

FfE

Vom Wort zum Wert –
Leitfaden zur Quantifizierung von
Kontextszenarien für komplexe
Modelllandschaften

Beitrag in der ET – Das Energie-Fachmagazin, Ausgabe 4/2020
Andrej Guminski (FfE GmbH), Christoph Pellingner (FfE e.V.),
Serafin von Roon (FfE GmbH), Claudia Fiedler (FfE e.V.)

Vom Wort zum Wert – Leitfaden zur Quantifizierung von Kontextszenarien für komplexe Modelllandschaften

Im klassischen Szenarioprozess werden qualitative Zukunftsbilder entwickelt, die durch modellbasierte, quantitative Auswertungen erweitert werden. Die Herausforderung besteht darin, die Worte aus den qualitativen Kontextszenarien in konsistente und der Modelllandschaft angepasste quantitative Werte zu übersetzen. Die FfE hat eine strukturierte und formalisierte Vorgehensweise zur Quantifizierung von Kontextszenarien erarbeitet, die in diesem Fall als Leitfaden herangezogen werden kann.

Digitalisierung und Dekarbonisierung treiben die Transformation des Energiesystems an und erhöhen dessen Komplexität. Unternehmen, deren Geschäftsfeld von dieser Transformation betroffen ist, müssen strategische Entscheidungen in einem komplexen, sich wandelnden und von unsicheren gesellschaftlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen geprägten System treffen. In diesem Kontext haben sich Szenarioanalysen als wichtiger Bestandteil des unternehmens-internen Risikomanagements etabliert.

Leitfaden zur Quantifizierung qualitativer energiewirtschaftlicher Zukunftsbilder

Eine Analyse der energiepolitischen Zielszenarien in aktuellen Energiesystemstudien zeigt, dass trotz relativer Einigkeit bezüglich der Komponenten des Energiesystems der Zukunft, deren Gewichtung im Zielzustand kontrovers diskutiert wird [1], [2], [3]. Unternehmen, deren Kerngeschäft die Bereitstellung von Infrastruktur für Energieerzeugung, -verbrauch und -transport ist, sehen sich folglich einer mit hohen Unsicherheiten behafteten und von steigender Komplexität geprägten Zukunft gegenüber.

Dennoch müssen heute Investitionen mit teilweiser langlebiger und kapitalintensiver Energieinfrastruktur getätigt und eine strategische Ausrichtung für die Zukunft gefunden werden. Diese Entscheidungsfindungsprozesse werden oft von Szenarioanalysen unterstützt, die heutzutage fester Bestandteil des Risikomanagements in Unternehmen sind [4].

Im Zuge dieser Szenarioanalysen stoßen Unternehmen jedoch an Grenzen, wenn es darum geht, qualitative Zielbilder in ein konsistentes Zahlenwerk zu übersetzen, um mittels Modellrechnungen quantitative Auswertungen als Grundlage für Entscheidungen herzuleiten.

Zur Reduktion der Unsicherheiten bei der Quantifizierung von Kontextszenarien, wurde an der FfE im Rahmen des durch das BMWi geförderten Verbundforschungsvorhabens eXtremOS (XOS) ein strukturierter und formalisierter Leitfaden zur Quantifizierung qualitativer energiewirtschaftlicher Zukunftsbilder entwickelt (FKZ: 03ET4062B). Dieser wird nachfolgend beschrieben und mit Beispielen aus XOS versehen, in dem der Wert von Flexibilität im Kontext der europäischen Strommarktkopplung bei extremen technologischen, regulatorischen und gesellschaftlichen Entwicklungen untersucht wird. Der Leitfaden ist als Ergänzung und Erweiterung des klassischen „Story and Simulation“ Ansatzes aus [5] zu verstehen.

Ausgangspunkt: Herleitung energiewirtschaftlicher Kontextszenarien

Zur Herleitung energiewirtschaftlicher Kontextszenarien werden in der Literatur fünf Phasen unterschieden [6]:

- Szenariofeld-Bestimmung;
- Deskriptoren-Identifikation;
- Deskriptoren-Analyse;
- Szenario-Generierung;

- Szenario-Transfer.

