



**sdp Forderung**

# Anforderungen an Energiesystem- Modellierungen

## **FORDERUNG 03/2026**

sdp c/o Stiftung Energieeffizienz  
Weyerstr. 32, 50676 Köln, Germany  
T: 0049 221 546 57-05

<https://stiftung-energieeffizienz.org>  
[info@stiftung-energieeffizienz.org](mailto:info@stiftung-energieeffizienz.org)

sustainable data  
platform,  
Wasserstoff-Wiki  
(sdp-h2-Wiki)

**sdp-Forderung 03/2026**

**Kurs halten auf saubere und bezahlbare Wärme:  
Anforderungen an System-Modellierungen**

**Ein Beitrag der sdp Arbeitsgruppe h2-Wiki**

© sustainable data platform (sdp) c/o Stiftung Energieeffizienz

**Kontakt**

Stiftung Energieeffizienz

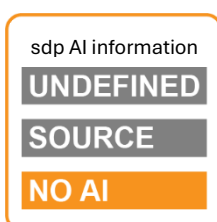
Weyerstr. 32 | D-50676 Köln

Telefon: 0221 | 546 57-05

E-Mail: [info@stiftung-energieeffizienz.org](mailto:info@stiftung-energieeffizienz.org)

[www.stiftung-energieeffizienz.org](http://www.stiftung-energieeffizienz.org)

**KI-BEARBEITUNGSHINWEIS**



## FORDERUNGEN FÜR EIN UNABHÄNGIGES EU-FORSCHUNGSNETZWERK MIT HILFE VON ZIVILGESELLSCHAFT UND STIFTUNGEN

25.03.2026

### Saubere und bezahlbare Wärme: Anforderungen an System-Modellierungen

In einer sich schnell ändernden und bedrohten Welt bedarf es Orientierung, um die Gesellschaft erfolgreich zu transformieren. Wenn Europa sich seiner demokratischen Werte und Leistungsfähigkeit besinnt, kann es den Herausforderungen optimal begegnen. Eine wichtige Rolle spielt dabei ein resilienter Gebäudesektor, der bezahlbares Wohnen bietet, das Klima entlastet und als Job- und Innovationsmotor wirkt.

Bislang fehlt eine langfristige europäische Strategie und belastbare Roadmap für saubere und bezahlbare Energie im Gebäudesektor. Die Politik allein kann die über Dekaden notwendige Verzahnung von Maßnahmen an Gebäuden und Netzen nicht leisten. Eine nachweisbasierte Transformation erfordert die dauerhafte Begleitung durch ein unabhängiges EU-Forschungsnetzwerk mit Hilfe von Zivilgesellschaft und Stiftungen.

Eine entscheidende Rolle für den Umbau des Energiesystems spielen System-Modellierungen. Sie bilden die Grundlage für sozial, ökonomisch und ökologisch ausgewogene Infrastrukturentscheidungen für z.B. neue Kraftwerke, Energy-Sharing und erfolgreiche Wasserstoff-Anwendungen. Sie helfen die komplexen Zusammenhänge von Klima, Energie, Gebäuden und Prosumern zu verstehen und eine optimale Roadmap für Resilienz und soziale Stabilität zu erarbeiten.

Um Entscheidungen auf Basis bester verfügbarer Informationen zu treffen, fordern wir:

- **Einführung von Qualitätsstandards für die System-Modellierung** und Herstellung der Transparenz der Güte von Modellierungen und Daten,
- **Sicherstellung der dauerhaft unabhängigen Arbeit eines EU-Forschungsnetzwerkes** mit Grundfinanzierung durch die Zivilgesellschaft und Stiftungen.

Nachfolgend werden die Forderungen erläutert, Gefahren und Mehrkosten einer verfehlten Transformation aufgezeigt und erste Empfehlungen zur Qualitätssicherung benannt.

## CALL FOR AN INDEPENDENT EUROPEAN RESEARCH NETWORK SUPPORTED BY CIVIL SOCIETY AND FOUNDATIONS

25<sup>th</sup> of March 2026

### Clean and affordable heating: Requirements for system modelling

In a rapidly changing and vulnerable world, we need guidance to successfully transform society. If Europe reconsiders its democratic values and capabilities, it can meet these challenges. A resilient construction sector plays a key role in this, providing affordable housing, reducing the environmental impact and acting as a driver of jobs and innovation.

To date, there is no long-term European strategy or robust roadmap for clean and affordable energy in the buildings sector. Politics alone cannot achieve the long-term interlinking of measures relating to buildings and electricity, gas and heating infrastructure. An evidence-based building energy transition requires ongoing support from an independent EU research network, with the assistance of civil society and foundations.

System modelling plays a crucial role in the transformation of the energy system. It forms the basis for socially, economically and ecologically balanced infrastructure decisions regarding, for example, new power stations, energy sharing and successful hydrogen applications. By mapping the complex interrelationships between climate, energy, buildings and prosumers, modelling enables the development of an optimal roadmap for resilience and social stability.

For decisions based on the best available information, we call for:

- The **introduction of quality standards for system modelling** and the establishment of transparency regarding the quality of models and data,
- **Ensuring the long-term independence of an EU research network**, with core funding provided by civil society and foundations.

The requirements are explained below, the risks and additional costs of a failed transformation are highlighted, and initial recommendations for quality assurance are set out (sorry, only in German, please contact us for more information).

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung .....	6
1. Gebäude-Energiewende erfordert Engagement der Zivilgesellschaft .....	7
2. Gefahren einer unterlassenen oder verfehlten Transformation .....	8
Gefährdung von Sicherheit und Resilienz.....	9
Schwächung wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit .....	9
Drohende Energiearmut und Gefährdung der Lebensgrundlagen.....	9
Gefährdung der Demokratie.....	9
3. Fehlende Standards der Modellierung behindern Transformation .....	11
Ungenauigkeiten und unzulässige Vereinfachungen.....	12
Vernachlässigung von sozialen und Umwelt-Faktoren .....	12
Verzerrung und „kognitive Monopole“.....	13
Status Quo festschreiben, statt Unsicherheiten thematisieren.....	14
4. Beispiel „Realitätscheck“ und Wasserstoff-Roadmap .....	15
„Realitätscheck der Energiewende“: Strombedarf kleinrechnen .....	15
Gasnetzgebietstransformationsplan: Gasverbrauch groß rechnen.....	16
Standards für Modellierungen statt Energiewende Tik-Tok .....	17
5. Lösungsansätze aus beispielhaften Modellierungen .....	18
Vorteile dezentraler Strukturen .....	18
Risiken und Potentiale offen einbeziehen .....	19
Rollenwechsel stärkt Demokratie.....	19
6. Grundsätze guter Modellierung.....	20
Transparenz .....	20
Umgang mit Ungenauigkeiten .....	20
Berücksichtigung schneller Änderungen und Extreme.....	21
Open source und Multi-Modell Ansätze.....	21
7. Erste Empfehlungen für Qualitätsstandards zur System-Modellierung.....	23
Literatur.....	24
Über das sdp-h2-Wiki.....	30

## Einleitung

Dieser sdp-h2-Wiki Beitrag entstand bei der Suche nach erfolgsversprechenden Ansätzen, um Gebäude mit „Grüngasthermen“ über zentrale Gasnetze mit Wasserstoff (H<sub>2</sub>) zu versorgen. Da Erfolgsbeispiele fehlen und der Aufbau einer H<sub>2</sub>-Infrastruktur langwierig und mit Unsicherheiten z.B. bei der Skalierung behaftet ist wurden Modellierungen recherchiert. Hierbei fiel auf, dass eine saubere und bezahlbare Versorgung des Gebäudebestandes über zentrale Gasnetze mit Wasserstoff zur Wärmeversorgung über „Grüngasthermen“ bislang nicht nachgewiesen ist. Gem. h2-Wiki sind mit H<sub>2</sub>-Grüngasthermen sozialverträgliche Heizkosten absehbar nicht realisierbar.

Aktuell droht eine unqualifizierte Einführung von Wasserstoff im Gebäudesektor mit intransparenten *Grüngas*-Zertifizierungen, die Verbraucher und Umwelt belastet und die Abhängigkeit von fossilen Gasimporten festigt. Der Beitrag fordert eine europäische Strategie und darauf abgestimmte bedarfsgerechte Planung von Strom-, Wärme- und Gasnetzen mit Speichern. Dabei spielen Modelle eine zentrale Rolle - auch zur Identifikation erfolgreicher H<sub>2</sub>-Anwendungen im Gebäudebestand.

Dieser Beitrag geht über H<sub>2</sub> hinaus auf die Modellierung von Energiesystemen insgesamt ein, diese ermöglichen ein Verständnis der Zusammenhänge für einen optimalen Kurs auf die Europäischen Klimaschutzziele und SDGs. Diese Modelle werden gem. [Henke 2024] mit unterschiedlichen Zielen zunehmend in der Energie- und Klimapolitikberatung und im Systemdesign eingesetzt, von der globalen bis hin zur subnationalen Ebene. Hochwertige Modellierungen ermöglichen gezielte Investitionen zur Reduktion der Energiekosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen (SDG 7). Sie unterstützen regionale und europäische Roadmaps durch Prognosen zu Kosten, Emissionen und Verfügbarkeit leitungsgebundener Energieträger. Als „digitale Zwillinge“ von Energiesystemen können sie CO<sub>2</sub>-Faktoren im Gas- und Stromnetz validieren.

Die Modellierung von Energiesystemen erfolgt z.B. über Integrierte Bewertungsmodelle (**IAMs**), die Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Energiesystemen, Wirtschaft, Ressourcen, Landnutzung und Klima für die langfristige Politikgestaltung bieten. Energiesystem-Optimierungsmodelle (**ESOMs**) liefern Erkenntnisse über den technologischen Wandel, der zur Dekarbonisierung des Energiesystems erforderlich ist, „wobei zeitliche, räumliche, technologische und betriebliche Aspekte in der Regel detaillierter dargestellt werden“ [Henke 2024]. Agentenbasierte Modellierungen (**ABMs**) untersuchen das Verhalten von Akteuren. Modelle liegen für verschiedene räumliche Ebenen vor und nutzen z.T. künstliche Intelligenz [Perera 2023].

Anwendungsgebiete sind z.B. die allgemeine Politikberatung zum Übergang auf emissionsfreie Energiesysteme [McPherson 2023] oder spezielle Fragen z.B. zur Kosteneffizienz bei der Beseitigung der letzten 10 - 20 % nationaler Emissionen im Stromsektor [Luo 2025]. Die komplexen Modelle werden in Europa i.d.R. von Forschungs- und Beratungsinstituten entwickelt und gepflegt, sie stehen z.T. als open-data Anwendungen zur Verfügung [Fallahnejad 2024].

**Der Beitrag fordert Standards für die Energiesystem-Modellierung bzgl. Transparenz und Güte sowie zur Absicherung valider CO<sub>2</sub>-Faktoren. Um Kurs auf die Europäischen Klimaziele und SDGs zu halten, fordert er die Zivilgesellschaft zur Förderung unabhängiger Modellierungen auf.**

## 1. Gebäude-Energiewende erfordert Engagement der Zivilgesellschaft

Trotz eines Problembewusstseins seit den 1970er Jahren fehlt eine systematische Steuerung zur wirtschaftlichen Zielerreichung von Klimaschutzzielen im Gebäudebestand auf politischen und operativen Ebenen. Bestehende Steuerungsmechanismen stellen weder sicher, dass Gebäude nach einer Sanierung tatsächlich emissionsarm und kostengünstig beheizt werden, noch dass eine bestimmungsgemäße und bezahlbare Dekarbonisierung der Netze (Gas, Wärme, Strom) erfolgt. Gem. Vischer et al. (2016) hat „die Wirksamkeit der derzeitigen Governance-Instrumente wie EPBD und EED nur begrenzte Auswirkungen auf die tatsächlichen Treibhausgasreduktionen und nicht sichergestellt, dass die tatsächliche Energieeffizienz erreicht wird. Um die sehr ehrgeizigen Energiesparziele der EU zu verwirklichen, ist ... ein radikales Umdenken in Bezug auf Regulierungssysteme und -instrumente erforderlich. Die Energieeffizienz von Gebäuden und das Verhalten der Bewohner werden von den politischen Entscheidungsträgern nicht gut verstanden“ ([Malmberg 2024]).

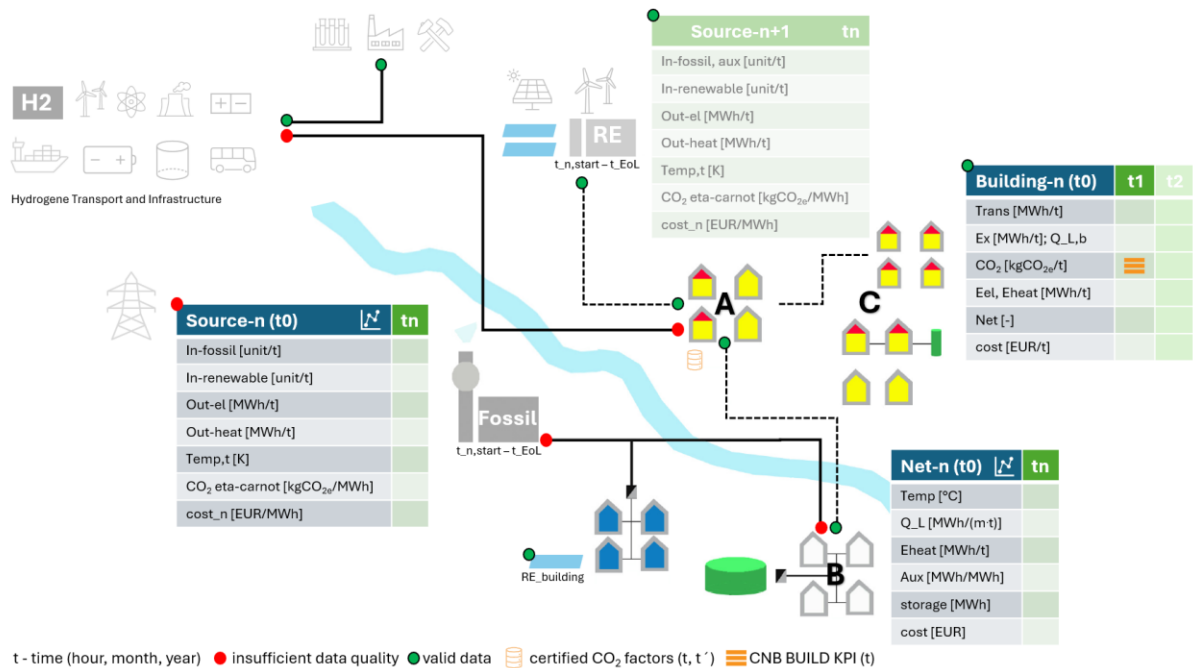
Damit die Gebäude-Energiewende nicht im „Blindflug“ erfolgt will dieser Beitrag Politiker\*innen, Bürger\*innen und Entscheidungsträger\*innen im Rahmen der europäischen Regulatorik unterstützen und ihnen eine im Sinne der EU-Regulatorik *neue Maßnahme* zur gemeinwohlorientierten Erstellung einer europäischen Gebäude-Roadmap in die Hand geben. Die europäische Regulatorik sieht nach [Franzius 2025] einen in den internationalen Klimaschutz eingebetteten Zielerreichungsmechanismus vor, bei dem der wissenschaftliche Beirat und die Öffentlichkeit eingebunden sind. Dieser Beitrag aus der Wissenschaft und gemeinnützigen Zivilgesellschaft betrifft einen Verfahrensvorschlag zur Verwirklichung der Ziele im Gebäudesektor gem. Art. 9 EU KG. Er greift die im [Assessment Report 2024](#) [ESABCC 2024] durch den wissenschaftlichen Beirat aufgezeigten Lücken auf und bezieht Abhängigkeits- und Machtfragen ein. Der Beitrag soll den in die Zielerreichung eingebundenen wissenschaftlichen Beirat für Klimawandel unterstützen, der nach Art. 3 EU-KG nicht nur die Aufgabe hat, die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse zu berücksichtigen, sondern auch vorgeschlagene Maßnahmen auf deren Zielvereinbarkeit zu überprüfen sowie neue Maßnahmen und Möglichkeiten der Zielerreichung zu ermitteln ([Franzius 2025]).

