Wuppertal Institut (Hrsg.)

# Wissen als transformative Energie

## Zur Verknüpfung von Modellen und Experimenten in der Gebäude-Energiewende

oekom

oekom

Dieses Buch wurde klimaneutral hergestellt. $CO_2$-Emissionen vermeiden, reduzieren, kompensieren – nach diesem Grundsatz handelt der oekom verlag. Unvermeidbare Emissionen kompensiert der Verlag durch Investitionen in ein Gold-Standard-Projekt. Mehr Informationen finden Sie unter www.oekom.de.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter http://dnb.d-nb.de abrufbar.

© 2016 oekom, München
oekom verlag, Gesellschaft für ökologische Kommunikation mbH, Waltherstraße 29, 80337 München

Layout und Satz: Reihs Satzstudio, Lohmar
Korrektur: Maike Specht, München
Grafik und Illustration: Stephan Preuß Grafik & Design, Wuppertal
Umschlagentwurf: Elisabeth Fürnstein, oekom verlag
Umschlagabbildung: Stephan Preuß Grafik & Design, Wuppertal
Druck: Augustin print & medien GmbH, Oer-Erkenschwick

Dieses Werk ist ab dem 13.01.2022 lizenziert unter der Creative Commons Lizenz: Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). Diese Lizenz erlaubt die private Nutzung, gestattet aber keine Bearbeitung und keine kommerzielle Nutzung. Weitere Informationen finden Sie unter: creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0

Dieses Buch wurde auf 100%igem Recyclingpapier gedruckt.

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-86581-824-9
E-ISBN 978-3-96006-152-6
https://doi.org/10.14512/9783960061526

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt,
Energie gGmbH (Hrsg.)

# Wissen als transformative Energie

## Zur Verknüpfung von Modellen und Experimenten in der Gebäude-Energiewende

Autorinnen und Autoren:
Anja Bierwirth, Karoline Augenstein, Stephan Baur, Johannes Bettin, Johannes Buhl, Jonas Friege, Georg Holtz, Thorben Jensen, Jan Kaselofsky, Christa Liedtke, Alexandra Palzkill, Mathieu Saurat, Uwe Schneidewind, Sophia Schönborn, Stefan Schweiger, Peter Viebahn, Florin Vondung

Unter Mitarbeit von Isabel Drissen, Steven März

# Inhalt


**1 Einleitung** . . . . . 7

1.1 Zum Charakter dieses Buches . . . . . 8
1.2 Wie Transformation erforschen? . . . . . 10

---

**2 Basiskonzepte einer Forschung zur Transformation** . . . . . 13

2.1 Systeminnovationen und Mensch-Umwelt-Systeme . . . . . 14
2.2 Transformationsforschung und transformative Forschung . . . . . 17
2.3 Transdisziplinarität: Wie entsteht sozial robustes Wissen für Transformationsprozesse? . . . . . 19
2.4 Wissensintegration und die Rolle von Boundary Objects . . . . . 22
2.5 Wissensformen und Forschungszugänge entlang des Transition-Zyklus . . . . . 26

---

**3 Stadt und Quartier als Boundary Object** . . . . . 41

3.1 Systemanalyse am Beispiel energetischer Sanierung und Energieeinsparung in Wohngebäuden . . . . . 43
3.2 Die Energiewende als Zielvision: Zielwissen für die Wärmewende . . 72
3.3 Transformationswissen: Realexperimente und Diffusion . . . . . 79

---

**4 Modelle zur Wissensintegration** . . . . . 89

4.1 Agentenbasierte Modellierung als Boundary Object . . . . . 98
4.2 Chancen und Grenzen agentenbasierter Modellierung . . . . . 116
4.3 Verhalten ändern – zum Zusammenspiel von Nutzerexperimenten und agentenbasierter Modellierung . . . . . 125
4.4 Modellierung eines ökologischen Dilemmas: Energie versus Ressourcen . . . . . 144

**5 Schluss / Thesen / Fazit** . . . . . 157

**6 Danksagung** . . . . . 161

Abbildungsverzeichnis . . . . . 163
Literatur . . . . . 164

# 1

# Einleitung

## 1.1 Zum Charakter dieses Buches

Dieses Buch ist vordergründig ein Buch über die Energiewende im Gebäudebereich. Es gibt einen Einblick in die Arbeiten des Forschungsprojekts »EnerTransRuhr« (Energiewende integrativ – Entwicklung eines transformativen Forschungsdesigns am Beispiel der Energiewende Ruhr/NRW), welches vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Fördermaßnahme »Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems« gefördert wurde. In diesem Projekt wurden Strategien zur Reduktion des Energieverbrauchs in Gebäuden erarbeitet, und es hat eine Reihe interessanter Einblicke in die Transformationsherausforderung Gebäudeenergiewende geliefert, die maßgeblich ist für den Erfolg der Energiewende in Deutschland insgesamt.

In seinem Kern ist das Buch aber ein »Werkstattbericht« aus dem Projekt EnerTransRuhr als ein typisches Projekt im Bereich der Nachhaltigkeits- und Transformationsforschung. Wie viele andere Nachhaltigkeitsherausforderungen ist die Gebäudeenergiewende eine komplexe Transformationsaufgabe: Das Energieeinsparpotenzial im Gebäudebereich hängt von einer Vielzahl verschiedener Faktoren ab. Dazu gehören die technische Beschaffenheit des Gebäudebestandes, die rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die Eigentümer und Eigentümerinnen zur energetischen Sanierung ihrer Gebäude motivieren sollen, aber auch das Verhalten derer, die ein Gebäude nutzen, insbesondere ihr Heiz- und Lüftungsverhalten.

Dieses komplexe Zusammenspiel aus politischen Rahmenbedingungen, gebauter Wirklichkeit und Verhalten im Gebäude prädestiniert das Thema Gebäudeenergiewende, das nur auf den ersten Blick eher technisch anmutet, als Anwendungsfeld zur Erforschung komplexer Transformationsherausforderungen. Im Projekt EnerTransRuhr wurde es außerdem zum Anlass genommen, um zur Weiterentwicklung integrierter und transformativer Forschungsdesigns beizutragen.

Die Transformation, die durch die Energiewende angestoßen wird, zieht sich durch alle denkbaren Systeme, die der Mensch für ein geregeltes Zusammenleben geschaffen hat. Ein Umdenken hin zu einem bewusste-

ren Umgang mit Energie und Umwelt und damit zu effizienten und suffizienten Verhaltensweisen muss nicht nur im Gebäudebereich als Gemeinschaftswerk gesehen werden und bedarf neuer Formen der Partizipation und integrativer Momente in der Wissenschaft. Am Beispiel der Gebäudeenergiewende fragt dieses Buch danach, wie sich komplexe soziotechnische Transformationsprozesse zu einer nachhaltigen Entwicklung wissenschaftlich begleiten lassen.

Wie kann man die Möglichkeiten und Hindernisse zu einer ressourcen- und klimaleichteren Welt besser verstehen? Und wie kann Wissenschaft dazu beitragen, dass neue Lösungen und Ideen in der Praxis zu Veränderungen führen? Eine solche transformative Forschung, die den neutralen Beobachterposten verlässt, braucht entsprechende Konzepte und Methoden: Wie kann Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen und aus der Praxis integriert werden, um komplexe Sachverhalte und Zusammenhänge zu erklären und zu verstehen? Welche Rolle spielen komplexe (agentenbasierte) Modelle und Experimente dabei? Wie sieht der Methodenmix einer transformativen Wissenschaft aus, die Akteure bei Transformationsprozessen aktiv unterstützt?

Diese Fragen stehen im Zentrum des vorliegenden Buches. Im folgenden Kapitel wird deshalb zunächst ein kurzer Überblick über die Basiskonzepte der Transformationsforschung gegeben und gezeigt, dass eine wesentliche Herausforderung die inter- und transdisziplinäre Wissensintegration ist. Hier können sogenannte Boundary Objects eine wesentliche Rolle spielen, als Bezugspunkte, die ein gemeinsames Problemverständnis aus unterschiedlichen Perspektiven und einen Austausch unterschiedlicher Akteursgruppen ermöglichen. Solche Boundary Objects können dabei konkrete Orte sein, wie Städte oder Quartiere, aber auch wissenschaftlich-abstrakte Modelle. Beide Formen waren zentral im Projekt EnerTransRuhr und werden als Ausgangspunkt gewählt für die nun folgenden konkreten Einblicke in das Projekt und seine Ergebnisse.

## 1.2 Wie Transformation erforschen?

Um die Klimaschutzziele im Gebäudesektor zu erreichen, wird es nicht ausreichen, allein auf technologische Innovationen zu setzen. Es muss mit gewachsenen Strukturen in Städten und Quartieren umgegangen werden, und die jeweiligen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen müssen berücksichtigt werden. Auch die politische und rechtliche Lage ist kompliziert. Es müssen die richtigen Anreize geschaffen werden, wobei diese sich je nach Akteursgruppe und Gebäudebeständen teilweise deutlich unterscheiden und unerwartete Wechselwirkungen auftreten können. Auch gilt es, die unterschiedlichen Motivlagen einzelner Akteure zu berücksichtigen und beispielsweise das Potenzial veränderten Heiz- und Lüftungsverhaltens zu heben.

Ausgehend von einer solchen Problemlage, wird deutlich, dass auch der Beitrag der Wissenschaft und der Forschung für die Umsetzung einer Gebäudeenergiewende nicht einfach zu bestimmen ist. Die Verflechtungen im Bereich der Gebäudeenergiewende lassen erahnen, dass es nicht damit getan ist, entlang der etablierten wissenschaftlichen Disziplinen arbeitsteilig zu untersuchen, welche technologischen Innovationen gebraucht werden, welche Politikinstrumente sinnvoll sein könnten, welche Geschäftsmodelle entwickelt werden müssen und welche Rolle das Verhalten von Akteuren spielt. All diese Aspekte sind relevant, müssen aber vor allem im Zusammenspiel untersucht werden.

Insgesamt stellt die Energiewende (nicht nur im Gebäudebereich) sowohl eine technologische als auch eine soziokulturelle Transformationsherausforderung dar. Ihre wissenschaftliche Begleitung steht damit vor unterschiedlichen Integrationsherausforderungen. Zum einen müssen technologische (neue Produktionstechnologien, Netze, Speicher, Effizienztechnologien) und soziokulturelle Innovationen (neue Governance-Muster, Lebensstilanpassungen, neue Nutzungsmuster von Produkten und Dienstleistungen, neue Partizipationsformen et cetera) integriert betrachtet werden.

Die kulturellen Bedingungen der Energiewende sind dabei im Vergleich zu den technologischen Bedingungen bisher wenig untersucht. Gerade

für das Verständnis von Energieeffizienzinnovationen sind sie aber von hoher Bedeutung. Veränderungsprozesse müssen außerdem im Zusammenspiel verschiedener politischer Ebenen – im vorliegenden Fall vor allem auf nationaler und kommunaler Ebene – analysiert werden. Bei der Entwicklung geeigneter Strategien für die Energiewende müssen dabei auch mögliche Problemverschiebungen berücksichtigt werden. Angesichts der engen Kopplung von Energie- und Ressourcenfragen ist eine frühe integrierte Abschätzung von Ressourcenwirkungen der Energiewende wichtig.

Da Forschung für Transformation sich nicht allein in der Forschung über Transformationsprozesse erschöpfen soll, sondern konkrete Handlungsmöglichkeiten aufzeigen und Veränderungen in der Praxis mit anstoßen will, gilt es (inter-)disziplinäres Modellwissen (Wissen über das System) mit empirischen-experimentell gewonnenem Transformationswissen (Wissen für die Gestaltung des Systems) in einem transdisziplinären Forschungsprozess zu verknüpfen. Mit diesen grundlegenden Herausforderungen beschäftigt sich die nachhaltigkeitsorientierte Transformations- und Transition-Forschung[1].

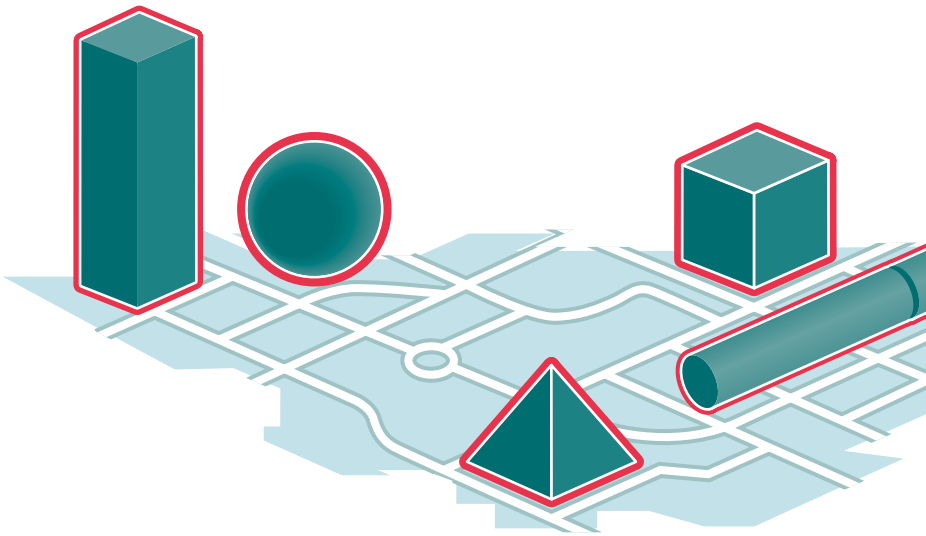
In Kapitel 2 werden grundlegende Basiskonzepte dieses Forschungsfelds vorgestellt. Darauf aufbauend, skizziert Kapitel 3 grundlegende methodische Zugänge zur Erforschung von Transformationsprozessen entlang des sogenannten Transition-Zyklus, der die idealtypischen Phasen von Transformationsprozessen beschreibt und zeigt, wie relevantes System-, Ziel- und Transformationswissen generiert werden kann. Kapitel 4 gibt einen Einblick in die konkrete Anwendung der Transformationsforschung im Rahmen des Projekts EnerTransRuhr. Es zeigt exemplarisch, wie ein integriertes Forschungsdesign im Feld der Transformations- und transformativen Forschung aussehen kann und welche konkreten Herausforderungen dabei eine Rolle spielen. In Kapitel 5 schließlich werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie eine Wissensintegration der unterschiedlichen inhaltlichen und methodischen Zugänge stattfinden kann. Aus dem Projekt heraus werden Möglichkeiten und Grenzen der Modellierung als Integra-

1 Für einen Überblick siehe Markard et al. 2012; van den Bergh et al. 2011; Göpel 2016.

tionsort diskutiert. Das Buch schließt in Kapitel 6 mit einigen Schlussfolgerungen und Gedanken zur weiteren Entwicklung und Anwendung transformativer Forschungsdesigns.

# 2

# Basiskonzepte einer Forschung zur Transformation



Das Fortschreiten von Umweltgefährdung und Klimawandel[2] macht deutlich, dass keine kleinen Reformen helfen, vielmehr ist laut Wissenschaftlichem Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltentwicklungen (WBGU) eine »Große Transformation« (WBGU 2011) notwendig, um Pfade zu einer nachhaltigen Entwicklung einzuschlagen. Hier stellt sich die besondere Aufgabe, den fortschreitenden und sich andauernd beschleunigenden Transformationsprozess von Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt so zu gestalten, dass er in eine nachhaltige Richtung gelenkt wird. Für das Verständnis solch umfassender soziotechnischer Transformationsprozesse haben sich in den letzten Jahren einige Schlüsselbegriffe und -konzepte herausgebildet, die in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden.

## 2.1 Systeminnovationen und Mensch-Umwelt-Systeme

Städte und Stadtquartiere können als Mensch-Umwelt-Systeme (»Human-Environment-Systems«; Scholz 2011) bezeichnet werden. Hier wirken Infrastrukturen, technologische Systeme, menschliches Handel mit erheblicher Rückwirkung und Rückkopplung auf und mit ökologischen Systemen zusammen. Veränderungen in solchen Systemen mit positiven ökologischen Wirkungen sind auf Innovationen angewiesen. Dafür reichen selten rein technologische Innovationen. Es bedarf vielmehr sogenannter Systeminnovationen, also eines Zusammenspiels von technologischen, sozialen und institutionellen Innovationen.

Ein Blick auf die Vielfalt dieser Herausforderungen und Fragenkomplexe macht schon deutlich, dass ein rein technologisches Innovationsverständnis nicht ausreicht. Oft sind die technologischen Innovationen heute gar nicht mehr der zentrale Engpass. Als viel wichtiger erweist sich die Suche nach neuen Geschäfts-, Finanzierungs- und Organisationsmodellen, nach intelligenten Formen der Kooperation zwischen Partnern unterschiedlicher Bereiche und nach geeigneten Wegen politischer Par-

2 Siehe zum Beispiel Rockström et al. 2009; IPCC 2014.

tizipation. Nachhaltigkeitslösungen erfordern heute Systeminnovationen, in denen technische, ökonomische und institutionelle Bausteine eng ineinandergreifen, um den Übergang, die Transition, von bestehenden Systemzuständen zu einem nachhaltigeren Entwicklungspfad zu ermöglichen (Schneidewind 2011).

Der Begriff der Systeminnovation beschreibt grundlegende Umbrüche, die weit über technologische Innovationen hinausgreifen und ganze soziotechnische beziehungsweise Mensch-Umwelt-Systeme in ihren Institutionen, Werten, Organisations- und Infrastrukturen verändern. Systeminnovationen beziehen sich dabei auf ganze gesellschaftliche Teilsysteme, die grundlegende Basisfunktionen erfüllen, wie zum Beispiel die Versorgung mit Energie, Mobilität, Ernährung und Wohnen. Es geht dabei um die Verbindung aus technologischen und sozialen Innovationen sowie deren Einbettung in gesellschaftliche und Infrastrukturen. Dabei ist es wichtig zu verstehen, dass es um mehr als ein oberflächliches Zusammenspiel oder eine lose Kombination aus neuen Technologien und veränderten Verhaltensmustern geht. Wie genau sieht also die Definition einer Systeminnovation aus? In Anlehnung an unter anderem Abernathy/Clark (1985), Christensen (1997) und Utterback (1994) beschreibt Geels (Geels 2004, S. 19 f.) drei Aspekte einer Systeminnovation. Der Ausgangspunkt ist zunächst eine technologische Innovation, die eine etablierte Technologie ablöst oder ersetzt. In einem zweiten Schritt kommt es zu koevolutionären Prozessen: Die neue Technologie tritt in Wechselwirkung mit ihrem sozialen Umfeld. Hier kommt es dann zu sozialen und institutionellen Innovationen, also beispielsweise veränderten Nutzungsmustern, neuen Geschäftsmodellen, veränderten Markt- und Industriestrukturen oder neuen politischen Instrumenten. Aus diesen koevolutionären Prozessen ergibt sich dann als dritter (und wesentlicher) Aspekt einer Systeminnovation die Entstehung einer »neuen Funktionalität« des jeweiligen soziotechnischen Systems insgesamt. Damit ist gemeint, dass das betreffende System zwar immer noch seine ursprüngliche Funktion erfüllt, dies aber auf eine qualitativ und oft radikal andere Weise tut. Es geht also um mehr als neue Technologien oder optimierte Anwendungskontexte und angepasste Systemkonfigurationen – eine Systeminnovation beinhaltet grundlegende Bedeutungsver-

schiebungen (beispielsweise vom Autoverkehr zur Mobilität), neue Qualitätskriterien, die an ein System und seine Funktionsweise angelegt werden (etwa der energetische Standard als Kriterium für die Qualität eines Gebäudes). Eine Systeminnovation bedeutet also einen echten Paradigmenwechsel, der über veränderte Funktionslogiken zu einer grundlegend neuen Systemarchitektur führt.

In der nachhaltigkeitsorientierten Systeminnovationsforschung liegt das Augenmerk auf solchen veränderten Systemkonfigurationen und neuen Funktionalitäten, die positive sozialökologische Effekte erzeugen. Ein zentrales Potenzial von Systeminnovationen für eine nachhaltige Entwicklung liegt in den Prozessen soziotechnischer Koevolution: Auch technologische Innovationen oder einzelne institutionelle, politische oder zivilgesellschaftliche Initiativen können ein entscheidender Anstoß der Veränderung sein. Da diese immer in Wechselwirkung mit anderen Elementen eines soziotechnischen Systems stehen, besteht die Möglichkeit, dass sich Dynamiken und Prozesse aufeinander beziehen und gegenseitig verstärken. Gerade in Städten und einzelnen Quartieren werden solche Wechselwirkungen durch die räumliche Verdichtung möglich: Auch eine Stadt oder ein Quartier lassen sich als soziotechnische Mensch-Umwelt-Systeme charakterisieren, die durch das Zusammenspiel von topografischen und technischen (Infra-)Strukturen und dem Handeln von Akteuren geprägt sind. Deshalb steht auch die Gebäudeenergiewende vor Ort einerseits natürlich vor der Herausforderung, komplexe Lösungen im Sinne von Systeminnovationen entwickeln zu müssen – positiv gewendet, liegt hier aber auch die Chance sich gegenseitig verstärkender positiver Effekte und dynamischer Wechselwirkungen eines Systeminnovationsprozesses. Dabei können sowohl technologische Innovationen wie auch soziale Veränderungsimpulse wichtige Auslöser für einen umfassenden Wandel sein. Um zu tragfähigen Veränderungsprozessen zu kommen, muss hier vor allem auch das oft implizite Wissen (»tacit knowledge«) der beteiligten und betroffenen Menschen vor Ort berücksichtigt werden.

Die tatsächliche Umsetzung einer Systeminnovation kann nur gelingen, wenn sie von den jeweiligen Nutzern akzeptiert und weitergetragen wird. Für die Wissenschaft bedeutet das, dass Forschung für eine nachhaltige

Transformation sowohl das Wissen der verschiedenen akademischen Disziplinen wie auch das Praxis- und Erfahrungswissen nicht wissenschaftlicher Partner berücksichtigen muss.

## 2.2 Transformationsforschung und transformative Forschung

Wie schon vom WBGU beschrieben, spielt die Forschung bei der Umsetzung von Transformationsprozessen eine zentrale Rolle: »Die Transformation ist ein gesellschaftlicher Suchprozess, der durch Experten unterstützt werden sollte. Forschung hat dabei die Aufgabe, im Zusammenspiel mit Politik, Wirtschaft und Gesellschaft klimaverträgliche Gesellschaftsvisionen aufzuzeigen, unterschiedliche Entwicklungspfade zu beschreiben sowie nachhaltige technologische und soziale Innovationen zu entwickeln« (WBGU 2011, S. 23). Hierbei wird im WBGU-Gutachten zwischen Transformationsforschung und transformativer Forschung unterschieden:

In der *Transformationsforschung* liegt der Schwerpunkt auf der Exploration der Übergangsprozesse, um die Faktoren und die Zusammenhänge in Transformationsprozessen zu untersuchen und kritisch zu reflektieren. »Eine besondere Herausforderung für die Transformationsforschung besteht in der Vernetzung von Sozial-, Natur- und Ingenieurwissenschaften, um die Interaktionen zwischen Gesellschaft, dem Erdsystem und der technologischen Entwicklung zu verstehen« (WBGU 2011, S. 23).

In der Wissenschaft spielen unterschiedliche disziplinäre Zugänge eine Rolle, um die verschiedenen Dimensionen eines umfassenden gesellschaftlichen Transformationsprozesses abzubilden. Transformation hat in vielen Bereichen, vor allem der Energiewende, eine technologische Dimension: Hier stellt sich die Frage, ob und wie ein Systemumbau technisch möglich ist und welche einzelnen Technologien dafür gebraucht werden. Daraus ergeben sich dann schnell die drängenden Fragen der ökonomischen Dimension: Wie kann der Umbau finanziert werden, welche ökonomischen und Marktmechanismen werden gebraucht? Im Fall der Energiewende wurden entsprechend beispielsweise das Erneuerbare-Energien-Gesetzt (EEG) und die Einspeisevergütung entwickelt, und auch im Gebäudebereich spie-

Abbildung 1: **Transformative Literacy**

len finanzielle Anreize wie beispielsweise Förderprogramme oder Steuererleichterungen eine wichtige Rolle. Dies ist eng verknüpft mit der institutionellen Dimension, den politischen Rahmenbedingungen und Fragen der Regulierung und Steuerung von Transformationsprozessen. Neben der Schaffung von finanziellen Anreizen kann Politik hier viele weitere Instrumente einsetzen. Im Bereich der Gebäudeenergiewende reicht das von klassischen Steuerungsinstrumenten, wie beispielsweise der Bauleitplanung, bis hin zu Informationsangeboten. Zu guter Letzt ist auch die Energiewende ein gutes Beispiel dafür, dass für das Verständnis von aktuellen Transformationsherausforderungen – und seien sie auf den ersten Blick noch so »technisch« – auch eine kulturelle Dimension maßgeblich ist. Ohne eine veränderte Einstellung zum Thema Energie und zu unserem Umgang damit, individuell wie auch gesamtgesellschaftlich, wird der Umbau nicht gelingen.

