

# Mehr als die Summe der einzelnen Teile

## Konsistente Szenarien des Wärmekonsums als Reflexionsrahmen für Politik und Wissenschaft

Till Jenssen, Wolfgang Weimer-Jehle

*Ob Lebensstil, Ölpreis oder Gebäudestandards – viele Faktoren beeinflussen nachhaltigen Wärmekonsum, zum Teil durchaus ambivalent. Mittels einer Cross-Impact-Bilanzanalyse lässt sich ein ganzheitliches Bild seiner zukünftigen Entwicklung – von Beharrung zu gelungener Transformation – in 25 Szenarien zeichnen, die für seine nachhaltige Ausgestaltung genutzt werden können.*

**More than the Sum of Its Parts.** Consistent Scenarios for the Consumption of Heat Energy as a Common Reference Point for Policy and Science  
GAIA 21/4 (2012): 290 – 299

### Abstract

Multiple variables determine the consumption of heat energy: technical, organisational, economic, legal, and social. Since these drivers also interact with each other in various ways, they may have an ambiguous effect when evaluating sustainability. This paper gives a comprehensive picture of how future heat consumption might develop. We seek to unveil opportunities, constraints and contradictions within the system of heat consumption. In order to identify, analyze and illustrate consistent pathways for future development, we apply the cross impact balance analysis – a qualitative method for analysing impact networks –, thereby focusing on the question how the process of transforming heat consumption in Germany towards a sustainable supply can be assisted. We discuss challenges with regard to the multi-faceted and interrelated variables, outline approaches for assessing policy options and political consulting (e.g., concerning the design of research funding programmes) as well as identify opportunities for the advancement of energy system analysis.

### Keywords

cross impact balance analysis, energy consumption, impact networks, sustainability

### Ein ganzheitliches Bild – Ziel der Untersuchung

Nach der Neuorientierung der deutschen Energiepolitik in Folge des Reaktorunglücks von Fukushima besteht in Deutschland ein weitgehender gesellschaftlicher Konsens über die Notwendigkeit, das Energiesystem grundlegend zu transformieren. Dies wird tiefgehende Veränderungen im Umgang mit Energie im privaten und im öffentlichen Leben erfordern. Der Wärmekonsum der Privathaushalte gehört dabei zu den Schlüsselbereichen einer nachhaltigeren Energieversorgung und -verwendung: Mehr als drei Viertel des dortigen Energieverbrauchs (2008: 77 Prozent) entfallen auf die Raumwärmebereitstellung (BMWi 2010, S. 61). Zugleich gibt es hier enorme Verhaltens- und Effizienzpotenziale zur Senkung des Wärmebedarfs, ein großes Potenzial zur Substitution fossiler Energien (Nitsch et al. 2010, S. 59, 171) und – verglichen mit der Stromversorgung – erheblichen Nachholbedarf an erneuerbaren Energien (EE). Der Wärmekonsum ist damit einer der zentralen Bereiche, in denen Konsument(inn)en durch Nutzungsverhalten und Investitionsentscheidungen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der künftigen Energieversorgung nehmen können.

Der vorliegende Artikel entstand im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekts *Energie nachhaltig konsumieren – nachhaltige Energie konsumieren*.<sup>1</sup> Eine der Aufgaben bestand darin, die zahlreichen im Projekt berührten Wissensbereiche auf Mikro- (Individuen, Privathaushalte), Meso- (beispielsweise Technologieanbieter, Energieberater[innen]) und Makroebene (Gebäude- und Versorgungstechnologien, Infrastruktur, rechtliche und politische Rahmenbedingungen) in Form einer qualitativen Systemanalyse zu einer umfassenden Systemsicht zu integrieren. Im Folgenden wird beschrieben, wie diese Synthese mit Hilfe qualitativer Szenarien erarbeitet wurde und welche Resultate und Schlussfolgerungen sich daraus ergaben.

**Kontakt:** Dr. Till Jenssen | Reuchlinstr. 9 | 70178 Stuttgart | Deutschland | Tel.: +49 163 4018097 | E-Mail: tilljenssen@gmx.net

Dr. Wolfgang Weimer-Jehle | Universität Stuttgart | ZIRIUS – Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung | Stuttgart | Deutschland | E-Mail: wolfgang.weimer-jehle@zirius.uni-stuttgart.de

© 2012 T. Jenssen, W. Weimer-Jehle; licensee oekom verlag.  
This is an article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<sup>1</sup> Für Informationen zum Gesamtprojekt und den beteiligten Organisationen siehe [www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/index.html](http://www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/index.html).

## Vom Einflussfaktor zum System – Methodik und Vorgehen

Als Ansatz für die integrative Aufgabe des Projekts bot sich die Szenariotechnik an. Szenarien beschreiben alternative, in sich konsistente Zukunftsentwicklungen. Sie bieten eine Plattform, um die Offenheit der Zukunft, die gegenseitige Bedingtheit der Entwicklungen in verschiedenen Bereichen und die Lenkungswirkung möglicher Maßnahmen zu reflektieren, zu kommunizieren und zu diskutieren (Glenn und Futures Group International 2009, S. 3, Kosow und Gaßner 2008, S. 14 ff.).

Um dem Anspruch konsistenter Szenarien zu genügen, galt es, bei der Auswahl einer geeigneten Methode zu berücksichtigen, dass in diesem stark vernetzten, interdisziplinären Themenfeld einerseits nicht auf ein formalisiertes Verfahren mit systemanalytischem Potenzial verzichtet werden kann, andererseits aber die vielfach nur qualitativ beschreibbaren Zusammenhänge dem Einsatz quantitativer Modellierungs- oder Simulationen entgegenstehen würden. Einen gangbaren Weg bietet die Cross-Impact-Bilanzanalyse (CIB) (Weimer-Jehle 2006), die Elemente der Cross-Impact-Analyse (Gordon und Hayward 1968), des Papiercomputers (Vester 2002) sowie der Konsistenzanalyse (von Reibnitz 1987) zu einem Werkzeug der qualitativen Systemanalyse kombiniert: Hier werden Einflussnetzwerke auf Basis von Expertenbefragungen konstruiert und die plausiblen Konfigurationen dieses Netzwerks, das heißt die Szenarien, systematisch durch einen Bilanzalgorithmus bestimmt.

