



# Nachhaltige Ressourcennutzung: Eine sozial-ökologische Perspektive



Helmut Haberl

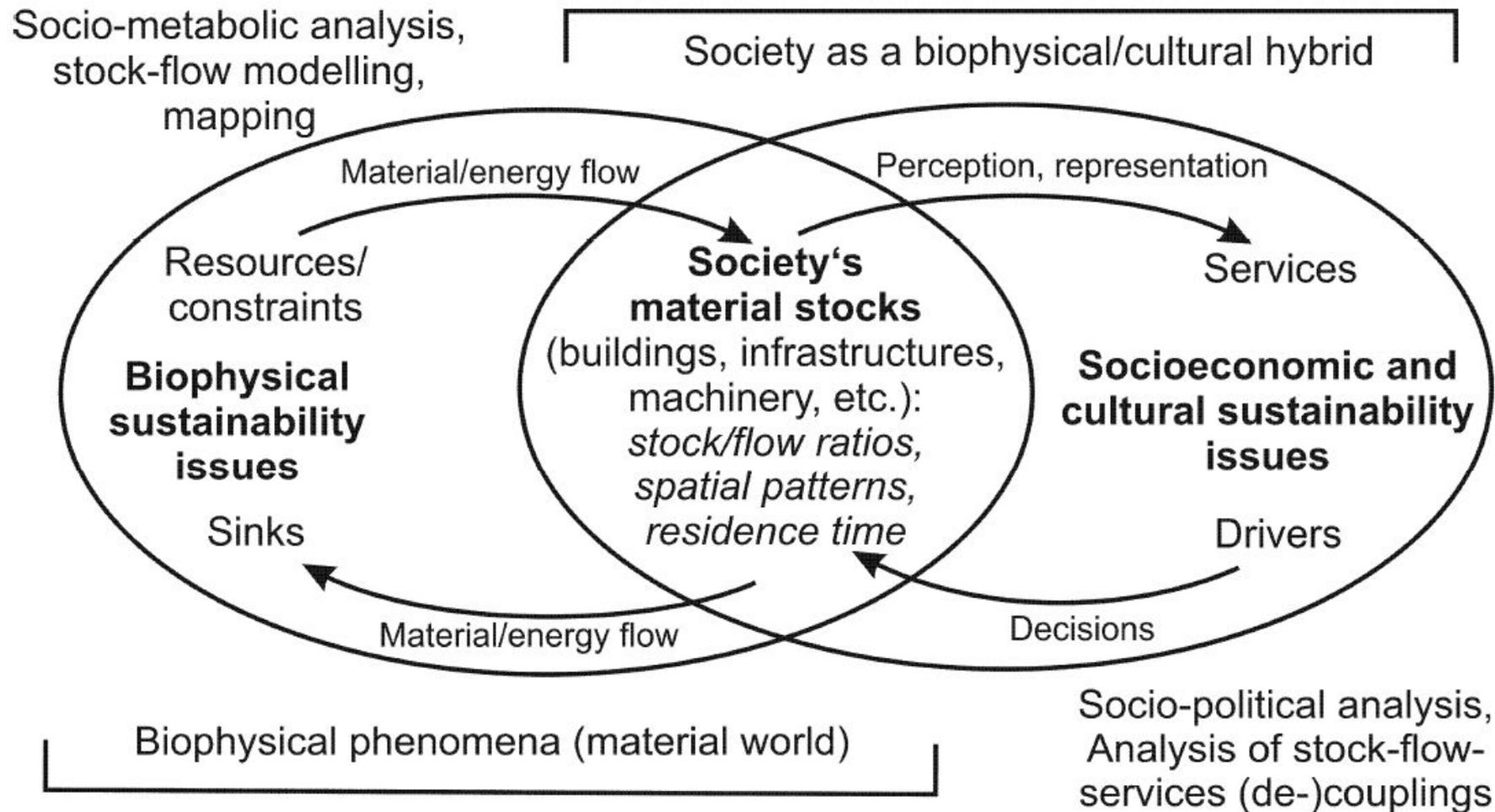
Institut für Soziale Ökologie  
Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
Universität für Bodenkultur, Wien  
[helmut.haberl@boku.ac.at](mailto:helmut.haberl@boku.ac.at)



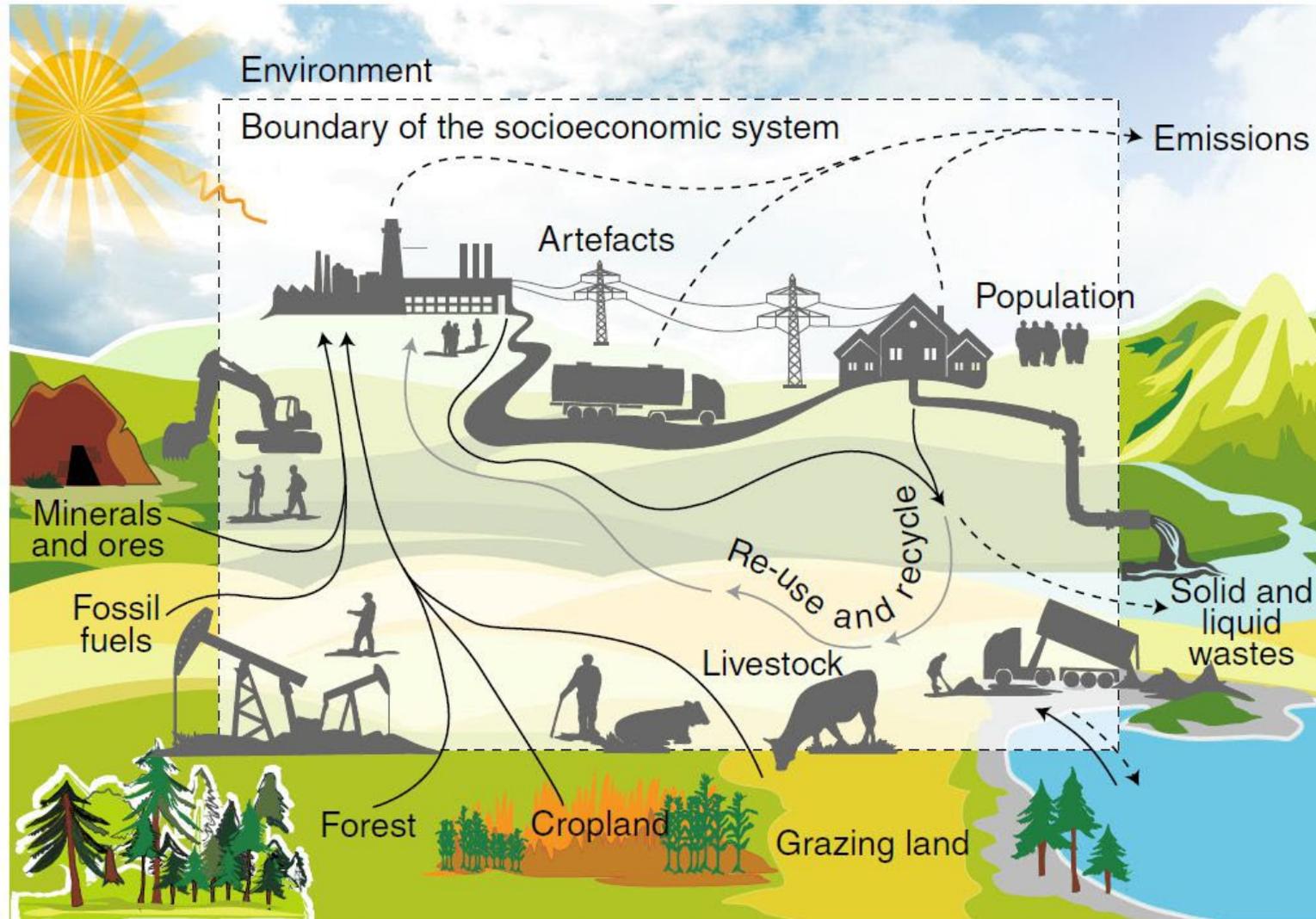
Ho-Chi Minh City, 2018

This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 741950).