Ziel einer Transformationsforschung, wie der WBGU sie umreißt und einfordert, ist eine integrierte Perspektive aus all diesen Dimensionen mit Relevanz für Transformationsprozesse. Eine solche Perspektive lässt sich auch als eine Fähigkeit beschreiben, eine sogenannte transformative literacy (siehe Abbildung 1, Schneidewind 2013a; b), die moderne Wissen-

schaft und Gesellschaft erlangen sollte, um den aktuellen Herausforderungen adäquat begegnen zu können. Transformative Literacy soll dabei auch zum Handeln befähigen, und für die Wissenschaft entstehen hier ganz neue Herausforderungen und Aufgaben, die der WBGU unter dem Stichwort »transformative Forschung« umreißt.

Die *transformative Forschung* ist »diejenige Forschung, die Transformation konkret befördert. Die transformative Forschung unterstützt Umbauprozesse durch spezifische Innovationen in den relevanten Sektoren. [...] die transformative Forschung umfasst somit ein Spektrum von einer rein disziplinär verankerten bis hin zu systemisch angelegter Forschung« (WBGU 2011, S. 23 f.). Dabei macht der WBGU deutlich, dass eine transformative Forschung »Verbreitungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft sowie die Möglichkeiten zu deren Beschleunigung ein(schließt) und [...] zumindest in Teilen systemische Betrachtungsweisen, inter- und transdisziplinäre Vorgehensweisen, inklusive der Beteiligung von Stakeholdern«, erfordert (WBGU 2011, S. 343).

Mit seiner Differenzierung von Transformations- und transformativer Forschung greift der WBGU die seit 20 Jahren ausgearbeitete Idee der Transdisziplinarität auf, die im folgenden Abschnitt näher erläutert wird.

## 2.3 Transdisziplinarität: Wie entsteht sozial robustes Wissen für Transformationsprozesse?

Transdisziplinarität ist ein Schlüsselkonzept in der Erforschung von Transformationsprozessen und beschreibt eine neue Form der Wissensproduktion (im Vergleich zu klassischer Wissenschaft und Grundlagenforschung), die sich an gesellschaftlichen Problemen orientiert und durch den Rückgriff auf die verschiedenen disziplinären Wissensbestände und das Praxiswissen verschiedener nicht wissenschaftlicher Akteursgruppen nach Lösungen sucht und reale Veränderung katalysiert. Diese neue Form der Wissensproduktion ist vor allem da notwendig, wo man es mit komplexen lebensweltlichen Problemen zu tun hat – wie eben beispielsweise der (Gebäude-)Energiewende mit ihren typischerweise vielschichtigen technologischen, ökonomischen, institutionellen und kulturellen Dimensionen. Die

Grundidee eines transdisziplinären Ansatzes liegt darin, dass eine Lösung für diese komplexen Probleme zunächst einmal darin besteht, das Ausmaß der Komplexität und des Problems selbst überhaupt zu erfassen – und zwar im Zusammenspiel der verschiedenen wissenschaftlichen und praktischen Dimensionen des Problems und den verschiedenen Problemwahrnehmungen aus unterschiedlichen Perspektiven. In einem zweiten Schritt muss dann auch das unterschiedliche Wissen, das zu einer Lösung beitragen kann (abstrakt, fallspezifisch, wissenschaftlich und praktisch, erfahrungsbasiert), integriert betrachtet werden und in konkrete Strategien und Praktiken übersetzt werden, die zu einer »guten«, nachhaltigen Lösung beitragen (Pohl & Hirsch Hadorn 2007, S. 20). Transdisziplinarität ist dabei nicht als Alternative oder Gegenprogramm zur »normalen« Wissenschaft und Forschung zu verstehen, sondern als ein wissenschaftsbasierter Ansatz zur Lösung »außerwissenschaftlicher«, das heißt real-weltlicher Probleme. Wie von Scholz prägnant auf den Punkt gebracht, geht es um »disziplinierte Interdisziplinarität in transdisziplinären Prozessen« (Scholz 2011, XVII). Disziplinäre Wissensbestände sollen Eingang finden in den interdisziplinären Austausch und das Ganze eingebettet werden in einen transdisziplinären Prozess, der auch nicht wissenschaftliche Perspektiven miteinbezieht.

Dabei soll *sozial robustes Wissen* generiert werden. Dies bezeichnet ein Wissen, das sowohl im wissenschaftlichen Diskurs anschlussfähig ist als auch in Transformationsprozessen handelnden Akteuren eine Orientierung gibt. Drei grundlegende Eigenschaften sozial robusten Wissens sind dafür entscheidend. Erstens, robust bedeutet in diesem Zusammenhang »valide«, das heißt, es muss ein gültiges und verlässliches Wissen sein. Allerdings geht es um eine Validität, die eben nicht im Labor und unter kontrollierten Bedingungen getestet werden kann, sondern die real-weltlichen Bedingungen, den Einflüssen von Politik, Wirtschaft, Kultur und ihren Wechselwirkungen innerhalb eines gesellschaftlichen Kontexts, standhalten muss. Zweitens, sozial robustes Wissen entsteht vor allem da, wo eine erweiterte Gruppe von Wissenschaftlern und Laienexperten einbezogen wird, sodass unterschiedliche Wissensformen miteinander verknüpft werden können, wie etwa klassisches wissenschaftliches Wissen, praktisches

Erfahrungswissen oder andere Fachexpertise. Drittens, sozial robustes Wissen ist außerdem dadurch gekennzeichnet, dass es in einem rekursiven Prozess immer wieder getestet, erweitert und modifiziert wird – und nicht wie im klassischen Wissenschaftsverständnis in einem linearen Prozess von wissenschaftlichen Experten geschaffen und an Laien zur Anwendung in der Praxis weitergegeben wird (Nowotny 2003, S. 155; Nowotny et al. 2001). Auch hier geht es nicht darum, die »normale« Wissenschaft abzuschaffen und durch etwas anderes zu ersetzen, sondern um neue Verbindungen und die Einbettung von Wissenschaft in die Gesellschaft aus einer aufgeklärten Verantwortungsperspektive der Wissenschaft gegenüber der Gesellschaft als Ganzer heraus.

Auch sozial robustes Wissen ist ein wissenschaftsbasiertes Konzept und bleibt im konkreten Einzelfall wissenschaftlich anschlussfähig, und zwar durch die fallspezifischen disziplinären Bezüge und methodische Standards in der Wissensproduktion. Gleichzeitig muss aber der Anspruch einer gesellschaftlichen Anschlussfähigkeit gewährt sein, indem sozial robustes Wissen eben auch in der Praxis zur Lösung real existierender Probleme beiträgt und Orientierung bietet. Orientierung ist hier normativ zu verstehen, im Sinne der Gewährleistung einer möglichst großen Richtungssicherheit für nachhaltige Entwicklung beispielsweise bei der Entwicklung technologischer Innovationen und ihren oft unerwünschten Nebeneffekten (wie etwa im Fall der Atomkraft oder genmodifizierter Nahrungsmittel). Damit wird auch deutlich, dass es bei sozial robustem Wissen nicht um Wissen geht, das praktisch »funktioniert« oder ökonomisch verwertbar ist. Sozial robustes Wissen soll viel eher zu einer größeren Fähigkeit zur Reflexion in der Wissenschaft wie auch in der Gesellschaft allgemein beitragen, indem es hilft, sicherer und schneller über (unintendierte) Nebenfolgen von Technologien, Produkten oder Politikinstrumenten Klarheit zu bekommen. Reflexivität wird damit zur Schlüsselkategorie in Transformations- und transformativer Forschung, weil nur durch rekursive Lernprozesse in Wissenschaft und Gesellschaft ein adäquater Umgang mit komplexen Nachhaltigkeitsherausforderungen möglich ist.

Der hier geforderte Einbezug von Praxisakteuren in die Wissensproduktion wird neuerdings auch unter den Stichworten *Co-Design* und *Co-*

*Production* diskutiert (Cornell et al. 2013; Mauser et al. 2013). Im globalen Forschungsprogramm »Future Earth« werden diese Prinzipien einer transdisziplinären Wissensproduktion aktuell eingefordert und weiterentwickelt, um den globalen Nachhaltigkeitsherausforderungen begegnen zu können. Beim Co-Design und bei der Co-Production von Wissen sollen also möglichst Wissenschaftler und Praxisakteure zusammenarbeiten, wobei sie dabei jeweils unterschiedliche Rollen und Verantwortung haben. Die Forschungsfragen und Forschungsprogramme sollen von wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Stakeholdern gemeinsam definiert werden, genau wie auch die Aufbereitung und Vermittlung der Ergebnisse gemeinsam stattfinden sollten, während die Wissenschaftler für die eigentliche Forschung, die wissenschaftlichen Methoden und Wissensproduktion zuständig sind (Co-Design). In einer gesteigerten Variante wären Praxispartner auch in diesen Prozess der Wissensgenerierung direkt und proaktiv miteingebunden (Co-Production) (Future Earth 2013, S. 21 ff.).

## 2.4 Wissensintegration und die Rolle von Boundary Objects

Die große Herausforderung der Transdisziplinarität besteht also in der *Wissensintegration*: Wie können die verschiedenen Erkenntnisse aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und aus der Praxis aufeinander bezogen werden und zur Lösung eines vieldimensionalen und komplexen Problems beitragen? Diese grundsätzliche Frage der Nachhaltigkeits- und Transformationsforschung steht auch im Zentrum des Projekts EnerTransRuhr und wurde mithilfe innovativer Projektdesigns und Methodenintegration für das Beispiel der Gebäudeenergiewende näher beleuchtet (siehe Kapitel 3).

Eine Wissensintegration findet in (idealtypischen) transdisziplinären Forschungsprozessen an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Zeitpunkten statt. Am Anfang steht immer eine Verständigung über das betrachtete und zu lösende Problem an sich. Die Wahrnehmung, was das eigentliche Problem im Kern tatsächlich ist, unterscheidet sich in der Regel je nach Blickwinkel der Wissenschaftler in unterschiedlichen Disziplinen

und variiert vor allem auch zwischen Wissenschaftlern und betroffenen Akteuren aus der Praxis. Am Beispiel der Gebäudeenergiewende zeigt sich auch, dass sich die Perspektiven von Sozial- und Naturwissenschaftlern, Ingenieuren, von Stadtverwaltung, Vermietern, Hauseigentümern und Bewohnern teilweise deutlich unterscheiden. Wenn es in einem konkreten Forschungsprojekt gelungen ist, ein gemeinsames Verständnis und eine von allen Beteiligten geteilte Problembeschreibung zu entwickeln, dann muss im weiteren Verlauf das disziplinäre wissenschaftliche Wissen als Antwort auf Teilfragen im Forschungsprojekt miteinander integriert werden. In einem letzten Schritt findet dann eine Wissensintegration im Hinblick auf die konkreten Ergebnisse und deren praktische Umsetzung statt (Bergmann et al. 2010; Jahn 2008).

Ein wichtiges Vermittlungsinstrument für die Wissensintegration können sogenannte Boundary Objects (Star & Griesemer 1989) sein. Damit sind Bezugsobjekte gemeint, »die es unterschiedlichen Akteuren und Disziplinen ermöglichen, sich für die Koordination ihrer Wissensbestände auf einen gemeinsamen Punkt zu beziehen« (Schneidewind & Scheck 2013, S. 240). Das kann sowohl ein konkreter physischer Bezugspunkt sein, wie beispielsweise eine Stadt oder ein Quartier mit einem gemeinsamen Emissionsreduktionsziel, aber auch ein eher abstrakter Gegenstand, wie beispielsweise ein gemeinsames Narrativ, das unterschiedliche Perspektiven in einer einfachen Geschichte miteinander verbindet. Auch ein wissenschaftliches Modell oder ein gemeinsam entwickeltes Szenario können als Boundary Objects dienen, die unterschiedliche Perspektiven in einen Zusammenhang miteinander bringen. Im Projekt EnerTransRuhr wurden hierfür agentenbasierte Modelle entwickelt, in die die Ergebnisse der unterschiedlichen wissenschaftlichen Untersuchungen eingeflossen sind, mit dem Ziel, eine gemeinsame (Modell-)Sprache zu erarbeiten und Modelle als gemeinsamen Bezugspunkt zu entwickeln (mehr dazu siehe Kapitel 4). Für einen Überblick über weitere Methoden und Instrumente der Wissensintegration siehe Bergmann et al. 2010.

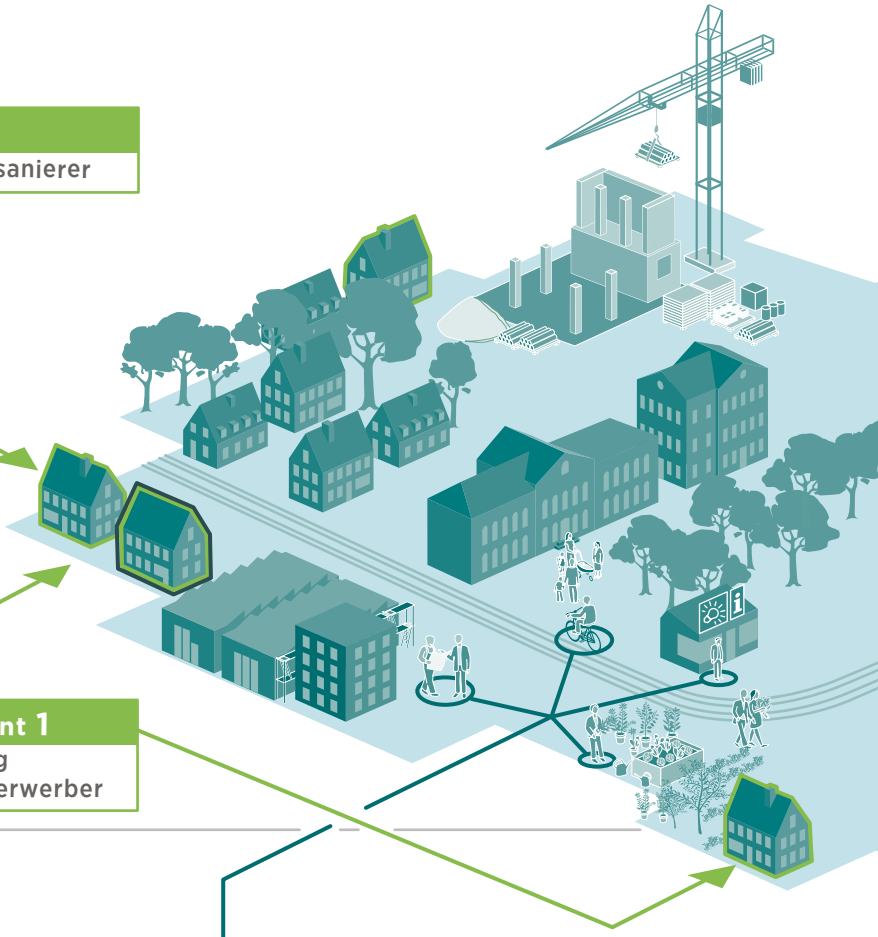
Neben den Modellen als instrumentelle und eher abstrakte Boundary Objects waren für das Projekt EnerTransRuhr die Städte und Quartiere, die sich als Untersuchungs- und Experimentierraum beteiligten, die räum-

## Das Quartier als Boundary Object

**Ressourcen**

Energieeinsparung = Ressourceneinsparung

**Modell 1**
Eigenheimsanierer

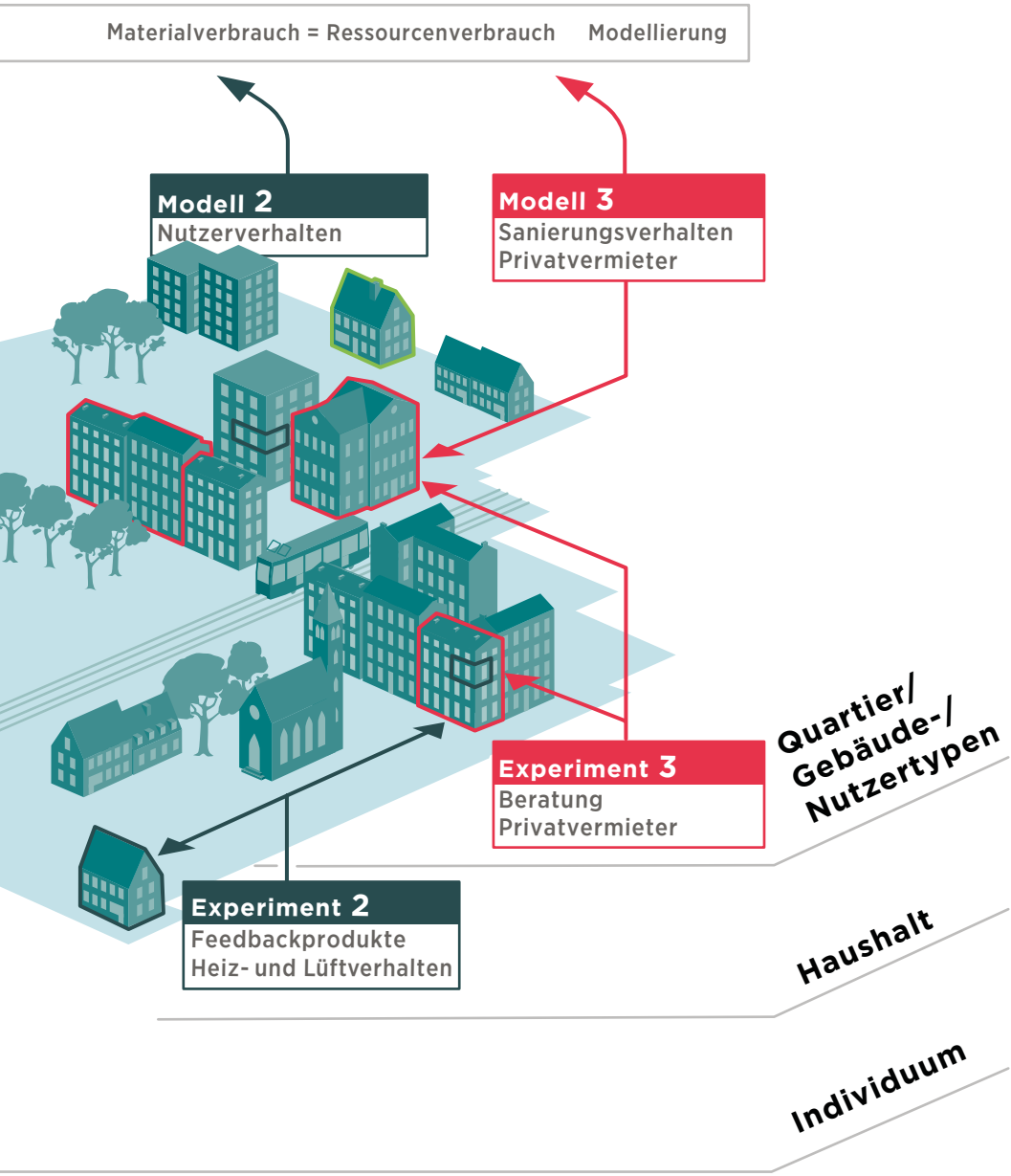


**Experiment 1**
Aktivierung
Eigenheimerwerber

**Agenten des Wandels**

- Ethnografie
- Teilnehmende Beobachtung
- Einzelpersonen

Abbildung 2:
**Das Quartier als Boundary Object im Projekt EnerTransRuhr**


Materialverbrauch = Ressourcenverbrauch
Modellierung
Modell 2
Nutzerverhalten
Modell 3
Sanierungsverhalten
Privatvermieter
Experiment 3
Beratung
Privatvermieter
Experiment 2
Feedbackprodukte
Heiz- und Lüftverhalten
Quartier/
Gebäude-/
Nutzertypen
Haushalt
Individuum

lichen Boundary Objects. Dafür beteiligten sich die Ruhrgebietsstädte Oberhausen, Dortmund und Bottrop als Praxispartner an dem Projekt. Der Schwerpunkt lag dabei in den Quartieren der Innenstadt von Alt-Oberhausen und Lirich, Dortmund-Hörde und dem Projektgebiet der InnovationCity Ruhr in der Modellstadt Bottrop.[3] Als integratives Moment sind sie der Ort, in denen Diversität zusammenkommt in Form von Aktivitäten und Prozessen auf unterschiedlichen Ebenen, gemeinsamer oder divergierender Überzeugungen und im Projektkontext nicht zuletzt unterschiedlicher methodischer und thematischer Zugänge. Sie helfen, komplexe Zustände, Prozesse oder einzelne Akteure zusammenzuführen. Durch den konkreten räumlichen Bezug konnten die verschiedenen inhaltlichen und methodischen Ansätze des Projekts miteinander in Beziehung gesetzt werden. Die Vielzahl von Aktivitäten und die Vielschichtigkeit von Prozessen auf unterschiedlichen Ebenen (in diesem Fall hinsichtlich energetischer Gebäudesanierung) sowie ihre Wechselwirkungen mit den verschiedenen relevanten Akteuren (vom Hausbesitzer bis zum Mieter, von der Stadtverwaltung zu politisch engagierten Bürgern), die wiederum diverse Mentalitäten und Motive einbringen, tritt durch die konkrete Verortung deutlich zutage.

## 2.5 Wissensformen und Forschungszugänge entlang des Transition-Zyklus

Wie gelingt nun also die Forschung für eine Transformation zu mehr Nachhaltigkeit, in konkreten Forschungsprojekten, zum Beispiel im Bereich der Gebäudeenergiewende? Für eine erste Orientierung und Strukturierung gilt es, drei Wissensformen zu unterscheiden: System-, Ziel- und Transformationswissen. Systemwissen bezieht sich dabei auf das grundlegende Verständnis über eine Problemlage, die relevanten Fakten zur Einordnung eines Sachverhalts und die kausalen Zusammenhänge in Mensch-Umwelt-Systemen. Zielwissen beschreibt ein in die Zukunft gerichtetes Verständnis für wünschenswerte Systemzustände aus Nachhaltigkeitssicht und eine

3 Für mehr Informationen über die Modellstadt Bottrop siehe http://www.icruhr.de/index.php?id=3.

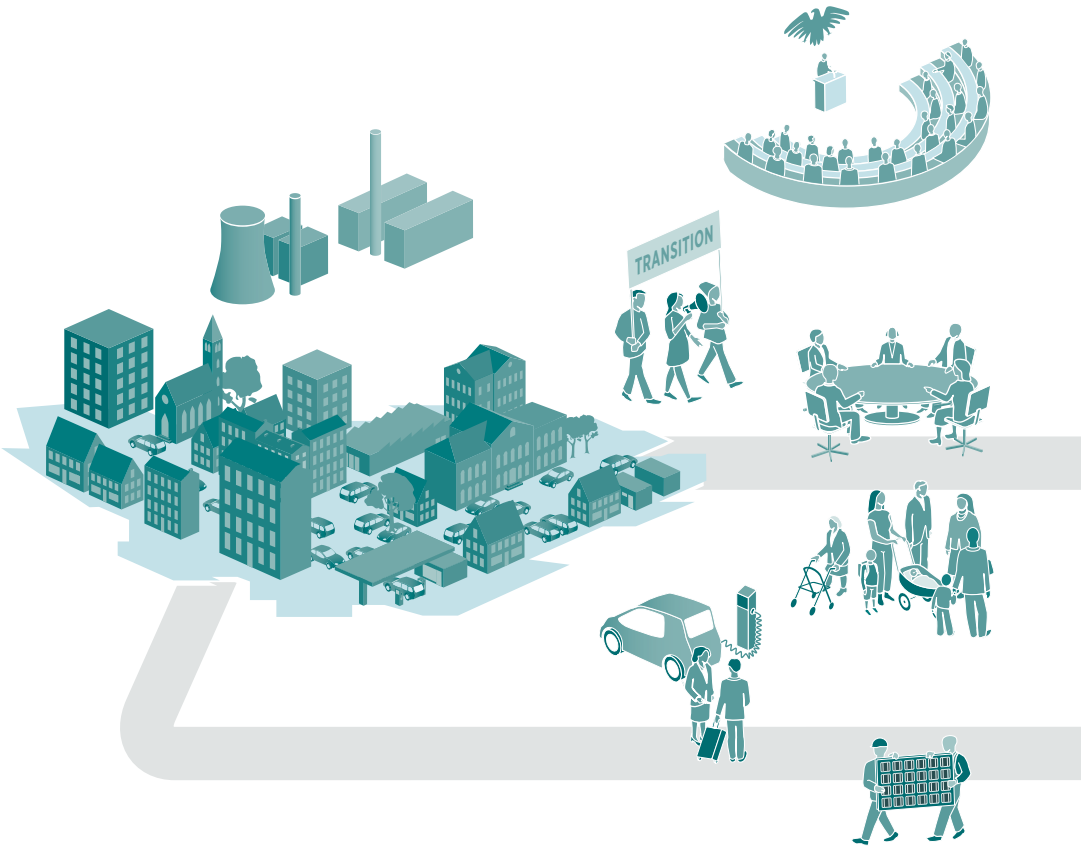
Abschätzung von Gestaltungsspielräumen und Handlungsmöglichkeiten. Um die Kluft zwischen einem aktuellen Systemzustand und einer anvisierten zukünftigen Zielvorstellung zu überbrücken, braucht es als drittes Transformationswissen über die konkreten Mittel und Wege, wie es gelingen kann, die entwickelte Zielvision, ausgehend von einem aktuellen Problemverständnis, zu erreichen (Jahn 2008, S. 26).