So können qualitative Einsichten in interdisziplinären Fragestellungen formuliert, dokumentiert und zu Gesamtbildern synthetisiert werden. Eingesetzt wurde die Methode unter anderem bereits mehrfach bei Szenarioanalysen im Bereich der Energieversorgung (etwa Förster 2002, Fuchs et al. 2008) beziehungsweise der Nachhaltigkeitsforschung (Renn et al. 2007). Der Ablauf der in diesem Artikel beschriebenen Szenariokonstruktion ist in Abbildung 1 dargestellt.

### Essenzielle Faktoren – Identifizierung und mögliche Entwicklungen

Für die Szenarioanalyse standen zwölf Wissenschaftler(innen) der am Projekt beteiligten Institutionen, darunter auch die Autoren, als Expert(inn)en zur Erstellung des Wirkungsnetzes zur Verfügung: zwei Sozialwissenschaftlerinnen, zwei Ökonom(inn)en, ein Geograf, ein Naturwissenschaftler, zwei Jurist(inn)en, drei Ingenieur(inn)en und ein Architekt.<sup>2</sup> Die CIB *Nachhaltiger Wärmekonsum* wurde zwischen Oktober 2009 und Mai 2010 durchgeführt. In zwei Verfahrensdurchläufen (Pretest und eigentliche Szenarioanalyse, Schritte II und VI in Abbildung 1) identifizierten die Expert(inn)en 15 Faktoren, die für die qualitative Beschreibung der Entwicklung des Wärmekonsums in Deutschland bis zum Jahr 2040 erforderlich sind. 2040 wurde als Endpunkt gewählt, da bei vielen Faktoren – zum Beispiel Gebäuden – lange Umstrukturierungszeiträume zu erwarten sind und bei deutlich weiter entfernten Zeitpunkten die Schwierigkeit besteht, nicht ins Spekulative abzugleiten. Für jeden dieser Faktoren („Deskriptoren“)

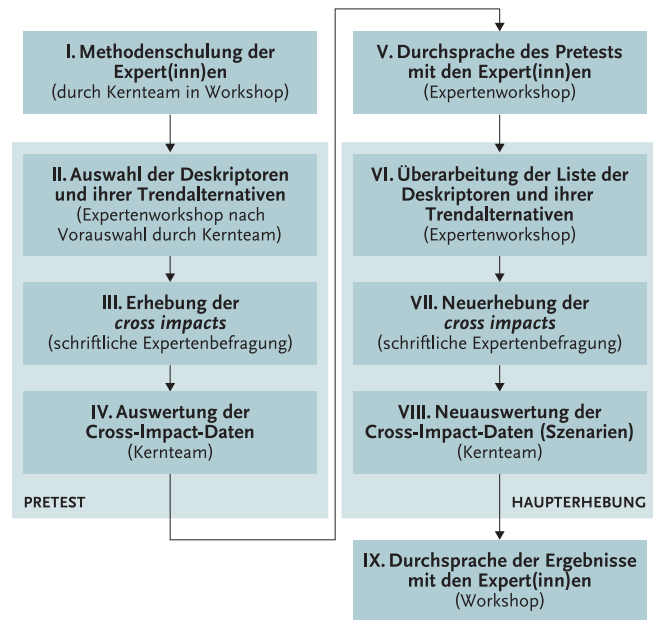


ABBILDUNG 1: Ablauf der Szenariokonstruktion.

wurden zwei bis vier alternative Entwicklungstrends definiert, um die Unsicherheit und die Offenheit von Zukunft in jedem thematischen Feld grob zu repräsentieren (Tabelle 1, S. 292). Die Deskriptoren thematisieren relevante Entwicklungen in den Bereichen Gesellschaft, Wirtschaft, Demografie, Mietrecht, Förderungspolitik, Mesoakteursverhalten, Konsumentenverhalten, Gebäudesubstanz und Technik. Die Farbkodierungen stammen von den Autoren. Sie bewerten die Nachhaltigkeit der alternativen Entwicklungen in isoliert sektoraler Betrachtung, ohne mögliche Folgewirkungen in anderen Bereichen zu berücksichtigen. Die Folgewirkungen sind Gegenstand der weiter unten beschriebenen Interdependenzanalyse.

### Aufarbeitung der Interdependenz

Systemanalytischen Charakter gewinnt eine Szenarioanalyse allerdings erst durch die Berücksichtigung der Interdependenz potenzieller Entwicklungen. Eine beliebige Kombination möglicher Entwicklungen der in Tabelle 1 aufgelisteten Felder kann im Allgemeinen nicht als konsistentes Szenario gelten, da sich die Entwicklungen in den verschiedenen Feldern in vielen Fällen gegenseitig beeinflussen und deshalb nur besondere Kombinationen mit dem Beziehungsgeflecht zwischen den Feldern vereinbar sind. Ohne eine systematische Aufarbeitung dieses Geflechts kann eine Szenarioanalyse daher nicht den Anspruch erheben, systemisch fundierte Szenarien zu entwickeln. Im Anschluss an die Festlegung der Deskriptoren und ihrer Trendvarianten wur-

>

<sup>2</sup> Als Expert(inn)en besitzen alle ein umfangreiches Wissen zu Wärmeversorgung und nachhaltigem Konsum. Die „technischen“ Energieexpert(inn)en sind in dieser Aufführung bei den Ingenieur(inn)en zu finden. Aber auch der Architekt (Gebäude und Gebäudetechnik) kann diesem Bereich zugerechnet werden.

**TABELLE 1:** Zentrale Einflussfaktoren (Deskriptoren) nachhaltigen Wärmekonsums und ihre – qualitativ beschriebenen – alternativen Entwicklungstrends bis 2040. Für die folgende Szenarioanalyse sind die Interdependenzen der Entwicklungsvarianten zu berücksichtigen; sie sind nicht beliebig kombinierbar.

