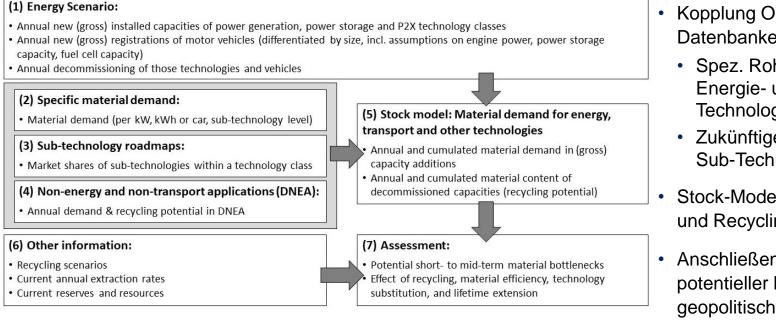
# Wirkungsabschätzung auf Grundlage von Modell-Ergebnissen Tobias Naegler (DLR) & Stefan Vögele (FZJ)

# Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Wirkungsabschätzung auf Basis Modell-Ergebnisse

#### **Bislang untersuchte Themenkomplexe:**

- Mineralische Rohstoffe:
  - Rohstoffbedarf
  - Risiko marktbedingter kurz- bis mittelfristiger Rohstoff-Engpässe
  - geopolitische Risiken Rohstoffversorgung
- Lebenszyklus-basierte Umweltauswirkungen
  - Klimawandel
  - Ökosystem-Qualität
  - Menschliche Gesundheit
  - Ressourcennutzung
- Beschäftigungs-Effekte

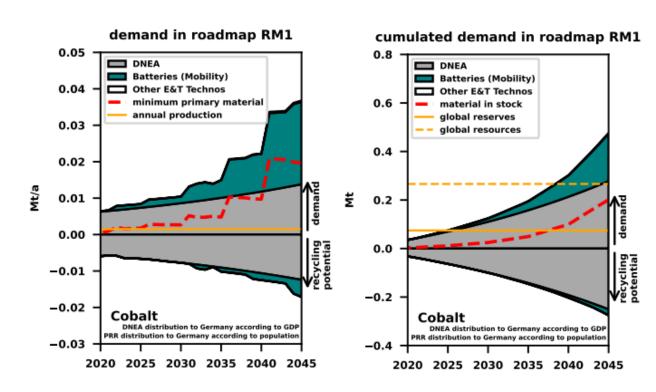
### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Rohstoffbedarf: prinzipielle Vorgehensweise



- Kopplung Output ESM mit Datenbanken:
  - Spez. Rohstoffbedarf Energie- und Verkehrs-Technologien
  - Zukünftige Marktanteile Sub-Technologien
- Stock-Modell rechnet Bedarf und Recycling-Potential
- Anschließende Identifikation potentieller Engpässe und geopolitischer Risiken

Quelle: Schlichenmaier and Naegler, May material bottlenecks hamper the global energy transition towards the 1.5°C target? Energy Reports 8 (2022), https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.11.025

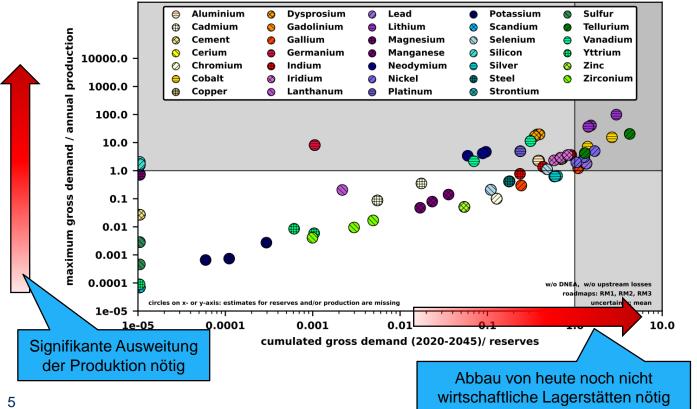
### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Rohstoffbedarf: Beispiel Kobalt



Kurz- und mittelfristige Versorgungs-Engpässe möglich, falls:

- Produktion muss schnell stark ausgeweitet werden
- Kumulierter Bedarf übersteigt in näherer Zukunft Reserven
- → Risiko von Preisanstiegen

### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Potentielle Engpässe aufgrund des stark steigenden Bedarfs