Zunächst wird im Rahmen der Bestimmung des Szenariofelds der Zweck der Szenarioanalysen definiert. Im Anschluss daran werden in der zweiten Phase Deskriptoren definiert (z. B. Weltwirtschaftswachstum), durch die die Szenarien beschrieben werden. In der Deskriptoren-Analyse (Schritt drei) werden Ausprägungen je Deskriptor definiert (z. B. niedrig, mittel, hoch), die dazu dienen, den Deskriptor und somit das Szenario genauer zu beschreiben. In Phase vier werden konsistente Ausprägungsbündel hergeleitet, die im Anschluss daran verschriftlicht und so zu einem Kontextszenario ausgearbeitet werden. Der klassische Szenarioprozess endet mit dem Abschluss dieser Phase.

In der Energiewirtschaft kommt es darüber hinaus in vielen Fällen zum sog. Szenario-Transfer. In diesem Schritt werden durch die Anwendung mathematischer Modelle die Auswirkungen der Szenarien auf das Energiesystem analysiert und darauf basierend Schlussfolgerungen mit Bezug zur eingangs definierten Forschungsfrage abgeleitet. Der Prozess zur Quantifizierung der Kontextszenarien ist Teil dieser fünften Phase des Szenarioprozesses.

Kontext der Analyse: Der Szenarioprozess in XOS

Ziel des Szenarioprozesses in XOS ist es, europäische gesellschaftliche, regulatorische und/oder technische Extremszenarien zu identifizieren und diese durch Erweiterung und Anwendung der FfE-Energiesystemmodelllandschaft auszuwerten. Fokus der Auswertungen ist dabei der Wert von inländischen Flexibilitätstechnologien im Kontext energiewirtschaftlicher Extrementwicklungen.

Extremszenarien im Sinne von XOS sind gekennzeichnet durch eine nach heutigem Kenntnisstand geringe Eintrittswahrscheinlichkeit und haben aus Sicht einzelner Akteure und/oder des Energiesystems, im Vergleich zu einem Referenzszenario, extreme Auswirkungen auf das Energiesystem. Dabei wird die Wirkung anhand verschiedener Kriterien, wie u. a. „Kosten“, „CO₂-Emissionen“, „Rohstoffbedarf“ gemessen. Die Ausprägung des Kriteriums muss einen definierten Grenzwert absolut oder relativ überschreiten.

Im Rahmen von XOS werden die Phasen zwei bis vier des Szenarioprozesses durch das Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) bearbeitet. Ergebnis sind extreme Kontextszenarien, die anschließend an der FfE quantifiziert und mittels der FfE-Modelllandschaft ausgewertet werden.

Fünfstufiger Prozess zur Quantifizierung von Kontextszenarien

Der in Abb. 1 dargestellte Prozess zur Quantifizierung von Kontextszenarien ist in fünf Schritte gegliedert. Ziel ist es, qualitative Zukunftsbilder strukturiert und nachvollziehbar in Zahlen zu übersetzen, die anschließend Eingang in die Energiesystemmodellierung finden. Folgende Begriffsdefinitionen sind für die weiteren Erklärungen von Bedeutung:

- Modelllandschaft: Gesamtheit der Modelle, die zur Beantwortung der Fragestellung herangezogen werden;
- Referenzwerte: szenariounabhängige, historische Eingangsdaten (z. B. Bruttowertschöpfung 2015);
- Parameter: Modellgröße, die immer quantifizierbar ist und folglich mit einer Einheit versehen werden kann;
- Modell-exogener Parameter: Eingangsgröße, die in Abhängigkeit vom Kontextszenario mit unterschiedlichen Werten belegt werden kann;
- Modellendogener Parameter: Modellgröße, deren Wert im Rahmen des Modelldurchlaufs berechnet wird.