Deskriptor	Entwicklung
a Informationsstand	a1 – zunehmend gut informierte Konsument(inn)en
	a2 – etwa stabil
b Lebensstil	b1 – Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen
	b2 – Wertewandel hin zu umweltbewussten Lebensstilen
	b3 – Wertewandel zu „desinteressierten Verschwender(inne)n“
c demografische Entwicklung	c1 – moderater Alterungsprozess
	c2 – starker Alterungsprozess
d Haushaltsgröße	d1 – Trend zu individualisiertem Wohnen
	d2 – Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen
e Einkommen	e1 – stagnierend
	e2 – bescheidener Wohlstandszuwachs für einige Bevölkerungsgruppen
	e3 – breiter Wohlstandszuwachs
f Eigentumsquote	f1 – etwa stabil
	f2 – breiter Trend zum Eigenheim
g Qualität der Beratung	g1 – Verbesserung
	g2 – etwa stabil
	g3 – Verschlechterung
h Kooperation und Vernetzung der Praxisakteure	h1 – zunehmendes Konkurrenzdenken
	h2 – passive Vernetzung (Listen der Energieberatungszentren)
	h3 – aktive Vernetzung
i Ölpreis	i1 – moderate Entwicklung
	i2 – Ölpreisschock
j Mietrecht	j1 – keine relevanten Änderungen
	j2 – Möglichkeit zur Kostenumlage
	j3 – Einforderung Mindestsanierung und Möglichkeit zur Kostenumlage
k energetische Gebäudestandards	k1 – stabile Sanierungsquote und moderate Verbesserung Wärmedämmung
	k2 – steigende Sanierungsquoten und Trend zu Niedrigstenergiehäusern
l jährliche Bereitstellungskosten für EE-Wärme (inklusive Förderung)	l1 – Anstieg
	l2 – etwa stabil
	l3 – Reduktion
m Förderung EE	m1 – stabil
	m2 – Schwerpunkt auf Werbe- und Informationskampagnen
	m3 – Schwerpunkt auf Fördergelder
	m4 – Schwerpunkt auf Pflichtanteile EE (Bestand und Neubau)
n Nutzung EE	n1 – etwa stabil (acht Prozent bis 2040)
	n2 – kontinuierlicher Ausbau (40 Prozent bis 2040)
	n3 – Vollversorgung mit EE (100 Prozent bis 2040)
o Gesamtwärmebedarf	o1 – abnehmend
	o2 – etwa stabil
	o3 – zunehmend

Entwicklung im Sinne eines sektoralen Nachhaltigkeitsindicators:

günstig

moderat

ungünstig

gilt per se nicht als sektoraler Nachhaltigkeitsindikator

den die Expert(inn)en deshalb in einer schriftlichen Befragung gebeten, die Zusammenhänge zwischen den möglichen Entwicklungen einzuschätzen (Schritte III und VII in Abbildung 1). Mit Rücksicht auf die in vielen Fällen nur qualitativ einschätzbaren Einflussbeziehungen erfolgte die Beurteilung auf einer siebenteiligen Ordinalskala von minus drei bis plus drei (Tabelle 2).

Insgesamt musste der Einfluss jeder potenziellen Entwicklung eines Deskriptors auf jede potenzielle Entwicklung aller anderen Deskriptoren, also 210 Deskriptorbeziehungen mit 1488 einzelnen Einflussbeziehungen, eingeschätzt werden. Ein Beispiel für die Einschätzung einer Deskriptorbeziehung mit sechs Einzelbeziehungen zeigt Tabelle 2.

Zudem wurden die zwölf Expert(inn)en gebeten, bei schwierigen Beziehungen ihre Einschätzungen kurz zu begründen und auf einer dreistufigen Skala ihre Urteilssicherheit bezüglich einer bestimmten Einschätzung zu bewerten. Anhand des vorliegenden Urteilsspektrums ist für jede Beziehung abzulesen, welche weitgehend konsensual und welche eher kontrovers eingeschätzt wurde (Abbildung 2).

So beurteilten die Expert(inn)en die Wirkung eines Ölpreisschocks auf den Informationsstand der Konsument(inn)en unterschiedlich: Während er für die einen der Stagnation des Informationsstands entgegenwirkte (negative Einflussurteile), zeigten sich andere hier skeptisch (Abbildung 2 rechts).

Bei der Interpretation der Expertenurteile, vor allem wenn diese wie im vorliegenden Fall schriftlich erhoben wurden, ist auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, dass Schreibfehler auftreten oder die Urteilsfrage missverstanden wird und daher oder aus anderen Gründen nicht methodenkonform beantwortet wird. Dies könnte auf die beiden positiven Urteile in Abbildung 2 rechts zutreffen. Die Durchführung der Befragung im Pretest und die anschließende Besprechung der Ergebnisse im Rahmen eines Workshops dienen unter anderem dazu, das Risiko von

**TABELLE 2:** Beispiel für die Bewertung einer Deskriptorbeziehung. Es zeigt die angenommene Wirkung der Lebensstile auf den Informationsstand der Konsument(inn)en. Die rote Ziffer drückt die Einschätzung aus, dass ein Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen eine schwach fördernde Wirkung auf einen zunehmenden Informationsstand der Konsument(inn)en hätte.

b Lebensstil	a Informationsstand	
	a1 – zunehmend gut informierte Konsument(inn)en	a2 – etwa stabil
b1 – Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen	+1	-1
b2 – Wertewandel hin zu umweltbewussten Lebensstilen	+2	-2
b3 – Wertewandel hin zu „desinteressierten Verschwender(inne)n“	-3	+3

**Beurteilung des Einflusses nach folgender Skala:**

-3: stark hemmender Einfluss | -2: hemmender Einfluss | -1: schwach hemmender Einfluss | 0: kein Einfluss | +1: schwach fördernder Einfluss | +2: fördernder Einfluss | +3: stark fördernder Einfluss

Urteilen, die nicht die Einschätzung der Urteilenden abbilden, zu vermindern, ohne dieses Risiko jedoch vollständig vermeiden zu können.

Darüber hinaus wurden die Rohdaten einem Dissensmanagement unterzogen und als besonders kontrovers eingeschätzte Beziehungen – etwa drei Prozent – unter Berücksichtigung der Angaben der Expert(inn)en zu ihrer Urteilsicherheit neu ausgewertet. Für die Gesamtbewertung wurden die so bereinigten Urteile summiert und auf die Urteilklassen reskaliert.

Das Resultat des fertigen Auswertungsprozesses ist in Form einer Cross-Impact-Matrix dokumentiert.<sup>3</sup> Der Systemgraph in Abbildung 3 (S. 294) visualisiert das durch die Matrix definierte Einflussnetzwerk in vereinfachter Weise. Um die Übersichtlichkeit zu wahren, sind nur ausgewählte, für die Szenariologik besonders bedeutsame Einflüsse dargestellt. Die von den Autoren formulierten Pfeilbeschriftungen fassen schlagwortartig die abgefragten Expertenbegründungen für die Cross-Impact-Urteile zusammen.

