

# Die Natur der Infrastruktur:

## ein sozial-metabolischer Blick auf Stadt-Land-Energie & Nachhaltigkeit

Dr. Dominik Wiedenhofer

Institut für Soziale Ökologie,  
Departement für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften  
Universität für Bodenkultur



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).

## „Natur“?



## „Infrastruktur“?





## „Natur“?

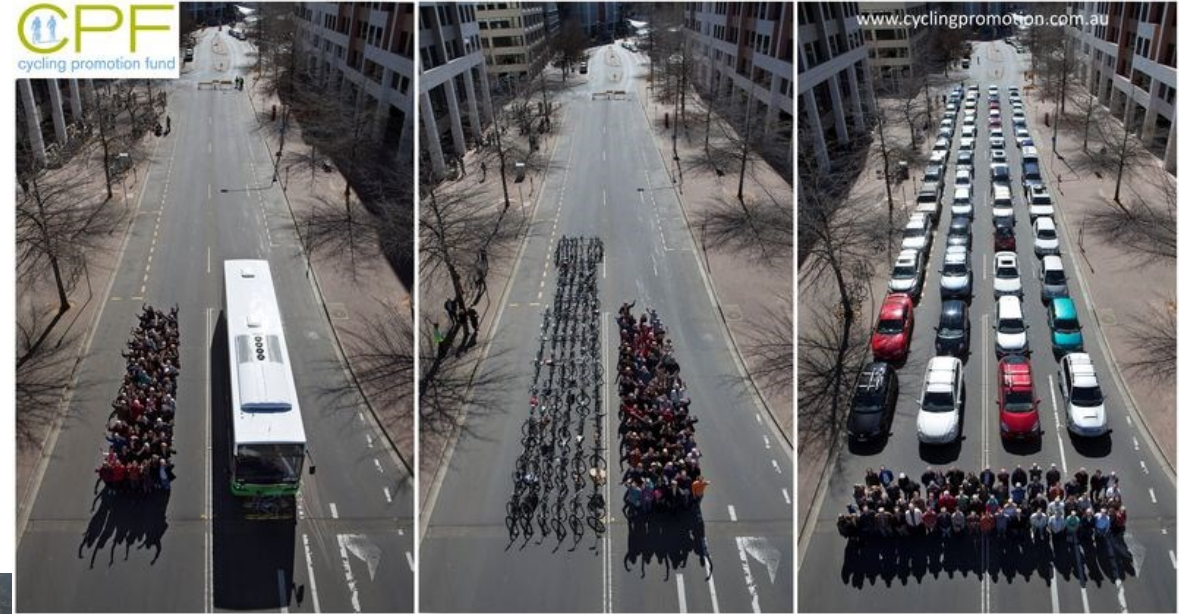


## „Infrastruktur“?





# Mobilität im Wandel?



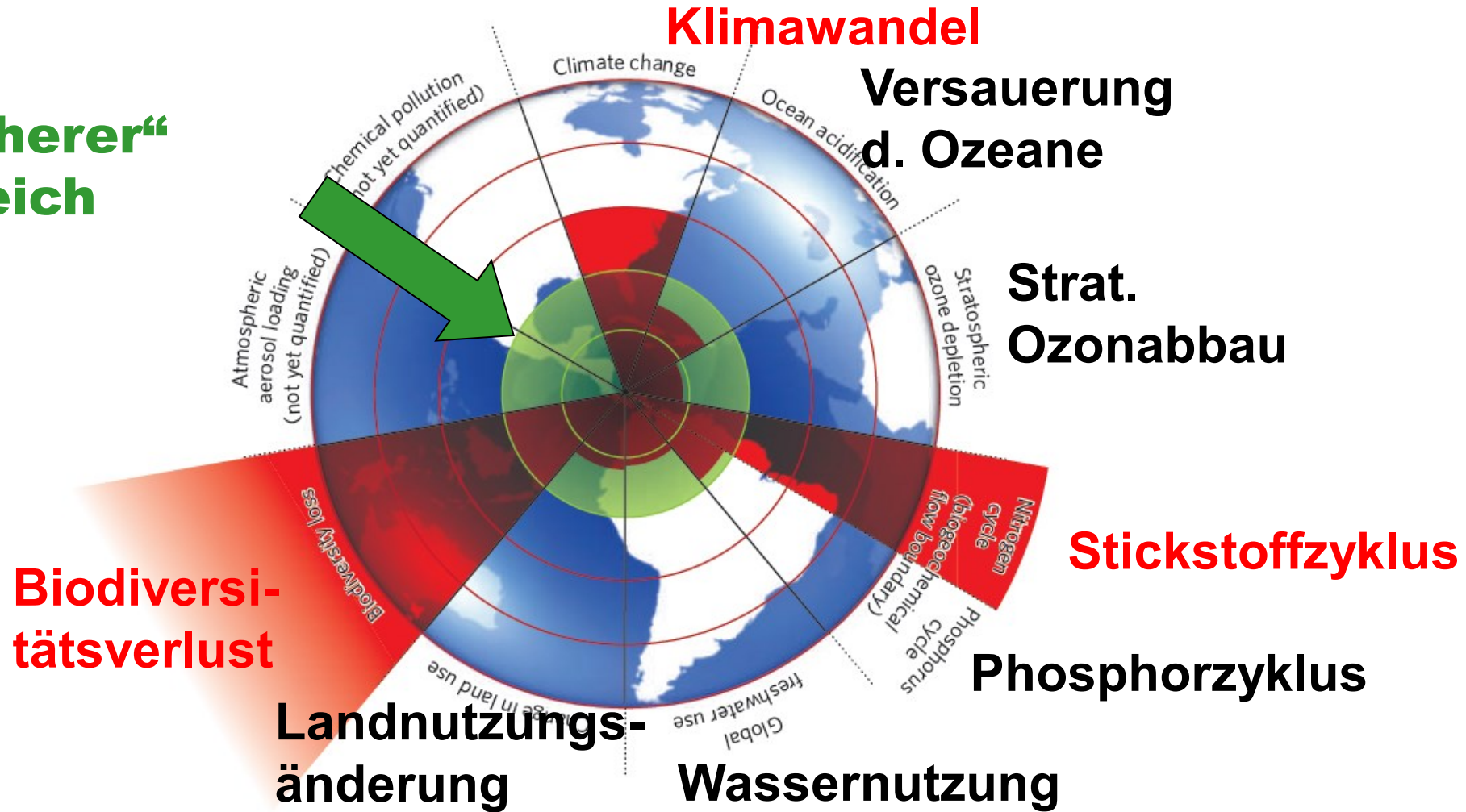


# Die gesellschaftliche Umgestaltung des Planeten: das Zeitalter des Anthropozän?



# Planetare Grenzen für gesellschaftliches Handeln und den sozialen Metabolismus

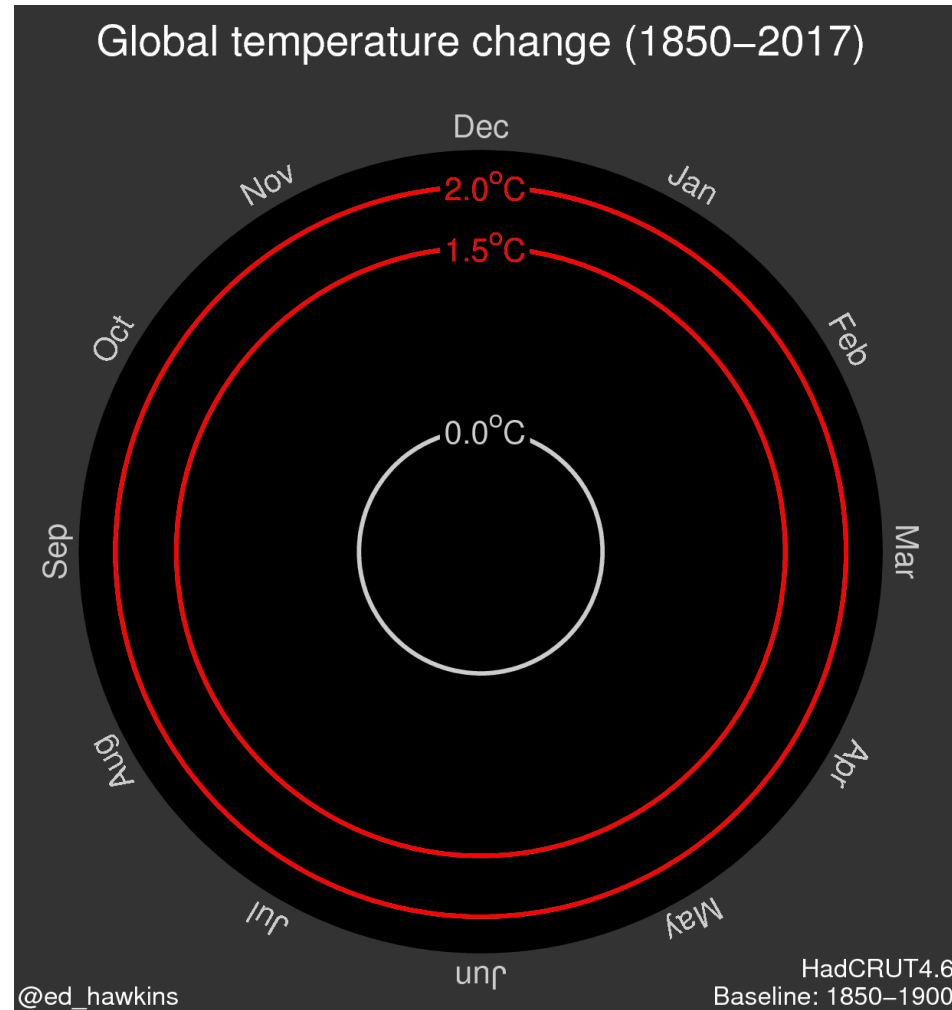
„Sicherer“  
Bereich



**Figure 1 | Beyond the boundary.** The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

Rockström et al. 2009;  
Steffen et al. 2015

# Der menschengemachte Klimawandel ist schon da: globaler mittlerer Temperatur-Anstieg übertrifft +1°C





# Der soziale Metabolismus beschreibt die biophysische Basis von Gesellschaften

- stetige gesellschaftliche Reproduktionsleistung, um Bestände an Menschen, Artefakten (Infrastrukturen/Gebäuden) und Nutztieren zu erhalten & zu nutzen
- Durch Nutzung von Energie und Material, die aus „natürlichen Systemen“ entnommen werden