# Sozialökologisches Interaktionsmodell: Gesellschaft-Natur-Interaktion

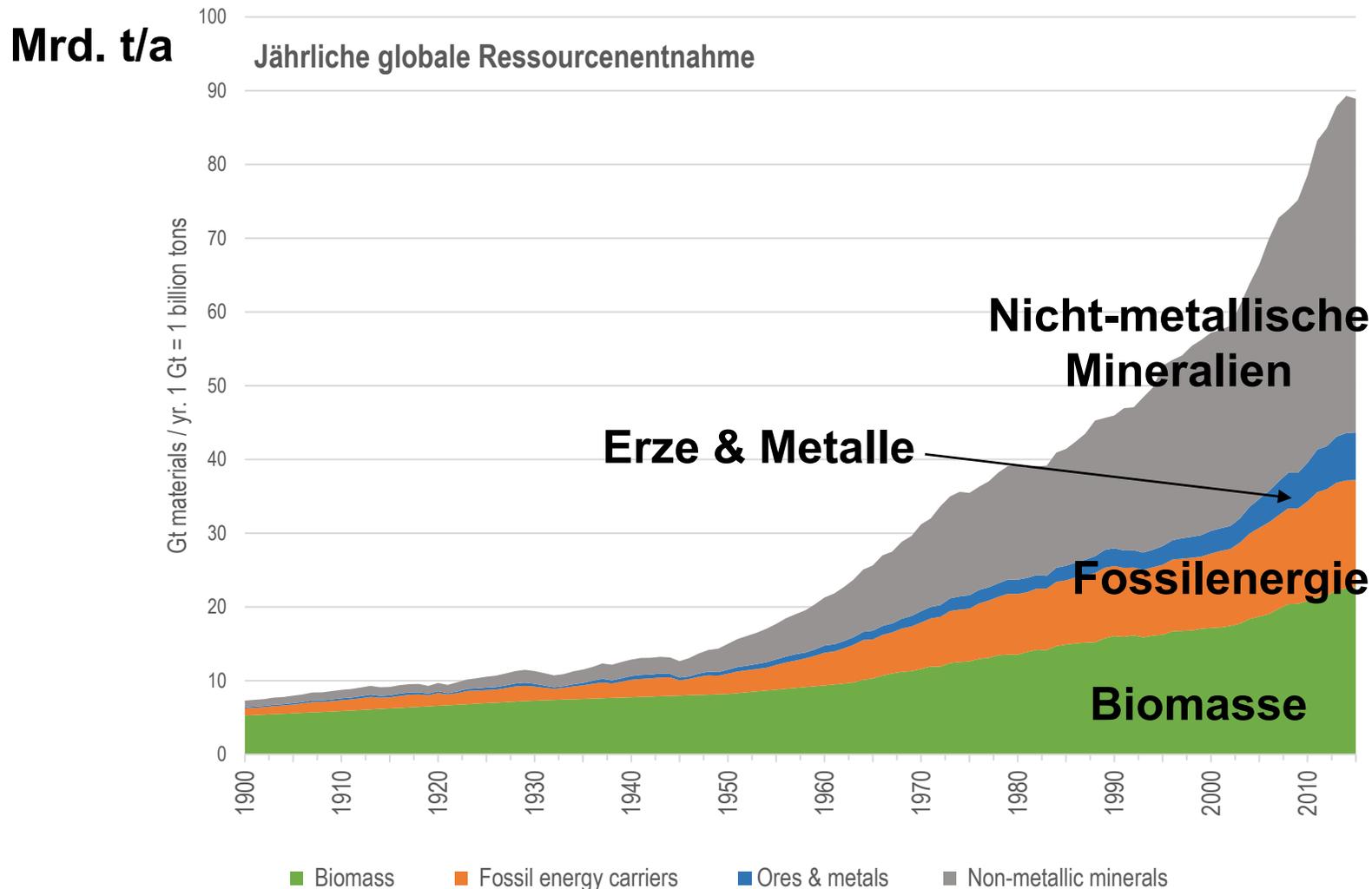


# Gesellschaftlicher Stoffwechsel: Ein systemischer Blick auf die Ressourcennutzung



**Gesellschaftlicher Stoffwechsel** umfasst die Entnahme von biophysischen Ressourcen (Material, Energie) aus der Umwelt, deren Verwendung in Produktion und Konsum sowie die darauffolgende Freisetzung von Abfällen und Emissionen. **Flüsse** können dissipativ genutzt werden (z.B. Energie), sie können sich aber auch in Form langlebiger **Bestände** akkumuliert werden. Die Muster dieser Bestände haben einen starken Einfluss auf künftige Flüsse.

# Globale Ressourcenextraktion: Von der Agrar- zur Industriegesellschaft



## Biomasse

wichtigste Energiequelle der Agrargesellschaft,  
wächst ~ mit der Bevölkerung

Industrialisierung wird durch den **Übergang zur Fossilenergie** angetrieben und führt zu einem gewaltigen **Wachstum der Gebäude- und Infrastrukturbestände**