**Der Szenarioraum – Auswertung des Einflussnetzwerks**

**Plausibilitätsprüfung**

Das durch die Ergebnisse der Befragung definierte Einflussnetzwerk ermöglicht zusammen mit der CIB-Methode eine einfache, aber systematische Einschätzung der Plausibilität aller denkbaren Szenarien, das heißt aller möglichen Kombinationen der in Tabelle 1 gelisteten Entwicklungsalternativen. Dabei wird für jedes Szenario die Plausibilität jeder Annahme vor dem Hintergrund aller anderen Annahmen überprüft (Schritte IV und VIII in Abbildung 1). Die Annahme o3 – zunehmender Gesamtwärmebedarf würde beispielsweise als unplausibel verworfen werden, wenn gleichzeitig für die anderen Deskriptoren ganz oder überwiegend Entwicklungen angenommen würden, die gemäß den Expertenurteilen gegen einen zunehmenden Bedarf beziehungsweise eher für einen stagnierenden oder sinkenden Bedarf sprechen würden (etwa kosten- oder umweltbewusste Lebensstile, steigende Sanierungsquoten mit einem Trend zu Niedrigstenergiehäusern). Das Kriterium der inneren Konsistenz eines Szenarios erfordert, dass für keinen einzigen Deskriptor eines Szenarios ein den anderen Deskriptoren widersprechendes Merkmal angenommen wird, das heißt, dass die Szenariomerkmale ein Geflecht sich gegenseitig stützender Annahmen bilden.<sup>4</sup>

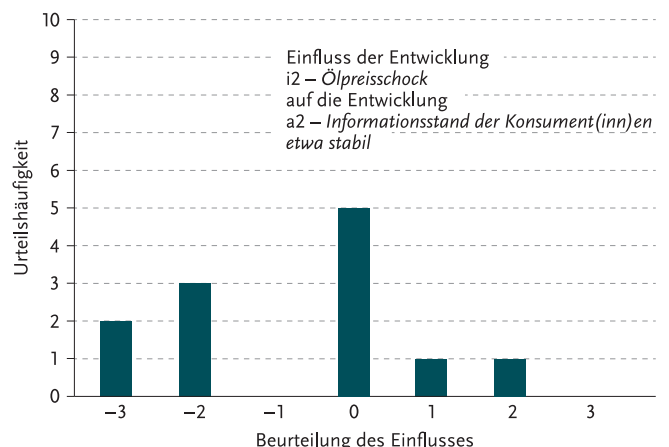
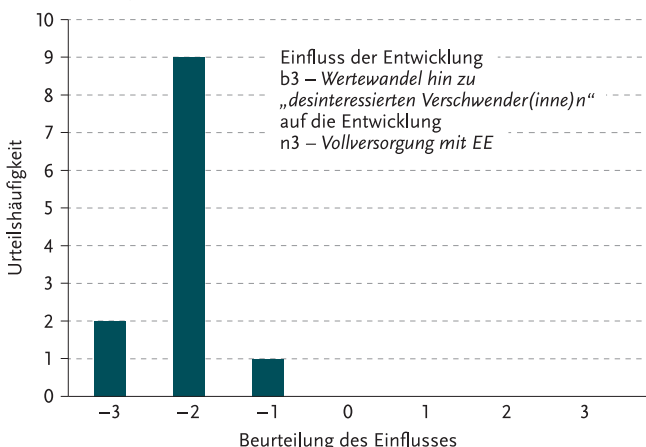
Qualitative Szenarien können grundsätzlich auch ohne formales Verfahren durch eine sorgfältige kritische Reflektion auf Plausibilität überprüft werden. Der Nachteil einer formalisierten Plausibilitätsprüfung besteht in der damit verbundenen inflexiblen und vereinfachten Interpretation des Plausibilitätsbegriffs. Der Vorteil liegt jedoch darin, dass alle denkbaren Kombinat



3 Die vollständige Cross-Impact-Matrix ist verfügbar unter [www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/szenarien.html](http://www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/szenarien.html).

4 Die bei CIB-Analysen verwendete Form der Plausibilitätsprüfung wird im Detail auf [www.cross-impact.de](http://www.cross-impact.de) beschrieben.

**ABBILDUNG 2:** Beispiel für eine weitgehend homogene (links) und eine kontroverse Einschätzung (rechts) von Deskriptorbeziehungen durch die Expert(inn)en. Die Beurteilungen reichen von stark hemmendem (-3) bis zu stark förderndem Einfluss (+3).





del mit acht Szenarien beschreibt ungünstige Entwicklungen im Sinne eines sektoralen Nachhaltigkeitsindikators, Typ B *Moderater Wandel durch Einzelmaßnahmen ohne integratives Konzept* mit 13 Szenarien stellt eine moderate Entwicklung dar, Typ C *Energie-wende* steht mit vier Szenarien für eine günstige Entwicklung.

Eine zusammenfassende Darstellung aller 25 Szenarien zeigt Tabelle 3 (S. 296). Zu jedem der drei Szenariotypen, geordnet nach sieben Szenariofamilien, gehören mehrere Einzelszenarien, die sich untereinander zwar nicht nach dem generellen Charakter der Entwicklung, aber in verschiedenen Details unterscheiden. Die Farbkodierungen, die den sektoralen Nachhaltigkeitscharakter der einzelnen Szenariomerkmale ausweisen (Tabelle 1), machen deutlich, dass die Szenarien nahezu ausnahmslos einen heterogenen Charakter besitzen: Nachhaltige Entwicklungen in einem Bereich werden aufgrund der komplexen Zusammenhänge häufig von weniger nachhaltigen Entwicklungen in anderen Bereichen begleitet.

Die Unterschiede zwischen den konsistenten Szenarien lassen sich am leichtesten anhand der Deskriptoren Lebensstil und Nutzung EE verdeutlichen. Alle Szenarien, bei denen eine stabile Nutzung von EE vorkommt, haben gemeinsam, dass sich die Gesellschaft eher hin zu kostenbewussten Lebensstilen entwickelt und sich in den Bereichen Informationsstand, Beratung und Akteursvernetzung, Mietrecht, Gebäudestandards und Bereitstellungskosten keine Verbesserungen einstellen. Besonders auffällig ist dies bei den Gebäudestandards und Bereitstellungskosten; alle konsistenten Szenarien mit stabilen Sanierungsquoten und EE-Wärmekosten sind mit stabilen Anteilen von EE verbunden. Diese Szenarien werden in Tabelle 3 als Szenariotyp A *Stabilität statt Wandel* bezeichnet.