#### **Batterien:**

- Lithium
- Cobalt
- Nickel

#### **Permanentmagnete** (Windturbinen, **Elektromotoren**)

- Neodym
- Dysprosium

#### **Elektrolyseure:**

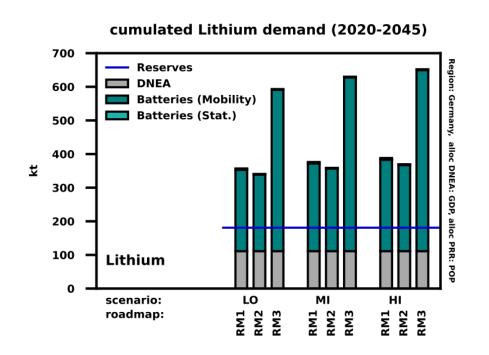
Iridium

#### **PV-Module**

- Tellur
- Indium

**HELMHOLTZ** Energy

### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Rohstoffbedarf: Vergleich der Szenarien

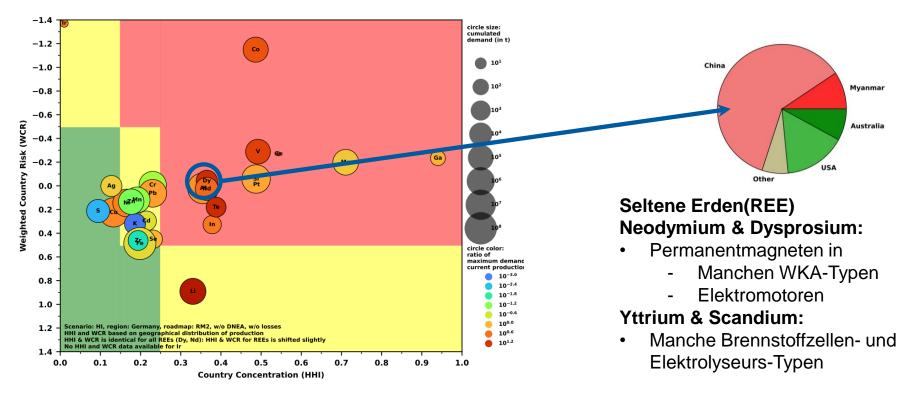


- Bestand BEV + PHEV HI > MI > LO
- → Rohstoff-Bedarfe HI > MI > LO

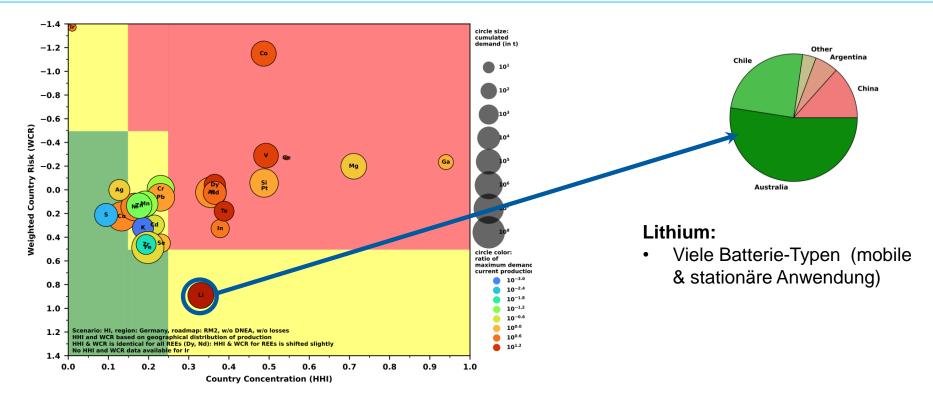
#### Aber:

- Annahmen bzgl. Marktanteile Batterietypen wichtiger als eigentliche Szenarien
- → Unterschiede Rohstoffbedarf zwischen "Roadmaps" RM1, RM2, RM3 höher als zwischen Szenarien

# Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Rohstoffbedarf: Geopolitische Risiken



# Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Rohstoffbedarf: Geopolitische Risiken



### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Lebenszyklusbasierte Umweltauswirkungen: Ansatz

#### 1.) Energy scenario (foreground):

- (gross new) capacity and operation of technologies for generation of power, heat, biofuels, synthetic fuels and synthetic gases
- development of vehicle fleet and energy demand transport
- techno-economic characterisation technologies

### 5.) adjusted LCI data base for energy & transport technologies Construction & end-of-life, operation (adjusted to scenario)

**6.)** Life Cycle Impact Assessment environmental impacts of energy technologies (adjusted to scenario)

7.) Aggregation according to scenario

8.) Environmental impacts of scenario

#### 2. ) LCI data for current energy technologies

#### LCI data bases: Ecoinvent 3.3, BioEnergieDat

#### LCI data from literature

- e.g. project SYSEET, other sources
- re-modelling with background processes from Ecoinvent 3.3