## Wachstum 1900-2015:

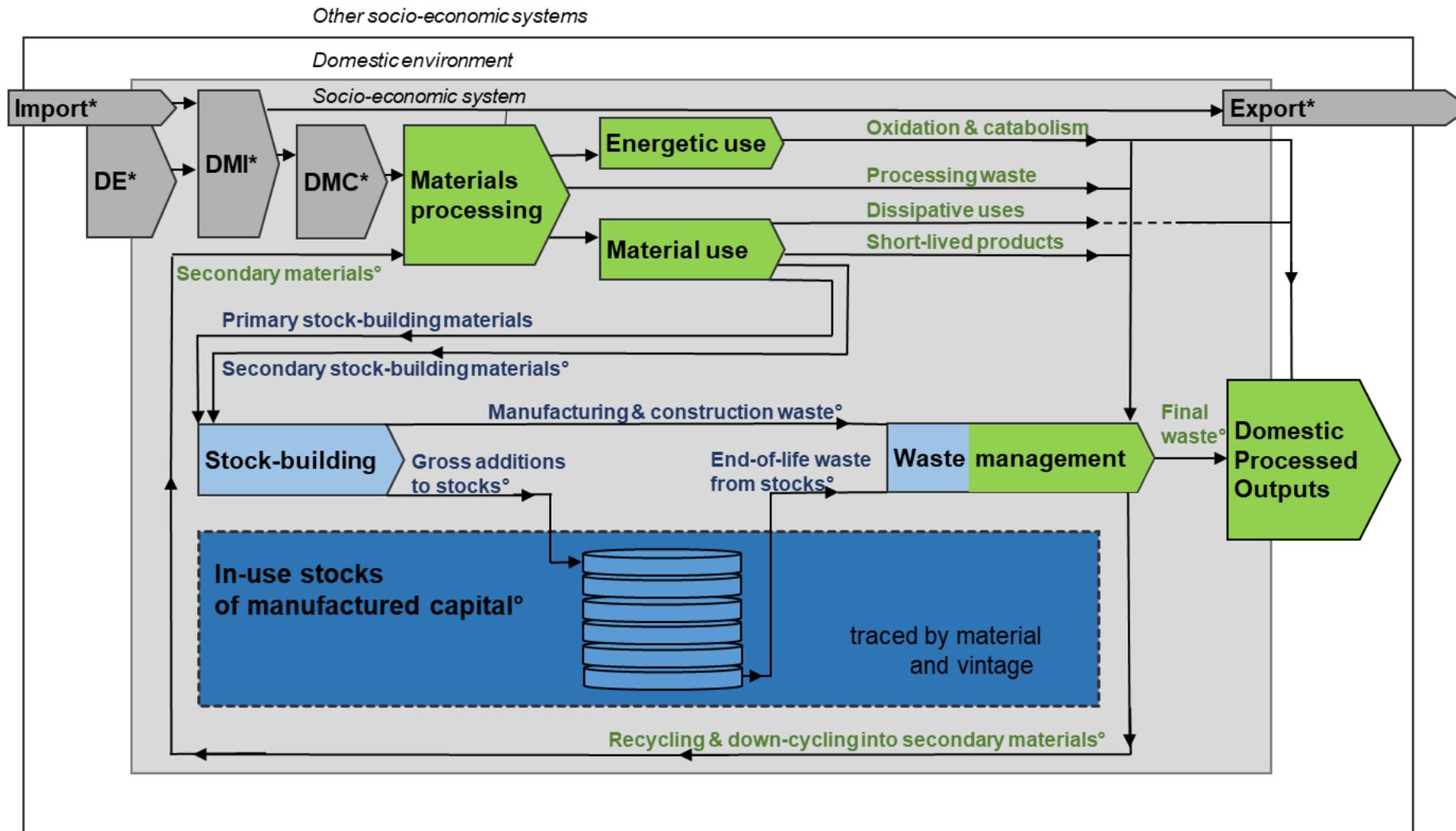
Bevölkerung: Faktor 4,5

Ressourcen: Faktor 12

BIP

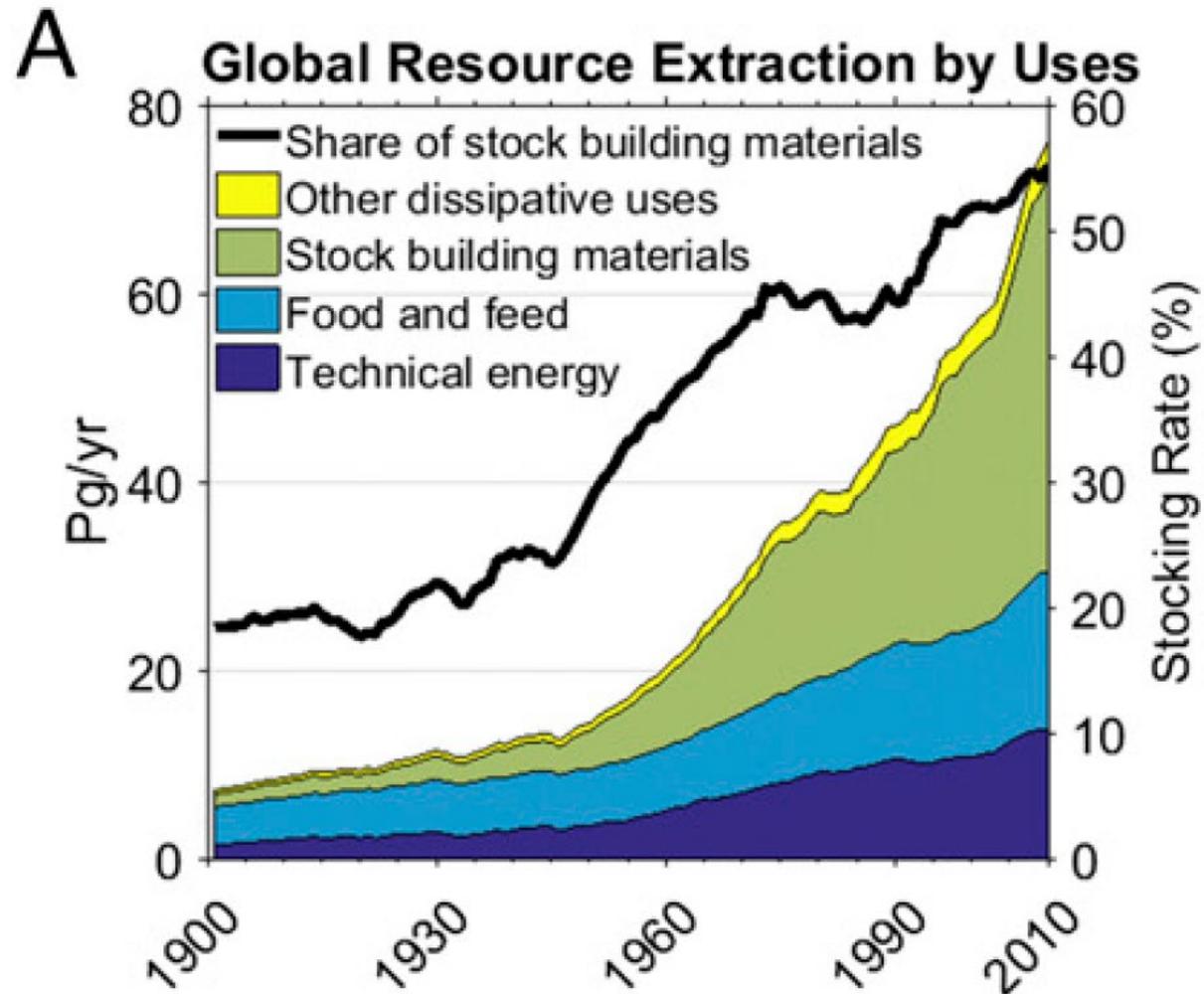
Faktor 32

# Gesellschaftlicher Stoffwechsel: Materialflüsse und -bestände im MISO-Modell

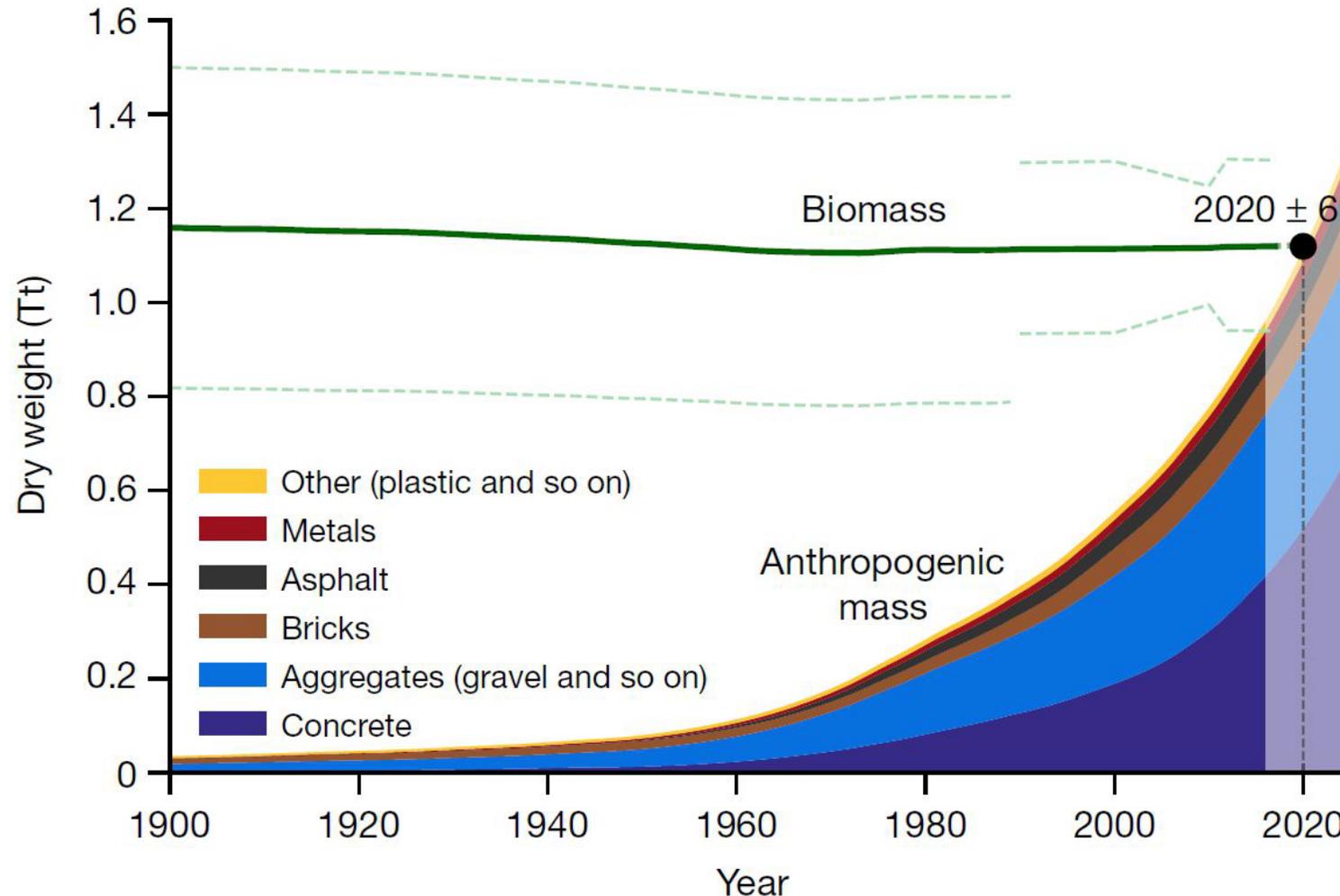


Das **MISO-Modell** errechnet den Aufbau von Materialbeständen in einer Volkswirtschaft aus den jährlichen Ressourcenflüssen im Zusammenspiel mit Informationen über die Lebensdauer der Materialien

# Der Anteil bestandbildender Ressourcen am gesamten Materialverbrauch steigt massiv



# Globale gesellschaftliche Materialbestände im Vergleich zur Biomasse aller Organismen



## Gesellschaftliche Materialbestände

Wachstum fast exakt gleich  
wie BIP-Wachstum

**1900:** Anteil der bestands-  
bildenden Materialien an der  
Ressourcenextraktion betrug  
~20%

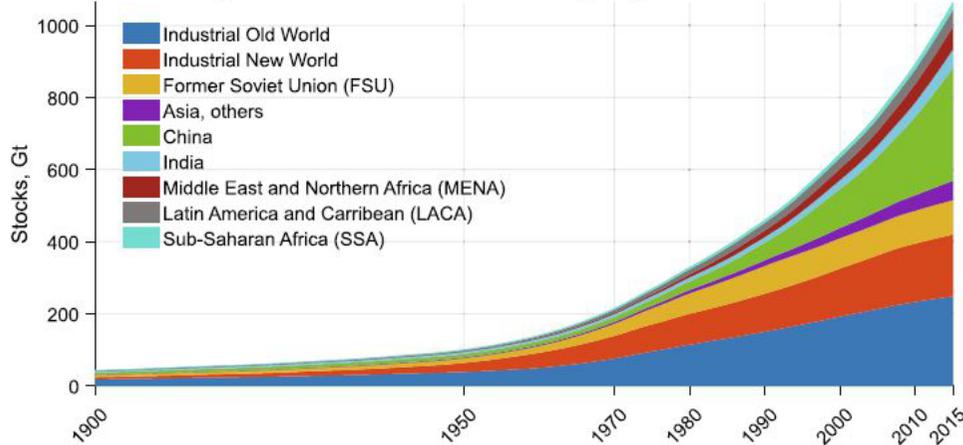
**Heute:** Bestandsbildende  
Materialien ~55%

# Globale Dynamik von Beständen und Flüssen

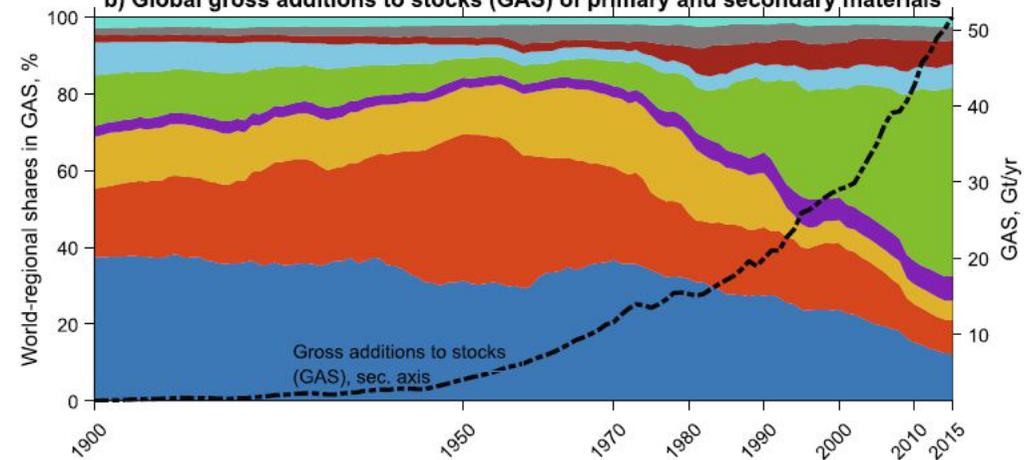
## MISO-Modell, neun Weltregionen, 1900-2015



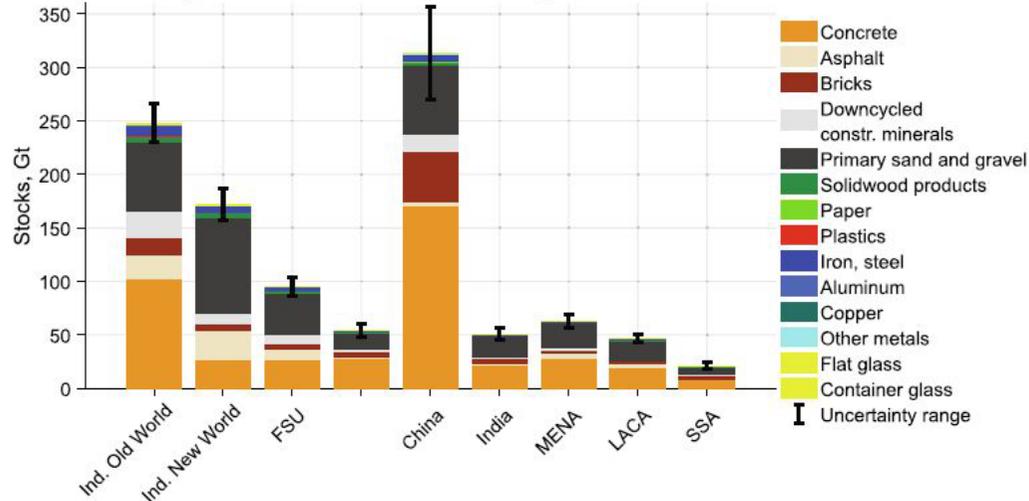
a) Material stocks in nine world-regions, from 1900 to 2015



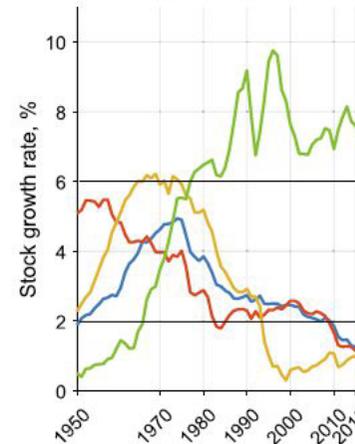
b) Global gross additions to stocks (GAS) of primary and secondary materials



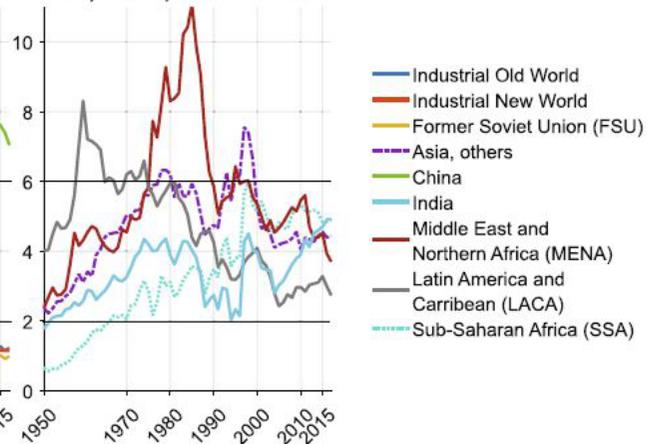
c) Material stocks in nine world-regions in 2015



d) Stock growth for early industrializers and China



e) Stock growth in India, rest of Asia, MENA, LACA and SSA



# Warum Materialbestände wichtig sind

- Sie spielen eine entscheidende Rolle bei der Umwandlung von Ressourcen in Services wie Wohn- und Arbeitsraum, Ernährung oder Mobilität.
- Aufbau und Erhaltung von Beständen braucht enorm große Mengen an Ressourcen
- Muster und Qualität von Beständen formt und stabilisiert gesellschaftliche Praktiken und erzeugt damit Pfadabhängigkeiten für zukünftige Ressourcennutzung ("lock-in")

