energie-
suffizienz

EnSu, die Rolle von Energie-Suffizienz
in Energiewende und Gesellschaft

Carina Zell-Ziegler, Johannes Thema, Alexander Kling, Frauke Wiese | 19. November 2025 | Online

Toolbox Suffizienz modellieren

Forschungsarbeiten zur Integration von Suffizienz in Energiesystem- und Nachfragemodellierung

Gefördert durch:
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
FONA
Sozial-ökologische Forschung

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology
Europa-Universität Flensburg
Wuppertal Institut

Vorstellung der EnSu-Gruppe

- EnSu = „Die Rolle von Energie-Suffizienz in Energiewende und Gesellschaft“
- SÖF-Nachwuchsgruppe, gefördert vom BMBF; Laufzeit: 01/05/2020 – 30/04/2026
- Projektpartner: Europa-Universität Flensburg, Wuppertal Institut, Öko-Institut

Forschungsschwerpunkte der EnSu-Gruppe

Definition & Verständnisse

Wirkungsketten

Legitimität

Indikatoren

Strategische Verankerung

Modellierung

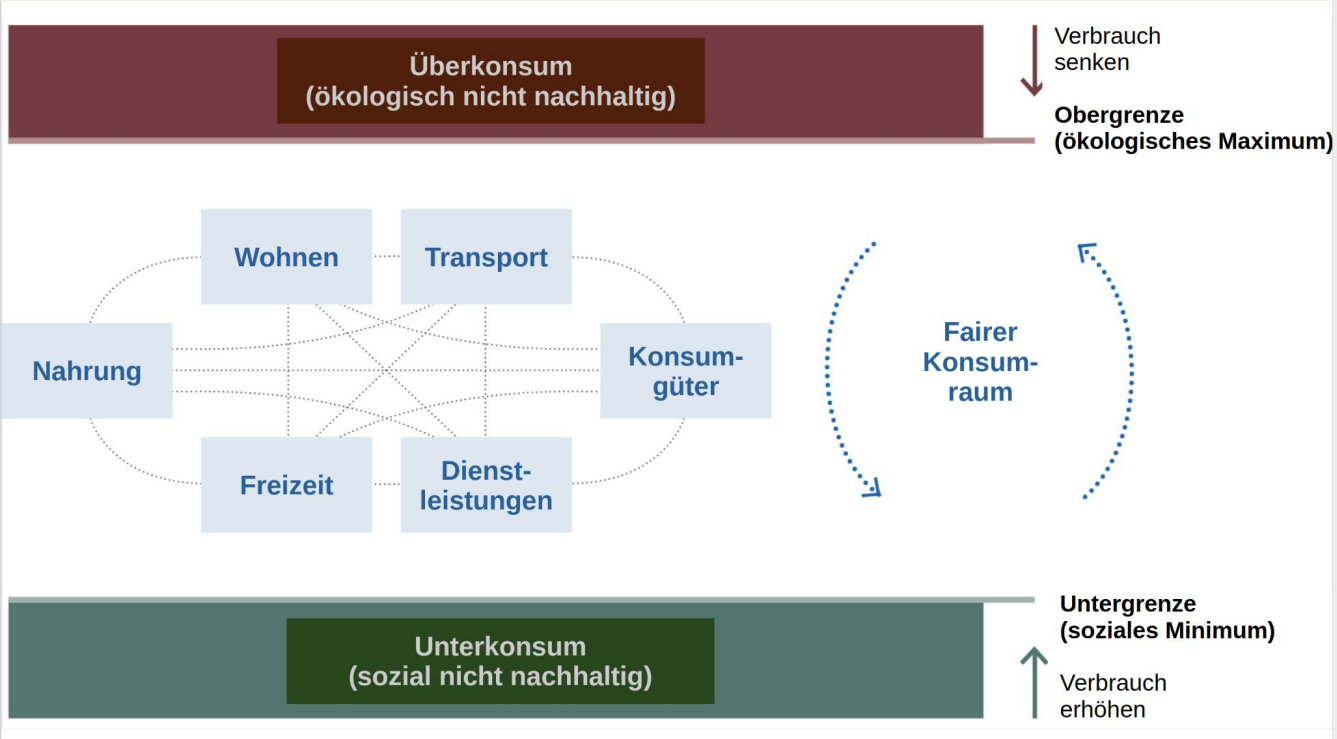
Szenarien

Politikinstrumente

Potenziale (Aktivitätsraten, Energie, THG, Wohnfläche…)

Definition von Suffizienz - Genug von zwei Seiten

„Wir definieren Suffizienz als eine Strategie zur absoluten Reduktion des Konsums und der Produktion von Endverbrauchsprodukten und Dienstleistungen durch Änderungen von sozialen Praktiken, um ökologische Nachhaltigkeit und gleichzeitig soziale Mindeststandards für alle Menschen zu gewährleisten.“



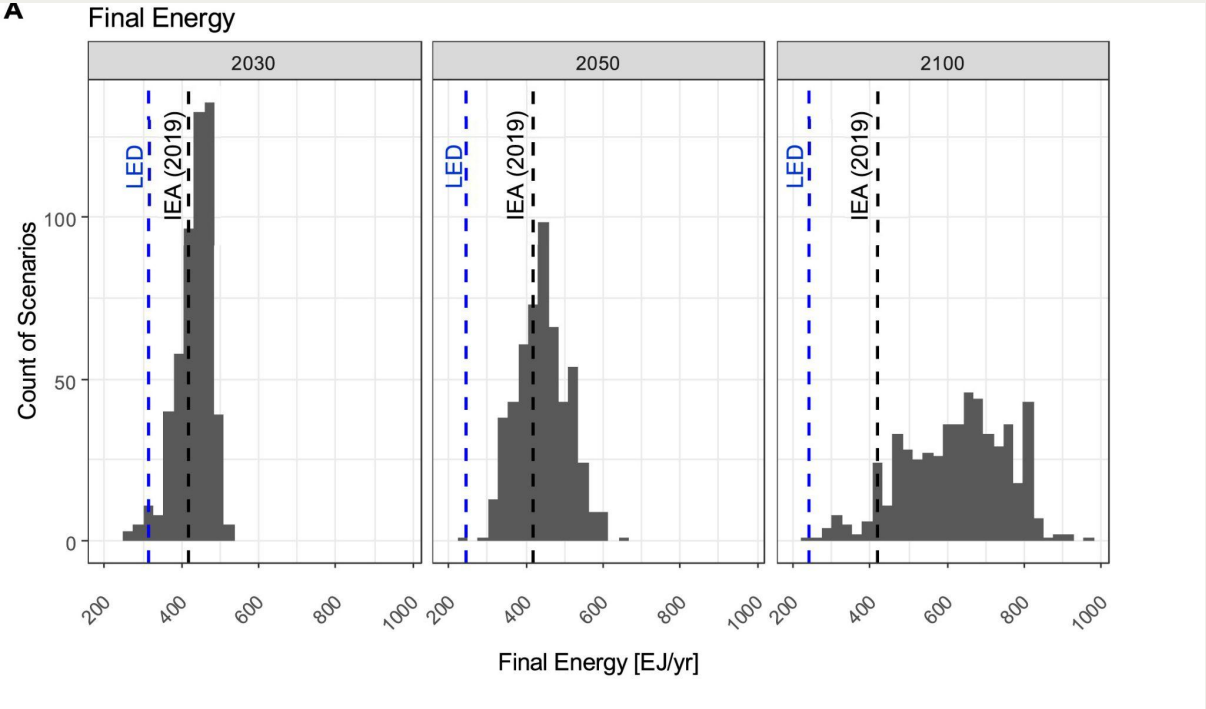
Quelle: Lage et al. (2023)

