

The background of the slide is a faded, light-colored photograph of a wind farm. Several white wind turbines are visible against a pale sky, with a line of trees in the distance. The image is partially obscured by a teal banner and a white diagonal cutout in the bottom right corner.

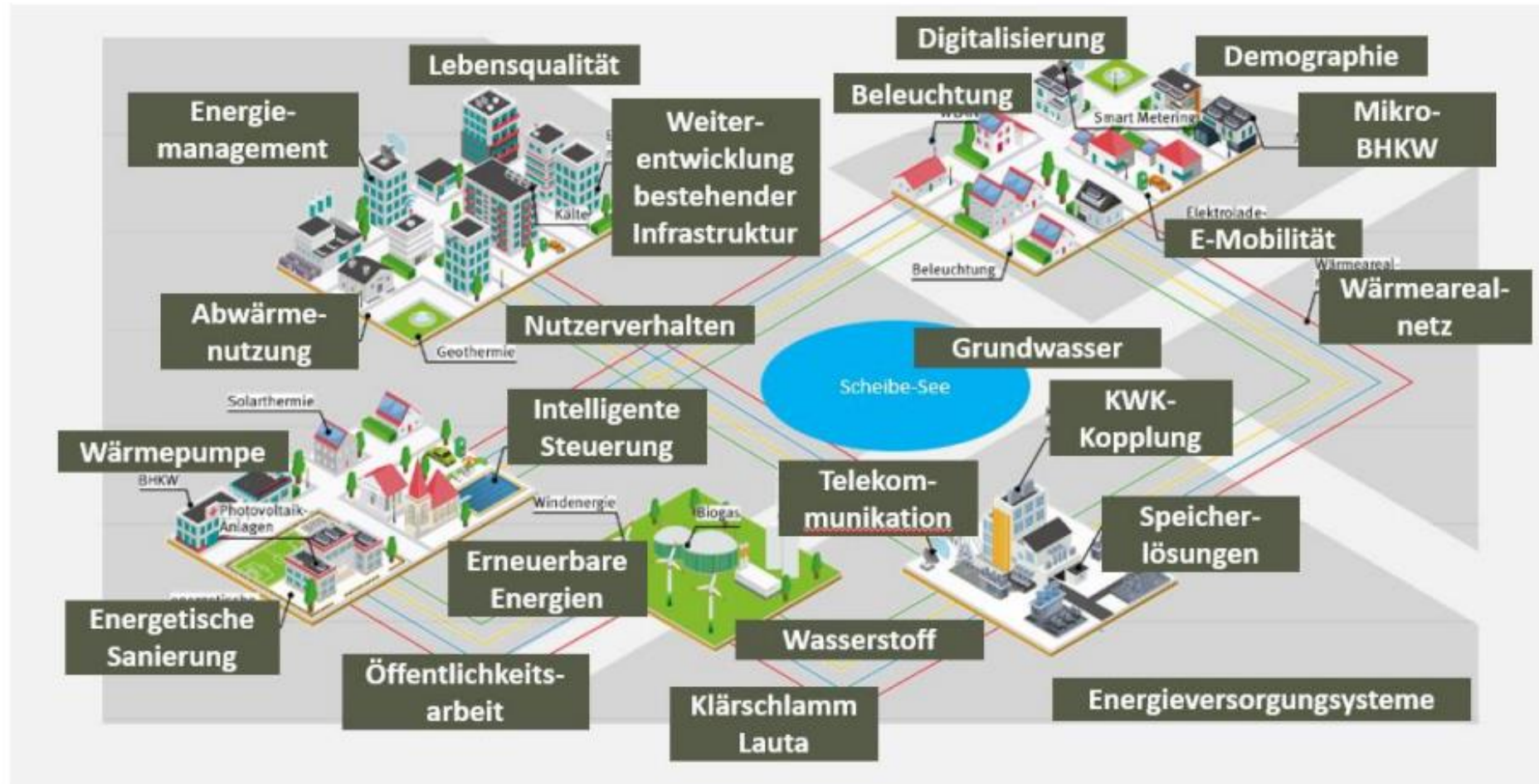
INFO EW: DEVELOPING DASHBOARDS FOR THE REGIONAL ENERGY TRANSITION

Johannes Többen, Britta Stöver, Katharina Hembach-Stunden, Philip Ulrich

1. **Umsetzung der Energiewende auf regionaler Ebene**
2. **Ziele des Projekts**
3. **Integrierte Modellierung:**
 - a. Räumliche Mikrosimulation der deutschen Haushalte
 - b. MRIO-basierte Szenarienanalyse
 - c. Modellintegration durch erweiterte SUT
4. **Praxistransfer durch Dashboard und partizipativen Prozess**

Beispiel: Kommunale Wärmewende der Modellstadt Hoyerswerda

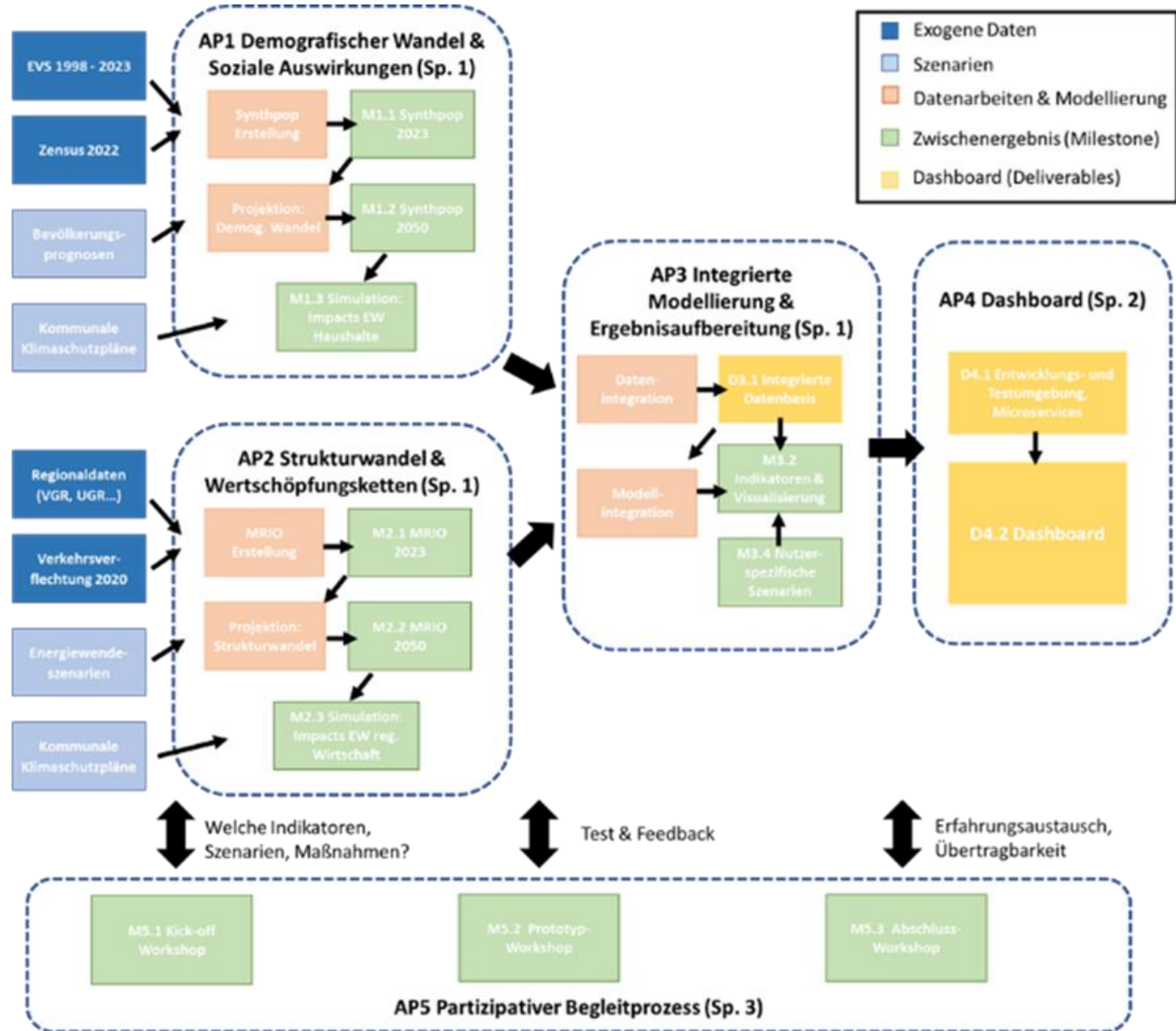
Die Umsetzung der kommunalen Energiewende geht über reine Technologiefragen weit hinaus