#### 3.) Adjustment & dynamisation of LCI data:

- · construction & operation separated
- full load hours, technical life time
- efficiency, COP, power-to-heat ratios
- blending quota of biofuels & synthetic fuels in fuels for transport, of synthetic H<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> in the gas net
- electricity mix for upstream processes (from background scenario)

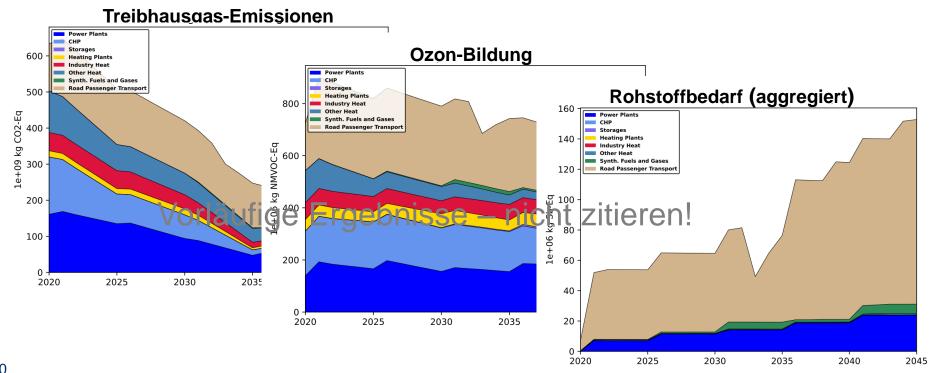
#### 4.) global energy scenario (background):

technology mix power generation for 10 world regions for individual years between 2015 and 2050

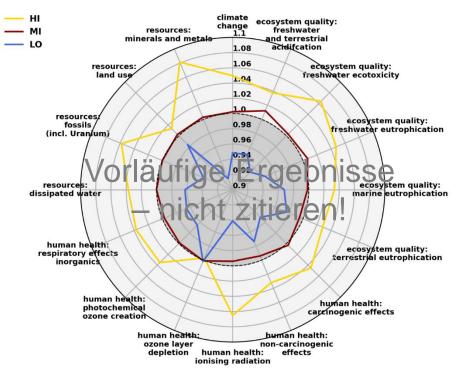
- Kopplung Output ESM mit LCA-Datenbank
- Zahlreiche prospektive Anpassungen und Harmonsierungen
- → Lebenszyklusbasierte Umweltwirkungen Bau und Betrieb für alle relevanten Energie- und Verkehrstechnologien
- → Aggregation Umweltwirkungen Technologien entsprechend Szenario

Quelle: Naegler et al. Life cycle-based environmental impacts of energy system transformation strategies for Germany. Are climate and environmental protection conflicting goals? *Energy Reports* 8 (2022), https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.03.143

### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Lebenszyklusbasierte Umweltwirkungen: Beispiele



### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Lebenszyklusbasierte Umweltwirkungen: Szenarienvergleich

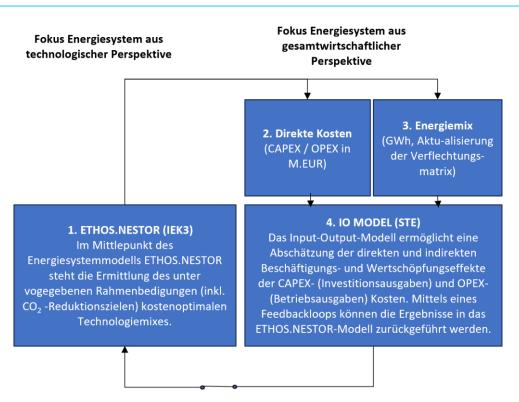


- Je nach Wirkungskategorie können Umweltwirkungen durch Transformation sinken oder steigen
- Lebenszyklusperspektive berücksichtigt z.T. signifikante Umweltwirkungen in der Vorkette
- Unterschiede Umweltwirkungen in aktuellen Szenarien zurückzuführen auf:
  - Quantitative Unterschiede Energiebedarf
     & Verkehrsleistungen
  - Quantitative Unterschiede Entwicklung Infrastruktur & PKW-Flotte

## Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Abschätzung Arbeitskräftebedarf - Methodik

#### Modell IEK3STE

- Kopplung Energiesystemmodell mit Input-Output Modell
- Output: Entwicklung auf sektoraler Ebene (Beschäftigung, Wertschöpfung)



# Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Arbeitskräftebedarf - Ergebnisse

Auswirkungen von CAPEX- und OPEX-Effekten auf Bruttowertschöpfung und Arbeitskräftebedarf im Zusammenhang mit der Entwicklung von Energietechnologien (MEAN)

Gesamte jährliche Kosten (in Millionen Euro)	232.633
davon CAPEX	116.469
davon OPEX	116.164
davon Energieimporte	118.850
Jährliche Bruttowertschöpfung (in Millionen Euro)	89.023
davon direkt	41.641
davon indirekt	47.382
Jährlicher Arbeitskräftebedarf (in Tausend Jobs)	1.242
davon direkt	607
davon indirekt	635

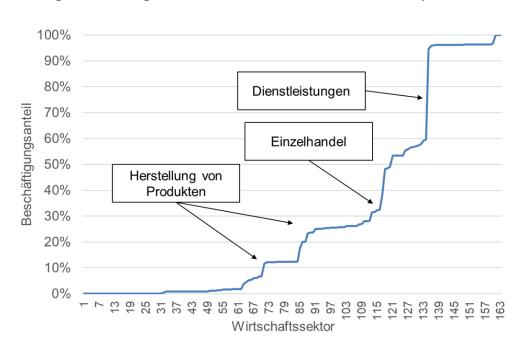
Durchschnittliche Differenz zwischen den Szenarien HIGH und LOW zu MEAN:

> HIGH + 8,60% LOW: -7,45%

Die jährlichen Gesamtkosten belaufen sich auf 232.633 Millionen Euro. Die jährliche Bruttowertschöpfung beträgt 89.023 Millionen Euro. Der jährliche Arbeitskräftebedarf liegt bei 1.242 Tausend Jobs.

## Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Arbeitskräftebedarf - Ergebnisse

Auswirkungen von CAPEX- und OPEX-Effekten auf den Arbeitskräftebedarf im Zusammenhang mit der Entwicklung von Energietechnologien auf Wirtschaftssektoren Ebene (direkte und indirekte Effekte) (Szenario MEAN)



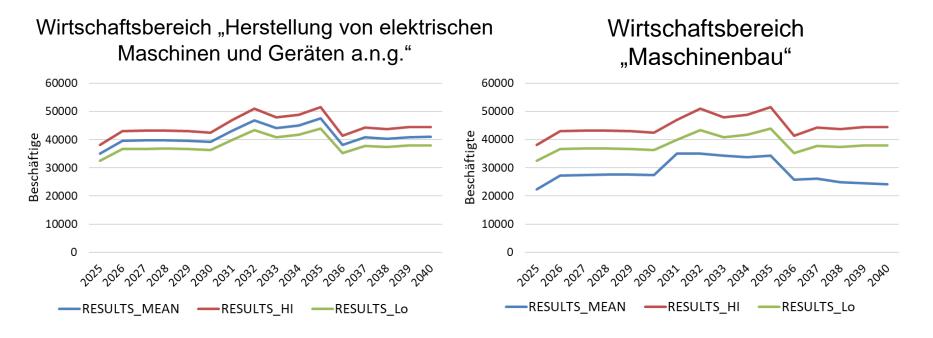
Nur wenige Wirtschaftssektoren sind direkt von den CAPEX und OPEX-Ausgaben betroffen (31 von 163).

Insbesondere die Herstellung und Produktion von Gütern, wie z.B. Metallprodukten, Maschinenbau und Fahrzeugbau, verzeichnen eine starke Nachfrage nach Arbeitskräften.

Indirekt profitieren jedoch alle Wirtschaftssektoren von einem erhöhten Arbeitskräftebedarf.

Indirekt sind vor allem der Einzelhandel und die Dienstleistungssektoren gefragt.

### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Abschätzung Arbeitskräftebedarf - Ergebnisse



### Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Wirkungsabschätzung für Modellergebnisse: nächste Schritte

- Analyse geopolitisches Versorgungsrisiko f
  ür Rohstoffe auf Ebene Gesamtsystem
- Berücksichtigung der Umweltwirkungen von Strom- und P2X-Importen
- Integration der Ergebnisse der Wirkungsabschätzung in die Bewertung

• ...

BRAUCHEN WIR DIESE FOLIE? HABEN DIE ANDEREN VORTRÄGE AUCH ENTSPRECHENDE OUTLOOK-FOLIEN?

Helmholtz Energy Workshop: Energieszenarios weitergedacht Wirkungsabschätzung auf Basis von Modellergebnissen

# Fragen? Anregungen? Kommentare?