Grafik: Akenji et al. 2021, eigene Übersetzung

Suffizienz und Modellierung

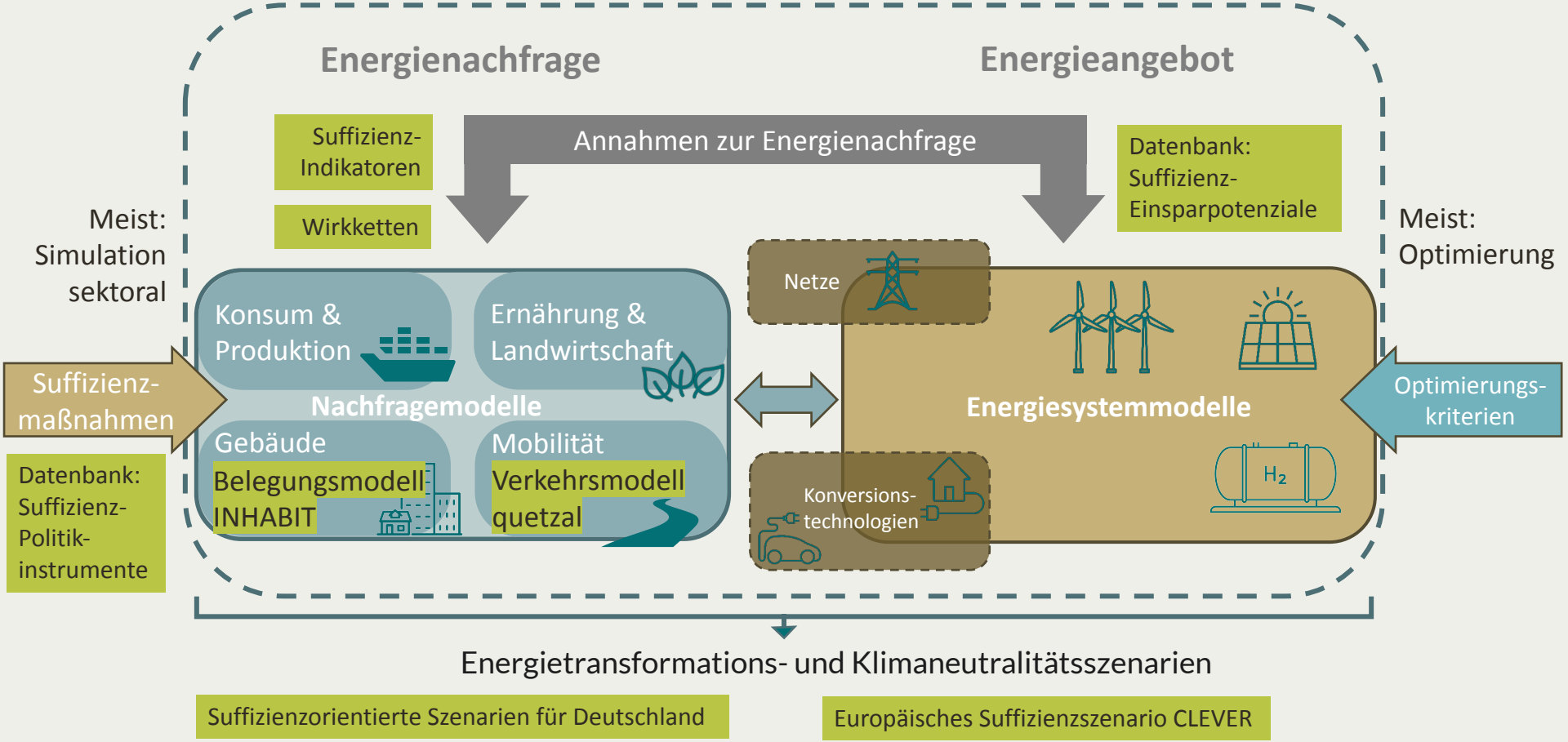
Kaum Szenarien mit geringem Energieverbrauch in den durch den IPCC genutzten Szenarien

Verzerrung der möglichen Entwicklungspfade



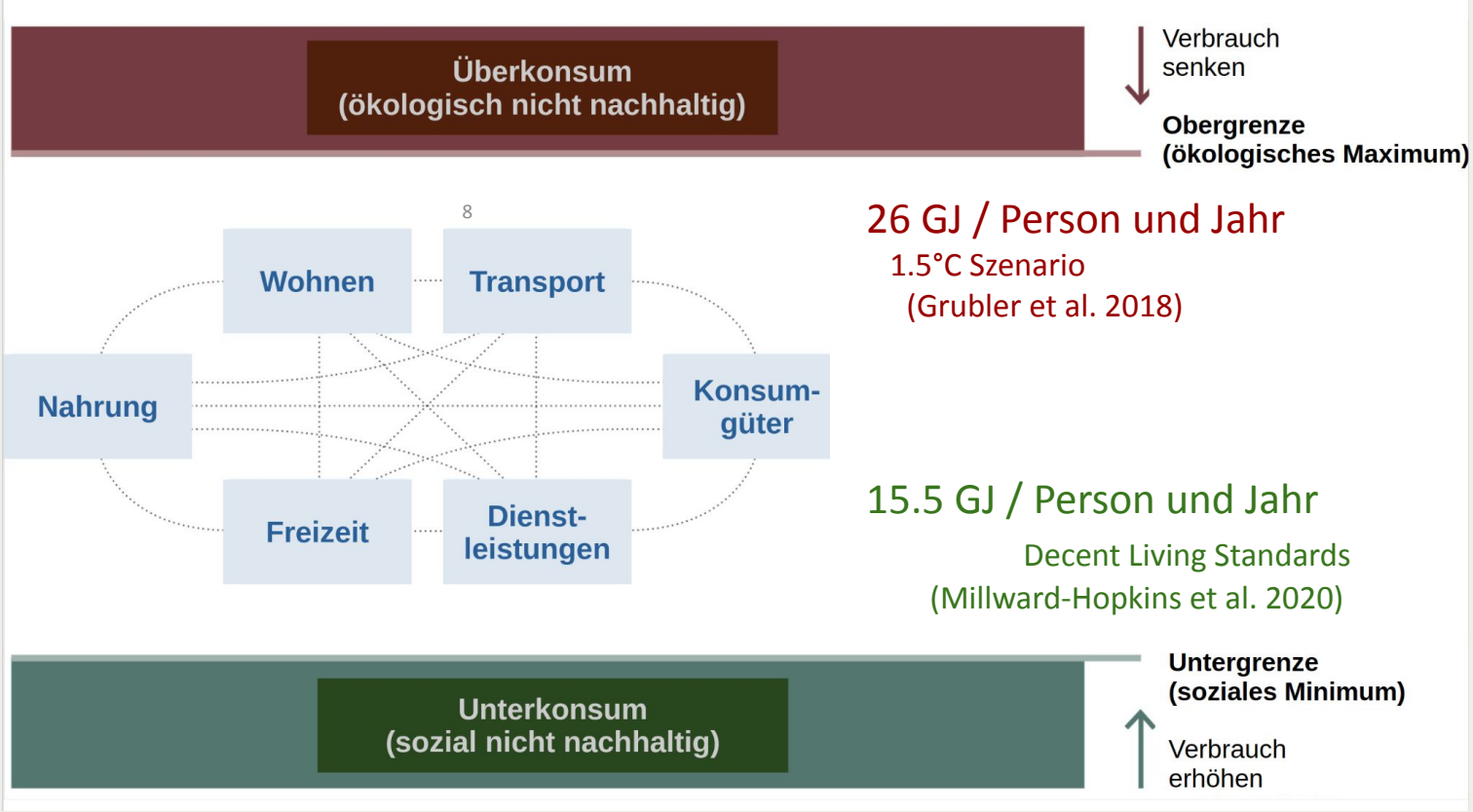
EEV in den Szenarien, die dem IPCC AR6 zu Grunde liegen
Quelle: Sugiyama et al. (2024)

EnSu-Forschung zu Suffizienz und Modellierung



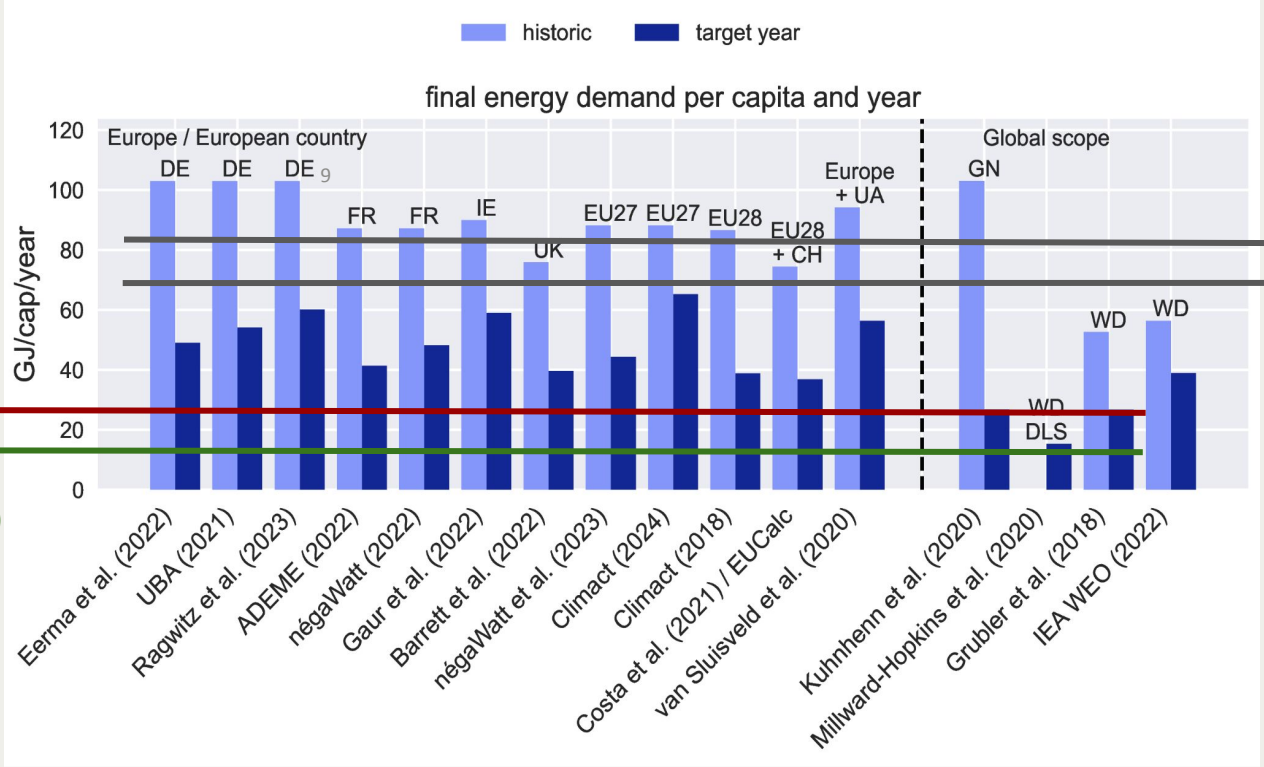
Suffizienz-Indikatoren

Suffizienz-Indikatoren - Endenergieverbrauch



Quelle: Akenji (2021), eigene Übersetzung und Ergänzung

Endenergieverbrauch in europäischen Suffizienzszenarien



26 GJ
(Grubler et al. 2018)

15.5 GJ
(Millward-Hopkins et al. 2020)

70-82 GJ

deutsche Klimaneutralitäts-szenarien ohne Suffizienz (BMWK, dena, Agora, BDI)