- Diese bleiben als biophysische Bestände Teil der Gesellschaft (=Artefakte, Infrastrukturen, Gebäude aber auch Menschen und Nutztiere)
- oder werden als Emissionen und Abfälle wieder „ausgeschieden“



# Sozialer Metabolismus verdeutlicht



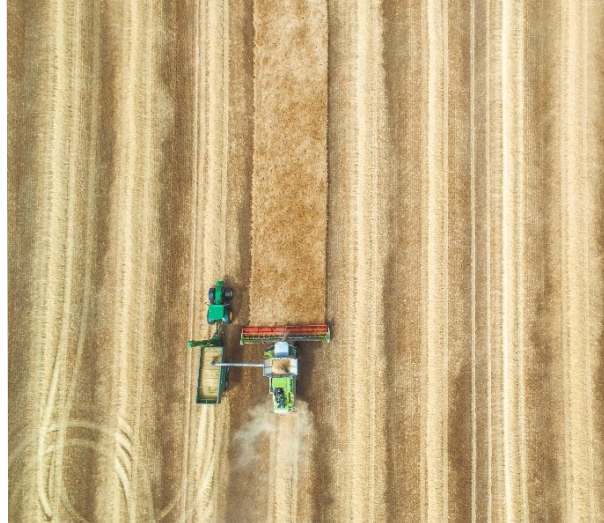
# Infrastrukturen, Stadt-Land und sozialer Metabolismus ... heute und zukünftig

- Global exponentieller Ausbau von Infrastrukturen im 20. Jhd, speziell nach WW2 (Canning and Farahani 2007); rapide Urbanisierung (>50% globaler Bevölkerung lebt in Städten!)
  
  - **Ausbau, Erhaltung, Betrieb bzw. Nutzung der** biophysischen Infrastrukturen von Gesellschaften **binden Material- und Energieströme** heute und in die Zukunft hinein
  
  - Wechselwirkungen zwischen Beständen und Flüssen – Infrastrukturen und Metabolismus müssen als systemisch verknüpft betrachtet werden
  
  - **Bestände erzeugen Pfadabhängigkeiten:** Infrastrukturen strukturieren „nutzbare“ Räume, welche Möglichkeiten einschränken/befördern und somit Pfadabhängigkeiten fördern (Unruh 2000, Seto et al. 2016)
  
  - **Spezifische Wachstumskonstellation beruht auf dieser Strukturierung von Raum** – muss in wiederkehrenden **Krisen** überwunden werden (Schumpeter: creative destruction; Harvey: spatio-temporal fix)
-