Ziele des Projekts

1. Integrierte Modellierung über unterschiedliche Skalenebenen
2. Kommunales Monitoringsystems für regionalwirtschaftlichen und sozialen Aspekten der Energiewende.
3. Kommunale Energiewendeszenarien unter Berücksichtigung von strukturellen Umbrüchen durch Dekarbonisierung, Digitalisierung und demografischen Wandel.
4. Systematischer Transfer in die Praxis kommunaler Akteur:innen durch Dashboard und partizipativen Prozess.
5. Open Science. Dashboards mit Monitoring und allgemeinen für alle Regionen vorliegenden Ergebnissen sollen frei zugänglich sein

Projektaufbau und geplante Arbeiten



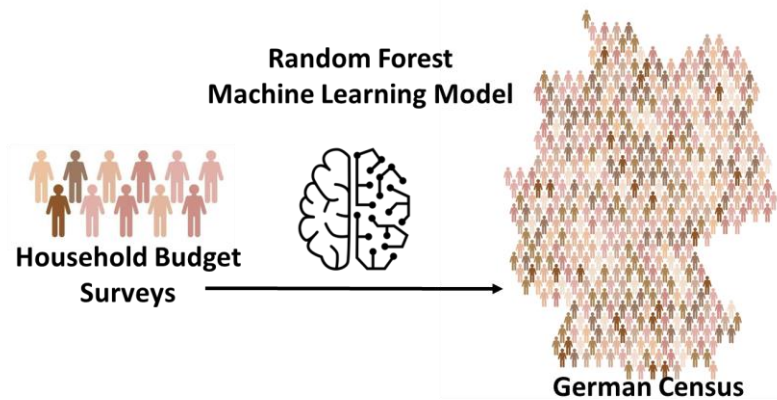
Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (I)

Kombination von Haushaltsmikrosimulationen und gesamtwirtschaftlichen Input-Output Modellen ermöglicht integrierte Analyse der kommunalen Energiewende

Haushaltsmikrosimulation

Simuliert demographischen und sozio-ökonomischen Merkmale sowie Einkommen und Konsumausgaben von 38 Millionen Haushalten

- ▶ Datenbasis: Zensus 2011 und Einkommens und Verbrauchstichprobe
- ▶ Regionale Auflösung bis zur Gemeindeebene
- ▶ **Geplant:** Update auf Basis des aktuellen Zensus
- ▶ **Geplant:** Projektionen bis 2050



Arbeitseinkommen,
staatl. Transfers

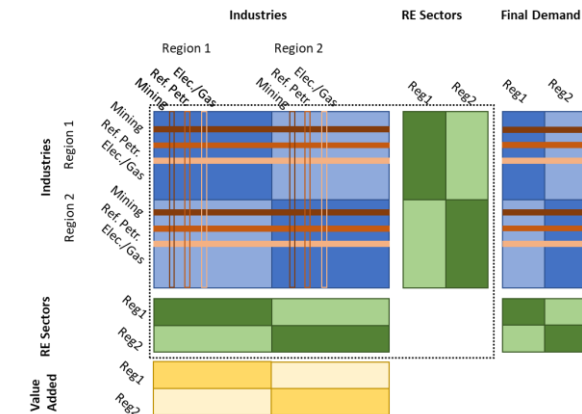
Integration
kombiniert
Stärken
beider
Ansätze

Konsumausgaben,
Investitionen, Steuern

Multiregionales Input-Output (MRIO) Modell

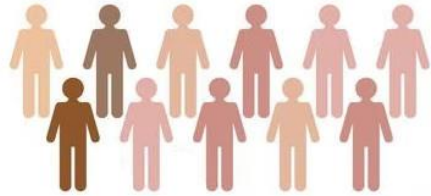
Simuliert die inner- und interregionalen wirtschaftlichen Verflechtungen zwischen Unternehmen, Haushalten und dem Staat

- ▶ Datenbasis: Eurostat (MRIO), Regionalstatistiken
- ▶ 213 EU NUTS2 Regionen, 13 nicht-EU Länder
- ▶ **Geplant:** Regionalisierung auf Kreisebene
- ▶ **Geplant:** Erweiterung um regionale Energiebilanzen

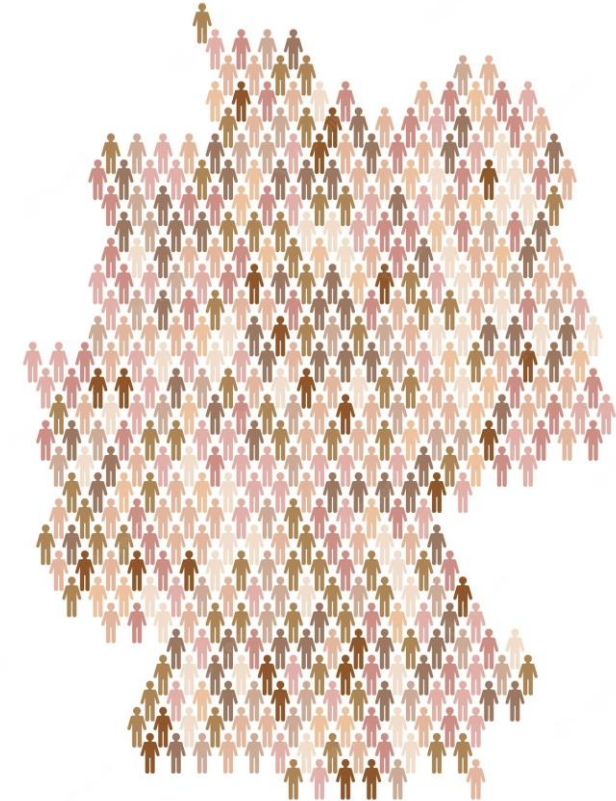
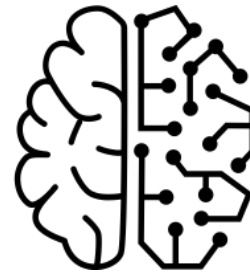


Synthetic Population Data as a basis for spatial microsimulation

Random Forest Machine Learning Model



**Household Budget
Surveys**



German Census

Building synthetic population of 38 million German households

Synthetic Populations are simulated spatially representative individual-level household data used simulating distributional effects of various policy impacts

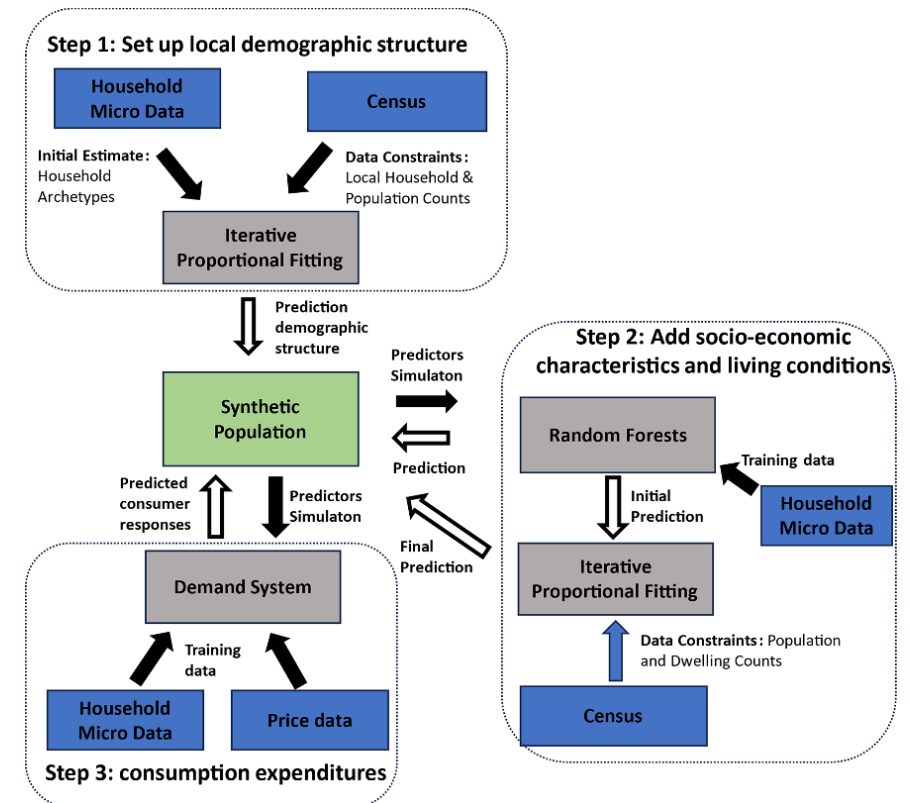
German Synthetic Population of 38 million households at municipality level featuring

