

AP1 & AG Modellierung und Szenarien: Inventur der ENavi-Kompetenzen – Modelle, Methoden und Interventionen

– DOWNLOAD-PAKET MODELLE –

Autoren: Ulrich Fahl, Wolfgang Hauser, Hanna Link, Lisa Nabitz, Tobias Naegler, Sigrid Prehofer, Dirk Scheer, Sebastian Strunz, Claudia Zabel

Der ENavi-Analyse-, Bewertungs- und Diskursprozess wird durch das Arbeitspaket 1 Roadmap und Navigation in unterschiedlicher Weise auf methodischer Ebene begleitet und unterstützt. Die gemeinsam mit der AG Modellierung und Szenarien erarbeitete ENavi-Inventur stellt dabei einen zentralen Input für die Strukturierung dieses Prozesses dar. In der ENavi-Inventur erfolgte eine systematische Bestandsaufnahme der inhaltlichen und methodischen Kompetenzen innerhalb des ENavi-Konsortiums. Die fragebogenbasierte Erhebung ermittelte **quantitative und qualitative Modelle und Methoden** sowie **Interventionen**. Die Bestandsaufnahme ermöglicht Transparenz der ENavi-Expertise und fördert die Kompetenzbündelung für den inter- und transdisziplinären ENavi-Prozess bestehend aus Analyse, Bewertung und Diskurs. Unter Berücksichtigung der Stärken einzelner Methoden und Modelle wird der komplexe Workflow innerhalb des ENavi-Prozesses strukturiert. Dadurch können Synergien genutzt werden, um möglichst belastbare Maßnahmenbündel und Transformationspfade zu entwickeln und robuste Folgenabschätzungen vorzunehmen.

Das vorliegende Download-Paket umfasst eine Zusammenfassung über die in ENavi verwendeten Modelle.

Bezeichnung	Methodik – Fokus	AP
AMIRIS	ABM – Strom	3, 6
BelVis ResOpt	Lin. Opt. – Strom	4, 13
Carbon-PIOT	IOM - Ressourcen	1, 7
Dialogtool IDEA	Lin. Opt. - Umfeld	8
E2M2	Lin. Opt. – Strom	3, 8
Enertile	Opt. – Technische Systeme	8
LIMES	Lin. Opt. – Strom	3,7,8,10
MAGPIE	PE – Ressourcen	7
Mesap RES Deutschland	Simulation – Ressourcen	1
MoTMo	ABM – Verkehr	9
NEWAGE	CGE – Makroökonomie	1-3,7,10
PACE	CGE – Makroökonomie	3
REMIND	IAM – Energiesystem	3,7,8,10
REMix	Lin. Opt. – Strom	8
REMod	Stoch. Opt. – Energiesystem	1, 8
TAPAS	Simulation – Verkehr	6
TIMES	Lin. Opt. – Energiesystem	2,3,6,7,8,10,13B
VECTOR 21	ABM – Verkehr	8
WRF-CHEM	Klimamodell – Umwelt	7

ABM = Agent based modelling; CGE = Computable General Equilibrium; IAM = Integrated Assessment Model; IOM = Input-Output-Modell; Lin. Opt. = Lineare Optimierung; PE = Partial Equilibrium; Stoch. Opt. = Stochastische Optimierung

AMIRIS (Agentenbasiertes Modell zur Integration regenerativer Energien in das Stromsystem)

Kurzbeschreibung: Simulation von Energiesystem mit Fokus auf politische Rahmenbedingungen und das (wirtschaftliche) Handeln von Akteuren auf Strommärkten (bisher: Day-Ahead und Regeneriemarkt für negative Minutenreserve)

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- forma- tions- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Prognose ("wahr- scheinliche Entwicklung")	Methodik: Agentenmodell	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 5 Jahre	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: explizit berücksichtigt
	weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: exogen vorgegeben	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	
Gasnetze: nicht berücksichtigt		Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: exogen vorgegeben	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt		

Literatur:

Deissenroth et al, 2017. Assessing the Plurality of Actors and Policy Interactions - Agent-based Modelling of Renewable Energy Market Integration, under review

Nienhaus, K., Deissenroth, M. & Reeg, M., 2014. Policy instruments and market integration of renewables – an agent-based model analysis. In 14th IAAE European Conference - Energy challenge and environmental sustainability, Rome, Italy.

Wassermann, S., Reeg, M., Nienhaus, K. (2015): Current challenges of Germany's energy transition project and competing strategies of challengers and incumbents: The case of direct marketing of electricity from renewable energy sources, *Energy_Policy* (76), p. 66– 75.

Reeg, M. et al., 2013. Weiterentwicklung eines agentenbasierten Simulationsmodells (AMIRIS) zur Untersuchung des Akteursverhaltens bei der Marktintegration von Strom aus erneuerbaren Energien unter verschiedenen Fördermechanismen, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR). Available at: <http://elib.dlr.de/82808/>.