# Herausforderung Klimawandel

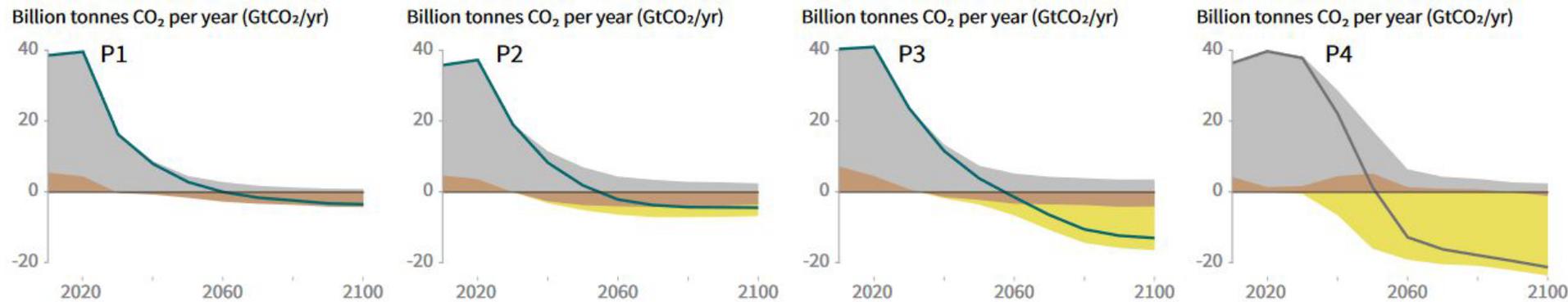
## Implikationen des 1.5° Zieles



**CO<sub>2</sub> Emissionen müssen global ~2050 die ‚Nettonull‘ erreichen  
Rasche Reduktion ist nötig, um Risikotechnologien zu vermeiden**

### Breakdown of contributions to global net CO<sub>2</sub> emissions in four illustrative model pathways

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS



**P1:** A scenario in which social, business and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A downsized energy system enables rapid decarbonization of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

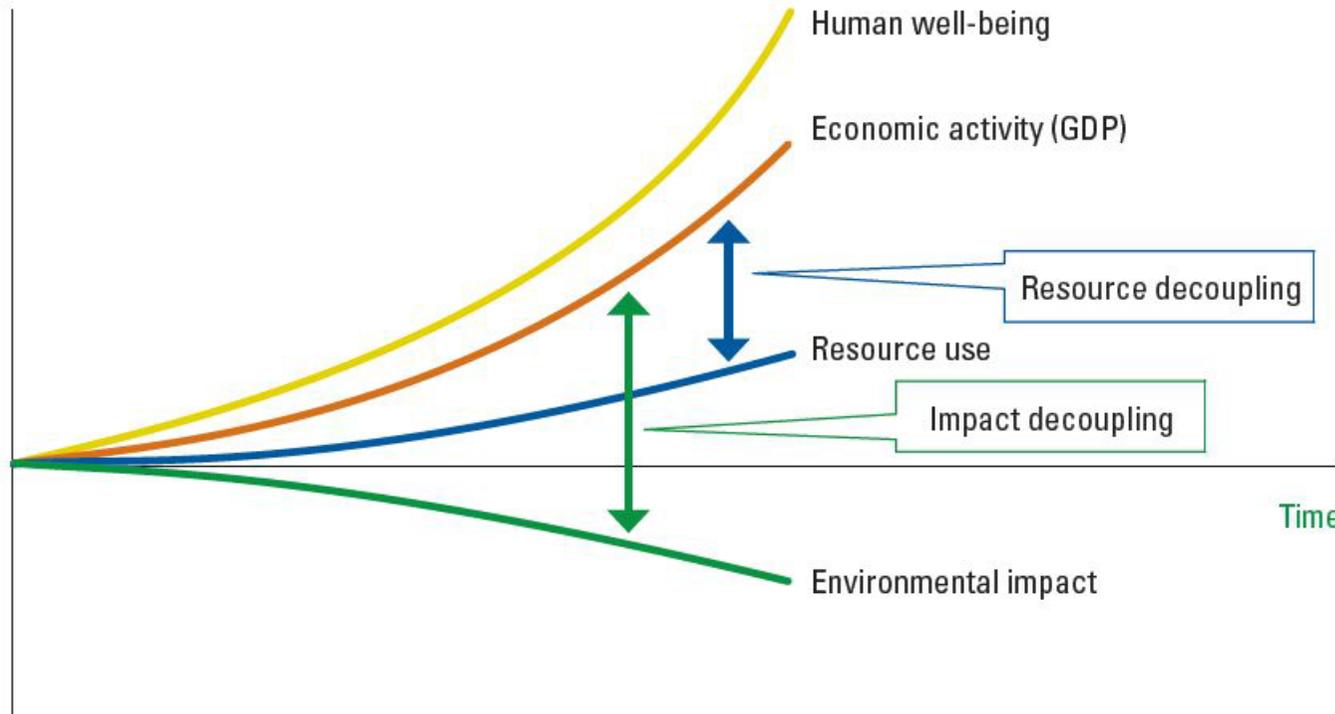
**P2:** A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

**P3:** A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

**P4:** A resource- and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas-intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

# Entkopplung:

Können Ressourcennutzung und Emissionen verringert werden, während die Wirtschaft (= das BIP) wächst?



**Relative Entkopplung:**  
Ressourcennutzung wächst langsamer als das BIP

**Absolute Entkopplung:**  
Ressourcennutzung sinkt in absoluten Zahlen, bei wachsendem BIP

## Politikrelevanz:

Praktisch alle Nachhaltigkeits- und Klimapolitiken beruhen explizit oder implizit auf Entkopplung

→ Systematischer Review der empirischen Literatur (>800 Studien)

# Ergebnisse eines systematischen Review zur *vergangenen* (Ent)kopplung

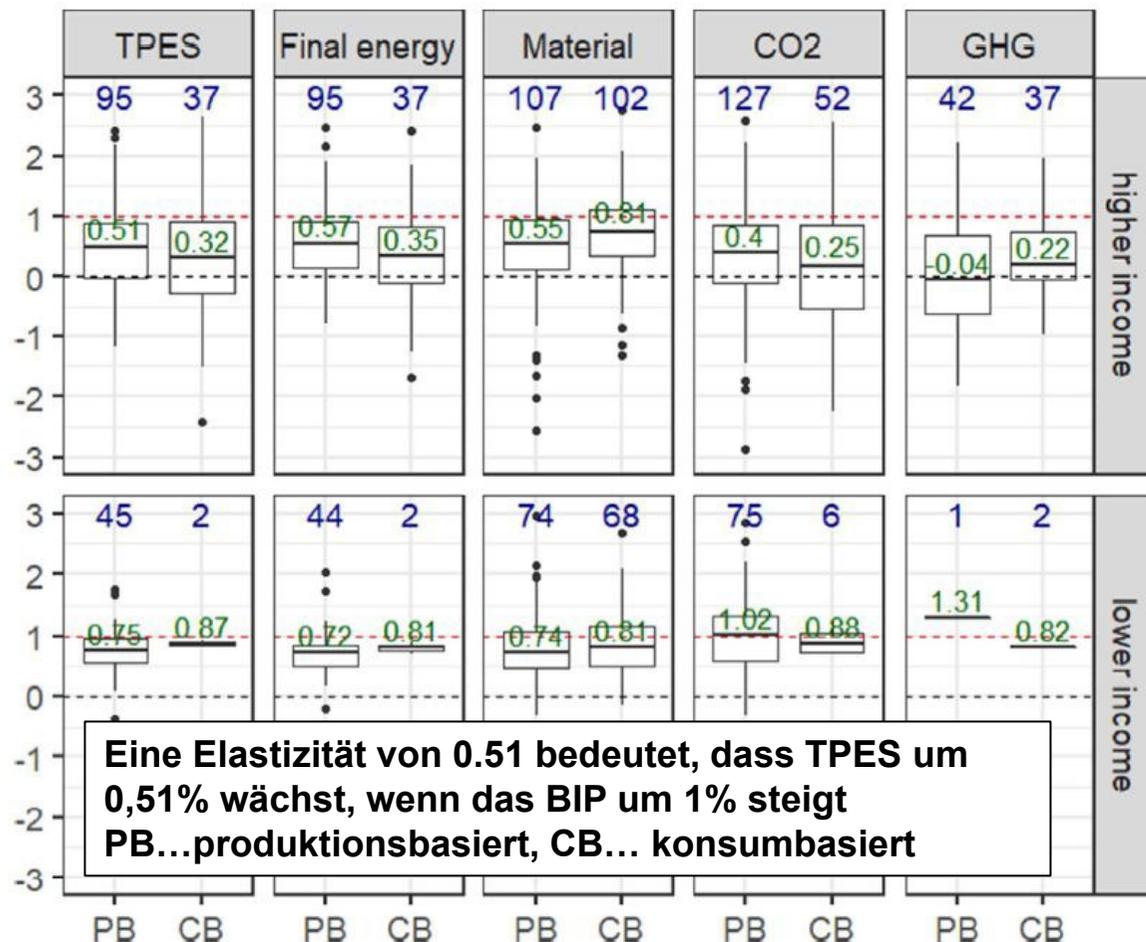


- Analysiert wurden **>800 Studien**, die auf Basis einer systematischen (regelbasierten) Suche in ISI und SCOPUS-Datenbanken als relevant erkannt wurden
- Robuste Evidenz, dass **Energie und BIP stark gekoppelt** sind
- Relative Entkopplung von Primärenergie und BIP resultiert aus einer verbesserten Effizienz der Umwandlungskette von Primärenergie zur tatsächlich nützlichen Energie (**Exergie**)
- Umfassende Studien des gesellschaftlichen Stoffwechsels zeigen, dass Ressourcenverbrauch am Anfang der Industrialisierung oft schneller wächst als das BIP; später kommt es zu **Sättigungs- und Verlagerungstendenzen**

# Das *Evangelium der Öko-Effizienz ist gut, aber nicht gut genug (bei weitem)*



## BIP-Elastizitäten in der letzten Dekade



Eine Elastizität von 0.51 bedeutet, dass TPES um 0,51% wächst, wenn das BIP um 1% steigt  
PB...produktionsbasiert, CB... konsumbasiert

**Gegenwärtige Nachhaltigkeitsstrategien** bauen vor allem darauf auf, das Wachstum des BIP vom Ressourcenverbrauch und den Emissionen zu entkoppeln

**Das 1.5°C Ziel** erfordert es, die globalen CO<sub>2</sub>- und Treibhausgasemissionen um 3.3%-5% der Emissionen im Jahr 2020. Das braucht qualitativ neue Ansätze.