Zwar haben gem. [Malmberg 2024] in der heutigen vernetzten Governance-Umgebung nach wie vor die nationalen Regierungen wie kein anderer Akteur das Potenzial, Umsetzungsprozesse zur Verwirklichung nachhaltiger Wohnraumvisionen zu steuern und zu koordinieren. Die Analyse am Beispiel Schweden zeigt jedoch, dass sich die mächtigsten Interessengruppen als dominierend bei der Anpassung der schwedischen Bauvorschriften und der Festlegung von Visionen und Zielen im Wohnungsbau zeigten. [Brulle 2024] identifiziert für 11 europäische Länder das Kernproblem tiefgreifender gegenseitiger Abhängigkeiten und Verflechtungen zwischen den nationalen Regierungen und den fossilen Brennstoff- und anderen Schwerindustrien. „Um das Fehlen wirksamer politischer Maßnahmen gegen den Klimawandel zu beheben, muss der Vorhang über die Konstellation der organisierten Interessen, die in die umstrittene Politik des Klimawandels verwickelt sind, über die Art ihrer Aktivitäten und ihren Einfluss auf die öffentliche Wahrnehmung der Klimakrise und den politischen Entscheidungsprozess gelüftet werden“. [Stiftung Energieeffizienz 2018] analysiert Störgrößen in der Wärmewende in Deutschland.

**Der Beitrag ruft die Zivilgesellschaft zur Sicherstellung dauerhaft unabhängiger Forschung auf. Ein radikales Umdenken darf dabei die Analyse von Landscape-Änderungen und Störgrößen für Gesellschaft und Demokratie nicht weiter ausklammern.**

## 2. Gefahren einer unterlassenen oder verfehlten Transformation

Eine erfolgreiche Transformation nimmt die Bürger\*innen mit, indem sie soziale, wirtschaftliche und ökologische Aspekte ausgewogen berücksichtigt und die Resilienz und Wirtschaft stärkt. Dabei spielen Gebäude als Lebensraum sowie zentraler Wirtschaftsfaktor eine entscheidende Rolle. Zur SDG7-Zielerreichung (bezahlbarer Wohnraum bei gleichzeitiger Dekarbonisierung des Gebäudebestandes) sind datenbasierte Maßnahmen auf der Nutzer-, Anlagen-, Gebäude-, Netz- und Erzeugungsebene zu synchronisieren. Dazu gehören einfache Sofortmaßnahmen, platzsparendes Wohnen, die energetische Ertüchtigung von Gebäuden, die effiziente Wärmeversorgung, Energy-Sharing und die Reduktion des Infrastrukturaufwandes für z.B. Kraftwerke, Speicher- und Netzausbau.



**Bild 1:** Langfristige SDG7-Zielerreichung benötigt zertifizierte CO<sub>2</sub>-Faktoren und Kostentransparenz.

Obwohl Gebäude für ca. 40 % der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich sind ist die bebaute Umwelt nach wie vor einer der am wenigsten koordinierten Sektoren im Klimaschutz. Erfolgreiche Projekte werden nicht multipliziert, Performance-Gaps nicht identifiziert und geschlossen, Prosumer nicht eingebunden, regionale Potential nicht gehoben und zentrale Faktoren zur Steuerung „willkürlich“ festgelegt [Bundesingenieurkammer 2012].

Für Fernwärme, Biomasse, Strom und zunehmend Gas liegen keinen konsistenten CO<sub>2</sub>-Faktoren vor (Z.B. variierten sie für das Berliner Fernwärmenetz im Jahr 2024 zwischen 33,9 und 244 g CO<sub>2e</sub>/kWh, Werte: Berliner Wärme, AfS BB). Analoge Bewertungsinkonsistenzen zeigt das sdp-Biomasse Wiki. Auch für den Hauptenergieträger Gas im Wärmesektor (D) steigen die Inkonsistenzen der CO<sub>2</sub>-Bewertung durch LNG-Anteile (Flüssiggas-Importe z.B. aus Fracking), Einführung einer „Bio-Treppe“ und H<sub>2</sub>-Beimischungen. Die komplexe Wasserstoff Infrastruktur mit H<sub>2</sub>-Korridoren, Kern-, Hochdruck-, Übertragungs- und Verteilnetz, diversen H<sub>2</sub>-Qualitäten und Mischprodukten droht die Unsicherheit der CO<sub>2</sub>-Bewertung so zu steigern, dass für Gas keine validen CO<sub>2</sub>-Faktoren mehr vorliegen.

**Modellierungen können als digitale Zwillinge die Datenlage für zertifizierte CO<sub>2</sub>-Faktoren in Netzen erheblich verbessern.**

### **Gefährdung von Sicherheit und Resilienz**

Der ukrainische Botschafter in Norwegen erklärt die zentrale Bedeutung erneuerbarer Energienutzung in dezentralen Strukturen [Gavrysh 2025]. Dies ist nicht die Erfüllung von Klimaschutzzielen, sondern die Stärkung der Resilienz von Versorgungssystemen. Die Lessons Learned aus dem Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine 2024 zeigen, dass bisherige zentrale Strukturen bevorzugte Angriffsziele auf kritische Infrastruktur bieten und Abhängigkeiten festschreiben.

### **Schwächung wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit**

Durch fehlende Daten, unstetige Vorgaben und fragmentierte Regulatorik fehlen Bürgern\*innen, Entscheidungsträgern, Politik und Forschenden bislang Instrumente für ein wirksames Handeln (vgl. [CLIFF-Ansatz](#)). Ohne eine belastbare Roadmap mit einem Zielerreichungscontrolling der Klimaschutz-Sektorziele drohen neben dem Verfehlen der Klimaschutzziele Stranded Assets, Energiearmut und eine weiter reduzierte Leistungsfähigkeit der europäischen Wirtschaft.

Es bedarf klarer Regelungen, wie knappe Ressourcen (z.B. H<sub>2</sub>) als preisgünstige Energie für Chemie, Industrie, Stahl, Beton, etc. gesichert werden und parallel der Gebäudebestand mit einem Maßnahmenmix SDG7 erfüllt. Hier sind bestehende Technologien weiterzuentwickeln, damit z.B. Wärmeerzeuger, Wärmepumpen, Effizienztechnologien, Steuerung und ML-Anwendungen international wettbewerbsfähig sind und Arbeitsplätze (auch Exportchancen) geschaffen werden.

### **Drohende Energiearmut und Gefährdung der Lebensgrundlagen**

Zur Einordnung zukünftiger Wasserstoffkosten für die Wärmeversorgung in Deutschland erschien im November 2023 eine Kurzstudie des DVGW (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches) [DVGW-2023-1]. Das [sdp-h2-Wiki](#) zeigt, dass mit den von der DVGW-Studie ins Spiel gebrachten H<sub>2</sub>-Grüingasthermen absehbar sozialverträgliche Heizkosten nicht realisierbar sind.

Mit nachweislich CO<sub>2</sub>-armen Wasserstoff sind gem. [Stiftung Energieeffizienz 2025] sozialverträgliche Heizkosten nicht einzuhalten. Die Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring weist in ihrem Bericht 2024 auf die Energiearmut in Deutschland hin [Expertenkommission 2024]. Je nach Definition lebten im Jahr 2022 zwischen 4 % und 25 % der Haushalte in Deutschland in Energiearmut, der Anteil betroffener Haushalte ist während der Energiepreiskrise deutlich gestiegen (2022 ca. 17%, 2023 ca. 25%, S. 29). Die Energiewende birgt gem. Expertenkommission das Risiko, diese ungleiche Belastung noch zu verstärken. Die Möglichkeit einer staatlichen Übernahme von Heizkosten würde nicht von allen „berechtigten Haushalten“ angenommen. 2019 hätten z.B. 43 % bis 56 % der Berechtigten die Grundsicherung für Arbeitssuchende (Bürgergeld) nicht in Anspruch genommen.

Bei hohen Kosten und geringer Verfügbarkeit von Wasserstoff besteht die Gefahr, dass statt des grünen Wasserstoffes günstigerer blauer oder grauer Wasserstoff zum Einsatz kommt, der direkt aus Erdgas mit ggf. Abscheidung von CO<sub>2</sub> produziert wird und keine nachweisliche Klimaneutralität erzielt. In Folge werden die Klimaschutzziele und damit Lebensräume gefährdet.

### **Gefährdung der Demokratie**

Modelle sind ein Scharnier zwischen öffentlicher Meinung und politischer Entscheidungsfindung. Gem. [Midttun 1986] kann die Modellierung „in einem fragmentierten politischen Umfeld ... ein wichtiges Mittel sein, um die Definition von Problemen zu monopolisieren. ... Modellbasierte Problemdefinitionen und Lösungsstrategien profitieren von einem Legitimationsvorteil, insbesondere wenn sie mit einer komplexen Modellierungsmethodik erarbeitet wurden, die nur wenige in Frage

stellen können. Mächtige soziale Akteure können sich besonders komplexe Modellierungsmethoden leisten oder haben Zugang zu ihnen. Ihre Modelle dominieren daher tendenziell die Modelle schwächerer Gruppen, oder taten dies zumindest bis vor kurzem.“ Auch [Göke 2022] weist auf „kognitive Monopole“ hin, die mit ihrer Sichtweise des Energiesystems den Verlauf von Debatten prägen können.

Gem. [[Energieverbraucher 2024-07-10](#)] gelingt es den „Profiteuren der Klimakrise, nicht nur atemberaubende Gewinne mit der fortschreitenden Zerstörung unserer Lebensgrundlagen zu machen. Sie bekommen dafür auch noch gewaltige Mengen an Steuergeldern. Die Fossilbranchen, die eine Billion Dollar Gewinn im Jahr machen, bekommen dafür 1,3 Billionen Dollar explizite Subventionen. Diese Verzerrung ist aberwitzig. Dass sie selbst gut informierten Leuten unbekannt ist, ist ein erstaunlicher Propagandaerfolg der Fossilindustrie und ihrer Handlanger in Politik und Medien. ... Die Fossilindustrie ist bemerkenswert erfolgreich darin, Informationen, die für sie selbst peinlich oder unangenehm sind, die ihre Narrative stören könnten, aus dem öffentlichen Diskurs und damit den Köpfen der Wählerinnen und Wähler herauszuhalten. Teile der Politik helfen dabei mit ständigen Scheindebatten, Nebelkerzen und echter Desinformation fleißig mit („E-Fuels“, „Wasserstoffheizung“, „Kohlewinter“, „Blackout-Gefahr“ ...) ...“