Umgekehrt ist es bei den Szenarien mit Vollversorgung durch EE (Typ C *Energie-wende*). Sie treten nur in Verbindung mit einem Wertewandel zu umweltbewussten Lebensstilen auf und sämtliche oben genannten Aspekte werden deutlich verbessert beziehungsweise im Fall des Mietrechts deutlich verschärft. Während die Förderung von EE in Szenarien vom Typ A stabil bleibt, geht Szenariotyp C mit einer verpflichtenden Nutzung von EE einher.

Für den Szenariotyp B *Moderater Wandel* treten zahlreiche Varianten auf, die von ökonomisch motivierten Sanierungen über eine „Unterstützung“ durch einen Ölpreisschock bis zu durch umweltbewusste Lebensstile und Mietrechtsänderungen getragene Sanierungen reichen. Nach links nähert sich der Typ also Szenariotyp A an, nach rechts wird er Szenariotyp C ähnlicher.

### Der Möglichkeitsraum

Um den Möglichkeitsraum zu illustrieren, werden zwei der 25 Szenarien näher beschrieben (Tabelle 4, S. 297).

**Szenario I vom Typ A Stabilität statt Wandel:** Szenario I (Tabelle 3 und 4, Spalte 2) markiert den aus der Perspektive der Nachhaltigkeit ungünstigsten Fall des Szenarioraums. Es beschreibt eine Zukunft, in der strukturelle Trägheiten dominieren. Für eine stark alternde und wirtschaftlich wenig dynamische Gesellschaft stehen Umweltprobleme nicht im Vordergrund. Der In-

formationsstand der Konsument(inn)en verbessert sich nicht grundsätzlich und die Mesoakteure der Wärmebranche bieten kein dynamisierendes Angebot. Die Politik hält bisherige Angebote aufrecht, entwickelt sie jedoch kaum weiter. Die Nutzung von EE im Bereich der privaten Wärmeversorgung macht in diesem Umfeld kaum Fortschritte. Der Gesamtwärmebedarf könnte dennoch sinken, wobei diese Entwicklung in Szenario I wesentlich schwächer gestützt und damit weniger sicher ist als in den anderen Szenarien. Insgesamt dominieren die roten Felder in Tabelle 4, Spalte 2 deutlich. Andere Szenarien des Typs A unterscheiden sich von Szenario I lediglich darin, dass auch bescheidene Wohlstandszuwächse und/oder moderate Mietrechtsreformen und/oder ein moderater Alterungsprozess denkbar sind, ohne dass die anderen Entwicklungen des Szenariotyps unplausibel werden.

### Szenario II vom Typ B Moderater Wandel durch Einzelmaßnahmen ohne integratives Konzept (Untertyp Marktakteure erreichen ökonomisch motivierte Sanierungen):

Szenario II (Tabelle 3 und 4, Spalte 3) steht als Beispiel für eine typische ambivalente Entwicklung mit einer Mischung aus Fortschritt und Beharrung. Die Unterschiede zu Szenario I bestehen in Szenario II auf der Makroebene in einer moderaten Mietrechtsreform, einem Wechsel zur informationsorientierten EE-Förderung und einer günstigeren demografischen Entwicklung. Auf der Mesoebene entsteht eine neue Kultur der Kooperation und Beratungsqualität, was auf der Mikroebene zu einem besseren Informationsstand führt. Insgesamt bewirken diese Unterschiede trotz einiger auch hier ungünstiger Entwicklungen (Einkommen und Eigentumsquote stagnieren<sup>7</sup>) immerhin eine gewisse Verstärkung des Trends zu EE. Der entscheidende Impuls für einen Umschwung bei der Konsumenteninformiertheit und dem Abbau von Hemmnissen für Anlagen zur Nutzung von EE entsteht durch das Zusammenwirken der aktiveren Mesoakteure mit den veränderten Schwerpunkten der Förderung. Die Mietrechtsreform könnte dagegen in diesem speziellen Szenario auch entfallen, ohne dass die Konsistenz verloren ginge, auch gegen einen stärkeren Alterungsprozess wäre dieses Szenario robust (Tabelle 3).<sup>8</sup>

Szenario II vom Typ B ist noch aus einem anderen Grund bemerkenswert. Es zeigt für jeden Deskriptor genau die Entwicklung, die im Raum der 25 konsistenten Szenarien für diesen Deskriptor am häufigsten auftreten. Das Szenario hat damit den Charakter eines „Modalwerteszenarios“, was jedoch nicht unbedingt bedeutet, dass es das Wahrscheinlichste ist. >

6 Die Titel der Szenarien sind interpretierende Deutungen der Autoren auf Basis der Entwicklungen, die im Szenario für die Faktoren unterstellt sind.

7 Eine steigende Eigentumsquote wurde als „nachhaltig“ definiert, da die Sanierungsraten im Eigentum höher ausfallen und die Nutzer(innen) direkt gefördert werden können (Wegfall des Investor-Nutzer-Dilemmas).

8 Eine grafische Darstellung, wie Ursachen und Wirkungen bei den gegenseitigen Beeinflussungen der Faktoren in diesem Szenario ineinandergreifen und sich zu einem Geflecht sich gegenseitig stützender Annahmen fügen, ist unter [www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/szenarien.html](http://www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/szenarien.html) zu finden.

**TABELLE 3:** Übersichtstabelle der konsistenten Szenarien. Die Szenarien stellen den Möglichkeitsraum von stark beherrschenden zu gelungenen Entwicklungen und ihren zahlreichen Zwischenformen dar.