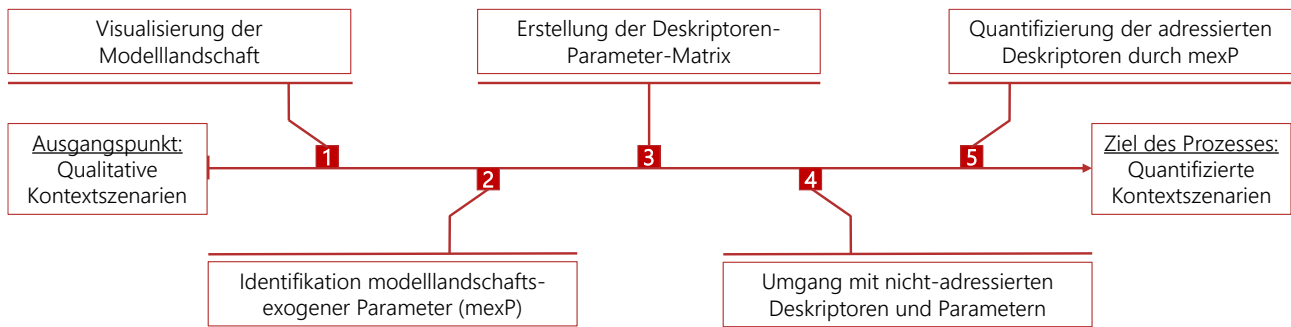


Abbildung 1: Fünfstufiger Prozess zur Quantifizierung von Kontextszenarien

Schritt 1 und 2: Visualisierung der Modelllandschaft und Identifikation von modelllandschafts-exogener Parameter Wissen

Schritt eins und zwei (Abb. 1) dienen der Identifikation von Parametern, die im Rahmen der Quantifizierung von Kontextszenarien mit Werten belegt werden müssen. Hierzu werden in Schritt eins zunächst die Modellzusammenhänge visualisiert. Durch das Ablaufdiagramm wird die Abgrenzung zwischen modelllandschafts-endogenen Parametern (menP) und modelllandschafts-exogenen Parametern (mexP) im nachfolgenden Schritt erleichtert.

Ziel des zweiten Schrittes ist es, die mexP zu identifizieren, da nur diejenigen Parameter mit Werten versehen werden, die im Modellverbund kein Ergebnis eines vorgelagerten Modells darstellen. Hierzu wird zunächst eine vollständige Parameterliste je Modell erzeugt und anschließend zwischen menP, mexP und Referenzwerten unterschieden.

Um die konsistente Quantifizierung eines Kontextszenarios über alle Modelle hinweg zu gewährleisten, muss sichergestellt werden, dass jeder mexP (z. B. Entwicklung der Bruttowertschöpfung) nur einmal mit einem Wert belegt wird. Insbesondere dann, wenn aus Einzelmodellsicht ein exogener Parameter im Rahmen der Modelllandschaft endogenisiert wird, muss zudem auf die korrekte Übergabe der menP geachtet werden.

Ergebnis der Schritte eins und zwei ist eine Liste mit mexP, die im nachfolgenden Schritt den in Phase zwei des Szenarioprozesses identifizierten Deskriptoren zugeordnet werden. Darüber hinaus dienen die Arbeitsschritte der Modelldokumentation und Schärfung des Modellverständnisses ganz im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.

Praxis

Abb. 2 zeigt die XOS Modelllandschaft [1]. In XOS werden die vier Endenergiesektoren europaweit in NUTS 3 Auflösung abgebildet. Ergebnis sind jahresscharfe Energieträgermengengerüste, die durch Skalierung mittels entsprechender z. T. anwendungsscharfer Lastprofile zeitlich disaggregiert werden (s. z. B. [7]). Die daraus resultierenden energie-trägerspezifischen Lastgänge werden an das Energiesystemmodell ISAaR [8] übergeben. ISAaR besitzt darüber hinaus Schnittstellen zum Verteilnetzmodell GridSim [9], dem Gasmarktmodell MInGa [10] und dem Regionalisierten Energiesystemmodell FREM [11].