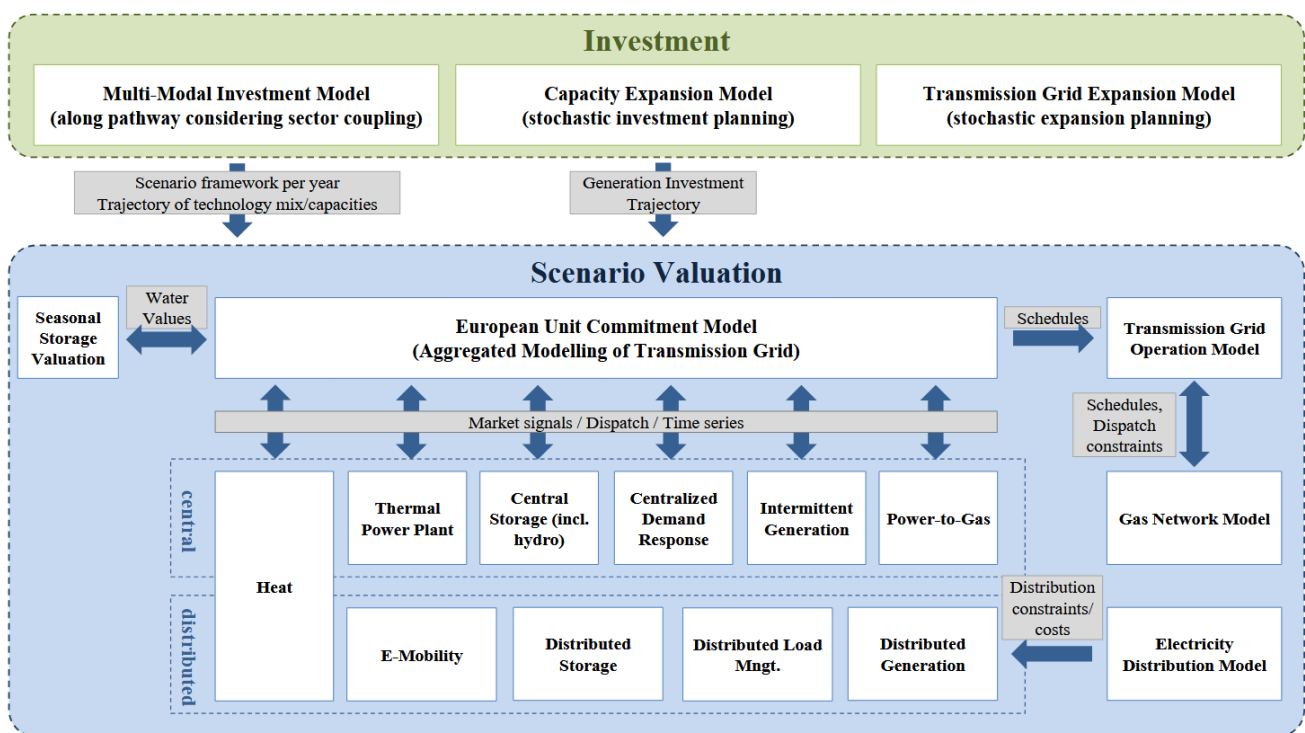
[IW-Koeln 2025] erläutert Klimaobstruktion als klimapolitische Rechtsaußen-Strategie mit Blick auf die infrastrukturelle Frage beim Ausbau der Windkraft. [Oertel 2025] zeigt Klimaobstruktion als „vielschichtiges, multiperspektivisches Phänomen mit einer großen Bandbreite an Motivationen“. Auf der Podiumsdiskussion "[Rechte Narrative - die Rolle der Medien im Klimadiskurs](#)" hielt Louisa Pröschel (Universität Hamburg) im Januar 2026 einen Impulsvortrag. Unter dem Titel „Transformation oder Kulturkampf? Debatten über Klimaprotest und Klimapolitik in den (sozialen) Medien“ zeigte sie die Übernahme rechter Narrative durch die Medien und das Verschieben des Diskurses. Ein Beispiel ist die von der AfD gelaunchte „Heizhammer“-Kampagne, die auf Berichten der Bild-Zeitung aufbaute, die im März 2023 einen Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) „brandmarkte“ und für einen „steten Strom an falschen oder irreführenden Berichten in der deutschen Medienlandschaft“ sorgte, der dazu führte, dass die „Ampelregierung“ nach dem „immensen Druck aus Medien, Politik und Gaslobby“ den „weiteren Einbau von Gasheizungen durch einen Trick erlaubt“ - „solange diese auf Wasserstoff umrüstbar sind oder mit Biogas betrieben werden können“ [[Umweltinstitut 2025](#)].

Gem. [State of Hate 2025] bildet sich eine „gefährliche Koalition, die von Fehlinformationen lebt, Zweifel als Waffe einsetzt und darauf abzielt, die Klimapolitik zu demontieren“. Es besteht interdisziplinärer Forschungsbedarf, um die Wechselwirkung von fossilen Interessen, Desinformationskampagnen, rechten Narrativen und intransparenten Modellierungen aufzudecken. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Modellierungen zukünftig zur Monopolfestigung fossiler und zunehmend antidemokratischer Kräfte genutzt werden.

**Eine Gütekennzeichnung von modellbasierten Aussagen kann die Gefahr der unkritischen Übernahme schwacher Modelle und Modellierungsergebnisse durch die Medien reduzieren.**

### 3. Fehlende Standards der Modellierung behindern Transformation

Modellierungen erlauben Prognosen, wann, wo und zu welchem Preis Gebäude oder Quartiere an Netze mit erneuerbaren Energieträgern angeschlossen werden können. Sie ermöglichen im Rahmen ihrer Ungenauigkeiten Planungssicherheit für Maßnahmen an Gebäuden und den Bezug und die Einspeisung von Energie sowie die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle (Prosumer, Broker). Gem. [Majidi 2025] ermöglichen „diese Computerwerkzeuge ... die Erstellung komplexer Simulationen, die das Verhalten, die Interaktionen und die Dynamik komplexer Energiesysteme nachbilden. Modellierungstools für Energiesysteme verschaffen den Akteuren unschätzbare Einblicke und verbessern die Entscheidungsprozesse in einem Spektrum kritischer Bereiche.“ Erst transparente Angaben zur Qualität der Modellierung ermöglichen Bürgern, Politik und Medien eine Einschätzung der Güte von Modellierungen. Ohne diese Angabe drohen erfolgsversprechende Ansätze ins Leere zu laufen und Interessen mit schwachen Modellierungen durchgesetzt zu werden.



**Bild 2** aus [Beulertz 2019]: Übersicht über das modulare Modellierungsframework plan4res für die Analyse zukünftiger Energiesysteme. Das Bild zeigt das Zusammenwirken disaggregierter Elemente: Multi-Energie-Modell/Europäisches Einheitenverpflichtungsmodell (DMEM/EUC), hochauflösende dezentrale Nachfragestrukturen, Multimodales Investitions- und Betriebsmodell (MIM), disaggregiertes Multi-Energie-Modell/Übertragungsnetzbetriebsmodell (DMEM/TGO) und Gasnetzoptimierungsmodelle (GNO).

Gem. [Frey 2024] bestehen trotz großer Fortschritte drei zentrale Herausforderungen für die Modellierung zukünftiger Energiesysteme. Ergebnisse hängen stark von *Szenarioannahmen* ab, wodurch robuste Ergebnisse schwer zu erzielen sind. *Rechnerische Einschränkungen* behindern die Analyse mehrerer Pfade, so dass oft nicht viele verschiedene Eingaben getestet oder zusätzliche Szenarien berechnet werden. Eine dritte Herausforderung ist der *blinde Fleck vieler Modelle*, die dazu neigen, nur die modellierten Aspekte darzustellen, aber keine quantitativen Belege für andere Teile der zukünftigen Energiesystempfade zu liefern.

Modelle können zu einer belastbaren Roadmap im Gebäudesektor beitragen, wenn Fallstricke bei ihrer Anwendung beachtet werden. Diese bestehen u.a. in Ungenauigkeiten, unzulässigen Vereinfachungen, der Vernachlässigung von sozialen und Umwelt-Faktoren, der Verzerrung durch „kognitive Monopole“ und fehlender Transparenz zu Annahmen und Unsicherheiten.

### **Ungenauigkeiten und unzulässige Vereinfachungen**

[Ruhnau 2021] beschreibt ein Vergleichsexperiment, bei dem mit 5 Modellen des europäischen Stromsystems die CO<sub>2</sub>-Emissionen mit einer Variation der CO<sub>2</sub>-Preise simuliert werden. Insbesondere bei höheren CO<sub>2</sub>-Preisen kommt es im Jahr 2030 zu erheblichen Unterschieden. Bei einem Preis von 87 EUR/t reichen die Kohlenstoffemissionen von 190 Mt. bis 490 Mt. [Mikropoulos 2025] führte einen Multi-Modell-Vergleich für Renewable-Energy-Solution Ziele durch und verwendete dabei eine Vielzahl von Rahmenwerken, Tools und Modellen. Im Ergebnis variiert die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Stromerzeugung Europa 2030 zwischen -47 % bis -60 % im Szenario der CO<sub>2</sub>-Neutralität. Die Anteile der Kernenergie variieren zwischen 1 und 24 % im Jahr 2050 zwischen den Modellen. Ein Standard betrifft hier die Harmonisierung von Eingabedaten zwischen den Modellen.

[Fodstadt 2022] zeigt, dass Methoden zur Einbeziehung der Unsicherheit in die Modellierung von Energiesystemen ... vorliegen, die jedoch nur in einem Bruchteil von Studien angewandt werden. Die Studie identifiziert, dass die Nachfragesteuerung bei Energiesystemmodellen mit mehreren Energieträgern fehlt, Prosumer nur in begrenztem Umfang untersucht werden, langfristige Energiesystemmodelle dazu neigen, Unsicherheiten kaum zu berücksichtigen und es einen Mangel an Studien gibt, die Unsicherheiten im Zusammenhang mit aufkommenden Technologien modellieren.

Gem. [Beaud 2023] ist die effiziente Integration erneuerbarer Energien ein wesentlicher Bestandteil der Energiewende, die ein effizientes Management der intermittierenden erneuerbaren Energieerzeugung, eine Minimierung der Systemkosten und ein kontinuierliches Gleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage erfordert. Aufgrund der Vielschichtigkeit des Problems werden häufig Werkzeuge mit einer vereinfachten Darstellung des Energiesystembetriebs verwendet, um die rechnerische Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten, was zu Leistungslücken zwischen den Planungs- und Betriebsphasen führt.

### **Vernachlässigung von sozialen und Umwelt-Faktoren**

[McPherson 2023] stellt fest, dass Modelle durch ihre Fokussierung auf eine bestimmte Größenordnung und einen bestimmten Sektor Wechselwirkungen außerhalb des Geltungsbereichs ausklammern und somit kritische Informationslücken hinterlassen.

[Majidi 2025] weist darauf hin, dass gesellschaftliche und naturschutzbezogene Themen nicht betrachtet wurden. „Teilweise können sich die gesellschaftlichen Interessen mit den hier angewandten Kriterien überschneiden, aber es ist auch wahrscheinlich, dass die Lasten und Vorteile des Energiesystems nicht gleichmäßig auf verschiedene Regionen oder Bevölkerungsgruppen verteilt sind. Land- und Meeresökosysteme sowie Naturlandschaften tragen die Folgen menschlichen Handelns in Bezug auf Energieerzeugung und -nutzung, werden aber selten als Priorität im Entscheidungsprozess anerkannt.“

Gem. [Süsser 2024] sind Modelle „nicht darauf ausgelegt, wichtige Aspekte der Fairness und Inklusion widerzuspiegeln, und zweitens gehen sie in der Regel von sehr geringen oder gar keinen Veränderungen der sozialen und politischen Institutionen aus (z.B. basiert der zukünftige Energiebedarf im Allgemeinen auf der Prognose eines kontinuierlichen BIP-Wachstums).“

[Smith 2023] analysiert für smart local energy systems (SLES), wie verschiedene Ebenen inklusiver Innovation in SLES-Demonstrationen mit den zugrunde liegenden Kämpfen für soziale Gerechtigkeit im Stromsystem zusammenhängen. „Was alle beunruhigt, ist, dass man zu wirklich dynamischen Preissignalen übergeht, die das richtige Verhalten im System fördern, aber nur, wenn man reich genug ist, um sich ein Elektroauto und eine Batterie zu kaufen, über Solarzellen zu verfügen und die Preisschwankungen zu überstehen. Wenn man sich nichts davon leisten kann, muss man am Ende einfach zahlen, was immer man einem gerade sagt.“

### **Verzerrung und „kognitive Monopole“**

[Süsser 2021] zeigt „dass politische Entscheidungsträger manchmal Einfluss auf die Modellierer und die Modellierung in verschiedenen Phasen des Modellierungsprozesses nehmen, insb. indem sie Forderungen nach Datenquellen und Annahmen äußern und den Untersuchungsraum und die möglichen Ergebnisse einschränken oder vorschreiben. Letzteres scheint insbesondere in Ländern mit geringem Klimaschutzambitionen (z.B. Polen) oder in stark konfliktbeladenen politischen Prozessen (z.B. Deutschland) der Fall zu sein. Wir kommen zu dem Schluss, dass Energiemodellierung und Politikgestaltung sich gegenseitig beeinflussen, wobei die Hauptrichtung dieses Einflusses vom Kontext und dem jeweiligen Fall abhängt: Modelle können ehrgeizige und gut informierte politische Veränderungen und Zielsetzungen unterstützen, aber Modellierung und Modellierer können auch instrumentalisiert werden, um bereits getroffene politische Entscheidungen zu rechtfertigen.“

Gem. [Bock 2025] verstärkt „die Wissenschaft ... oft vorherrschende Sichtweisen durch Mechanismen wie Peer Review, Selbstselektion von Fachzeitschriften und Ernennungssysteme, die die Konformität mit vorherrschenden Paradigmen begünstigen, während etablierte Lobbygruppen dazu beitragen, den Status quo des Energiesystems aufrechtzuerhalten, indem sie durch selektive Finanzierung, redaktionelle Kontrolle und Selbstzensur von Forschern Einfluss auf die Modellierung nehmen.“ Der Einfluss wichtiger Organisationen und ihrer komplexen Modelle kann „so weit reichen, dass (Kommentar: gem. [Göke 2022]) professionelle Netzwerke zwischen Universitäten, Industrie und Regierung ein „kognitives Monopol“ bilden, das eine gemeinsame Sichtweise des Energiesystems vertritt und den Verlauf von Debatten prägt.“

[Göke 2022] zeigt, dass „Außenstehende, die auf Mängel dieser Perspektive hinweisen, als uninformativ denunziert werden können, indem auf ihren Mangel an anerkannter Fachkompetenz oder ausgefeilter Methodik hingewiesen wird. Midttun und Baumgartner veranschaulichen dies, indem sie beschreiben, wie Umweltschützer in mehreren europäischen Ländern eigene Fachkompetenzen und Prognosemethoden entwickeln mussten, um die öffentliche Politik entsprechend ihren Interessen zu beeinflussen. Zu dieser Zeit gingen etablierte Modelle und Szenarien von einem starken Anstieg der Nachfrage aus, was den Ausbau der Kernenergie nahelegte. Als Gegner der Kernenergie lehnten Umweltschützer diese Szenarien ab und entwickelten Methoden zur Prognose einer konstanten Nachfrage. Nachdem diese Szenarien Anerkennung gefunden hatten, wurden sie in die Planung künftiger politischer Maßnahmen einbezogen und erwiesen sich schließlich als wesentlich genauer. Insgesamt brachte dieser Prozess neue Perspektiven in die Debatte über Energie ein und schuf ein Bewusstsein für die Voreingenommenheit von Modellen“.

Die o.g. Analyse von [Midttun 1986] enthält eine vergleichende Analyse der Energiemodellierung und -prognose von 1965 bis 1985 in Großbritannien, Kanada, Dänemark, Frankreich, den Niederlanden, Norwegen, den USA und der BRD. Gem. [Midttun 1986] tragen Modellierung und Prognosen nicht nur zu rationalen Entscheidungen bei, ihrem angeblichen Zweck. „Sie definieren auch die Realität, prägen politische Debatten und sind unter bestimmten Umständen ein Instrument zur Legitimierung politischer Entscheidungen. In einem fragmentierten politischen Umfeld kann die Modellierung ein wichtiges Mittel sein, um die Definition von Problemen zu monopolisieren“.