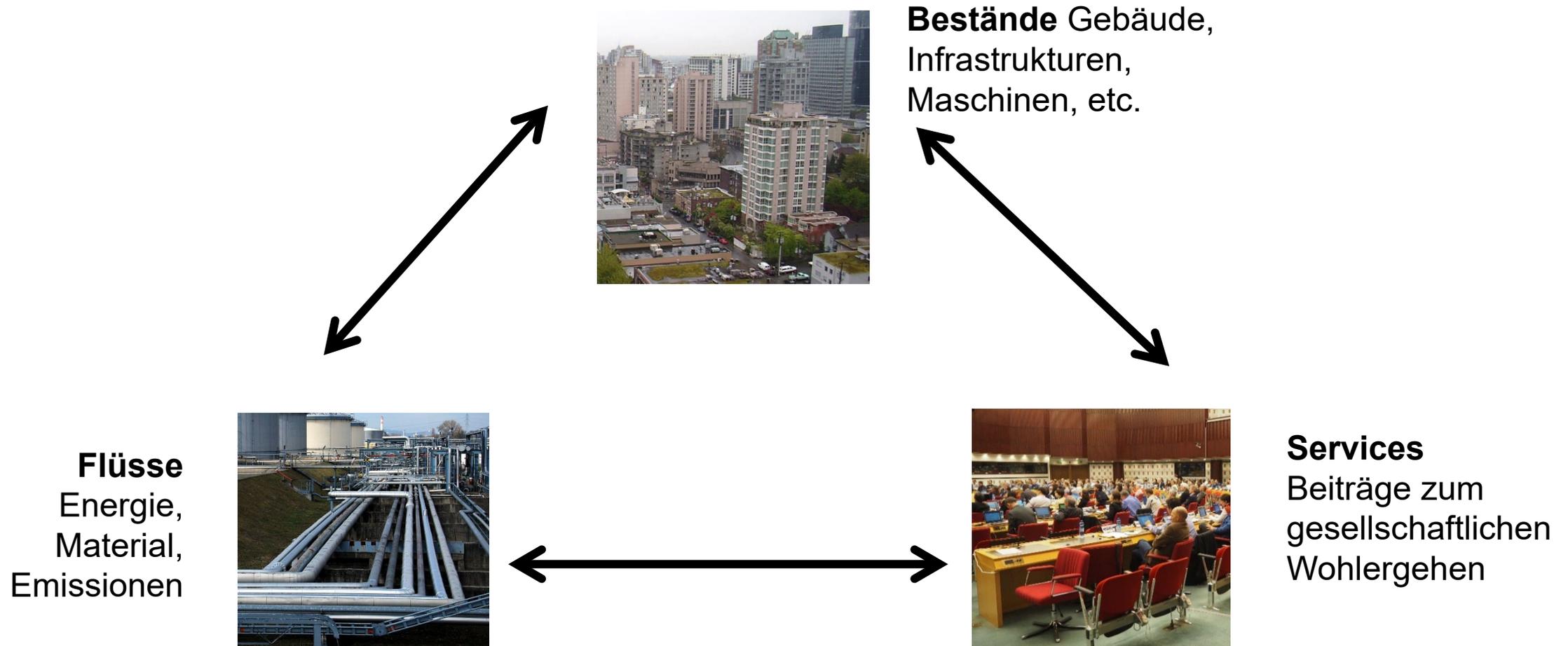
TPES... total primary energy supply (Primärenergie)  
GHG... greenhouse gas (Treibhausgas)

# Schlussfolgerungen aus dem Review für *zukünftige* Entkopplungspolitik und -forschung



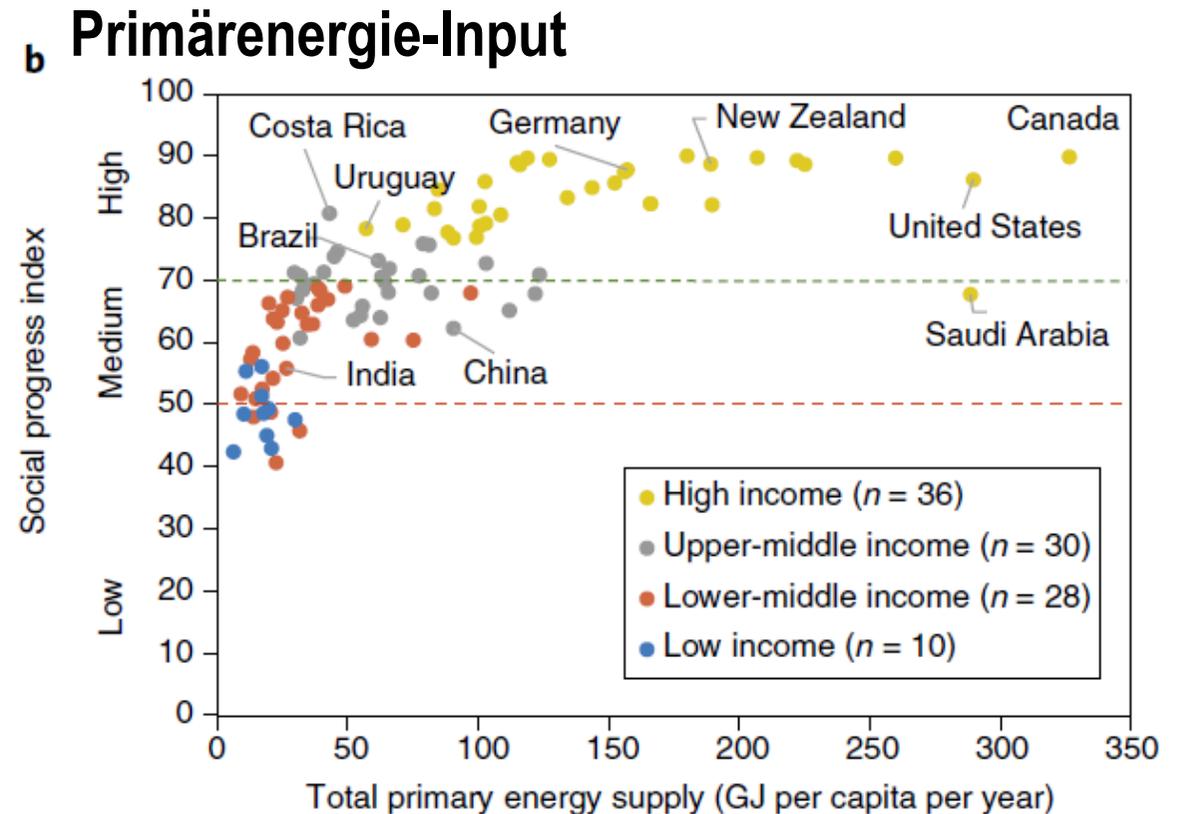
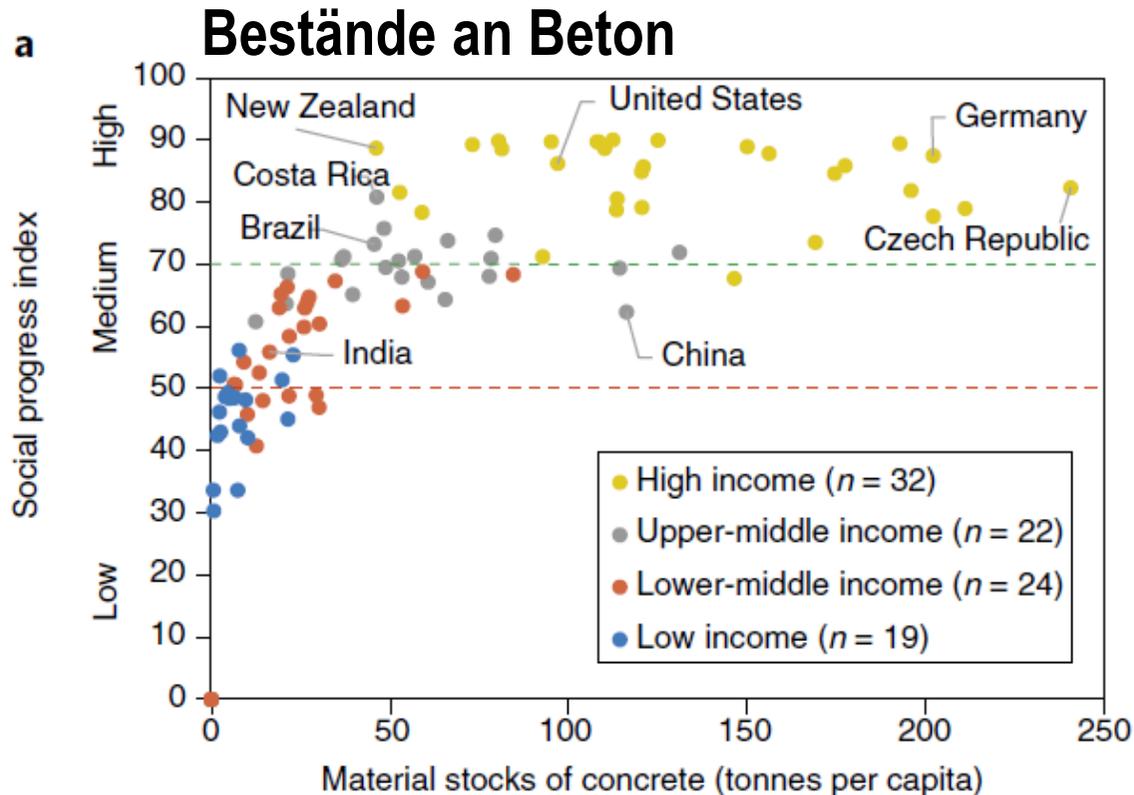
- **Fortsetzung vergangener Trends** wird keine absolute Verringerung von Ressourcenverbrauch und THG bringen
- Es gibt Hinweise darauf, dass **entschlossene Politik wirksam sein kann**, z.B. bei CO<sub>2</sub>-Emissionen (Le Quéré et al. 2019, *Nat. Clim. Change* **9** 213–17)
- Entscheidend sind **absolute Reduktionsziele** – im Gegensatz zur üblichen Praxis, Ziele vor allem in bezug auf die Verbesserung der Ökoeffizienz zu definieren
- Politische Strategien, die nur die Öko-Effizienz adressieren, sind nicht ausreichend, es braucht **suffizienzorientierte Strategien**
- „**Beyond GDP**“: Fokus sollte auf Verbesserung des gesellschaftlichen Wohlergehens liegen, nicht auf BIP-Wachstum