Wie können nun diese drei Wissensformen und ihr Zusammenspiel im Forschungsprozess berücksichtigt werden? Hier hilft die Orientierung am sogenannten Transition-Zyklus. Er beschreibt einen idealtypischen Verlauf von Transformationsprozessen und den damit verbundenen Wissensformen (vgl. Wuppertal Institut 2011; in Anlehnung an Loorbach 2007 und 2010). Der Transition-Zyklus beschreibt vier Phasen einer Transformation und ist damit ein Modell, das veranschaulicht, was die relevanten Elemente sowohl in der praktischen Steuerung als auch in der wissenschaftlichen Begleitung von Transformationsprozessen sind:

Am Anfang steht die *Problemanalyse*, basierend auf einer systematischen Strukturierung und Rahmung eines spezifischen gesellschaftlichen Problems. Hier wird also zunächst Systemwissen als Ausgangsbasis des weiteren Prozesses geschaffen. Eine integrierte Problemanalyse ermöglicht ein gemeinsames Verständnis aller beteiligten Wissenschaftler und Praxisakteure, sodass die Möglichkeiten und Hebel für einen Veränderungsprozess, die zentralen Herausforderungen sowie die Rolle verschiedener Akteure identifiziert werden können.

Auf der Basis eines solch umfassenden Problemverständnisses sollte dann eine *Visionsentwicklung* stattfinden, das heißt eine Verständigung möglichst aller relevanten Akteure über wünschenswerte Zukünfte sowie die geeigneten Konzepte und Strategien zu deren Verwirklichung. Diese beiden Schritte finden sich in den vielen Leitbildern, Konzepten und Studien zu einer nachhaltigen Entwicklung. Dabei können Zukunftsvisionen unterschiedlich aussehen, von klassischen quantitativen und/oder qualitativen Szenarien bis hin zu mehrdimensionalen Transformationspfaden oder einer transdisziplinär ausgehandelten Transformationsagenda. Dabei ist immer vorausgesetzt, dass es sich bei der Visionsentwicklung um einen gemeinsamen und reflexiven Lern- und Suchprozess handelt. Da es sich

# Wissensformen in der Transformationsforschung



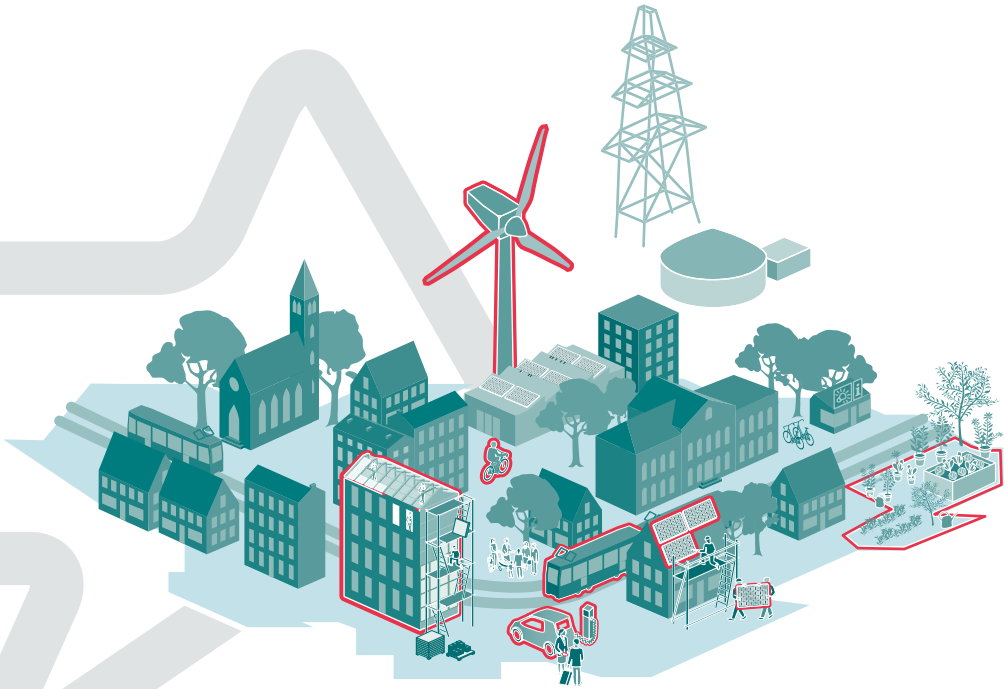

## Das System beschreiben

Komplexe soziotechnische Systeme in ihrer Umwelteinbettung verstehen

## Übergänge gestalten

Die Komplexität gesellschaftlicher Übergänge verstehen und gestalten

Abbildung 3:
**Forschung für Transformation erfordert das Zusammenspiel von System-, Ziel- und Transformationswissen**



## Übergänge wohin?

**Integratives Verständnis einer ökologischen, lebenswerten und fairen Gesellschaft**

bei den meisten Nachhaltigkeitsherausforderungen um komplexe mehrdimensionale Probleme handelt, die einen langfristigen Wandel erfordern, ist es kaum möglich, eine präzise Roadmap und Zeitpläne vorab festzulegen. Eine Visionsentwicklung soll inhaltliche Ziele definieren und eine größtmögliche Richtungssicherheit herstellen. Dabei sind durchaus konkrete Technologien, Politikinstrumente und Handlungsansätze miteinzubeziehen, aber gleichzeitig braucht es immer wieder flexible Anpassungen an sich verändernde Rahmenbedingungen und neue Erkenntnisse. Hier geht es also um die Entwicklung von Zielwissen, das normative Werturteile einbezieht, insbesondere aber auch das Wissen und die Wünsche gestaltender Akteure.

Um in die tatsächliche Umsetzung des Transformationsprozesses zu kommen und damit die Schaffung von konkretem Transformationswissen, sieht das Konzept des Transition-Zyklus jedoch zwei weitere Schritte vor: Lösungsstrategien sollen in Form von konkreten *Experimenten* erprobt werden. Während die Systemanalyse von beherrschbarer Kompliziertheit und damit Modellierbarkeit ausgeht, erweist sich die Realität meist deutlich komplexer. Es bedarf daher eines »experimental turns« in der Transformationsforschung, das heißt einer Hinwendung zu Ansätzen, die das Lernen über Systemverhalten in Transformationsprozessen durch begleitete oder aktiv katalysierte Experimente in Reallaboren ermöglichen. Dies geschieht auf der Basis der entwickelten Visionen und Leitbilder, und es werden technologische Innovationen, Strategien und Handlungskonzepte möglichst praxisnah und unter Einbindung relevanter Akteure erprobt. Diese Phase ist damit ein zentrales Element im Transition-Zyklus und in Transformationsprozessen insgesamt. Wie solche Realexperimente, unter anderem im Bereich der Gebäudeenergiewende, aussehen können und nach welchen Prinzipien sie geplant und durchgeführt werden, wird deshalb in Abschnitt 3.3 ausführlicher dargestellt.

Die Erfahrungen, die in solchen konkreten Experimenten gemacht werden, tragen zu *Lern- und Diffusionsprozessen* bei und helfen, Lösungen und Strategien zu entwickeln, die übertragbar sind. Sie gelangen im Rahmen eines »Upscaling«-Prozesses in den Mainstream und tragen so zur Lösung der identifizierten Probleme bei. Für die Verbreitung von Lösun-

Abbildung 4: **Transition-Zyklus (Quelle: basierend auf Loorbach 2010, S. 173)**

gen muss das Wissen aus Modellierung und Experimenten in Gestaltungsheuristiken übersetzt werden. Es geht dabei um die Identifikation von typischen Mustern, die in einem Transformationsprozess erfolgversprechend und auf andere Fälle übertragbar sind. Dies können dann durchaus konkrete Politikinstrumente, aber auch Produkt- und Dienstleistungsdesigns sein.

Die Abfolge der Phasen des Transition-Zyklus kann variieren, beispielsweise können Erfahrungen aus Experimenten auch dazu führen, dass Visionen adaptiert werden. Grundsätzlich ist dies ein idealtypisches Modell, das vor allem darauf hindeutet, dass sich komplexe Transformationsprozesse in rekursiven Lernschleifen vollziehen und Experimente hierbei eine entscheidende Rolle spielen (»learning-by-doing« und »doing-by-learning«, siehe Rotmans & Loorbach 2010). Der Transition-Zyklus ist damit ein Konzept, das die Verbindung von Transformations- und transformativer Forschung ermöglicht, sich an den Grundsätzen der Transdisziplinari-

tät orientiert und auf die Schaffung sozial robusten Wissens abzielt. Als forschungspraktisches Konzept und Blaupause für Forschungsdesigns zielt der Transition-Zyklus darauf ab, alle drei Wissensformen mitzuberücksichtigen.

Auch für das hier diskutierte Beispiel der Gebäudeenergiewende schafft der Transition-Zyklus einen Bezugsrahmen, um das für diese komplexe Transformationsherausforderung notwendige Systemwissen (über technische Systemoptionen, aber auch soziale und kulturelle Systembeschreibungen), Zielwissen (über beispielsweise politische Ziele im Rahmen der Energiewende) und Transformationswissen (unter Einbezug der Wissensbestände konkreter Akteure) miteinander zu verknüpfen. Die unterschiedlichen methodischen Zugänge, die für das Projekt EnerTransRuhr eine Rolle spielen, werden deshalb im Folgenden entlang der Phasen des Transition-Zyklus und der jeweils relevanten Wissensformen näher beschrieben.

### Problemanalyse: Systemwissen generieren

Bei der Generierung von Systemwissen als Ausgangspunkt einer Transformations- wie auch einer transformativen Forschung geht es wie beschrieben um Faktenwissen über die kausalen Zusammenhänge in soziotechnischen Mensch-Umwelt-Systemen sowie über deren Wechselwirkungen. Im Energie- und Klimasektor wurden in den letzten Jahrzehnten verschiedenste technisch-ökonomische Analysemodelle zur Beschreibung der Energiewende auf unterschiedlichen Systemebenen entwickelt und angewendet. Sie verwenden entweder einen Bottom-up-, einen Top-down- oder einen gemischten Ansatz und sind daher entweder ziel- oder technologieorientiert, mit Ausnahme von Stromerzeugungsmodellen meist jedoch statisch angelegt (Möst & Fichtner 2009, S. 18). Bei Mensch-Umwelt-Systemen gilt es aber, neben Infrastrukturen und Technologien möglichst auch das Akteursverhalten mitabzubilden. Die pauschalste Form der Abbildung des Akteursverhaltens sind ökonomische Modelle mit rationalen Verhaltensannahmen und Marktmechanismen. Es zeigt sich jedoch, dass die Energiewende in ihrer konkreten Ausgestaltung durch sehr unterschiedliche Akteursgruppen und -motive beeinflusst wird, die durch ökonomi-

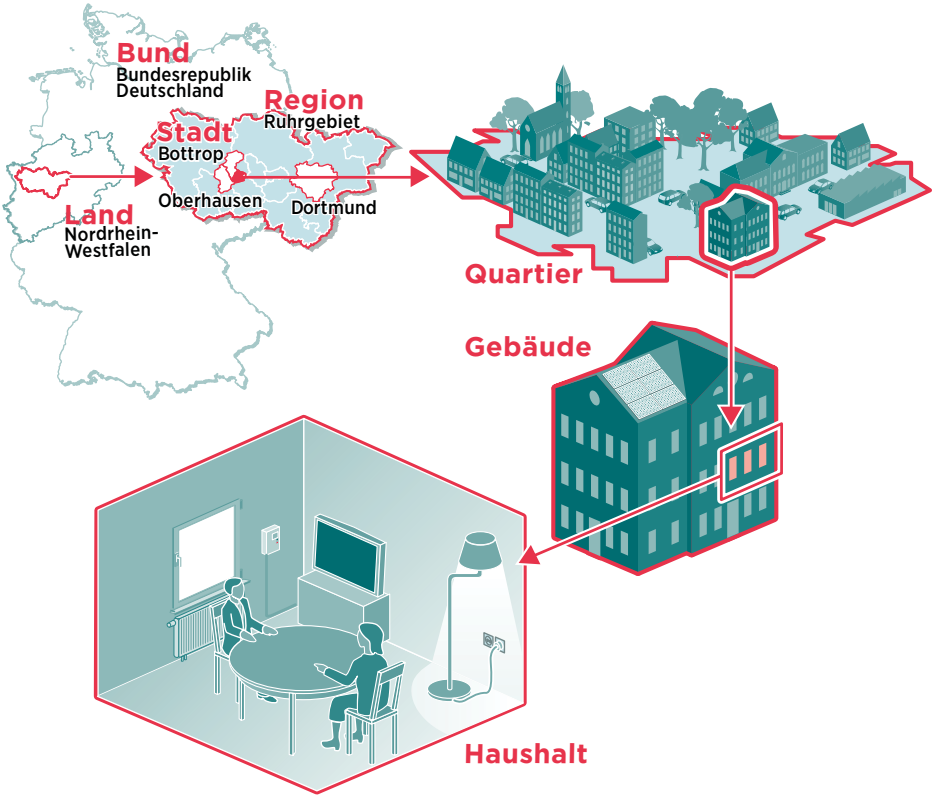



Abbildung 5: **Gebäudeenergiewende im Mehrebenensystem**

sche Modelle nur bedingt adäquat beschrieben werden können. Soziales Verhalten ist in der Realität oft komplexer, wie der Überblick über die aktuellen Herausforderungen im Bereich der Gebäudeenergiewende zeigt (siehe Kapitel 3).

Das soziotechnische Mensch-Umwelt-System im Bereich Wohngebäude mit dem Fokus auf die »Wärmewende« im Gebäudebereich besteht aus vielfältigen Komponenten: Zunächst sind da die Gebäude selbst mit ihren jeweiligen Bauteilen in mehr oder weniger gutem Zustand. Dann gibt es Eigentümer und Eigentümerinnen, die sich aus sehr verschiedenen Grün-

den für oder gegen energetische Sanierungsmaßnahmen an ihrem Gebäude entscheiden. Vermietende können dabei Privatpersonen oder Unternehmen sein, die für die Umsetzung von Maßnahmen sowohl finanziell wie auch personell sehr unterschiedliche Voraussetzungen haben. Und schließlich gibt es die Menschen, die im Haus leben und den tatsächlichen Energieverbrauch durch ihr Verhalten maßgeblich beeinflussen. Das können die Eigentümer und Eigentümerinnen selbst sein oder aber Haushalte, die zur Miete wohnen.

Umgeben sind die Gebäude und die mit ihnen verbundenen Menschen von politischen Rahmenbedingungen und Angeboten, die den Prozess energetischer Sanierung begleiten und beeinflussen, wie zum Beispiel Energieberatung, Planung, Förderung bis hin zum Handwerk.

### Visionsentwicklung: Zielwissen für eine nachhaltige Zukunft

Basierend auf einer Erhebung des Status quo und seiner komplexen Systemzusammenhänge, geht es in einem zweiten Schritt um die normativ motivierte, aber gleichzeitig wissenschaftlich reflektierte Entwicklung begründeter Zielvorstellungen. Ein Zielwissen über erwünschte zukünftige Systemzustände zum Beispiel im Bereich der Gebäudeenergiewende kann dabei auf verschiedene Weisen generiert werden.

Im Rahmen der Transition-Forschung ist die *Szenarioanalyse* ein wichtiges Instrument, um mögliche zukünftige Entwicklungen zu identifizieren und diese einer Analyse sowie einer anschließenden Bewertung zuzuführen. Die Szenarioanalyse ermöglicht das substanzielle Aufzeigen mehrerer möglicher Zukünfte statt der Prognose einer einzelnen wahrscheinlichen Entwicklung. Sie ist damit auch ein Instrument zur wissenschaftlichen Begründung für die Festlegung von Zielwerten für Aspekte nachhaltiger Entwicklung im Sinne der Visionen des Transition-Zyklus. Dies gilt etwa in Bezug auf soziotechnische Innovationen und zugrunde liegende Aktivitätsfelder (zum Beispiel im Bereich der Energieversorgung oder im Bedarfsfeld Wohnen). Darüber hinaus werden Szenarien für eine fundierte Abschätzung der zukünftigen Wirkung von innovativen oder weiterentwickelten Politikinstrumenten und Produkt-Dienstleistungs-Systemen genutzt.

Weitere Anwendungsfelder sind Analysen des zukünftigen Ressourcen-, Energie- und Flächenbedarfs.

Im Hinblick auf die Wärmewende im Gebäudebereich geben die Ziele der Bundesregierung die Richtung vor. Um die Klimaschutz- und Energiewendeziele zu erreichen, widmet die Bundesregierung der energetischen Sanierung von Gebäuden, also der Installation von Wärmedämmung und Modernisierung veralteter Heizungsanlagen, ein besonderes Augenmerk. Nach ihrem durch das Bundesministerium für Energie und Wirtschaft (BMWi) in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) veröffentlichten Energiekonzept aus dem Jahr 2010 soll der Wärmebedarf bis 2020 um 20 Prozent gegenüber dem Stand von 2008 gesenkt werden (BMWi & BMUB 2010). Bis Mitte des Jahrhunderts sollen alle Häuser nahezu klimaneutral sein. Klimaneutral heißt, dass Häuser dann nur noch sehr wenig Energie verbrauchen dürfen und den verbleibenden Bedarf überwiegend durch erneuerbare Energien abdecken. Im Vergleich zu 2008 ist dazu der Energiebedarf in einer Größenordnung von 80 Prozent zu senken. Ist dies erreicht, so leistet der Gebäudebereich einen wichtigen Beitrag zu dem zentralen Ziel, die gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland um 80 bis 95 Prozent bis 2050 im Vergleich zum Basisjahr 1990 zu reduzieren.

Es ist jedoch unklar, inwieweit solche rein quantitativen Zielszenarien auf das Handeln von Akteuren in Städten bei ihren Entscheidungen zum Beispiel bei Effizienzmaßnahmen im Gebäudebereich zurückwirken. Reichen diese quantitativen Zielentwürfe aus, oder müssten diese nicht durch ein gemeinsam geteiltes qualitatives Leitbild auf städtischer oder Landesebene ergänzt werden, um so zu einem veränderten Entscheidungsverhalten der Akteure zu führen? Welche Bedingungen sind an solche wirksamen Leitbilder zu stellen? Dies sind wichtige Fragen einer akteursorientierten Transformationsforschung. Beispiele aus erfolgreichen 100 Prozent erneuerbare Energieregionen (Ökologisches Wirtschaften 2011) oder aus der Transition-Town-Bewegung (Hopkins 2011) sind Indiz dafür, dass geteilte – auch qualitative – Zielbilder Auswirkungen auf das Akteurshandeln haben können. Besonders wichtig scheint hier die Verbindung abstrakter quantitativer Reduktionsziele mit positiven Visionen künftigen Lebens. Solche

Leitbilder verknüpfen die technologische Ebene des Umbaus eng mit den ökonomischen, sozialen und insbesondere kulturellen Dimensionen. Sie entstehen oft in enger Partizipation mit Schlüsselakteuren der Region beziehungsweise in der Stadt.

### Experimente und Diffusion: Transformationswissen generieren und Lernen in Reallaboren

Ausgehend von der Analyse der Energiewende-Herausforderungen im Gebäudebereich und im Hinblick auf die noch zu erreichenden Ziele, geht es in einem dritten und wesentlichen Schritt um die Generierung von Transformationswissen, das einen tatsächlichen Veränderungsprozess ermöglicht, und zwar mithilfe konkreter Handlungsstrategien und Politikinstrumente sowie technologischer und sozialer Innovationen.

Die Schaffung von Transformationswissen erfordert dabei Experimente, weil wir es bei Mensch-Umwelt-Systemen mit komplexen Systemen zu tun haben. Im Unterschied zu einem komplizierten System lassen sich komplexe Systeme auch bei umfänglichem Wissen über die verschiedenen Systemkomponenten nicht nach einer kausalen Wenn-dann-Logik steuern. Sie sind gekennzeichnet durch eine hohe Dynamik, vielfältige Wechselwirkungen innerhalb des Systems und sich verändernde Rahmenbedingungen.

So erzielen beispielsweise Politikinstrumente oft nicht den gewünschten Effekt, oder es werden technologische Innovationen entwickelt, die dann unintendierte Nebenfolgen produzieren. Deshalb braucht es einen Zwischenschritt, der die hier entstehende Diskrepanz zwischen Problembeziehungsweise Systemanalyse und Zielvision überbrückt: »Komplexe Lernprozesse und umfassende Innovationen werden zumeist nicht durch die Qualität der Krisendiagnosen und Ursachenanalysen initiiert, sondern erst mit der Etablierung überzeugender neuer Orientierungsangebote und Handlungskonzepte (Wiesenthal 1995) und durch die Öffnung experimenteller Plattformen, auf denen Bekanntes zu Neuem neu arrangiert werden kann (Johnson 2010)« (WBGU 2011, S. 256).

Ein solches Experimentieren und Ausprobieren möglicher Lösungsoptionen erfordert dabei ein hohes Maß an Reflexivität. Da es in vielen Fällen kaum möglich ist, die Auswirkungen technologischer, sozialer oder

institutioneller Innovationen im Vorhinein abzuschätzen, muss auch beim Experimentieren mit diesen immer wieder geprüft werden, ob sie tatsächlich zu einer Lösung beitragen, welche unerwarteten und nicht intendierten Dynamiken entstehen und wie aus den bereits gemachten Erfahrungen gelernt werden kann.

Damit erhält auch die Wissenschaft eine neue Rolle in der Transformations- und transformativen Forschung, wenn sie sich im Sinne eines »experimental turn« aktiv in Veränderungsprozesse einbringt. Dies geschieht über etablierte methodische Zugänge, wie beispielsweise die Interventions- oder Aktionsforschung. Ein neueres Konzept, das vor allem im Kontext nachhaltigkeitsorientierter Transformationsforschung entstanden ist, ist das Realexperiment beziehungsweise die Forschung in Reallaboren. Damit sind Forschungskontexte gemeint, in denen gemeinsam mit Wissenschaftlern unterschiedlicher Disziplinen und Praxispartnern im Sinne eines Co-Designs und der Co-Production von Wissen an der Lösung kon-

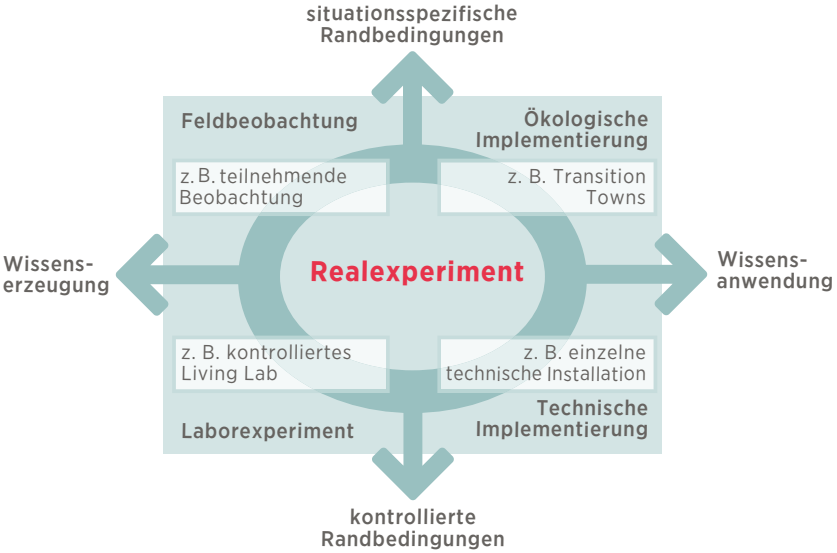



Abbildung 6: **Einordnung von Realexperimenten in die Typologie des Experimentierens (Schneidewind & Scheck 2013, S. 241, nach Groß et al. 2005, S. 19)**

kreter Probleme gearbeitet wird. Dabei bringt die Wissenschaft ihr disziplinäres Fachwissen ein, sie kann die Infrastrukturen für Experimente bereitstellen und sorgt für Reflexivität im Prozess im Sinne einer erweiterten wissenschaftlichen Begleitung (Schneidewind et al. 2016; Wagner & Grunwald 2015; de Flander et al. 2014).

