

Integration zukünftiger Hintergrundscenarien für eine prospektive Ökobilanz

Methode und Fallstudie zum deutschen Energiesystem

Workshop „Prospektive multidimensionale Bewertung von Energietechnologien“
Oldenburg, 18. Februar 2019

Tobias Junne, Tobias Naegler



Wissen für Morgen



Motivation

- Die Gestaltung des zukünftigen Energiesystems erfordert die Berücksichtigung einer Vielzahl von Herausforderungen, wie z.B.
 - Einfluss auf den Arbeitsmarkt
 - Bezahlbarkeit
 - Akzeptanz
 - Ökologie
 - Landnutzung
 - Treibhausgasemissionen
 - Ressourcenverbrauch
- ⇒ Bestehende Energiesystemmodelle und -szenarien konzentrieren sich hauptsächlich auf die Kostenminimierung unter Berücksichtigung der Beschränkungen des direkt emittierten CO₂
- ⇒ Kombination von multidimensionalen Indikatoren und Energiesystemmodellen



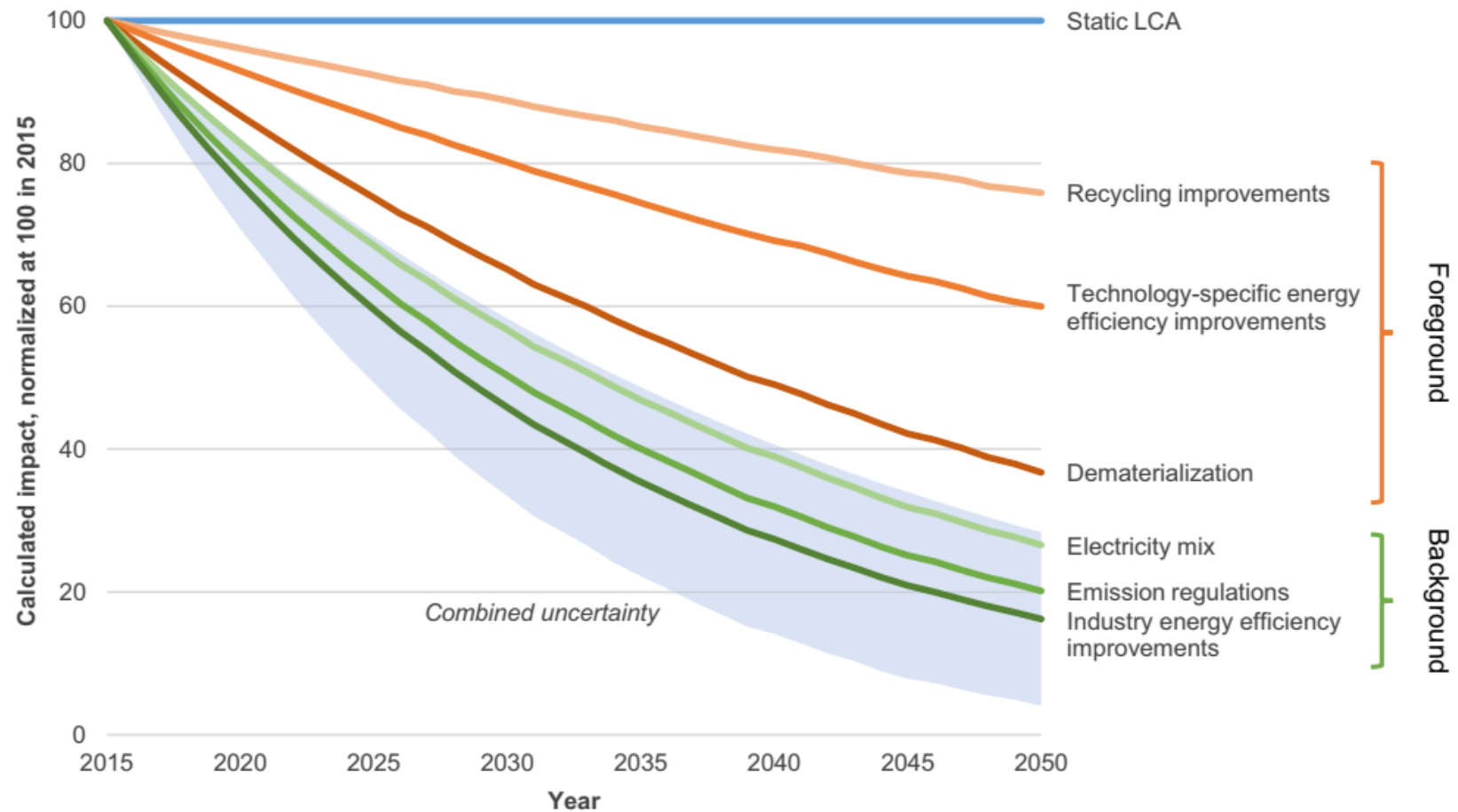
Motivation

- Die Gestaltung des zukünftigen Energiesystems erfordert die Berücksichtigung einer Vielzahl von Herausforderungen, wie z.B.
 - Einfluss den Arbeitsmarkt
 - Bezahlbarkeit
 - Akzeptanz
 - Ökologie
 - **Landnutzung**
 - **Treibhausgasemissionen**
 - **Ressourcenverbrauch**
- } **LCA**
- ⇒ Bestehende Energiesystemmodelle und -szenarien konzentrieren sich hauptsächlich auf die Kostenminimierung unter Berücksichtigung der Beschränkungen des direkt emittierten CO₂
- ⇒ Kombination von multidimensionalen Indikatoren und Energiesystemmodellen



Motivation

Warum prospektive Indikatoren?



Quelle: L. Vandepaer and T. Gibon, "The integration of energy scenarios into LCA: LCM2017 Conference Workshop, Luxembourg, September 5, 2017," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 23, no. 4, pp. 970–977, 2018.



Motivation

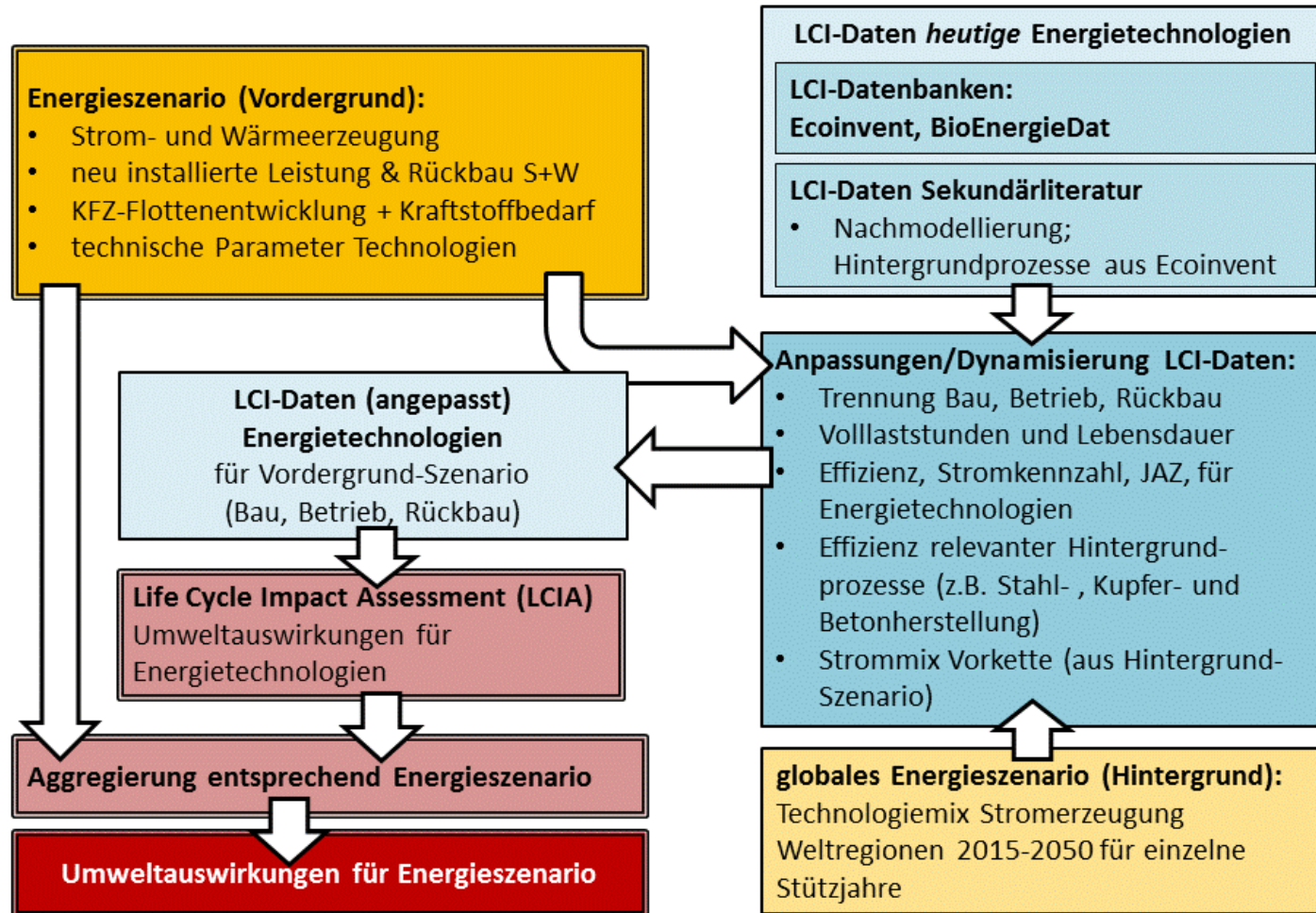
Was gibt es bisher in der Literatur?