### **Status Quo festschreiben, statt Unsicherheiten thematisieren**

[Workman 2020] untersucht am Beispiel von Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS) die Entscheidungsphilosophie, die dem Einsatz von IAMs zur Gestaltung der Klimapolitik zugrunde liegt. „Wir identifizieren eine Reihe von Merkmalen integrierter Bewertungsmodelle, die die Auswahl von BECCS gegenüber alternativen Strategien begünstigen. Wir argumentieren jedoch, dass das tiefere Problem in der Tendenz liegt, *Modellausgaben als objektive Wissenschaft* zu betrachten, die in der Lage ist, „optimale“ Ziele und Strategien zu definieren, die die Klimapolitik anstreben sollte, anstatt sie als *explorative Werkzeuge innerhalb eines breiteren Politikentwicklungsprozesses* zu betrachten. Diese modellzentrierte Entscheidungsphilosophie ist sehr empfindlich gegenüber Unsicherheiten in Modellannahmen und zukünftigen Trends und neigt dazu, Lösungen zu bevorzugen, die innerhalb des Modellrahmens gut funktionieren, auf Kosten einer breiteren Mischung von Strategien und Werten“.

[Krawczyk 2025] nutzt die *Superhelden-Metapher*, um zu veranschaulichen, wie IAMs eher dazu neigen, den Status quo zu stabilisieren, als systemische Veränderungen voranzutreiben. „Trotz ihrer heldenhaften Bemühungen übersehen IAMs und Superhelden die umfassenderen systemischen Probleme und stufen somit die vorherrschenden krisengeschüttelten gesellschaftlichen Verhältnisse als rational und legitim ein.“

**Modellierungen ermöglichen keinen „Superhelden-Blick in die Glaskugel“, sondern nur die bestmögliche Hilfestellung. Dazu notwendige Standards umfassen neben Modellen und Modellierungen die Formulierung von Zielen und realistischen Erwartungen, die Kommunikation von Aufgabenstellungen und Ergebnissen mit Unsicherheiten und Einschränkungen.**

## 4. Beispiel „Realitätscheck“ und Wasserstoff-Roadmap

Beispiele für unzulässige Modellierungen sind der „Realitätscheck der Energiewende“ und der Gasnetztransformationsplan. Der „Realitätscheck“ wurde gem. [DUH 2025-1] beauftragt, um „den Bedarf für Netzausbau und Erneuerbare Energien kleinzurechnen“.

### „Realitätscheck der Energiewende“: Strombedarf kleinrechnen

Ein Beispiel für ein politisch motiviertes Monitoring ist der umstrittene<sup>1</sup> Monitoring-Auftrag des deutschen Wirtschaftsministeriums (BMWE) vom Frühjahr 2025 an die BET Consulting GmbH und das Energiewirtschaftliche Institut an der Universität zu Köln (EWI). Für ein Energiewende-Monitoring als „Realitätscheck der Energiewende“ wurden gem. [DUH 2025-1] ausgewählte Studien zur kurzfristigen politischen Beratung vorgegeben:

- BMBF/Ariadne „Szenarien zu Klimaneutralität 2045“
- Aurora Energy Research 2025: „German Power and Renewables Market Forecast“
- EnBW/Aurora 2025: „Systemkosten reduzierter Fahrt zur Klimaneutralität im Stromsektor 2040“
- UBA 2025: „Treibhausgas-Projektionen für Deutschland“
- 50Hertz/E-Venture 2024: „Stromverbrauch bis 2045“
- Agora 2024: „Klimaneutrales Deutschland“
- BMW-Langfristszenarien
- McKinsey 2024: „Zukunftspfad Stromnachfrage“
- BDI 2021 „Klimapfade 2.0“
- Bundesnetzagentur: „Szenariorahmen der Netzentwicklungsplanung 2025 bis 2037/45“

Die auftraggebende Wirtschaftsministerin war bis Mai 2025 Geschäftsführerin der Westenergie AG, der größten Tochtergesellschaft von E.ON, dem mit 9,6 Mrd. Euro<sup>2</sup> staatlichen Subventionen zwischen 2016 und 2023 mit Abstand am meisten subventionierten DAX-Konzern. Sie ist zudem seit 2020 Vorsitzende des Nationalen Wasserstoffrates der Bundesregierung, und somit in zentraler Schaltfunktion für „Strom und Moleküle“ bis in die Kommunen (dort ehemalige GF im VKU).

Auftragnehmer waren die BET Consulting GmbH und das 1943 gegründete EWI<sup>3</sup>, das über eine Fördergesellschaft bis zum Jahr 2013 von Großkonzernen der Energiewirtschaft mitfinanziert wurde und seit 2019 vom Land NRW grundfinanziert wird (Quelle: Wikipedia).

Die unter Zeitdruck durchgeführte Studie soll einer preisgünstigen, versorgungssicheren und klimaschützenden Energiepolitik dienen. Das Monitoring soll gem. [DUH 2025-2] im Wesentlichen bestehende Studien berücksichtigen und sich kritisch mit Szenarien auseinandersetzen, „insbesondere wenn diese nicht alle tatsächlichen Restriktionen und Kosten sowie technologischen Optionen in den Blick genommen haben sollten“. „Um den Stand und die Prognose sachgerecht analysieren zu können, sind auch bestehende und sich abzeichnende Hemmnisse für den Ausbau des Übertragungs- und Verteilnetzes zu untersuchen, beispielsweise Engpässe bei den Netzbetreibern.“ Die Leistungsbeschreibung fokussiert sich auf das Monitoring auf Basis bestehender Modellierungen und geht nur am Rande in Arbeitspaket 2 auf Handlungsoptionen wie FCAs zur Neuausrichtung der Energiepolitik ein. Eine Eigenmodellierung ist nur bedarfsweise vorgesehen.

Unter den in der Beauftragung des BMWE vorgegebenen Studien findet sich [McKinsey 2024]: „Zukunftspfad Stromnachfrage“. Hier wird ein „Alternativpfad“ vorgeschlagen, der den Kapazitätsausbau erneuerbarer Quellen auf 350 statt 506 GW in 2035 begrenzt und 50 GW statt 9 GW wasserstofffähige Gaskraftwerke insb. Süddeutschland zubaut. Der Ausbau von Batteriespeichern wird auf 23 anstatt 44 GW im Jahr 2035 begrenzt. Im Ergebnis zeigt der modellierte Alternativpfad eine

<sup>1</sup> <https://www.n-tv.de/politik/So-treibt-Katherina-Reiche-die-Neuausrichtung-der-Energiewende-voran-article25877855.html>

<sup>2</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/E.ON>

<sup>3</sup> <https://www.pv-magazine.de/2025/06/27/reiche-so-bekloppt-wie-simpel/>

höhere Wirtschaftlichkeit (reduzierte Investitionen in Höhe von ca. 150 Mrd. EUR, Endkundenpreis 2035 ca. 43 anstatt 48 ct/kWh), verbesserte Versorgungssicherheit, vergleichbare Nachhaltigkeit (CO<sub>2</sub>-Emissionen um 5 Mio. t nach erhöht, könnten aber mit H<sub>2</sub> und CCS reduziert werden) und die Bedeutung von blauem H<sub>2</sub> für eine kostengünstige Stromversorgung. Die Studie mit einem proprietären Modell hat McKinsey gem. [PV-Magazine 2024] laut eigenen Angaben ohne Auftraggeber und Bezahlung erstellt. Der ehemalige McKinsey-Berater Markus Krebber ist seit 2021 Vorstandsvorsitzender von RWE.

Gem. [Meyer 2025] weist die von der Bundesregierung vergebenen Auftrag für ein Energiewende-Monitoring gravierende Mängel in der Auftragsbeschreibung auf, zumal sich in den zugrunde gelegten Energiewende-Szenarien keine Belege für die Notwendigkeit einer „Neuausrichtung“ der Energiepolitik fände. „Im Ergebnis drohen durch die derzeitige Verengung der Diskussion auf kurzfristige Annahmen zum Stromverbrauch drängende politische Handlungsbedarfe und ökonomische Chancen verpasst zu werden.“

Die Qualität der Beauftragung ist u.a. in Frage zu stellen, da sie z.B. nicht auf kostengünstige Maßnahmen zur Beschleunigung der Energiewende (z.B. dynamische Endverbraucherpreise) eingeht. Weiter werden neue Modellierungsergebnisse nicht eingebunden (s. [Brucke 2024]). Nicht berücksichtigt ist, dass bei zunehmenden Anteilen volatiler erneuerbarer Energieerzeugung, die nicht der Nachfrage folgen, die Synchronisationsaufgabe von der Erzeugungs- auf die System- und Nachfrageebene zu verlagern ist. Gem. [Perera 2021] kann z.B. das „urban cell concept“ den Kapitalwert der vernetzten Energieinfrastruktur um 37 % senken und gleichzeitig die installierte Kapazität an erneuerbaren Energien um 25 % erhöhen.“

Weiter fehlen Aufträge zum Untersuchen von Suffizienz, Klimaanpassung und zum Erschließen dezentraler Synergiepotentiale. Eine Risikoanalyse zu Kosten der Bürger\*innen und Energiearmut wurde nicht durchgeführt.

### **Gasnetzgebietstransformationsplan: Gasverbrauch groß rechnen.**

Für die Modellierung von Systemen wird als zweites Beispiel der Gasnetzgebietstransformationsplan (GTP) als zentralem Planungsinstrument für die Transformation der Gasverteilnetze zur Klimaneutralität betrachtet. Der Plan ist gem. [VKU 2024] die Grundlage des deutschen Wasserstoff-Kernnetzes, das mit ca. 4.000 km Leitungsneubau bis 2032 realisiert werden soll. Zur Finanzierung des Netzes errichtet die KfW ein Amortisationskonto über ca. 24 Mrd. Euro, aus dem die anfänglichen Ausgleichszahlungen an die Wasserstoff-Kernnetzbetreiber bezahlt werden. Die Netznutzen tragen neben den regulären Kosten des Netzes auch die langfristige Tilgung des Amortisationskontos.

Der Planung des Netzes lag die Modellierung eines Wasserstoff-Szenarios zugrunde. Diese basierte auf den Ergebnissen der Marktabfrage (WEB) des Netzentwicklungsplans Gas 2022-2032 (s.a. <sup>4,5</sup>). Dabei hat die Vereinigung der Fernleitungsnetzbetreiber Gas (FNB Gas) den Bedarf - vor allem der Industrie und Kraftwerke - sowie die Produktionskapazitäten und erwarteten Importabhängigkeiten einbezogen.

Gem. [Klimareporter] nehmen die Netzbetreiber ein Wachstum der jährlichen Wasserstoffnachfrage von heute 56 Terawattstunden auf 278 Terawattstunden bis 2032 an. Basierend auf wirtschaftlichen Analysen prognostizieren die Aurora-Expert\*innen, dass Deutschland bis 2030 lediglich Wasserstoff im Umfang von jährlich 73 Terawattstunden braucht. Selbst bei einem ambitionierten Netto-Null-Szenario, mit hohem Wasserstoffbedarf und Treibhausgasneutralität 2045,

<sup>4</sup> <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/FAQ/Wassertstoff-Kernnetz/faq-wasserstoff-kern-netz.html#:~:text=Das%20Wasserstoff%2DKernnetz%20bildet%20das,deutschlandweit%20in%20Betrieb%20genommen%20werden.>

<sup>5</sup> [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/\\_DL/Antragsentwurf\\_FNB.pdf?\\_\\_blob=publication-File&v=3](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/_DL/Antragsentwurf_FNB.pdf?__blob=publication-File&v=3)

liegt der Verbrauch laut der Analyse 2030 nur bei 123 Terawattstunden. Die Bundesregierung selbst geht von 95 bis 130 Terawattstunden aus, dann soll die Menge aber stark steigen und 2045 mehr als 500 Terawattstunden erreichen.

Die deutliche Überdimensionierung des Netzes wurde möglicherweise bewusst in Kauf genommen, um den späteren Anstieg des Wasserstoffbedarfs vorzubereiten, schreiben die Aurora-Autor\*innen. Die Fernnetzbetreiber begründen ihre Planung auf Nachfrage damit, allen Marktteilnehmern „Sicherheit mit Blick auf Planungen und Investitionen“ geben zu wollen. Anzumerken ist allerdings, dass die Betreiber auch ein wirtschaftliches Interesse an einer großen Wasserstoffinfrastruktur haben. Gem. [\[Klimareporter\]](#) wurde das Szenario auch „politisch gesetzt“. Bei der Modellierung des GTP fehlt Transparenz. Aus dem Prozess wurde eine unqualifizierte Abfrage der Gasmengen berichtet, so dass die Eingangsgrößen in das Modell keiner Datengüteklasse zugeordnet werden können (Quelle intern).

Ein [Gutachten des FhG-IEG](#) zeigt, dass eine zu geringe Auslastung des Netzes bei einer zu frühen Errichtung des Finanzierungsmodell vor große Herausforderungen stellt: „Die neue Kraftwerksstrategie sieht vor, dass die H<sub>2</sub>-ready-Kraftwerke erst zwischen 2035 und 2040 auf Wasserstoff umstellen. Den anfänglichen Leerlauf des Netzes müssen alle Netzkunden dann lange abbezahlen, was ohne Förderung nicht zu stemmen sein dürfte. Durch eine bedarfsorientierte zeitliche Verschiebung von Baumaßnahmen könnte und sollte solch teurer Leerlauf aber reduziert werden“.