Realexperimente, wie sie im Kontext nachhaltigkeitsorientierter Transformationsforschung verstanden werden, können sehr unterschiedlich konzipiert sein. Sie können verschiedene Zielgruppen einbeziehen und adressieren, sich inhaltlich-thematisch voneinander unterscheiden, sich auf einen sehr konkreten oder eher diffusen geografischen Raum beziehen. Groß et al. (2005) unterscheiden in der Typologie des Experimentierens danach, ob sie unter kontrollierten Bedingungen oder situationsspezifisch durchgeführt werden, und danach, ob sie der Wissenserzeugung oder der Wissensanwendung dienen (vgl. Groß et al. 2005, S. 19).

Mittels Prozessen des Co-Designs und der Co-Produktion werden dafür die wissenschaftlichen Erkenntnisse der Problem- und Systemanalyse mit der Expertise relevanter Akteure vor Ort und ihrem Erfahrungswissen zusammengeführt. Ziel ist es, ein Design für das Experiment zu entwickeln, welches das zuvor identifizierte Problem adressiert.[4] Der Prozess mündet schließlich in eine Intervention, ein Quasi- oder Feldexperiment, das von wissenschaftlicher Seite begleitet wird. Die Begleitung des Experiments kann eher beobachtend, aber auch organisierend und durchführend sein. Die Rolle der Wissenschaft in einem so verstandenen experimentellen Prozess ist also eine aktive, in dem eine strikte Trennung von System und Beobachter nicht möglich und auch nicht gewollt ist[5].

Das Konzept der Realexperimente in der nachhaltigkeitsorientierten Transformationsforschung ist in eine inhaltliche Normativität eingebettet. Bei aller Unterschiedlichkeit in Prozess, Zielgruppe und Thema geht es letztendlich stets um die gleiche übergeordnete Frage: Inwiefern trägt die Intervention im Experiment zu einem nachhaltigkeitsorientierten Transformationsprozess bei?

4 Siehe Kriterien für Reallabore in MWK Baden-Württemberg 2013, S. 30.

5 Vergleiche hierzu auch Schneidewind 2014, S. 2.

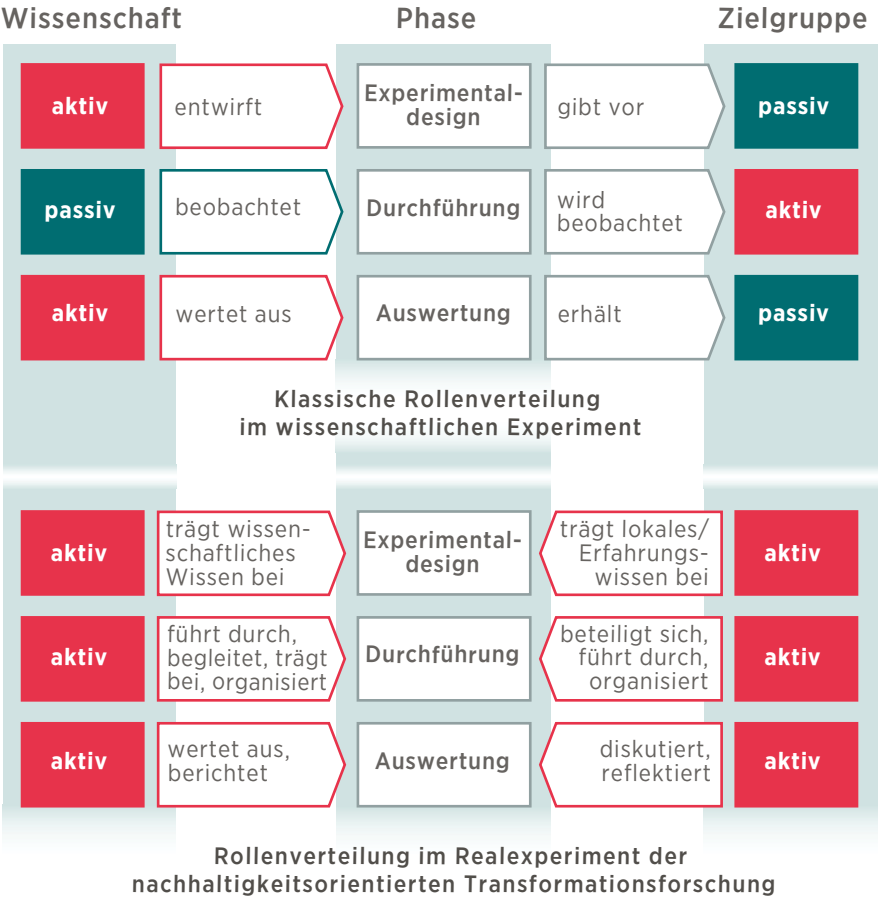


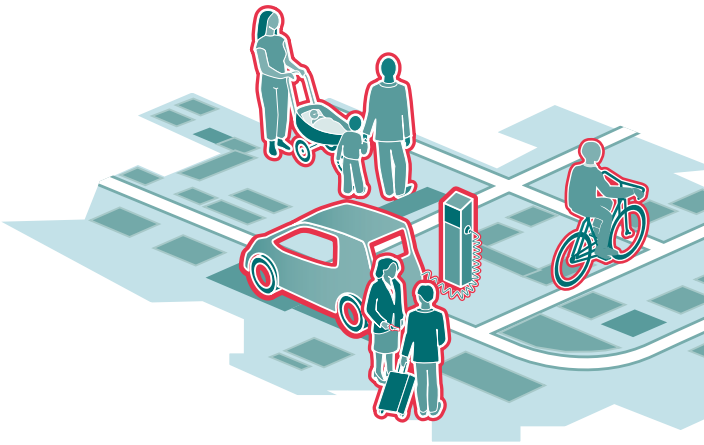

Abbildung 7: **Die Rolle der Wissenschaft in klassischen und Realexperimenten**

Städte und Quartiere eigenen sich dabei besonders als Settings für Realexperimente, da hier die verschiedenen Komponenten von Mensch-Umwelt-Systemen, unterschiedliche Bedürfnisfelder und Akteursgruppen konkret aufeinandertreffen, und damit »lassen sich gesamtgesellschaftliche Entwicklungen faktisch im Reagenzglas beobachten und Erkenntnisse auf höhere Ebenen skalieren« (Schneidewind & Scheck 2013, S. 242).

Ziel sind dabei immer die Schaffung sozial robusten Wissens im Kontext eines realweltlichen Problems und das Lernen aus Experimenten, welches dann gleichzeitig ein auf andere Kontexte übertragbares Wissen schafft. Im Sinne der Diffusion von Transformationswissen als letzter Phase des Transition-Zyklus geht es dabei dann auch um die Übersetzung in Politikinstrumente, die aktuell das wesentliche Mittel zur Beschleunigung der Gebäudeenergiewende darstellen. Die aktuellen Sanierungsraten machen deutlich, dass es neben den etablierten Politikinstrumenten ein erweitertes Transformationswissen für eine erfolgreiche Gebäudeenergiewende braucht. Das Projekt EnerTransRuhr knüpft hier an, indem innovative Methoden der Wissensintegration in einem integrierten Projektdesign verknüpft werden. Das folgende Kapitel gibt einen entsprechenden Überblick, indem ausgewählte Einblicke in die Ansätze und Ergebnisse des Projekts gegeben werden.

# 3

# Stadt und Quartier als Boundary Object



Das Verständnis von Transformationsprozessen erfordert umfassende neue Konzepte und Methoden. Quartiers- und Gebäudetransformation sind ein hervorragendes Anwendungsfeld und bilden daher in diesem Kapitel den thematischen Bezug, um die konkrete Anwendung und Ausgestaltung eines transformativen Forschungsdesigns zur Generierung von System-, Ziel- und Transformationswissen vorzustellen und zu diskutieren.

Dies geschieht entlang des beschriebenen Vierschritts Problemanalyse – Visionsentwicklung – Experimente – Diffusion. In den ersten zwei Phasen wird entsprechendes System- und Zielwissen generiert, welches dann eine wissenschaftliche Fundierung für eine Umsetzungsphase in Form von Experimenten (Interventionen) und Diffusionsprozessen (Modelle) bietet.

In dem Projekt EnerTransRuhr waren drei Ruhrgebietsstädte als Praxispartnerinnen, Untersuchungs- und Experimentierraum beteiligt: Oberhausen, Dortmund und Bottrop. Hier wurden sämtliche Erhebungen, Analysen und Experimente im Projekt durchgeführt. Der inhaltliche Fokus lag dabei einerseits auf den Entscheidungskalkülen unterschiedlicher Gruppen von Immobilienbesitzern zur energetischen Sanierung und andererseits auf dem Heizungs- und Lüftungsverhalten von einzelnen Haushalten. Im Folgenden werden wesentliche Arbeiten und Ergebnisse aus dem Projekt als konkretes Anwendungsbeispiel für das Konzept transformativer Wissenschaft vorgestellt.

Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Synthese der Ergebnisse, die im Projekt auf verschiedenen Ebenen (Bund, Land, Stadt, Quartier, Haushalt, Individuum) und mit sehr unterschiedlichen Methoden (quantitativ und qualitativ) erarbeitet wurden. Die gemeinsamen Untersuchungsräume bieten hier die Möglichkeit, die verschiedenen Erkenntnisse zu einem Gesamtbild zusammenzutragen. Schnittstellen können dabei ebenso identifiziert werden wie die Reichweite der unterschiedlichen Methoden.

## 3.1 Systemanalyse am Beispiel energetischer Sanierung und Energieeinsparung in Wohngebäuden

Eine Systemanalyse zum Thema Gebäudeenergiewende ist eine umfangreiche Angelegenheit, wenn das Zusammenspiel von Politik, baulichen Gegebenheiten und Möglichkeiten, relevanten Akteursgruppen und den am Einzelgebäude beteiligten Personen (Eigentum und Nutzung) im Ganzen betrachtet werden soll. Es bedeutet, Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen politischen und räumlichen Ebenen, zwischen verschiedenen Personengruppen wie auch Einzelpersonen und zwischen unterschiedlichen politischen Themenbereichen zu analysieren.

Mit einer Fokussierung auf das Thema »Energetische Sanierung von Wohngebäuden« auf einen speziellen Energietyp (Wärme) und einen Ausschnitt aus den umfangreichen Gebäudetypen (Wohngebäude) wird zwar »nur« ein Teil der Gebäudeenergiewende betrachtet, dennoch kann keine Garantie auf Vollständigkeit gegeben werden. In jedem der betrachteten und analysierten Bereiche und Themenfelder gibt es Details und weiterführende Aspekte, die in Summe den Rahmen dieses Buches sprengen würden. Ziel des Kapitels ist es darum, eine Systemanalyse nach dem Verständnis eines transformativen Forschungsdesigns zu skizzieren und an einem konkreten Untersuchungsgegenstand (energetische Sanierung von Wohngebäuden) wesentliche Faktoren und dynamische Wechselwirkungen aufzuzeigen. Beschrieben werden in diesem Zusammenhang folgende Einzelbausteine des Gesamtsystems:

- baulich-technisches Sanierungspotenzial,
- ökonomisch-soziales Sanierungspotenzial,
- Potenziale zur Energieeinsparung,
- Politikinstrumente,
- Eigentumsstruktur,
- Kontexte: Menschen in Stadt und Quartier.

## Baulich-technisches Sanierungspotenzial

Um das baulich-technische Sanierungspotenzial zu ermitteln, bedarf es sogenannter technischer Systemanalysen. Sie betrachten vorhandene Infrastrukturen, technologische Lösungen, deren Zusammenspiel und die damit verbundenen ökologischen Potenziale.

Das folgende Kapitel betrachtet aus einer solchen Perspektive den vorhandenen Baubestand in Deutschland und die damit verbundenen energetischen Sanierungspotenziale. Grundlage der Betrachtung sind der dena-Gebäudereport (dena 2015) und die Ergebnisse des Instituts für Wohnen und Umwelt (IWU) hinsichtlich der deutschen Gebäudetypologie (IWU 2010). Der dena-Gebäudereport enthält wichtige Daten zum energetischen Zustand von Gebäuden in Deutschland und betrachtet auch Eigentümer- und Mieterstrukturen sowie Rahmenbedingungen zur Energieeffizienz in Gebäuden. Der Gebäudereport ist erstmalig im Jahr 2012 erschienen und wird jährlich aktualisiert. Die Gebäudetypologie ermöglicht die energetische Klassifizierung von Bestandsgebäuden mit dem Ziel, diese energetisch zu bewerten und typische Modernisierungsoptionen zu demonstrieren. In ihrer aktuellsten Fassung berücksichtigt die Typologie auch nach 2010 errichtete Wohngebäude, die dann bereits den neuen Anforderungen der EnEV ab Herbst 2009 (Niedrigenergiehäuser als Regelstandard) unterliegen (IWU 2015).

Etwa 70 Prozent aller Gebäude sind Ein- und Zweifamilienhäuser. Deren Energieverbrauch macht jedoch nur etwa 40 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs im Gebäudebereich aus, da Mehrfamilienhäuser und Nichtwohngebäude über eine viel größere Fläche pro Gebäude verfügen. Etwa zwei Drittel des derzeitigen Gebäudebestandes wurde ohne verpflichtende Berücksichtigung von Energieeffizienzstandards errichtet. Erst seit dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung am 1. November 1977 unterliegen Neubauten gewissen Mindestanforderungen an die Energieeffizienz. Dem technischen Fortschritt und der schrittweisen Verschärfung von Wärmedämmstandards ist es zu verdanken, dass heute neu gebaute Häuser sehr viel weniger Energie verbrauchen. So liegt deren Energieverbrauch heute bei weniger als einem Viertel der vor 1978 entstandenen Gebäude.

Nach der bislang umfangreichsten Erhebung zum energetischen Zustand des Gebäudebestandes durch das Institut Wohnen und Umwelt verfügt erst ein kleiner Teil von Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland über Wärmedämmung: Während fast 80 Prozent aller Dächer beziehungsweise aller obersten Geschossdecken bereits gedämmt sind, liegt der Anteil gedämmter Außenwände und Fußböden beziehungsweise Kellerdecken bei jeweils nur etwa 40 Prozent (IWU 2010). Vor allem aufgrund des geringen Anteils gedämmter Außenwände geht unnötig viel Wärme verloren.

Bei Mehrfamilienhäusern sieht es noch schlechter aus: Bei Dächern beziehungsweise obersten Geschossdecken liegt der Anteil bei 70 Prozent, die Außenwände bei 40 Prozent und Fußböden beziehungsweise Kellerdecken bei nur 30 Prozent. Im gesamten Gebäudebestand dominiert die Zwei-Scheiben-Verglasung. Die Einfachverglasung ist nur noch selten vorhanden (Anteil circa vier Prozent).

In etwa der Hälfte aller Wohngebäude in Deutschland wird Gas als primärer Energieträger zur Wärmegewinnung genutzt. Der Anteil von Heizöl liegt bei etwa 30 Prozent. In den übrigen 20 Prozent aller Wohngebäude wird mit Fernwärme, Biomasse, Kohle oder Strom geheizt (BMWi & BMUB 2010). Betrachtet man die Verteilung der Beheizungssysteme im Wohnungsneubau, so wird deutlich, dass sich die Beheizungsstruktur in der Zukunft stark verschieben wird: Über 20 Prozent der Beheizungssysteme sind laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) Wärmepumpen, während der Anteil von Heizöl bei nur noch knapp einem Prozent liegt (BDEW 2015).

Aus baulicher Sicht ist das Sanierungspotenzial in Deutschland also noch lange nicht ausgeschöpft. Es gibt aber auch Grenzen: denkmalgeschützte Gebäude und erhaltenswerte Fassaden, die nicht von außen gedämmt werden dürfen. Die Möglichkeiten zur Innendämmung werden hierbei begrenzt durch bauphysikalische und konstruktive Gegebenheiten. Und nicht zuletzt durch die Frage, ob auf den Raum und die Fläche, die durch Innendämmung verloren gehen, verzichtet werden kann. Raum und Fläche können allerdings auch bei Außendämmung die Möglichkeiten begrenzen. Eine Kellerdecke kann nur gedämmt werden, wenn die Raumhöhe es zulässt. Außenwände und Decken, die eine Durchfahrt bil-

den, müssen die benötigte Durchfahrtshöhe und -breite berücksichtigen. Und Probleme kann es geben, wenn die Dämmung einer Außenwand, die auf der Grundstücksgrenze steht, auf das Grundstück des Nachbarn oder in den öffentlichen Raum, etwa den Bürgersteig, ragt.

Viele Bundesländer haben verfügt, dass diese »Grenzüberschreitungen« bei energetischer Sanierung zu dulden sind, wenn sie nicht oder nur zu geringen Beeinträchtigungen auf dem Nachbargrundstück führen. Allerdings gibt es auch Grenzen der Duldungspflicht. Die Beuth Hochschule für Technik und das ifeu Institut schätzten im Jahr 2011 diese technischen und rechtlichen Restriktionen auf fünf Prozent des Heizwärmebedarfs des Gebäudebestands in Deutschland insgesamt. In den drei Szenarien der Studie nimmt bei unterschiedlichen Sanierungsraten und -tiefen der Anteil der Wärmeverluste durch Dämmrestriktionen bis zum Jahr 2050 auf 17 bis 28 Prozent des Heizwärmebedarfs zu (Beuth Hochschule, ifeu 2012, S. 141).

### Ökonomisch-soziales Sanierungspotenzial

So weit zum »gebauten« Teil des Mensch-Umwelt-Systems der sanierungsfähigen Wohngebäude. Eine rein technische Systemanalyse ist für das Verständnis der Transformationspotenziale im Gebäudebereich allerdings nicht ausreichend. Sie muss um soziale und ökonomische Aspekte ergänzt werden. Entscheidungen und Kalküle für oder wider energetische Sanierungsmaßnahmen können im Gebäudebereich zum Beispiel nach Eigentums- und Nutzungsverhältnissen unterschieden werden.

Die Mehrheit der Wohnungen in Deutschland werden nicht durch den Eigentümer oder die Eigentümerin genutzt, sondern zu Wohnzwecken vermietet. Dank des Zensus 2011 können hierzu vergleichsweise aktuelle Angaben gemacht werden (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015). Für Deutschland als Ganzes beträgt der Anteil der selbstgenutzten Wohnungen knapp 43 Prozent, während gut 52 Prozent der Wohnungen vermietet sind. Der übrige Teil der Wohnungen steht leer oder wird als Ferienwohnung genutzt. Werden urbane Räume betrachtet, vergrößert sich diese Differenz nochmals deutlich. In den deutschen Großstädten, das heißt Städten mit mehr als 100.000 Einwohnern, sind 71 Prozent der

Wohnungen zu Wohnzwecken vermietet. Nur 25 Prozent der Wohnungen werden selbst genutzt. Das Ruhrgebiet als Untersuchungsraum des Projektes, welches Grundlage für die Erstellung dieses Buches war, verfügt mit 32 Prozent über eine für Ballungsräume vergleichsweise hohe Eigentumsquote. Der Anteil vermieteter Wohnungen liegt bei 64 Prozent.

Etwa 80 Prozent der Wohneinheiten von selbst nutzenden Eigentümern liegt in Ein- und Zweifamilienhäusern, nur 20 Prozent in Mehrfamilienhäusern. Bei vermieteten Wohnungen ist das Verhältnis umgekehrt. Die energetische Sanierung des Gebäudebestandes liegt somit zu jeweils etwa der Hälfte in der Hand von Vermietenden und der von selbst nutzenden Eigentümern und Eigentümerinnen. Beide Gruppen unterscheiden sich teils deutlich voneinander im Hinblick auf die Motivation für energetische Sanierungsmaßnahmen. Auch innerhalb beider Gruppen finden sich sehr unterschiedliche Entscheidungsprozesse. Kommunale Wohnungsunternehmen können andere Kalküle als privatwirtschaftliche verfolgen, die sich wiederum von denen privat Vermietender unterscheiden. Die Frage »Lohnt sich das?« ist bei Weitem nicht nur eine rein ökonomische. Und so gesellt sich zu dem theoretischen Potenzial der bauphysikalischen und technologischen Energieeffizienz ein individuelles, ökonomisch und sozial getriebenes Sanierungspotenzial, auf das in den folgenden Abschnitten noch ausführlicher eingegangen wird.

Doch was wissen wir überhaupt über Faktoren, die den Entscheidungsprozess von Haus- und Wohnungsbesitzern beeinflussen und letztlich zur Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen führen? Und wie lassen sich die Maßnahmen so mit dem Verhalten der Bewohner und Bewohnerinnen in Einklang bringen, dass Effizienzpotenziale auch in absolute Einsparung münden?

Der Entscheidungsprozess von selbst nutzenden Eigenheimbesitzern ebenso wie von Vermietenden lässt sich grob in zwei wesentliche Elemente unterteilen. An erster Stelle steht ein Anlass, der den Eigentümer dazu verleitet, sich Gedanken über mögliche Sanierungsmaßnahmen zu machen. Im Anschluss steht die Entscheidung über Art und Umfang der Maßnahmen.

### Selbst nutzende Eigenheimbesitzer

Um die Handlungs- und Transformationslogiken zu verstehen, bedarf es eines genaueren Blicks auf die Motive unterschiedlicher Akteursgruppen, im vorliegenden Fall sind das selbst nutzende Eigentümer, Eigentümergemeinschaften, Vermieter und Mieter. Im Rahmen des transformativen Projektdesigns schafft das Verständnis der Handlungsmotive die Grundlage für die Übersetzung in (agentenbasierte) Modelle, die es ermöglichen, das Zusammenspiel sehr vieler einzelner Entscheider in ihrer Dynamik gemeinsam zu betrachten (siehe Kapitel 4). Zudem war sie Grundlage zur Identifikation der Zielgruppen in den Realexperimenten (siehe Kapitel 3.3).

Anlässe, die Eigenheimbesitzer dazu treiben, sich Gedanken über mögliche Sanierungsmaßnahmen zu machen, sind vor allem der Kauf eines älteren Hauses und Generationenwechsel, laufende Instandhaltung und der Umbau oder eine Erweiterung des Gebäudes (Stieß et al. 2010). Diese Anlässe sind in erster Linie mit der Durchführung von Maßnahmen verbunden, die nicht zu einer Verbesserung der Energieeffizienz des Gebäudes führen. Darunter fällt zum Beispiel die Erneuerung der Fassade oder der Dacheindeckung. Da energetische Sanierungsmaßnahmen überwiegend mit solchen Maßnahmen gekoppelt werden, leiten die oben genannten Anlässe häufig auch die Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen ein. Dies liegt vor allem daran, dass eine Vielzahl von Hemmnissen, welche die ausschließliche Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen mit sich bringt, durch die Verbindung mit ohnehin geplanten oder notwendigen Sanierungsmaßnahmen abgeschwächt werden oder sogar wegfallen.

Häufig fallen in diesem Zusammenhang Argumente zur Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungsmaßnahmen. So zahlen sich Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz eines Gebäudes aufgrund eingesparter Energiekosten im Laufe der Lebensdauer im überwiegenden Teil der Fälle aus. Und tatsächlich lässt sich die Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungsmaßnahmen eher darstellen, wenn der Aufwand für ohnehin anfallende Kosten aus der Rechnung gestrichen werden kann. Dazu gehören

zum Beispiel anfallende Kosten für die nötige Einrüstung des Gebäudes bei einer Dacherneuerung oder Erneuerung der Fassade.

Nicht außer Acht gelassen werden darf jedoch auch der Einfluss nichtökonomischer Faktoren. Ganz nach dem Prinzip der Foot-in-the-door-Technik wirkt sich die bereits getroffene Entscheidung zur Durchführung von Sanierungsmaßnahmen positiv auf die Entscheidung, zusätzlich auch Wärmedämmung zu installieren, aus. Weiter reduzieren sich bei einer Kombination der Maßnahmen der empfundene Zeitaufwand und sonstige mit der Installation von Wärmedämmung verbundene Unannehmlichkeiten zum Teil erheblich. Würden die genannten Anlässe konsequent auch zur Durchführung energetischer Sanierungsmaßnahmen genutzt, so lägen wir schon heute bei einer energetischen Sanierungsrate von fast zwei Prozent (IWU 2010).