SZENARIO-TYP	Szenariotyp A: <i>Stabilität statt Wandel</i>		Szenariotyp B: <i>Moderater Wandel durch Einzelmaßnahmen ohne integratives Konzept</i>				Szenariotyp C: <i>Energiewende</i>	
	Informationen	DESKRIPTOR	ökonomisch motivierte Sanierung als Erfolg der Marktakteure	zusätzliche Unterstützung durch arbeitsorientierte Mietrechtsreformen	zusätzliche Unterstützung durch Ölpreisschock und seine Folgen im Mietrecht	Sanierungsimpulse durch Umweltbewusstsein, Wohneigentum, Verbesserungen im Mietrecht	Sanierungsimpulse durch Umweltbewusstsein, Wohneigentum, Verbesserungen im Mietrecht	Informationen
Informationenstand	etwa stabil		zunehmend gut informierte Konsument(inn)en					
Lebensstil	Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen		Wertewandel hin zu umweltbewussten Lebensstilen					
demografische Entwicklung	moderater oder starker Alterungsprozess		starker Alterungsprozess		moderater Alterungsprozess		moderater oder starker Alterungsprozess	
Haushaltsgröße	Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen		Trend zu individualisiertem Wohnen		Trend zu individualisiertem Wohnen		Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen	
Einkommen	stagnierend oder beschleunigter Wohlstandszuwachs für einige Bevölkerungsgruppen		stagnierend		beschleunigter Wohlstandszuwachs für einige Bevölkerungsgruppen		beschleunigter Wohlstandszuwachs für einige Bevölkerungsgruppen	
Eigentumsquote	etwa stabil		etwa stabil		breiter Trend zum Eigenheim		etwa stabil	
Qualität der Beratung	stabil		Verbesserung					
Kooperation/Vernetzung der Praxisakteure	zunehmendes Konkurrenzdenken		aktive Vernetzung					
Ölpreis	moderat		Ölpreisschock		moderat			
Mietrecht	keine relevanten Änderungen oder Möglichkeit zur Kostenumlage		Einforderung von Mindestsanierungsstandards sowie Möglichkeit zur Kostenumlage		Möglichkeit zur Kostenumlage oder Einforderung von Mindestsanierungsstandards		Einforderung von Mindestsanierungsstandards sowie Möglichkeit zur Kostenumlage	
energetische Gebäudestandards	Gebäudesanierungsquote stabil		Gebäudesanierungsquote steigend					
jährliche Bereitstellungs-kosten für Wärme aus EE (inklusive Förderung)	etwa stabil		Reduktion					
Förderung EE	stabil		Schwerpunkt: Werbe- und Informationskampagnen				Schwerpunkt: Pflichtanteile	
Nutzung EE	etwa stabil		kontinuierlicher Ausbau				Vollversorgung	
Gesamtwärmebedarf			abnehmend					

Entwicklung im Sinne eines sektoralen Nachhaltigkeitsindicators:

günstig
moderat
ungünstig
gilt per se nicht als sektoraler Nachhaltigkeitsindikator

**TABELLE 4:** Beispielhafte Darstellung zweier mittels Cross-Impact-Bilanzanalyse bestimmter konsistenter Szenarien. Szenario I von Typ A *Stabilität statt Wandel* beschreibt eine beharrende und Szenario II vom Typ B *Moderater Wandel durch Einzelmaßnahmen ohne integratives Konzept*, Untertyp *Markttakteure erreichen ökonomisch motivierte Sanierungen* eine eher moderate Entwicklung.

Deskriptor	Szenario I, Typ A <i>Stabilität statt Wandel</i>	Szenario II, Typ B <i>Moderater Wandel durch Einzelmaßnahmen ohne integratives Konzept</i> , Untertyp <i>Markttakteure erreichen ökonomisch motivierte Sanierungen</i>
a Informationsstand	a2 – etwa stabil	a1 – zunehmend gut informierte Konsument(inn)en
b Lebensstil	b1 – Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen	b1 – Wertewandel hin zu kostenbewussten Lebensstilen
c demografische Entwicklung	c2 – starker Alterungsprozess	c1 – moderater Alterungsprozess
d Haushaltgröße	d2 – Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen	d2 – Trend zu gemeinschaftlichem Wohnen
e Einkommen	e1 – stagnierende Einkommensentwicklung	e1 – stagnierende Einkommensentwicklung
f Eigentumsquote	f1 – etwa stabil	f1 – etwa stabil
g Qualität der Beratung	g2 – etwa stabil	g1 – Verbesserung
h Kooperation und Vernetzung der Praxisakteure	h1 – zunehmendes Konkurrenzdenken	h3 – aktive Vernetzung
i Ölpreis	i1 – moderate Entwicklung	i1 – moderate Entwicklung
j Mietrecht	j1 – keine relevanten Änderungen	j2 – Möglichkeit zur Kostenumlage
k energetische Gebäudestandards	k1 – stabile Sanierungsquote, moderate Verbesserung Wärmedämmung	k2 – steigende Sanierungsquote
l jährliche Bereitstellungskosten für EE-Wärme (inklusive Förderung)	l2 – etwa stabil	l3 – Reduktion
m Förderung EE	m1 – stabil	m2 – Schwerpunkt auf Werbungs- und Informationskampagnen
n Nutzung EE	n1 – etwa stabil (acht Prozent bis 2040)	n2 – kontinuierlicher Ausbau (40 Prozent bis 2040)
o Gesamtwärmebedarf	o1 – abnehmend	o1 – abnehmend

*Entwicklung im Sinne eines sektoralen Nachhaltigkeitsindikators:* günstig moderat ungünstig gilt per se nicht als sektoraler Nachhaltigkeitsindikator

**Varianten**

Die in Tabelle 3 dargestellten Szenarien repräsentieren den Möglichkeitsraum, wie er sich aus den Expertenurteilen zu den Einflussbeziehungen zwischen den Deskriptoren ergibt. Der Szenario-Raum würde sich jedoch verändern, wenn man bei kritischen Beziehungen andere Hypothesen zugrunde legen würde. Das kann illustriert werden an einigen Fällen, in denen mehrere Expert(inn)en ein klar anderes und auch nachvollziehbar begründetes Bild einer Einflussbeziehung hatten als die Mehrheit. Die Durchsicht der Einzelmatrizen lieferte ergänzende Varianten, die zwar nicht die überwiegende Einschätzung des Expertenkreises ausdrücken, dennoch als begründete Möglichkeiten berücksichtigt werden können. Hier sollen zwei dieser Varianten zu den Szenariotypen A und C diskutiert werden (Typ B ist bereits sehr variantenreich ausgestaltet):

**Sinkender Gesamtwärmebedarf ungefährdet?** Alle Szenarien im Szenariotableau (Tabelle 3) zeigen einen sinkenden Gesamtwärmebedarf. In keinem Fall wird ein stabiler oder gar zunehmender Wärmebedarf als plausible Komponente eines konsistenten Szenarios angesehen. Insofern fehlen im Szenariospektrum also markant schlechte Entwicklungen, weil der ungünstigste Fall – *Stabilität statt Wandel* – eher das





**TABELLE 5:** Wirksamkeit beispielhafter Maßnahmen. Die Gegenüberstellung von Maßnahmenoptionen und Szenarien ermöglicht eine Klassifizierung der Maßnahmen. So ist zum Beispiel die Maßnahme *Informationsbroschüren* als „vor allem in den mittleren Phasen eines Transformationsprozesses wirksam“ eingestuft (nach Jenssen und Weimer-Jehle 2010).