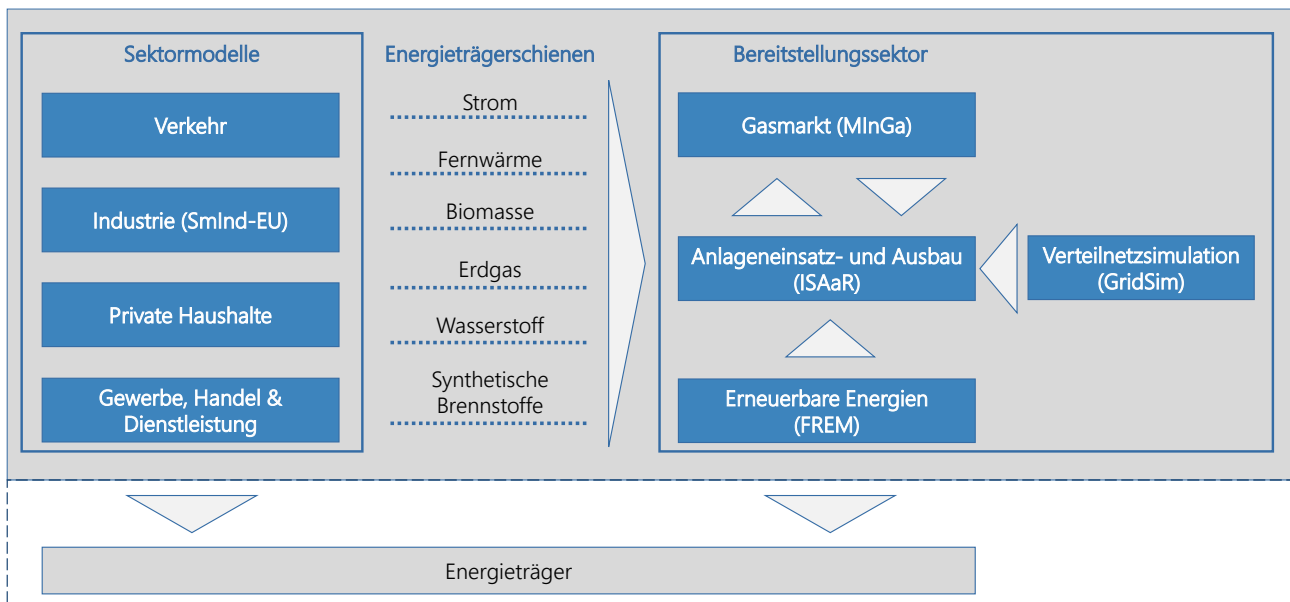


Abbildung 2: FfE Modelllandschaft im Projekt eXtremOS [1]

Abb. 2 zeigt, dass aus Perspektive des XOS Modellverbundes die Lasten der Endenergie-sektoren eine endogene Größe sind, wenngleich diese bei isolierter Betrachtung des Energiesystemmodells ISAaR als exogene Parameter zu werten sind. Das Beispiel verdeutlicht, dass die Wahl des Modellbilanz-raums einen entscheidenden Einfluss darauf hat, welche Modellparameter im Rahmen der Quantifizierung von Kontextszenarien als mexP zu werten sind.

Abb. 3 zeigt anhand des europäischen Industriemodells (Smlnd-EU), welche Parameter aus dessen Sicht als exogen zu werten sind. In Kombination mit der Übersicht der XOS Modelllandschaft (Abb. 2) kann gefolgert werden, dass die für Smlnd-EU exogenen Parameter gleichzeitig auch mexP sind, da im XOS-Modellverbund keine vorgelagerten Modelle existieren, die zur Bestimmung dieser Parameter verwendet werden. Wie am Beispiel von Smlnd-EU erläutert, muss mit jedem Modell im Modellverbund verfahren werden, bis alle mexP definiert wurden. Um sicherzustellen, dass mexP nicht mehrfach mit Werten belegt werden, erfolgt die Daten-ablage an der FfE in einer zentralen Datenbank, die unabhängig von den einzelnen Modellen ist.