Modellfamilie	Studie	Beteiligte Institute	Region	Anzahl der Regionen im Modell	Sektoren, für welche LCA-basierte Indikatoren inkludiert sind			Prospektive Elemente		Zeithorizont
					Strom	Wärme	Transport	Vordergrund	Hintergrund	
TIMES	Ref. 1	Instituto IMDEA Energía, CIEMAT, Rey Juan Carlos University	Spanien	1	√	√				2014-2050
	Ref. 2	Institute for Energy Technology (IFE), Instituto IMDEA Energía, Rey Juan Carlos University	Norwegen	1	√					2010-2050
	Ref. 3	UCL Energy Institute, Sustainability Research Institute	GB	1	√ (F)			(√)*	(√)*	2010-2050
	Ref. 4	IFP Energiesnouvelles, Arts et Métiers ParisTech	Frankreich	1	√	√				2007-2030
	Ref. 5	Public Research Centre Henri Tudor	Luxemburg	1	√	√				2010-2025
TIAM	Ref. 6	MINES ParisTech	Global	15	√					2010-2100
REMIND	Ref. 7	PIK, NTNU, Yale	Global	11	√			√	√ (E,I)	2010-2050
MARKAL	Ref. 8	Paul Scherrer Institut (PSI), University of Basel,	Schweiz		√	√	(√)**		√*** (E)	2035
	Ref. 9	Environment Europe Ltd.; ICREA; Institute of Environmental Science and Technology, Barcelona; VU University Amsterdam	GB	1	√					2050
REMIX	Ref. 10	NTNU, Yale, DLR	Europa	18	√ (F)			√	√ (E,I)	2050

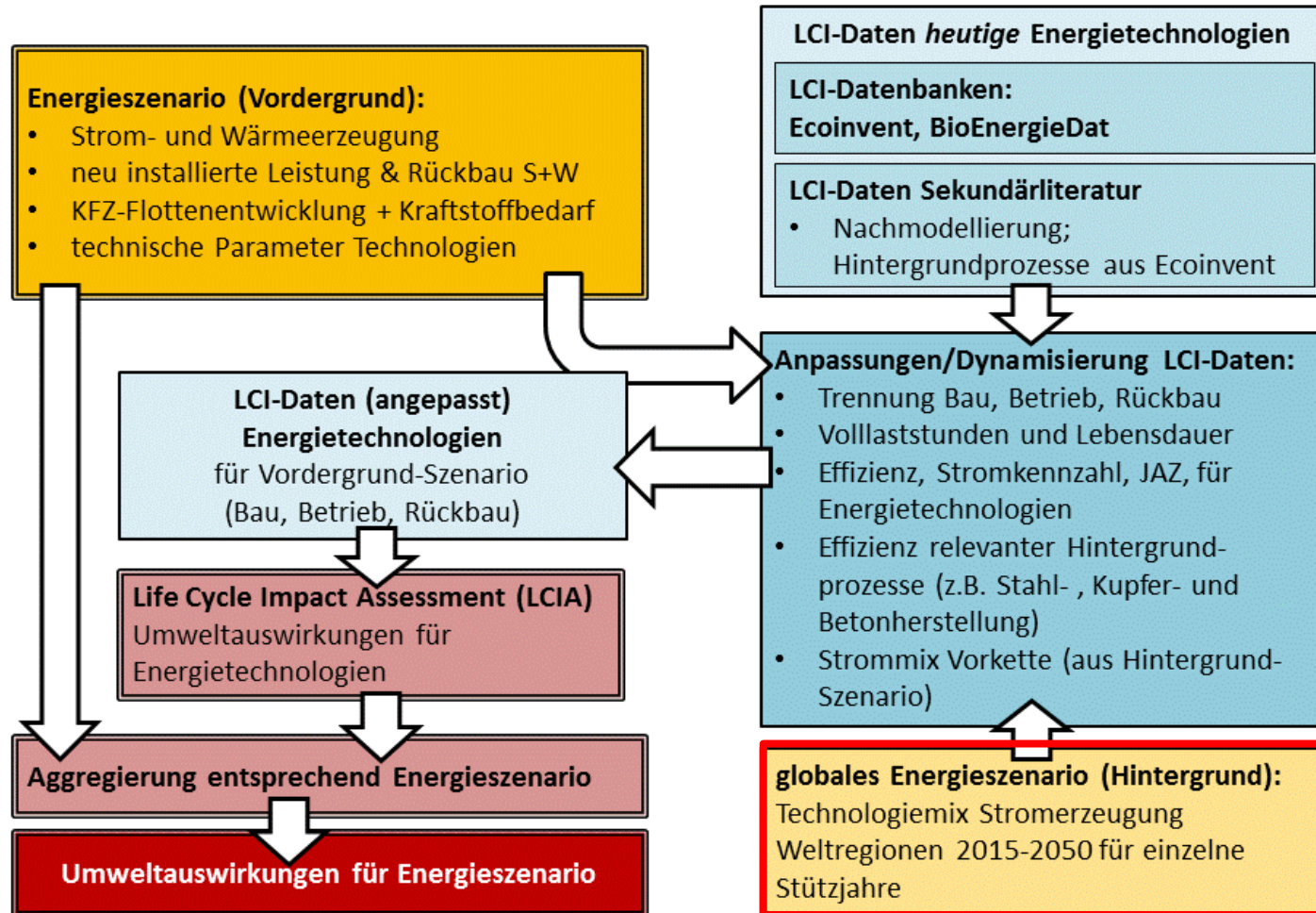
* Nutzung von I-O-Tabellen, ** Energieträger im Transport, *** Strommix EU, F – mit Flexibilitätsoptionen, E – Elektrizitätsmix, I – selektive Industrieprozesse