Quelle: Wiese et al. (2024)

Suffizienz-Indikatoren

- Um ihre Darstellung von Suffizienz in der Modellierung zu verbessern, werden mehr Daten und **Indikatoren auf der Ebene der Energiedienstleistunge**n benötigt

- Bisher schwere Vergleichbarkeit von Indikatoren und Einheiten zur Messung des Potenzials zur Nachfragereduzierung von Energiedienstleistungen - Eine stärkere **Standardisierung** von Indikatoren würde die Vergleichbarkeit verbessern und die Datenrecherche vereinfachen

- Wir schlagen die **Indikatoren aus unserer Analyse suffizienzorientierter Szenarien** für europäische Länder und die EU vor, da sie am häufigsten in bestehenden Suffizienzszenarien vorkommen und in Kombination einen guten Einblick über alle Sektoren hinweg und somit über den Suffizienzgrad von Szenarien geben

- Decent Living Standards und weltweite Energieverbrauchs-Szenario-Daten als Referenzgröße einbeziehen

- **(Ungleich-)Verteilung der Suffizienz-Indikatoren innerhalb der Länder** wichtiger Faktor

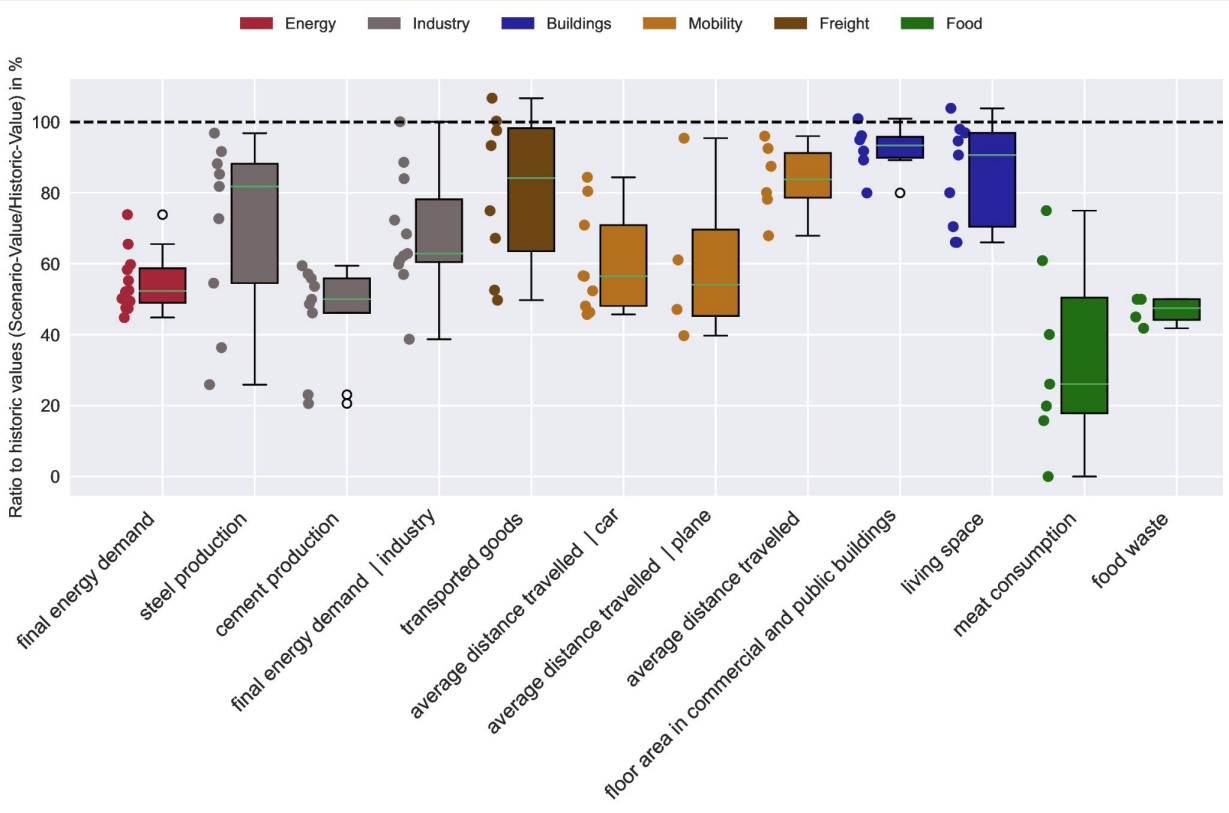
Quelle: Wiese et al. (2024)

Suffizienz-Indikatorenset für Aktivitätsraten / Energie Service Level

Sektor	Indikator	Einheit
Energie	Endenergieverbrauch	GJ / Person und Jahr
Industrie	Stahlproduktion	t / Person und Jahr
	Zementproduktion	t / Person und Jahr
Gebäude	Wohnfläche	m^2 / Person
	Fläche in Nicht-Wohn-Gebäuden	m^2 / Person
Mobilität	Zurückgelegte Wegstrecke	km / Person und Jahr
	Zurückgelegte Wegstrecke mit PKW	km / Person und Jahr
	Zurückgelegte Wegstrecke mit Flugzeug	km / Person und Jahr
Fracht	Wegstrecke transportierter Güter	ton-km / Person und Jahr
Ernährung	Fleischkonsum	kcal / Person und Jahr
	Lebensmittelabfälle	kg / Person und Jahr

Quelle: Wiese et al. (2024)

Reduktionsambitionen je Suffizienz-Indikator



Europäische Suffizienzszenarien:

Vergleich zu historischen Werten

Quelle: Wiese et al. (2024)

Datenbank: Suffizienz-Einsparpotenziale

Datenbank: Suffizienz-Einsparpotenziale

- Wie hoch sind die Einsparungen?
- Wie groß ist der Anteil von Suffizienz?

- **Nachfrageseitige Optionen: 40-70% THG-Einsparung**

- **Insgesamt: Halbierung des Endenergieverbrauchs, davon die Hälfte durch Suffizienz**

- Welche konkreten, quantifizierten Suffizienzpotenziale (Energie- und THG-Einsparung) gibt es für Deutschland?
  - Bislang kaum präsent auf dieser Detailebene, aber relevant für Politik und Modellierende
  - Daten sehr verstreut über Studien
  - Verschiedene Einheiten, Modelle, Annahmen… → schwer vergleichbar

Datenbank: Suffizienz-Einsparpotenziale

- Vorgehen:
  - Team aus 8 Leuten (Öko-Institut, Uni Freiburg, Wuppertal-Institut, Uni Flensburg)
  - Schlagwortsuche nach Quellen in englischer und deutscher Sprache zu Kombinationen aus energy + sufficiency oder + demand + reduction + avoid + behaviour … → > 500 Quellen
  - Systematische Literaturauswertung: 47 Quellen passend und tiefgehend analysiert
- > 300 identifizierte Energie- und THG-Einspar-Potenziale
- Umgerechnet auf TWh/Jahr und Mt CO2-eq./Jahr, Extraktion vieler Meta-Daten aus den Studien

  → Aufbau und Befüllung der **Suffizienz-Potenzial-Datenbank**: https://doi.org/10.5281/zenodo.14779100
- Wiss. Artikel mit Grafiken und Auswertungen derzeit im Peer-Review-Verfahren

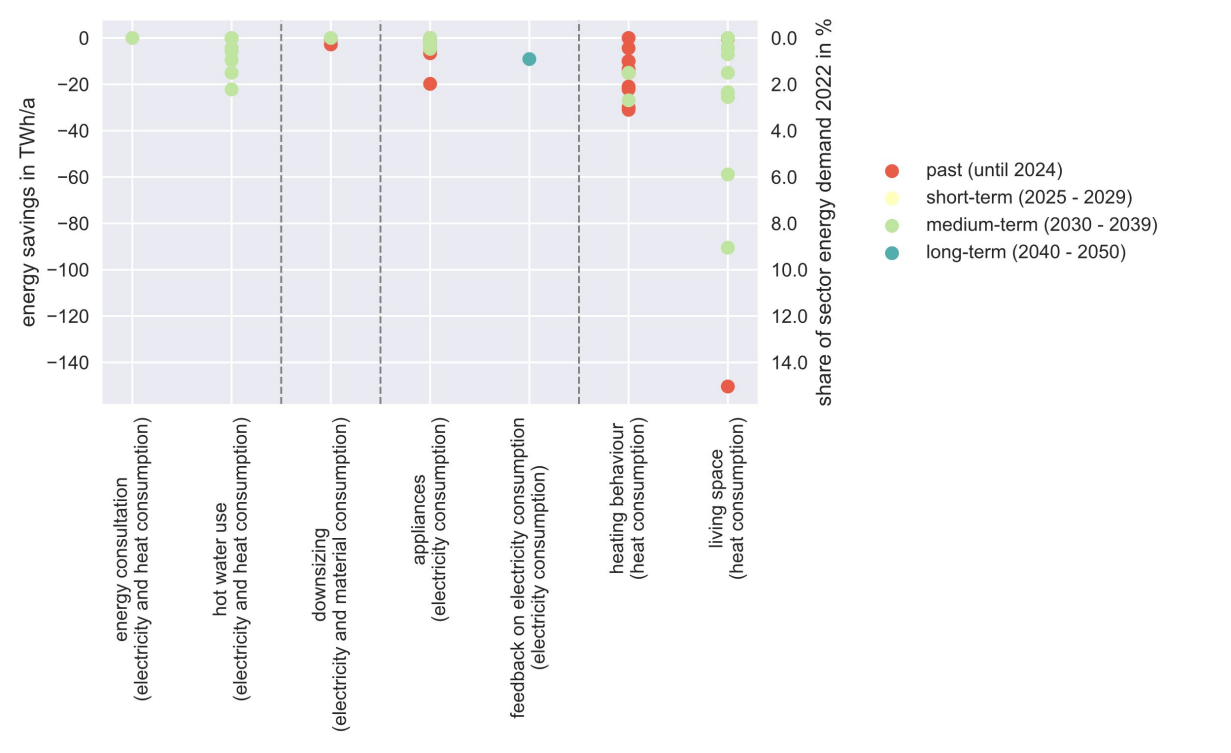
Datenbank: Suffizienz-Einsparpotenziale

Energieeinsparung im Gebäudesektor

Wohnflächenreduktion von 47m² auf 30m² pro Person:

- 150 TWh/a, entspricht 15% der sektoralen Energienachfrage;
  Quelle: Bierwirth & Thomas (2019)

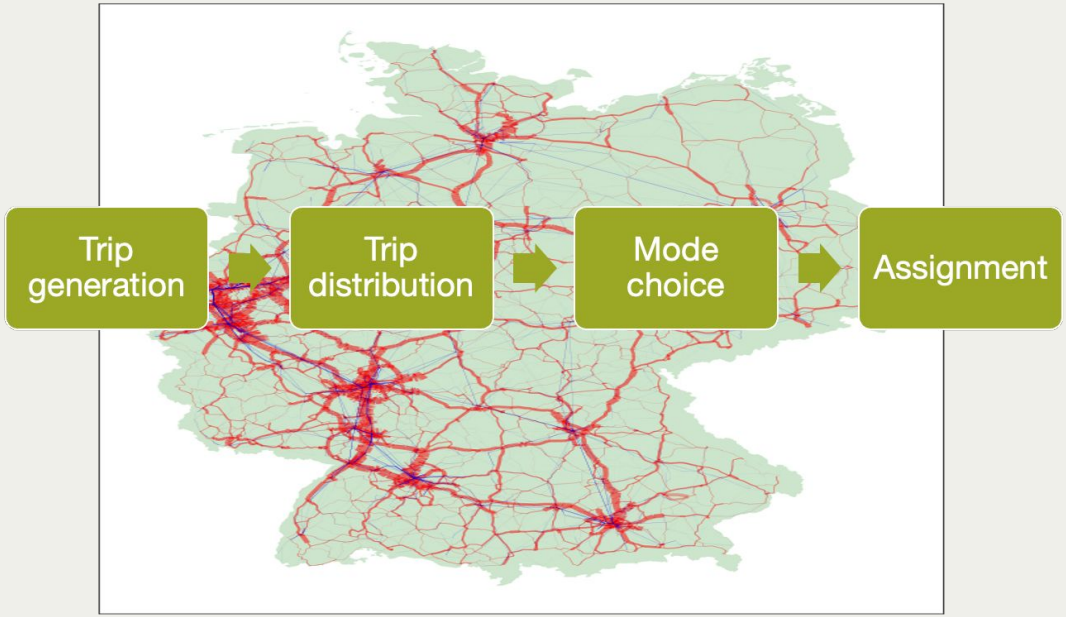
Lücken insg.:
regionale Kreisläufe, sharing und realisierte Potenziale



Quelle: Zell-Ziegler et al. (im Review)

Mobilität: Verkehrsmodell quetzal

Mobilität: Verkehrsmodell quetzal



Quellen: Ortuzar & Willumsen 2011, S. 176; Rich 2015, S. 28

Mobilität: Verkehrsmodell quetzal

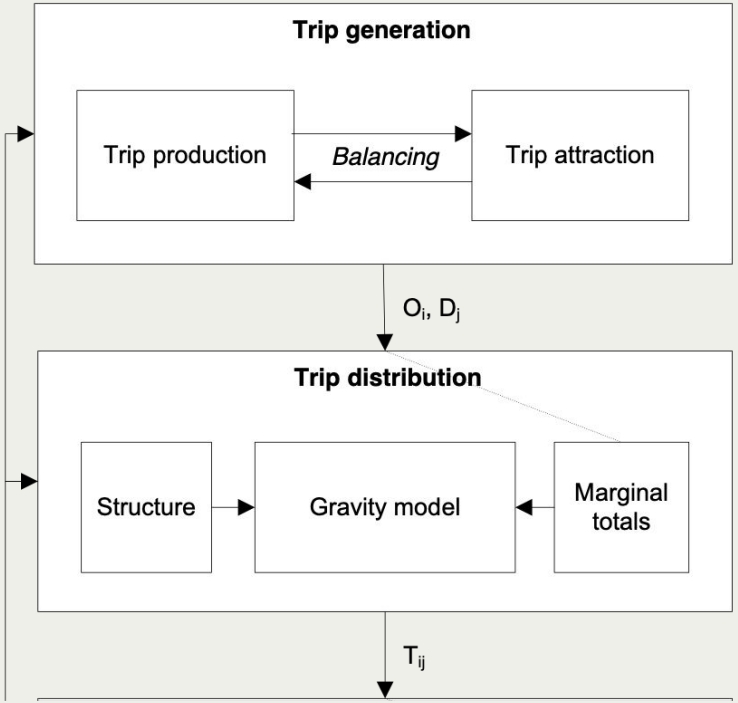
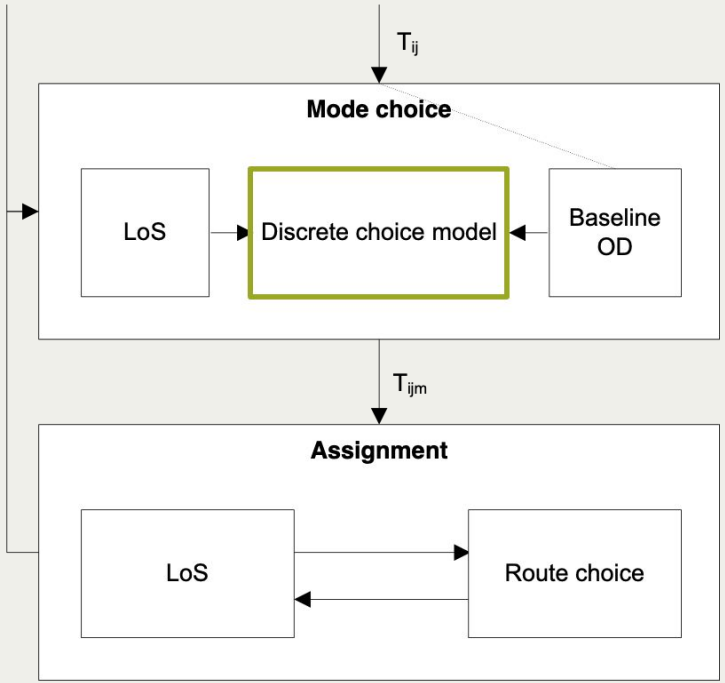


Table 5.1 A general form of a two-dimensional trip matrix

	Destinations					
Origins	**1**	**2**	**3**	**...j**	**...z**	$\sum_i T_{ij}$
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	$\ldots T_{1j}$	$\ldots T_{1z}$	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	$\ldots T_{2j}$	$\ldots T_{2z}$	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	$\ldots T_{3j}$	$\ldots T_{3z}$	O_3
⋮						
I	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	$\ldots T_{ij}$	$\ldots T_{iz}$	O_i
⋮						
Z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	$\ldots T_{zj}$	$\ldots T_{zz}$	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	$\ldots D_j$	$\ldots D_z$	$\sum_{ij} T_{ij} = T$

Quellen: Ortuzar & Willumsen 2011, S. 176; Rich 2015, S. 28

Mobilität: Verkehrsmodell quetzal



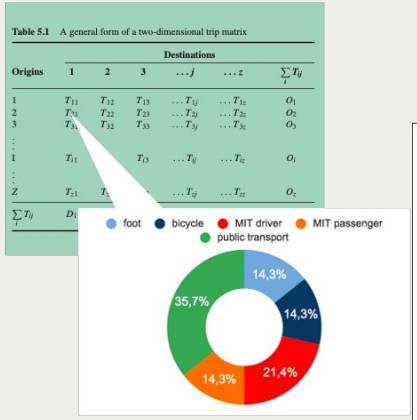
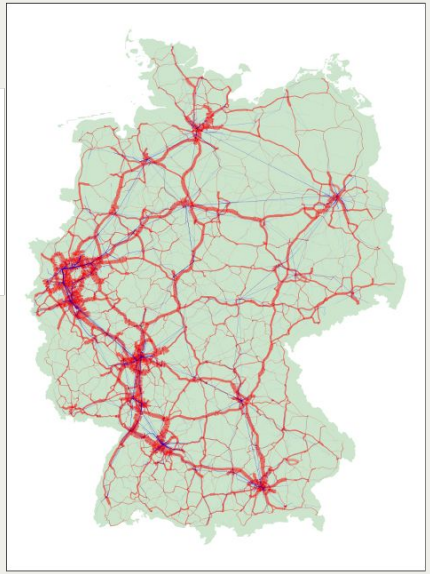


Table 5.1 A general form of a two-dimensional trip matrix

Origins	Destinations 1	2	3	… j	… z	$\sum_i T_{ij}$
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	… T_{1j}	… T_{1z}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	… T_{2j}	… T_{2z}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	… T_{3j}	… T_{3z}	O_3
⋮						
i	T_{i1}		T_{i3}	… T_{ij}	… T_{iz}	O_i
⋮						
Z	T_{z1}	T_{z}		… T_{zj}	… T_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1					



Quellen: Ortuzar & Willumsen 2011, S. 176;
Rich 2015, S. 28; quetzal_germany (assignment)