- 10 demographic & socio-economic attributes
- 13 types of income, public transfers, taxes & deductions
- 11 housing and material living conditions

Data inputs:

- Confidential Microdata: Einkommens- und Verbrauchsstichprobe
- Open Data:
 - ⇒ Population and housing census
 - ⇒ Other regional administrative data

Figure 1: Compilation of the German Synthetic Population



Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (II)

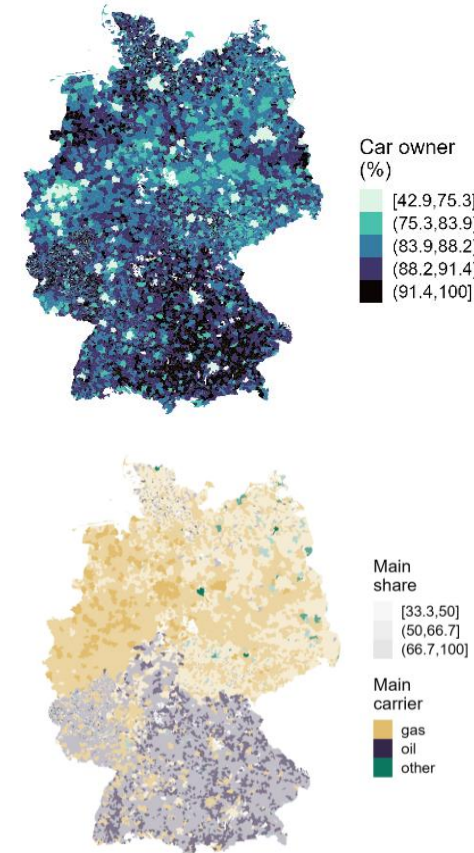
Beispiel: Haushaltsmikrosimulation ermöglicht das Monitoring des Energieverbrauchs im Haushaltsbereich und damit zusammenhängender sozialer Aspekte

Zusammenhänge zwischen Haushaltsmerkmalen, Einkommen und Konsum werden an einzelnen Haushalten simuliert

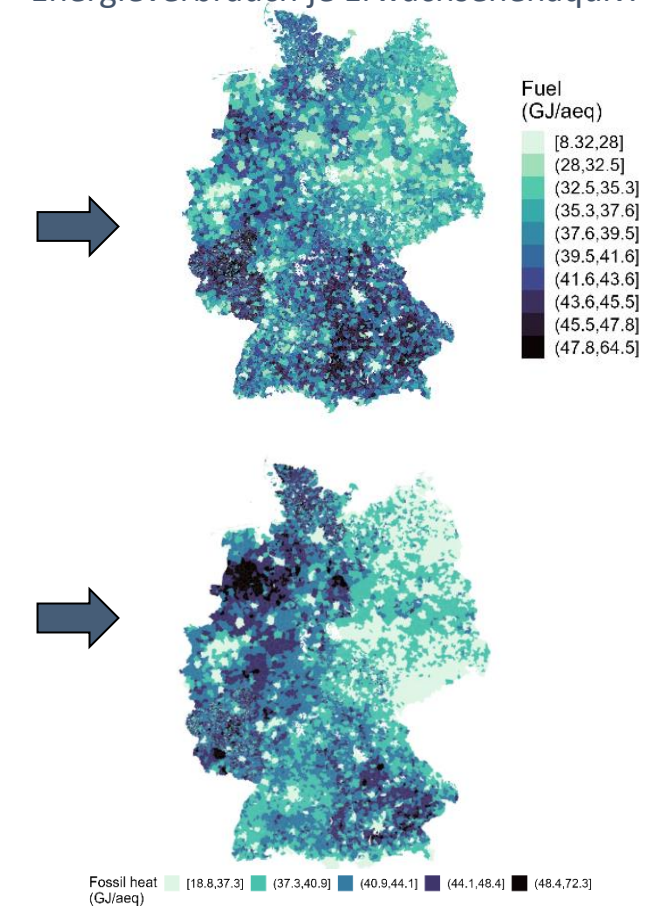
- ⇒ 10 Demographische & sozioökonomische Merkmale
- ⇒ 13 Kategorien von Einkommen, Transferzahlungen, Steuern und Abgaben
- ⇒ 11 Variablen zur Wohnsituation und Ausstattung mit Kfz, Haushalts und Elektrogeräten
- ⇒ Konsumausgaben für Mobilität, Raumwärme und Elektrizität, sowie weitere Kategorien (Wohnen, Nahrung...)

► Auswertungen nach beliebig definierten Haushaltstypen möglich

Regionale Indikatoren zur Verbreitung von Technologien für Mobilität und Raumwärme



Abgeleitete Indikatoren setzen Haushaltsmerkmale und Technologie: Energieverbrauch je Erwachsenenäquiv.

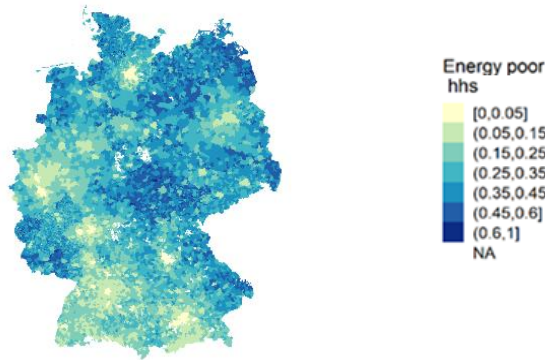


Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (III)

Beispiel: Auswirkungen von CO₂ Bepreisung auf die Zahl der energiearmen Haushalte in den Kommunen

Ausgangssituation

Anteil der energiearmen Haushalte in den Kommunen



↓
Energiearmut betrifft den ländlichen Raum besonders stark.
Gründe hierfür sind z.B. weniger gedämmte Häuser, längere Arbeitswege, ...

Szenarien:

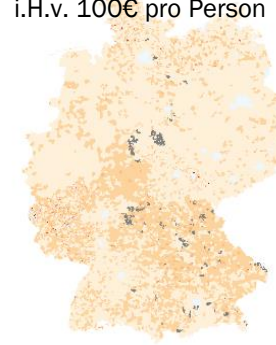
Einführung eines CO₂-Preises von 50€/t

ohne Kompensation



↓
Durch das Klimageld kann die Armutsquote in manchen Regionen (hellblau) verringert werden.

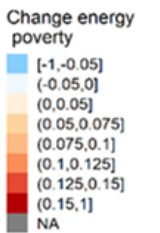
Kompensation durch Klimageld
i.H.v. 100€ pro Person



Abschaffung EEG Umlage



↓
Die EEG-Umlage lässt wenig Einfluss auf die Energiearmut vermuten.

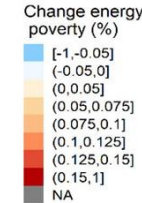
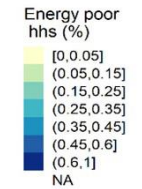
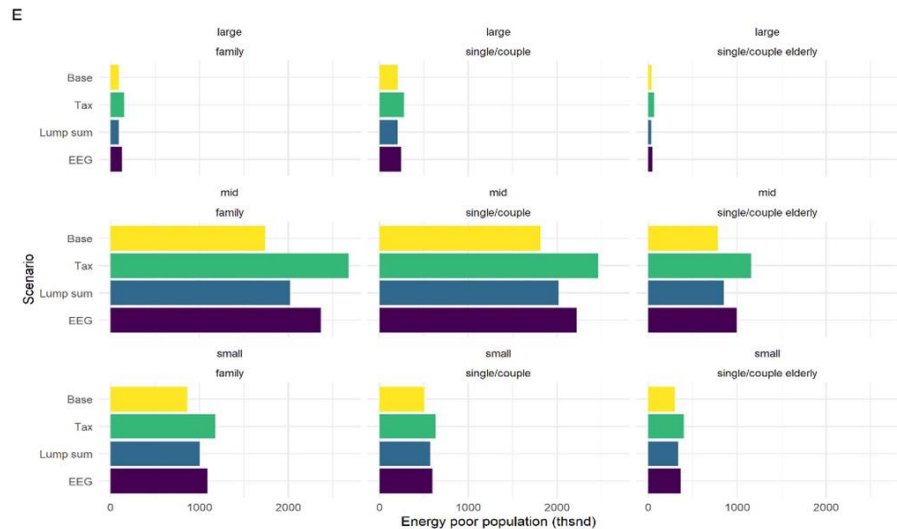


Quelle: Többen et al (2023) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2752-5295/accea0/meta>