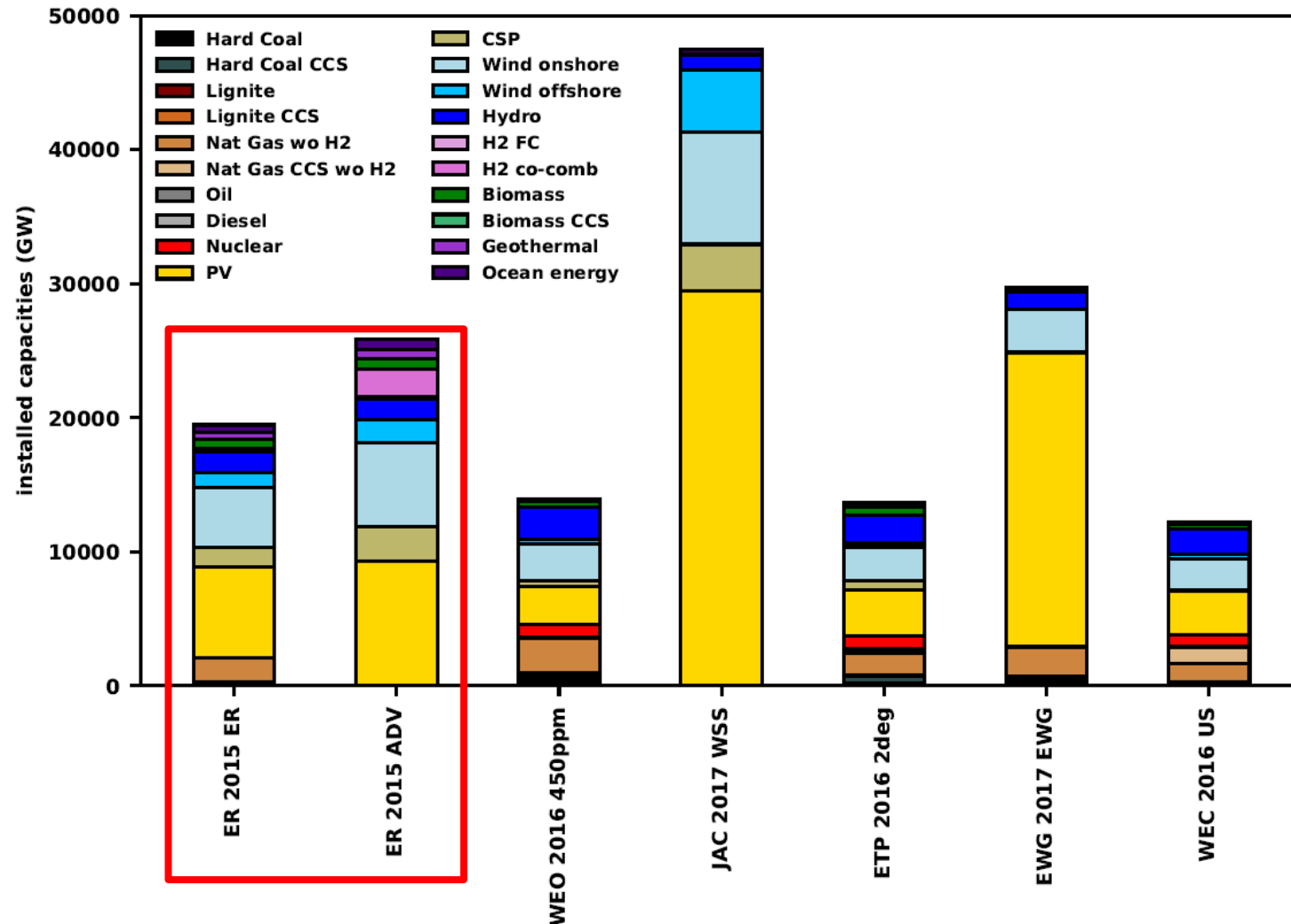
Generelle Struktur



Fokus Hintergrundscenario



Hintergrunddatenbank - Energy [R]evolution Szenarien

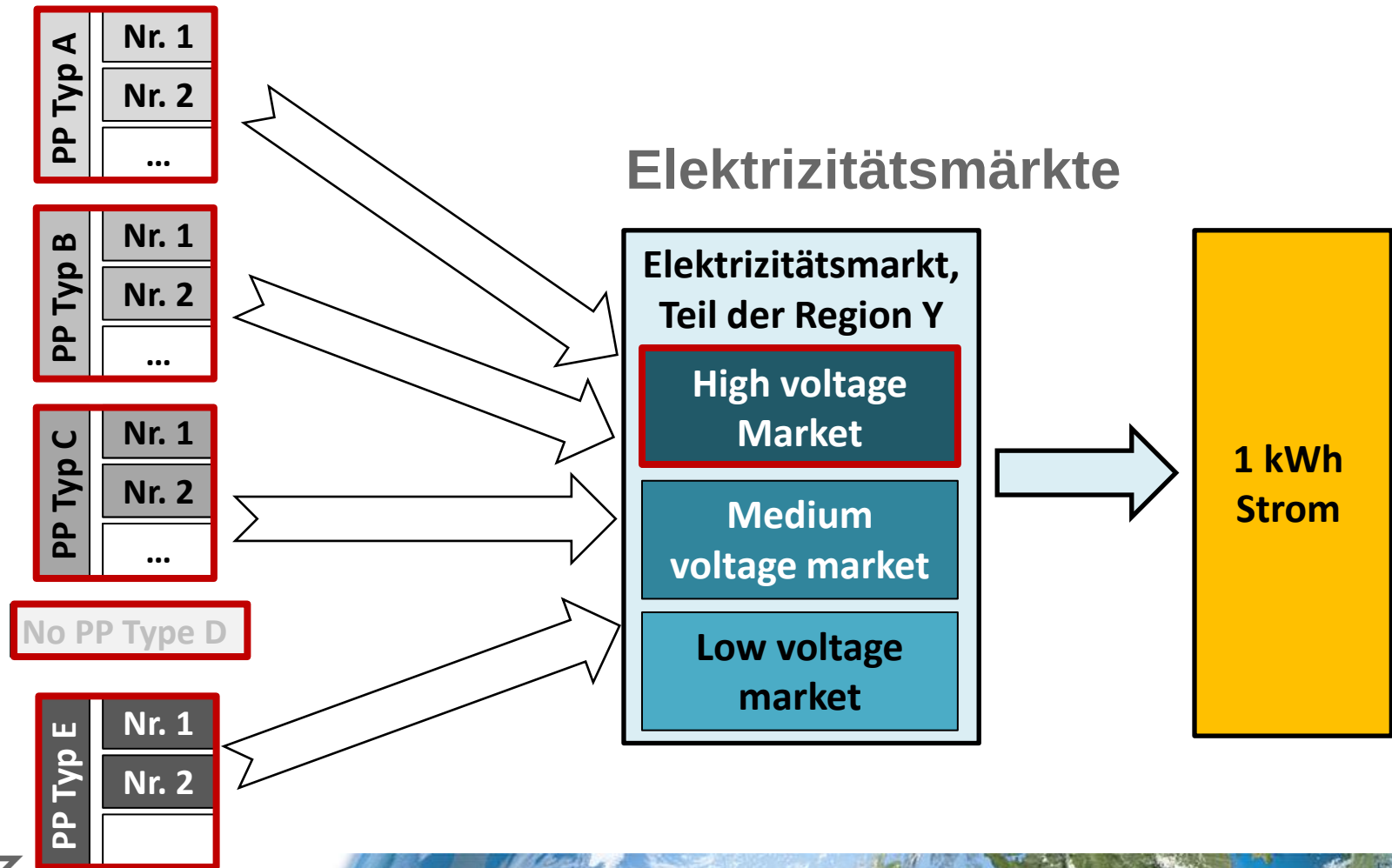


Regionen in den Szenarien

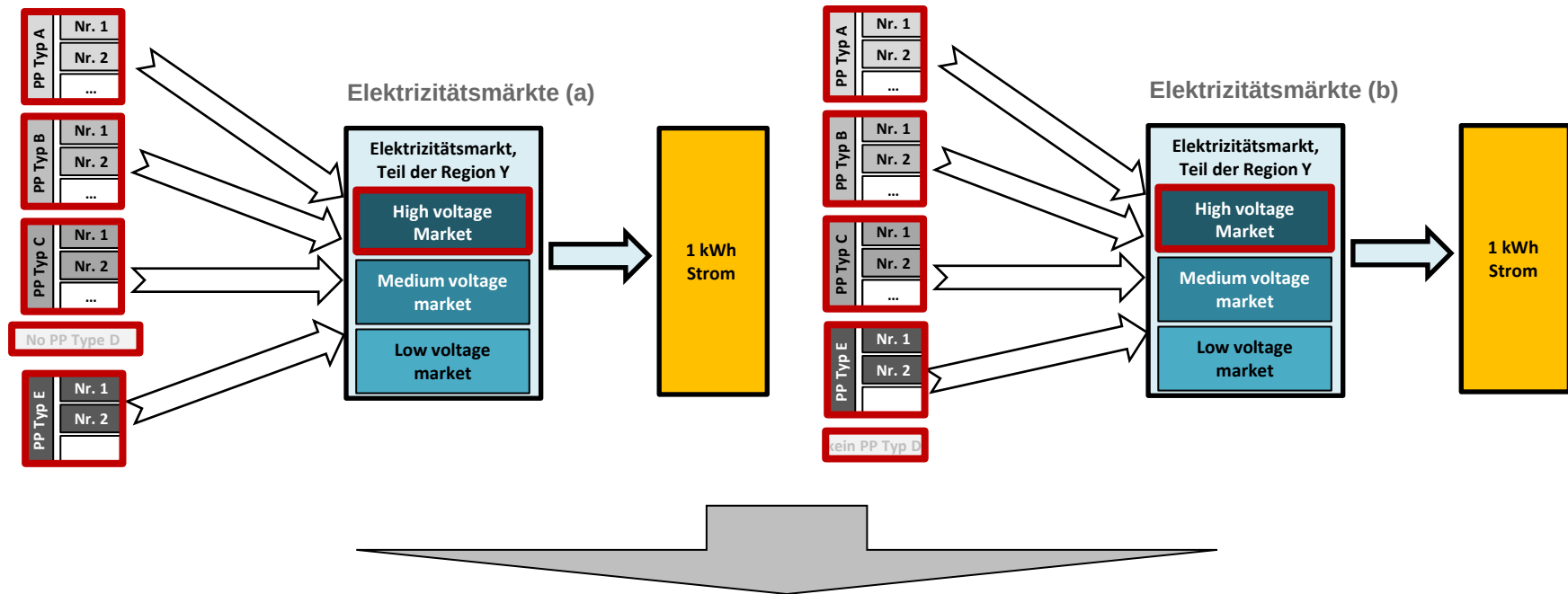
- OECD Europe
- Eurasia
- Latin America
- Africa
- OECD North America
- Middle East
- Oceanien
- Other non-OECD asia
- China
- India



Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent



Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent



- Berechnung der anteiligen Gesamtstromerzeugung der Märkte für eine Region des Szenarios
- Auswahl von (maximal) drei Referenztechnologien pro Technologieklasse
 - Berechnet über den Anteil der Gesamtstromerzeugung multipliziert mit dem Anteil der Stromerzeugung innerhalb der einzelnen Märkte



Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent

- PV hat entweder keinen oder nur sehr geringen Anteil am low-voltage market
- Häufig wird nur von den high-voltage-Märkten über die medium-voltage-Märkte zu den low-voltage-Märkten transformiert
 - Verschiebung der PV in den high-voltage Markt
- Falls keine Datensätze für die Region erhältlich, Nutzung von RoW-Datensätzen als Proxy (Geothermie, PV, Wind und konventionell)
- Nutzung der Wasserkraft nur aus den Regionen der Szenarien (keine weiteren Proxies)
- Vernachlässigung der fehlenden Technologien aus dem Szenario (H₂-Rückverstromung, Ozeanenergie)
- Anpassung des RoW-Marktes über die Gesamtstromerzeugung des Szenarios, Nutzung von RoW-Datensätzen



Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent

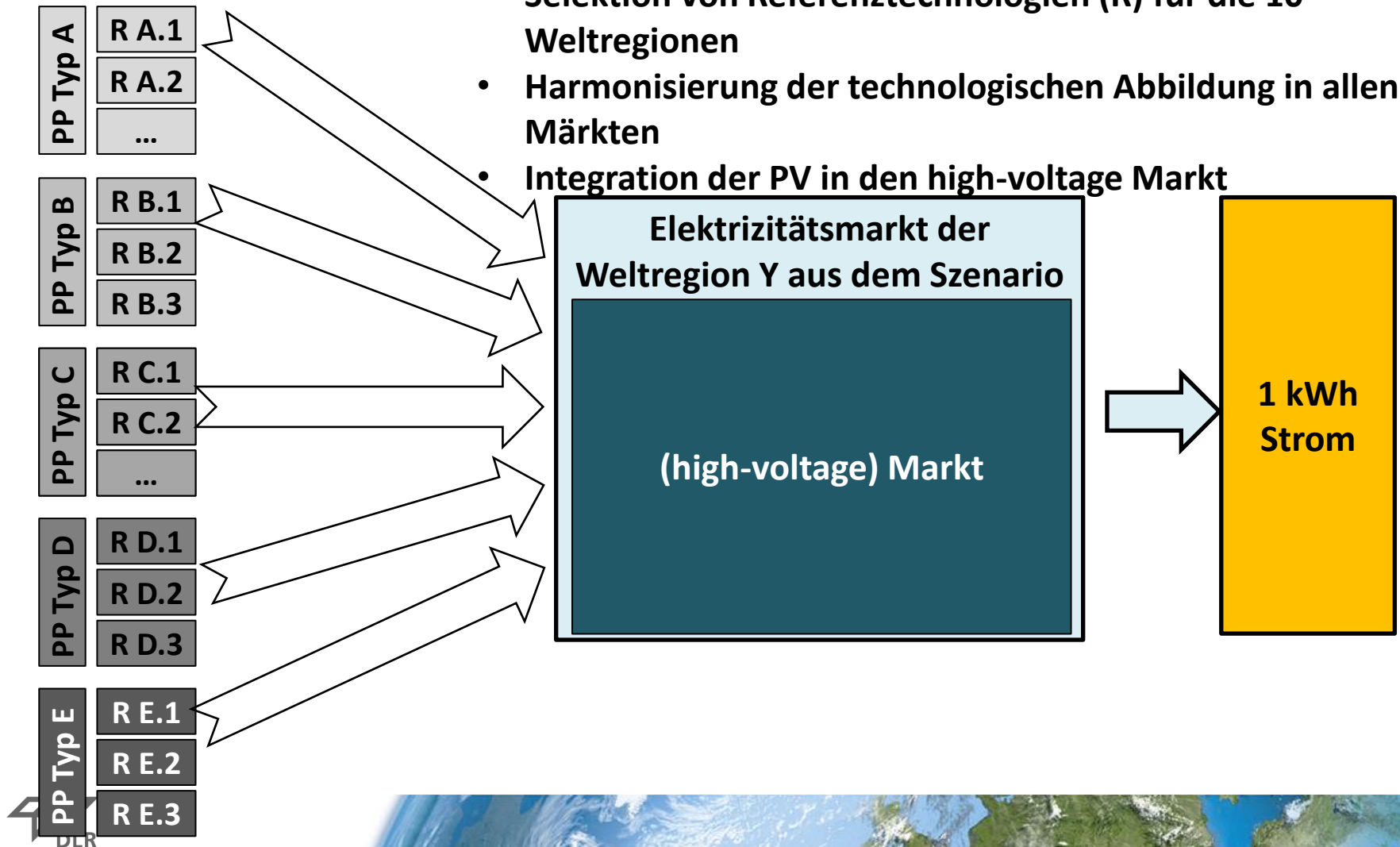
- Integration aller Technologien und Anteile in *einen* Elektrizitätsmarkt innerhalb einer Region des Szenarios
- Löschen der Kraftwerke in allen anderen Märkten, die Teil einer Szenarioregion sind
- Auswahl des manipulierten Strommarktes als Zulieferprozess



Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent

Anpassungen gegenüber Originalstruktur:

- Selektion von Referenztechnologien (R) für die 10 Weltregionen
- Harmonisierung der technologischen Abbildung in allen Märkten
- Integration der PV in den high-voltage Markt



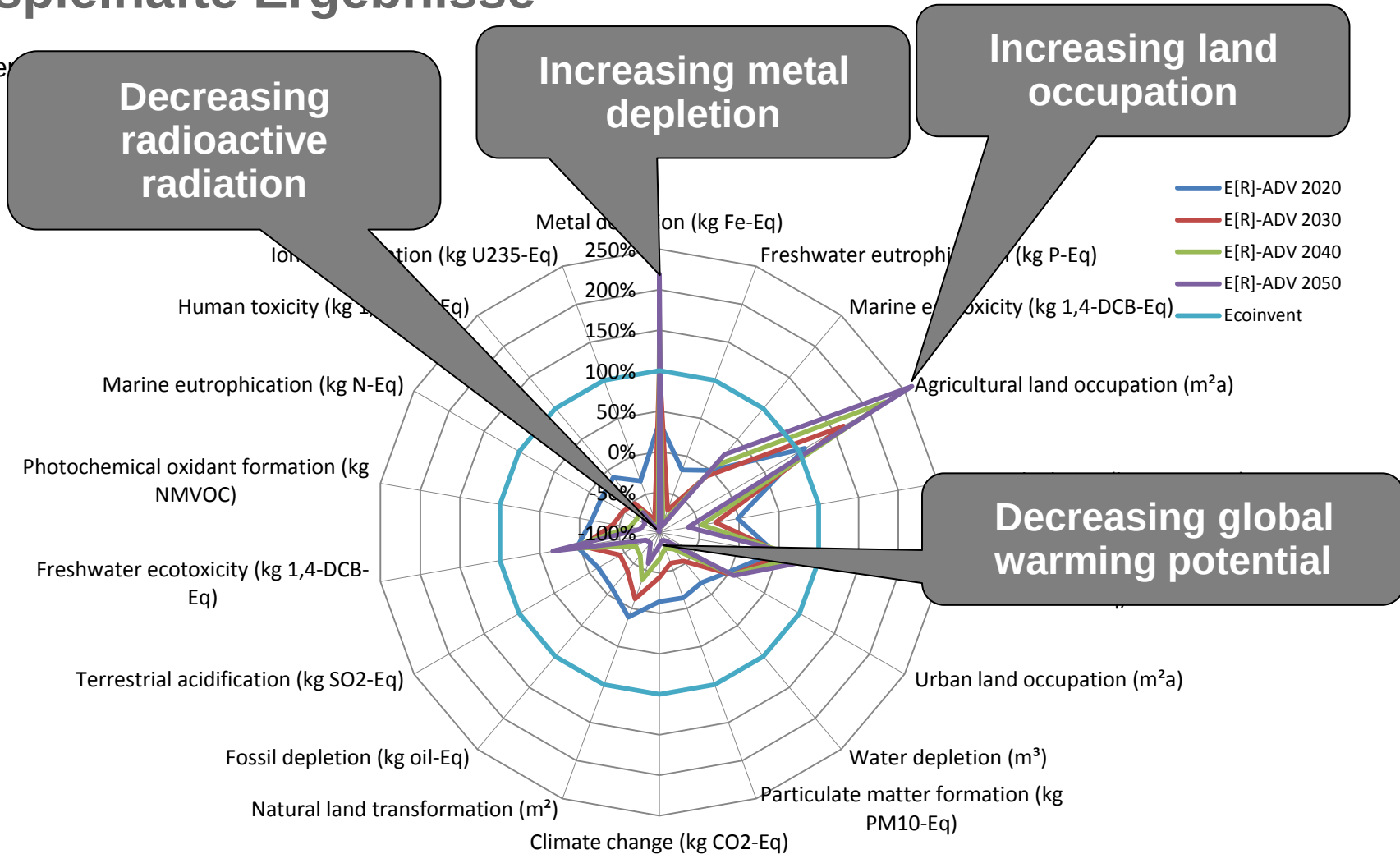
Konzept - Veränderung der Elektrizitätsmärkte in Ecoinvent

- Parametrierung der Ecoinvent Datenbank in openLCA über die Nutzung globaler Parameter
- Veränderung der Parameter über Pythonskript
- Automatisiertes Ausspielen der Ergebnisse für jedes angelegte Produktsystem