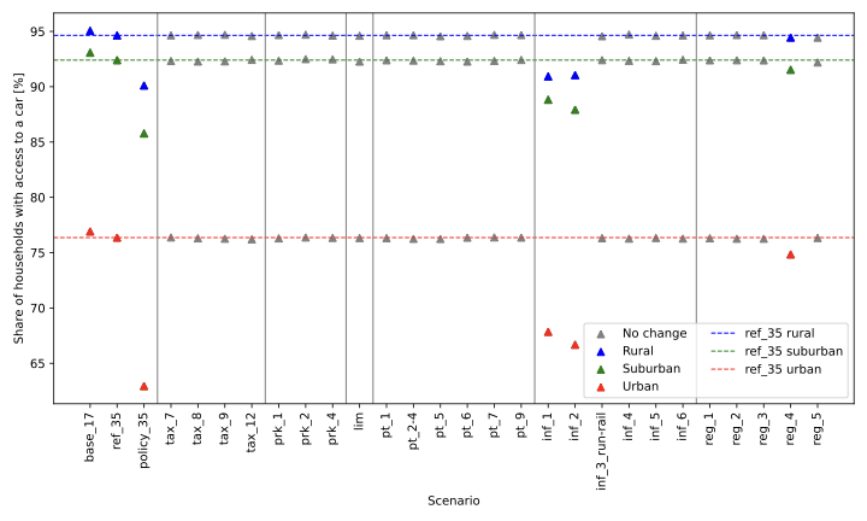
Mobilität: Verkehrsmodell quetzal

- Abbildung Suffizienz-relevanter Inputs & Outputs
- Verkehrsnachfrage und Gründe:
  - POIs
  - Distance choice
  - Trip choice
- Mode choice
- Policy-Abbildung häufig möglich
  - Einfluss auf LoS (Verfügbarkeit, Preise, Zeiten)
  - Direkt, indirekt, quantifizierte Zusammenhänge
  - Policy außerhalb der Modell-Logik nicht mgl.
- Zentrales Element: Car availability

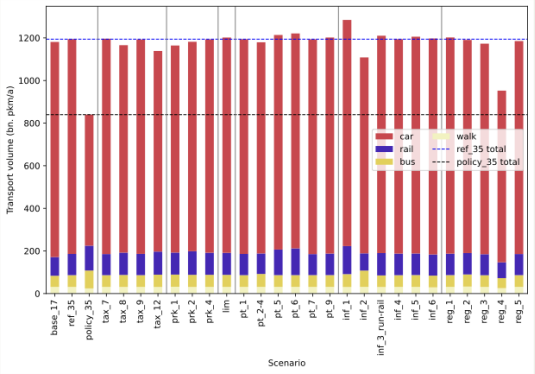
			ref_35	policy_35	Value entering model	
	Policy	choose:				
		unit			value scenari	value scenario
	Taxes/charges					
tax_1	Energy tax (gasoline)	€/l			0,6545	0,6545
tax_2	Energy tax (diesel)	€/l			0,4704	0,4704
tax_3	Energy tax (electricity)	€/kWh			0,0205	0,0205
tax_4	El. Network charge	€/kWh			0,081	0,081
tax_5	VAT fossil	%			19	19
tax_6	VAT electricity	%			19	19
tax_7	EEG Umlage	€/kWh		0	0,0372	0
tax_8	Carbon price non-ETS	€/t		400	30	400
tax_9	Carbon price ETS	€/t		250	89	250
tax_10	Commuter tax allowance	€/km		0	0,38	0
tax_11	Home office expense tax acknowl.	€/day	0	6	0	6
tax_12	Road charge (all roads)	€/km		0,09	0	0,09
	Parking					
prk_1	Parking costs (urban)	€/trip		15	5	15
prk_2	Parking costs (suburban)	€/trip		5	0	5
prk_3	Parking costs (rural)	€/trip			0	0
prk_4	Limit parking spaces for non-residents in urban areas (significant impact, when <7%)	% free spaces		3	100	3
	Road speed limit					
	Note: Setting here for max. limits. Based on OSM, specific links may have lower limits.					
lim_1	Highways/motorways			120		120
lim_2	Primary/secondary roads (B, L etc.)			80		80
lim_3	City/built-up areas			30		30
	Public transport (PT) pricing for trips between zones					
pt_1	VAT PT tickets (all)	%		0	7	0

Thema, J. (2024). https://doi.org/10.1186/s13705-024-00467-y

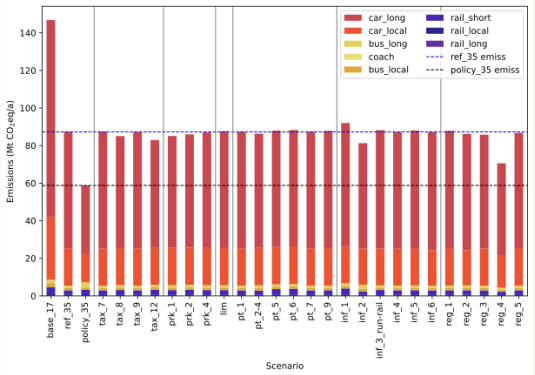
Ergebnisse



car_avail



pkm



ghg_em

Quelle: Thema (2024): https://doi.org/10.1186/s13705-024-00467-y

Gebäude: Belegungsmodell INHABIT

Gebäude: Belegungsmodell INHABIT

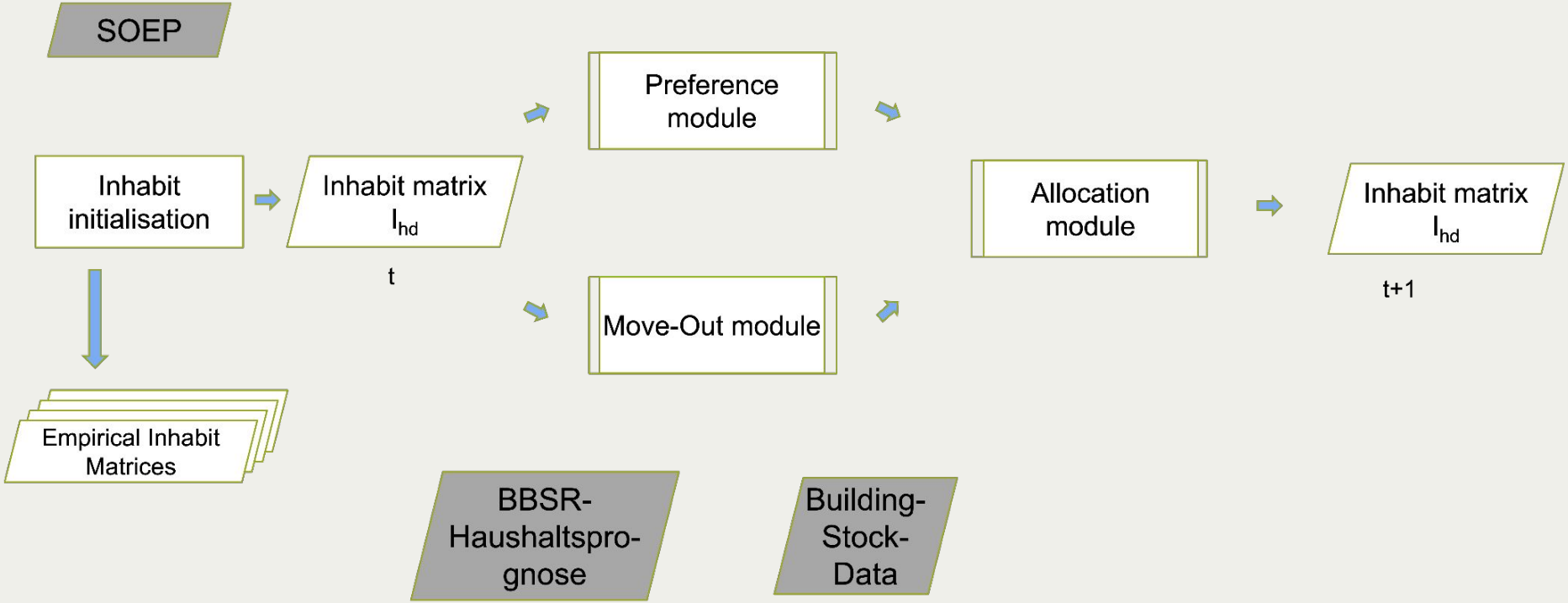
- Innovativer Modellierungsansatz zur Projektion von Umzügen und Verteilung der Bevölkerung auf Gebäudebestand (Belegung)
- Datenbasis: SOEP-Paneldaten des DIW
- Jährliche INHABIT-Matrix als zentrale Datenstruktur
- Modellierung von Politikmaßnahmen wie z.B. Teilung von Wohnungen oder Anreize zur Reduktion von Unterbelegung
- Ausblick: Einbindung der BBSR-Haushaltsprognose, Schnittstelle zu Gebäudestockmodellierung

Haushalt (h)	
Einkommens-Quintil	5 Kategorien
Haushaltstyp	Kinder / keine Kinder
Haushaltsgröße	1, 2, 3, 4, 5+
Alter	<55, >=55
Region	Urban, rural

Wohnung (d)	
Gebäude-Typ	Einfamilienhaus (SFH), Mehrfamilienhaus (MFH)
Eigentum	Eigentum, Miete
Zustand	Saniert / nicht Saniert
Anzahl der Räume	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7+