Reeg, M. et al. (2012) AMIRIS – An Agent-based Simulation Model for the Analysis of different Support Schemes and their Effects on Actors involved in the Integration of Renewable Energy into Energy Markets. In: Proceedings of DEXA 2012, Seiten 339-344. Institute of Electrical and Electronics Engineers - Computer Society IEEE.

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Marc Deissenroth
Institution: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

KISTERS Ressourceneinsatzoptimierung

Kurzbeschreibung: Dieses Modell ist nutzbar für die Analyse und Optimierung von Flexibilisierungsoptionen im Rahmen der Sektorkopplung Entwicklung und Bewertung von Geschäftsmodellen auf Unternehmens- / Akteursebene im Umfeld sich wandelnder regulatorischer und marktlicher Rahmenbedingungen. Außerdem bezieht es sich auf die bedarfsgerechte Wärmeproduktionssteuerung.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakterisika	Ziel: Prognose ("wahr- scheinliche Entwicklung")	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Quartier	mathem. Ansatz: Mixed-Integer	räuml. Auflösung: 2-9 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 5 Jahre	zeitl. Auflösung: größer als stündlich	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften		Bedarf Strom: endogen, detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: exogen vorgegeben	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, wenig detailliert modelliert	Wärmenetze: endogen, wenig detailliert modelliert	
		Gasnetze: endogen, wenig detailliert modelliert	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Strom- erzeugung: exogen vorgegeben	Investitionen Wärme: exogen vorgegeben	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt	

Literatur: -

Besondere Hinweise:

Modellierungssprache: Proprietär (grafische Modellierungsumgebung)

Ansprechpartner: Dr. Volker Bühner (volker.buehner@kisters.de); Benjamin Meyer (benjamin.meyer@kisters.de)

Institution: KISTERS AG

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

Carbon PIOT (Carbon Physical Input-Output Table)

Kurzbeschreibung: Prozessbasiertes physisches Input-Output-Modell zur systemischen Umwelt- und Ressourcenbewertung

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor-kopplung	Digitali-sierung	Inter-nationales
Orientierungs-wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans-formations-wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Input/Output	räuml. Unter-suchungs-gebiet: Deutschland	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs-horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs-ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: explizit berücksichtigt
weitere Modell-eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, detailliert modelliert	Bedarf Raum-wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Prozess-wärme: endogen, detailliert modelliert	Verkehrs-leistung: endogen, wenig detailliert modelliert	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, detailliert modelliert	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom-speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs-netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom-erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: exogen vorgegeben		

Literatur: Uihlein, Andreas: Modellierung der Kohlenstoffströme zur Untersuchung der Nutzung von Kohlenstoffträgern in Deutschland. TU Darmstadt

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Witold-Roger Poganietz

Institution: KIT ITAS

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

Hochperformantes Dialogtool für die Energiewende

Kurzbeschreibung: Modell: Szenarienberechnung und vergleichende Bewertungen veränderter Annahmen. Tool: Hochperformante Energiesystem-Szenarioabschätzung in Dialogsituationen; Für Wissenschaftler oder Stakeholder ohne Zugang zu eigenen Modellen: Quantitative Anhaltspunkte zur Einordnung eigener Arbeiten ; Wenn der Zugang zu eigenen Modellen besteht, kann das Tool für Vorüberlegungen und die Identifikation von Fragestellungen verwendet werden.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakterisika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Deutschland	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: 1 Jahr	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften		Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	
		Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: exogen vorgegeben	Entwicklung Fahrzeugflotte: exogen vorgegeben	

Literatur: -

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Lukas Nacken

Institution: Universität Kassel, Fraunhofer IWES

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

European Electricity Market Model (E2M2)

Kurzbeschreibung: lineare Optimierung des Kraftwerkseinsatzes und von Investitionen im Kraftwerkssektor. Analyse zentraler Investitionsentscheidungen mit Fokus auf langfristige Dekarbonisierung und Transformation des Stromsektors, aber auch mit dezentralen Investitionsentscheidungen in Bezug auf Sektorkopplungstechnologien sowie mit der Analyse der Strompreisbildung in Märkten mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien. Analyse der Effekte politischer Instrumente zur Dekarbonisierung des Stromsektors und des Wärmemarktes durch Sektorintegration.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakterisika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: exogen vorgegeben	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt			

Literatur: Sun (2013): "Modellgestützte Untersuchung des Elektrizitätsmarktes, Kraftwerkseinsatzplanung und -investitionen" (Dissertation)