# Ressourcen-Verbrauch systematisch erfassen: Ökonomie-weite Material- & Energiefluss-Analysen (MEFA)

Fossil fuels



Biomass

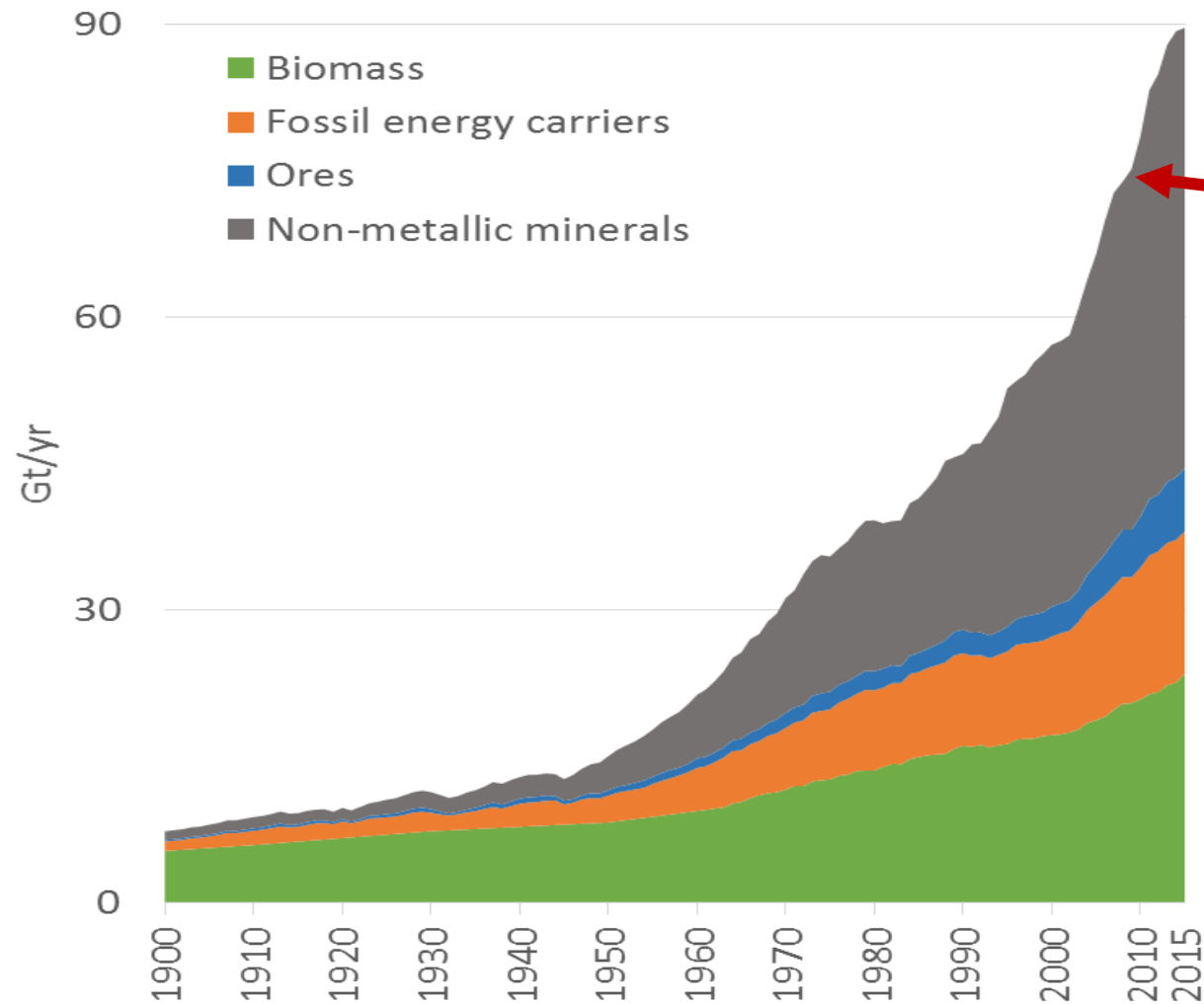


Metals: ores & waste rock

Non-metallic minerals: Construction & industrial



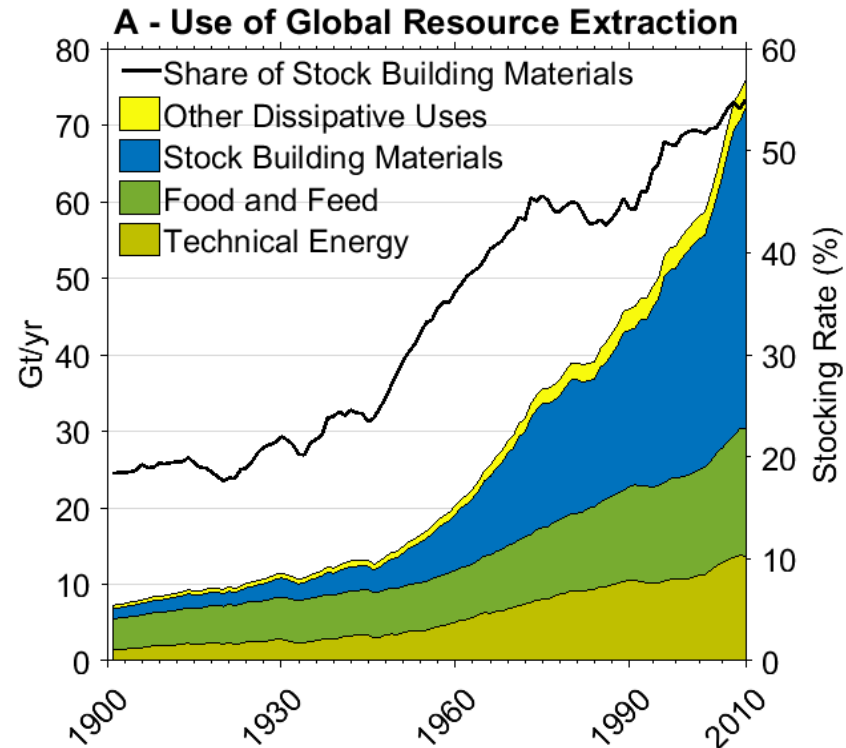
# Globale Ressourcen-Entnahme beschleunigt sich seit ~2003 ....