Eine günstige Gelegenheit, die Installation von Wärmedämmung mit den ohnehin anfallenden Sanierungsmaßnahmen zu verbinden, reicht für viele Eigenheimbesitzer demnach nicht aus, sich dafür zu entscheiden. Friege & Chappin (2014) zeigen, dass der aktuelle Mix von Politikinstrumenten daran nichts wesentlich ändert. Zu stark werde auf die ökonomische Dimension von Wärmedämmung gesetzt (Friege & Chappin 2014). Umfragen jedoch belegen die wichtige Rolle nicht ökonomischer Faktoren in der Entscheidung von Eigenheimbesitzern für oder gegen eine energetische Sanierung ihrer Gebäude. So hat eine Befragung von Stieß et al. (2010) ergeben, dass eine energetische Sanierung von Eigenheimbesitzern weniger als Investitionsentscheidung denn als strategische Konsumentscheidung betrachtet wird (siehe auch Kapitel 3.2 zum Zielwissen auf individueller Ebene). Zudem haben die sozioökonomische Lage, Lebensphase und bauliche Voraussetzungen nur einen geringen Einfluss auf die Art der Sanierungsentscheidung. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass Einstellungsfaktoren (Motive, Barrieren, Einstellungen) den höchsten Einfluss auf die Sanierungsentscheidung haben (Stieß et al. 2010).

Im Informationszeitalter ist eine Vorselektierung der von Eigenheimbesitzern zur Meinungsbildung herangezogenen Informationsquellen so gut wie unmöglich. Studien wie die von McMichael und Shipworth (2013) kommen zu dem Ergebnis, dass vor allem die Interaktion in sozialen Netz-

werken Informationsflüsse steuert und Informationen validiert beziehungsweise dementiert (McMichael & Shipworth 2013). Eigenheimbesitzer sind jedoch selten Experten im Bereich energetischer Sanierung. Gepaart mit der Komplexität der Thematik, hat dies zu der Entstehung einer Reihe von Mythen geführt, die über soziale Netzwerke, aber auch durch Medien verbreitet werden und Eigenheimbesitzer davon abhalten können, sich für Wärmedämmmaßnahmen zu entscheiden.

### Eigentum spezial: Eigentümergemeinschaften

Einen Sonderfall bezüglich der Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen am selbst genutzten Wohnraum stellen Eigentümergemeinschaften in Mehrfamilienhäusern dar. Nach dem Wohnungseigentumsgesetz aus dem Jahre 2007 handelt es sich bei einer energetischen Sanierung um eine »modernisierende Instandsetzung«. Zur Durchführung entsprechender Maßnahmen wird somit lediglich eine einfache Mehrheit der Wohnungseigentümer benötigt. Der Investitionswillen einer gesamten Hausgemeinschaft kann nach dem neuen Gesetz somit nicht mehr durch einzelne Wohnungseigentümer blockiert werden.

Nichtsdestotrotz ergeben sich bei Eigentümergemeinschaften besondere Hemmnisse. Dach, Außenwände und Kellerdecken gehören zum Gemeinschaftseigentum, über deren Ertüchtigung die Gemeinschaft abstimmen muss. Da die Eigentümerversammlungen aber in der Regel eher selten stattfinden, verlängern sich Entscheidungsprozesse im Vergleich zum Eigenheim deutlich: Es müssen je nach Anzahl der Wohnparteien viele Menschen informiert werden, bevor sie eine Entscheidung treffen können. Für den Beirat oder die Hausverwaltung bedeutet dies, die Informationen zu beschaffen, aufzubereiten und weiterzuleiten, Angebote einzuholen und die Maßnahme schließlich zur Abstimmung zu bringen.

Hinzu kommt, dass einige Maßnahmen einzelnen Parteien zugutekommen, aber von allen finanziert werden müssen und von daher schwieriger durchsetzbar sein können. Von einer Dachdämmung etwa profitieren nur die obersten Wohnungen, von einer Dämmung der Kellerdecke nur das Erdgeschoss.

Ein weiterer Punkt ist die Frage der Finanzierung. Auch einzelne Maßnahmen können unter Umständen den Umfang der Instandhaltungsrücklage einer Eigentümergemeinschaft sprengen. Eine zusätzliche Finanzierung kann in dem Fall über eine Sonderumlage erfolgen, die allerdings Haushalte mit geringem Einkommen über Gebühr belasten kann. Die Alternative, zur Finanzierung einen Kredit aufzunehmen, ist für Eigentümergemeinschaften bis heute schwierig. Das Problem: Üblicherweise verlangten Kreditinstitute von jedem Einzeleigentümer die gesamtschuldnerische Haftung, sprich jeder Einzelne war für die Höhe der Gesamtdarlehenssumme verantwortlich. Damit sicherten sich die Banken für den Fall ab, dass einzelne Parteien für ihren Anteil am Kredit nicht aufkommen könnten. Für den einzelnen Haushalt bedeutete dies allerdings ein gewisses finanzielles Risiko, das in einer Gemeinschaft meist nicht alle bereit sind zu tragen. Erst in den letzten Jahren haben sich einige Bundesländer dafür entschieden, Kredite für Eigentümergemeinschaften mit Bürgschaften abzusichern, um die Sanierungstätigkeit im Mehrfamilienhausbereich zu erhöhen. Auch einzelne Banken haben spezielle Darlehensangebote speziell für Eigentümergemeinschaften entwickelt. Noch sind diese Angebote aber die Ausnahme.

### Vermieter: Entscheidungsprozess und (persönliche) Entscheidungsfaktoren

Wollen die ambitionierten Ziele einer Energiewende im Gebäudesektor erreicht werden, müssen auch vermietende Gebäudeeigentümer ihre Gebäude energetisch modernisieren. Zunächst stellt sich die Frage, ob sich die im vorherigen Abschnitt diskutierten Erkenntnisse auf vermietende Gebäudeeigentümer übertragen lassen. Leider ist diese Frage mit Nein zu beantworten. Betrachtet man die oben genannten Elemente des Entscheidungsprozesses, das heißt einen Anlass dafür, über eine energetische Sanierung nachzudenken, sowie das eigentliche Entscheidungskalkül, zeigen sich deutliche Unterschiede zu Eigenheimbesitzern. Nicht unähnlich zum Fall der Eigenheimbesitzer ist der Wechsel des Nutzers (hier also des Mieters) ein guter und wohl auch häufig genutzter Anlass, über eine Modernisierung der Wohnung nachzudenken. Jedoch befindet sich ein großer An-

teil der vermieteten Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. Daher kommt es nur selten zu dem Fall kommen, dass alle Wohnungen zeitgleich einen Mieterwechsel erfahren beziehungsweise leer stehen – und wenn doch, sollte dieser Fall den Gebäudeeigentümer von selbst auf den Gedanken bringen, dass an seiner Immobilie Handlungsbedarf besteht. Der weitaus häufigere Fall, dass nur in einer oder wenigen Wohnungen ein Mieterwechsel stattfindet, während die anderen Wohnungen im Gebäude vom bisherigen Mieter weitergenutzt werden, impliziert, dass ein spezifischer Anlass für eine umfassende Sanierung nur selten gegeben ist. In vielen Fällen müssen umfassende energetische Sanierungen also vorgenommen werden, während der Großteil der Wohnungen bewohnt ist. Im Vergleich mit einfachen Instandhaltungsarbeiten (zum Beispiel Fassadenanstriche) sind umfassende energetische Sanierungen meist mit deutlicheren und langwierigeren Einschränkungen für die Bewohner des Gebäudes verbunden – insbesondere mit Dreck und Lärm. Zwar legt das Bürgerliche Gesetzbuch in § 555d fest, dass ein Mieter Modernisierungsmaßnahmen zu dulden hat, jedoch stellen der Koordinationsaufwand des Vermietenden sowie der mögliche Unmut der Mieter ein Hemmnis dar, welches mit dafür verantwortlich ist, dass die Anlässe, über eine energetische Sanierung nachzudenken, für Vermieter weniger eindeutig und seltener sind.

Auch das Entscheidungskalkül der Vermieter unterscheidet sich deutlich von dem selbst nutzender Gebäudeeigentümer. Die Entscheidung für eine energetische Sanierung kann im Fall eines vermietenden Gebäudeeigentümers schon daher keine strategische Konsumentscheidung sein, da er das energetisch sanierte Gebäude beziehungsweise die energetisch sanierte Wohnung gar nicht selbst bewohnt.[6] Die Kosten der für die Bereitstellung von Raumwärme aufgewendeten Energie zählen zu den Betriebskosten und sind somit durch den Mieter zu zahlen. Entsprechend kommen durch die energetische Sanierung erreichte Minderungen bei Energieverbrauch und -kosten direkt den Mietern zugute. Jedoch sind die Maßnahmen zur energetischen Sanierung des Gebäudes Veränderungen an der

6 Dies abstrahiert von den Fällen, in denen der Gebäudeeigentümer eine Wohnung nutzt und weitere Wohnungen im Gebäude vermietet.

Mietsache. Dies bedeutet, dass die Kosten hierfür durch den Gebäudeeigentümer zu tragen sind. Dieses Auseinanderfallen von Zahler und Profiteur wird in der wissenschaftlichen Literatur unter Bezeichnungen wie Nutzer-Investor- oder Mieter-Vermieter-Dilemma ausführlich diskutiert, ohne dass bisher eine Patentlösung zu dessen Überwindung gefunden werden konnte (Neitzel et al. 2011).

Neben der Energieeinsparverordnung (EnEV), die unabhängig von der Art der Nutzung für alle Wohngebäude Gültigkeit hat, und der Förderung von Energieeffizienzsanierungen durch die KfW, die auch vermietende Gebäudeeigentümer in Anspruch nehmen können, stellt das Mietrecht das wichtigste Instrument dar, mit dem die Politik versucht, Vermietern Anreize für eine energetische Sanierung zu bieten. Diese Wahl folgt direkt aus dem Mieter-Vermieter-Dilemma. Schließlich soll dem vermietenden Gebäudeeigentümer ein Weg eröffnet werden, wie er an den Erträgen seiner Investition partizipieren kann. Und da dies in erster Linie durch eine Erhöhung der Miete erfolgen kann, hat der Gesetzgeber dem Vermieter hier entsprechende Möglichkeiten eingeräumt.

So erlaubt § 559 BGB dem Vermieter, die Miete um elf Prozent der aufgewendeten Modernisierungskosten zu erhöhen, wenn durch diese nachhaltig Energie eingespart wurde. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass nur Modernisierungskosten umgelegt werden dürfen. Von den gesamten Kosten einer Investition sind dafür die Instandhaltungskosten in Abzug zu bringen. Hierbei ist der Anteil der Instandhaltungskosten einzelfallabhängig. Neitzel et al. (2011) diskutieren den Modernisierungsanteil an der gesamten Investitionssumme ausführlich. Der Anteil der umlagefähigen Kosten sei hierbei stark von der Art der umgesetzten Maßnahme abhängig und liege bei der Anbringung von Dämmung an Fassaden, Geschoss- und Kellerdecken bei über 90 Prozent, während für den Austausch von Fenstern und Heizungssysteme deutlich geringere Werte zu finden seien (40 bis 50 Prozent). Bei einer vollständigen energetischen Modernisierung, die alle der genannten Maßnahmentypen umfasst, mache der umlagefähige Anteil der Modernisierungskosten rund 60 Prozent aus. Dennoch wollen wir an dieser Stelle zunächst weiterhin von der Annahme ausgehen, dass das Mietrecht gute Anreize für energetische Sanierungen bietet, da die

getätigten Investitionen schließlich in einem Zeitraum von rund zehn Jahren refinanziert werden können. Bei genauerem Hinsehen ergibt sich jedoch ein deutlich komplexeres Bild, in dem die Anreize für individuelle Vermieter nicht so eindeutig sind.

In seinem Entscheidungskalkül wird der Vermieter in der Regel nicht nur die mietrechtliche Zulässigkeit betrachten, sondern auch die ökonomischen Folgen seiner Entscheidung reflektieren. In diesem Zusammenhang stellen sich vordergründig zwei Fragen: Stelle ich mich durch die Sanierung meiner Wohnung besser als ohne deren Sanierung? Kann ich die gewünschte (und für eine Refinanzierung benötigte) Miete am Markt erzielen? Beide Fragen können nur unter Betrachtung zahlreicher Variablen beantwortet werden – deren zukünftige Entwicklung für die Entscheidungsfindung ebenfalls relevant ist, was Unsicherheit und Komplexität zusätzlich erhöht. Zudem ist die Entwicklung dieser Variablen hochgradig vom Verhalten Dritter abhängig. Dies zu erläutern wird die Aufgabe des nächsten Abschnitts sein.

### Vermieter: Externe Rahmenbedingungen der Sanierungsentscheidung

Die Frage, ob sich ein Vermieter durch die energetische Sanierung ökonomisch besser-, jedenfalls aber nicht schlechterstellt, ist eng damit verknüpft, wie die Vermietbarkeit seiner Wohnung bei gegebenen Marktbedingungen zu beurteilen ist. Zunächst können zwei Extremfälle betrachtet werden, die, auf die Gesamtzahl der Wohnungen bezogen, vergleichsweise selten sein sollten. Der erste Fall betrifft Vermieter, die sich vor der Herausforderung sehen, dass eine Vermietbarkeit ihrer Wohnungen kaum noch gegeben ist. Dies wird meist Folge einer Kombination aus nicht mehr zeitgemäßer Wohnausstattung und geringer Nachfrage nach Wohnraum sein. Dann bleiben einem Vermieter die Optionen, eine in der Regel teure umfassende Modernisierung seines Gebäudes zu veranlassen oder sein Gebäude (unter Aufwendung der Kosten für Verkehrssicherung beziehungsweise Abriss) zurückzubauen. Solche Fälle sind vor allem in stark schrumpfenden Regionen Deutschlands zu beobachten und stellen eine besondere Herausforderung dar, für welche die Politik noch immer auf der

Suche nach wirksamen Instrumenten ist (Schiffers 2009). Der andere Extremfall tritt in Wohnungsmärkten mit stark wachsender Nachfrage nach Wohnraum auf. Hier können Modernisierungsvorhaben genutzt werden, um nach der Modernisierung ein anderes Mietersegment anzusprechen. Dementsprechend sind diese Sanierungsvorhaben nicht allein energetisch, sondern auch mit einer qualitativ höherwertigen Wohnausstattung verbunden. Dieses Phänomen wird häufig unter den Stichworten »Luxussanierung« und »Gentrifizierung« diskutiert (Knight 2016). In beiden Fällen ist die Nachfrage nach Mietwohnungen eine zentrale Rahmenbedingung für Vermieterentscheidungen. Diese wird maßgeblich bestimmt durch die Anzahl der Haushalte sowie den Wohnraumbedarf, die wiederum das Produkt verschiedener wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklungen sind. Zu nennen sind hier insbesondere die Einkommensentwicklung, Trends bezüglich der zahlenmäßigen und altersstrukturellen Bevölkerungszusammensetzung (Stichwort demografischer Wandel) sowie die Ausgestaltung beruflicher Arrangements und individueller Lebensführungsstile. So führen zum Beispiel steigende Scheidungsraten, eine infolge von beruflicher Flexibilisierung steigende Anzahl an Fernbeziehungen sowie die durch den Wunsch nach mehr Eigenständigkeit und Selbstverwirklichung bedingte – und durch Einkommenszuwächse ermöglichte – Aufweichung traditioneller Familien- und Wohnmodelle tendenziell zu kleineren durchschnittlichen Haushaltsgrößen und somit zu einer höheren Anzahl an Haushalten. Des Weiteren verändern sich mit zunehmendem Alter auch die Komfortbedürfnisse von Mietern, wodurch sich die Nachfrage auch qualitativ hin zu altersgerechten Wohnungen verschiebt. Dementsprechend sind Entscheidungen von Vermietern, die ausschließlich auf Wirtschaftlichkeitsüberlegungen basieren, stets im Kontext soziodemografischer Entwicklungen und deren Ausprägungen in den jeweiligen lokalen Mietmärkten zu betrachten.

In Abgrenzung zu den oben genannten Extremfällen wollen wir uns im Folgenden aber auf die Entscheidungskalküle von Vermietern konzentrieren, die weder vor der schwierigen Wahl zwischen Modernisierung oder Abschreibung stehen noch eine Modernisierung nutzen wollen, um in ein anderes Marktsegment zu gelangen.

Wir finden hier nun also einen Fall vor, in dem ein Vermieter sein Wohngebäude (energetisch) modernisieren will, sich aber weder in einer Situation befindet, in der das Wohngebäude ungenutzt ist, noch beabsichtigt ist, nach erfolgter Sanierung alle Wohnungen hochpreisig neu zu vermieten. Seine ökonomischen Anreize hängen dann von der Lage des Mietwohnungsmarktes ab. Um dies nachvollziehen zu können, muss zunächst betrachtet werden, welche Möglichkeiten Vermieter zur Erhöhung der Miete haben. Eine Möglichkeit ist die Vereinbarung einer Staffel- (§ 557a BGB) oder Indexmiete (§ 557b BGB). In ersterem Fall wird die Miete nach einem vertraglich vereinbarten Schema jährlich oder seltener erhöht, im zweiten Fall orientiert sich die in der Regel jährliche Erhöhung der Miete an der Steigerung des vom Statistischen Bundesamt ermittelten Preisindexes. Die Vereinbarung einer Staffelmiete schließt die Umlage von Modernisierungskosten nach § 559 BGB aus, während diese Möglichkeit dem Vermieter auch nach Wahl der Indexmiete offensteht. Eine weitere und die am häufigsten[7] genutzte Möglichkeit ist die Erhöhung der Miete auf die ortsübliche Vergleichsmiete nach § 558 BGB. Die ortsübliche Vergleichsmiete wird in einem Mietspiegel für die jeweiligen regionalen und sachlichen Teilmärkte ermittelt. Eine Mieterhöhung auf die ortsübliche Vergleichsmiete kann jeweils im Abstand von 15 Monaten erfolgen. Zusätzlich sieht das Gesetz eine Kappungsgrenze vor, die sich auf 20 Prozent Mietsteigerung in drei Jahren beläuft.

Hieran kann man sich schnell klarmachen, warum die (ökonomischen) Anreize für energetische Sanierungen in angespannten Mietwohnungsmärkten mit deutlichem Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete gering sind. Die Durchführung einer energetischen Modernisierung erlaubt die Anhebung der Miete um elf Prozent der Modernisierungskosten – jedoch entstehen dem Vermieter in diesem Fall tatsächlich auch Kosten. Hingegen können Vermieter, die keine Modernisierung durchführen lassen, bei einem entsprechenden Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete regelmäßig anheben, ohne dass ihnen dafür erhebliche Kosten entstehen. Er-

7 Für Mietverträge mit Privateigentümern von Wohnungen ermitteln Cischinsky et al. (2015), dass nur in zehn Prozent der Fälle eine Staffel- oder Indexmiete vereinbart wurde.

reicht der Anstieg der ortüblichen Vergleichsmiete vor Ablauf der Amortisationsdauer (also innerhalb rund eines Jahrzehnts) einen Wert, der elf Prozent der aufgewendeten Modernisierungskosten entspricht, so kann der sanierende Vermieter keine vollständige Amortisation seiner Investition erwarten, und er hat einen Teil der Kosten selbst zu tragen. Gerade in angespannten Mietmärkten ist ein deutlicher Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete nicht unwahrscheinlich. Da die Erwartungsbildung hinsichtlich des Anstiegs der ortsüblichen Vergleichsweise jedoch für jeden Marktteilnehmer mit großen Unsicherheiten verbunden und von vielen (noch zu diskutierenden) exogenen Faktoren abhängig ist, ist bei gegebener Vermietbarkeit des Wohngebäudes die Entscheidung für die Investition in eine umfassende energetische Modernisierung nicht nur für risikoaverse Vermieter nicht wahrscheinlich.

Eine andere Situation ergibt sich in Städten mit entspanntem Mietwohnungsmarkt: Auch wenn Vermieter hier nur einen geringen Anstieg der ortsüblichen Vergleichsmiete erwarten, besteht bei ihnen Unsicherheit, ob sie die getätigte Investition refinanzieren können. Ein entspannter Mietwohnungsmarkt zeichnet sich dadurch aus, dass vergleichsweise hohe Leerstandsquoten beobachtet werden können und das Mietniveau nur geringfügig ansteigt. Hier stellt sich dem Vermieter also die Frage, ob er die Mieterhöhung am Markt durchsetzen kann. Werden die bestehenden Mieter die Erhöhung der Kaltmiete akzeptieren beziehungsweise kann erwartet werden, dass bei der erhöhten Kaltmiete neue Mieter gefunden werden können?

In Rückführung auf das Mieter-Vermieter-Dilemma kann in diesem Kontext die Frage gestellt werden, ob die Mieter ein ökonomisches Interesse[8] an einer energetischen Modernisierung ihrer Wohnung haben. Ein ökonomisches Interesse könnte dann bejaht werden, wenn durch die energetische Modernisierung des Wohngebäudes ihre Kosten des Wohnens (das heißt die Summe aus Kaltmiete und Betriebskosten) sinken: Reichen die durch die energetische Modernisierung eingesparten Energiekosten aus,

8 Hier wird zunächst von den zahlreichen Co-Benefits der energetischen Modernisierung (zum Beispiel höherer Wohnqualität) abstrahiert.

um die Kaltmietenerhöhung zu kompensieren? Leider ist diese Frage nicht einfach zu beantworten, da die Kosten einer energetischen Modernisierung stark vom Einzelfall abhängen und die Energiekosten zudem noch durch das Nutzerverhalten bestimmt werden. Zudem findet sich auch in den Schätzungen und empirischen Erhebungen durchschnittlicher Sanierungskosten eine hohe Varianz – was verständlich ist, wenn man sich die große Varianz beim (energetischen) Zustand von Bestandsgebäuden vor Augen hält.

Dennoch kann man auf Basis jüngerer Studien zur Einschätzung kommen, dass beim gegenwärtigen Energiepreisniveau eine energetische Modernisierung für die Mieter eine Erhöhung der Kosten des Wohnens bedeutet (sofern der Vermieter den Mieterhöhungsspielraum des § 559 BGB vollständig ausnutzt). Neitzel et al. (2011) ermitteln für ein modellhaftes energetisches Modernisierungsvorhaben eines Gebäudes aus den 1950er-Jahren in Abhängigkeit vom angestrebten Energieeffizienzstandard eine mögliche Kaltmietenerhöhung von 2,08 bis 2,70 Euro je Quadratmeter und Monat. Bei gegenwärtigen Energiepreisen steht dem jedoch eine Energiekostenminderung von nur 0,88 bis 1,30 Euro[9] je Quadratmeter gegenüber. Ähnlich finden Hentschel und Hopfenmüller (2014) auf Basis empirischer Daten für Berlin eine Kaltmietenerhöhung nach energetischer Modernisierung von im Median 1,55 Euro je Quadratmeter und Monat. In den Fällen, in denen entsprechende Daten vorhanden waren, stand dieser jedoch nur eine Energiekostenersparnis von maximal 0,50 Euro gegenüber. Pfnür & Müller (2013) ermitteln auf Basis von Modellrechnungen für den Fall von Vollsanierungen gar eine Erhöhung der Kosten des Wohnens von 2,10 bis 2,60 Euro je Quadratmeter und Monat.

Aber auch unter der moderateren Annahme, dass sich im Fall energetischer Modernisierung bei vollständiger Umlage der Modernisierungskosten die Kosten des Wohnens für die Mieter im Schnitt um einen Euro je Quadratmeter und Monat erhöhen, wird deutlich, dass die Mieter wohl

9 Diese Werte ergeben sich, wenn die Differenz zwischen Energiebedarf vor und nach Sanierung für die Berechnung genutzt werden. Wird die Differenz zwischen durchschnittlichem Energieverbrauch vor Sanierung und Energiebedarf nach Sanierung in der Berechnung genutzt, verringert sich die Energiekostenersparnis auf 0,27 Euro bis 0,70 Euro je Quadratmeter und Monat.

nur in Einzelfällen finanziell von einer energetischen Modernisierung profitieren. Solange es also nicht zu einem deutlichen Anstieg der Kosten von Energie – der politisch beispielsweise durch Einführung einer $CO_2$-Steuer unterstützt werden könnte – kommt, handelt es sich bei der Aufteilung der Kosten energetischer Modernisierung häufig um eine Aufteilung von Lasten.