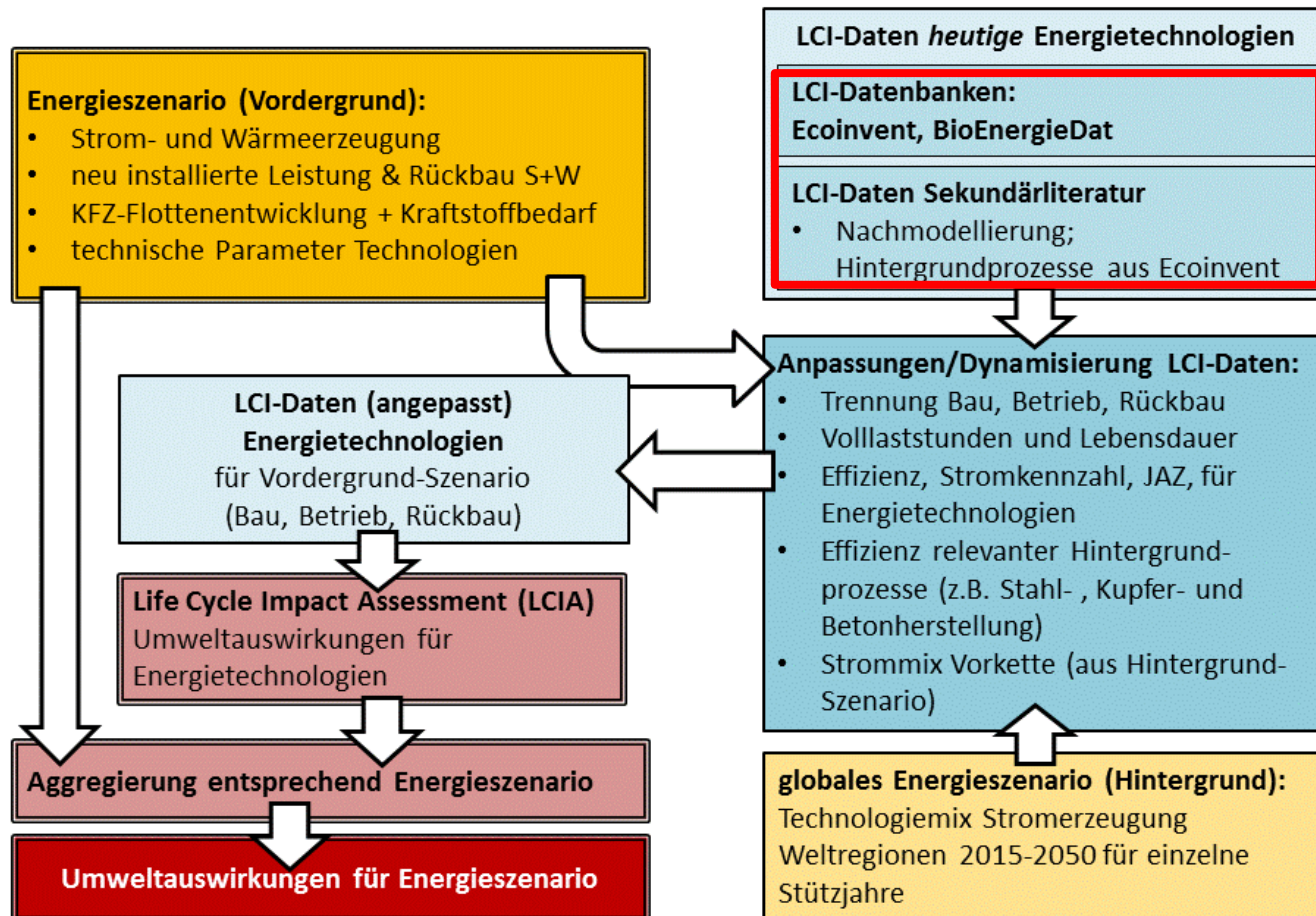


Beispielhafte Ergebnisse

Globale



Datenbanken und Erweiterungen

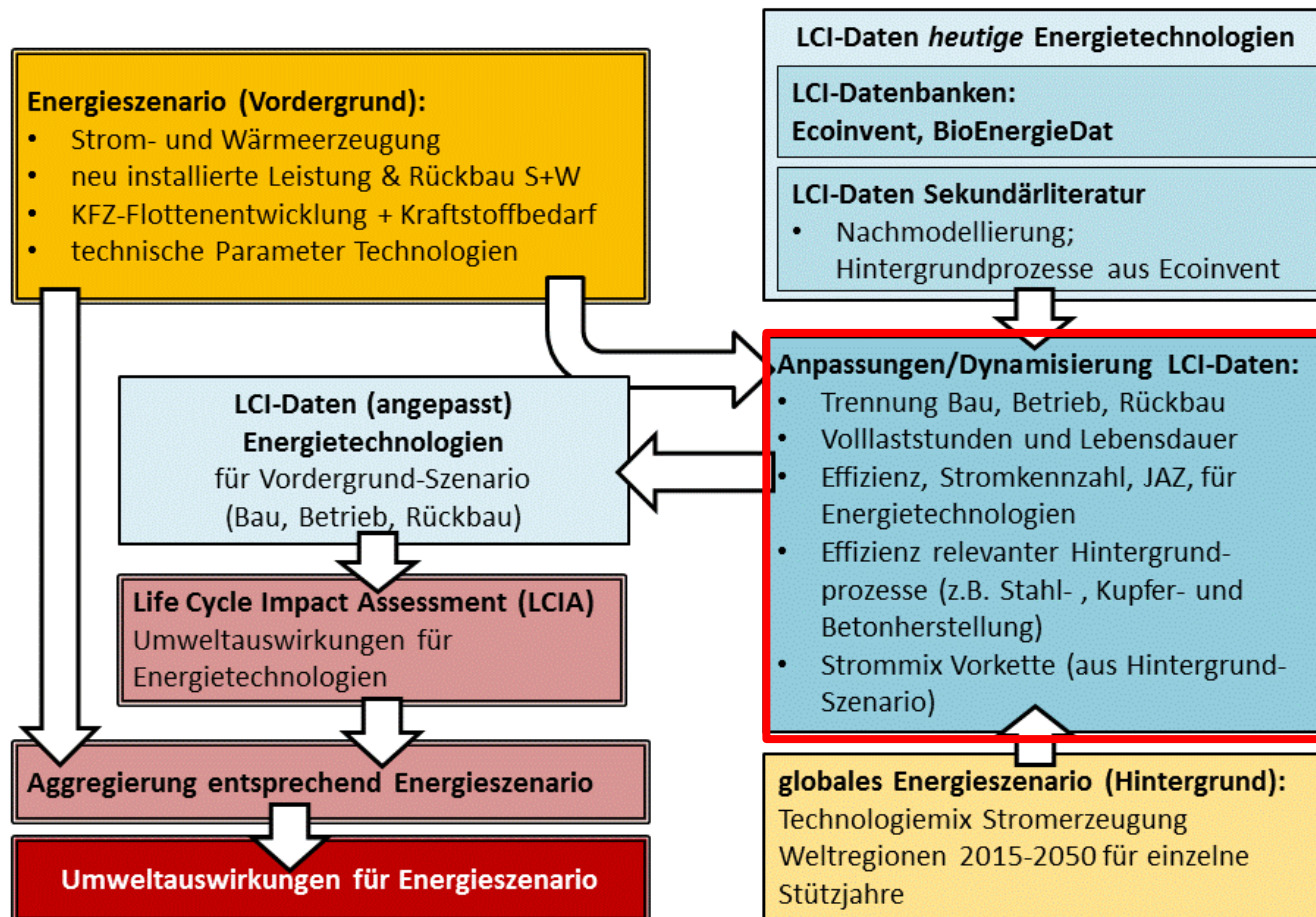


Datenbanken und Erweiterungen

- Erweiterung der Datenbasis: Ecoinvent, BioEnergieDat
 - Sekundärliteratur: Batterien (LiB, VRB, A-CAES), BtL, H₂-Bereitstellung- und Mobilität
- Matching der Prozesse aus dem Modell mit Prozessen aus der LCA-Datenbank
 - Auswahl von Proxydatensätzen, falls exakte Zuordnung nicht möglich
- Dokumentation der technischen Parameter: Leistung, Wirkungsgrad, COP zur Anpassung der LCA-Daten an Szenariodaten

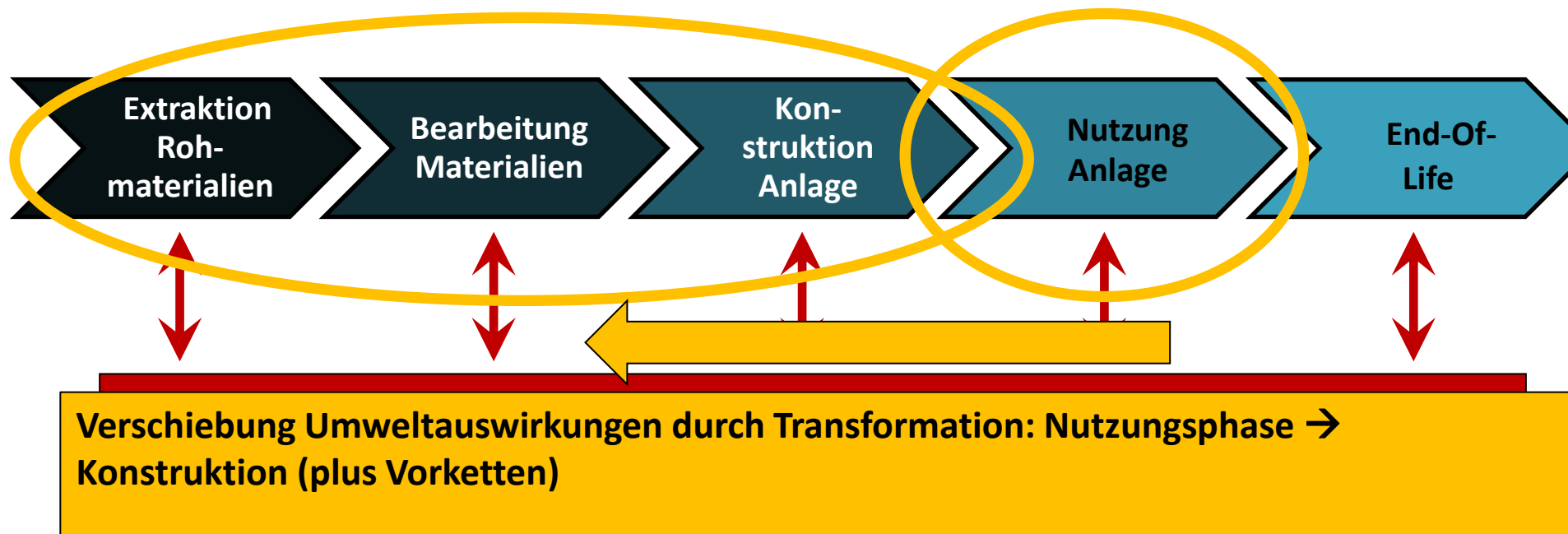


Fokus Trennung Bau, Betrieb, End-of-life



Fokus Trennung Bau, Betrieb, End-of-life

Berücksichtigung der Umweltauswirkungen aus *allen* Phasen des Lebensweges eines Produktes einschließlich vor- und nachgelagerter Prozesse