# Nachhaltigkeitstransformationen: Neukonfiguration des *stock-flow-service nexus*



Fotos: Helmut Haberl

# Bestände, Flüsse und gesellschaftlicher Fortschritt (SPI)



**Der *Social Progress Index (SPI)* misst gesellschaftliches Wohlergehen mit Hilfe von Indikatoren zu Ernährung, Wohnraum, Wasser, Hygiene, persönliche Sicherheit, Demokratie, Menschenrechte und Umweltqualität; er inkludiert keine monetären Indikatoren wie BIP**

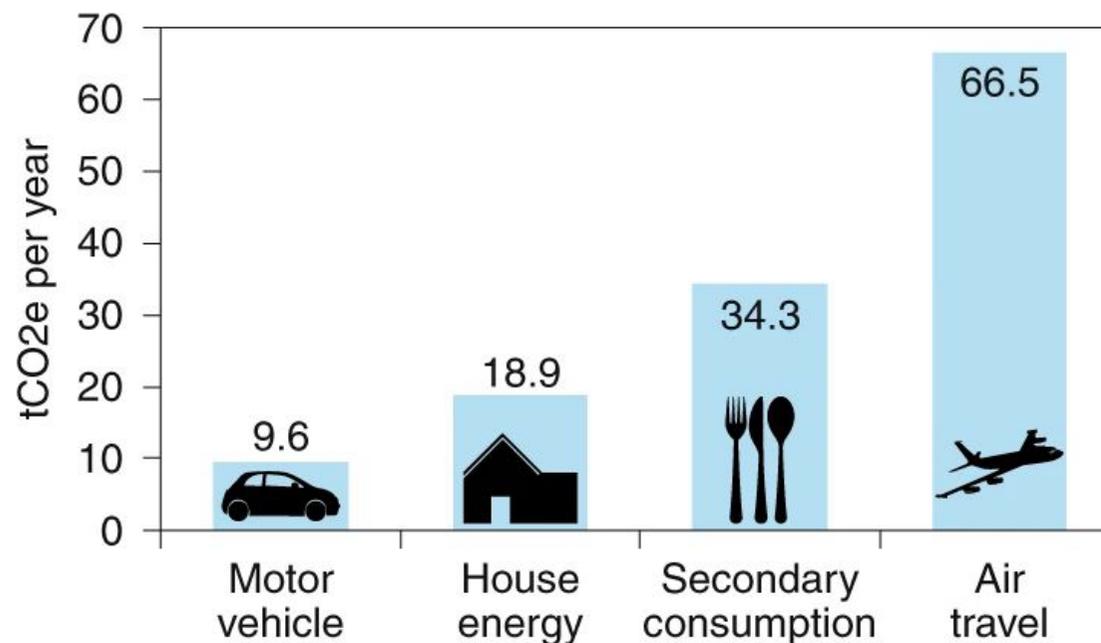
# Zentrale Frage: Ungleichheit

## Beispiel Treibhausgas-Emissionen



**Fig. 1: The estimated carbon footprint of a typical super-rich household of two people.**

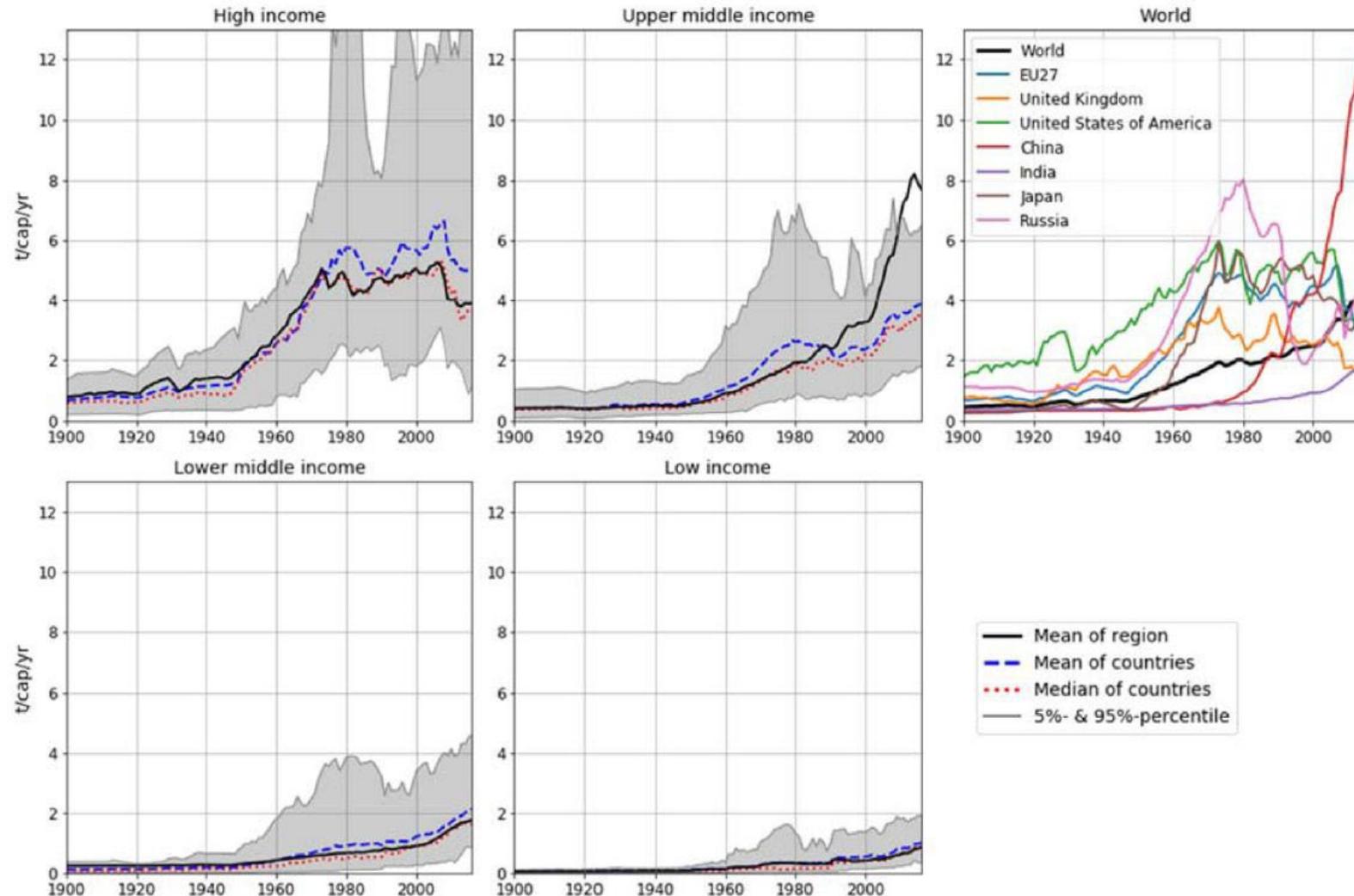
From: Shift the focus from the super-poor to the super-rich



**Super-rich:**  
65 tCO<sub>2eq</sub>/cap/yr  
**Austrian average:**  
9 tCO<sub>2eq</sub>/cap/yr  
**Global average:**  
6.5 t CO<sub>2eq</sub>/cap/yr  
(AT: UBA, Global: PBL)

Data were derived from four consumption habit surveys, and show the average of four carbon-footprint calculators for each of four consumption categories. Total emissions are approximately 129.3 tCO<sub>2e</sub> per year.

# Globale Ungleichheit bei Materialflüssen in Bestände (*gross additions to stock*)

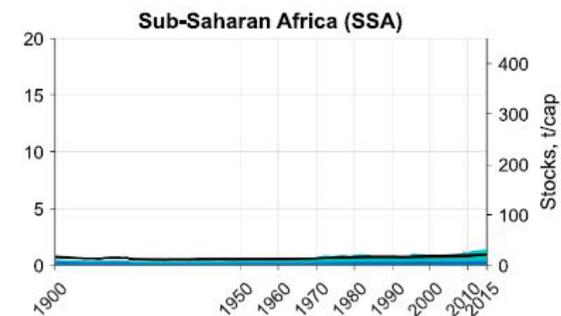
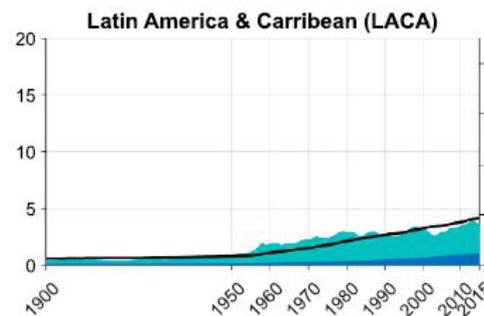
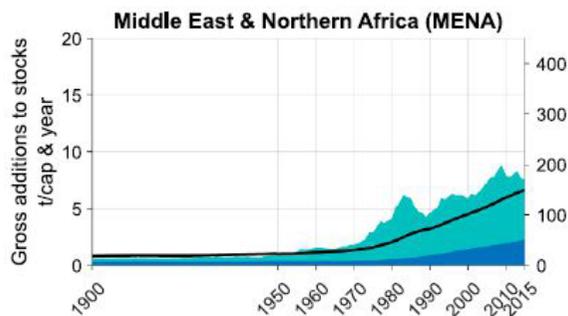
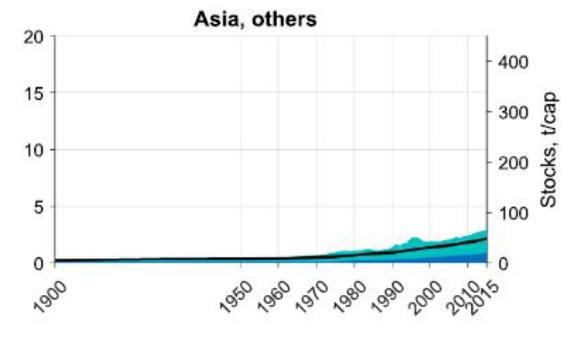
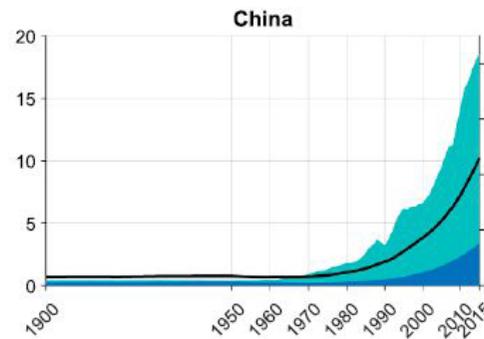
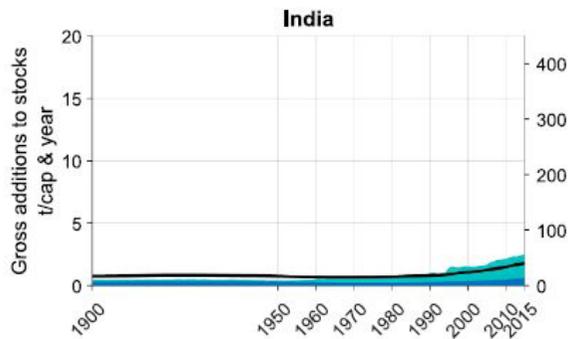
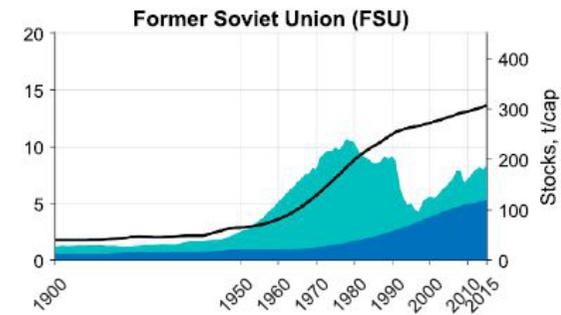
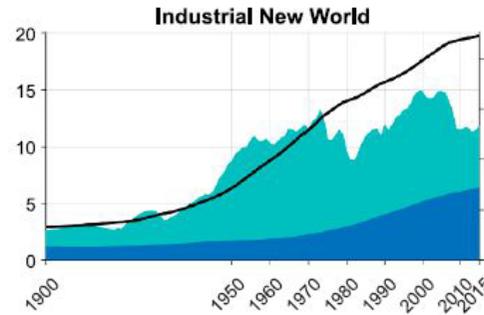
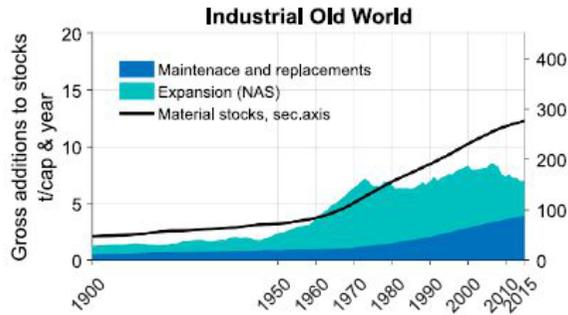