Gem. [\[Aurora 2024\]](#) Kurzanalyse zum FNP-Entwurf ist „eine weitergehende detaillierte Analyse notwendig ist, um die Auswahl robuster Kernnetz-Bestandteile zu identifizieren und die Überbauung des Netzes und der Importkapazitäten zielgerichteter vorzunehmen. Die Nachfragevolumina und insbesondere das unterjährige Nachfrageprofil sollten dabei konkretisiert werden.“ Gem. [\[INES-2024\]](#) scheint „angesichts der enormen Wasserstoffverbrauchsmengen ... das Wasserstoff-Kernnetz vielmehr ein Wasserstoff-Zielnetz zu sein und die Wahrheit ist, dass wir das Ziel noch gar nicht genau sehen können. Die Aurora-Kurzanalyse führt uns vor Augen, wie groß die Unsicherheiten bei der Netzplanung derzeit noch sind und wie groß das Risiko ist, dass jetzt Überkapazitäten entwickelt werden, die vielleicht nie eine Auslastung erfahren. Wir empfehlen deshalb, diejenigen Teile des Wasserstoffnetzes zu identifizieren, für die sich eine Relevanz über mehrere Szenarien ergibt. Für diese Netzteile erscheint eine Dimensionierung auf längerfristige Bedarfe sinnvoll.“

Durch fehlende Angaben zu den Eingangsdaten und den Unsicherheiten der Netzplanung liegt analog zum „Realitätscheck“ keine Modellierung definierter Güte vor, so dass der GTP als zentrale Infrastrukturmaßnahme insg. in Frage zu stellen ist.

### **Standards für Modellierungen statt Energiewende Tik-Tok**

Der „Realitätscheck“ für einen „Kurswechsel in der Energiewende“ zeigt sich als „Die Kosten müssen insgesamt runter“ Erzählung, die von den Medien aufgegriffen wird, ohne dass Ziele, Unsicherheiten zu Annahmen und Ergebnissen und resultierende Risiken quantifiziert sind. Der Gasnetztransformationsplan zeigt den Einfluss einer unzureichenden Datenlage mit der Gefahr von dauerhaft steigenden Heizkosten für die Bevölkerung.

Die o.g. Beispiele zeigen, wie der Kurs der Energiewende nicht auf Basis bester möglicher Informationen und wissenschaftlicher Erkenntnisse bestimmt wird und Modellierungen ohne Beachtung von Qualitätsanforderungen für zentrale energiepolitischen Weichenstellungen herangezogen werden.

**Modellierungen hoher Güte ermöglichen belastbare Entscheidungen für eine bezahlbare und saubere Energieversorgung und einen Faktencheck fossiler Erzählungen (Dynamik und Timing von Erzählungen zu beachten).**

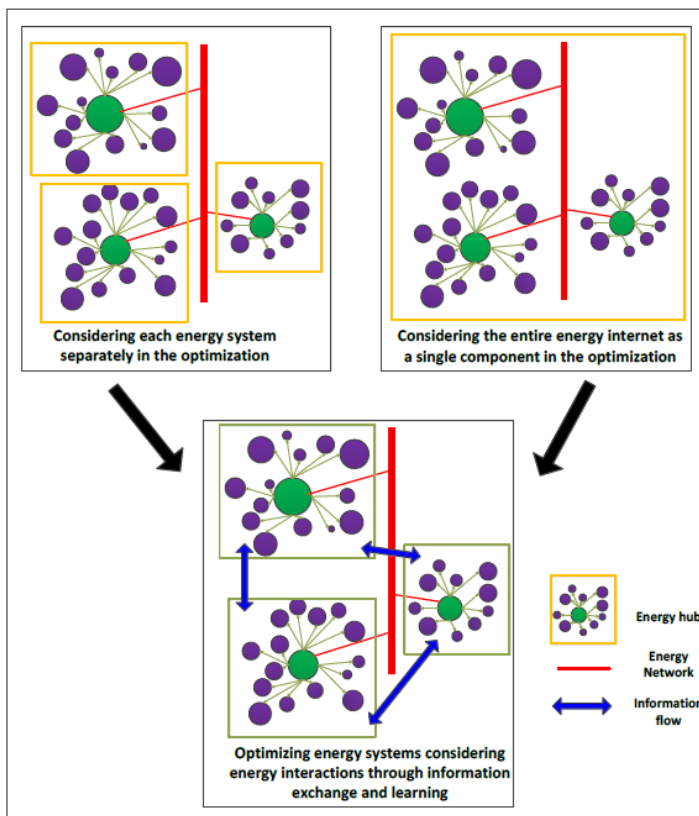
## 5. Lösungsansätze aus beispielhaften Modellierungen

### Vorteile dezentraler Strukturen

Gem. [Barrage 2024] liegt der mit DICE-2023 abgeschätzte Barwert der wirtschaftlichen Vorteile einer <2°C-Politik bei ca. 107 Billionen US-Dollar, der einer kosten-nutzenoptimalen Politik bei ca. 120 Billionen US-Dollar (DICE ist das am weitesten verbreitete IAM für den Klimawandel, das von den USA und anderen Regierungen zur Berechnung der sozialen Kosten von CO<sub>2</sub> sowie zur Erstellung konsistenter Szenarien und zur Bewertung von Strategien und Unsicherheiten eingesetzt wird). Eine Literatursichtung zeigt überwiegende Vorteile von Paris-konformen dezentralen Prosumer-Szenarien gegenüber zentralen Versorgungsansätzen.

[Zuse 2023] identifiziert Wege (2020–2050) für den Energiemix in einem Szenario der CO<sub>2</sub>-Neutralität „Central World“ und einem Szenario der CO<sub>2</sub>-Neutralität „Decentral Prosumer“, wobei der Übergang des Energiesystems entlang eines Weges, wie er im Szenario „Decentral Prosumer“ beschrieben wird, deutlich kostengünstiger sein wird. Kleine PV-Anlagen mit Hausbatterien können große zentrale Erzeugungseinheiten verdrängen: „dann überleben (fast) keine Kernkraftwerke“.

[Crespo del Granado 2022] untersucht in Bezug auf das deutsche Stromnetz verschiedene Ansätze: Die Studie zeigt, dass in einem Zukunftsszenario mit höheren Anteilen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen die Nutzung dezentraler Energiequellen sowohl für die Netzbetreiber als auch für die Eigentümer der Anlagen langfristige Vorteile bieten kann (vgl. a. [Roland Berger 2025], [Arthur D. Little 2025]). [Brucke 2025] zeigt „dass dynamische Endverbraucherpreise in Verbindung mit dynamischen Einspeisetarifen in der Lage sind, Anreize für ein nahezu 100 % systemfreundliches Verhalten von dezentralen Prosumern zu schaffen“. Entsprechende Modellierungen zeigen [Brucke 2025], [Perera 2021] und [Javanroodi 2023].



**Bild 3 (Quelle Perera)**

Die beiden oberen Felder zeigen die derzeitigen Ansätze bei der Planung verteilter Energiesysteme.

Das Feld oben links betrachtet jedes Energiesystem (CELL) separat und optimiert es.

Das Feld oben rechts betrachtet das gesamte „Energie-Internet“ als ein einziges System und optimiert die Superstruktur (SYSTEM).

Das untere Feld zeigt, was die Autoren von Energiesystemen der Zukunft erwarten. Sie lernen durch Interaktion mit benachbarten Energiesystemen (MULTI-CELL) und passen sich in der Auslegung und Erzeugung an die lokalen Gegebenheiten an.

Der Informationsfluss über die scp-CELL-API soll diesen Prozess unterstützen.

Gem. [Tolonen 2023] „standen konventionelle Energiesysteme lange Zeit unter dem Einfluss großer Unternehmen, die für die Energieerzeugung und -übertragung zuständig waren. Gleichzeitig

wurden die Bürgerinnen und Bürger entmündigt und ihre Beteiligung beschränkte sich auf den Verbrauch. Die Entwicklung dezentraler Energiesysteme und Energiegemeinschaften bietet das Potenzial, die Energieversorgung bodenständiger, partizipativer, integrativer, transparenter, zugänglicher und erschwinglicher zu machen. Die Marktliberalisierung, bei der Handelsprinzipien für Gemeinschaften ermöglicht werden (z. B. Steuern, Gebühren), ist ein besonders relevanter Bereich für die Regulierung im Bereich der Energiegemeinschaften“.

Der Erfolg des ersten deutschen „wirklich“ energieautarken Ortsteils Feldheim in Brandenburg liegt in der Bereitstellung günstiger Energie aus eigenen Netzen, gegenseitigem Vertrauen und dem nachweisbasierten Erreichen von Zielen (s.a. [Wikipedia](#)) Durch „system friendliness“ können städtische Quartiere mit Einbindung in das Gesamtenergiesystem Kapazitäten bereitstellen oder z.B. ihre Lasten bedarfsgerecht reduzieren. In einem transformierten Energiesystem können verschiedene Quartiere zusammenwirken (vgl. **Bild 3**).

Wenn die Energiekosten dezentraler Systeme oder kalter Nahwärme nur die Hälfte der Kosten zentraler Versorgungsstrukturen betragen, geraten bestehende Geschäftsmodelle in Bedrängnis. Um den (fossilen) Status Quo aufrechtzuhalten können durch verengte Beauftragungen aus der Politik z.B. wirtschaftliche Vorteile dezentraler Prosumer ausgeklammert werden.

### **Risiken und Potentiale offen einbeziehen**

Gem. [Workman 2020] basieren „die meisten globalen Emissionsszenarien mit einer Begrenzung der globalen Erwärmung auf < 2 °C auf dem großflächigen Einsatz von Bioenergie mit Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (BECCS), um eine Überschreitung der atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Budgets auszugleichen. Jüngste Kritiken haben die ethischen und ökologischen Risiken dieser Strategie sowie die Gefahr hervorgehoben, eine langfristige Klimapolitik auf solch *spekulativen technologischen Szenarien* aufzubauen, die aus integrierten Bewertungsmodellen hervorgehen“.

[Persson 2011] weist auf die nicht erschlossenen Potentiale der Fernwärme aus Abwärme hin. Das gesamte europäische Potenzial der Wärmerückgewinnung wurde 2011 auf 2.833 TWh geschätzt, dies entsprach 89 % des Gesamtwärmebedarfs in den Wohn- und Dienstleistungssektoren. Analog werden z.B. Potentiale tiefer Geothermie nicht einbezogen (barrierefreier Zugang z.T. behindert).

### **Rollenwechsel stärkt Demokratie**

Die „Befähigung der Bürgerinnen und Bürger, neue, aktivere Rollen zu übernehmen“, ist laut [Bögel 2023] ein zentrales Element für eine erfolgreiche Energiewende. „Modelle, die eine direkte Beteiligung und Prosumer-Praktiken von Einzelpersonen ermöglichen, werden jedoch noch nicht in großem Umfang umgesetzt“. Um die Energiewende aktiv und positiv zu beeinflussen, bedarf es eines „ermächtigenden Rollenwechsels“. Gem. [Europäischer Rechnungshof 2026] schaffen Regierungen alleine jedoch bislang nicht die notwendigen Voraussetzungen, um Energiegemeinschaften zu unterstützen.

[Burke 2018] untersucht die Beziehungen zwischen konzentrierter oder verteilter erneuerbarer Energie und politischer Macht. Eine verteilte Energiepolitik geht davon aus, dass verteilte Energiequellen und -technologien verteilte politische Macht ermöglichen und organisieren und umgekehrt. Die Studie sucht Wege, um verteilte Energieströme in aggregierte und konzentrierte Energievorräte und andere Formen politischer Macht umzuorganisieren. Eine demokratischere Zukunft der erneuerbaren Energien könnte davon profitieren, dass demokratische Praktiken und Ergebnisse gestärkt werden und die Demokratisierung der Energiesysteme auf alle Komponenten, Stufen und Endnutzungen ausgedehnt wird.

### **Hochwertige Modellierungen befähigen Bürger\*innen und unterstützen die Demokratie.**

## 6. Grundsätze guter Modellierung

[Midttun 1986] schlägt vor, Modellierungen anhand einiger gleicher Maßstäbe zu bewerten, die aus der Politik bekannt sind. Zu stellende Fragen sind:

- Sind alle relevanten gesellschaftlichen Interessen angemessen vertreten?
- Sind die grundlegenden Annahmen klar und offen für eine öffentliche Debatte?
- Wie fair und offen sind die Verfahren zur Auswahl von Modellen und Prognosen?
- Wie unparteiisch ist das Umsetzungssystem bzgl. alternativer Energiezukunftsszenarien?

Gem. [DeCarolis 2017] erfordern ESOM-Eingabedatensätze eine iterative Verfeinerung, die durch einen Kalibrierungsprozess erreicht wird. „Es ist unerlässlich, dass Modellierer bei der Hinzufügung von Restriktionen im Rahmen des Kalibrierungsprozesses Vorsicht walten lassen, da die Ergebnisse andernfalls lediglich die vorgefassten Meinungen der Modellierer widerspiegeln könnten. Alle Modell- und Datenverfeinerungen sollten sorgfältig dokumentiert und aktiv hinterfragt werden“. Eine ggf. parallele Grobmodellierung mit wesentlichen Fragen, Parametern und Zusammenhängen kann dazu beitragen, dass komplexe Sachverhalte überschaubar und nachvollziehbar bleiben.

Gem. [Göke 2022] sollten „Planungsmodelle ... offen und zugänglich sein, um die Beteiligung der Interessengruppen zu erleichtern, unnötig komplexe Methoden vermeiden, um die Voreingenommenheit von Experten zu minimieren, und einen großen Umfang anstreben, um politisch relevant zu sein. Anstatt zu versuchen, soziale Präferenzen und Überzeugungen in technischen Modellen zu simulieren, sollte die Szenarioentwicklung eine breite und aktive Beteiligung aller Interessengruppen, einschließlich der Bürger, anstreben.“

### Transparenz

Gem. [Göke 2022] „müssen die Methoden und Inputs von Szenarien transparent sein, damit alle Beteiligten in der Debatte über das nötige Wissen verfügen, um sie kritisch zu bewerten.“ Gem. [Domazet 2025] ist einer *klaren Formulierung der Vision für den gewünschten Endzustand* Vorrang einzuräumen, die im Voraus der Öffentlichkeit und den Interessengruppen vermittelt werden kann.

[Bock 2025] fordert eine verbesserte *Modelldokumentation und Berichterstattung* über die Ergebnisse, [Fodstadt 2022] die Berücksichtigung von Studien, die Unsicherheiten im Zusammenhang mit aufkommenden Technologien modellieren.

[Yue 2018] führt eine umfassende Überprüfung der Unsicherheitstechniken durch, die auf ESOM-Modelle angewendet wurden. Anstatt von einer perfekten Vorhersehbarkeit für die nächsten Jahrzehnte auszugehen, sollten Modellierer sich bewusst sein, dass Entscheidungen kurzfristig getroffen werden können, und ständig nach besseren Wegen suchen, um Unsicherheiten bei politischen Veränderungen richtig einzuschätzen und zu kommunizieren. [Yue 2018] bietet Modellierern Leitlinien und Empfehlungen in Form eines Flussdiagramms, das die wichtigsten politischen Erkenntnisse für jede Unsicherheitstechnik zusammenfasst und eine Grundlage für die Auswahl der zu verwendenden Unsicherheitstechnik bietet.