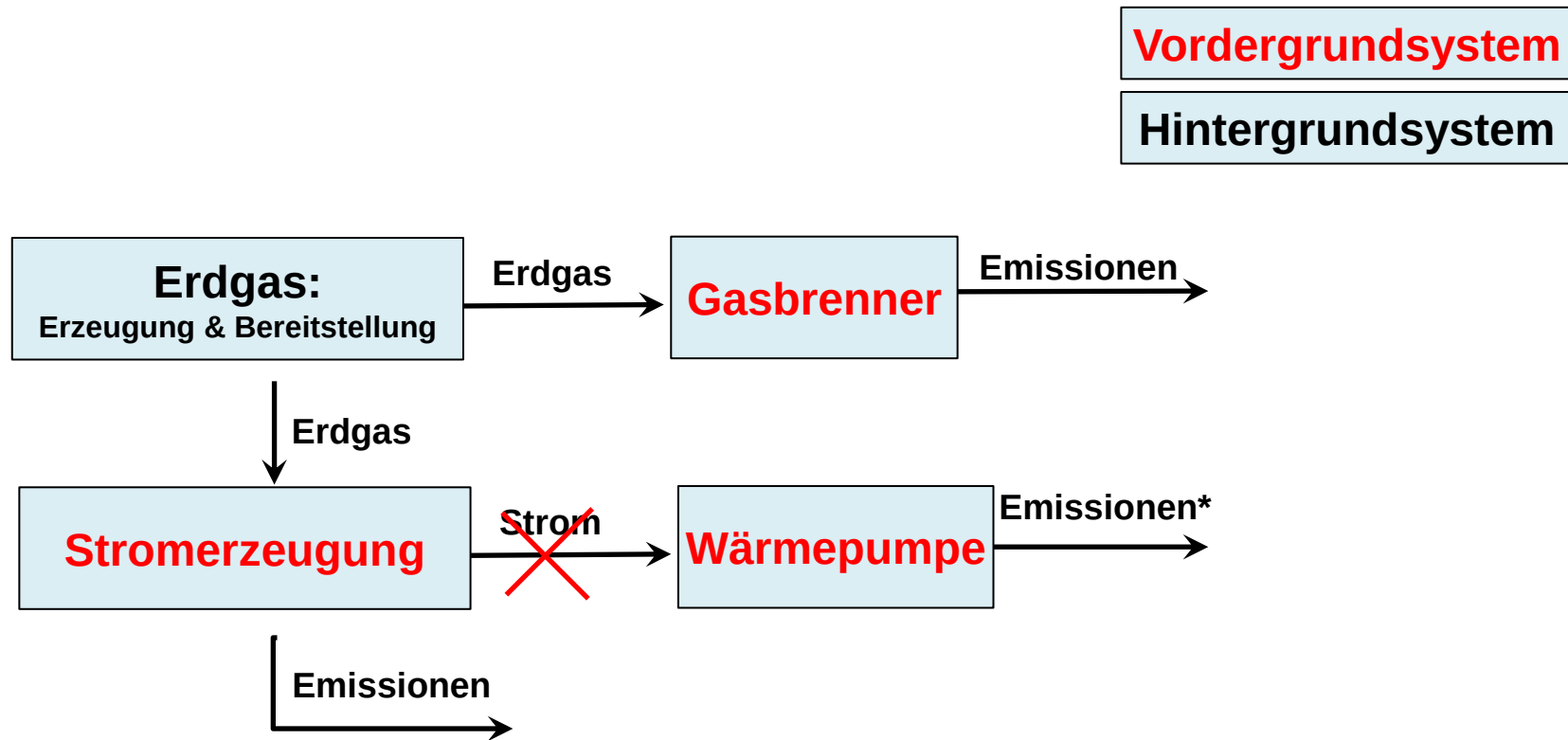


Fokus Trennung Bau, Betrieb, End-of-life

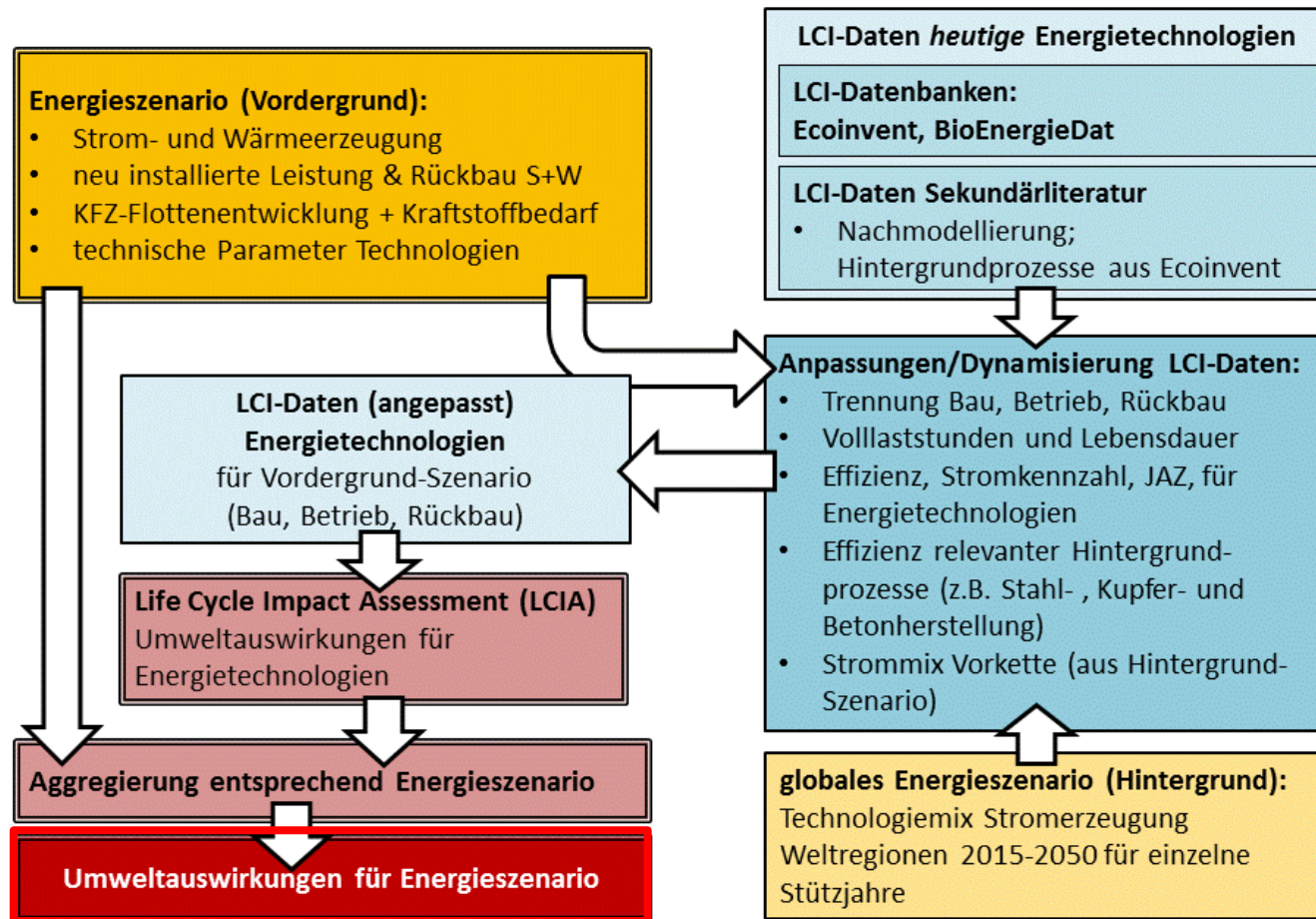
- Trennung der Phase in Konstruktion, Betrieb (und Rückbau)
 - Teilweise Erzeugung neuer Produktsysteme, insb. bei KWK-Technologien