Bei der Betrachtung der Entscheidungskalküle von Vermietern ist zudem zu berücksichtigen, dass die vermietenden Gebäudebesitzer keine homogene Gruppe sind. Auf dem Mietwohnungsmarkt agieren Privatpersonen, die nur wenige Wohneinheiten im Bestand haben, gemeinsam mit großen, börsennotierten kommerziellen Wohnungsunternehmen. Die Daten des Zensus 2011 erlauben nur eine Aussage in Bezug auf die Gesamtzahl der Wohnungen, also einschließlich der selbst genutzten Wohnungen (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2015). Für Gesamtdeutschland beträgt der Anteil von Wohnungen, der sich im Eigentum von Privatpersonen beziehungsweise Eigentümergemeinschaften befindet, rund 80 Prozent. Im Eigentum von Wohnungsgenossenschaften, kommunalen und privatwirtschaftlichen Wohnungsunternehmen sind jeweils knapp über 5 Prozent. In Großstädten, die über geringere Eigentumsquoten verfügen, sind nur 67 Prozent im Eigentum von Privatpersonen und Eigentümergemeinschaften. Der Anteil von Wohnungsgenossenschaften und kommunalen Wohnungsunternehmen beträgt dort über 8 Prozent, der Anteil privatwirtschaftlicher Wohnungsunternehmen knapp 11 Prozent.

Das Ruhrgebiet zeichnet sich mit einem Anteil von knapp 14 Prozent an allen Wohnungen durch eine vergleichsweise hohe Bedeutung privatwirtschaftlicher Wohnungsunternehmen aus. Diese Unterschiede werden dann wichtig, wenn die Annahme getroffen wird, dass sich die Entscheidungskalküle von Privatvermietern von denen kommunaler und privatwirtschaftlicher Wohnungsunternehmen unterscheiden. So ist plausibel, dass ein Teil der Privatvermieter (insbesondere wenn er das vermietete Haus mitbewohnt) eine deutlich emotionalere Bindung an ihr Eigentum haben als kommerzielle Unternehmen, bei denen die Geschäftsführung über die weitere Entwicklung einer Wohnimmobilie auf Basis betriebswirtschaftlicher Erwägungen entscheidet. Es ist davon auszugehen, dass dies auch in

der Entscheidungsfindung für oder gegen energetische Modernisierungsmaßnahmen seinen Niederschlag findet.

Was diese Differenzen in den Entscheidungskalkülen vermietender Gebäudeeigentümer betrifft, besteht weiterhin Forschungsbedarf, um diese genau charakterisieren zu können. Unabhängig hiervon ist festzuhalten, dass die Gebäudewende im Bereich vermieteter Wohngebäude eine große Transformationsherausforderung darstellt. Wie in diesem Abschnitt diskutiert, sind die Anreize zur energetischen Modernisierung für Vermieter bisher gering, und es bedarf neuer Ansätze und politischer Instrumente, um diese so zu verändern, dass diese Herausforderung unter fairer Verteilung von Nutzen und Lasten gemeistert werden kann.

**BOX 1**

### Eine Außenwanddämmung – »Die nehme ich nicht mal geschenkt«

Hildegard ist 85 Jahre und lebt seit nunmehr über 50 Jahren in ihrem 9-Parteien-Mehrfamilienhaus in der Innenstadt. Das Haus – inzwischen von ihrer Tochter verwaltet – sollte ihr und ihrem inzwischen verstorbenen Mann als Altersvorsorge dienen und bot der Familie mit drei Kindern über mehrere Jahrzehnte ein Zuhause.

Da Hildegard ein enges Verhältnis zu ihren Mietern pflegte und noch immer pflegt und ihr ein langjähriges Mietverhältnis wichtiger als eine möglichst hohe Rendite war, investierte sie regelmäßig in das Haus. Fenster, Bäder sowie das Treppenhaus wurden nach und nach erneuert und entsprechen heute einem der Mietnachfrage entsprechenden Standard. Das Dach ist gedämmt, und das Haus besitzt einen Fernwärmeschluss. Eines hat Hildegard über all die Jahre jedoch nie in Betracht gezogen – die Dämmung der Außenfassade. Der Grund war jedoch nie die Wirtschaftlichkeit. Hildegard scheute vielmehr das Risiko, dass ein »in Plastik eingepacktes« Haus von den Mietern falsch belüftet wird und sich Schimmel bildet.

**BOX 2**

### Energieeffizienz paradox

**Ömer ist 50 Jahre und erbte vor einigen Jahren das Mehrfamilienhaus seiner Eltern, die in den 1960er-Jahren als Gastarbeiter aus der Türkei nach Deutschland kamen. Über Energieeffizienz haben weder seine Eltern noch er sich lange Zeit Gedanken gemacht. Vor Kurzem erhielt er jedoch von den Stadtwerken einen Gutschein, um an einer kostenlosen Thermografie-Aktion teilzunehmen. Von den Ergebnissen war Ömer überrascht. Der ehemalige zum Innenhof ausgerichtete Laubengang des Hauses, der in den 1980er-Jahren zu Wintergärten umgebaut wurde, war dunkelblau, ein Zeichen dafür, dass die Wohnungen kaum Wärmeverluste aufweisen. Gleiches galt für die Fenster zur Straßenseite, obwohl diese bereits Mitte der 1970er-Jahre eingesetzt worden waren. Der Mitarbeiter der Stadtwerke vermutet, dass Ömers Eltern seinerzeit sehr hochwertige Fenster mit hohem Schallschutzstandard einbauen ließen, und sah hier keinen akuten Handlungsbedarf. Diese Einschätzung bestätigte auch der im Anschluss erstellte Energieverbrauchsausweis. Mit einem Heizenergieverbrauch (inklusive Warmwasser) von rund 110 Kilowattstunden pro Quadratmeter ist das Haus zwar weniger effizient als ein Neubau, aber immerhin deutlich besser als der Durchschnitt – und das, ohne dass in den letzten Jahren bewusst in Energieeffizienz investiert wurde.**

## Potenziale für Energieeinsparung

Um das komplexe Bild der Gebäudeenergiewende abzurunden, müssen aber neben den theoretischen Potenzialen für die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestands insgesamt, der berechenbaren Minderung des Energiebedarfs einzelner Gebäude, der wirtschaftlichen und individuellen Entscheidungskalküle von Personen, welche die Entscheidung für oder wider Sanierungsmaßnahmen treffen, sowie auch der tatsächliche Energieverbrauch der Bewohner und Bewohnerinnen berücksichtigt werden. Beide können in ein und derselben Wohnung etwa aufgrund der Zusammensetzung von Haushalten und damit einhergehenden notwendigen Versorgungsarbeiten, der Lebensumstände wie auch aufgrund von Gewohnhei-

ten und Verhaltensroutinen weit auseinanderliegen: Eine Familie mit zwei kleinen Kindern, in der die Eltern viel Zeit und Arbeit zu Hause verrichten, braucht in der Regel mehr Energie in der eigenen Wohnung als ein Single, der einer Erwerbstätigkeit außer Haus nachgeht.

Bleibt die tatsächliche Energieeinsparung hinter den berechneten Werten zurück, kann das vielfältige Gründe haben. Von einem direkten Rebound-Effekt in diesem Zusammenhang etwa spricht man, wenn die aufgrund der Installation von Wärmedämmung eingesparten Energiekosten direkt in eine Anhebung der Innenraumtemperatur investiert werden. Laut Sorrell (2010) liegen direkte Rebound-Effekte im Bereich Raumwärme im Mittel zwischen 10 und 30 Prozent. Indirekte Rebound-Effekte, also die Reinvestition eingesparter Geldbudgets in einem anderen Bedarfsfeld, sind sehr schwer zu bemessen, können aber sogar zu Backfire führen (Buhl et al. 2015). Im Bereich Raumwärme sind aber die indirekten Rebound-Effekte beziehungsweise Kompensationen im Ressourcenverbrauch geringer. Werden Geldeinsparungen reinvestiert, die mit einer Reduktion der Raumtemperatur einhergehen, werden zwischen 29 Prozent (Buhl 2014) und 59 Prozent (Buhl 2016) der Einsparungen im Ressourcenverbrauch kompensiert. Dies liegt vor allem an der relativ hohen Ressourcenintensität im Bereich Wohnen. Wird hier Geld gespart, geht ein Großteil der Ersparnis wahrscheinlich in relativ ressourcenleichtere Bereiche. Es lohnt sich also trotz oder gerade wegen des Auftretens von Rebound-Effekten in relativ ressourcenintensiven Bereichen, wie etwa dem Wohnen, Einsparungen anzustreben.

Neben dem Rebound-Effekt gibt es noch den sogenannten Prebound-Effekt. So ist es möglich, dass der tatsächliche Energieverbrauch vor der Sanierung unter dem berechneten Energiebedarf liegt, was das Energieeinsparpotenzial von Sanierungsmaßnahmen weiter reduziert (Sunniak-Blank et al. 2012). Auch das individuelle Lüftungsverhalten (Stoßlüften vs. Kipplüften) kann zu teils erheblichen Abweichungen zwischen berechnetem Energiebedarf und tatsächlichem Energieverbrauch führen. Und schließlich können auch Mängel in der Qualitätssicherung vor, während und nach der Sanierung Ursachen für ausbleibende Einsparerfolge sein (co2online 2015).

Im Zusammenhang mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen für energetische Sanierungen wird immer wieder die Bedeutung von Abweichungen zwischen berechneten Energiebedarfskennwerten und gemessenen Energieverbrauchskennwerten diskutiert, die einen großen Unsicherheitsfaktor darstellen. Dies kann nur durch Betrachtung der Faktoren, die den Heizenergieverbrauch einer Wohnung oder eines Wohngebäudes determinieren, verstanden werden. Dies sind im Wesentlichen der energetische Zustand des Gebäudes und das Nutzungsverhalten. Bei Mehrfamilienhäusern hat zudem die Lage der Wohnung im Gebäude einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Energieverbrauch für Raumwärme (Keimeyer et al. 2016). Der energetische Gebäudezustand ist in erster Linie durch eine energetische Sanierung veränderbar, das heißt durch das Anbringen zusätzlicher Dämmung, den Austausch von Fenstern und Türen sowie weitere kleinere Maßnahmen. Die Lage einer Wohnung in einem Mehrfamilienhaus zu ändern ist schlicht nicht möglich. Als dritte Möglichkeit bleibt eine Änderung des Nutzungsverhaltens. Wie aber hat das Nutzungsverhalten Einfluss auf den Energieverbrauch, und was macht das Nutzungsverhalten aus?

Der erste Faktor sind Anwesenheits- und Abwesenheitszeiten. In der Regel ist der Energieverbrauch höher, wenn der Eigentümer oder Mieter in der Wohnung anwesend ist – und sollte dies nicht so sein, wäre eine Änderung des Nutzungsverhaltens beziehungsweise der Einstellungen des Heizungssystems umso dringender angebracht. Der zweite Faktor ist die gewünschte Raumtemperatur, die durch Heizen erreicht werden soll. Hier gilt die häufig gehörte Faustregel, dass bereits eine Minderung der Raumtemperatur um ein Grad Celsius eine Energieeinsparung von sechs Prozent bedeutet (Bundesregierung 2012). Der dritte Faktor ist das Lüftungsverhalten. Kurzes Stoßlüften bedeutet gegenüber langem oder gar dauerhaftem Kipplüften einen deutlich geringeren Energieverbrauch bei höherem Luftaustausch. An den beiden zuletzt genannten Faktoren kann auch politisch angesetzt werden. Zu entwickelndes Transformationswissen sollte also die Frage beantworten, wie Wohnungsnutzer dazu motiviert werden können, eine geringere Raumtemperatur zu wählen (dies gilt nicht für Haushalte, die bereits mit geringen Temperaturen wohnen, vergleiche Box 8). Zudem

sollten Interventionen gefunden werden, die das Lüftungsverhalten so zu verbessern helfen, dass es den zusätzlichen Energieverbrauch minimiert. Dennoch stellt sich die Frage, wie hoch die damit verbundenen Einsparpotenziale sind.

In der Literatur findet man eine große Spannbreite über die tatsächliche Höhe der Einsparpotenziale durch verändertes Nutzerverhalten. Bei einigen Autoren ist ein Unterschied im Heizenergieverbrauch in ähnlichen Gebäuden mit vergleichbarem Heizungssystem um den Faktor fünf bis sieben möglich (Liedtke et al. 2014). Andere Untersuchungen sind deutlich skeptischer, was die Einsparpotenziale durch geändertes Lüftungsverhalten betrifft – auch da in vielen Haushalten eher zu wenig als zu viel gelüftet werde. Basierend auf einem Vergleich zwischen berechneten Energiebedarfs- und ermittelten Energieverbrauchskennwerten, kommt eine Untersuchung zu dem Ergebnis, dass durch geändertes Nutzungsverhalten ein Einsparpotenzial von maximal 20 Prozent möglich sei (Keimeyer et al. 2016). Diese Einschätzung ist auch konsistent mit einer aktuellen Metaanalyse von Studien, die die Wirkung von Feedback auf den Energieverbrauch von Haushalten untersuchen. Demnach erreichten die untersuchten Feedbackmaßnahmen eine Minderung des Energieverbrauchs von im Durchschnitt acht bis zwölf Prozent – wobei hier zugegebenermaßen viele Studien eingeschlossen waren, die allein einen Einfluss eines Feedbacks auf den Stromverbrauch untersucht haben (Karli et al. 2015). Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass viele Studien darin übereinstimmen, dass Nutzungsverhalten einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Energieverbrauch hat – auch wenn eine große Spanne allein aufgrund der Forschungsdesigns und des Untersuchungsgegenstandes bei der Abschätzung der exakten Größe dieses Einflusses besteht. Und dies insbesondere dann, wenn es darum geht, wie viel Energie durch eine Änderung des Nutzungsverhaltens eingespart werden kann (siehe genauso und ausführlicher Kapitel 4.3).

Letztendlich ist die Frage, wie viel Energie durch welche Maßnahme tatsächlich eingespart wurde – sei es durch energetische Sanierung der Gebäudehülle oder -technik oder durch verändertes Heiz- und Lüftungsverhalten –, nicht nur abhängig von der nächsten Heizkostenabrechnung. Sie

muss für ein abschließendes Bild im Zusammenhang mit den für die Maßnahme eingesetzten Ressourcen und der für Entnahme, Produktion, Transport und Entsorgung aufgebrachten Energie im gesamten Lebenszyklus gesehen werden. Dass die Energie- und Treibhausgasemissioneneinsparung in der Nutzungsphase ein Vielfaches der Herstellungsenergie und -emissionen beträgt, ist mittlerweile anerkannt (zum Beispiel Rodrigues & Freire 2016; Mazor et al. 2011; Schmidt et al. 2004). Die Frage, welche energetischen Sanierungsmaßnahmen zu welchen Ressourcenimplikationen führen und wieweit es hier eine Problemverlagerung von Energieverbrauch zu Ressourcenverbrauch gibt, ist dabei bis heute weitestgehend ungeklärt. Welche Wechselwirkungen sich letztendlich ergeben, ist nicht ganz offensichtlich und oft wesentlich von der Ausgestaltung der betrachteten Prozessketten abhängig. Entsprechende Lebenszyklusanalysen haben sich mit dieser Frage anhand verschiedener Ressourceneffizienzindikatoren auseinandergesetzt und haben bisher die Schlussfolgerung gezogen, dass Dämmstoffstrategien einen wesentlichen Beitrag zu Materialeffizienz leisten können (Becker 2014; Soukup et al. 2012).

## Politikinstrumente für die Gebäudeenergiewende

Um nun feststellen zu können, an welchen Stellschrauben der Wärmewende im Gebäudebereich noch »gedreht« werden kann, bedarf es einer politischen Systemanalyse. Ein Mix unterschiedlicher Politikinstrumente zielt auf eine Beschleunigung des energetischen Umbaus des Gebäudebestandes. In Deutschland gibt es dazu aktuell drei wesentliche Typen von Instrumenten: ordnungsrechtliche Vorgaben, staatliche Förderprogramme und Informationsangebote. Ihr Zusammenspiel gilt es zu verstehen, um weitere Potenziale identifizieren zu können.

Für Deutschland verbindlich sind auf oberster politischer Ebene die Vorgaben der EU. Die »Energy Performance of Buildings Directive« (EPBD) von 2010 und die »Energy Efficiency Directive« (EED) von 2012 bilden den wesentlichen Rechtsrahmen für die Senkung des Energiebedarfs in Gebäuden auf EU-Ebene. Daraus ergeben sich zentrale Instrumente und Zielsetzungen auch für Deutschland, etwa die Einführung des Energieausweises,

die Vorgabe, dass Neubauten ab 2020 dem Anspruch eines Niedrigstenergiegebäudes erfüllen müssen und dass bei umfassenden Renovierungen Mindeststandards eingehalten werden müssen. Hinzu kommt die Vorgabe zur Entwicklung eines Aktionsplans zur Steigerung der Energieeffizienz.[10]

Auf Bundesebene ist das zentrale ordnungsrechtliche Instrument die Energieeinsparverordnung (EnEV). Die EnEV löste im Jahr 2002 die bis dahin geltende Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung ab und regelt seitdem die Anforderungen an den energetischen Zustand von Gebäuden. Die aktuelle Fassung der EnEV ist seit dem 1. Mai 2014 in Kraft. Werden ohnehin Änderungen an Außenbauteilen vorgenommen, so müssen laut EnEV bestimmte Grenzwerte für Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) eingehalten werden. Außerdem bestehen im Falle eines Eigentümerwechsels verbindliche Nachrüstpflichten: Vor dem 1. Oktober 1978 eingebaute Heizkessel müssen ausgetauscht und Warmwasserrohre sowie die oberste Geschossdecke gedämmt werden. Größtes Problem der EnEV ist deren Vollzug: In vielen Fällen werden energetische Sanierungen trotz der Verpflichtung nicht durchgeführt (Diefenbach et al. 2005). Es fehlt an Kontrollen und Sanktionen, weshalb die EnEV des Öfteren als »zahnloser Tiger« bezeichnet wurde, ein Instrument, das seine Wirkung in der bisherigen Umsetzung nicht voll entfalten kann.

Das Förderprogramm der KfW-Bankengruppe »Energieeffizient Sanieren« ist das wichtigste finanzwirtschaftliche Instrument zur Beschleunigung des energetischen Umbaus des Gebäudebestandes in Deutschland. Auf Antrag erhalten Hauseigentümer über das Programm zinsgünstige Darlehen und Zuschüsse für Sanierungsmaßnahmen, welche die Gebäudeenergieeffizienz erhöhen. Gefördert werden sowohl Einzelmaßnahmen als auch Komplettsanierungen, die über den durch die EnEV geforderten Standard hinausgehen. Die Höhe des Zuschusses orientiert sich an der Effizienzklasse, die das Gebäude nach der energetischen Sanierung erreicht. Bisher erreicht das Förderprogramm vor allem gut informierte und hoch motivierte Sanierer (Albrecht 2010). Darüber hinaus gibt es für Kommunen

10 Vergleiche https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_neeap_en_germany.pdf (Zugriff vom 15. Mai 2016).

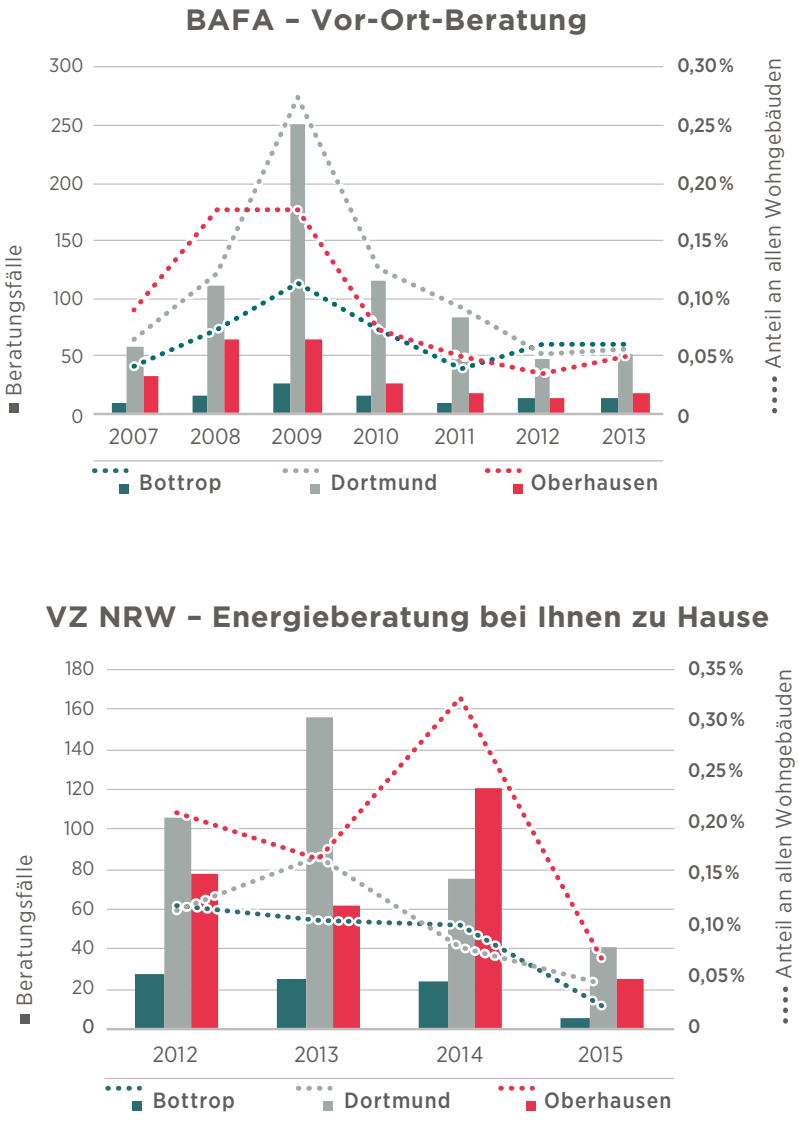



Abbildung 8: **Beratungsfälle des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der Verbraucherzentrale NRW in Bottrop, Dortmund und Oberhausen**

die Möglichkeit, sich von der KfW die Erstellung von integrierten Quartierskonzepten fördern zu lassen, die technische und wirtschaftliche Möglichkeiten zur Energieeinsparung im Quartier aufzeigen. Zur Umsetzung der Konzepte kann ein Sanierungsmanager für das entsprechende Quartier beantragt werden.

Ergänzt werden die Programme auf Landesebene,[11] mancherorts auf regionaler Ebene,[12] durch Kommunen[13] oder kommunale Unternehmen, vorwiegend Stadtwerke (EnergieAgentur.NRW GmbH 2012). Umrahmt wird dieses Instrumentarium von diversen Ansätzen, Hausbesitzer von den Vorteilen energetischer Sanierungsmaßnahmen zu überzeugen (Informationsinstrumente). Dazu gehören Vor-Ort- und stationäre Energieberatungen, der Rat von Handwerkern, Informationsportale im Internet, TV und Presse und die Nutzung von Energieausweisen und Heizkostenabrechnungen, um auf mögliche Einsparpotenziale aufmerksam zu machen. Diese Rahmenbedingungen und Angebote gelten prinzipiell flächendeckend. Doch was davon kommt eigentlich konkret bei denen an, die es umsetzen und in Anspruch nehmen sollen?

Ein Blick auf die derzeitige energetische Sanierungsaktivität zeigt, dass die bisher eingesetzten Instrumente noch nicht die gewünschte Wirkung erzielen. Die energetische Ertüchtigung des Gebäudebestandes kommt bislang nur schleppend voran. Das IWU sieht die energetische Sanierungsrate insgesamt bei unter einem Prozent (IWU 2010). Dies heißt übersetzt, dass pro Jahr rechnerisch etwa eines von hundert Gebäuden komplett gedämmt wird. Dächer beziehungsweise oberste Geschossdecken werden dabei häufiger gedämmt als Außenwände. Am niedrigsten ist die Dämmrate bei Fußböden und Kellerdecken. Der Austausch von Fenstern erfolgt mit einer Rate von etwas über einem Prozent (IWU 2010). Rein rechnerisch muss die energetische Sanierungsrate mindestens verdoppelt werden, um die Einsparziele zu erreichen.