### Umgang mit Ungenauigkeiten

Gem. [Göke 2022] sind „Prognosen zu Energieszenarien insg. häufig ungenau, ebenso wie Wirtschaftsprognosen, unter anderem, weil sie für Annahmen zum Energiebedarf auf Wirtschaftsprognosen zurückgreifen müssen. Die Schwierigkeit, vorherzusagen, wie sich beispiellose Ereignisse auf das Energiesystem auswirken werden, trägt zu den unvermeidlichen Ungenauigkeiten bei. Um auf dem Laufenden zu bleiben, sind selbst langfristige Szenarien für die nächsten 30 Jahre, wie der World Energy Outlook (WEO), so schnell veraltet, dass sie jedes Jahr einer umfassenden Überarbeitung bedürfen. Ähnlich wie bei Wirtschaftsprognosen haben Energieszenarien Schwierigkeiten,

exogene Schocks zu berücksichtigen, die sich auf die Nachfrage oder die Brennstoffpreise auswirken. Darüber hinaus vernachlässigen Szenarien oft größere Veränderungen und gehen von einer übermäßig konservativen Fortsetzung der aktuellen Trends aus. Ein prominentes Beispiel ... zeigt, wie der WEO in den letzten zehn Jahren die Solarinstallationen kontinuierlich unterschätzt hat, obwohl die Schätzungen kontinuierlich nach oben korrigiert wurden.“

[Usher 2023] weist auf die Notwendigkeit hin, dass angesichts der Kluft zwischen der Realität und den ehrgeizigen Klimazielen Nutzer und Entwickler von ESOMs das Verhalten ihrer Modelle hinterfragen. Vorgestellt werden *Leitlinien zur Durchführung einer globalen Sensitivitätsanalyse (GSA)* eines Energiesystemmodells als Ergänzung zu bestehenden Methoden wie, Modellvergleichen und der Erforschung von Extremszenarien. Mit dem Ansatz lässt sich feststellen, welche unsicheren Parameter die Modellergebnisse am meisten beeinflussen.

### **Berücksichtigung schneller Änderungen und Extreme**

Gem. [Sgouridis 2022] können Energiesysteme und ihre Übergänge aus techno-ökonomischer, sozio-technischer und politischer Perspektive analysiert werden. Die techno-ökonomische Perspektive konzentriert sich auf Energieflüsse, Energieumwandlungstechnologien und die Verfügbarkeit von Ressourcen. ... Die techno-ökonomische Perspektive allein ist nicht in der Lage, sich radikale Veränderungen vorzustellen und politikgesteuerte Technologie-Innovationszyklen zu etablieren. Dies ist besonders kritisch für Energiesysteme im Umbruch, ...“.

[Perera 2023] entwickelt einen Modellierungsrahmen mit mehrskaligen Klima- und Energiesystemmodellen, um die kombinierten Auswirkungen zukünftiger Klimaschwankungen und der städtischen Verdichtung auf die Integration erneuerbarer Energien für 18 europäische Städte zu bewerten. Die Studie beobachtet eine deutliche Veränderung von Windgeschwindigkeiten und Temperatur, was zu einem bemerkenswerten Anstieg sowohl des Spitzen- als auch des Jahresenergiebedarfs führt. „Daher werden während der Energiewende zusätzliche Kosten in Höhe von 20 bis 60 % erforderlich sein, um die Klimaresilienz zu gewährleisten. Werden *extreme Klimaereignisse* nicht berücksichtigt, sinkt die Zuverlässigkeit der Stromversorgung um bis zu 30 %“.

[Usher 2023] weist darauf hin, dass es bei größer werdender Kluft zwischen der Realität und den ehrgeizigen Klimazielen umso wichtiger für die Nutzer und Entwickler von ESOMs wird, das Verhalten ihrer Modelle zu hinterfragen.

### **Open source und Multi-Modell Ansätze**

Gem. [Göke 2022] wird in der wissenschaftlichen Literatur der Bedarf an transparenten Szenarien und offenen Modellen allgemein anerkannt.

[Lombardi 2025] fordert eine Modellierungsphase 3.0 mit „offenen Annahmen“, wobei die Verständlichkeit des veröffentlichten Materials im Vordergrund steht. „Was offene Annahmen betrifft, schlagen wir vor, dass jede Modellanalyse von einer expliziten, sichtbaren Liste sowohl der Annahmen als auch der Aspekte begleitet wird, die trotz ihrer potenziellen Relevanz für eine bestimmte Forschungsfrage nicht in das Modell aufgenommen wurden. Anstatt zu versuchen, alle Herausforderungen der Energiewende in allumfassende, monolithische Modelle zu pressen, sollten Modellierer danach streben, mit einer Vielzahl modularer Modelle zu arbeiten. Technisch detaillierte, komplexe Modelle sollten bei Bedarf mit einfacheren Modellen kombiniert werden, die ein klares Verständnis der Wechselbeziehungen zwischen Inputs und Outputs ermöglichen und andere praktisch relevante Fragen untersuchen können, wie beispielsweise die Auswirkungen unterschiedlicher Weltanschauungen oder disruptiver Ereignisse. - Die Modellierung sollte so weit wie möglich ein ko-kreativer, partizipativer Ansatz sein, an dem viele Interessengruppen beteiligt sind. Das Wissen der Interessengruppen kann in mehreren Phasen eines Modellierungsprozesses einen Mehrwert schaffen und ist entscheidend für die Auswahl der richtigen (Kombination von)

Modellen für die richtigen Forschungsfragen, wodurch die Vorteile von Offenheit und Transparenz maximiert werden“.

Analog empfiehlt [McPherson 2023] verschiedene Modelle zusammen zu verwenden, um politische Schlussfolgerungen zu ziehen, die detailliert und ganzheitlicher sind als die Schlussfolgerungen, die aus einem einzelnen Modell gezogen werden können.

Zu prüfen ist inwieweit über Systemmodellierung hinaus Modelle des Finanzmarktes, des Klimas (z.B. IPCC, NatCat, ...) von Kommunen und Gebäuden unter Einbezug von Messwerten kombiniert werden können.

[Fodstadt 2022] schlägt vor allgemeine, mehrstufige Modellierungsrahmen zu schaffen, dabei ist die *Modellierung des Energieverbraucherhaltens* einer der wichtigsten Aspekte der zukünftigen Forschung. [Wen 2022] schlägt einen Modellgenauigkeitstest vor, um Energiemodelle und -szenarien rückwirkend in mehreren Dimensionen zu bewerten. [Catenazzi 2009] schlägt eine Hybridmodellierung durch die Kopplung von Bottom-up- und Top-down-Modellen vor. Einen entsprechenden Ansatz zeigt [TIROLER ENERGIEMONITORING 2014]. [[sdp 2026](#)] stellt zur Hybridmodellierung und Kalibrierung von Modellen eine messwertbasierte Schnittstelle auf der Ebene von Gebäuden und Quartieren vor.

[Rocha 2023] beschreibt die Vision eines „Modell-Multiversums“, das flexibel, reaktionsschnell und innovativ sein soll. „Anstatt einen einzigen Modellierungsansatz dominieren zu lassen, fordern wir ein Multiversum miteinander verbundener Modellierungsansätze, um die vielen verschiedenen Arten von Problemen anzugehen, wobei sowohl bestehende Werkzeuge genutzt als auch neue entwickelt werden (wie prozessspezifische Modelle, digitale Erden, verbesserte Erdsystemmodelle (ESMs), physikalische Emulatoren und Ansätze des maschinellen Lernens). Wir müssen reaktionsfähiger und agiler werden, um unsere Bemühungen auf spezifische wissenschaftliche Entdeckungen und die Bedürfnisse der Nutzer zu konzentrieren.“

[Fallahnejad 2024] zeigt, wie ein Modellierungsansatz mit einer Open-Source-Lizenz implementiert wurde, um die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und die Möglichkeit der Durchführung weiterer Analysen unter verschiedenen Wärmebedarfsszenarien zu erleichtern. Außerdem folgen die Ergebnisse der Analysen dem FAIR-Prinzip.

[Henke 2024] unterstreicht auch die Notwendigkeit von Gemeinschaftsstandards für die Definition von Regionen und von Informationen über die gemeldeten Variablen, um künftige Vergleiche zu erleichtern.



**Die vorstehenden Grundsätze guter Modellierung aus einer ersten Literatursichtung sind nicht vollständig. Sie verstehen sich als Sammlung zur Ausarbeitung von Qualitätsstandards.**

## 7. Erste Empfehlungen für Qualitätsstandards zur System-Modellierung

Einfache Empfehlungen betreffen die Beachtung der Regeln gem. [Midttun 1986], die Angabe von Zielen, Eingangsgrößen und Unsicherheiten sowie die Benennung von Auftraggebern und Aufgabenstellungen. Beispielhafte Kriterien nach [Midttun 1986] sind:

- Alle relevanten gesellschaftlichen Interessen sind angemessen vertreten,
- Grundlegende Annahmen klar und offen für eine öffentliche Debatte,
- Verfahren zur Auswahl von Modellen und Prognosen fair (vgl. [Wilkinson 2016]) und offen,
- Unparteiisches Umsetzungssystem, bzgl. Umsetzung alternativer Energiezukunftsszenarien.

Komplexe Modelle sollten mit einfacheren Modellen kombiniert werden, die ein klareres Verständnis der Wechselbeziehungen zwischen Inputs und Outputs ermöglichen. Angesichts der dynamischen Vorgänge und der Bedeutung des Timings in politisch-medialen Prozessen sind Modellierungsergebnisse z.T. kurzfristig notwendig.

Vorgeschlagen wird mit der Offenlegung des Modellierungsrahmens eine Kenntlichmachung, welche Bereiche modelliert wurden (SDGs mit sozialen Aspekten, planetary boundaries mit z.B. Artenvielfalt) und in welchem Umfang künstliche Intelligenz (Art, Trainingsdaten) eingesetzt wurde.

In Anlehnung an die kommunale Bilanzierung nach [BISKO](#) wird die Einführung von Datengüteklassen für Modellierungsergebnisse vorgeschlagen (nachfolgend Bsp. BISKO).

- Datengüte A (Regionale Primärdaten) -> Faktor 1
- Datengüte B (Hochrechnung regionaler Primärdaten) -> Faktor 0,5
- Datengüte C (Regionale Kennwerte und Statistiken) -> Faktor 0,25
- Datengüte D (Bundesweite Kennzahlen) -> Faktor 0

Die Modellierungs-Kriterien sind entsprechend festzulegen. Insgesamt kann so eine Datengüte als Prozentwert (sehr gut = 1; sehr schlecht = 0) ausgewiesen werden. Um ungeeignete Modelle bzw. Intransparenz und Greenwashing offenzulegen ist das entsprechende Labeln auch von Modellen zu prüfen. Ein Presse-Leitfaden zur Erläuterung der Gütekriterien ist zu erarbeiten.

Zu prüfen ist die Kalibrierung von Modellen z.B. zur H<sub>2</sub>-Eignungsprognose und Wärmeplanung mit historischen, aktuellen und prognostizierten Daten mit einer Offenlegung der jeweiligen Datenbasis. Ein Beispiel ist ein messtechnischer „real world“-Abgleich an Netzknoten durch die Erfassung der Residual-Last mit Bedarfs- und Einspeisewerten in viertelstündiger Auflösung (MTRESS-Modell der DLR, s.a. [sdp-CNB-API](#)).

Gem. Literatursichtung sind offene und ganzheitliche Multi-Modell-Ansätze geeignet, um die Herausforderungen durch nichtlineare und schnelle Veränderungen zu berücksichtigen. Es ist zu prüfen, ob durch mehrere Institute und die Zivilgesellschaft (z.B. verschiedene gemeinnützige Stiftungen mit je SDG-Schwerpunkten) ein Multi-Modell-System eingerichtet und dauerhaft auf dezentralen Servern (s. [sdp Philosophie](#)) betrieben werden kann.

---

**Der vorliegende Beitrag ist ein Impuls aus der Erstellung des sdp-h2-Wiki.** Es ist zu prüfen inwieweit Standards, Kriterien und Leitlinien (s.a. FAIR-Principles und Sorbonne-Declaration) mit fachkundigen Modellierenden, Netzwerken wie z.B. [openmod](#), IAMC ([Integrated Modeling Consortium](#)), MIPs ([Modeling Intercomparison Projects](#)), [SENTINEL](#) oder dem [German Research Network for Energy System Analysis](#) und Instituten wie DLR, RLI, FhG weiterentwickelt werden können.