Besondere Hinweise: Gleichungen überwiegend in Dissertationen veröffentlicht

Modellierungssprache: GAMS, Solver CPLEX 12, Datenbank MS Access

Ansprechpartner: Annika Gillich, annika.gillich@ier.uni-stuttgart.de

Institution: IER

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

Enertile

Kurzbeschreibung: Strommarktmodellierung mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung; integrierte Dispatch- und Ausbauoptimierung; Analyse von Strategien zur Dekarbonisierung des Stromsektors einschl. Sektorkopplung

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Quartier	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: exogen vorgegeben	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: exogen vorgegeben	Wärmenetze: endogen, wenig detailliert modelliert		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, wenig detailliert modelliert		

Literatur: <https://www.enertile.eu/enertile-en/publication.php>

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Frank Sensfuß

Institution: Fraunhofer ISI

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

LIMES (Long-term Investment Model for the Electricity Sector)

Kurzbeschreibung: Lineares Investment- und Dispatchmodell für den Stromsektor; ermöglicht detaillierte Berechnungen von Stromsektortransformationspfaden, sowie die Analyse internationaler Interaktion und Bewertung von Klimazielen für den Stromsektor. Gegenstand ist die Entwicklung von selbstkonsistenten Stromsektor-Dearbonisierungsszenarien.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor-kopplung	Digitali-sierung	Inter-nationales
Orientierungs-wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans-formations-wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter-suchungs-gebiet: EU	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs-horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, Typ-Tage	Modellierungs-ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
	weitere Modell-eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum-wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess-wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs-leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs-netz Strom: endogen, detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: exogen vorgegeben	Investitionen Strom-erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt		

Literatur:

Nahmmacher, P., Schmid, E., Hirth, L., Knopf, B., 2016. Carpe diem: A novel approach to select representative days for long-term power system modeling. *Energy* 112, 430-442.

Knopf, B., Nahmmacher, P., Schmid, E., 2015. The European renewable energy target for 2030 – An impact assessment of the electricity sector. *Energy Policy* 85, 50-60.

Haller, M., Ludig, S., Bauer, N., 2012. Decarbonization scenarios for the EU and MENA power system: Considering spatial distribution and short term dynamics of renewable generation. *Energy Policy* 47, 282-290.

Ludig, S., Haller, M., Schmid, E., Bauer, N., 2011. Fluctuating renewables in a long-term climate change mitigation strategy. *Energy* 36, 6674-6685.

Ludig, S., Schmid, E., Haller, M., Bauer, N., 2015. Assessment of transformation strategies for the German power sector under the uncertainty of demand development and technology availability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46, 143-156.

Nahmmacher, P., Schmid, E., Pahle, M., Knopf, B., 2016. Strategies against shocks in power systems – An analysis for the case of Europe. *Energy Econ.* 59, 455-465. doi: 10.1016/j.eneco.2016.09.002

Nahmmacher, P., Schmid, E., Knopf, B., 2014. Documentation of LIMES-EU - A long-term electricity system model for Europe, Potsdam Institute for Climate Impact Research. Potsdam.

Schmid, E., Knopf, B., 2015. Quantifying the Long-Term Economic Benefits of European Electricity System Integration. *Energy Policy* 87, 260-269.

Besondere Hinweise: detaillierte Modellbeschreibung in Nahmmacher, P., Schmid, E., Knopf, B., 2014. Documentation of LIMES-EU - A long-term electricity system model for Europe, Potsdam Institute for Climate Impact Research. Potsdam.

Modellierungssprache: GAMS, Vor- und Nachberechnungen mit matlab

Modellansatz: Inter-temporale Optimierung, die diskontierte, kumulierte, europäische Stromsektorkosten minimiert

Interventionen: Steuern, Intensitätsvorgaben, Grenzwerte, CO2-Zertifikate, EE-Einspeiseziele

Ansprechpartner: Robert Pietzcker

Institution: Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

MAGPIE

Kurzbeschreibung: Partielles Gleichgewichtsmodell des Agrarsektors. Das Modell der landwirtschaftlichen Produktion und ihre Auswirkungen auf die Umwelt sind für Fragestellungen der Bioenergie in Klimaschutzszenarien nutzbar. Zudem steht die Entwicklung von selbstkonsistenten Dekarbonisierungsszenarien im Vordergrund.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales					
Orientierungs- wissen	Leitmotive													
	Transformationspfade													
	Interventionen & Policy Packages													
	Folgenabschätzung & Bewertung													
Trans- forma- tions- wissen	Diskursiver Prozess													
	Reallabore													
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)													
	Strom													
	Wärme													
	Mobilität													
	Haushalte													
	GHD & Industrie													
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: wirtschaftl. Gleichgewicht	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Dynamisch	räuml. Auflösung: 10-20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs- ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt					
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: nicht berücksichtigt	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: exogen vorgegeben	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt

Literatur:

Lotze-Campen et al. "Global Food Demand, Productivity Growth, and the Scarcity of Land and Water Resources: A Spatially Explicit Mathematical Programming Approach." *Agricultural Economics* 39, no. 3 (2008): 325–338.