Handlungsempfehlung	Wirkung über Deskriptor	Szenariotyp A <i>Stabilität statt Wandel</i>	Szenariotyp B <i>Moderater Wandel</i>	Szenariotyp C <i>Energiewende</i>
Gestalten und Verfassen verständlicher Informationsbroschüren	a Information	unwirksam	wirksam	entbehrlich
Förderung intelligenter Feedbacksysteme	a Information	wirksam	wirksam	wirksam
Mietrechtsänderung (Investor-Nutzer-Dilemma)	j Mietrecht	starke Veränderung	wirksam	entbehrlich
unabhängige ENEV <sup>a</sup> -Kontrollen	k Gebäudestandards	wirksam	wirksam	wirksam

a ENEV: Energieeinsparverordnung (*Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden*)

Ausbleiben von Verbesserungen als das Eintreten von Verschlechterungen beinhaltet.

Die Gründe für diese Lücke lassen sich aus der Cross-Impact-Matrix rekonstruieren und beruhen im Kern auf der Einschätzung der Expert(inn)en, dass sehr ungünstige Entwicklungen zu einem starken politischen Handlungsdruck und entsprechenden Interventionen führen würden. Ein zunehmender Gesamtwärmebedarf ist – unter der Voraussetzung der in der Matrix unterstellten Zusammenhänge – also ein Zustand, der seine eigenen Voraussetzungen untergräbt und deshalb unter den gegebenen Bedingungen nicht dauerhaft auftreten kann.

Allerdings sind die Szenarien mit unterschiedlichem Nachdruck auf die Aussage eines sinkenden Wärmebedarfs festgelegt: Gegen eine stagnierende Entwicklung beim Wärmebedarf spricht im rechten Teil des Tableaus sehr viel, nach links hin jedoch immer weniger. Bei Szenariotyp A ist die Festlegung dann schließlich fast marginal, was sich auch dadurch ausdrückt, dass Szenarien mit ungünstigerem Verlauf des Wärmebedarfs zwar nicht in der Gesamtmatrix, aber immerhin in sechs der zwölf Einzelmatrizen auftreten.

#### **EE-Vollversorgung auch bei kostenbewussten Lebensstilen möglich?**

Das Szenariotableau in Tabelle 3 zeigt, dass das Netzwerk eine Wärmeevollversorgung mit EE bis zum Jahr 2040 nur im Zusammenhang mit einem Wertewandel hin zu umweltbewussten Lebensstilen als naheliegend einschätzt. Ein solcher Wertewandel stimuliert einen starken Ausbau der EE nicht nur direkt, sondern auch indirekt über einige dessen sonstiger Voraussetzungen (Abbildung 3). Kostenbewusstsein in der Bevölkerung kann zwar mittelbar ein moderates Wachstum der EE-Anteile fördern – die Impulse, die von dieser Einstellung für ein starkes Wachstum ausgehen können, wurden jedoch von den Expert(inn)en kontrovers eingeschätzt. In neun der abgegebenen Matrizen sind die Impulse unter diesen Umständen zu schwach für ein hohes Wachstum bis zur Vollversorgung. Drei der abgegebenen Matrizen lassen eine Entwicklung zur Vollversorgung auch bei kostenbewussten Lebensstilen zu – allerdings nur, sofern ein „Ölpreisschock“ zusätzliche Impulse erzeugt.

Diese durch drei Expert(inn)en gestützte und ansonsten dem Typ C ähnliche Variante kann daher mit dem Titel *Erzwungene Wende* charakterisiert werden.

### **Bilder des Wärmekonsums – Zusammenfassung und Anwendungen der qualitativen Szenarioanalyse**

Durch die Anwendung des Szenariokonstruktionsverfahrens CIB ist es möglich, die komplexen und disziplinübergreifenden Wirkungsbeziehungen im System Wärmekonsum unter Berücksichtigung der drei Analyseebenen (Mikro-, Meso- und Makroebene) vereinfacht, aber systematisch zu analysieren und damit ganzheitliche Bilder zu generieren. Der methodische Ansatz erzwingt zwar zunächst einen Verzicht auf eine quantitative Beschreibung der Entwicklungen, erlaubt dafür aber die Integration eines besonders breiten Spektrums relevanter Aspekte. Gleichwohl ist es erforderlich, die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Unsicherheiten subjektiver Urteile zu interpretieren, denn sie beruhen auf Experteneinschätzungen und beschreiben daher keine unmittelbare Wirklichkeit, sondern deren mentales Abbild. Sie befassen sich – wie jede Zukunftsforschung – auch nicht mit Zukunft an sich, sondern mit den „gegenwärtigen Konstruktionen von Zukunft“ (Grunwald 2012, S. 192).

Die gewonnenen Szenarien spannen eine beträchtliche Bandbreite möglicher Zukunftsentwicklungen auf, ohne dabei beliebig zu werden. Sie thematisieren durch die Gegenüberstellung der möglichen Entwicklungen die Voraussetzungen einer Transformation des Energiesystems und die Zusammenhänge mit bestimmten Entwicklungen auf der Mikro-, Meso- und Makroebene. Szenarien sind jedoch kein Selbstzweck, sondern sollen die Gestaltung der Zukunft unterstützen. Die hier vorgestellten Szenarien können dazu auf folgende Weise beitragen:

- Im Rahmen der Politikgestaltung könnten die Szenarien mit ihrer systematischen Beschreibung der interdisziplinären Interdependenz im Politikfeld „nachhaltiger Wärmekonsum“ dazu anregen, Forschungsförderungsprogramme zu strukturieren. So könnte beispielsweise ein Förderprogramm unter dem Motto „Verhindere Szenariotyp A“ nach den kritischen Elementen dieses Typs unterstrukturiert werden und die Verbindungen zwischen den kritischen Elementen gezielt untersuchen.
- Die Szenarioarbeiten stellen ein Angebot an einen offenen Szenariodiskurs dar. Das dokumentierte Material erlaubt es, die hier verwendeten Hypothesen über die Systemzusammen-

hänge (Abbildung 3) gezielt zu verändern, das Netzwerk neu auszuwerten und den hier vorgestellten Szenarien andere, die eigenen Hypothesen widerspiegelnde Szenarien gegenüberzustellen.