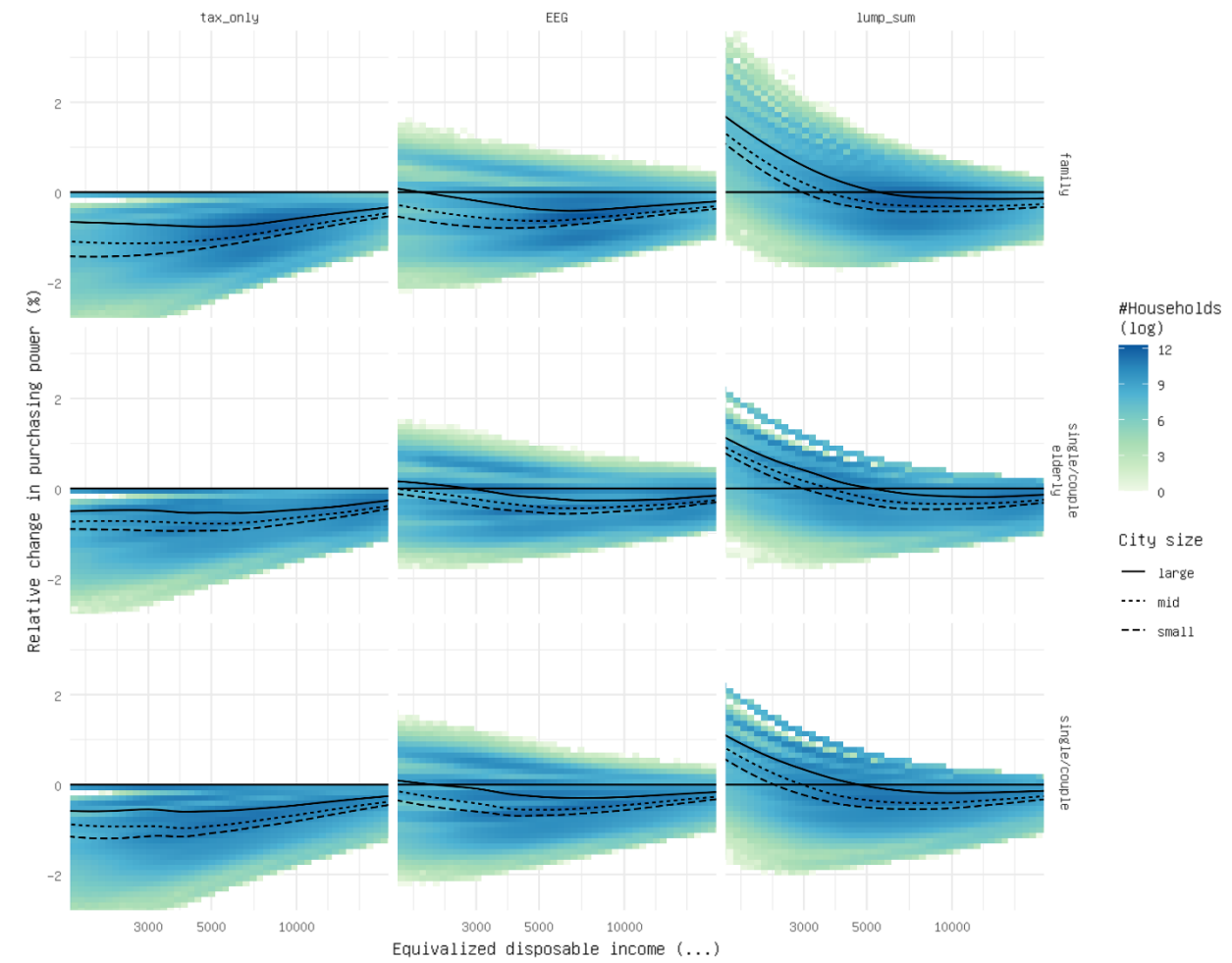
Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (III)

- Auswertungen nach beliebig definierten Haushaltstypen möglich (hier Gemeindegröße, Haushaltstyp, Einkommen)

Auswirkungen auf Energiearmut



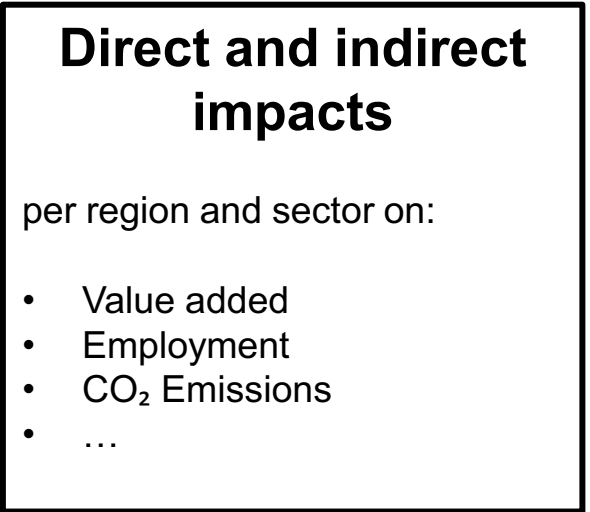
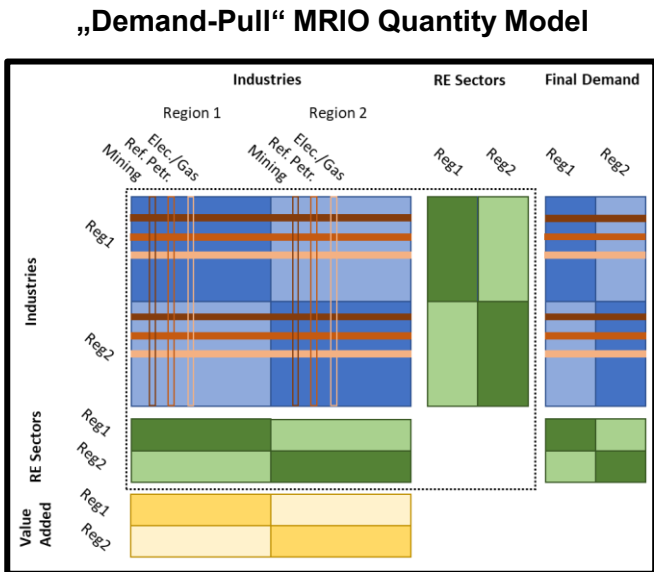
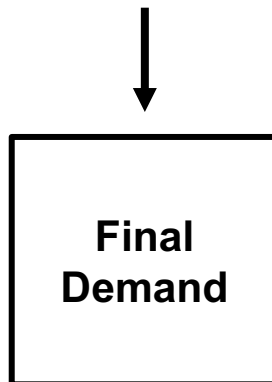
Auswirkungen auf verfügbares Einkommen