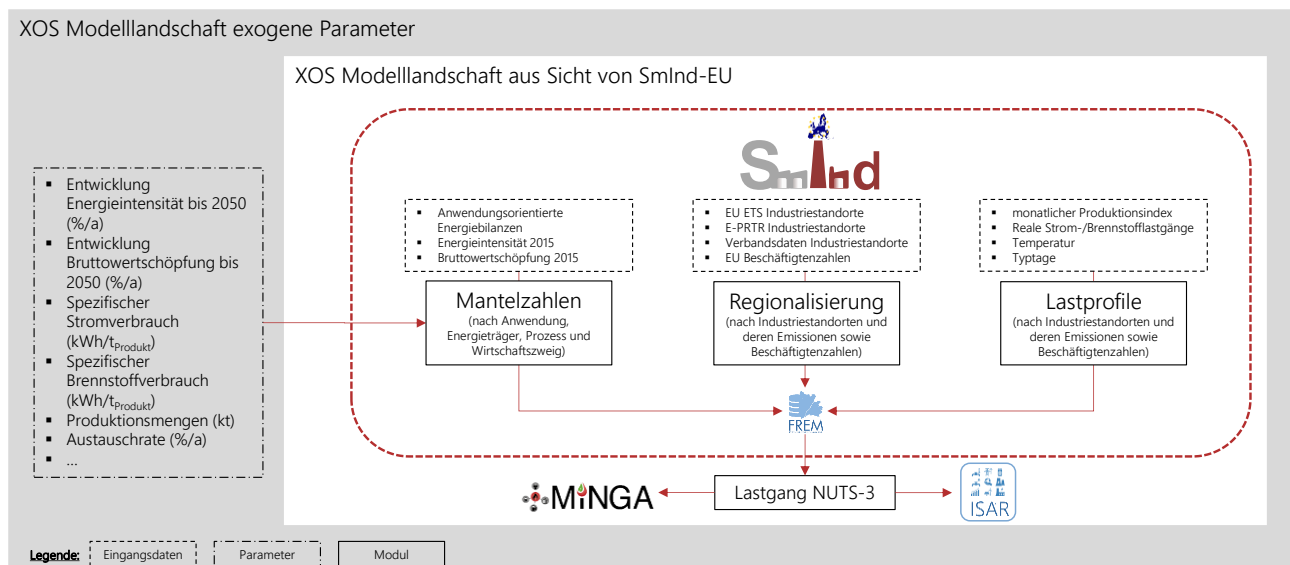


Abbildung 3: Modellübersicht inklusive mexP für das europäische Industriemodell der FfE (Smlnd-EU)

Schritt 3: Erstellung der Deskriptoren-Parameter-Matrix (DPM)

Wissen

Ziel des dritten Arbeitsschrittes ist es, festzustellen, welche mexP von den in Phase zwei des Szenarioprozesses definierten Deskriptoren adressiert werden. Bei der Definition der Zusammenhänge gilt als Faustregel, dass deren modellhafte Quantifizierung praktisch umsetzbar sein muss. Abstrakte Zusammenhänge zwischen Parametern und Deskriptoren können in den nachfolgenden Schritten nicht weiterverarbeitet werden.

Die bestehenden Interdependenzen werden in einer Matrix festgehalten, deren Achsen die Deskriptoren und mexP darstellen. Durch Auswertung der Zeilen- und Spalten der DPM wird ersichtlich, wie häufig ein Deskriptor bzw. Parameter adressiert wird. Wird ein Parameter von mehreren Deskriptoren adressiert, so sollte im Rahmen der Quantifizierung darauf geachtet werden, dass der Wert, der dem Parameter zugewiesen wird, über alle Deskriptoren und deren im jeweiligen Szenario angenommenen Ausprägungen hinweg konsistent ist.