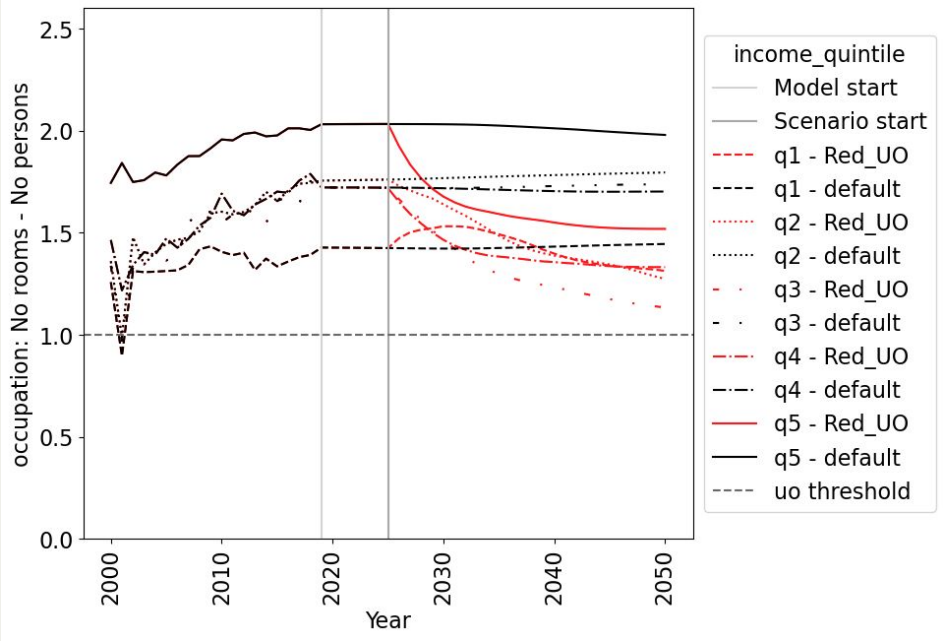
Dimensionen der INHABIT-Matrix

Gebäude: Belegungsmodell INHABIT



Gebäude: Belegungsmodell INHABIT

- Entwicklung von Über-/Unterbelegung nach Einkommen



Suffizienzorientierte Szenarien für Deutschland

Suffizienzorientierte Szenarien für Deutschland

Kontext Szenarien

- Cross-Impact-Balance Methode

Transformationspfad

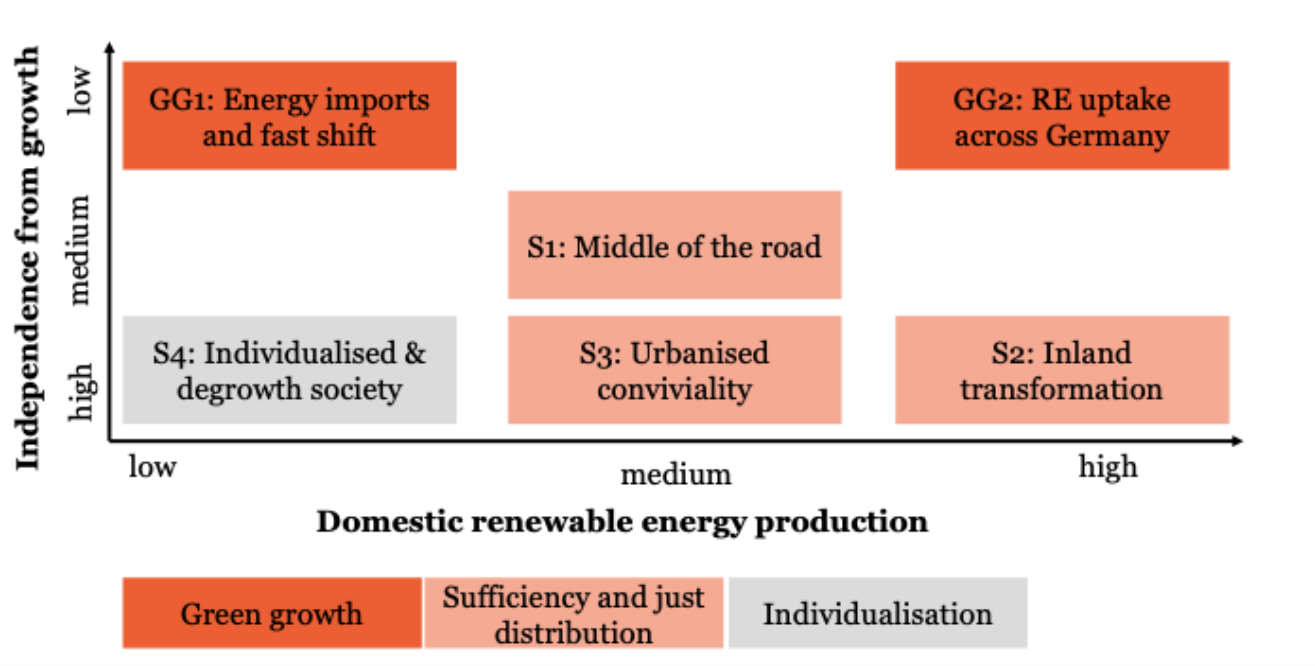
- 2050 Pathway Explorer von Climact

Energiesystem

- PyPSA EUR Energiesystemmodell

Suffizienzorientierte Szenarien für Deutschland

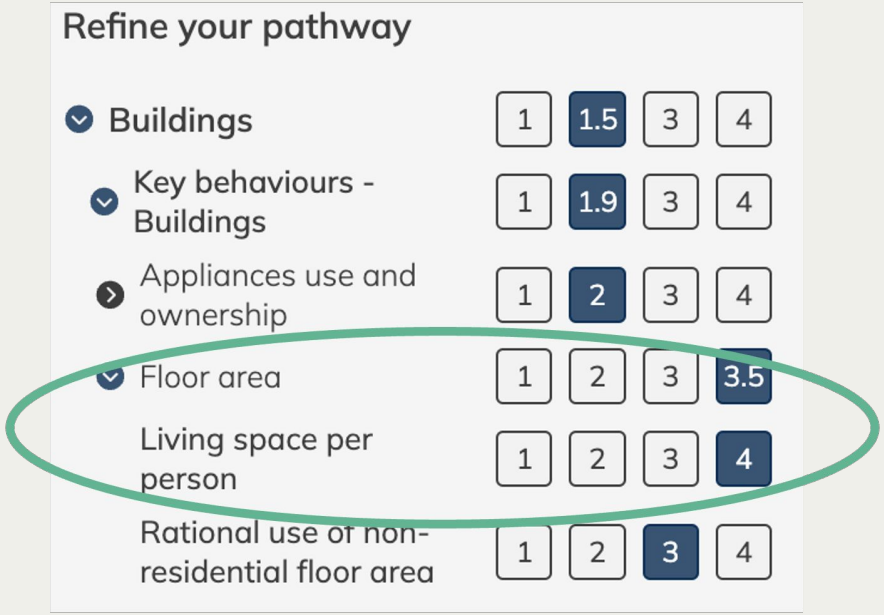
Ergebnisse der Kontext Szenarien

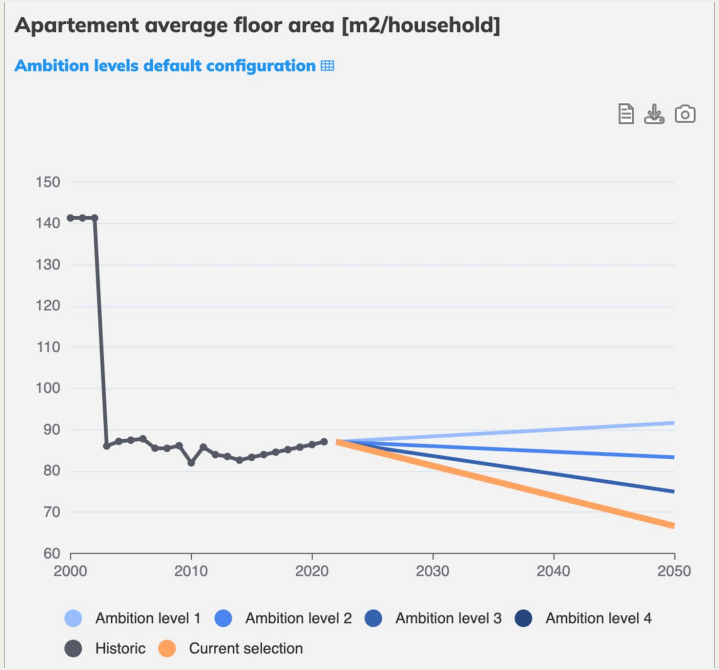


Quelle: Wiese et al. (im Review)

Suffizienzorientierte Szenarien für Deutschland

2050 Pathway Explorer





Quelle: Wiese et al. (im Review)