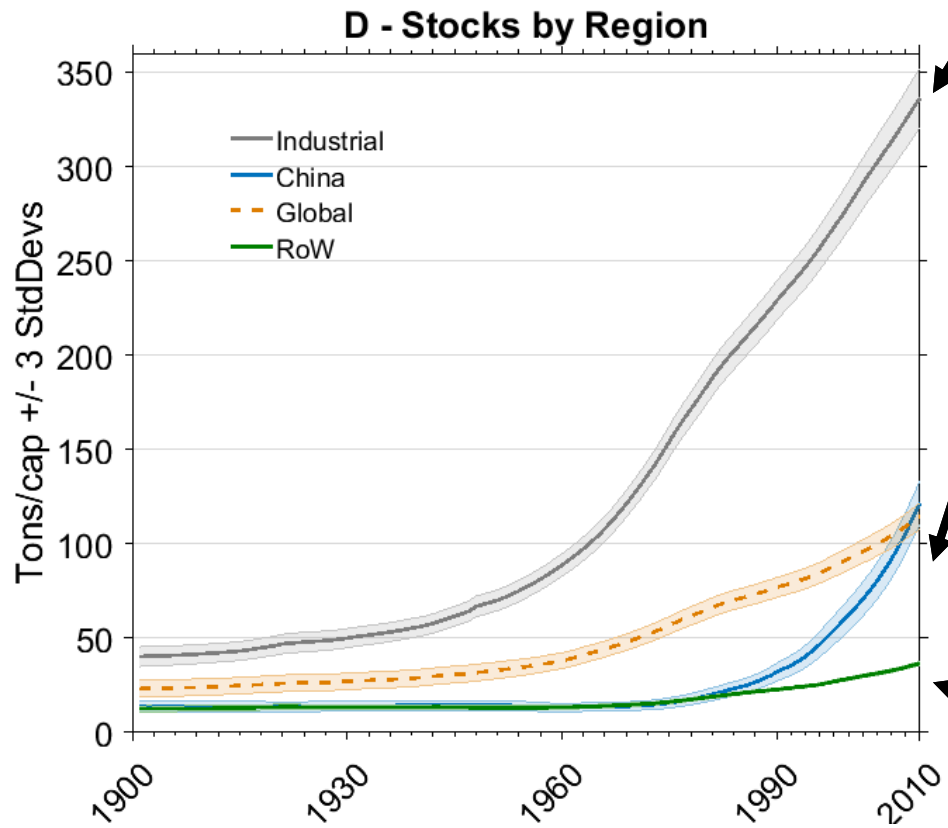
Globale  
Finanzkrise  
2008/9



# Relevanz von Beständen für den globalen Metablismus wächst ...



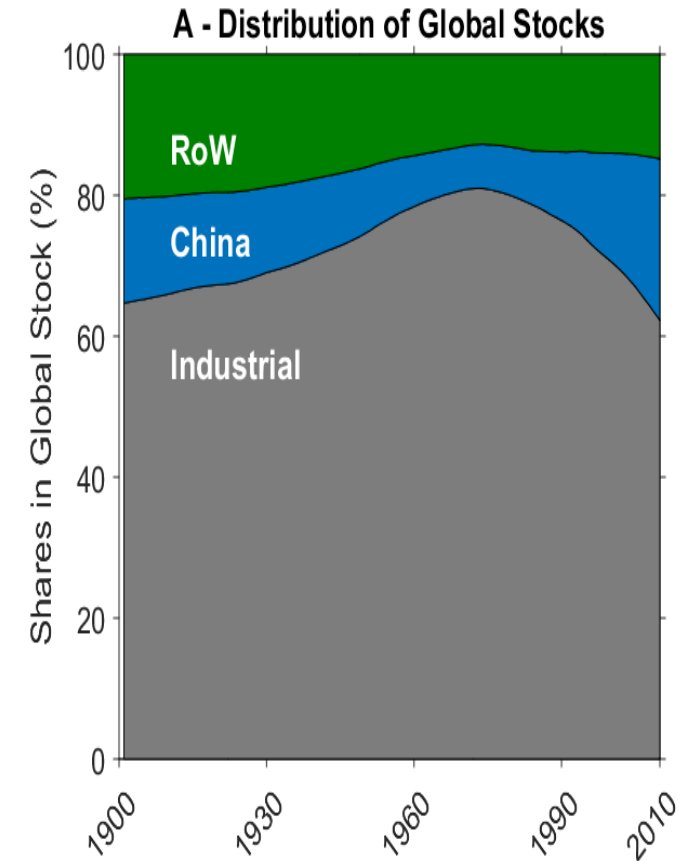
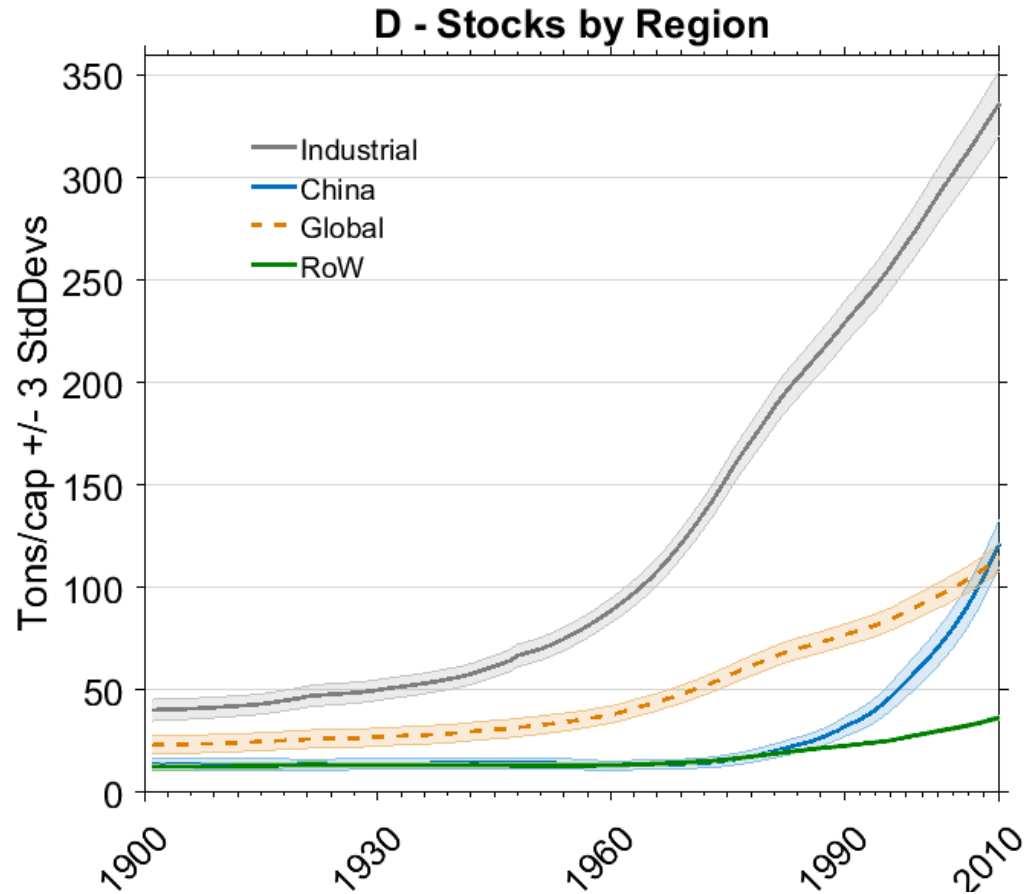
# Was bedeutet dieser Anstieg?



“Global Socioeconomic Material Stocks Rise 23-Fold over the 20th Century and Require Half of Annual Resource Use.” Krausmann, **Wiedenhofer**, et al. (2017) *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