Länder im Bereich ‚low‘ und ‚lower-middle income‘ verzeichnen immer noch geringeren Bestandszufluss als ‚high-income‘ Länder, auch wenn er dort etwas zurückgegangen ist. Der **stärkste Zuwachs** findet bei Ländern mit ‚upper-middle income‘ Ländern statt.

**China** ist ein Ausreißer und verzeichnet seit 2000 die höchsten weltweit jemals beobachteten Zuwächse

# Materialbedarf für Erhaltung vs. Expansion

## Hoher Bedarf für Erhaltung in Regionen mit großen Beständen

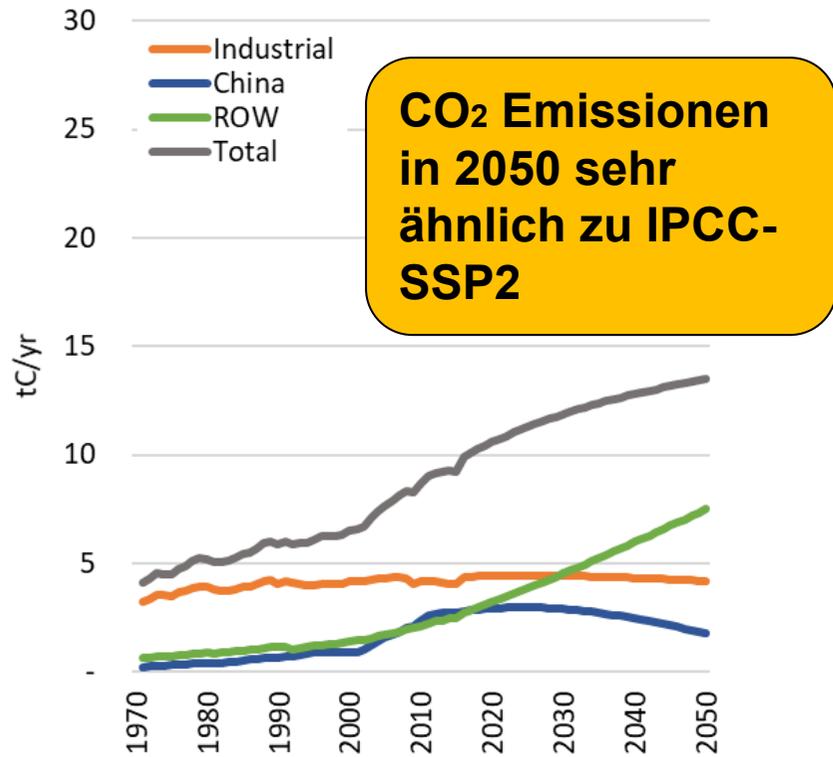


# Globale Konvergenzszzenarien für Bestände

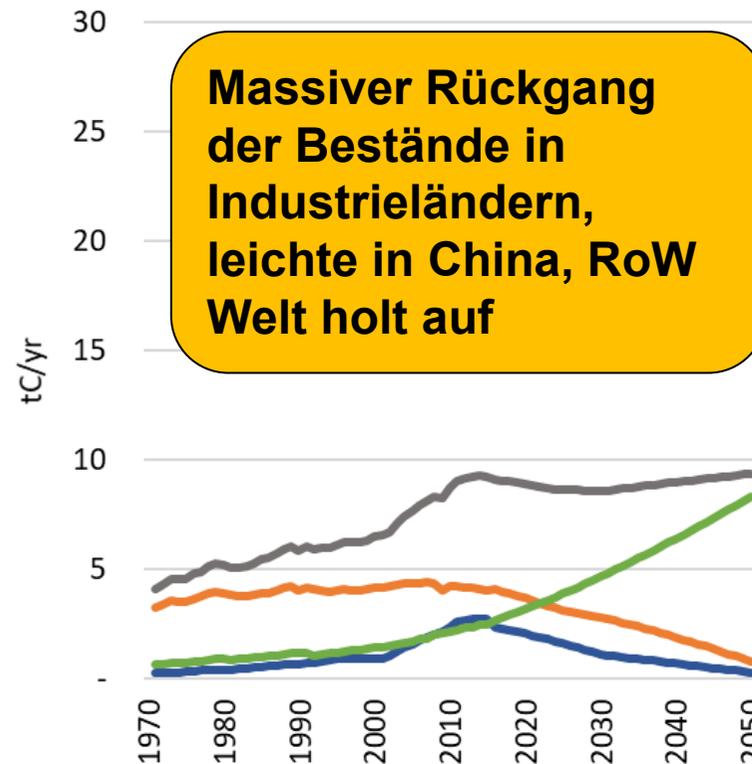
(Gedankenexperiment, keine zusätzliche Dekarbonisierung)



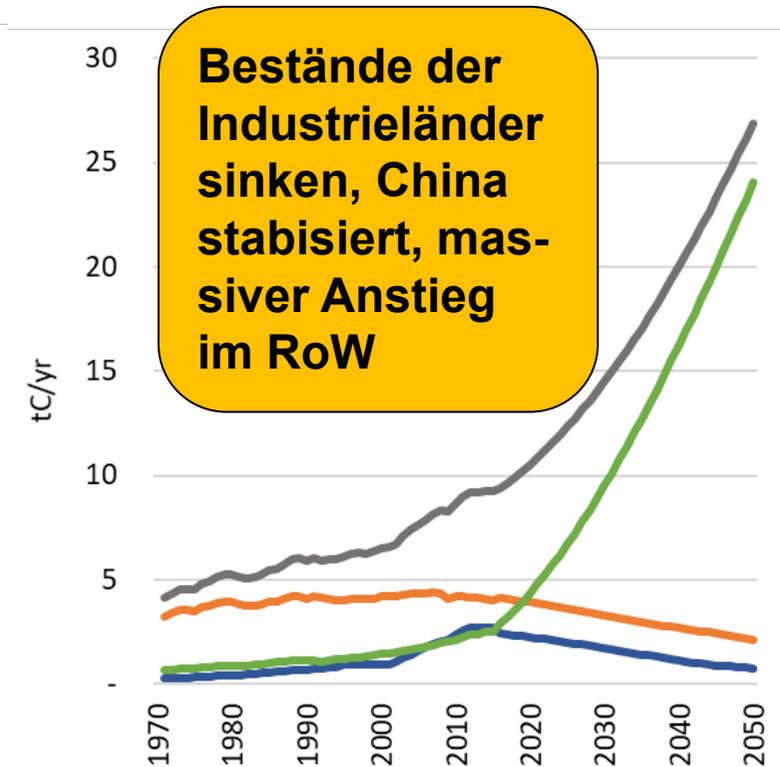
## BIP-getriebenes Trendszenario



## Globale Konvergenz am Pro-Kopf Niveau der Industrieländer 1970



## Globale Konvergenz am Pro-Kopf Niveau der Industrieländer 2015



# Das Energiesystem und das 1,5° Ziel

## Veränderungsnotwendigkeiten der nächsten 20-30 Jahre

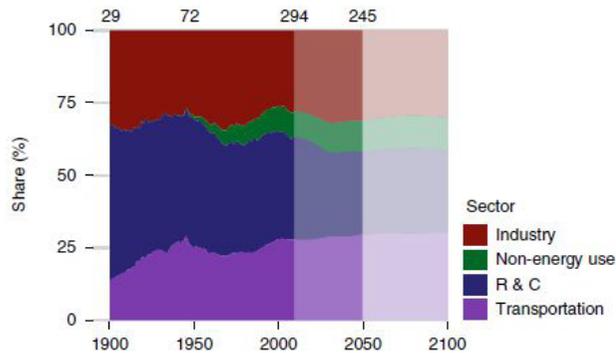


- Gegenwärtiger **Primärenergiemix global**: 80% Fossilenergie, 10% Biomasse, 5% Kernenergie, 3% Wasserkraft, 2% Diverses
- Gegenwärtiger **Primärenergiemix in Österreich**: 68% Fossilenergie, 16% Biomasse (erheblicher Importanteil!), 10% Wasserkraft, 6% Abfälle, Umgebungswärme, Wind, PV etc.