Suffizienzorientierte Szenarien für Deutschland

PyPSA EUR Modellannahmen

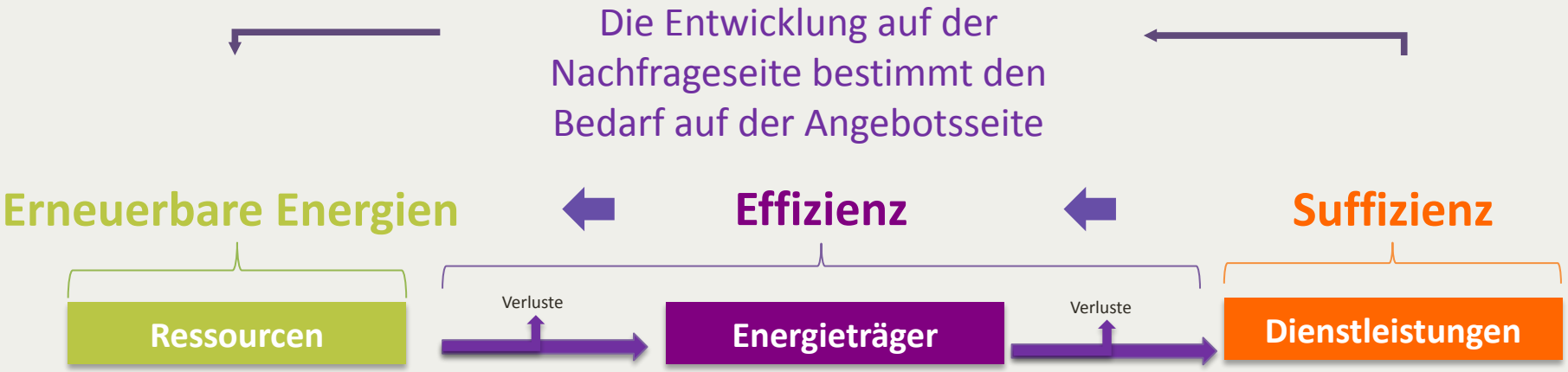
		Green Growth 2 (GG2)	Sufficiency 2 (S2)	Sufficiency 3 (S3)
Scenario Descriptors	Growth independency	Green Growth	Degrowth	Degrowth
	Demand for energy service	Stabilised	Reduced	Reduced
	Potential for renewable energy	High	High	Medium
	Technological Development	Steady development	Technology Scepticism	Convivial technologies
Modeling assumptions	Biomass Potential	226 TWh	226 TWh	95 TWh
	RE Potential	Full (PyPSA EUR default)	Full	Reduced Onshore Wind and PV
	H2 Grid	Yes	No	No
	H2 Underground storage	No	No	No
	Direct Air Capture	Yes	No	No

Quelle: Wiese et al. (im Review)

Europäisches Suffizienzszenario CLEVER

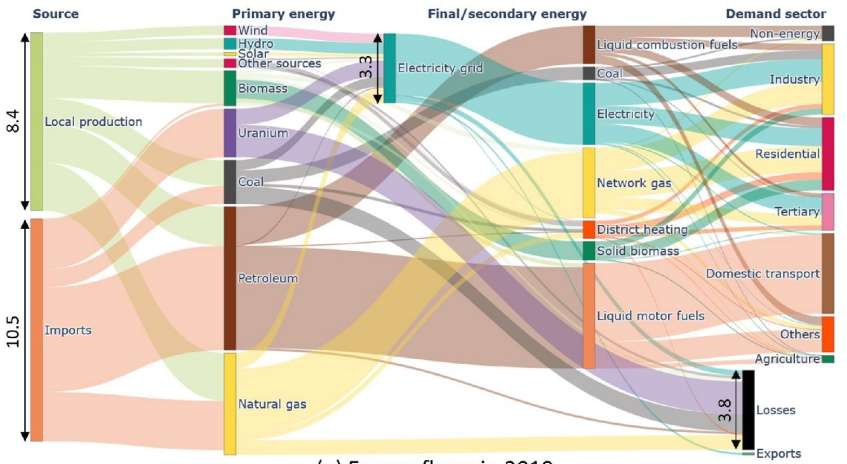
Europäisches Suffizienzszenario CLEVER - Herangehensweise

Reihenfolge der Betrachtung beginnend bei den Energie Services:
Sufficiency-Efficiency-Renewables (SER-Framework)



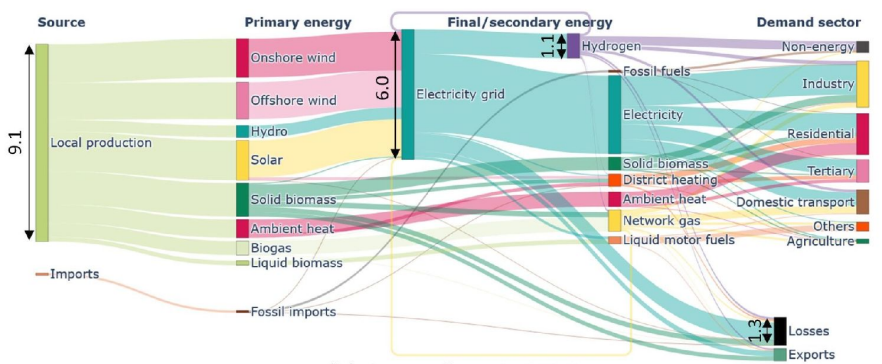
Europäisches Suffizienzszenario CLEVER - Ergebnis

Energieflüsse Europas 2019



(a) Energy flows in 2019

Energieflüsse Europas 2050



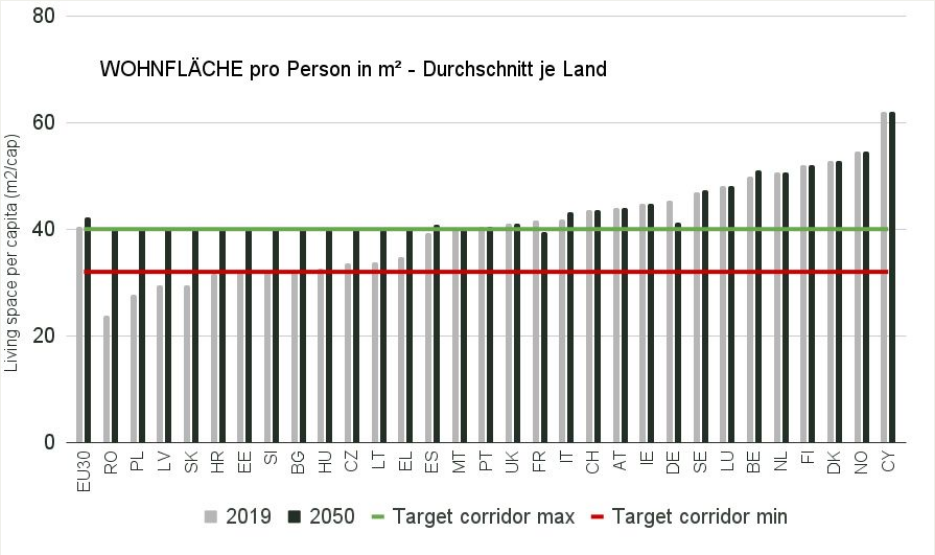
(b) Energy flows in 2050

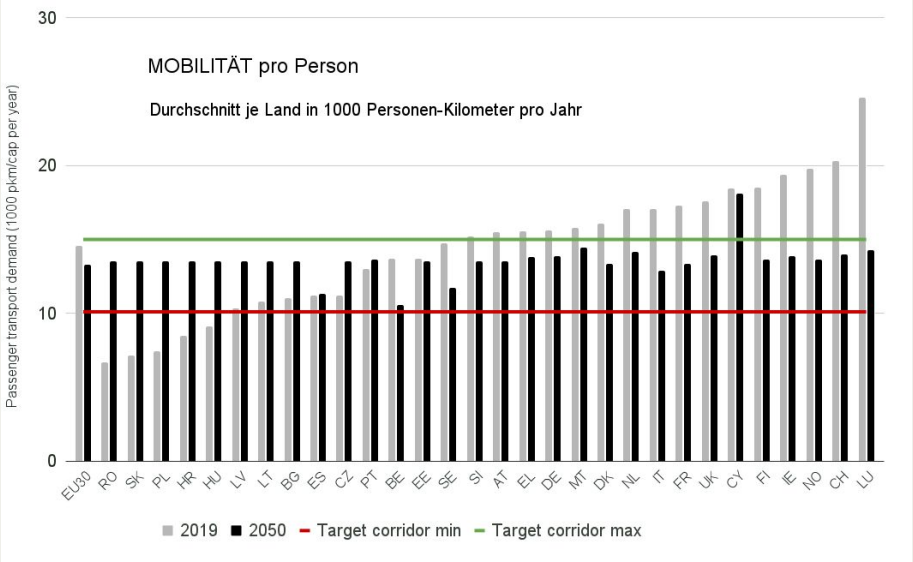
Eine nachfrageorientierte, suffizienzbasierte Energiewende ist technisch machbar, sozial gerecht und ökologisch vorteilhaft

- Klimaneutralität
- Halbierung Endenergieverbrauch, davon etwa 50% durch Suffizienz
- Kaum Importe von außerhalb Europas
- keine Kernenergie, kein CCS
- Angleichung Energie Service Levels der Länder

Quelle: Wiese et al. (2024)

Europäisches Suffizienzszenario CLEVER - Konvergenz-Korridore





Quelle: Wiese et al. (2024)

Europäisches Suffizienzszenario CLEVER - Empfehlungen

- Paradigmenwechsel: Weg von rein techno-ökonomischen Optima, hin zu **dienstleistungs- und bedarfsorientierten Pfaden** innerhalb klarer sozialer und ökologischer Grenzen

- Suffizienz als eigenständige Modellkomponente:

  - Modelle erforderlich, die **Energiebedarf** nicht nur aus technologischen oder Effizienzannahmen ableiten, sondern **aus Dienstleistungsindikatoren**, die gesellschaftliche Mindest- und Maximalniveaus abbilden.

  - Der **Konvergenz-Korridor** bietet eine methodische Möglichkeit, länderspezifische Entwicklungen konsistent, aber sozial-ökologisch begrenzt, zu modellieren und kann Rahmen für Szenarien mit gerechter Lastenverteilung genutzt werden.

- Ko-kreative Szenarienprozesse mit **Beachtung nationaler Spezifika durch Länder-Expert*innen** verbessern die Realitätsnähe der Annahmen und damit die Relevanz des Szenarios.