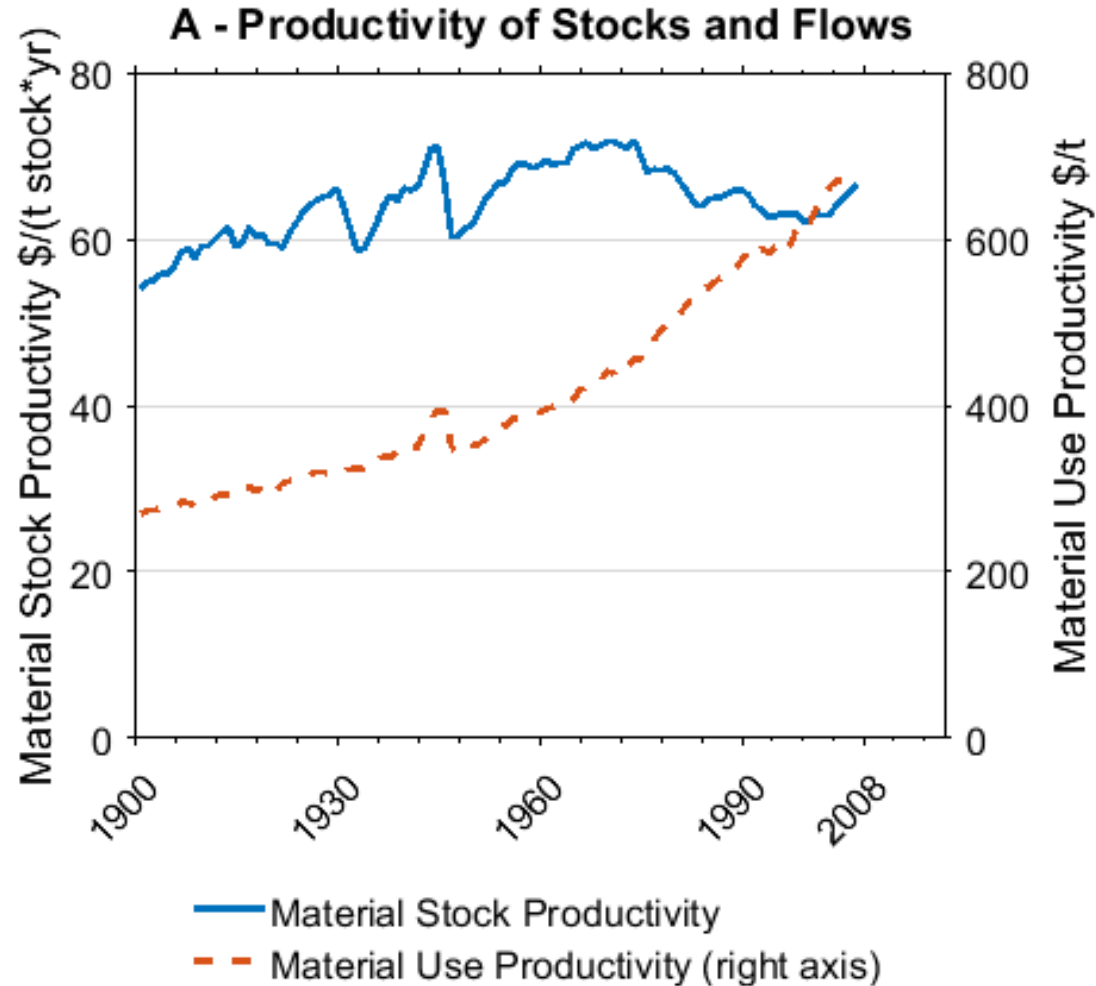


# Diese sind aber enorm ungleich verteilt ...



# Die große Hoffnung? “Entkoppelung” der Wirtschaft von Ressourcenverbrauch ... aber: Wachstum = mehr Infrastrukturen & Bestände?

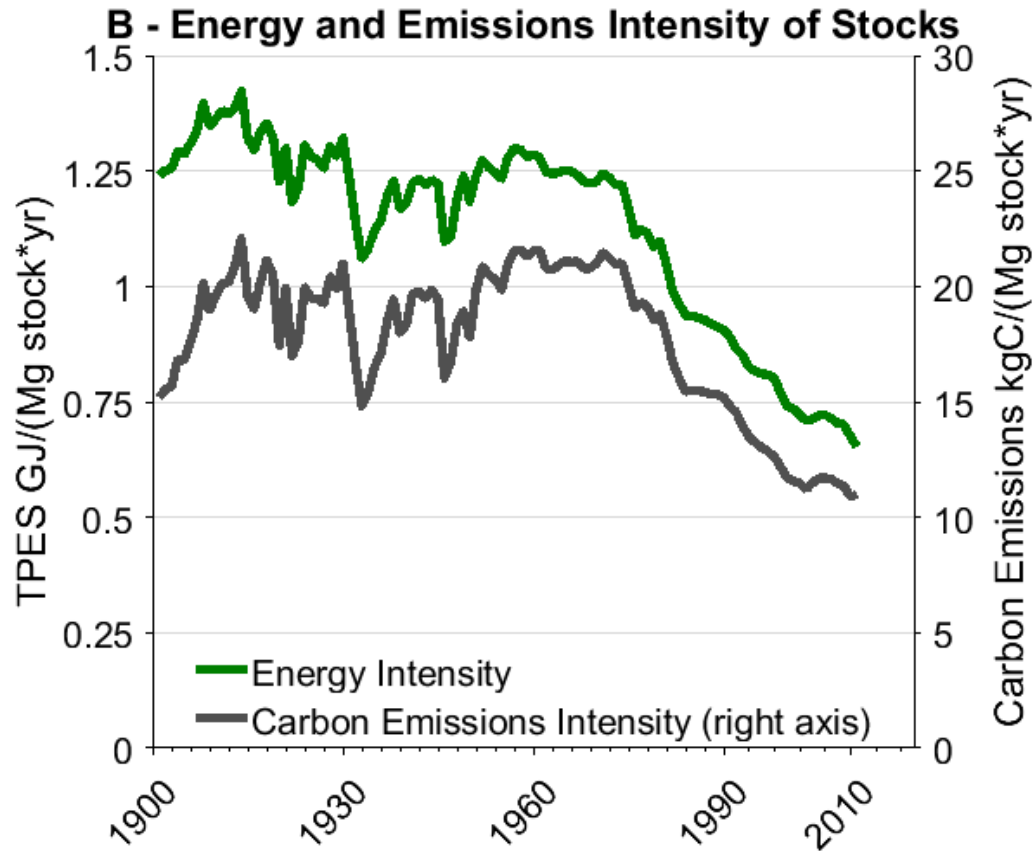
Steigende Ressourcen-Produktivität



aber relative stabile  
Bestands-Produktivität



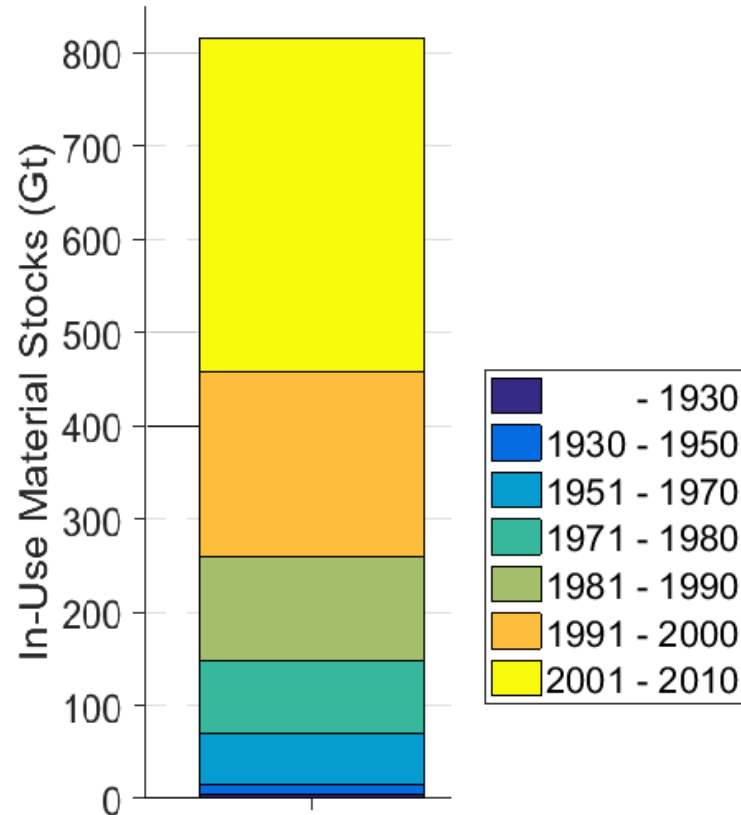
# Mehr Effizienz? Relative Entkoppelung von Energie & Emissionen von Infrastrukturen, Gebäuden, Technologie