## Literatur

- [Agora 2024] Lea Nesselhauf et al, Agora Think Tanks: Klimaneutrales Deutschland. Von der Zielsetzung zur Umsetzung, 2024, Download 2025-07-21: [https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30\\_DE\\_KNDE\\_Update/A-EW\\_344\\_Klimaneutrales\\_Deutschland\\_WEB.pdf](https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-30_DE_KNDE_Update/A-EW_344_Klimaneutrales_Deutschland_WEB.pdf)
- [Allianz 2025] Allianz Research, The market alone won't fix it: the dilemma of climate-neutral real estate, 8 July 2025, Download 2025-11-04: [https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz\\_com/economic-research/publications/specials/en/2025/july/2025-07-08-Real-Estate-Transition.pdf](https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/economic-research/publications/specials/en/2025/july/2025-07-08-Real-Estate-Transition.pdf)
- [Antenucci 2019] Andrea Antenucci et al, Can models for long-term decarbonization policies guarantee security of power supply? A perspective from gas and power sector coupling, August 2019, Energy Strategy Reviews 26(2), DOI:10.1016/j.esr.2019.100410
- [Arthur D. Little 2025] Florence Carlot et al, Capturing value from residential flexibility, 2025, Download 2025-10-06: [https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL%20Capturing%20value%20from%20residential%20flexibility%202025\\_0.pdf](https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL%20Capturing%20value%20from%20residential%20flexibility%202025_0.pdf)
- [Barani 2025] Barani et al, European Energy Vision 2060: Charting Diverse Pathways for Europe's Energy Transition, January 2025, DOI:10.48550/arXiv.2501.12993
- [Barrage 2024] Lint Barrage, William Nordhaus, Policies, projections, and the social cost of carbon: Results from the DICE-2023 model, PNAS 2024 Vol. 121 No. 13 e2312030121, Download 2025-08-21 <https://www.pnas.org> by 74.72.234.72
- [Beaud 2023] Beaud, M. et al, Performance gaps between energy system planning and operation: a study exploring the impacts of model fidelity and dispatch strategy, Download 2025-05-30: [10.1088/1742-6596/2600/3/032016](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/3/032016)
- [Beulertz 2019] Daniel Beulertz et al, Development of a Modular Framework for Future Energy System Analysis, November 2019, DOI:10.1109/UPEC.2019.8893472
- [Blanco 2024] Luis Blanco, et al, Data-driven classification of Urban Energy Units for district-level heating and electricity demand analysis, Sustainable Cities and Society, Volume 101, February 2024, 105075: Download 2025-08-27: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670723006856>
- [Beckert 2013] [29] J. Beckert. Imagined futures: fictional expectations in the economy. Theory and Society, 42:219–240, 2013. doi: 10.1007/s11186-013-9191-2.
- [BMBF 2025] Gunnar Luderer, Sebastian Herkel, et al: Die Energiewende kosteneffizient gestalten: Szenarien zur Klimaneutralität, März 2025. Kopernikus-Projekt Ariadne, Potsdam. <https://doi.org/10.48485/pik.2025.003>, Download 2025-07-19: [https://ariadneprojekt.de/media/2025/03/Ariadne-Report\\_Szenarien2025\\_Maerz2025\\_lowres.pdf](https://ariadneprojekt.de/media/2025/03/Ariadne-Report_Szenarien2025_Maerz2025_lowres.pdf)
- [Bock 2025] Franziska Bock, Stefan Pfenninger-Lee, Rarely pure and never simple: Exploring perceptions of truth and objectivity in energy modelling and scenarios, Energy Research & Social Science Volume 127, September 2025, 104229, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104229>
- [Bögel 2023] Trenks, H., Bögel, P.M. Empowering citizens for the energy transition: facilitating role change through real-world experiments. Sustain Sci 19, 715–737 (2024). Download 2025-05-17: <https://doi.org/10.1007/s11625-023-01453-7>
- [Brucke 2024] Karoline Brucke, Sunke Schlüters, Benedikt Hanke, Carsten Agert, Karsten von Maydell, System friendliness of distributed resources in sustainable energy systems, Applied Energy, Volume 377, Part C, 2025, Download 2025-07-14: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124607>.
- [Brulle 2024] Climate Obstruction across Europe, Edited by: Robert J. Brulle, J. Timmons Roberts and Miranda C. Spencer, Oxford University Press. Edited by Robert J. Brulle, Download 2025-05-31: <https://cssn.org/wp-content/uploads/2024/05/Climate-Obstruction-in-Europe.pdf>
- [Burke 2018] Matthew J. Burke, Jennie C. Stephens, Political power and renewable energy futures: A critical review, Energy Research & Social Science, Volume 35, 2018, Pages 78-93, ISSN 2214-6296, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.10.018>.
- [Bundesingenieurkammer 2012] Stellungnahme der Bundesingenieurkammer zur Novellierung des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG) und der Energieeinsparverordnung (EnEV) - 15.10.2012. Berlin, 2012
- [Catenazzi 2009] Catenazzi, G., 2009. Advances in Techno-Economic Energy Modeling: Costs, Dynamics and Hybrid Aspects (Ph.D. thesis). ETH Zurich, <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-005830048>.

## Kurs halten auf saubere und bezahlbare Wärme: Anforderungen an System-Modellierungen

- [Chaturvedi 2013] Chaturvedi V., S.H. Kim, S.J. Smith, L.E. Clarke, Y. Zhou, G.P. Kyle, and P.L. Patel. 2013. "Model Evaluation and Hindcasting: An Experiment with an Integrated Assessment Model." Energy 61. PNNL-SA-94641. doi:10.1016/j.energy.2013.08.061
- [Crespo del Granado 2018] Crespo del Granado et al., Modelling the energy transition: A nexus of energy system and economic models, April 2018, Energy Strategy Reviews 20:229-235, DOI:10.1016/j.esr.2018.03.004
- [Crespo del Granado 2022] The value of TSO-DSO coordination in re-dispatch with flexible decentralized energy sources: Insights for Germany in 2030, November 2022, Applied Energy 326(1):119905, DOI:10.1016/j.apenergy.2022.119905
- [DeCarolis 2017] Joseph DeCarolis et al, Formalizing best practice for energy system optimization modelling, Applied Energy, Volume 194, 15 May 2017, Pages 184-198, DOI:[10.1016/j.apenergy.2017.03.001](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.03.001)
- [Drijfhout 2025] Sybren Drijfhout et al, Shutdown of northern Atlantic overturning after 2100 following deep mixing collapse in CMIP6 projections, 2025, Environ. Res., Lett. 20, 094062
- [DUH 2025-1] Deutsche Umwelthilfe, Constantin Zerger, Constantin Zerger, Pressemitteilung 30.06.2025, Brisantes Energiewendemonitoring: Deutsche Umwelthilfe deckt mit vertraulichem Auftragsdokument geplante Klimaschutz- und Innovationsblockade von Katherina Reiche auf, Download 2025-07-17: <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/brisantes-energiewendemonitoring-deutsche-umwelthilfe-deckt-mit-vertraulichem-auftragsdokument-gepl/>
- [DUH 2025-2] Deutsche Umwelthilfe, Constantin Zerger, PM 30.06.2025, Leistungsbeschreibung Energiewendemonitoring mit unbekanntem Stand in PM „Brisantes Energiewendemonitoring: Deutsche Umwelthilfe deckt mit vertraulichem Auftragsdokument geplante Klimaschutz- und Innovationsblockade von Katherina Reiche auf“, Download 2025-07-17: <https://www.duh.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/brisantes-energiewendemonitoring-deutsche-umwelthilfe-deckt-mit-vertraulichem-auftragsdokument-gepl/>
- [Domazet 2025] Mladen Domazet, The degrowth doughnut, In book: Routledge Handbook of Degrowth (pp.211-231), Institute of Philosophy, July 2025, DOI:10.4324/9781032650159-19
- [DVGW 2023-1] DVGW-Studie zu Wasserstoffkosten für die Wärmeversorgung in Deutschland. Was kostet der Wasserstoff in Zukunft? Eine Einordnung zukünftiger Wasserstoffkosten für die Wärmeversorgung in Deutschland, 26. Oktober 2023, erstellt durch Frontier Economics, abgerufen 2024-11-1: <https://www.dvgw.de/medien/dvgw/leistungen/publikationen/dvgw-frontier-h2-preise-und-kosten-factsheet.pdf>
- [ESABCC 2024] European Scientific Advisory Board on Climate Change, Assessment Report 2024, Jan. 2024, Copenhagen, Download 2026-03-05: <https://climate-advisory-board.europa.eu/reports-and-publications/towards-eu-climate-neutrality-progress-policy-gaps-and-opportunities>
- [Europäischer Rechnungshof 2026] Europäischer Rechnungshof, Sonderbericht 10/2026 "Energiegemeinschaften – Potenzial ist noch nicht voll ausgeschöpft", Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2026, Download 2026-03-25: [https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2026-10/SR-2026-10\\_DE.pdf](https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2026-10/SR-2026-10_DE.pdf)
- [Expertenkommission 2024] Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring, Monitoringbericht Zusammenfassung, Berlin · Bochum · Freiburg · Nürnberg, Juni 2024; [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zusammenfassung-monitoringbericht-expertenkommission-zum-energiewende-monitoring.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/XYZ/zusammenfassung-monitoringbericht-expertenkommission-zum-energiewende-monitoring.pdf?__blob=publicationFile&v=6)
- [Expertenkommission 2025] Prof. Dr. Andreas Löschel et al, Expertenkommission zum Energiewende-Monitoring, Statusupdate zum Stand der Energiewende, Berlin · Bochum · Freiburg · Nürnberg, März 2025, Download 2025-7-20: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/2025-Statusupdate-Stand-Energiewende.pdf>
- [Fallahnejad 2024] Fallahnejad, Mostafa & Kranzl, Lukas & Haas, Reinhard & Hummel, Marcus & Müller, Andreas & Sánchez García, Luis & Persson, Urban. (2024). District heating potential in the EU-27: Evaluating the impacts of heat demand reduction and market share growth. Applied Energy, Download 2025-05-30: [10.1016/j.apenergy.2023.122154](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122154)
- [FhG-ISE 2021] Julian Brandes et al, WEGE ZU EINEM KLIMANEUTRALEN ENERGIESYSTEM, Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen, Update November 2021: Klimaneutralität 2045, Download 2025-07-20: <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/da7efd50-6bc0-4e62-9ed4-97372efa832a/content>
- [Fodstadt 2022] Marte Fodstad, Pedro Crespo del Granado, Lars Hellemo, Brage Rugstad Knudsen, Paolo Piscicella, Antti Silvast, Chiara Bordin, Sarah Schmidt, Julian Straus, Next frontiers in energy system modelling: A review on challenges and the state of the art, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 160, 2022, 112246, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112246>.

- [Franzius 2025] FEU RESEARCH PAPER NO. 19/2025, Prof. Dr. Claudio Franzius, KLIMASCHUTZRECHT: EINE MOMENTAUFNAHME, Feb. 2025, Download 2025-05-07: [https://www.uni-bremen.de/fileadmin/user\\_upload/fachbereiche/fb6/feu/FEU/Arbeitspapiere FEU/FEU AP19 Franzius Klimaschutzrecht Eine Momentaufnahme.pdf](https://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/fachbereiche/fb6/feu/FEU/Arbeitspapiere_FEU/FEU_AP19_Franzius_Klimaschutzrecht_Eine_Momentaufnahme.pdf)
- [Frey 2024] Ulrich J. Frey et al, Tackling the multitude of uncertainties in energy systems analysis by model coupling and high-performance computing, *Front. Environ. Econ.*, 23 October 2024, Sec. Energy Economics, Volume 3 - 2024 | <https://doi.org/10.3389/freec.2024.1398358>
- [Göke 2022] Leonard Göke, Jens Weibezahn, Christian von Hirschhausen, A collective blueprint, not a crystal ball: How expectations and participation shape long-term energy scenarios, *March 2023 Energy Research & Social Science* 97(1):102957, DOI: 10.1016/j.erss.2023.102957
- [Gavrysh 2025] Oleksiy Gavrysh, H.E. Ambassador of Ukraine to the Kingdom of Norway and Iceland, Vortrag, 2025: Shaping the Future of Global Energy: Lessons from Ukraine, internes Dokument
- [Henke 2024] Henke H, Dekker M, Lombardi F et al. Comparing energy system optimization models and integrated assessment models: Relevance for energy policy advice [version 2; peer review: 2 approved, 1 not approved]. *Open Res Europe* 2024, 3:69 (<https://doi.org/10.12688/openreseurope.15590.2>)
- [Hubig 1993] Christoph Hubig, Die ethische Verantwortung des Ingenieurs gegenüber der Umwelt, in: V. Liebig (Hg.), *Technik – Umwelt – Ethik. Zur ethischen Verantwortung des Ingenieurs für die ökologischen Auswirkungen der Technik*, Alsbach 1993 (Sonderheft Ethik 2 der Zs. Report, Nr. 32), S. 41-49
- [Inderberg 2024] Tor Håkon Jackson Inderberg et al, Identifying and analysing important model assumptions: Combining techno-economic and political feasibility of deep decarbonisation pathways in Norway, *Energy Research & Social Science*, Volume 112, June 2024, 103496, Download 2025-07-24: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629624000872>
- [IW-Koeln 2025] Rechtsaußen-Erstarken in Deutschland: Implikationen für den Wirtschaftsstandort, Matthias Diermeier, Knut Bergmann, Benita Zink, Natalie Päßler, Auftraggeber: Vielfalt ist Zukunft, Köln, 18.02.2025: Download 2026-03-24: [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user\\_upload/Studien/Gutachten/PDF/2025/IW-Gutachten\\_2025-Vielfalt-ist-Zukunft.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2025/IW-Gutachten_2025-Vielfalt-ist-Zukunft.pdf)
- [Javanroodi 2023] Kavan Javanroodi, A.T.D. Perera, Tianzhen Hong, Vahid M Nik, Designing climate resilient energy systems in complex urban areas considering urban morphology: A technical review, Dec. 2023, Download 2025-08-13: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666792423000343>
- [Klimareporter 2024] David Zauner, Artikel Klimareporter „Ist das Wasserstoffkernnetz zu groß oder zu klein?“, September 2024, Download 2025-07-18: <https://www.klimareporter.de/technik/ist-das-wasserstoffkernnetz-zu-gross-oder-zu-klein>
- [Kotzur 2024] Leander Kotzur et al, *Advances in Applied Energy*, Volume 4, 19 November 2021, 100063, A modeler's guide to handle complexity in energy systems optimization, Download 2025-07-22: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2021.100063>
- [Krawczyk-2025] Felix Krawczyk, Andreas Ch. Braun, Models like heroes? Making Integrated Assessment Models (IAMs) ready for deep decarbonization and a socio-economic transformation, *Energy Research & Social Science*, Volume 121, March 2025, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.103959>
- [Lehtola 2022] Lehtola et. al, 2022: Digital twin of a city: Review of technology serving city needs. In: *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Volume 114, November 2022, 102915. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102915> [Zuletzt abgerufen am 14.02.2025]
- [Lombardi 2025] Lombardi, F., Süsner, D., Wiese, F., Lilliestam, J., Pfenninger, S. (2025). Open Models Are Not Enough. Advancing Energy System Modelling Towards Practical Usefulness, in: Erdbeer, R.M., Hagenmeyer, V., Stierstorfer, K. (eds) *Modelling the Energy Transition. Poetics of Modelling*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-69031-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-031-69031-0_9)
- [Luo 2025] Lian Luo et al, Cost-effectiveness of removing the last 10%–20% emissions of China's power sector, *Environ. Res. Lett.* 20 (2025) 044035 <https://doi.org/10.1088/1748-9326/adc0b3>
- [Majidi 2025] Majidi, Hassan & Hayati, Mohammad Mohsen & Breyer, Christian & Mohammadi-ivatloo, Behnam & Honkapuro, Samuli & Karjunen, Hannu & Laaksonen, Petteri & Sihvonen, Ville, 2025. "Overview of energy modeling requirements and tools for future smart energy systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, vol. 212(C).
- [Malmborg 2024] Fredrik von Malmborg, Patrik Rohdin & Elin Wihlborg (2024) Climate declarations for buildings as a new policy instrument in Sweden: a multiple streams perspective, *Building Research & Information*, 52:4, 479-496, DOI: 10.1080/09613218.2023.2222320

## Kurs halten auf saubere und bezahlbare Wärme: Anforderungen an System-Modellierungen

[McKinsey 2024] McKinsey & Company: Studie. Zukunftspfad Stromversorgung. Hg. v. McKinsey & Company, Inc., Download 2025-07-20 unter: <https://www.mckinsey.de/news/presse/2024-01-19-zukunftspfad-stromversorgung>

[McKinsey 2025] McKinsey & Company (2025-01-20?): Zukunftspfad Stromnachfrage. Perspektiven zu Veränderungen der Energiebedarfe und deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der Energiewende in Deutschland bis 2035. Hg. v. McKinsey & Company, Inc, Download 2025-07-20: [https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2025/2025-01-20%20zukunftspfad%20stromnachfrage/mckinsey\\_zukunftspfad%20stromnachfrage\\_januar%202025.pdf](https://www.mckinsey.de/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/deutschland/news/presse/2025/2025-01-20%20zukunftspfad%20stromnachfrage/mckinsey_zukunftspfad%20stromnachfrage_januar%202025.pdf)

[McPherson 2023] M. McPherson, E. Rhodes, L. Stanislav, R. Arjmand, M. Saffari, R. Xu, C. Hoicka, M. Esfahlani, Modeling the transition to a zero emission energy system: A cross-sectoral review of building, transportation, and electricity system models in Canada, Energy Reports, Volume 9, 2023, Pages 4380-4400, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.02.090>.