Popp et al. "Food Consumption, Diet Shifts and Associated Non-CO2 Greenhouse Gases from Agricultural Production." *Global Environmental Change* 20, no. 3 (2010): 451–62.

Popp et al. "The Economic Potential of Bioenergy for Climate Change Mitigation with Special Attention given to Implications for the Land System." *Environmental Research Letters* 6, no. 3 (July 1, 2011): 034017.

Popp et al. "Land-Use Protection for Climate Change Mitigation." *Nature Climate Change* 4, no. 12 (November 17, 2014): 1095–98.

Popp et al. "Land-Use Futures in the Shared Socio-Economic Pathways." *Global Environmental Change* 42 (January 2017): 331–45.

Bodirsky et al. "Reactive Nitrogen Requirements to Feed the World in 2050 and Potential to Mitigate Nitrogen Pollution." *Nature Communications* 5 (May 13, 2014).

Humpenöder et al. "Investigating Afforestation and Bioenergy CCS as Climate Change Mitigation Strategies." *Environmental Research Letters* 9, no. 6 (May 1, 2014): 064029.

Stevanović et al. "Mitigation Strategies for Greenhouse Gas Emissions from Agriculture and Land-Use Change: Consequences for Food Prices." *Environmental Science & Technology* 51, no. 1 (January 3, 2017): 365–74.

Dietrich et al. "Forecasting Technological Change in

Klein et al. "The Global Economic Long-Term Potential of Modern Biomass in a Climate-Constrained World." *Environmental Research Letters* 9, no. 7 (July 1, 2014): 074017.

Besondere Hinweise: Detaillierte Modellbeschreibung unter https://redmine.pik-potsdam.de/projects/magpie/wiki/MAGPIE_Version_3_-_Documentation

Modellierungssprache: GAMS, Vor- und Nachbereitung mit R

Modellierungssansatz: Rekursiv-dynamische Optimierung mit globaler Kostenminimierung

Interventionen: Steuern, Intensitätsvorgaben, Grenzwerte, CO2-Zertifikate

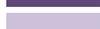
Ansprechpartner: Miodrag Stevanović, Jan Philipp Dietrich

Institution: Potsdam Institut für Klimaforschung (PIK)

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

MESAP

Kurzbeschreibung: Accounting Framework zur Entwicklung von normativen Energieszenarien (Fokus Gesamtsystem, Deutschland)

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor-kopplung	Digitali-sierung	Inter-nationales
Orientierungs-wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans-formations-wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakterisika	Ziel: Rückschau/ Backcasting	Methodik: Sonstiges	räuml. Unter-suchungs-gebiet: EU	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs-horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs-ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell-eigenschaften	Bedarf Strom: exogen vorgegeben	Bedarf Raum-wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess-wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs-leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom-speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs-netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom-erzeugung: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: exogen vorgegeben		

Literatur:

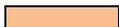
Thomas Pregger, Tobias Naegler, Wolfgang Weimer-Jehle, Sigrid Prehofer, Wolfgang Hauser: Moving towards socio-technical scenarios of the German energy transition – lessons learnt from integrated energy scenario building, paper submitted to Climatic Change
 Schlenzig, C., 1998, Energy planning and environmental management with the information and decision support system MESAP, International Journal of Global Energy Issues

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Tobias Naegler, DLR (tobias.naegler@dlr.de), Thomas Pregger, DLR (thomas.pregger@dlr.de)

Institution: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Technische Thermodynamik

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

-  trifft voll zu
-  trifft teilweise zu
-  trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

-  kann detailliert untersucht werden
-  kann grob untersucht werden
-  kann gar nicht untersucht werden

MoTMo (Mobility Transition Model)

Kurzbeschreibung: Das Agentenmodell MoTMo (Mobility Transition Model) wird für Fragestellungen bezüglich Maßnahmen zur Förderung von Elektromobilität, räumliche explizite Szenarien zur E-Mobilität und Synergien zwischen EE-Ausbau und Mobilitätswende eingesetzt.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Agentenmodell	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Deutschland	mathem. Ansatz: Dynamisch	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: n.a.	zeitl. Auflösung: stündlich, Typ- Tage	Modellierungs- ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: exogen vorgegeben	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, detailliert modelliert		

Literatur: -

Besondere Hinweise: Daten überwiegend öffentlich zugänglich
Modellierungssprache: Phyton

Ansprechpartner: Jahel Mielke, Andreas Geiges, Gesine Steudle
Institution: GCF

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

NEWAGE (National European Worldwide Applied General Equilibrium)