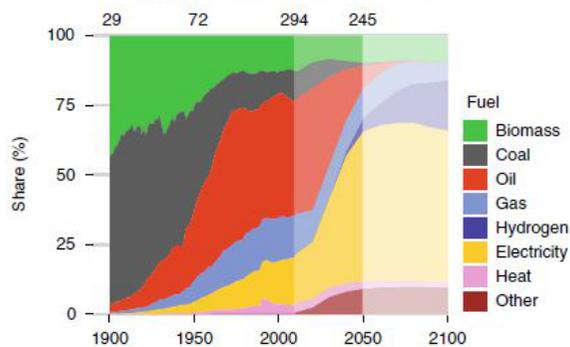
→ **Ernstnehmen der Klimaziele heißt daher, dass klimaneutrale Energie & Energieeinsparung zwei Drittel (Österreich) bis vier Fünftel (global) der Primärenergie ersetzen müssen, d.h. ab sofort:**

- **Keine neuen Strukturen mit einer Lebensdauer von >8-10 Jahren**, die Fossilenergie benötigen (Gebäude, Infrastrukturen, Maschinen)
  - **Existierende Gebäude, Infrastrukturen und Maschinen** müssen innerhalb 20-30 Jahren durch THG-freie Optionen ersetzt werden
-

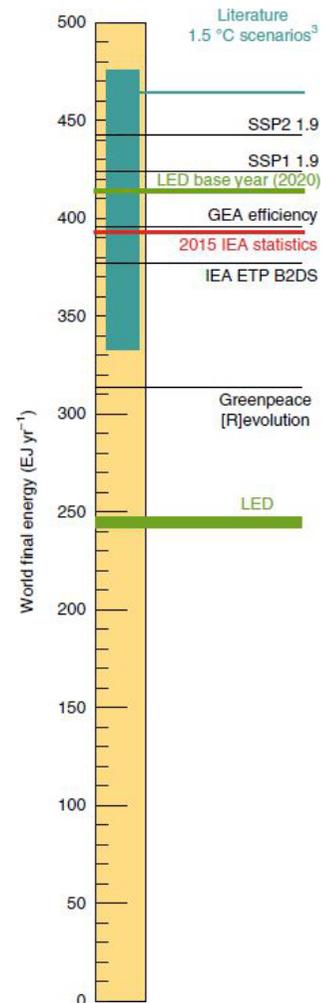
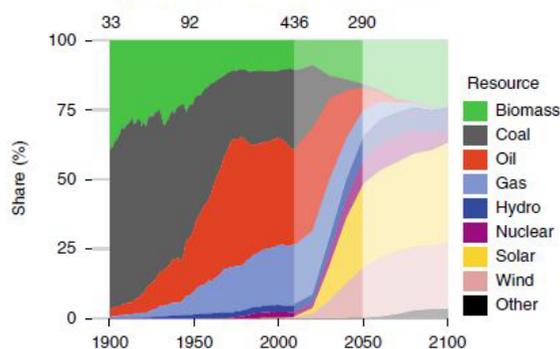
# Energiedienstleistungen können global mit etwa halb so viel Energieeinsatz wie heute bereitgestellt werden



b World final energy by demand (EJ yr<sup>-1</sup>)

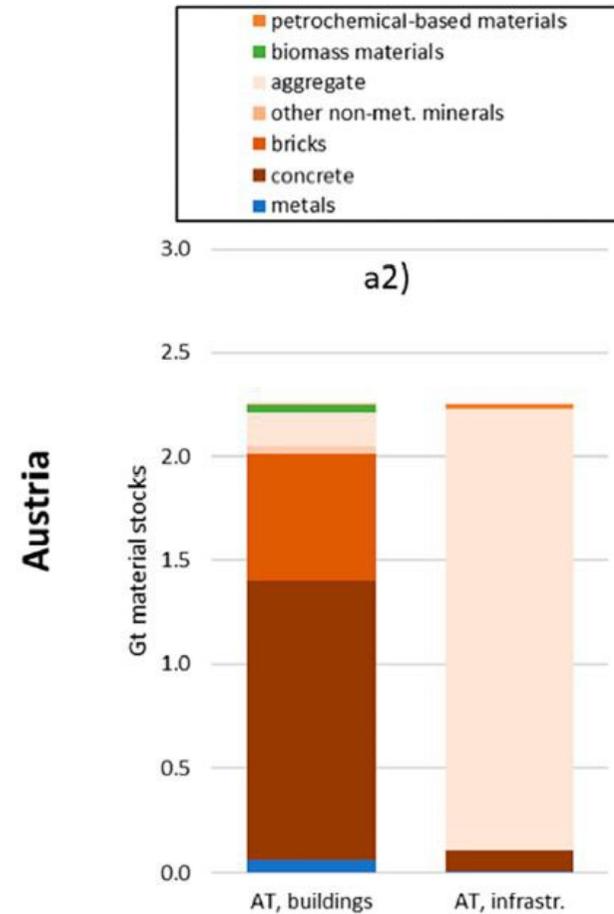


c World primary energy by resource (EJ yr<sup>-1</sup>)



- Bei gleichem Niveau an Energiedienstleistungen wie im globalen Trend-Szenario kann der Endenergieeinsatz etwa halbiert werden
- Damit kann das 1.5° Ziel erreicht werden, ohne massiv in kontroversielle Technologien (wie z.B. BECCS) zu investieren
- Dies benötigt allerdings völlig veränderte Investitionsmuster:
  - Niedrig- bis Nullenergiehäuser
  - Transport-sparende Siedlungsmuster
  - Priorisierung des öffentlichen Verkehrs
  - Materialsparende Strukturen, usw.

# Ein Großteil der Materialbestände befindet sich in Gebäuden und Infrastrukturen



**Materialbestände in Österreich 2018**

Gesellschaftliche Materialbestände in Österreich sind **mehr als doppelt so schwer als alle Pflanzen**

**Gebäude und Straßen** sind etwa gleich schwer, beide wiegen jeweils ca. 2,2 Mrd. Tonnen

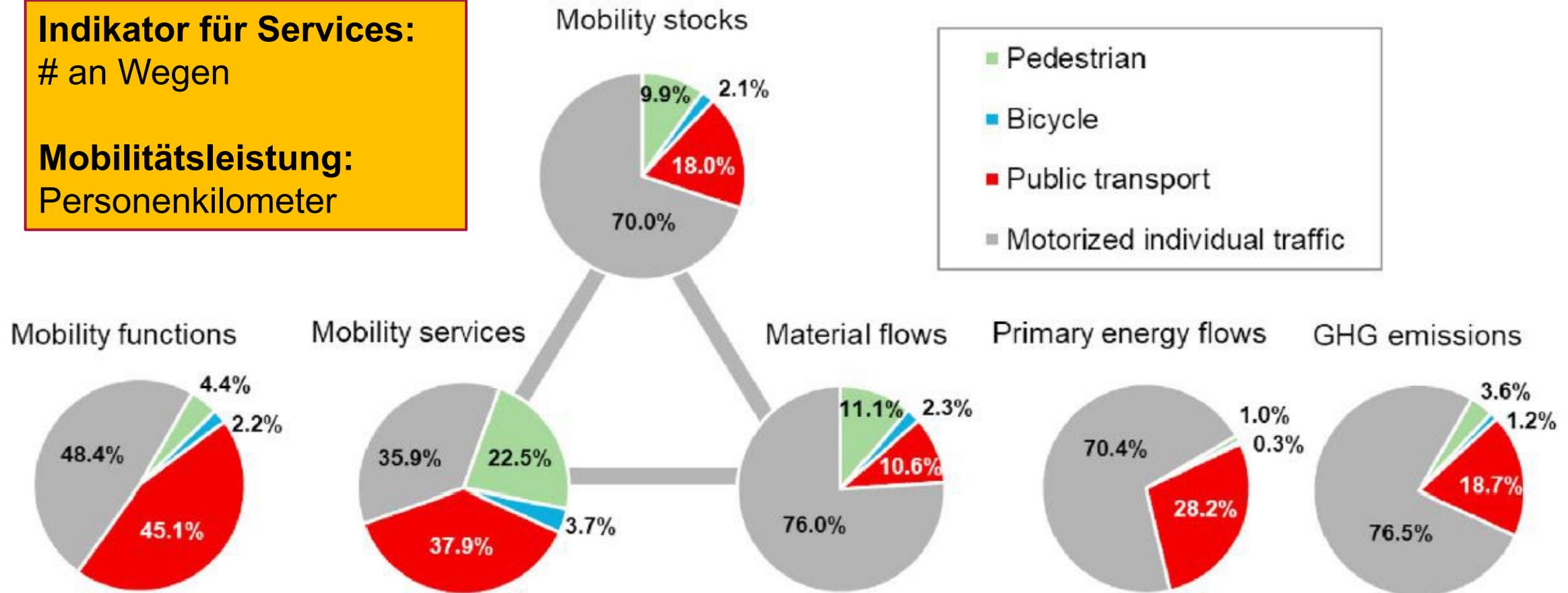
**Räumliche Muster** von Siedlungen und Verkehrsinfrastrukturen prägen bestimmte ‚Praktiken‘, also Alltagsroutinen. Konsum findet als Teil derartiger Alltagsroutinen statt, die in gesellschaftliche, institutionelle und infrastrukturelle Kontexte eingebettet sind.

# Die Beziehung zwischen Beständen, Flüssen und Services am Beispiel Mobilität in Wien



**Indikator für Services:**  
# an Wegen

**Mobilitätsleistung:**  
Personenkilometer



# Schlussfolgerungen



- Ambitionierte Klimaziele erfordern absolute Reduktion des Ressourcenverbrauchs (Material, Energie)
  - Ein immer größerer Teil der Ressourcen fließt in den Aufbau von Materialbeständen, die wiederum zukünftige Ressourcenflüsse bedingen. Die Begrenzung des Neubaus und der Bodenversiegelung sind daher zentrale Elemente einer wirksamen Klimastrategie
  - Die Steigerung der Ökoeffizienz im Rahmen bestehender Strukturen wird nicht ausreichen, es braucht Veränderungen in den systemischen Beziehungen zwischen Materialbeständen, Ressourcenflüssen und der Erbringung von Services, die für ein gutes Leben nötig sind
  - Veränderte Muster der Bestände können ressourcensparende Praktiken begünstigen (oder behindern); die Schaffung von ressourcensparenden Strukturen sollte oberste Priorität haben
-

## Universität für Bodenkultur, Wien

Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
Institut für Soziale Ökologie

Helmut Haberl  
Fridolin Krausmann  
Dominik Wiedenhofer  
*et al.*

Schottenfeldgasse 29, A-1070 Wien  
helmut.haberl@boku.ac.at

Freier Datendownload:  
<https://www.wiso.boku.ac.at/en/institut-fuer-soziale-oekologie-sec/data-download/>



**This project has received funding from the European Research Council (ERC) under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme (grant agreement No 741950).**



**SEC**  
Institute of  
Social Ecology