[Meyer 2025] Meyer, T., 2025, Kurzstudie zum „Energiewende-Monitoring“: Grundlage für die Modernisierung unserer Energieinfrastruktur oder selbsterfüllende Prophezeiung zur Bremsung der Energiewende?, hrsg. v. Germanwatch e.V., Download 2026-03-01: [https://www.germanwatch.org/sites/default/files/2025-07/Germanwatch\\_Kurzstudie%20Energiewende-Monitoring\\_final.pdf](https://www.germanwatch.org/sites/default/files/2025-07/Germanwatch_Kurzstudie%20Energiewende-Monitoring_final.pdf)

[Midttun 1986] Atle Midttun, Thomas Baumgartner, Negotiating energy futures The politics of energy forecasting, February 1986, Energy Policy 14(3):219-241, DOI: 10.1016/0301-4215(86)90145-X

[Mikropoulos 2025] Examining pathways for a climate neutral Europe by 2050; A model comparison analysis including integrated assessment models and energy system models, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544225004517>

[Müller 2019] / RWTH Modeling framework for planning and operation of multi-modal energy systems in the case of Germany <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919309559?via%3Dihub>

[Oertel 2025] Elisabeth Oertel, Leonie Singer, CLIMATE OBSTRUCTION, Wie Rechtsaußen-Parteien Klimapolitik blockieren, Raumentwicklung – ARL-Journal für Wissenschaft und Praxis, Heft 02/2025, Download 2026-03-24: [https://www.arl-net.de/system/files/pdf/2025-11/02\\_oertel\\_singer\\_0.pdf](https://www.arl-net.de/system/files/pdf/2025-11/02_oertel_singer_0.pdf)

[Perera 2019-2] Perera A. T. D. , Thèse N° 9389, Solar Energy and Building Physics Laboratory, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Switzerland, Modeling and Assessment of Urban Energy Systems, May 2019, Download 2025-05-30: <https://infoscience.epfl.ch/bitstreams/7049ed67-a05a-475f-9c5c-dfbc94dcdc81/download>

[Perera 2021] Perera, A.T.D., Javanroodi, Kavan, AU - wang, Y., Hong, Tianzhen; Urban cells: Extending the energy hub concept to facilitate sector and spatial coupling, Journal of Applied Energy, June 2021, Download: 2025-06-29: [https://www.researchgate.net/publication/352381063\\_Urban\\_cells\\_Extending\\_the\\_energy\\_hub\\_concept\\_to\\_facilitate\\_sector\\_and\\_spatial\\_coupling](https://www.researchgate.net/publication/352381063_Urban_cells_Extending_the_energy_hub_concept_to_facilitate_sector_and_spatial_coupling)

[Perera 2023] A.T.D. Perera, Challenges resulting from urban density and climate change for the EU energy transition, April 2023, Nature Energy 8(4), DOI:10.1038/s41560-023-01232-9

[Persson 2011] [Realise the Potential! : Cost Effective and Energy Efficient District Heating in European Urban Areas](https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:505458/FULLTEXT02.pdf), THESIS FOR THE DEGREE OF LICENTIATE OF ENGINEERING, Gothenburg, Sweden 2011, Download 2025-05-29: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:505458/FULLTEXT02.pdf>

[Persson 2021] U. Persson, D. Nilsson, B. Möller, and S. Werner, “Mapping local European heat resources: a spatial approach to identify favourable synergy regions for district heating,” Proc DHC13, 13th Int Symp Dist Heat Cool, 2012, [Online]. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hh:diva-19547>.

[Rocha 2023] Rocha, M., Abrahão, G., Gasser, T., & Sanderson, B. (2023). From Earth System Models to Integrated Assessment Models: Bridging the gap in climate modelling. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10357542>

[Roland Berger 2025] Marc Sauthoff, Dominik Löber, Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamt-kosteneffizienten Energiesystem, Ausarbeitung der Roland Berger GmbH im Auftrag der Enpal B.V. , Oktober 2025, Download 2025-10-06: [https://cdn.prod.website-files.com/68b95acfc63166be1c5b8586/68daa0530b851b2e06ef83f5\\_250929\\_Die%20Rolle%20der%20Dezentralen%20Lo%CC%88sungen%20im%20gesamt-kosteneffizienten%20Energiesystem.pdf](https://cdn.prod.website-files.com/68b95acfc63166be1c5b8586/68daa0530b851b2e06ef83f5_250929_Die%20Rolle%20der%20Dezentralen%20Lo%CC%88sungen%20im%20gesamt-kosteneffizienten%20Energiesystem.pdf)

[Ruhnau 2021] Oliver Ruhnau, Michael Bucksteeg, David Ritter, Richard Schmitz, Diana Böttger, Matthias Koch, Arne Pöstges, Michael Wiedmann, Lion Hirth, October 2021, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.

153, January 2022, Download 2026-03-05: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121009758>

[Sgouridis 2022] S. Sgouridis, C. Kimmich, J. Solé et al., 'Visions before models: The ethos of energy modeling in an era of transition', Energy Research & Social Science, Volume 88, June 2022, 102497 <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102497>

[Smith 2022] J. Smith, T.Gasser, T. (2022), Modeling the non-CO2 contribution to climate change. One Earth, 5 (12), pp. 1330-1335, ISSN 2590-3322, doi: 10.1016/j.oneear.2022.11.007

[Smith 2023] Adrian Smith et al, Inclusive innovation in just transitions: The case of smart local energy systems in the UK, Environmental Innovation and Societal Transitions, Volume 47, June 2023, Download 2025-07-23: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210422423000291>

[Song 2022] Dongran Song et al, A critical survey of integrated energy system: Summaries, methodologies and analysis, Energy Conversion and Management, Volume 266, 2022, 115863, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115863>.

[Spirito 2024] Spirito, J, Persson, U. et al, [Assessing district heating potential at large scale: Presentation and application of a spatially-detailed model to optimally match heat sources and demands](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261924012273?via%3Dihub), 2024, Download 2025-05-29: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261924012273?via%3Dihub>

[Stiftung Energieeffizienz 2018] ReConGeb I R E F E R E N Z - C O N T R O L L I N G - G E B Ä U D E, ENDBERICHT zur Vorstudie der energy-check Stiftung Energieeffizienz gGmbH, gefördert mit progres Mitteln des Landes NRW, Köln, 12/2018: Download 2026-03-03: [https://stiftung-energieeffizienz.org/wp-content/uploads/2019/01/ReConGebStart\\_Endbericht\\_2019-01-25.pdf](https://stiftung-energieeffizienz.org/wp-content/uploads/2019/01/ReConGebStart_Endbericht_2019-01-25.pdf)

[Stiftung Energieeffizienz 2025] Stiftung Energieeffizienz, Hintergrundpapier, Erste Herleitung eines Korridors für sozialverträgliche Heizkosten mit Aufzeigen von weiterem Forschungsbedarf, März 2025, Download 2025-03-06: [https://sustainable-data-platform.org/wp-content/uploads/2025/03/2025-03-05\\_SEE-Entwurf-Kostenkorridor.pdf](https://sustainable-data-platform.org/wp-content/uploads/2025/03/2025-03-05_SEE-Entwurf-Kostenkorridor.pdf)

[Süsser 2021] Diana Süsser et al, Model-based policymaking or policy-based modelling? How energy models and energy policy interact, May 2021, Energy Research & Social Science 75(2):101984, DOI: 10.1016/j.erss.2021.101984

[Süsser 2024] Diana Süsser, Connor McGookin, Will McDowall, Francesco Lombardi, Lukas Braunreiter & Stefan Bouzarovski, Rethink Energy System Models to Support Interdisciplinary and Inclusive Just Transition Debates, September 2024, pp 145–157, Download 2025-07-23: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-66481-6\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-66481-6_11)

[Talaat 2024] M. Talaat, M. Tayseer, M.A. Farahat, Dongran Song, Artificial intelligence strategies for simulating the integrated energy systems, Published online: 1 April 2024, Artificial Intelligence Review (2024) 57:106, <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10704-7>

[TIROLER ENERGIEMONITORING 2014] Oblasser, S.; Hertl, A.; Ebenbichler, R.; Fleischhacker, E.: „Tiroler, Energiemonitoring 2013 | Statusbericht zur Umsetzung der Tiroler Energiestrategie“, Innsbruck, 23.04.2014

[Tolonen 2023] Ella Tolonen, Shah Rukh Shakeel, Jouni K. Juntunen, Promoting Just Transition or Enhancing Inequalities? Reflection on Different Energy Community Business Models in Terms of Energy Justice, Vaasa, Finland, 2023, Published in Trading in Local Energy Markets and Energy Communities (Springer)

[Usher 2023] Usher W, Barnes T, Moksnes N and Niet, T. Global sensitivity analysis to enhance the transparency and rigour of energy system optimisation modelling, Open Research Europe 2023, 3:30 <https://doi.org/10.12688/openresearch.15461.1>

[van Dreven 2023] van Dreven, Jonne, Boeva, Veselka, Abghari, Shahrooz, Grahn, Hakan, Al Koussa, Jad, Mo-toasca, Emilia 2023. Intelligent Approaches to Fault Detection and Diagnosis in District Heating: Current Trends, Challenges, and Opportunities. <https://doi.org/10.3390/electronics12061448>

[Vera-Piazzini 2023] Ofelia Giannina Vera Piazzini et al, Building energy model calibration: A review of the state of the art in approaches, methods, and tools, December 2023, Journal of Building Engineering 86(4):108287, DOI:10.1016/j.job.2023.108287

[Wen 2022] Xin Wen et al, Accuracy indicators for evaluating retrospective performance of energy system models, Applied Energy, Volume 325, 1 November 2022, 119906, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119906>

## Kurs halten auf saubere und bezahlbare Wärme: Anforderungen an System-Modellierungen

[Workman 2020] M. Workman, K. Dooley, G. Lomax, J. Maltby, G. Darch, Decision making in contexts of deep uncertainty - an alternative approach for long-term climate policy, Environ. Sci. Policy 103 (2020) 77–84, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2019.10.002>.

[Wilkinson 2016] Wilkinson MD, et al. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. Sci Data Mar. 2016;3(1):160018. <https://www.nature.com/articles/sdata201618>

[Xue 2022] J. Xue, A critical realist theory of ideology: Promoting planning as a vanguard of societal transformation, Plan. Theory 21 (2) (2022) 109–131, <http://dx.doi.org/10.1177/14730952211073330>

[Yue 2018] Xiufeng Yue, Steve Pye, Joseph DeCarolis, Francis G.N. Li, Fionn Rogan, Brian Ó. Gallachóir, A review of approaches to uncertainty assessment in energy system optimization models, Energy Strategy Reviews, Volume 21, 2018, Pages 204-217, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.06.003>.

[Zuse-2023] Inci Yueksel-Erguen et al, ZIB Report 22-17 (August 2022) Modeling the transition of the multi-modal pan-European energy system including an integrated analysis of electricity and gas transport, <https://opus4.kobv.de/opus4-zib/frontdoor/index/index/docId/9252>

## Über das sdp-h2-Wiki

Das sdp Wasserstoff-Wiki behandelt Chancen und Risiken von Wasserstoff in der Wärmewende. Um Greenwashing vorzubeugen, will das Wiki aufzeigen, wo Wasserstoff (H<sub>2</sub>) nachweisbasiert einen Beitrag für eine soziale, ökologische und ökonomische Wärmewende leisten kann. Das Wiki betrachtet die Bereitstellung von Wasserstoff als Energieträger in zentralen, dezentralen oder kombiniert dezentral-zentralen Systemen. Es zielt je auf eine transparente H<sub>2</sub>-Umweltbewertung und Herleitung von Kennwerten für einen erfolgreichen Wasserstoffeinsatz im Gebäudesektor.

Das Wasserstoff-Wiki wird von Dr. Ulrich Bünger, Dr. Nikolaus Fleischhacker (Green Energy Center Europe), Erich Gülzow und Jörg Ortjohann (Stiftung Energieeffizienz) erstellt.

Über Mitarbeit, Zusendung faktenreicher Beispiele und Unterstützung freuen wir uns.

### Link zum sdp-h2-Wiki



<https://sustainable-data-platform.org/h2/>

### Kontakt

sustainable data platform (sdp)

c/o Stiftung Energieeffizienz

Jörg Ortjohann

Weyerstr. 32, 50676 Köln, Germany

T: 0049 221 546 57-05

<https://stiftung-energieeffizienz.org>

[info@stiftung-energieeffizienz.org](mailto:info@stiftung-energieeffizienz.org)