Kurzbeschreibung: Das Allgemeine Gleichgewichtsmodell NEWAGE enthält eine detaillierte Abbildung des Elektrizitätssektors und analysiert die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen klimapolitischer Interventionen.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: wirtschaftl. Gleichgewicht	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs- ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: explizit berücksichtigt
	weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	
Gasnetze: nicht berücksichtigt		Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt		

Literatur:

Böhringer (1996)
Zürn (2010)
Küster (2009)
Beestermöller (2016)
Fahl (2013)

Besondere Hinweise: Allgemeine Gleichgewichtmodellierung

Sourcecode: IERDaten: v.a. GTAP9

Gleichungen: GAMS-MPSGE (modellimmanent)

Modellierungssprache: GAMS (MSPGE)

Interventionen: Grenzwerte/Caps, Steuern, Förderung, ordnungsrechtliche Maßnahmen, Ausbaupfade, Emissionshandelssystem

Ansprechpartner: Ulrich Fahl

Institution: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

PACE (Policy Analysis based on Computable Equilibrium)

Kurzbeschreibung: Allgemeines Gleichgewichtsmodell zur Analyse der gesamtwirtschaftliche und sektorale Auswirkungen klima- und energiepolitischer Maßnahmen. Fokus auf die Dekarbonisierungsszenarien energieintensiver Industrien.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Prognose ("wahr- scheinliche Entwicklung")	Methodik: wirtschaftl. Gleichgewicht	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs- ansatz: Top-Down	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
	weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt	
Gasnetze: nicht berücksichtigt		Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt		

Literatur: Böhringer, Löschel (2005) Böhringer, Löschel, Moslener, Rutherford (2009) Alexeeva-Talebi, Böhringer, Löschel, Voigt (2012) Hübler, Löschel (2013)
Besondere Hinweise: Sourcecode: ZEW Modellierungsansatz: Allgemeines Gleichgewichtsmodell Modellierungssprache: GAMS (MPSGE)
Ansprechpartner: Sebastian Voigt (sebastian.voigt@zew.de) Institution: Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

Regional Model of Investments and Development

Kurzbeschreibung: Das IAM (Integrated Assessment Model) ist ein Hybrid-Modell, das ein ökonomisches Wachstumsmodell mit einem detaillierten Energiesystemmodell und einem einfachen Klimamodell koppelt. Das Modell ist für detaillierte Berechnungen von Energiesystemtransformationspfaden, Betrachtung wirtschaftlicher Effekte, Analyse internationaler Interaktion, sowie Bewertung von Klimazielen nutzbar. Prinzipiell wird es für die Berechnung von Kosten und Strategien zur Vermeidung des Klimawandels angewendet.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor-kopplung	Digitali-sierung	Inter-nationales
Orientierungs-wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans-formations-wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter-suchungs-gebiet: EU	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: 10-20 Knoten	zeitl. Betrachtungs-horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs-ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell-eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum-wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Prozess-wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Verkehrs-leistung: endogen, wenig detailliert modelliert	Infrastruktur Verkehr: endogen, wenig detailliert modelliert	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, wenig detailliert modelliert	Wärmenetze: endogen, wenig detailliert modelliert		
	Gasnetze: endogen, wenig detailliert modelliert	Strom- speicher & DSM: endogen, wenig detailliert modelliert	Übertragungs-netz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Strom-erzeugung: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, wenig detailliert modelliert		

Literatur:

Ueckerdt, F., Pietzcker, R., Scholz, Y., Stetter, D., Giannousakis, A., Luderer, G., (2017): "Decarbonizing global power supply under region-specific consideration of challenges and options of integrating variable renewables in the REMIND model". Energy Economics.

Bertram C, Luderer G, Pietzcker RC, et al (2015) Complementing carbon prices with technology policies to keep climate targets within reach. Nature Clim Change 5:235–239. doi: 10.1038/nclimate2514

Luderer G, Pietzcker RC, Bertram C, et al. (2013) Economic mitigation challenges: how further delay closes the door for achieving climate targets. Environ Res Lett 8:034033. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034033.

Bauer N, Brecha RJ, Luderer G (2012) Economics of nuclear power and climate change mitigation policies. PNAS 109:16805–16810. doi:10.1073/pnas.1201264109.

Bauer, N., L. Baumstark, M. Leimbach (2012). The ReMIND-R model: the role of renewables in the low-carbon transformation - first best vs. second-best worlds. Climatic Change, DOI: 10.1007/s10584-011-0129-2.

Leimbach, M., Bauer, N., Baumstark, L., Edenhofer, O. (2010): Mitigation costs in a globalized world: climate policy analysis with REMIND-R. Environmental Modeling and Assessment 15, 155-173.