- Aufbau & Nutzung von Infrastrukturen und Gebäuden benötigt Energie & Emissionen – klare Effizienzgewinne seit den 1970s
- Relative Entkoppelung: Wirtschaft wächst schneller als Bestände/Energie/Emissionen
- ABER: Vorhandene Infrastrukturen & Aufholen des globalen Südens zu Niveaus zb in Europa würden höchstwahrscheinlich das 2°C Klima-Ziel überschreiten

# Großteil globaler Bestände ist relativ “neu”, jedoch bereits große Abfall-Potentiale von vorhandenen, alternden Beständen

Global Stock Age Composition



From 2010 - 2030 ~35% of the global stock will become obsolete

→ ~282 Gt of materials will go into hibernation or require treatment, recycling and landfilling

→ between 1900-2010 a similar amount of ~287 Gt of stocks turned into waste potential (after recycling!)



# Fast das gesamte Periodensystem ist bereits in Elektronik verbaut, und das wenigste davon wird recycelt ...



1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	(117) (Uus)	118 Uuo

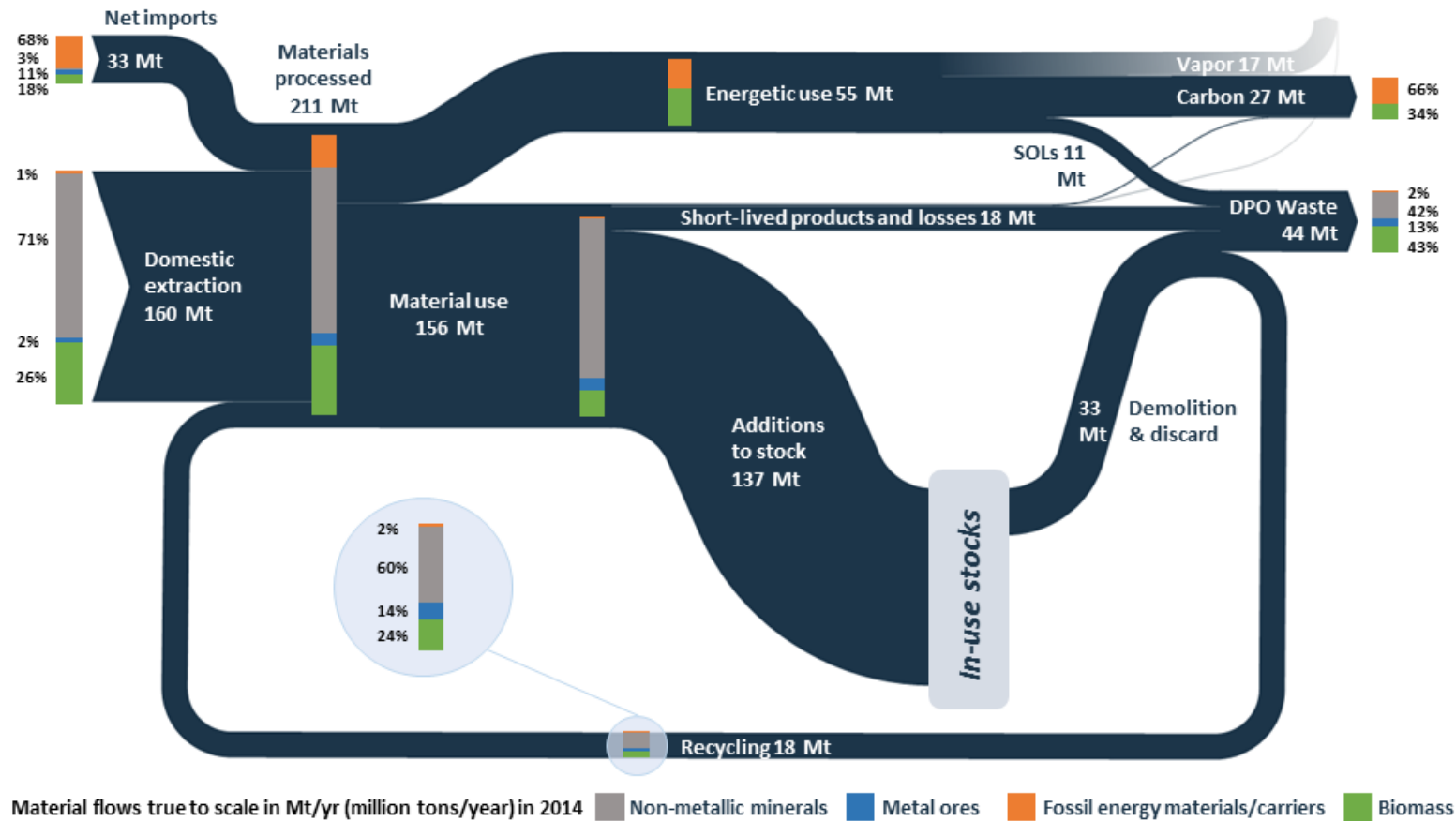
Blei: 80% (Batterien)  
 Wichtige Base Metalls  
 (Eisen, Kupfer, Nickel): >50%  
 34 Elemente: < 1%

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Source: Reck and Graedel, 2012, Science



# Kreislaufwirtschaft als Nachhaltigkeits-Strategie?





# Schlußfolgerungen ...

- Global steigt Verbrauch von Ressourcen, Energie, Emissionen, Abfällen ...
  - ~ Hälfte um Bestände von Infrastrukturen und physischen Kapital zu bauen & zu erhalten
  - ~ Hälfte ist Energie - Fossil-Energie, oder Futter- und Nahrungsmittel für Tiere & Menschen
- Globale gesellschaftliche Bestände sind um das 23x fache gewachsen im 20.Jdht, und eine biophysische Stabilisierung ist nicht in Sicht
  - Industrieländer: stetiges Wachstum und alternde Bestände -> neue Potentiale zur Adaptierung und für Kreislaufwirtschaft ...  
Aber wirtschaftl. Wachstumsdruck limitiert Spielräume
  - Länder des globalen Südens: Beschleunigung & massiver Aufbau von Infrastrukturen & Städten, jedoch viele unterversorgt
- „Entkoppelung“ des Wirtschaftswachstums durch Technologie & Innovation von Ressourcen, Energie & Emissionen nicht ausreichend, weil Bestände & Infrastrukturen langfristige Pfadabhängigkeiten erzeugen
- Stadt-Land Beziehungen und Infrastrukturen zentral für Nachhaltigkeit & Vermeidung des katastrophalen Klimawandels