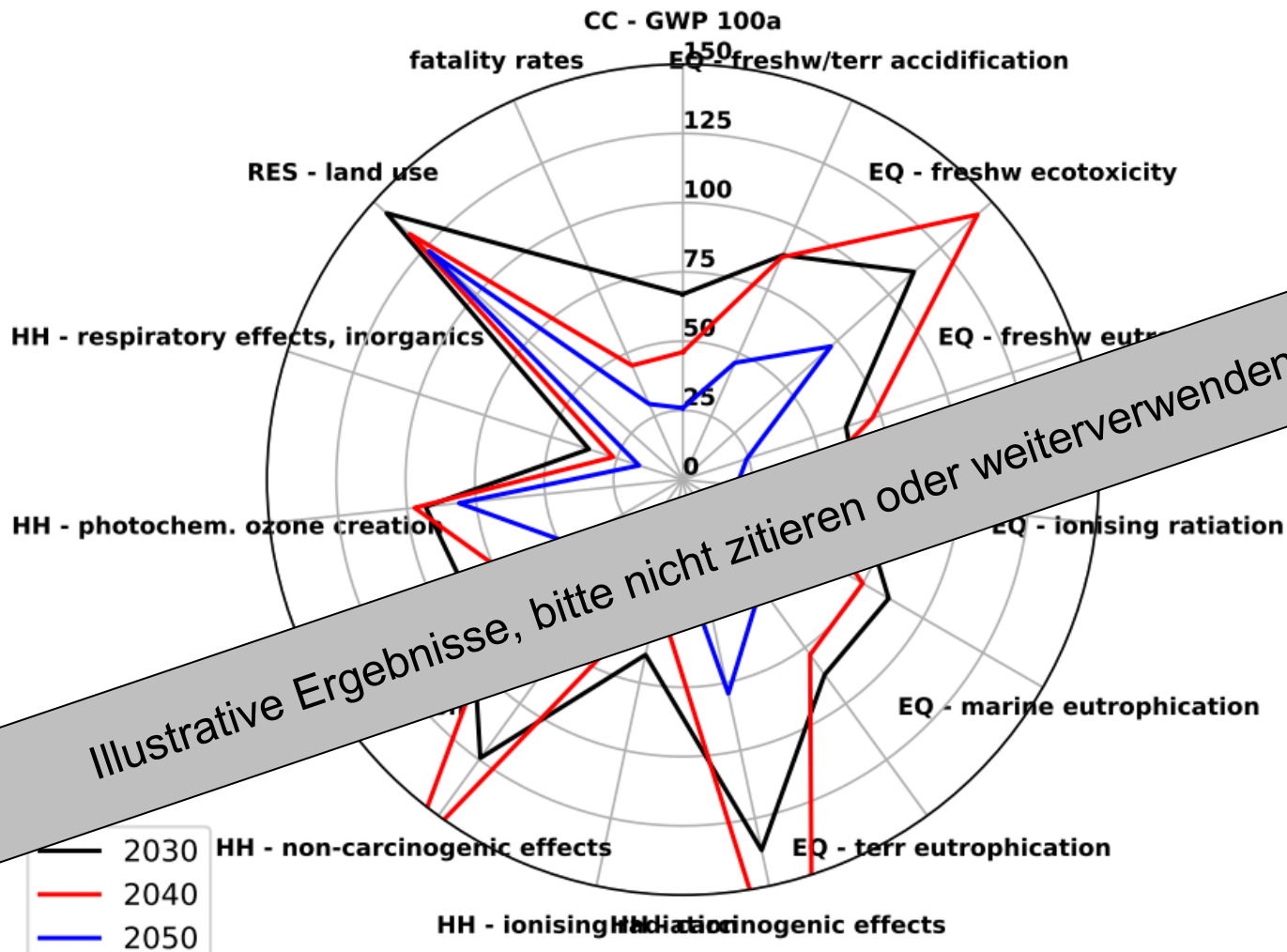
Anpassung / Dynamisierung LCI-Daten



Fokus Szenarienbewertung

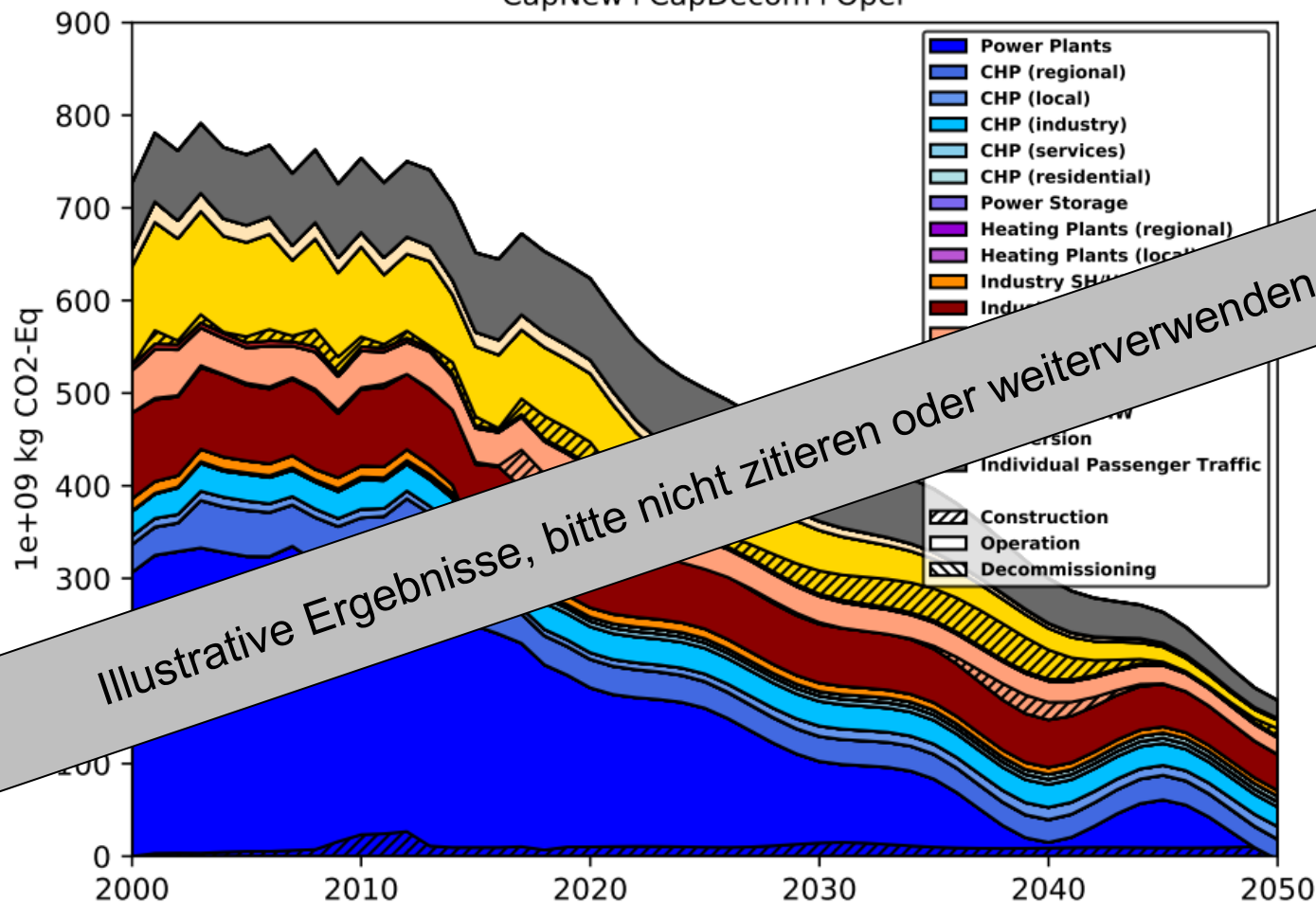


Beispielhafte Ergebnisse – Gesamtübersicht



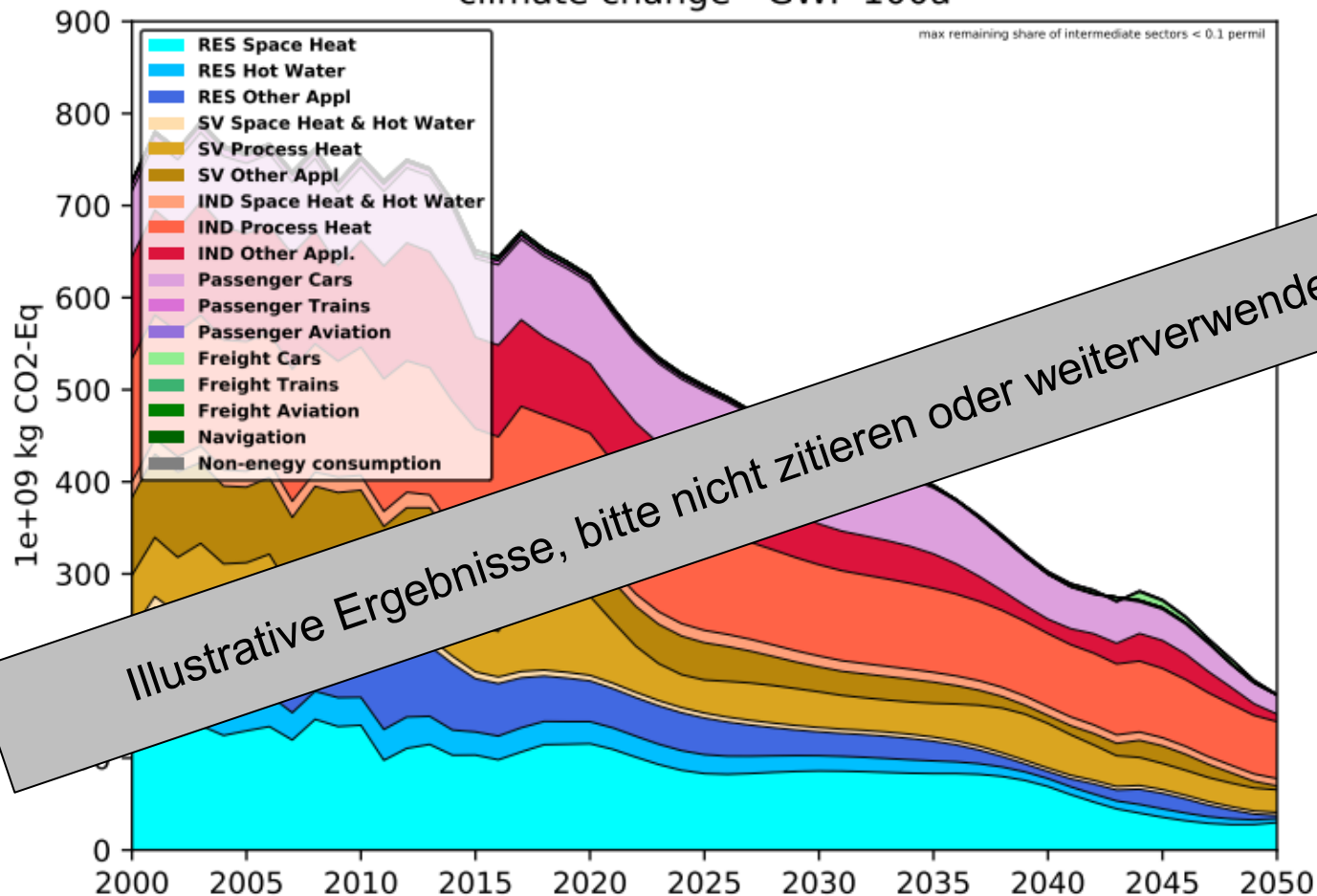
Beispielhafte Ergebnisse – GWP in Umwandlungs- und Endnutzungssektoren

climate change - GWP 100a
CapNew+CapDecom+Oper



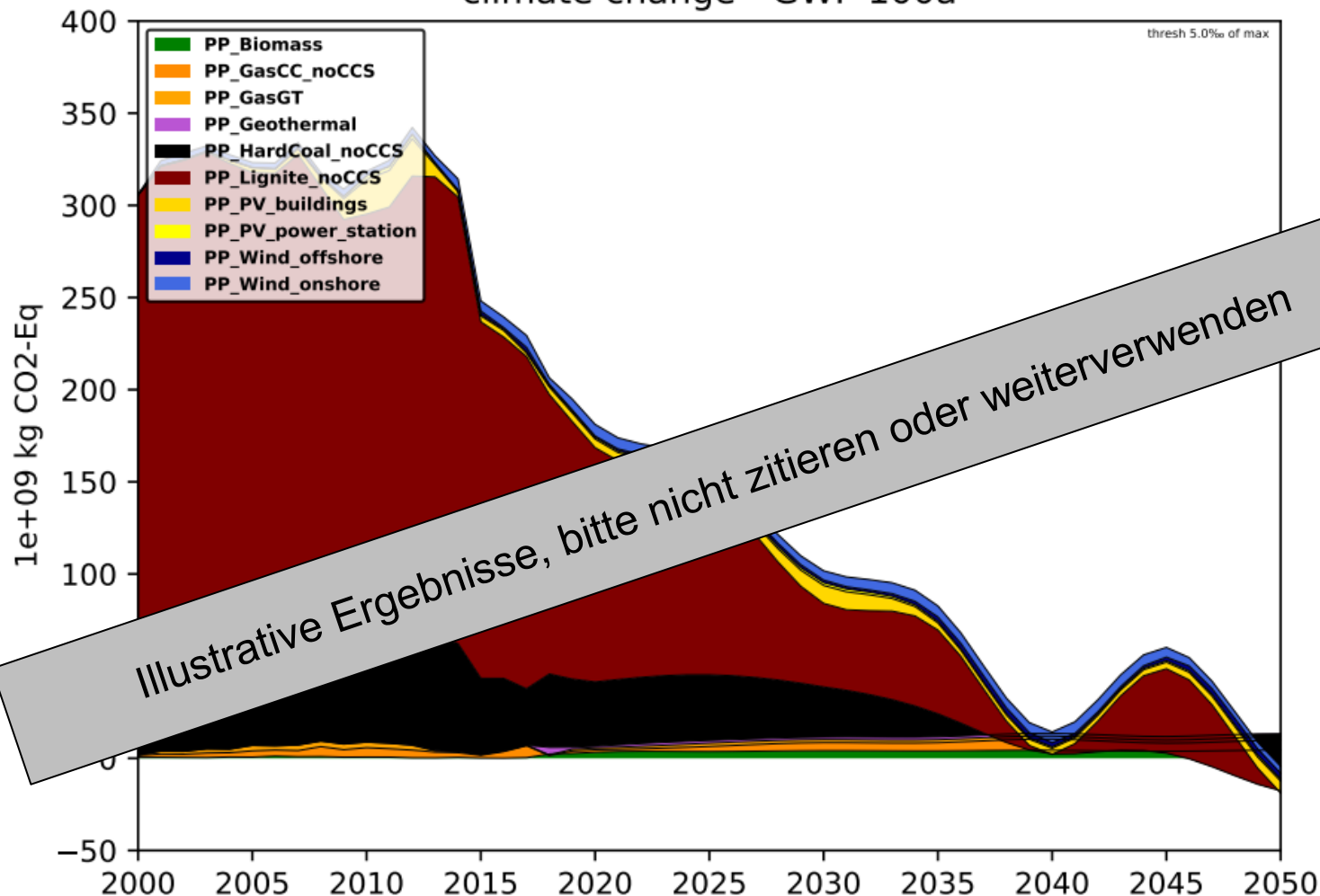
Beispielhafte Ergebnisse – GWP nach Endnutzungssektoren