Leimbach, M., Bauer, N., Baumstark, L., Lüken, M, Edenhofer, O. (2010): Technological change and international trade – Insights from REMIND. Special Issue of The Energy Journal, 31, 109-136

C. Bertram, N. Johnson, G. Luderer, K. Riahi, M. Isaac, J. Eom, (2015), "Carbon lock-in through capital stock inertia associated with weak near-term climate policies", Technol. Forecast. Soc. Change.

Pietzcker, R.C., Stetter, D., Manger, S., Luderer, G. (2014): "Using the sun to decarbonize the power sector: The economic potential of photovoltaics and concentrating solar power". Applied Energy.

Besondere Hinweise:
Modellierungssprache: GAMS, Vor- und Nachberechnung mit R
Interventionen: Steuern, Intensitätsvorgaben, Grenzwerte, CO2-Zertifikate

Ansprechpartner: Rober Pietzcker
Institution: Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

REMix (Renewable Energy Mix)

Kurzbeschreibung: Dispatch- und Ausbauroptimierung im Stromsystem; Szenarientwicklung; Bewertung kostenoptimaler Systemkonfigurationen und des Einsatzes verschiedener Flexibilitäts- und Sektorkopplungsoptionen

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Hybrid	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: exogen vorgegeben	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: exogen vorgegeben	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, wenig detailliert modelliert	Wärmenetze: endogen, wenig detailliert modelliert		
	Gasnetze: endogen, wenig detailliert modelliert	Strom- speicher & DSM: endogen, wenig detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: exogen vorgegeben	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: exogen vorgegeben		

Literatur:

- Scholz, Y. (2012) "Renewable energy based electricity supply at low costs - Development of the REMix model and application for Europe", Dissertation, Universität Stuttgart
- Stetter, D. (2014) "Enhancement of the REMix energy system model: Global renewable energy potentials, optimized power plant siting and scenario validation", Dissertation, Universität Stuttgart
- Luca de Tena, D. (2014) "Large scale renewable power integration with electric vehicles", Dissertation, Universität Stuttgart
- Gils, H.C. (2015) "Balancing of intermittent renewable power generation by demand response and thermal energy storage", Dissertation, Universität Stuttgart
- Gils, H. C.; Scholz, Y.; Pregger, T.; Luca de Tena, D.; Heide, D. (2017) "Integrated capacity expansion and operation modelling of variable renewable energy based power supply in Europe", Energy, 123, 173-188
- Fichter, T. (2017) "Long-term Capacity Expansion Planning with Variable Renewable Energies - Enhancement of the REMix Energy System Modelling Framework", Dissertation, Universität Stuttgart

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Hans Christian Gils

Relevanter Fragebogen: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Thermodynamik

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

REMod (Regeneratives Energien Modell)

Kurzbeschreibung: Sektorkopplungsmodell mit stochastischer, nicht-linearer Optimierung des gesamten Transformationspfades. Entwicklung von Energiewendeszenarien aller Sektoren; Analysen von Entwicklungen im Wärme- und Verkehrsbereich.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Deutschland	mathem. Ansatz: Sonstiges	räuml. Auflösung: 1 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften		Bedarf Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Bedarf Prozess- wärme: endogen, wenig detailliert modelliert	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: endogen, detailliert modelliert	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, detailliert modelliert	Wärmenetze: endogen, wenig detailliert modelliert	
		Gasnetze: endogen, wenig detailliert modelliert	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Verteilnetz Strom: endogen, wenig detailliert modelliert	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, detailliert modelliert	

Literatur:
 Eberhart & Kennedy, A New Optimizer Using Particle Swarm Theory, 1995
 Palzer, A., Sektübergreifende Modellierung und Optimierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor, Dissertation, Karlsruhe 2016

Besondere Hinweise:
Methode: Stochastische nicht-lineare Optimierung (Die Methodik und Gleichungen sind öffentlich)
Modellierungssprache: Pascal/Python
Modellierungsansatz: Simulation/Optimierung

Ansprechpartner: C. Kost
Institution: FhG-ISE

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

TAPAS (Travel activity pattern simulation)

Kurzbeschreibung: Agentenbasierte Simulation der zeitabhängigen Verkehrsnachfrage

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakterisika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Agentenmodell	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Quartier	mathem. Ansatz: Dynamisch	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: stündlich, Typ- Tage	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: nicht berücksichtigt	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: endogen, detailliert modelliert	Infrastruktur Verkehr: endogen, detailliert modelliert	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, detailliert modelliert		

Literatur: Georg Hertkorn, Mikroskopische Modellierung von zeitabhängiger Verkehrsnachfrage und von Verkehrsflussmustern (Dissertation 2005), <http://elib.dlr.de/21014/>