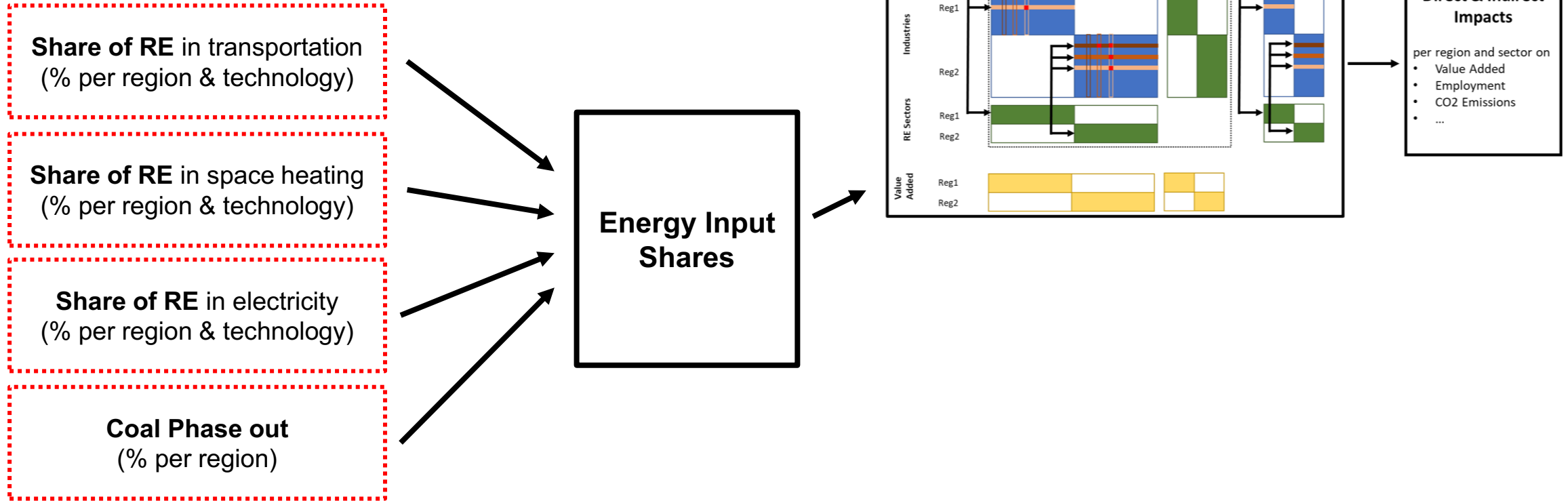
Exogenous scenario parameters

Exogenous scenario parameters

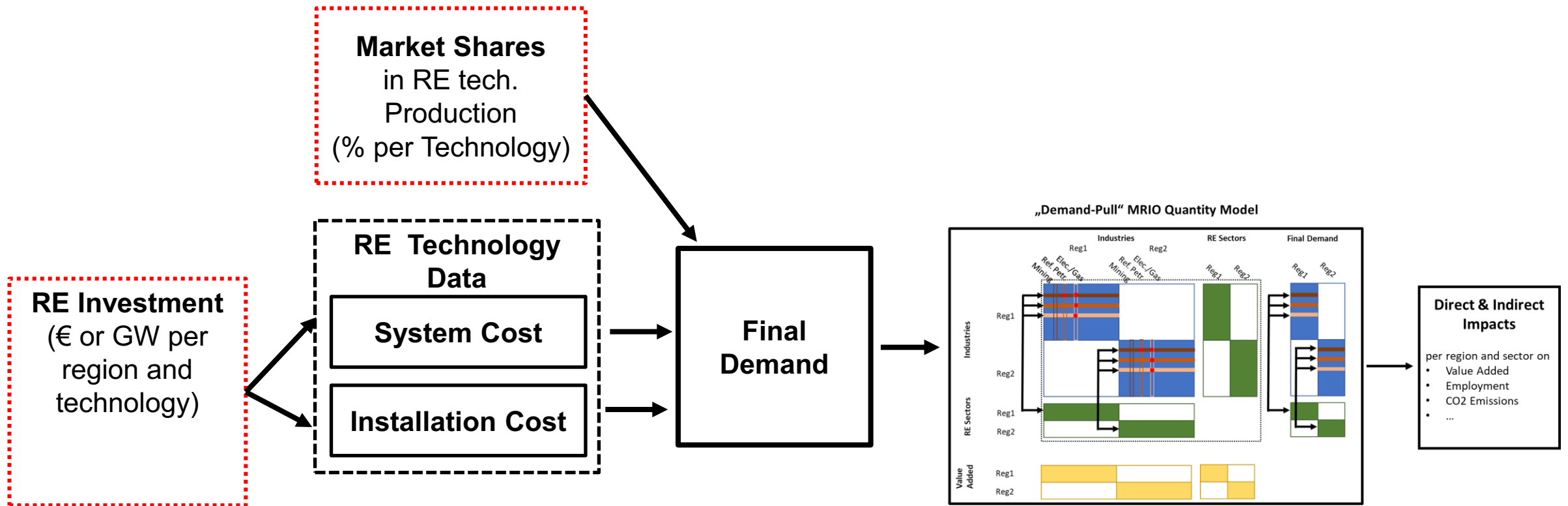
- **GDP per capita growth rate**
(% per region till scenario year)
- **Population** (Inhabitants per region in scenario year)
- **Labor productivity growth rate**
(% per region in scenario year)