- *Hier nicht betrachtet, aber essentiell für weitere Forschung:* ***Ungleichverteilung der Energie Service Level innerhalb von Ländern***

Quelle: Wiese et al. (2024)

Datenbank: Suffizienz-Politikinstrumente

Datenbank: Suffizienz-Politikinstrumente

- Hintergrund: Suffizienz braucht unterstützende Rahmenbedingungen, um zur naheliegenden (einfachsten, günstigsten, schnellsten, attraktivsten,…) Option zu werden
- Mehrheitlich wird Suffizienz jedoch mit individueller Verhaltensänderung gleichgesetzt; Politikinstrumente, die Suffizienz anreizen können, sind oft nicht präsent oder von vermeintlichen „Verbotspolitiken“ überlagert (z.B. „Veggie-Day“)
- Seit dem EnSu-Start 2020 Beschäftigung mit Suffizienzpolitik-Instrumenten
  - Dokumentation der umgesetzten oder geplanten Politikinstrumente der EU-Mitgliedsstaaten (NECPs)
  - Empfehlungen von 11 Klima-Bürgerräten
  - Weitere Publikationen und Datenbanken mit Vorschlägen (ca. 80 Quellen)

EnSu
Sufficiency
Policy
Database

https://energysufficiency.de/policy-database/

Datenbank: Suffizienz-Politikinstrumente

- > 350 Einträge: Zeigt, wie viel Suffizienzpolitik (umgesetzt oder Vorschläge) es gibt!
  → an Ideen mangelt es nicht

- Filtermöglichkeit nach Sektor, Politischem Ziel, Instrumententyp und Suffizienztyp / Suchfunktion und Zusatzinformationen auf allen Ebenen

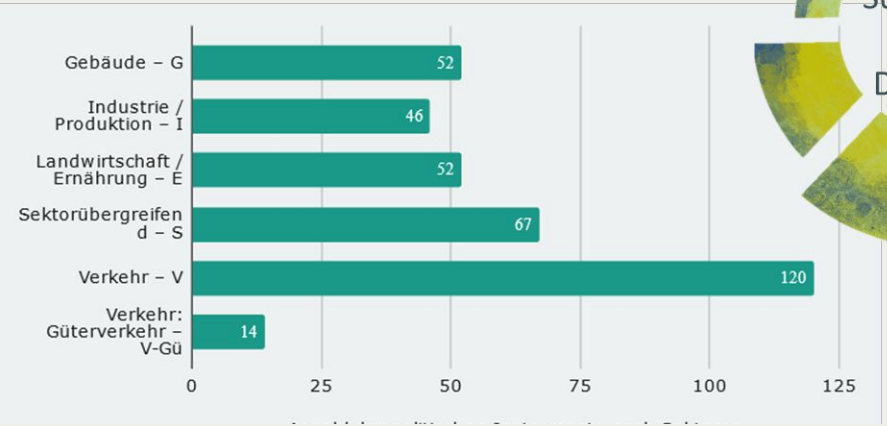
↓ ID	Sektor	Ziel / Politische Strategie	Maßnahme / Aktivität	Politikinstrument	Zeit -> Wirkung	Suffizienztyp	Instrumente…
26	Gebäude – G	G: Reduzierung des Energieverbrauchs	Sensibilisierung für die Reduzierung des Energieverbrauchs	Informationen über Energieeinsparungen durch geringeres Heizen	kurz	Vermeiden	Information
27	Gebäude – G	G: Reduzierung des Wohnraums	Suffizienzorientiertes Wohnen und Umziehen	Rechtsanspruch auf Wohnungstausch	mittel	Vermeiden	Regulierung

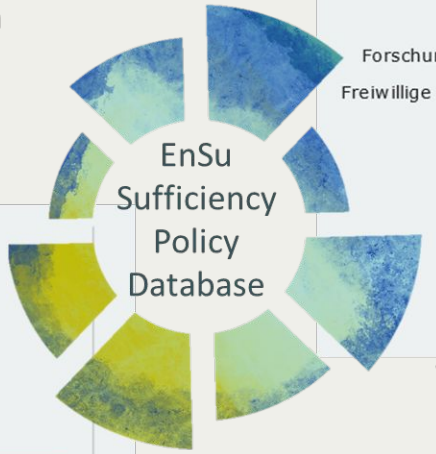
Datenbank: Suffizienz-Politikinstrumente

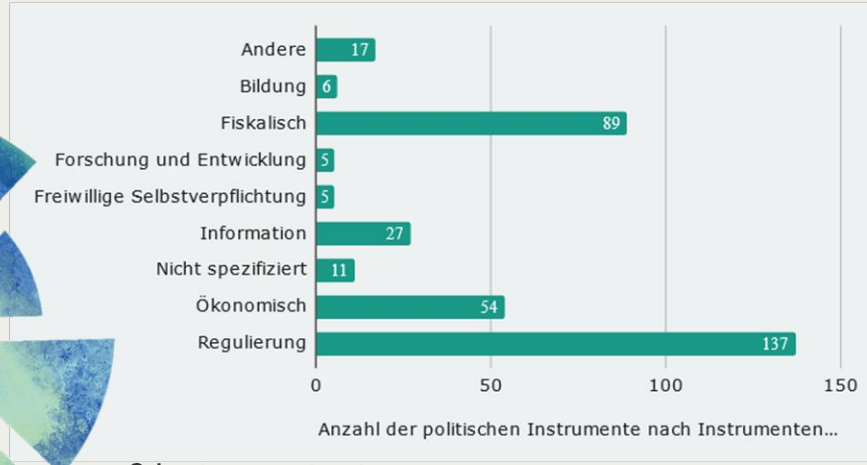
363 Einträge

3 Suffizienztypen

6 Sektoren





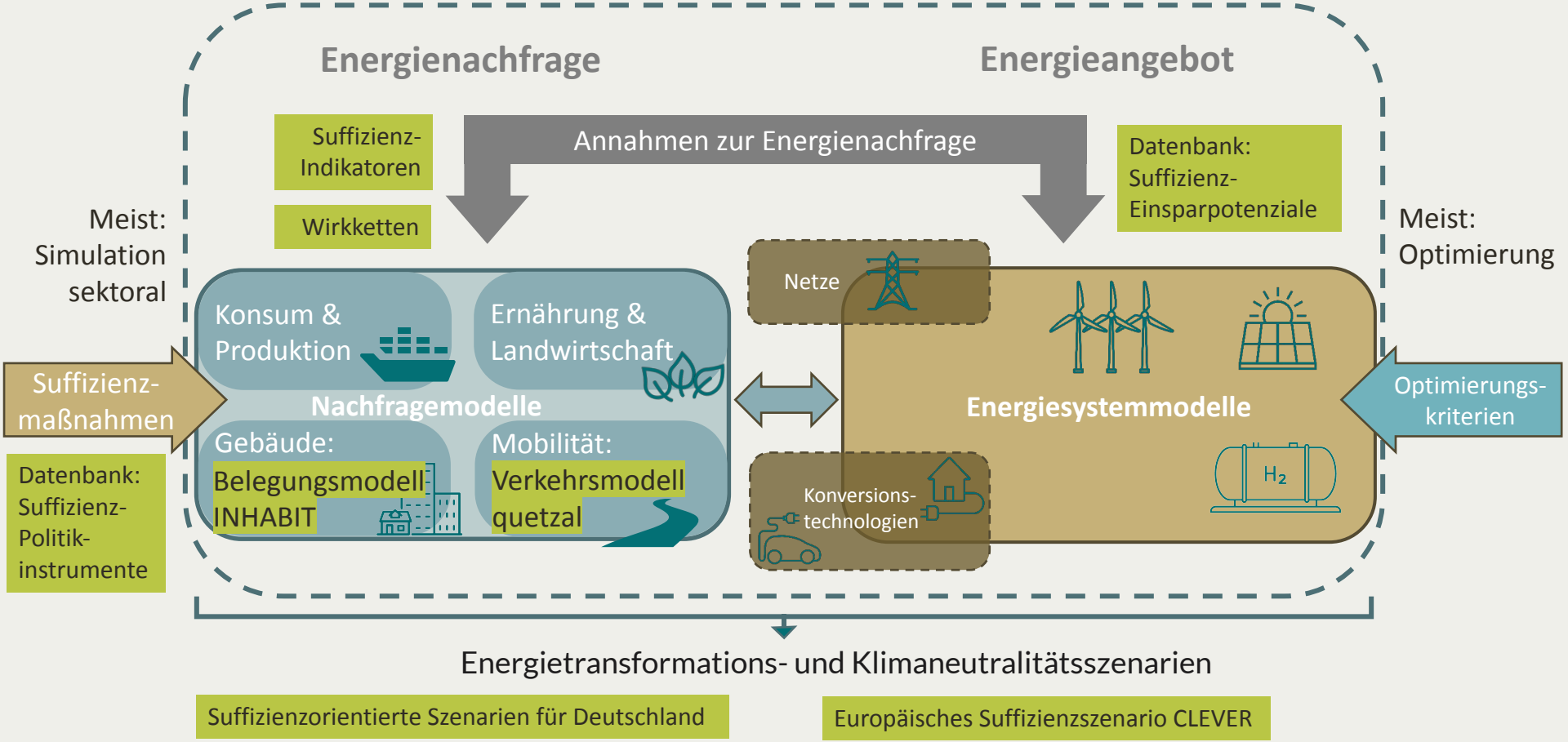


9 Instrumententypen

Clusterung: Ziel – Maßnahme - Instrument

Zeithorizont bis zur Implementierung und bis zur Wirkung

EnSu-Forschung zu Suffizienz und Modellierung



Vielen Dank!

Alle Veröffentlichungen open access auf
energysufficiency.de

EnSu-Homepage / Empfehlungen für Modellierende

Gefördert durch:
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt
FONA
Sozial-ökologische Forschung

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology
Europa-Universität Flensburg
Wuppertal Institut