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Julia Jarass

Institution: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Verkehrsforschung

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

TIMES (The Integrated MARKAL-EFOM System)

Kurzbeschreibung: Lineare Kostenoptimierung des gesamten Energiesystems auf nationaler und EU-Ebene. Auswirkungen verschiedenster politischer Interventionen und Ziele auf das Gesamtenergiesystem.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Optimierung	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: exogen vorgegeben	Bedarf Prozess- wärme: exogen vorgegeben	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: endogen, wenig detailliert modelliert	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: endogen, detailliert modelliert	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: endogen, detailliert modelliert	Investitionen Wärme: endogen, detailliert modelliert	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, detailliert modelliert		

Literatur:
 M. Blesl, „Kraft-Wärme-Kopplung im Wärmemarkt Deutschlands und Europas - eine Energiesystem- und Technikanalyse,“ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart, August 2014.
 Loulou et al., „Documentation for the TIMES Model – Part I“ April 2005

Besondere Hinweise: -

Ansprechpartner: Markus Blesl
Institution: IER Uni Stuttgart

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

	trifft voll zu
	trifft teilweise zu
	trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

	kann detailliert untersucht werden
	kann grob untersucht werden
	kann gar nicht untersucht werden

Vector 21 (Vehicle Technology Scenario Model)

Kurzbeschreibung: Das agenten-basierte Vehicle Technology Scenario Model (VECTOR21) befasst sich mit der Frage, welche Rahmenbedingungen und Maßnahmen zur Marktdurchdringung alternativer Pkw- und Nfz-Antriebe führen. Sowie unter welchen Rahmenbedingungen (technisch, ökonomisch, rechtlich) zukünftig alternative Antriebstechnologien in Märkte kommen und wie sich dementsprechend Technologiekosten, Energiebedarf und CO2-Emissionen entwickeln. Das Modell kann prinzipiell zur Marktdurchdringung von Neufahrzeugen und Bestandsentwicklungen angewendet werden.

Systemwissen	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales
Orientierungs- wissen	Leitmotive								
	Transformationspfade								
	Interventionen & Policy Packages								
	Folgenabschätzung & Bewertung								
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess								
	Reallabore								
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)								
	Strom								
	Wärme								
	Mobilität								
	Haushalte								
	GHD & Industrie								
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Prognose ("wahrscheinliche Entwicklung")	Methodik: Agentenmodell	räuml. Unter- suchungs- gebiet: EU	mathem. Ansatz: Linear	räuml. Auflösung: 2-9 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: bis 2050	zeitl. Auflösung: jährlich	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt
weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: endogen, detailliert modelliert	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: exogen vorgegeben	Infrastruktur Verkehr: exogen vorgegeben	Infrastruktur Wasserstoff: exogen vorgegeben	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
	Gasnetze: nicht berücksichtigt	Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: endogen, detailliert modelliert		

Literatur:
 Mock, Peter (2010): Entwicklung eines Szenariomodells zur Simulation der zukünftigen Marktanteile und CO2-Emissionen von Kraftfahrzeugen (VECTOR21). Dissertation, Universität Stuttgart
 Propfe, Bernd (2016): Marktpotenziale elektrifizierter Fahrzeugkonzepte unter Berücksichtigung von technischen, politischen und ökonomischen Randbedingungen. Dissertation, Universität Stuttgart
 Redelbach, Martin (2016): Entwicklung eines dynamischen nutzenbasierten Szenariomodells zur Simulation der zukünftigen Marktentwicklung für alternative PKW-Antriebskonzepte. Dissertation, Universität Stuttgart
 Kleiner, F. und H. E. Friedrich (2017): Development of a Transport Application based Cost Model for the assessment of future commercial vehicle concepts. European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress Geneva
 Kleiner, F. und H.E. Friedrich (2017): Scenarioanalyses for the techno-economical evaluation of the market diffusion of future commercial vehicle concepts. Electric Vehicle Symposium EVS30, Stuttgart
 Brokate J., Schimeczek C., Friedrich H. (2017): Adisaggregated approach to model international
 Kugler, U., Brokate, J., Schimeczek, C., Schmid, S. (2017): Powertrain Scenarios for Cars in European Markets to the Year 2040. Fuels Conference, TAE Esslingen
 Kleiner, F., Brokate, J., Blaser, F. and H.E. Friedrich (2018): Quantitative Analysis of the Public Charging Point Evolution: A Demand-Driven Spatial Modeling Approach. Transport Research Part D (submitted)

Besondere Hinweise:
Sourcecode: proprietär; Outputdaten/Berechnungsmethoden je nach Anfrage
Modellierungsansatz: Discrete Choice, ABM (Agent Based Modelling)
Modellierungssprache: Phytion
Ansprechpartner: Dr. Ulrike Kugler (ulrike.kugler@dlr.de)
Institution: DLR-FK-TBS