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

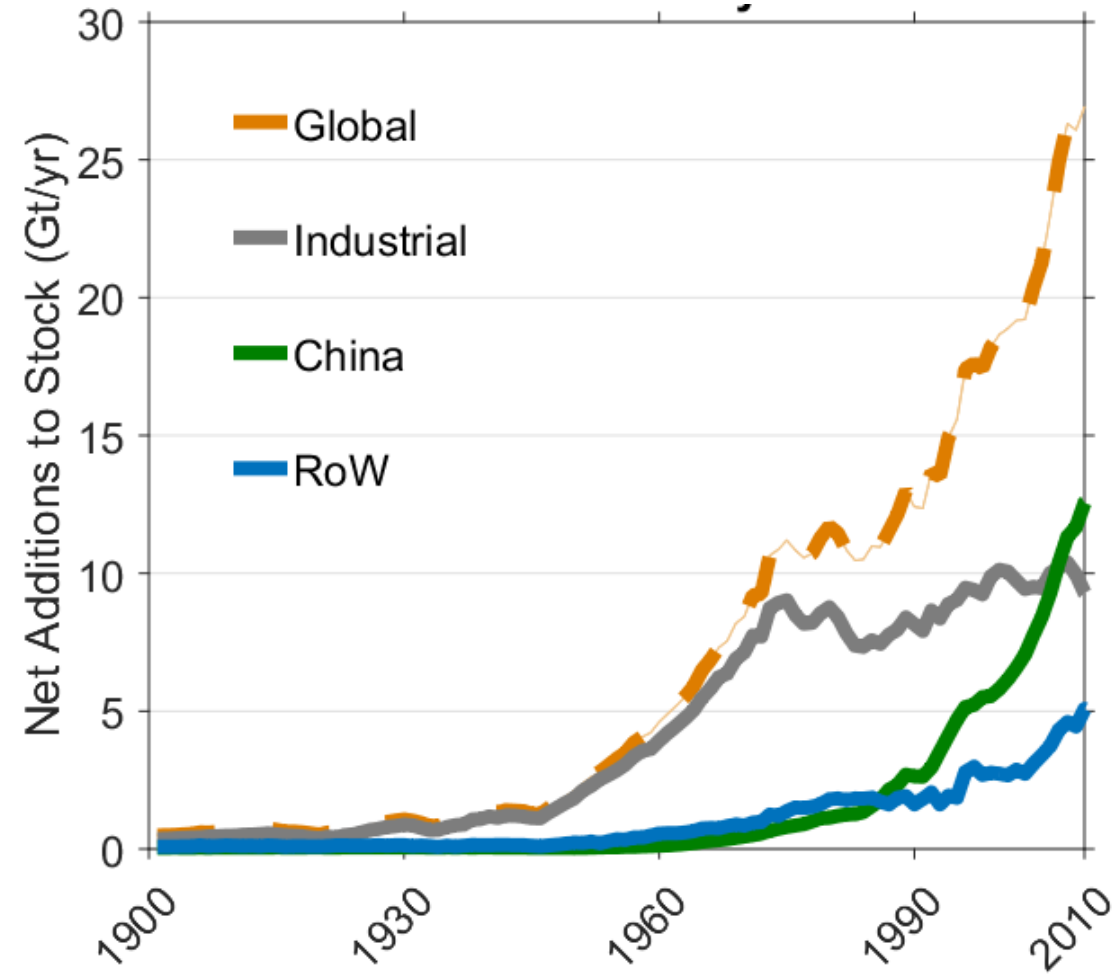
Dominik.wiedenhofer @ boku.ac.at

[www.boku.ac.at/wiso/sec](http://www.boku.ac.at/wiso/sec)

[www.researchgate.net/profile/Dominik\\_Wiedenhofer](http://www.researchgate.net/profile/Dominik_Wiedenhofer)