Bei Deskriptoren, die eine Reihe von Parametern adressieren, sollte darauf geachtet werden, dass diese im Rahmen der ausformulierten Kontextszenarien ausreichend genau beschrieben werden. Darüber hinaus kann die DPM als Checkliste herangezogen werden, damit im Rahmen der Quantifizierung keine bestehenden Zusammenhänge zwischen Deskriptoren und Parametern unberücksichtigt bleiben. Die DPM deckt zudem nicht-identifizierte Deskriptoren und Parameter auf, die im nachfolgenden Schritt thematisiert werden.

Praxis

Im Rahmen von eXtremOS wird beispielsweise die Entwicklung des mexP „Produktions-mengen“ des Smlnd-EU von neun der neunzehn durch das KIT ITAS definierten Deskriptoren adressiert. Sowohl gesellschaftliche, ökonomische als auch politische Deskriptoren beeinflussen diesen Parameter, dem folglich im Rahmen der Quantifizierung der extremen Kontextszenarien besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. Mit Blick auf die Deskriptoren ist insbesondere die Weltwirtschaftsentwicklung relevant, da diese drei Parameter aus Smlnd-EU direkt betrifft.

Schritt 4: Umgang mit nicht-adressierten Deskriptoren und Parametern

Wissen

In Schritt vier wird über den Umgang mit nicht-adressierten Deskriptoren und Parametern entschieden. Betrifft ein Deskriptor keinen der mexP, so muss entschieden werden, ob ein zusätzlicher Parameter der Modelllandschaft an geeigneter Stelle hinzugefügt werden soll, oder ob eine Beschreibung des Deskriptors im Kontextszenario zur Beantwortung der Fragestellung ausreichend ist.

Wird ein Parameter von keinem Deskriptor adressiert, liegt der Parameter nicht im Betrachtungshorizont des Kontextszenarios und weist szenarioübergreifend konstante Werte auf. Falls der Parameter jedoch ausschlaggebend für die Beantwortung der Fragestellung ist, müssen die Deskriptoren redefiniert oder erweitert werden. Dieser Schritt bedeutet einen erheblichen Mehraufwand, da bei methodisch korrekter Vorgehensweise sämtliche oben beschriebenen Schritte ab der zweiten Phase des Szenarioprozesses wiederholt werden müssen.

Praxis

Da im Rahmen von eXtremOS Modellentwicklung und Definition der Deskriptoren in engem Austausch erfolgt sind, kam es bis dato zu keiner Redefinition von Deskriptoren. Zudem konnten die Modelle bereits frühzeitig entsprechend parametrisiert werden, sodass noch keine nachträglichen Anpassungen erforderlich waren.

Schritt 5: Quantifizierung der adressierten Deskriptoren durch mexP

Wissen

Im fünften und letzten Schritt (s. Abb. 1) werden die mexP mit konkreten Werten belegt. Es müssen zwei Fälle unterschieden werden:

1. Fall: Der Parameter wird von einem Deskriptor adressiert, dessen Ausprägungen bereits als konkrete Werte definiert wurden. Die Quantifizierung ist hiermit abgeschlossen.

2. Fall: Der Parameter wird von einem oder mehreren Deskriptoren adressiert, deren Ausprägungen qualitativ sind. Zur Herleitung konkreter Werte müssen durch Literatur-recherchen, Expertenschätzungen und/oder Metaanalysen möglichst überschneidungs-freie Wertebereiche je Ausprägung definiert werden. Die Festlegung der endgültigen Werte je Ausprägung sollte unter Berücksichtigung der Trennschärfe zwischen den Ausprägungen erfolgen und kann nicht gänzlich systematisiert werden. Zudem müssen die Ausprägungen im Kontext des jeweiligen Szenarios interpretiert werden. Idealerweise sollten die Ausprägungen über alle Szenarien identische Werte annehmen. Nachdem die Ausprägungen jedoch stets in einem neuen Kontext stehen ist dies nicht immer möglich.

Praxis

Zur Quantifizierung qualitativer Ausprägungen werden im Rahmen von eXtremOS sowohl nationale [12] als auch europäische [13] Metaanalysen herangezogen. Dabei werden für die wichtigsten Ausprägungen bzw. mexP (z. B. Bruttowertschöpfung) Entwicklungstrichter definiert, die als Entscheidungshilfe herangezogen werden.