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden

WRF-CHEM (Weather Research and Forecasting Model with Chemistry)

Kurzbeschreibung: Regional chemistry-climate modelling: Anlyse von Fragestellungen bezüglich der Auswirkungen von Emissionen auf die Luftqualität

Systemwissen										
	Technik	Ökonomie	Recht	Governance	Verhalten	Umwelt	Sektor- kopplung	Digitali- sierung	Inter- nationales	
Orientierungs- wissen	Leitmotive									
	Transformationspfade									
	Interventionen & Policy Packages									
	Folgenabschätzung & Bewertung									
Trans- formations- wissen	Diskursiver Prozess									
	Reallabore									
Sektorale Abdeckung	Gesamtwirtschaft (Volkswirtschaft)									
	Strom									
	Wärme									
	Mobilität									
	Haushalte									
	GHD & Industrie									
Grundlegende Charakteristika	Ziel: Erkundung/ Exploration	Methodik: Sonstiges	räuml. Unter- suchungs- gebiet: Quartier	mathem. Ansatz: Dynamisch	räuml. Auflösung: > 20 Knoten	zeitl. Betrachtungs- horizont: n.a.	zeitl. Auflösung: stündlich, 8760h/a	Modellierungs- ansatz: Bottom-Up	Verhalten/ Akteure: nicht explizit berücksichtigt	
	weitere Modell- eigenschaften	Bedarf Strom: nicht berücksichtigt	Bedarf Raum- wärme: nicht berücksichtigt	Bedarf Prozess- wärme: nicht berücksichtigt	Verkehrs- leistung: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Verkehr: nicht berücksichtigt	Infrastruktur Wasserstoff: nicht berücksichtigt	Wärmenetze: nicht berücksichtigt		
Gasnetze: nicht berücksichtigt		Strom- speicher & DSM: nicht berücksichtigt	Übertragungs- netz Strom: nicht berücksichtigt	Verteilnetz Strom: nicht berücksichtigt	Investitionen Strom- erzeugung: nicht berücksichtigt	Investitionen Wärme: nicht berücksichtigt	Entwicklung Fahrzeugflotte: nicht berücksichtigt			

Literatur:
 Grell, G.A., Peckham, S.E., Schmitz, R., McKeen, S.A. Fully coupled "online" chemistry within the WRF model (2004) Bulletin of the American Meteorological Society, pp. 2079-2091.
 Lupascu, A., Easter, R., Zaveri, R., Shrivastava, M., Pekour, M., Tomlinson, J., Yang, Q., Matsui, H., Hodzic, A., Zhang, Q., Fast, J.D. Modeling particle nucleation and growth over northern California during the 2010 CARES campaign (2015) Atmospheric Chemistry and Physics, 15 (21), pp. 12283-12313.
 Mar, K.A., Ojha, N., Pozzer, A., Butler, T.M. Ozone air quality simulations with WRF-Chem (v3.5.1) over Europe: Model evaluation and chemical mechanism comparison (2016) Geoscientific Model Development, 9 (10), pp. 3699-3728.
 Kuik, F., Lauer, A., Churkina, G., Denier Van Der Gon, H.A.C., Fenner, D., Mar, K.A., Butler, T.M. Air quality modelling in the Berlin-Brandenburg region using WRF-Chem v3.7.1: Sensitivity to resolution of model grid and input data (2016) Geoscientific Model Development, 9 (12), pp. 4339-4363.
 Churkina, G., Kuik, F., Bonn, B., Lauer, A., Grote, R., Tomiak, K., Butler, T.M. Effect of VOC Emissions from Vegetation on Air Quality in Berlin during a Heatwave (2017) Environmental Science and Technology, 51 (11), pp. 6120-6130.
 Top-down quantification of NOx emissions from traffic in an urban area using a high resolution regional atmospheric chemistry model
 Friderike Kuik, Andreas Kerschbaumer, Axel Lauer, Aurelia Lupascu, Erika von Schneidmesser, and Tim M. Butler
 Atmos. Chem. Phys. Discuss., <https://doi.org/10.5194/acp-2017-1037>, 2017

Besondere Hinweise:
Modellierungssprache: FORTRAN/C/shell

Ansprechpartner: Lupascu, Aurelia (Aurelia.Lupascu@iass-potsdam.de)
Institution: NOAA/NCAR/PNNL

System-, Orientierungs- oder Transformationswissen kann mit Modell generiert werden:

- trifft voll zu
- trifft teilweise zu
- trifft gar nicht zu

Sektor kann mit Modell wie folgt untersucht werden:

- kann detailliert untersucht werden
- kann grob untersucht werden
- kann gar nicht untersucht werden