Substitution of fossil energy

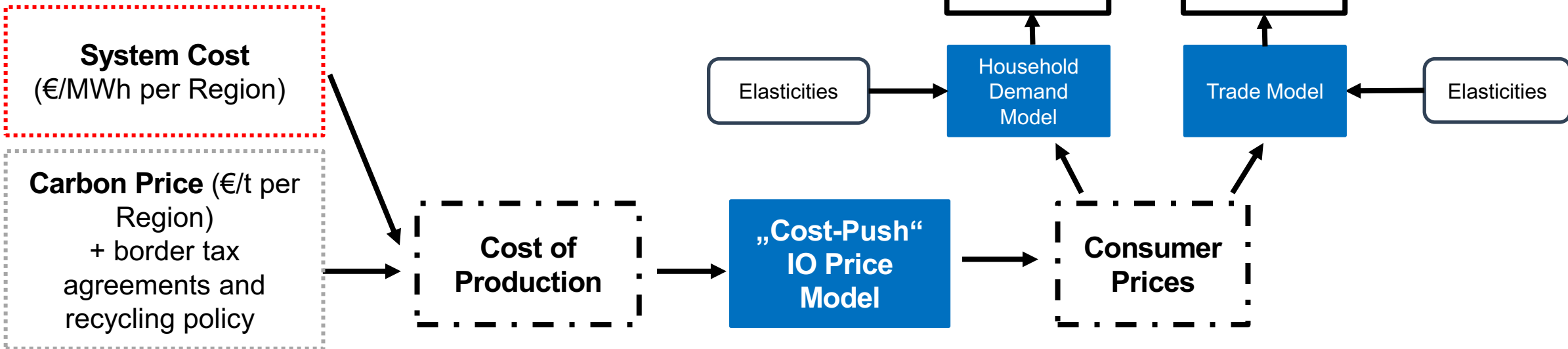


Investment for RE capacity expansion

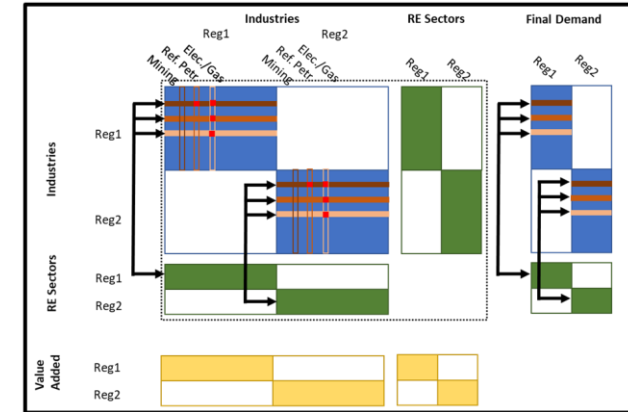


Economic impacts of system costs

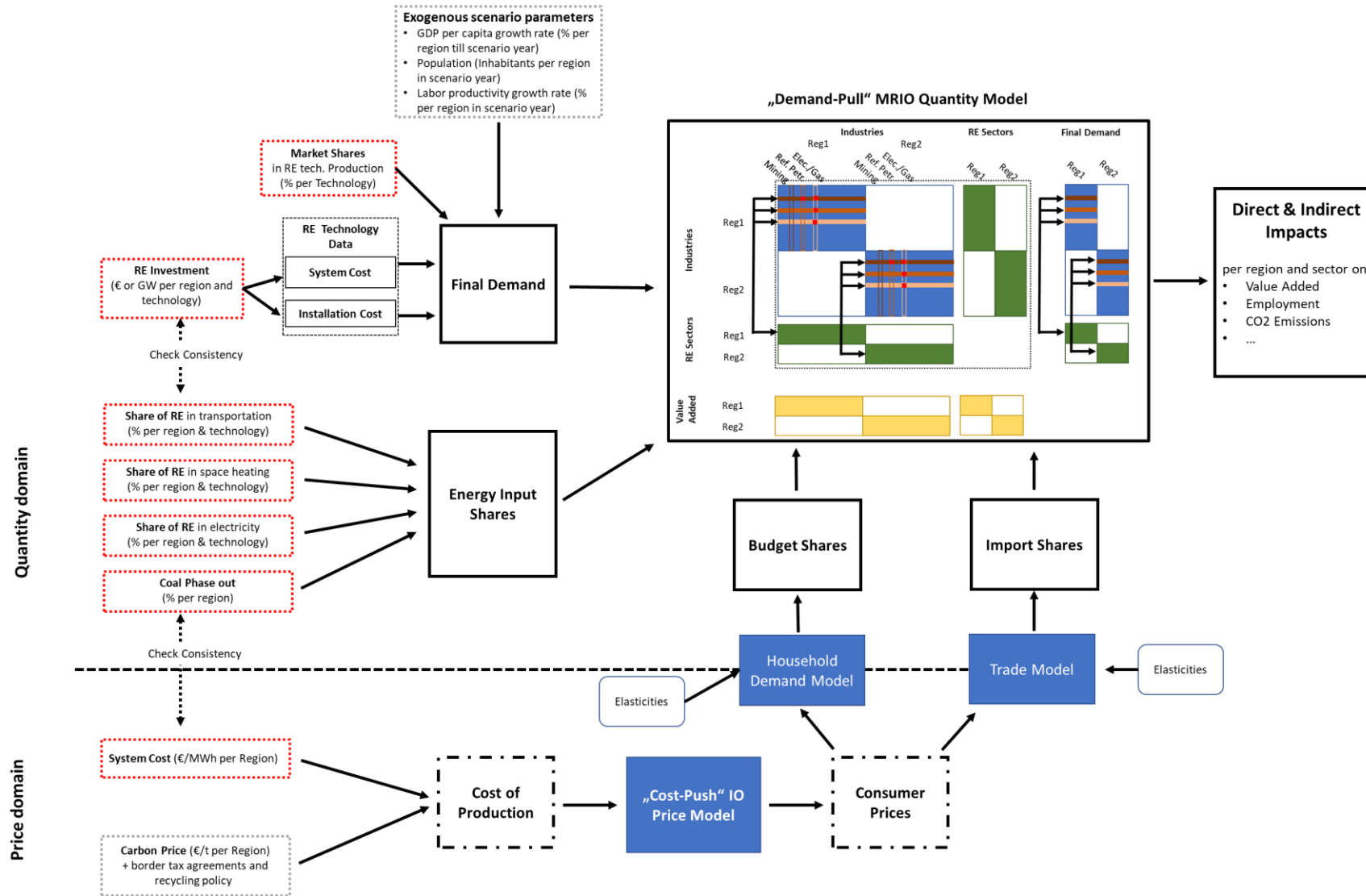
Price domain



„Demand-Pull“ MRIO Quantity Model



Structure of the MRIO assessment tool



Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (II)

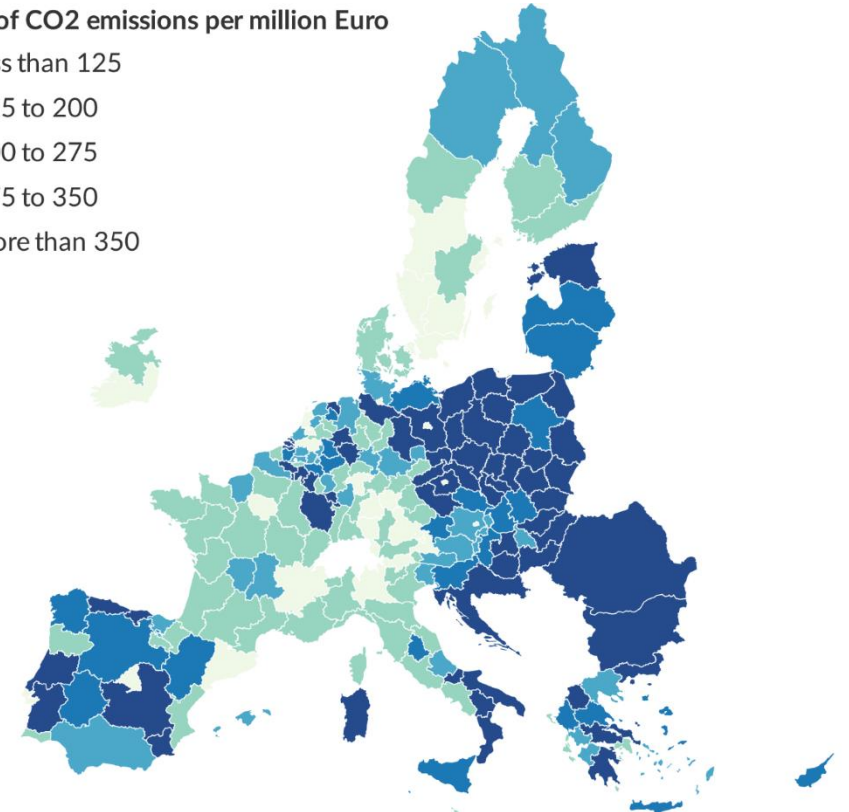
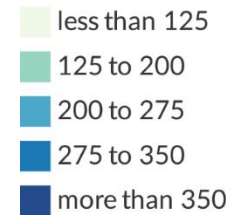
Beispiel: MRIO-Modell ermöglicht das Monitoring des direkten und indirekten Energieverbrauchs der Unternehmen und damit gemeinsame Betrachtung energetischer, regionalwirtschaftlicher und sozialer Aspekte

Bildet die Struktur der Weltwirtschaft mit regionalem Detail für Deutschland (Kreise) und Europa (NUTS2) ab

- ⇒ 53 Wirtschaftszweige
- ⇒ Erweiterung um Produktion, Installation und Betrieb von 9 erneuerbare Strom- und Wärmetechnologien
- ⇒ Erweiterung um Energieverbräuche und Emissionen in physischen Einheiten ermöglichen Auswertung von Scope 1, 2 & 3 Emissionen und Energieverbräuchen (Fußabdrücke)
- ⇒ Erweiterung um detaillierte Beschäftigtenstrukturen der regionalen WZ ermöglichen Auswertung sozialer Indikatoren

MRIO-Modell ermöglicht Betrachtung von Effizienzen:
CO2 Emissionen je Euro Wertschöpfung

Tons of CO2 emissions per million Euro

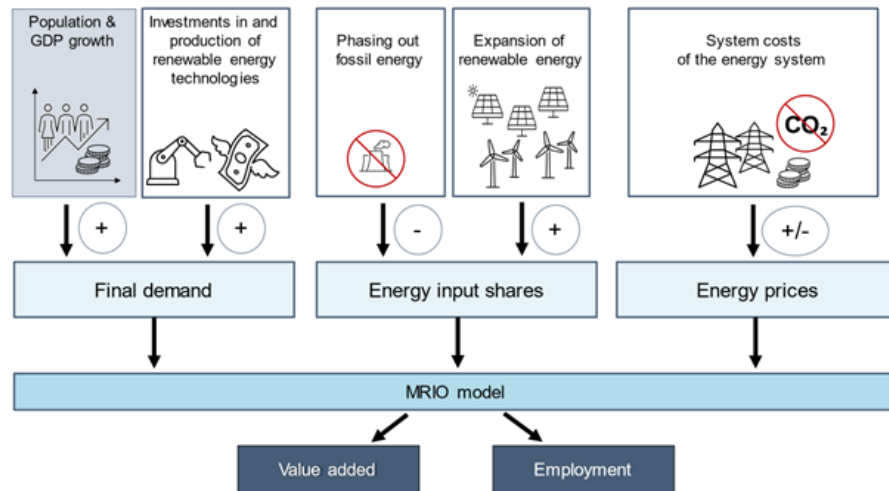


Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (III)

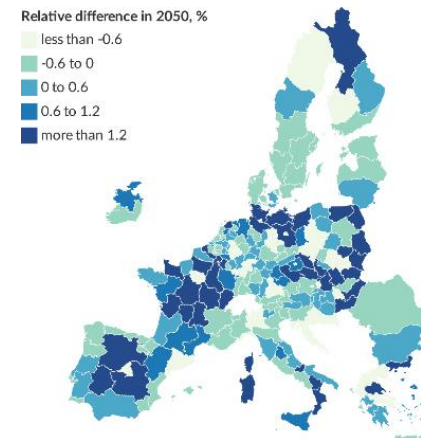
Beispiel: Modellierung regionaler Energiewendeszzenarien für EU NUTS2 Regionen

Regionale Energiewendeszzenarien

- ▶ Bevölkerungs- und BIP-Entwicklung bis 2050 exogen
- ▶ Strukturwandel im Energiesystem exogen
- ⇒ Substitution fossiler Energieträger durch RE in den Bereichen Elektrizitätserz., Raumwärme, Prozesswärme und Verkehr
- ⇒ Investitionspfade für RE-Technologien
- ⇒ Systemkosten der Energieversorgung und CO2 Bepreisung

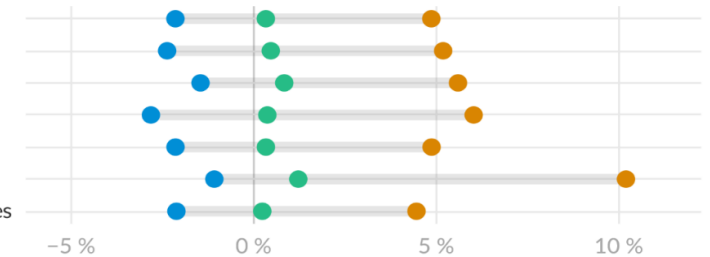
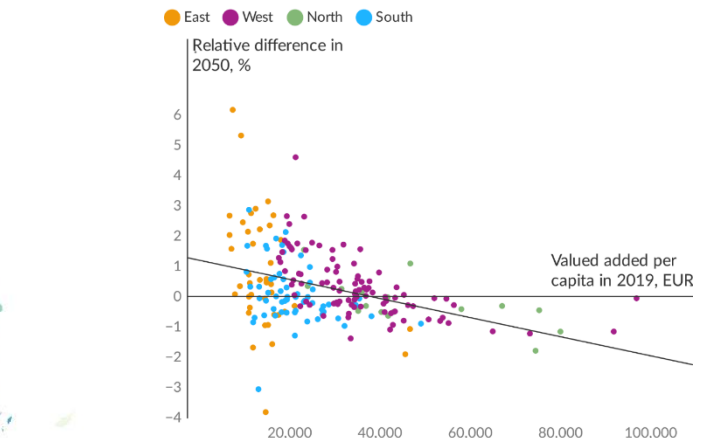