# Globale Dynamiken aufgrund welt-regionaler Entwicklungen?

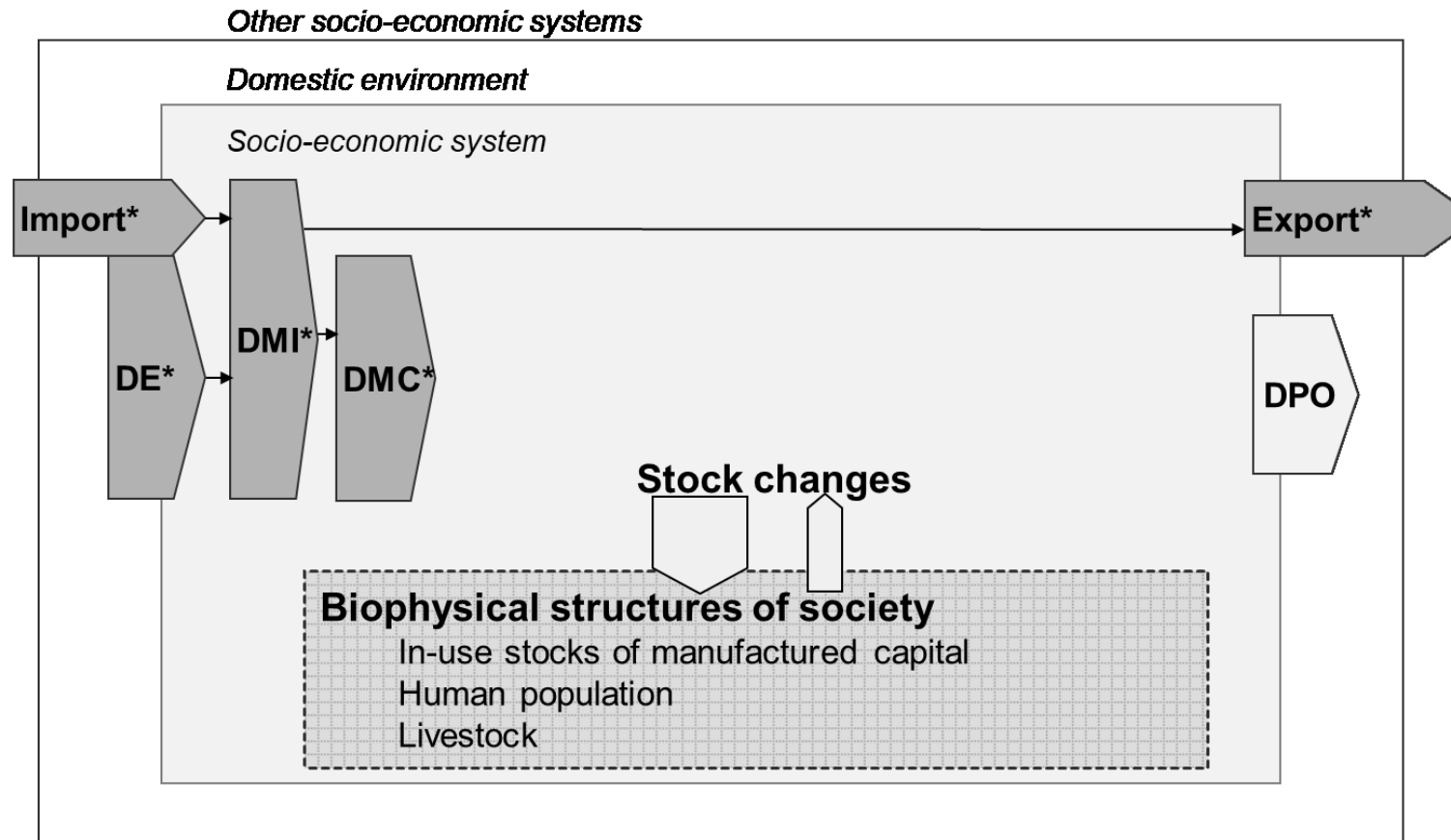


“Global Socioeconomic Material Stocks Rise 23-Fold over the 20th Century and Require Half of Annual Resource Use.” Krausmann, **Wiedenhofer**, et al. (2017) *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

# Systematically observing the biophysical basis of society: Integrating material stock dynamics into economy-wide material flow accounting

## Dynamic Material Inputs, Stocks and Outputs (MI&S)

- Fully consistent extension of economy-wide MFA
- **Combines mass-balanced accounting with inflow-driven dynamic MFA modelling principles**
- Sensitivity testing of model parameters
- Monte-Carlo Simulations: probabilistic uncertainty approach
- Global Sensitivity Analysis: attribution of the sources of model output uncertainty to model input parameters





# Wer bin ich?

- Senior Scientist am Institut für Soziale Ökologie, Universität für Bodenkultur, seit 2018
    - Wissenschaftl. Mitarbeiter am Institut für Soziale Ökologie, Universität Klagenfurt von 2010-2017
    - Doktor der Naturwissenschaften, „Human- und Sozial Ökologie“, Alpen-Adria Universität Klagenfurt (2012-2017)
    - Magister der Naturwissenschaften, Fachbereich „Human- und Sozial Ökologie“, Alpen-Adria Universität Klagenfurt (2008-2011)
    - Bakkalaureus der technischen Wissenschaften, „Umwelt- und Bioressourcen Management“, Universität für Bodenkultur (2004-2008)
  
  - Forschungsinteressen: interdisziplinäre Zugänge zu Fragen der nachhaltigen Ressourcen-Nutzung
    - Kreislaufwirtschaft
    - Nachhaltiger Konsum
    - Umwelt-Fußabdruck des täglichen Lebens
    - Gesellschaftlicher Stoffwechsel, Industrielle Ökologie, Ökologische Ökonomie
  
  - Internationale Forschungsaufenthalte:
    - Nagoya University, Japan, Juni – August 2013;
    - Leeds University, United Kingdom, February 2012;
    - Sydney University, Australia, February – April 2011
-

# Kann man eine Entkoppelungen von Lebensqualität und biophysischer Basis beobachten?

- „Lebensqualität“ und gesellschaftliches Wohlergehen braucht ein gewisses Niveau an biophysische Basis
- Jedoch bald Sättigungen!

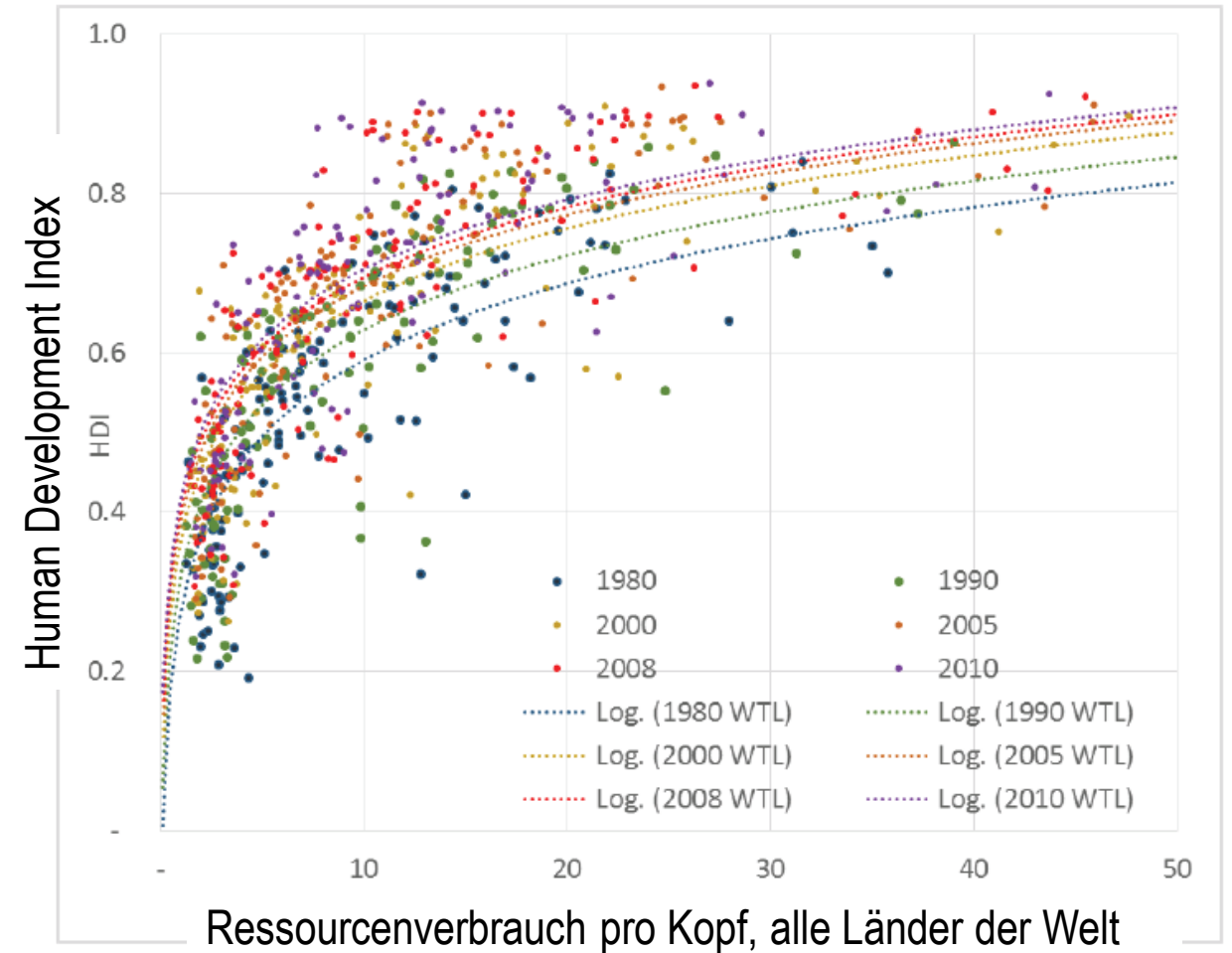


Figure 48. Relationship between per capita DMC and human development, 1980–2010