Impacts enduse sectors
climate change - GWP 100a



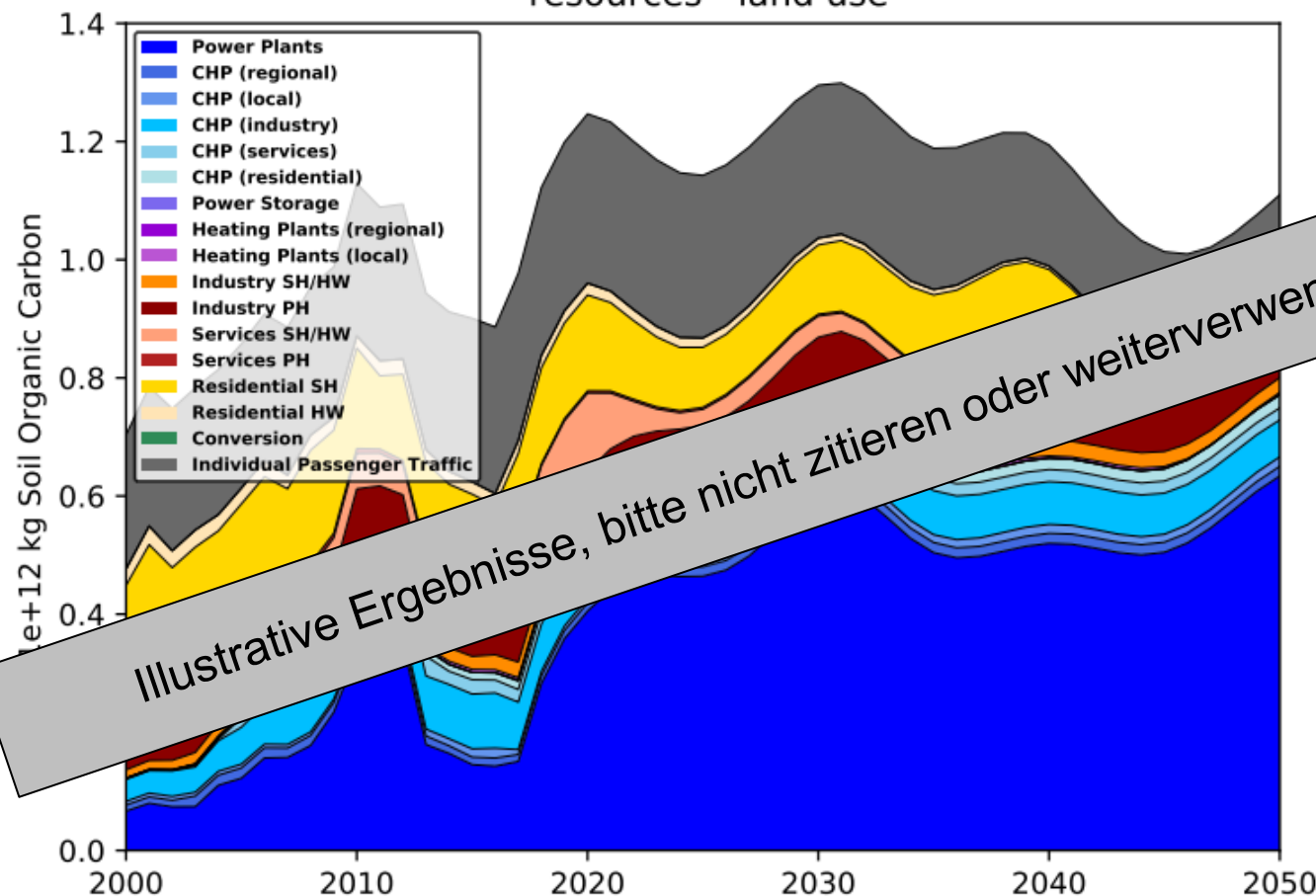
Beispielhafte Ergebnisse – GWP Stromerzeugung

CapNewSm+CapDecomSm+Oper - Power Plants
climate change - GWP 100a

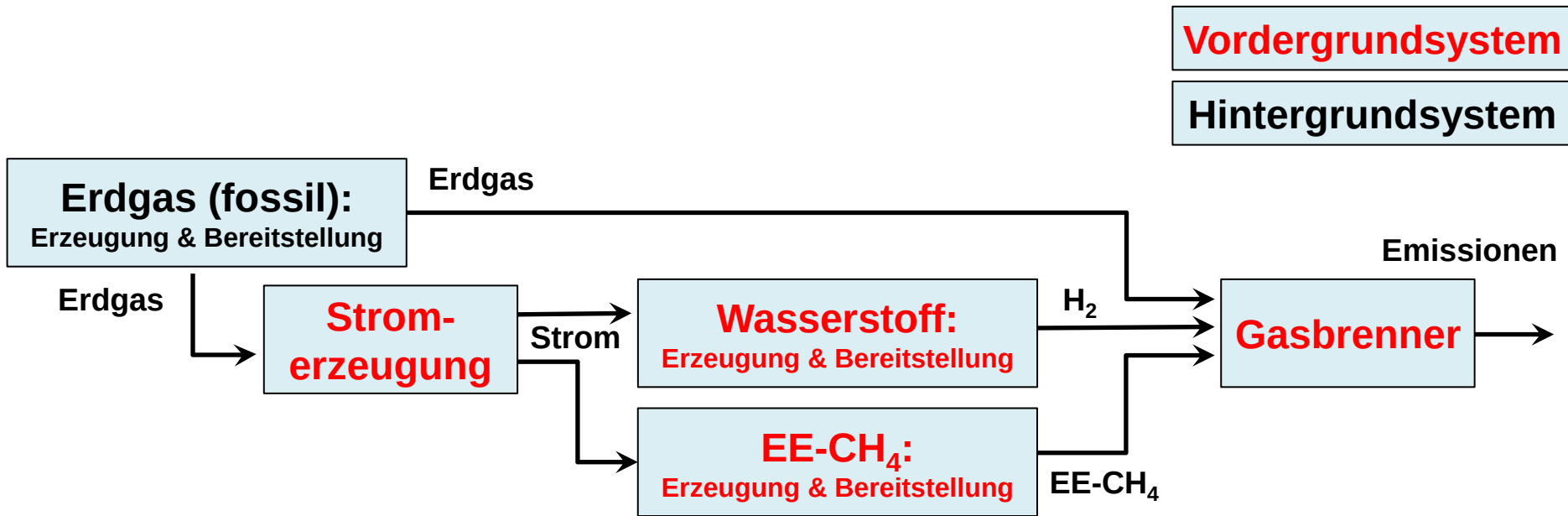


Beispielhafte Ergebnisse – Land-use in Umwandlungs- und Endnutzungssektoren

CapNewSm+CapDecomSm+Oper:
resources - land use



Outlook – Anpassung der LCA-Daten



für den Fall, dass Energieträger im Vordergrundsystem erzeugt werden (Strom, Fernwärme, synthetische Gase und Kraftstoffe):

- Input dieser Energieträger in (End-)Verbrauchstechnologien separieren
- Umweltauswirkung Nutzung dieser Energieträger in (End-)Verbrauchstechnologien separat bestimmen

→ Anpassung Energieträgermix an Szenarioannahmen möglich



Outlook – Umgang mit Nettoimporten

- Anlegen eines neuen Produktsystems (z.B. H₂-Erzeugung) mit parametriertem Strommix für die Elektrolyse für den Import aus dem Ausland
 - Verletzt Bewertungsmethodik, da exakte zeitliche Zuordnung der Umweltauswirkungen des Baus der Anlagen nicht möglich ist



Allgemeine Limitationen

Datenbank

- Limitierte Anzahl an Technologien (wenig Speichertechnologien, Windturbinen mit PM, CSP), Nachmodellierung erforderlich
- Alte Datensätze in Ecoinvent
- Niedrige geogr. Auflösung in Ecoinvent (z.B. lediglich globale Produktion von Kraftwerken)

Methodik

- Keine Anpassung des Transports und der Wärmebereitstellung
- Doppelzählung von Emissionen

Software

- Rechengeschwindigkeit und Flexibilität
- Automatisierte Python-Schnittstelle mit OpenLCA zur Parametrierung und Berechnung der Technologien → GreenDelta



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