11 Zum Beispiel in Nordrhein-Westfalen [http://www.nrwbank.de/de/Landingpages/gebaeudesanierung.html; 15.05.2106].

12 Zum Beispiel in der Region Hannover [https://www.proklima-hannover.de/privat/modernisierung; Zugriff vom 15.05.2016].

13 Zum Beispiel in Düsseldorf [https://www.duesseldorf.de/saga/foerderung/; 15.05.2016].

Energieberatungen als wichtiges Instrument zur Steigerung der Qualität und Umsetzung von Maßnahmen (vgl. Schüle, Bierwirth, Madry 2011) liegen noch unterhalb der Sanierungsrate. Die Auswertung von Beratungsfällen in den drei Fokusstädten Oberhausen, Dortmund und Bottrop im Projekt EnerTransRuhr zeigt, dass pro Jahr für 0,05 bis 0,1 Prozent aller Wohngebäude Beratungsangebote der Verbraucherzentrale und privaten Energieberatungen, die über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gefördert sind, in Anspruch genommen werden. Auch wenn hier Angebote von Stadtwerken, Handwerkern und private Energieberatungen nicht berücksichtigt sind, kann man davon ausgehen, dass die Inanspruchnahme von Beratungsleistungen nicht überall dort ankommt, wo Sanierungspotenziale bestehen beziehungsweise Sanierungen umgesetzt werden.[14] Zu diesem Ergebnis kommt auch ein Feldtest von co2online, in dem nur für jedes dritte Gebäude, an dem Sanierungsmaßnahmen durchgeführt wurden, auch eine Energieberatung in Anspruch genommen wurde (co2online 2015).

## Kontexte: Menschen in Stadt und Quartier

Eine umfassende Systemanalyse erfordert neben der Erfassung technischer und politischer Rahmenbedingungen auch ein Verständnis für das Handeln der relevanten Akteure. Dies kann wiederum nur dann verstanden werden, wenn man auch die Kontexte betrachtet, in die Akteure eingebunden sind. Dabei gibt es einzelne Akteure, die erheblich zur Kontextgestaltung beitragen, indem sie Initiative ergreifen und Veränderungsprojekte auf den Weg bringen. Diese spezifische Akteursgruppe wird als »Agenten des Wandels« bezeichnet. Ihnen ist der folgende Abschnitt gewidmet.

Wenn man sich intensiv mit einem Thema – wie hier dem der energetischen Sanierung – beschäftigt, kommt es vor, dass man verwundert feststellt, dass es Menschen gibt, die allen Informationen, Angeboten, Nach-

14 Eine Ausnahme bildet hier das Projektgebiet der InnovationCity Ruhr Bottrop, in dem eine umfangreiche aufsuchende Beratungsinitiative umgesetzt wurde.

richten zum Trotz dem Thema nur eine geringe Aufmerksamkeit schenken. Dem Glauben, die Bevölkerung sei in dieser Hinsicht umfassend aufgeklärt – oder müsste es aufgrund all der vielseitig verfügbaren Informationen jedenfalls sein –, liegt eine gewisse Betriebsblindheit zugrunde. Zum Verständnis von Akteurssystemen und Motiven hinsichtlich spezifischer Entscheidungen sind Agenten des Wandels darum eine besonders interessante, gleichwohl wenig erforschte Gruppe.

Haben Sie schon einmal Ihr Haus energetisch saniert, Räume umfassend renoviert, oder Ihr Vermieter hat modernisiert? Dann wissen Sie, dass neben der finanziellen Belastung solche Maßnahmen vor allem auch einen großen Zeitaufwand bedeuten: die nötigen Informationen einzuholen, zu planen, Handwerksbetriebe zu finden und zu koordinieren, und nicht zuletzt Unannehmlichkeiten während der Sanierungsphase. Sanierungen sind damit nicht eben alltagstauglich. Eher im Gegenteil. Die Frage »Wie kann ich Menschen zu energetischer Sanierung motivieren?« lässt sich offenbar nicht mit Information, Kampagnen und finanziellen Anreizen allein beantworten. Hier kann ein grundlegendes Verständnis für Entscheidungskalküle, Motivation und nicht zuletzt sozialer Praktiken helfen, die Verhaltensänderungen herbeiführen beziehungsweise zum Ziel haben. Meist sind sie eng verbunden mit lokalen Gegebenheiten.

Das Verlassen eingeübter Routinen wird auch in anderen Bereichen einer umfassenden Transformation und nachhaltiger Entwicklung benötigt, etwa bei den Themen Ernährung oder Mobilität. Es lohnt sich also, einen Blick über den Tellerrand der energetischen Sanierung hinaus zu werfen, um Wissen über die Hintergründe und Strukturen von neuen sozialen Praktiken zu erfahren.

Um zu verstehen, was Menschen motiviert, sich für etwas zu engagieren und Neues auszuprobieren, haben wir im Rahmen des Projekts EnerTrans-Ruhr in Oberhausen und Bottrop nach Agenten des Wandels gesucht – und sie gefunden: Menschen, die sich direkt oder indirekt für Nachhaltigkeit einsetzen. Sie handeln innovativ und setzen sich so für eine nachhaltigere und klimafreundlichere Gesellschaft ein. Da die Akteure auf unterschiedlichen Feldern aktiv sind und jeweils ein individuelles Verständnis von Nachhaltigkeit oder Klimazielen haben, unterscheiden wir zwischen

impliziten und expliziten nachhaltig orientierten Agenten des Wandels. Akteure mit einer expliziten Nachhaltigkeitsorientierung legen ihrem Handeln bewusst Motive der Nachhaltigkeit, des Umwelt- und Klimaschutzes zugrunde und lassen sich etwa in sozialen Bewegungen wie der Umwelt- und Antiatomkraftbewegung finden (Sommer & Schad 2014). Akteure mit einer impliziten Nachhaltigkeitsorientierung hingegen sind in ihrem Wirken nachhaltig, ohne dass dies die primäre Intention ihres Handelns ist (ebd.). Das tiefere Verständnis solcher Akteure und ihrer soziotechnischen Innovationen soll helfen, ähnliche Potenziale beziehungsweise Hindernisse im Bereich der energieeffizienten Gebäudesanierung identifizieren zu können. Als Konsumenten, soziale Unternehmer, Investoren, Bürgergruppen, Verwaltungspersonal und Politiker treiben Agenten des Wandels Veränderungsprozesse voran, untermauern und gestalten laufende soziotechnische Veränderungen, Gesetzgebung und Marktgeschehen (vgl. WBGU 2011, S. 257). Dies bedeutet, dass sie bestehende Handlungsroutinen durchbrechen, Widerstand leisten, neue Handlungsroutinen aufbauen, Alternativen in die Praxis umsetzen und neue Diskurse eröffnen.

Auch wenn ihr Engagement nicht unmittelbar auf energetische Sanierung und energiesparendes Verhalten übertragbar ist, lässt sich von ihnen viel lernen über Motive und Verbreitungsmechanismen neuer sozialer Praktiken und Strukturen (siehe Kapitel 3.3).

Bei den untersuchten Agenten des Wandels zeigte sich, dass alle auf räumliche Bezüge – zur regionalen Wirtschaft, zu städtischen Schulen oder zur Nachbarschaft im Stadtteil – angewiesen sind und sie auch gezielt für ihr Engagement nutzen. Dennoch müssen sie dabei so viel Flexibilität und Kommunikationsgeschick zeigen können, dass sie immer auch auf Kontakte außerhalb dieser Nischen zurückgreifen oder diese aktivieren können für ihre »Sache«. Im Zuge dessen treffen sie nicht nur auf Befürworter, sondern müssen mit Konflikten technischer und politischer Art umgehen. So bewirkt das Verhalten Einzelner, dass andere ähnliche Entscheidungen treffen, was zur Folge hat, dass sich die Entscheidung für eine energetische Sanierung im sozialen Netzwerk fortpflanzt (Friege et al. 2016). Man kann dies auch so beschreiben: Der Einzelne verändert durch sein Handeln das System, was wiederum das Verhalten Einzelner verändert.

## 3.2 Die Energiewende als Zielvision: Zielwissen für die Wärmewende

Zielwissen bezeichnet Wissen über wünschenswerte Zielzustände unter Berücksichtigung vorhandener Gestaltungsspielräume und Handlungsmöglichkeiten. Es ist damit sozusagen der Kompass für Transformationsprozesse.

Zielwissen kann politisch oder gesetzlich vorgegeben und im Sinne einer nachhaltigkeitsorientierten Transformation wissenschaftlich untermauert sein. Im Kontext der Energiewende, wozu auch die angestrebte Wärmewende im Gebäudebereich zählt, ist ein breites Spektrum unterschiedlicher Ziele definiert. Diese sind sowohl zeitlich als auch sektoral differenziert.

### Zielwissen auf nationaler, regionaler und kommunaler Ebene

Die Ziele der Bundesregierung bezüglich Energiewende und Klimaschutz sind im Energiekonzept bis 2050 festgeschrieben (BMWi, BMU 2010). Auf Landesebene hat Nordrhein-Westfalen im Januar 2013 ein Klimaschutzgesetz NRW verabschiedet. Ziel ist es, die Gesamtsumme der Treibhausgasemissionen in NRW im Vergleich zu 1990 bis 2020 um mindestens 25 Prozent zu reduzieren, bis 2050 um mindestens 80 Prozent (Landesregierung NRW 2013).

Auch viele Städte in Deutschland haben sich Energieeinspar- und Klimaschutzziele gesetzt. Sie haben sich in kommunalen oder regionalen Klimaschutzkonzepten den bundesdeutschen Zielen angeschlossen, sind Mitglied im Konvent der Bürgermeister, in einem europäischen Städtenetzwerk,[15] im Klima-Bündnis[16] oder entwickeln im Rahmen der Initiative des

15 Die Mitglieder des »Covenant of Mayors for Climate & Energy« haben sich das Ziel gesetzt, ihre $CO_2$-Emissionen bis 2020 um 20 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Sie legen einen »Sustainable Energy Action Plan« (SEAP) vor und berichten über die Fortschritte zur Umsetzung der Maßnahmen im »Monitoring Action Plan«. Im Jahr 2015 wurden das Thema »Adaptation«, also Anpassung an den Klimawandel, mit in die Ziele des Konvents aufgenommen sowie das Einsparziel von mindestens 40 Prozent $CO_2$-Emissionen bis 2030 erweitert (vgl. http://www.covenantofmayors.eu).

16 Klimabündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder e.V. Für weitere Informationen siehe http://www.climatealliance.org.

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) »Masterplan 100 Prozent Klimaschutz« ein Konzept mit dem Ziel, bis zum Jahr 2050 die $CO_2$-Emissionen um 95 Prozent zu senken. Auch die Städte Oberhausen und Dortmund haben Klimaschutzkonzepte erarbeitet, in denen sie sich Ziele für die Emissionsminderung gesetzt haben. Dortmund möchte bis zum Jahr 2020 wenigstens 40 Prozent $CO_2$-Emissionen einsparen im Vergleich zum Basisjahr 1990. Darüber hinaus ist die Stadt Mitglied im Klima-Bündnis und hat sich damit einer Halbierung der Emissionen aus 1990 bis zum Jahr 2030 verpflichtet und einer langfristigen Reduktion auf maximal 2,5 Tonnen $CO_2$ pro Person. Oberhausen ist ebenfalls Mitglied und hat die Ziele des Klima-Bündnisses auch in ihrem Klimaschutzkonzept bekräftigt. Die Stadt zielt auf eine Reduktion der $CO_2$-Emissionen von bis zu 95 Prozent im Jahr 2050. Als InnovationCity Modellstadt hat Bottrop seit dem Projektstart 2010 das Ziel, bis zum Jahr 2020 die Emissionen im Projektgebiet zu halbieren.

Die Möglichkeiten und Voraussetzungen, diese Ziele zu erreichen, sind in verschiedenen Städten und Regionen allerdings von einer Vielzahl übergeordneter Trends und Entwicklungspfade abhängig. Dazu gehören etwa die wirtschaftliche Entwicklung, der Zuzug oder die Abwanderung von Bevölkerung und nicht zuletzt die vorhandene Infrastruktur und technologische Möglichkeiten. In einigen Ruhrgebietsstädten etwa, in denen mit Kokereien und Stahlwerken sehr energieintensive Unternehmen geschlossen wurden, sind die $CO_2$-Emissionen seit 1990 zwar deutlich gesunken, was aber nicht auf Klimaschutzbemühungen, sondern auf den wirtschaftlichen Strukturwandel zurückzuführen ist. Gleichzeitig stellt dieser Wandel die Städte teilweise bis heute vor große soziale und wirtschaftliche Herausforderungen, welche die Umsetzung weitergehender Maßnahmen für den Klimaschutz erschweren (vgl. März et al. 2013). Andere Regionen und Städte wiederum verzeichnen einen deutlichen Zuwachs an Bevölkerung. Was für die wirtschaftliche Entwicklung positiv sein mag, bedeutet aus Klimaschutzsicht mehr Energieverbrauch: in den Haushalten, im Verkehr, in der Wirtschaft. Um die eigenen Klimaschutzziele zu erreichen, müssen in wachsenden Städten und Regionen die Bemühungen damit deutlich verstärkt werden.

Darüber hinaus finden sich auf nationaler wie auch auf regionaler und kommunaler Ebene Ziele, Strategien und Maßnahmen in unterschiedlichen politischen Bereichen, die sich gegenseitig behindern. Während auf der einen Seite Klimaschutzziele im Bereich Mobilität angestrebt werden, können beispielsweise Verkehrsentwicklungspläne den Ausbau der Straßeninfrastruktur für den Automobilverkehr vorsehen, um stark frequentierte Strecken zu entlasten. Die Folge ist ein tendenziell weiter steigendes Verkehrsaufkommen und nicht die strategische Vermeidung von Autoverkehr und Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel.

Solche Zielkonflikte zeigen sich etwa in der aktuellen politischen Debatte zum Wohnungsmarkt. In stark wachsenden Städten ist Wohnraum im Allgemeinen und bezahlbarer Wohnraum im Besonderen knapp. Die Debatte hat sich durch die gestiegene Zuwanderung in 2015 und damit einhergehenden Fragen nach der Unterbringung und Integration der Geflüchteten noch verschärft. Der Zubaubedarf von Wohneinheiten, der deutschlandweit prognostiziert wird, geht in die Hunderttausende pro Jahr (BMUB 2016). Damit der Bedarf, der hier gesehen wird, möglichst kostengünstig und zügig gedeckt werden kann, wird unter anderem auch die Frage diskutiert, ob nicht energetische Anforderungen an Neubauten gesenkt werden sollten. Die Langlebigkeit von Gebäuden allerdings bedeutet nicht nur einen erhöhten Energieverbrauch in der Bauphase, sondern auch in deren Nutzung. Die Qualität der Ausführung heute bestimmt den Energiebedarf im Gebäudebereich für die nächsten Jahrzehnte und damit die Erreichbarkeit von Klimaschutzzielen. Hier zeigt sich deutlich, wie Entscheidungen, die vor dem Hintergrund aktueller und kurzfristiger Entwicklungen getroffen werden, langfristige Ziele beeinflussen können.

Um solche Zielkonflikte zu identifizieren, nach geeigneten Lösungsansätzen zu suchen und sie in politische Maßnahmen zu übersetzen, bedarf es eines engen Austauschs zwischen Politik und Wissenschaft. Die Kernfrage dabei ist, wie themen- und bereichsübergreifende Strukturen in Politik und Verwaltung etabliert werden können, um Klimaschutzziele mit anderen umweltpolitischen Zielen, sozialen Fragestellungen und wirtschaftlichen Aspekten in Einklang zu bringen beziehungsweise in bestehende Konzepte, Leitbilder und Strategien zu integrieren.

### Ziele auf individueller Ebene

Zunächst ist festzustellen, dass eine Transformation des Wohngebäudesektors hin zu einem niedrigeren – und somit nachhaltigeren – Energiebedarfsniveau die Mitwirkung der Menschen voraussetzt, welche die Gebäude besitzen und nutzen.

Für die Beteiligung einzelner Akteure sind darum auch die Zielvorstellungen relevant, die das eigene Handeln unmittelbar leitet. Im Kontext der energetischen Gebäudetransformation geben Zielvorstellungen Auskunft über die wünschenswerten Zustände, die Gebäudebesitzer und -nutzer in Bezug auf ihr Gebäude entwickeln. Diese gewünschten Zielzustände können vollkommen andere Formen annehmen oder – bildlich gesprochen – in anderen Einheiten gemessen werden als das politisch definierte Zielwissen. Gewünschte Zielzustände der Gebäudebesitzer in Bezug auf ihr Wohngebäude können beispielsweise eine hohe Wohnqualität, Werterhalt, niedrige Energie- und Nebenkosten sowie (im Fall vermietender Gebäudeeigentümer) ein regelmäßiger Fluss von Mieteinnahmen sein.

Zielvorstellungen können ebenso für die Nutzer von Wohngebäuden ermittelt werden. Diese Gruppe umfasst auch Mieter, die Nutzer, aber nicht Besitzer eines Gebäudes sind. Gewünschte Zielzustände von Nutzern stellen in der Regel eine Teilmenge derer der Gebäudebesitzer dar (unter anderem hohe Wohnqualität, geringere Energie- und Nebenkosten). Sowohl für den Fall der Gebäudebesitzer als auch für den Fall der Nutzer gilt, dass sich Zielvorstellungen in komplexen sozialen Interaktionsprozessen herausbilden und somit von den Vorstellungen anderer Akteure beeinflusst sind.

Doch wie kann nun die Zielvision für Gebäudebesitzer und -nutzer aussehen, wenn es um energetische Sanierung geht?

Zunächst soll an dieser Stelle der Fall selbst nutzender Gebäudeeigentümer betrachtet werden. Welche Motive haben diese für eine energetische Sanierung ihrer Wohngebäude? Welche Ziele werden damit konkret verfolgt?

In Bezug auf die Sanierungsentscheidungen selbst nutzender Gebäudeeigentümer und die Ziele, die selbst nutzende Gebäudeeigentümer mit einer energetischen Sanierung erreichen wollen, konnten in den vergange-

nen Jahren einige neue Erkenntnisse gewonnen werden. Demnach lasse sich die Hypothese, dass für oder gegen eine energetische Sanierung ausschließlich nach ökonomischen Kriterien entschieden wird, nicht halten (Stieß et al. 2010). Es ist nicht so einfach, dass Gebäudeeigentümer für einzelne Sanierungsvorhaben Kosten der Investition mit der erwarteten Energiekostenersparnis vergleichen und nach Lehrbuch den Kapitalwert berechnen oder berechnen lassen. Das wäre angesichts der Unsicherheiten, mit denen diese Berechnungen verbunden sind, auch schwierig: Welche Verminderung des berechneten Energiebedarfs sich in Abhängigkeit von den durchgeführten Maßnahmen ergeben, kann ein Energieberater noch vergleichsweise gut ermitteln. Jedoch wird schon der Einfluss des Nutzungsverhaltens kaum in Wirtschaftlichkeitsberechnungen berücksichtigt – wohl nicht zuletzt aufgrund fehlender Daten. Aber gerade dieses Phänomen finden Evaluationen energetischer Sanierungen häufig: Die berechnete Reduktion des Energieverbrauchs wird nicht erreicht – mit Rückwirkungen auf die Wirtschaftlichkeit (zusammenfassend Rosenow & Galvin 2013). Führt man sich dann noch vor Augen, dass eine seriöse Abschätzung der Energiepreisentwicklung wohl nur darin bestehen kann, dass man mit einem Korridor verschiedener Werte rechnet, wird klar: Die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist bei energetischen Sanierungen von hoher Komplexität. So erscheint es nur folgerichtig zu sein, dass sich selbst nutzende Gebäudeeigentümer am Ziel einer »gefühlten Wirtschaftlichkeit« orientieren.

Diese gefühlte Wirtschaftlichkeit ist für einen erheblichen Teil der Eigenheimbesitzer bereits erreicht, wenn es zu wahrnehmbaren Minderungen der Energiekosten kommt (Albrecht & Zundel 2010). Für den Ökonomen: Der Kapitalwert der Sanierung muss also gar nicht größer null sein. Es reicht, wenn es nach der Investition positive Zahlungsströme gibt. Allerdings ist die gefühlte Wirtschaftlichkeit bei der Sanierungsentscheidung auch nur ein Faktor unter mehreren. Die Entscheidung für eine energetische Sanierung ist ebenso eine strategische Konsumentscheidung. Sie erhöht Qualität und Wert des Gebäudes. Je nach Werten und Einstellungen der Besitzer kann auch mit der Gewissheit, Umweltauswirkungen zu reduzieren, ein Nutzen verbunden sein.

Eine energetische Sanierung bedeutet für den Eigentümer auf der anderen Seite aber auch einen mehrfachen Aufwand. Unabhängig von den finanziellen Kosten sind die Planung, Organisation und die Einschränkungen während des eigentlichen Bauvorgangs für den selbst nutzenden Gebäudebesitzer belastend. Eine Entscheidung gegen eine Sanierung kann also das Ziel verfolgen, diesen Aufwand zu meiden.

Dennoch sind die Sanierungsraten bei Gebäuden selbst nutzender Gebäudeeigentümer deutlich höher als bei zur Vermietung stehenden Gebäuden (Institut der deutschen Wirtschaft Köln 2012). Daher ist an dieser Stelle zu betrachten, welche Zielvorstellungen vermietende Gebäudeeigentümer in ihren Sanierungsentscheidungen leiten.

In Bezug auf die selbst nutzenden Gebäudeeigentümer haben wir die Bedeutung nicht ökonomischer Motive herausgestellt. Da auf dem Mietwohnungsmarkt verschiedene Anbieter – vom privaten Kleinvermieter über Wohnungsgenossenschaften bis zu kommunalen und privatwirtschaftlichen Wohnungsunternehmen – agieren, kann vermutet werden, dass sich diese infolge ihrer unterschiedlichen Ziele und Motive auch durch unterschiedliche Entscheidungsfindungsprozesse (unter Einschluss nicht ökonomischer Motive) auszeichnen. Gerade bei privaten Kleinvermietern kann man annehmen, dass diese eine stärkere emotionale Bindung zu ihrem Eigentum – und in nicht wenigen Fällen sicher auch zu ihren Mietern – haben und daher die Instandhaltung und Modernisierung für sie keine rein ökonomische Entscheidung ist (Odermatt 1997). Wohnungsgenossenschaften und kommunale Wohnungsunternehmen könnten potenziell in stärkerem Maße einen sozialen Auftrag haben, der durch die Genossenschaftler oder Gesellschafter vorgegeben wird. Leider gibt es zu den Entscheidungswegen von Wohnungsmarktakteuren noch wenig empirische Erkenntnisse und damit weiteren Forschungsbedarf. Die bisherige Empirie gibt allenfalls erste Hinweise: So bleibt nach den Ergebnissen einer Befragung bei mehr als 40 Prozent der von privaten Kleinvermietern durchgeführten Sanierungen die Miete konstant, während dies bei den Genossenschaften noch in 25 Prozent der Fälle und bei den privaten Wohnungsunternehmen in nur 18 Prozent der Fälle gegeben war (Henger & Voigtländer 2011). Dies kann verschiedene Gründe haben. Eine mögliche Erklärung wäre

die unterschiedliche Gewichtung nicht ökonomischer Motive durch die verschiedenen Wohnungsmarktakteure. Eine tiefer gehende statistische Analyse durch die Autoren findet jedoch nur eine geringe Bedeutung der Unternehmensform – und in einem Modell sogar eine höhere Mieterhöhungswahrscheinlichkeit bei privaten Vermietern, was dafür spricht, dass sich die oben beschriebenen Unterschiede durch im Modell kontrollierte Unterschiede zwischen den Wohnungen und nicht durch unterschiedliche Motive erklären lassen.

Eine Betrachtung der Zielvorstellungen für die energetische Sanierung des vermieteten Gebäudebestands umfasst auch die Ziele und Motive der Mieter. Dieser profitiert potenziell mehrfach von einer energetischen Sanierung. Aber ist er damit auch ein Treiber für eine energetische Sanierung?

Zunächst profitiert der Mieter in vielen Fällen direkt, insbesondere indem sich die Wohnqualität verbessert. Ob der Mieter auch finanziell von der energetischen Sanierung profitiert, ist jedoch eine andere und leider nicht allgemein zu beantwortende Frage. Die zentrale Frage ist: Wie verändern sich für die Mieter die Kosten des Wohnens als Summe aus Kaltmiete und Betriebskosten? Die Energiekosten und damit die Betriebskosten sinken. Häufig erhöht der Vermieter jedoch zur Refinanzierung seiner Investition die Kaltmiete. Ist die Einsparung bei den Energiekosten ausreichend hoch, um die Kaltmietenerhöhung zu kompensieren oder gar zu überkompensieren? Ist also eine warmmietenneutrale Sanierung möglich? Gerade bei der Sanierung von Gebäuden eines sehr schlechten Standards ist dies durchaus möglich. Empirische Erhebungen und Modellrechnungen deuten aber darauf hin, dass dies nicht der Regelfall ist (Hentschel & Hopfenmüller 2014). Somit ist unwahrscheinlich, dass kurz- und mittelfristig die Mieter in großer Zahl ihre Vermieter zu verstärkten Sanierungsanstrengungen im Mietwohnungsbestand antreiben und so die Sanierungsrate erhöhen.