MRIO-Modell zeigt Auswirkungen auf regionale Beschäftigung und Wertschöpfung in verschiedenen Szenarien



● Maximum ● Minimum ● Mean

- a) The benchmark
- b) Carbon neutrality in 2040
- c) Faster decline of costs
- d) Different regional expansion
- e) Higher EU autonomy
- f) Increase in fossil fuel pricing
- g) Regions develop similar within countries



Quelle: Bertelsmann Stiftung (2023) <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/energising-eu-cohesion>

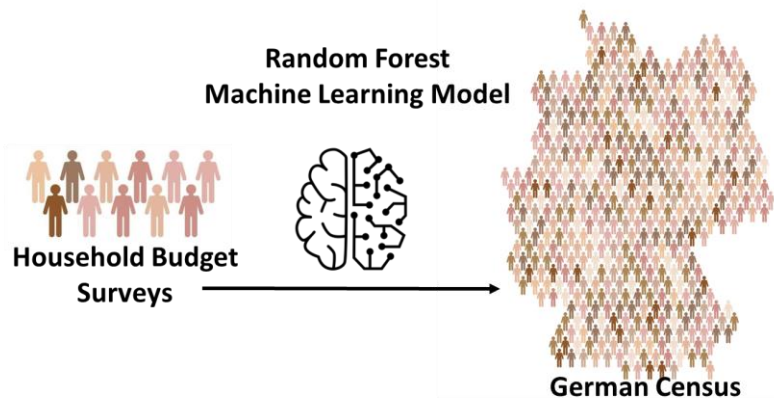
Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (I)

Kombination von Haushaltsmikrosimulationen und gesamtwirtschaftlichen Input-Output Modellen ermöglicht integrierte Analyse der kommunalen Energiewende

Haushaltsmikrosimulation

Simuliert demographischen und sozio-ökonomischen Merkmale sowie Einkommen und Konsumausgaben von 38 Millionen Haushalten

- ▶ Datenbasis: Zensus 2011 und Einkommens und Verbrauchstichprobe
- ▶ Regionale Auflösung bis zur Gemeindeebene
- ▶ **Geplant:** Update auf Basis des aktuellen Zensus
- ▶ **Geplant:** Projektionen bis 2050



Arbeitseinkommen,
staatl. Transfers

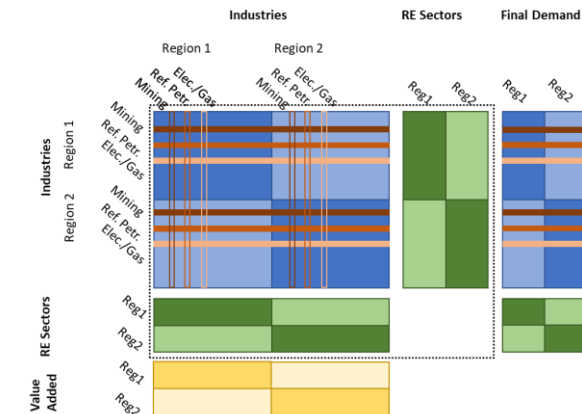
Integration
kombiniert
Stärken
beider
Ansätze

Konsumausgaben,
Investitionen, Steuern

Multiregionales Input-Output (MRIO) Modell

Simuliert die inner- und interregionalen wirtschaftlichen Verflechtungen zwischen Unternehmen, Haushalten und dem Staat

- ▶ Datenbasis: Eurostat (MRIO), Regionalstatistiken
- ▶ 213 EU NUTS2 Regionen, 13 nicht-EU Länder
- ▶ **Geplant:** Regionalisierung auf Kreisebene
- ▶ **Geplant:** Erweiterung um regionale Energiebilanzen



Extended SUT for Integrated Model

- ▶ Extended SUT features labor by skill levels supplied households structured by income decile following the principles of commodity-by-industry accounts
- ▶ Synthpop allows for mapping arbitrary household typologies in MR SUT

Entities		Industries			Households			Products			Labour			Exog. Final dem.	RoW	Total
Regions		1	...	S	1	...	S	1	...	S	1	...	S			
Industries	1							V^1								g^1
	⋮							V^r								g^r
	R															
Households	1							H^1			r^1		h^1			
	⋮							H^r			r^r		h^r			
	R															
Products	1	U^{11}	...	U^{1s}	Y^{11}	...	Y^{1s}				f^1	e^1	p^1			
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮				⋮	⋮	⋮			
	R	U^{r1}	...	U^{rs}	Y^{r1}	...	Y^{rs}				f^r	e^r	p^r			
Labour	1	W^{11}	...	W^{1s}										l^1		
	⋮	⋮	⋮	⋮										l^r		
	R	W^{r1}	...	W^{rs}												
Exog. value added		va^1	...	va^s	t^1	...	t^s									
RoW		mi^1	...	mi^s	mh^1	...	mh^s									
Total		g^1	...	g^s	h^1	...	h^s									

Block	Generic Element	Description
V^r	v_{ij}^r	Supply of product j by industry i from region r
g^r	g_i^r	total output by industry i from region r
U^{rs}	u_{ji}^{rs}	intermediate use of product j produced in region r by industry i from region s
W^{rs}	w_{li}^{rs}	compensation of labour for workers of education level l living in region r and working for industry i in region s
mi^s	mi_i^s	Total intermediate use of imports from the rest of the world by industry i from region s
va^s	va_i^s	value added other than labour compensation (the sum of net operating surplus, depreciation, net taxes on products and net taxes on production) of industry i from region s
Y^{rs}	y_{jh}^{rs}	private consumption of product j produced in region r by households belonging to income-bracket h in region s
mh^s	mh_h^s	Total final consumption of products imported from the rest of the world by income-bracket h in region s
t^s	t_h^s	Part of the gross income of households belonging to income-bracket h in region s not spend for private consumption (sum of savings, income taxes, net taxes on products and the employee's share to social security contributions)
H^r	h_{hl}^r	Gross compensation of labour received by households of education level l belonging to income-bracket h in region s
r^r	r_h^r	Total exogenous income (comprising public transfers and capital income) received by income-bracket h in region s
p^r	p_j^r	Total supply of product j by region r
e^r	e_j^r	Exports the rest of the world of product j by region r
l^s	l_l^s	Total labour income of workers of education level l living in region

Extended SUT for Integrated Model

- Income generation, spatial distribution through and social distribution „market shares“ of household types in supplying labor

Entities		Industries			Households			Products			Labour			Exog. Final dem.	RoW	Total									
Regions		1	...	S	1	...	S	1	...	S	1	...	S												
Industries	1							V^1						g^1											
	⋮							V^r						g^r											
Households	1							H^1			r^1			h^1											
	⋮							H^r			r^r			h^r											
Products	1	U^{11}	...	U^{1s}	Y^{11}	...	Y^{1s}				f^1			e^1			p^1								
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮				f^r			e^r			p^r								
Labour	1	W^{11}												l^1											
	⋮	⋮	⋮	⋮										l^r											
Exog. value added		va^1			va^s			t^1			t^s														
RoW		mi^1			mi^s			mh^1			mh^s														
Total		g^1			g^s			h^1			h^s			p^1			p^s			l^1			l^s		

Block	Generic Element	Description
V^r	v_{ij}^r	Supply of product j by industry i from region r
g^r	g_i^r	total output by industry i from region r
U^{rs}	u_{ji}^{rs}	intermediate use of product j produced in region r by industry i from region s
W^{rs}	w_{li}^{rs}	compensation of labour for workers of education level l living in region r and working for industry i in region s
mi^s	mi_i^s	Total intermediate use of imports from the rest of the world by industry i from region s
va^s	va_i^s	value added other than labour compensation (the sum of net operating surplus, depreciation, net taxes on products and net taxes on production) of industry i from region s
Y^{rs}	y_{jh}^{rs}	private consumption of product j produced in region r by households belonging to income-bracket h in region s
mh^s	mh_h^s	Total final consumption of products imported from the rest of the world by income-bracket h in region s
t^s	t_h^s	Part of the gross income of households belonging to income-bracket h in region s not spend for private consumption (sum of savings, income taxes, net taxes on products and the employee's share to social security contributions)
H^r	h_{hl}^r	Gross compensation of labour received by households of education level l belonging to income-bracket h in region s
r^r	r_h^r	Total exogenous income (comprising public transfers and capital income) received by income-bracket h in region s
p^r	p_j^r	Total supply of product j by region r
e^r	e_j^r	Exports the rest of the world of product j by region r
l^s	l_l^s	Total labour income of workers of education level l living in region