Fazit

Die Entwicklung und Anwendung des Prozesses zur Quantifizierung von Kontextszenarien in eXtremOS hat gezeigt, dass eine Reihe von vorbereitenden Schritten benötigt wird, bevor mit der tatsächlichen Zuweisung von Werten begonnen werden kann. Insbesondere in komplexen Modelllandschaften bietet der Prozess die Möglichkeit, bis hin zur Zuweisung der Werte strukturiert und nachvollziehbar vorzugehen, wenngleich die Festlegung auf einen passenden Wert nicht vollständig systematisiert werden kann.

Über die Quantifizierung der Kontextszenarien hinaus erfüllt das Durchlaufen des Prozesses einen Dokumentationszweck und führt zu einer vertieften Auseinandersetzung mit der gesamten Modelllandschaft und inklusive der relevanten Parameter.

Literaturverzeichnis

- [1] Fattler, S.; Conrad, J.; Regett, A. et al.: Dynamis – Dynamische und intersektorale Maßnahmenbewertung zur kosteneffizienten Dekarbonisierung des Energiesystems. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, Technische Universität München, 2019.
- [2] Bründerlinger, T. et al.: dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen. Berlin: dena, 2018.
- [3] Gebert, P. et al.: Klimapfade für Deutschland. München: The Boston Consulting Group (BCG), prognos, 2018.
- [4] Alcamo, Joseph: Chapter six the SAS approach: combining qualitative and quantitative knowledge in environmental scenarios. In: Developments in integrated environmental assessment 02/2008. Amsterdam: Elsevir, 2008.
- [5] Dieckhoff, Christian; Fichtner, Wolf; Grundwald, Armin; Meyer, Sarah; Nast, Michael; Nierling, Linda; Renn, Ortwin; Voß, Alfred; Wietschel, Martin: Energieszenarien - Konstruktion, Bewertung und Wirkung - "Anbieter" und "Nachfrager" im Dialog. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2011
- [6] Kosow, H.; Gaßner, R.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse – Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT), 2008.
- [7] Pellinger, C. et al.: Generating energy carrier specific space heating and hot water load profiles at NUTS-3-level in Europe. In: 11. Internationale Energiewirtschaftstagung; Wien: TU Wien, 2019.
- [8] Böing, F.; Regett, A.: Hourly CO2 Emission Factors and Marginal Costs of Energy Carriers in Future Multi-Energy Systems. Energies, 12(12), 2260. Basel, Switzerland: MDPI AG, 2019.
- [9] Köppl, S.; Samweber, F.; Bruckmeier, A.; Böing, F.; Hinterstocker, M.; Kleinertz, B.; Konetschny, C.; Müller, M.; Schmid, T.; Zeiselmaier, A.: Projekt MONA 2030: Grundlage für die Bewertung von Netzoptimierenden Maßnahmen – Teilbericht Basisdaten. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FFE), 2017.
- [10] Kern, T.; Eberl, B.; Böing, F.; von Roon, S.: Coupling of Electricity and Gas Market Models in: 14th International Conference on the European Energy Market – EEM 2017. München: Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH, 2017.
- [11] Schmid, T.: Dynamische und kleinräumige Modellierung der aktuellen und zukünftigen Energienachfrage und Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien. Dissertation. Herausgegeben durch Technische Universität München, geprüft von Prof. Wagner, Ulrich und Prof. Kolbe, Thomas H.: München, 2018.
- [12] Ganz, K. et al.: Key Factors for scenario generation for energy systems. In: IEWT 2019 – 11. Internationale Energiewirtschaftstagung; Wien: TU Wien, 2019.
- [13] Candas, S. et al.: Meta-analysis of country-specific energy scenario studies for neighbouring countries of Germany. Ljubljana: 16th IAEE European Conference, 2019.

Kontakt

Andrej Guminski; Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH; E-Mail: aguminski@ffe.de