- Die Szenarien können als Instrument zur Beurteilung der Robustheit und der Kontextangemessenheit von Maßnahmenoptionen im Bereich der nachhaltigen Wärmeversorgung eingesetzt werden. Tabelle 5 verdeutlicht anhand eines Beispiels die szenariobasierte Klassifizierung von Maßnahmen als Anschubmaßnahme, als Beschleuniger eines bereits laufenden Transformationsprozesses und als robuste, für alle Phasen einer Transformation geeignete Maßnahme. Material hierfür böte zum Beispiel der Maßnahmenkatalog des Projekts *Energie nachhaltig konsumieren – nachhaltige Energie konsumieren* (Zech et al. 2011).
- Auch im wissenschaftlichen Bereich können die Szenarien genutzt werden. Sie bieten einen systematisch hergeleiteten Rahmen, der ein breites Spektrum von Aspekten disziplinübergreifend in konsistente Bilder fasst („Kontextszenarien“, vergleiche Weimer-Jehle und Kosow 2011) und als Ausgangspunkt für quantitative Energiesystemmodellierungen dienen kann. Wärmeszenarien können weiterhin als sektorspezifische Vertiefung für systemweite Energieszenarien eingesetzt werden.

Die zuletzt genannte Nutzungsmöglichkeit als sektorspezifische Vertiefung übergreifender Szenarien wird zurzeit im Rahmen der Helmholtz-Allianz *ENERGY-TRANS – Zukünftige Infrastrukturen der Energieversorgung – Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit und Sozialverträglichkeit*<sup>9</sup> vorbereitet. In diesem Forschungsprogramm sollen integrierte gesellschaftlich-technische Szenarien des Transformationsprozesses entwickelt werden und die vorliegenden Szenarien zum Wärmekonsum darin als Sektorszenarien Eingang finden.

Das Motiv zur Verwendung integrativer Szenarien erwächst letztlich aus der Einsicht, dass das System der Energiebereitstellung und -nutzung wie alle Infrastruktursysteme als komplexes soziotechnisches System aufgefasst werden muss. Die Rolle von Szenarien kann insbesondere darin bestehen, das Verständnis der Interaktion zwischen den gesellschaftlichen und technischen Teilen dieses Systems zu vertiefen und wie beschrieben zu einer erfolgreichen Transformation des Systems beizutragen.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen der *Sozial-ökologischen Forschung* durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziell gefördert und durch die Teilnahme von zwölf Expert(inn)en an den Befragungen ermöglicht.

Abbildung 3 geht zurück auf *Sophia Alcantara*, die in Tabelle 3 verwendete Darstellungsform auf Anregungen von *Christian León*. Die Überarbeitung des Textes wurde durch die konstruktive Kritik von *Marlies Härdtlein*, *Sandra Wassermann* und *Daniel Zech* bereichert. Für ihre Unterstützung möchten wir uns bei allen herzlich bedanken.

<sup>9</sup> [www.energy-trans.de](http://www.energy-trans.de)

## Literatur

- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie). 2010. *Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung*. Basel: Prognos AG, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Strukturforschung.
- Förster, G. 2002. *Szenarien einer liberalisierten Stromversorgung*. Stuttgart: Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg.
- Fuchs, G., U. Fahl, A. Pyka, U. Staber, S. Voegelé, W. Weimer-Jehle. 2008. *Generating innovation scenarios using the cross-impact methodology*. Discussion Papers Series 007-2008. Bremen: University of Bremen, Institute of Economics.
- Glenn, J. C., Futures Group International. 2009. *Scenarios*. In: *Futures research methodology version 3.0*. Edited by J. C. Glenn, T. J. Gordon. CD-ROM. Washington, D. C.: Millennium Project.
- Gordon, T., H. Hayward. 1968. Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting. *Future* 1/2: 100–116.
- Grunwald, A. 2012. Ist Zukunft erforschbar? *Focus Jahrbuch 2012*: 171–195.
- Jenssen, T., W. Weimer-Jehle. 2010. *Integrierte und konsistente Szenarien mit Hilfe der Cross-Impact Bilanzanalyse*. Unveröffentl. Arbeitsbericht für das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Stuttgart: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. [www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/Downloads/AP5\\_Cross-Impact Bilanzanalyse final.pdf](http://www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/Downloads/AP5_Cross-Impact%20Bilanzanalyse%20final.pdf) (abgerufen 01.11.2012).
- Kosow, H., R. Gaßner. 2008. *Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse – Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien*. Werkstattbericht 103. Berlin: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Nitsch, J. et al. 2010. *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global*. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).
- Renn, O., J. Deuschle, A. Jäger, W. Weimer-Jehle. 2007. *Leitbild Nachhaltigkeit*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Vester, F. 2002. *Die Kunst vernetzt zu denken. Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität*. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- von Reibnitz, U. 1987. *Szenarien – Optionen für die Zukunft*. Hamburg: McGraw-Hill.
- Weimer-Jehle, W. 2006. Cross-impact balances: A system-theoretical approach to cross-impact analysis. *Technological Forecasting and Social Change* 73/4: 334–361.
- Weimer-Jehle, W., H. Kosow. 2011. *Gesellschaftliche Kontextszenarien als Ausgangspunkt für modellgestützte Energieszenarien*. In: *Energieszenarien – Konstruktion, Bewertung und Wirkung*. Herausgegeben von C. Dieckhoff et al. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Zech, D. et al. (Hrsg.). 2011. *Informieren, Fördern und Fordern – Handlungsempfehlungen zur Unterstützung eines nachhaltigen Wärmekonsums*. Stuttgart: Universität Stuttgart. [www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/Downloads/Broschuere\\_NaKo\\_final.pdf](http://www.uni-stuttgart.de/nachhaltigerkonsum/de/Downloads/Broschuere_NaKo_final.pdf) (abgerufen 20.10.2012).

Eingegangen am 27. Januar 2012; überarbeitete Fassung  
angenommen am 25. September 2012.

### Till Jenssen



Geboren 1980 in Bochum. Studium der Raumplanung, 2009 Promotion zum Thema Bioenergie. Ab 2006 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, ab 2009 Fachgruppenleiter. Seit 2012 Referent am Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg.

### Wolfgang Weimer-Jehle



Geboren 1957 in Stuttgart. Physiker, Senior Researcher und wissenschaftlicher Geschäftsführer am Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung der Universität Stuttgart (ZIRIUS). Forschungsschwerpunkte: Interdependenz von Energiesystem und Gesellschaft sowie Methoden der qualitativen System- und Szenarioanalyse.