Extended SUT for Integrated Model

► Deductions from income, savings and consumption expenditures

Entities		Industries			Households			Products			Labour			Exog. Final dem.	RoW	Total	Block	Generic Element	Description			
Regions		1	...	S	1	...	S	1	...	S	1	...	S									
Industries	1							V^1								g^1		v_{ij}^r	Supply of product j by industry i from region r			
	⋮							⋮								⋮		g_i^r	total output by industry i from region r			
	R							V^r								g^r		u_{ji}^{rs}	intermediate use of product j produced in region r by industry i from region s			
Households	1										H^1			r^1		h^1		w_{li}^{rs}	compensation of labour for workers of education level l living in region r and working for industry i in region s			
	⋮										⋮			⋮		⋮		mi_i^s	Total intermediate use of imports from the rest of the world by industry i from region s			
	R										H^r			r^r		h^r		va_i^s	value added other than labour compensation (the sum of net operating surplus, depreciation, net taxes on products and net taxes on production) of industry i from region s			
Products	1	U^{11}	...	U^{1s}	Y^{11}	...	Y^{1s}							f^1	e^1	p^1		y_{jh}^{rs}	private consumption of product j produced in region r by households belonging to income-bracket h in region s			
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮							⋮	⋮	⋮		mh_h^s	Total final consumption of products imported from the rest of the world by income-bracket h in region s			
	R	U^{r1}	...	U^{rs}	Y^{r1}	...	Y^{rs}							f^r	e^r	p^r		t_h^s	Part of the gross income of households belonging to income-bracket h in region s not spend for private consumption (sum of savings, income taxes, net taxes on products and the employee's share to social security contributions)			
Labour	1	W^{11}	...	W^{1s}												l^1		h_{hl}^r	Gross compensation of labour received by households of education level l belonging to income-bracket h in region s			
	⋮	⋮	⋮	⋮												⋮		r_h^r	Total exogenous income (comprising public transfers and capital income) received by income-bracket h in region s			
	R	W^{r1}	...	W^{rs}												l^r		p_j^r	Total supply of product j by region r			
Exog. value added		va^1	...	va^s	t^1	...	t^s															
RoW		mi^1	...	mi^s	mh^1	...	mh^s															
Total		g^1	...	g^s	h^1	...	h^s	p^1	...	p^s	l^1	...	l^s					e_j^r	Exports the rest of the world of product j by region r	l_l^s	Total labour income of workers of education level l living in region	

3) Flächendeckende Energiewendeszzenarien auf kommunaler Ebene unter Berücksichtigung von strukturellen Umbrüchen durch Dekarbonisierung, Digitalisierung und demografischen Wandel.

Ausgangssituation:

- ▶ Flächendeckende Monitoringsysteme ermöglichen bisher meist nur Ex-ante-Betrachtungen
- ▶ Energiewendeszzenarien und Szenarioanalysen liegen nur für wenige Kommunen vor.

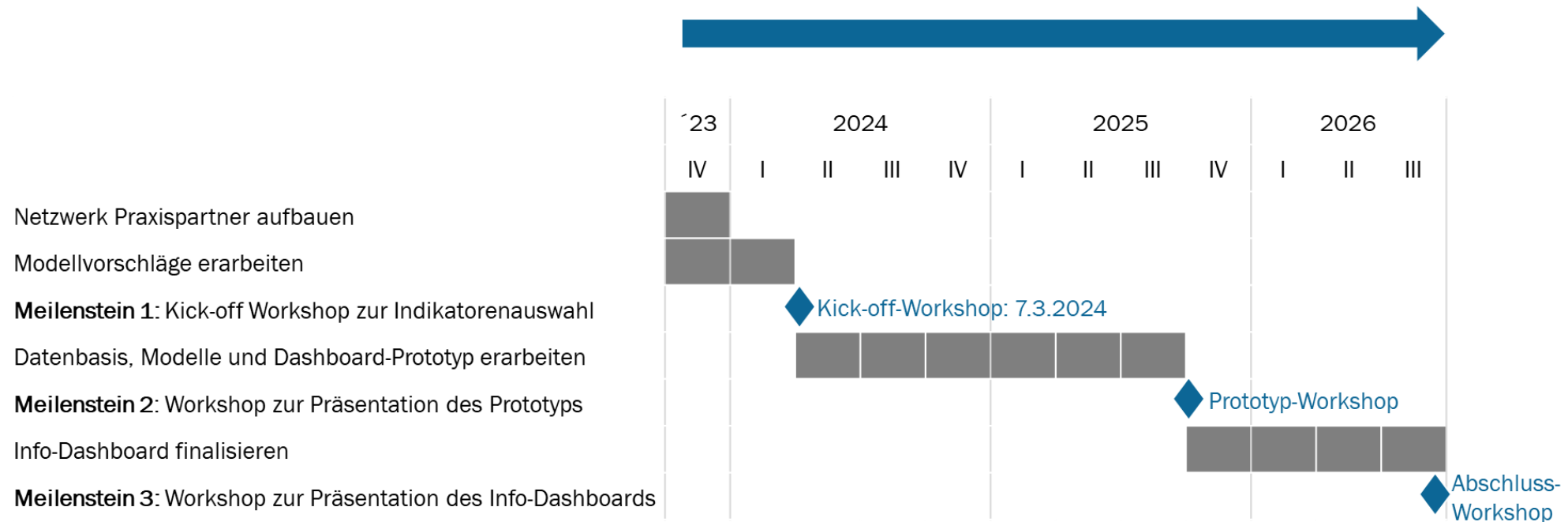
Ziele des Projekts:

- ▶ Integrierte Modellierung auf einer für alle Kreise und Kommunen einheitlichen Datenbasis
- ▶ Regionalisierung bestehender Szenarien auf insb. Bundes- und Länderebene:
 - ⇒ Klimaschutzpläne
 - ⇒ Bevölkerungsprognosen
 - ⇒ BIP-Wachstum und globale wirtschaftliche und klimapolitische Rahmenbedingungen (Welthandel, CO2 Bepreisung,...)
- ▶ Dadurch Schaffung eines einheitlichen Szenarienanalyserahmens für kommunalen Akteur:innen

Beiträge des Projekts zur Umsetzung der Energiewende (IV)

Systematischer Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen in die Praxis kommunaler Akteur:innen in einem transdisziplinären und partizipativen Prozess.

- ▶ Info-Dashboard für Transfer der Forschungsergebnisse in die Praxis
- ▶ Partizipativer Begleitprozess soll den Erfolg des Praxistransfers sicherstellen durch
 - ⇒ Möglichkeit der Mitgestaltung der Datenbasis, des Modells, der Szenarien und der Features des Dashboards
 - ⇒ Zugriff auf die im Dashboard abgebildeten Indikatoren bereits während der Projektlaufzeit
 - ⇒ Nutzung des Prototyps für anstehende Entscheidungen in ihrer Region bereits während der Projektlaufzeit



Open Science

- ▶ Open Science Konzept erhöht Sichtbarkeit und Reproduzierbarkeit der Projektergebnisse
- ▶ Dashboard mit Monitoring und allgemeinen für alle Gemeinden vorliegenden Ergebnissen sollen 5 Jahre frei zugänglich sein.
- ▶ Quellcode, Datenbasis und Modelle werden unter einer offenen Lizenz veröffentlicht.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



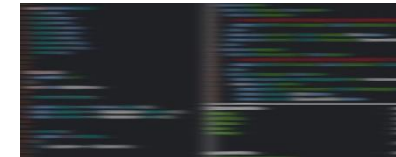
Dr. Katharina Hembach-Stunden
Dr. Britta Stöver (Leiterin AP 2)
Dr. Johannes Többen Projektleiter, Leiter AP 3)
Philip Ulrich



Jakob Napiontek
Dr. Peter Paul Pichler (Leiter AP 1)
Prof. Dr. Helga Weisz



Ute Niermann (Leiterin AP 5)



Christian Hahn (Leiter AP 4)



SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH



www.gws-os.com

www.pik-potsdam.de

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

Tel + 49 (0) 541 40933-0



Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) e.V.

Telegrafenberg A 31

14473 Potsdam

Tel +49-(0)331/288-2500