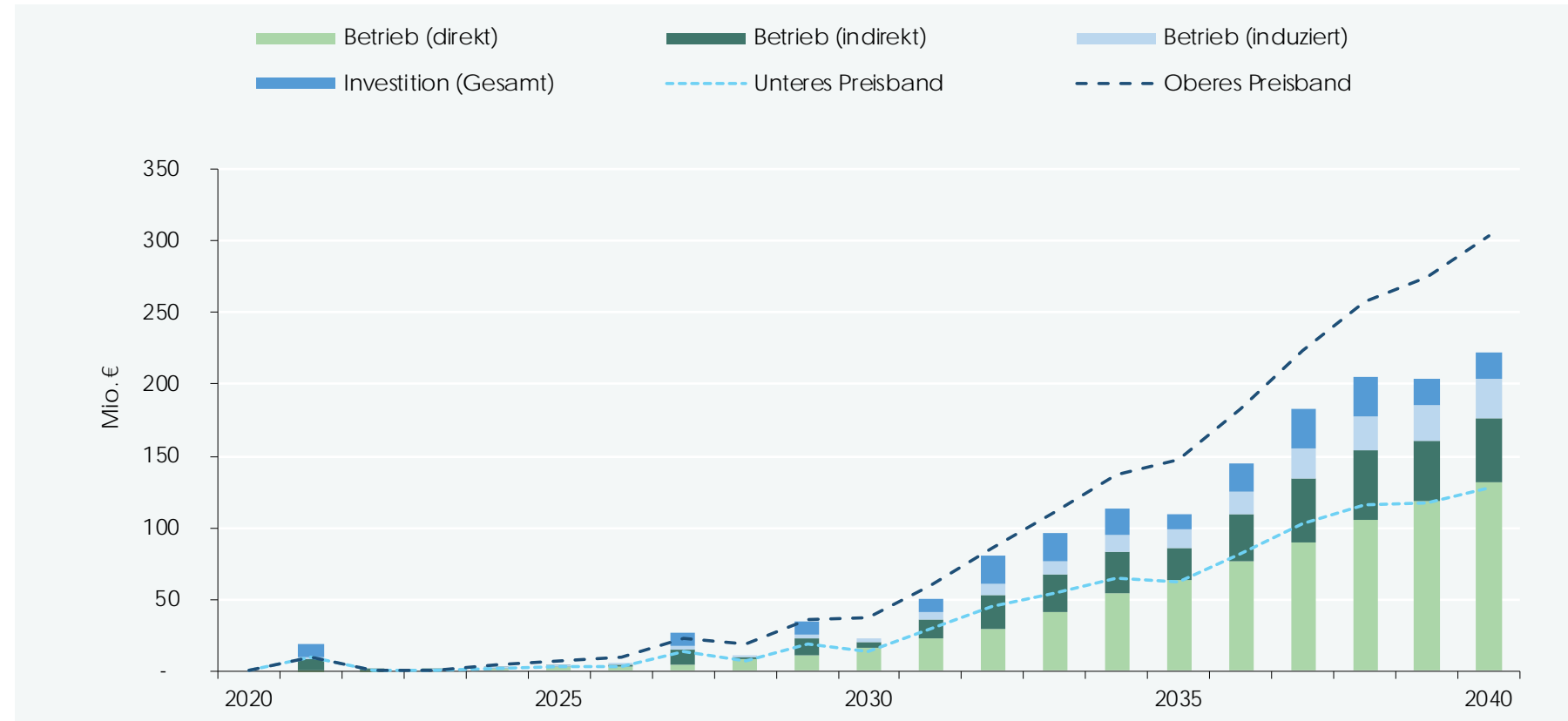
Q: Thies et al. (2018), Experteninterview, WIFO-Berechnungen. – 1) abgeleitet aus Fig.15.4 in Thies et al. (2018). – 2) Annahme. – 3) Gesamtinvestitionsvolumen aus Experteninterview; Investitionen für Gebäude, Behandlung, Zerlegung und mechanische Behandlung aus Thies et al. (2018).

# Wertschöpfungseffekte des Recyclings von LIB

Ein **positiver Cashflow** (NPV) wurde in den **oberen und mittleren Preisszenarien** berechnet

In der **unteren Preisspanne** wurde der **Kapitalwert negativ**, d.h. die diskontierten Kosten übersteigen die diskontierten Einnahmen (2040)

Eine **Entsorgungsgebühr von 0,185 € pro kg**, oder **74 € für eine 400 kg EoL-LIB** bewirken einen **positiven NPV im unteren Preisband**. 2040: 25 Mio. € Entsorgungskosten für die HH.



Ein Prozess, der **aus unternehmerischer Sicht unrentabel** ist, kann dennoch aus **makroökonomischer Sicht das BIP erhöhen**, wenn private/öffentliche Akteure entsprechende Entsorgungsgebühren entrichten (**Finanzierungsmodelle**).

Im Vergleich zu alternativen, wirtschaftlich rentableren Nutzungen sind **solche Investitionen positiv zu bewerten**, wenn sie zur **Erreichung gesamtgesellschaftlicher Ziele oder "öffentlicher Güter" wie Klimaschutz und Ressourcensicherheit beitragen**.

**Positive externe Effekte** durch die Entwicklung von **industriellem Know-how im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb von Recyclinganlagen**, d.h. die **Entwicklung von Umweltinnovationen und -technologien**, fallen ebenfalls in diese Kategorie.

Ein **negativer Kapitalwert** bedeutet also lediglich, dass sich **eine Investition aus Sicht des Investors nicht rechnet** und daher ohne weitere Regulierung oder Anreize - wie Gebühren, Subventionen oder wirtschaftspolitische Rahmenbedingungen, wie z.B. die Batterierichtlinie (2006/66/EG) - wahrscheinlich nicht getätigt wird.



**“The rise in global emissions this year would be more than three times as big were it not for the major deployments of renewables electric vehicles around the world.”**

*International Energy Agency: World Energy Outlook 2022*

# WIFO

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR  
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

**Dr. Ina Meyer**

[Ina.meyer@wifo.ac.at](mailto:Ina.meyer@wifo.ac.at)

<https://www.wifo.ac.at>

## References:

Beigl et al., 2021, Entwicklung einer Wertschöpfungskette für das Recycling von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) in Österreich. <https://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/67942>.

IEA, 2022, The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transition.

IEA, 2016, World Energy Outlook.

Meyer, I., Sommer, M., 2021, Recycling von Lithium-Ionen-Batterien. Ökonomische Effekte im Kontext von Klimaschutz und Ressourcen-schonung, WIFO Monatsberichte, 12/2021.

Meyer, I., Sommer, M., & Kratena, K. (2020). How to reach Paris: a comprehensive long-term energy-economy scenario for Austria. In Zachariadis, T., Milne, J. E., Andersen, M. S., Ashiabor, H. (Hrsg.), Economic Instruments for a Low-carbon Future. Critical Issues in Environmental Taxation (Volume XXII, 127-140). Edward Elgar.

Meyer, I., Sommer, M., & Kratena, K. (2018). Energy Scenarios 2050 for Austria. WIFO, CESAR. <http://www.wifo.ac.at/wwa/pubid/61089>.

Umweltbundesamt (2017). Energie- und Treibhausgasszenarien im Hinblick auf 2030 und 2050. Synthesebericht 2017. Report REP-0628.