Die durch Gebäudebesitzer und Mieter gewünschten Zielzustände können kompatibel zu den politisch definierten sein, müssen es aber nicht. Die politisch definierten Ziele werden auf Basis eines wissenschaftlich gestützten Zielwissens für eine nachhaltigkeitsorientierte Transformation ab-

geleitet. Die in der EnEV festgelegten Standards folgen beispielsweise aus den angestrebten Reduktionen von Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch und Berücksichtigung wirtschaftlicher Randbedingungen. Hingegen sind die gewünschten Zielzustände der Gebäudebesitzer und Nutzer Folgen von derer Präferenzen. Die Herausforderung ist es nun, divergierende Zielvorstellungen von Politik und Akteuren im Wohnungsmarkt übereinzubringen.

## 3.3 Transformationswissen: Realexperimente und Diffusion

Transformationswissen ist das Wissen über konkrete Mittel und Wege, wie es gelingen kann, die entwickelte Zielvision, ausgehend von einem aktuellen Problemverständnis, zu erreichen. Transformationswissen muss die Frage beantworten, wie sich der gewünschte beziehungsweise der aus Nachhaltigkeitsbetrachtungen notwendige Zielzustand erreichen lässt: Ist es der geeignete Weg, eine Änderung systemischer Variablen herbeizuführen, die dann wiederum die handelnden Akteure motiviert, das eigene Handeln in Richtung des Gewünschten zu ändern? Oder ist es erfolgversprechender, eine kritische Masse von einzelnen Akteuren so zu unterstützen, dass sie kaskadenartig das gesamte System hin zum gewünschten Zustand wandeln? Möglicherweise braucht es aber auch einen koordinierten Einsatz beider Strategien?

### Realexperimente: Realitätscheck für die Wissenschaft

Antworten auf diese Frage können experimentelle Interventionen geben, die in einem vorab definierten Rahmen durchgeführt und evaluiert werden. Die Zusammenstellung des System- und Zielwissens wie oben beschrieben ist Grundlage für die Entwicklung eines solchen Experiments. Die wissenschaftlichen Analysen allein sind dabei allerdings nicht ausreichend. Gerade in Bezug auf die Wärmewende im Gebäudebereich sind die sehr unterschiedlichen Ausgangssituationen einzelner Städte und Quartiere, ihrer baulichen Strukturen, ihrer Einwohner und Einwohnerinnen

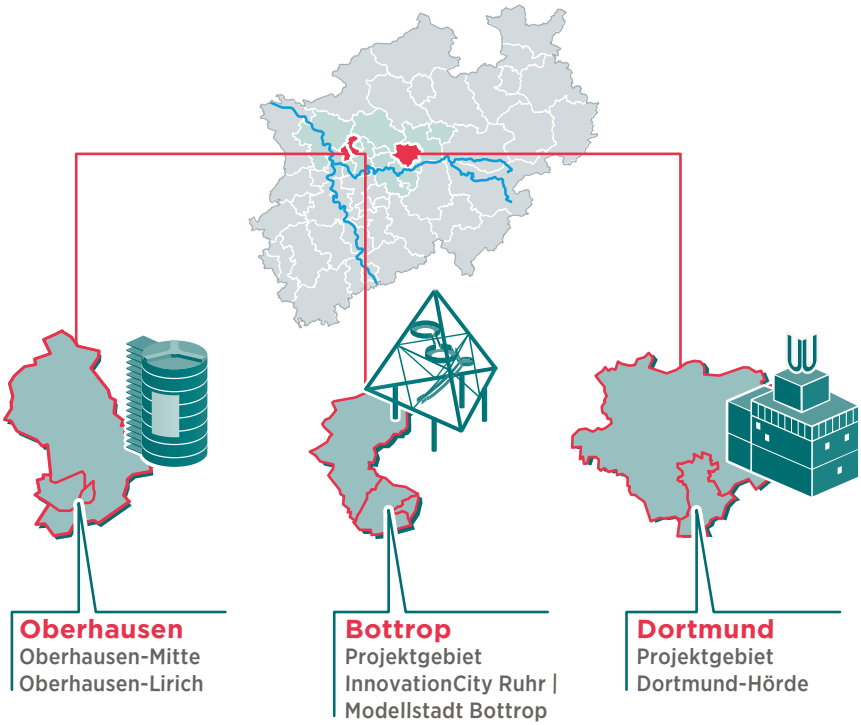



Abbildung 9: **Das Untersuchungsgebiet im Projekt EnerTransRuhr: die drei Städte Oberhausen, Dortmund, Bottrop**

sowie bereits erprobter Interventionen zu berücksichtigen. An dieser Stelle bekommt das Erfahrungswissen von Akteuren vor Ort eine besondere Relevanz.

Im konkreten Fall des Projekts EnerTransRuhr und der Städte Dortmund, Oberhausen und Bottrop wurde hierfür eine Workshopreihe durchgeführt, um ein Beratungsexperiment zu entwickeln, das es in dieser Form in den jeweiligen Städten nicht gab. Bereits das erste Treffen machte deutlich, dass die bereits erprobten größeren und kleineren Interventionen und Experimente hinsichtlich Energieberatung sehr unterschiedlich waren. Dementsprechend war auch die Frage nach der Zielgruppe, für die das Experiment entwickelt werden sollte, nicht einheitlich zu beantworten.

In allen drei Städten gibt es Einrichtungen, die Energieberatung anbieten: In Oberhausen ist eine Stelle der Verbraucherzentrale NRW, in Dortmund das Dienstleistungszentrum Energieeffizienz (dlze) und in Bottrop die Beratungsangebote der InnovationCity Management GmbH etabliert. Darüber hinaus gibt es in einzelnen Quartieren Stadtteilbüros im Rahmen von Soziale-Stadt- und Stadtumbau-West-Programmen, die dort zum Teil schon langjährige Arbeit leisten und eine Vielzahl von Maßnahmen umgesetzt haben. Aufgrund dieses großen Erfahrungswissens fiel die Entscheidung zur Umsetzung der Experimente auf einige dieser Quartiere: in Oberhausen auf die Innenstadt von Alt-Oberhausen und das benachbarte Lirich, in Dortmund auf den Stadtteil Hörde und in Bottrop auf das Projektgebiet der InnovationCity Ruhr.

Während in Bottrop aufgrund der besonderen Situation als Modellstadt bereits umfangreiche aufsuchende Beratungen stattgefunden hatten, konnten in Oberhausen und Dortmund aus der Erfahrung der jeweiligen Einrichtungen heraus sehr deutlich private Kleinvermietende als eine Gruppe identifiziert werden, die von den bisherigen Angeboten am wenigsten adressiert und damit auch erreicht wird. Gleichwohl machen sie in den ausgewählten Quartieren einen hohen Anteil der Gebäudebesitzer aus. In Dortmund sah man dabei noch einen speziellen Bedarf, aus dieser Gruppe speziell ältere vermietende Eigentümerinnen zu informieren. In Bottrop dagegen wurden als Zielgruppe diejenigen identifiziert, die eine Immobilie im Projektgebiet neu erwerben und damit nicht von der aufsuchenden Beratungsaktion erreicht wurden.

Anschließend wurden weitere Akteure diskutiert, die für die Entwicklung und Durchführung der Experimente relevant sind. Entsprechend den unterschiedlichen Zielgruppen wurden verschiedene Akteure, Experten und Expertinnen eingeladen, die in den anschließenden voneinander unabhängigen Workshops in den drei Städten das Experiment entwarfen und organisierten.

So wurde in Oberhausen eine Veranstaltungsreihe entwickelt und durchgeführt, um privaten Vermietern und Vermieterinnen die Synergien zwischen ihren Zielvorstellungen ihre Immobilie betreffend und energetischer Sanierung zu verdeutlichen. Inhaltlich wurde so energetische Sanierung

mit den Themen Werterhalt und Vermietbarkeit, Barrierefreiheit, Fassadengestaltung und Finanzierung verknüpft. In Dortmund wurden inhaltlich ähnliche Themen in einer Veranstaltung besprochen, allerdings wurden sie dabei an konkrete Objekte aus Dortmund-Hörde verdeutlicht. In Bottrop dagegen wurde ein besonderer Flyer entworfen, der vonseiten der Stadt an Neueigentümer und -eigentümerinnen verschickt wird, sobald der Eigentumswechsel bei der Stadt aktenkundig wird. Der Flyer informiert über das bestehende Beratungsangebot im InnovationCity-Projektgebiet und das städtische Förderprogramm für energetische Sanierungsmaßnahmen. Zudem erklärte sich im Rahmen des Projekts ein Immobilienunternehmen bereit, den Flyer seinen Informationsmappen beizulegen, die sie an Interessierte ausgeben im Rahmen des Verkaufs einzelner Immobilien im Projektgebiet. Es wird hier also das besondere Gelegenheitsfenster des Immobilienerwerbs genutzt, um den Entscheidungsprozess hin zu einer energetischen Sanierung durch die Energieberatung zu befördern.

Die begleitende Evaluation zeigte, dass trotz teilweise sehr hohen Aufwands hinsichtlich Einladung und Aktivierung nur eine sehr begrenzte Zahl an Personen der jeweiligen Zielgruppen erreicht werden konnte. Die teilnehmenden Personen allerdings äußerten sich überwiegend sehr zufrieden mit dem Angebot. Die Erfahrungen mit dem Experiment und seine Ergebnisse wurden wiederum in einem Workshop mit allen drei Städten ausgetauscht und diskutiert. Die Vertreter und Vertreterinnen der Städte, Stadtteilbüros und Beratungseinrichtungen wiederum konnten berichten, dass die erreichten Personenzahlen durchaus zu ihren Erfahrungen mit anderen Initiativen zur Aktivierung passten.

### Diffusion und Upscaling

Dieser zweite Teil des Transformationswissens bezieht sich auf die Verbreitung der Erfahrungen und Erkenntnisse, die aus den vorangegangenen Phasen gewonnen werden. Die Diffusion stellt die Frage, wie im Sinne einer nachhaltigkeitsorientierten Transformation gewünschte Innovationen in die Breite getragen werden können. Über Upscaling-Prozesse erreichen diese Innovationen übergeordnete Ebenen und können politische oder gesellschaftliche Rahmenbedingungen verändern.

Mit Blick auf Sanierungsentscheidungen ist dabei interessant, wie die Agenten des Wandels andere motivieren, Mitstreitende gewinnen und Unterstützung auch außerhalb ihres direkten Umfeldes finden. Wie also interagieren die Agenten des Wandels aus ihrer »Engagementnische« heraus mit dem sie umgebenden System – in diesem Falle etwa dem Stadtteil, der Kommunalpolitik, Verbänden, Wirtschaft und der übrigen Stadtgesellschaft?

Die Agenten des Wandels als individuelle oder kollektive Akteure etablieren ihre innovativen Ideen teils zunächst in einem kleinen sozialen Netzwerk beziehungsweise stützen sich auf bereits etablierte Netzwerke, die den Zielen der Neuerungen nicht entgegenstehen (Leggewie, Reicher & Schmitt 2016). Die Engagierten suchen sich zudem individuell Menschen zur Unterstützung, die sie teils aus dem eigenen Freundes- und Bekanntenkreis aktivieren, oder solche, mit denen sie bereits Erfahrungen in Sachen freiwilliges Engagement gemacht haben. Damit schaffen sie es einerseits, sich bestimmten systemischen Restriktionen zu entziehen. Auf der anderen Seite finden sie einen innovativen Umgang mit den vorgefundenen politischen, ökonomischen und sozialen Strukturen, nutzen gezielt Akteure und Strukturen, die ihrem Vorhaben förderlich sind (vgl. David & Schönborn 2014). Dies sind zum einen Fördermöglichkeiten – etwa die Förderung des energieeffizienten Bauens durch die KfW – oder regionale Akteure wie die Emschergenossenschaft.

Auch für Agenten des Wandels können – wie für Sanierungsanlässe – Gelegenheitsstrukturen bestimmend sein, die sie erkennen, nutzen und gegebenenfalls kreativ kombinieren, um ihre Innovationen weiter vorantreiben zu können. Andere sind zunächst kaum auf die Interaktion mit anderen Akteuren angewiesen. Ausgestattet mit entsprechenden finanziellen Ressourcen, konnte der stadtteilverbundene Unternehmer Reimann seine Nische zunächst selbst gestalten, indem er das baufällige ehemalige Waisenhaus kaufte und energetisch sanierte. Die darüber hinausgehenden Aktivitäten – Einrichtung einer »Energie-KiTa« und Zusammenarbeit im Stadtteil – bedurften hingegen teils nervenaufreibender Interaktionen mit städtischen Akteuren und Strukturen.

**BOX 3**

## Energie-Kindergarten und energetische Sanierung in Oberhausen-Osterfeld

Der Unternehmer und Investor Heinz Reimann und seine Frau Doris fühlen sich in ihrer Heimatstadt stark verwurzelt, und sie wollen die Eindrücke, die sie seit ihren Kindheitstagen mit ihrer Heimat verbinden, erhalten. Das alte Waisenhaus, das seit Jahren dem Verfall preisgegeben worden war, sollte abgerissen werden, und auf dem Gelände sollten frei stehende Eigentumswohnungen entstehen.

Für das Ehepaar Reimann ist dies ein identitätsstiftender Ort, den sie weder abgerissen noch verfallend sehen wollten. So engagierten sie sich bei der Kommune, sie kauften und sanierten das alte Gebäude energetisch (KfW70) und verkauften die darin neu entstandenen 18 Eigentumswohnungen. Durch zahlreiche Reisen – auf denen sie immer wieder Zeuge von Umweltverschmutzung und den Folgen des Klimawandels wurden – kommt es ihnen aber nicht nur auf den architektonischen Erhalt ihres Heimatstadtteils an. Das Ehepaar denkt in längeren Zeiträumen und größeren Maßstäben. Deswegen schlossen sie einen Energiekindergarten an das sanierte und autofreie Gelände des früheren Waisenhauses an. Dort stehen Natur, Umwelt und erneuerbare Energien im Mittelpunkt des Bildungskonzeptes, es befinden sich Solarpanels auf dem Dach, und das Spielzeug ist zum Teil sogar solarbetrieben. Doris Reimann hat einen Förderverein ins Leben gerufen, der durch Spenden für den Erhalt und die Weiterentwicklung dieser Unterrichtsform sorgt. Heinz Reimann verkörpert den Idealtyp eines verantwortungsvollen Mittelständlers, dessen Verantwortung sich nicht darin erschöpft, für das Wachstum seines Unternehmens zu sorgen, sondern der auch die Zukunft seines Standortes, der Natur und der Umwelt fest im Blick behält.

Eine andere Agentin des Wandels, die sich für Umweltbildung in Bottrops Schulen einsetzt, hat wiederum mit ganz anderen externen Hindernissen zu kämpfen: Sie muss viele Lehrer und Lehrerinnen motivieren, sich freiwillig für das Thema zu engagieren. Schwierig wird dann vor allem die

Verstetigung: Projekte, die stark auf freiwilliges Engagement angewiesen sind, bedürfen einer ständigen Werbung und (Re-)Motivation ihrer Träger und Trägerinnen.

**BOX 4**

### Netzwerkerin für »Schulen der Zukunft« in Bottrop

Vor knapp 15 Jahren begann die Gesamtschullehrerin und Pädagogin der Umweltpädagogischen Station Heidhof Birgit Offert gemeinsam mit anderen engagierten Kollegen und Kolleginnen, Schulen in Bottrop zu motivieren, Projekte mit und für Schüler und Schülerinnen zu entwickeln, die ihnen die Themen Umweltschutz und Nachhaltigkeit in der Praxis näherbringen sollten. Seitdem animiert die Lehrerin Schulen in ihrer Stadt, immer wieder neue Projekte zu starten und diese in den Wettbewerb »Schulen der Zukunft« für ihre Stadt einzubringen. Das Ziel ihres Engagements: Sie will mit diesen kleinen und großen Projekten den Schülern und Schülerinnen in Bottrop stärkere soziale Teilhabe und das Gefühl der Selbstermächtigung vermitteln.

Inzwischen hat Birgit Offert den Wettbewerb zu einem beständigen aktiven Netzwerk für Umweltbildung in Bottrop ausgebaut. Neben Kontakten zu städtischen Einrichtungen – wie etwa dem Umwelt- oder Schulamt – ist die von im Ruhrgebiet ansässigen Wirtschaftsunternehmen angestoßene Initiative InnovationCity Ruhr ein Partner im Schulnetzwerk von Birgit Offert. Mithilfe ihres Engagements entstanden dabei neben Filmprojekten auch eigens gestaltete Modelle von »Häusern der Zukunft«, die die Kinder mit energiesparenden Elementen (etwa Fotovoltaik) selbst bauten. Auch wenn energieeffiziente Gebäudesanierung aufgrund einer erst langfristig feststellbaren Wirksamkeit wenig attraktiv für den Schulunterricht zu sein scheint, kann die Lehrerin in ihrer innovativen Bildungsarbeit mit Schülern und Schülerinnen vor Ort dem Thema Positives abgewinnen: Die meisten ihrer Schüler und Schülerinnen wohnen in dem Sanierungsprojektgebiet der InnovationCity und können dank der Kooperationsprojekte das in der Schule gelernte Wissen mit ihrem Zuhause in Verbindung setzen und so konkretisieren.

Aufklärung, Beratung und Überzeugungsarbeit sind also wichtige Elemente von Diffusionsprozessen. Soziale wie auch institutionelle Netzwerke können hierfür nutzbar gemacht werden, indem man auf verschiedenen Wegen unterstützt, dass Sanierer zu Multiplikatoren werden.

Im Rahmen der oben beschriebenen Realexperimente in den Städten Oberhausen, Bottrop sowie Dortmund wurde auch die Frage diskutiert, ob und wie die Erfahrungen und Erkenntnisse weiterverwendet werden können.

Dabei kam der Wunsch nach einer Dokumentation des Prozesses auf, die auch anderen Städten die Möglichkeit geben soll, ein entsprechendes transdisziplinär entwickeltes Realexperiment durchzuführen. Zudem wurden die Themen und erarbeiteten Inhalte der Veranstaltungsreihe in Oberhausen auch für folgende Veranstaltungen genutzt. In Bottrop wurde die Zielgruppe erweitert. Hier werden nun auch die Personen per Anschreiben auf das Beratungsangebot der InnovationCity aufmerksam gemacht, die ein Grundstück erwerben und einen Neubau planen. Darüber hinaus interessierte sich auch die Stadt Oberhausen für eine entsprechende Information von neu Zugezogenen.

Zusammenfassend lässt sich mit Bezug auf das Transformationswissen zur Erreichung höherer Sanierungsraten festhalten, dass eine stärke Erweiterung des Maßnahmenportfolios auf Ansätze, welche die nicht ökonomischen Anreize und Hemmnisse adressieren, hilfreich sein könnte und daher verstärkt angewandt werden sollte. Bei allen Unsicherheiten bezüglich der Entscheidungswege für oder gegen energetische Sanierungsmaßnahmen, die noch bestehen, lässt sich doch die Feststellung treffen, dass Einzelakteure nicht im luftleeren Raum entscheiden. Die einfache Veränderung ökonomischer Anreize durch die Bereitstellung finanzieller Mittel ist nicht ausreichend, um die energetische Gebäudetransformation voranzubringen.

Viele Variablen, die Gebäudeeigentümer (und damit die eigentlichen Entscheider für eine energetische Gebäudetransformation) in ihren Entscheidungen beeinflussen, berücksichtigt und nutzt die Politik bisher nur wenig. Als Beispiel hierfür kann der von Friege et al. (2016) ermittelte Einfluss Dritter in individuellen sozialen Netzwerken genannt werden.

Zugleich kann festgestellt werden, dass im Bereich eines veränderten Nutzungsverhaltens in Gebäuden im Sinne der Ziele der energetischen Gebäudetransformation das Transformationswissen noch gering ausgeprägt ist beziehungsweise nur selten zur Anwendung gebracht wird. Die agentenbasierten Modelle, die im Rahmen des EnerTransRuhr-Projekts entwickelt wurden, gehen genau dieser Frage nach Diffusion von Entscheidungen für Sanierungsmaßnahmen und energiesparendes Heiz- und Lüftungsverhalten nach. Kapitel 4.3 geht darauf ausführlich ein.

Basierend auf den Erkenntnissen hinsichtlich des bestehenden Transformationswissens im Bereich der energetischen Gebäudesanierung, stellt sich nun die Frage nach geeigneten Strategien der Diffusion und dem Upscaling von Maßnahmen und neuen Nutzungsmustern für eine erfolgreiche Gebäudeenergiewende. Wie können geeignete Strategien aussehen? Wenn man den Studien folgt, findet man jene, die von einem sehr großen Einfluss des Nutzerverhaltens und gleichzeitig von einem vergleichsweise geringen Zusammenhang zwischen Gebäudezustand und Energieverbrauch ausgehen. Auf der anderen Seite finden sich die, die hohe Einsparpotenziale durch energetische Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich feststellen. In der Folge kann man zu dem Schluss kommen, dass eine komplementäre Strategie angeraten ist. Dies bedeutet, Sanieren und Verhaltensänderung nicht als »Entweder-oder«, sondern als »Sowohl-als-auch« zu verstehen. Das ist die natürliche Schlussfolgerung, wenn man akzeptiert, dass energetische Sanierungen sinnvollerweise im Sanierungszyklus durchgeführt werden und sich die Sanierungsrate kurz- und mittelfristig nicht deutlich erhöhen wird, dass aber andererseits die Einsparpotenziale durch geändertes Nutzungsverhalten limitiert sind. Eine Änderung des Nutzungsverhaltens wird dann zum Ansatz, um schon vor einer Sanierung Energie einzusparen, und stellt nach einer Sanierung sicher, dass die erhofften Energieeinsparungen auch realisiert werden. Insbesondere wenn es gelingt, diese Änderungen des Nutzungsverhaltens kostengünstig herbeizuführen, bietet dies eine große Chance.

Auch können Entscheidungen in Politikfeldern, die auf den ersten Blick wenig mit der energetischen Gebäudetransformation in Verbindung zu bringen sind, Anreize von Einzelakteuren stark beeinflussen. Hierfür ist

insbesondere die Stadtentwicklungspolitik als wichtiges Beispiel zu nennen. Diese Beispiele zeigen, dass bei der Weiterentwicklung und Vertiefung des beschriebenen Transformationswissens auf fach- und sektorübergreifende Betrachtungsweisen und Ansätze zu achten ist.

# 4

# Modelle zur Wissensintegration

Als »Modell« bezeichnen wir im Folgenden die vereinfachende Abbildung eines Teils der Realität, die Elemente definiert und diese in Bezug zueinander setzt und so die für eine Fragestellung wesentlichen Zusammenhänge herausarbeitet und strukturiert darstellt. So sind beispielsweise im Modell von Friege et al. (2016) Eigenheimbesitzer, Häuser und Sanierungsoptionen die »Elemente«. Diese stehen insofern im Bezug zueinander, als dass Eigenheimbesitzer Renovierungsoptionen beschließen und deren Umsetzung den Zustand von Häusern verändert. Des Weiteren beeinflussen sich Eigenheimbesitzer über ihre Entscheidungen bei der Entscheidungsfindung wechselseitig (siehe Kapitel 4.1). Modelle sind prinzipiell nützliche Werkzeuge für die Transformationsforschung. Es ist für Modellierer jedoch nicht immer einfach, die Versprechungen der Modellierung einzulösen. Modelle können und sollen viele verschiedene Dinge leisten: Komplexität reduzieren, generalisierbare Muster herausarbeiten, emergente Phänomene erklären, eine »Sprache« für die transdisziplinäre Arbeit bereitstellen, zukünftige Entwicklungen explorativ abschätzen, als virtuelles Labor für »Was wäre, wenn«-Experimente dienen, um nur einige Möglichkeiten zu nennen. Der Wunschzettel bei der Modellerstellung ist dementsprechend lang. Ein Leitgedanke jeder Modellierung ist aber, dass ein *Modelldesign vom Modellzweck abhängt* (merke: »Zweck«, in der Einzahl). Es ist daher wesentlich für eine erfolgreiche Modellierung, frühzeitig zu klären, was der Zweck des Modells sein soll, und anschließend eine klare Linie zu verfolgen. Andernfalls besteht die Gefahr, sich zu verzetteln und am Ende ein Modell zu bauen, das alles können soll, aber wenig nützt. Auf der Suche nach einem nützlichen Modelldesign müssen dabei Fragen nach Modellzweck, Abstraktionsgrad und Modellkomplexität beantwortet werden.

### Modellzweck

Prinzipiell lassen sich Modelle für viele Dinge nutzen, Epstein (2008) zählt aus dem Stand heraus 16 verschiedene Modellzwecke auf. Halbe et al. (2015) gruppieren für die Transformationsforschung etwas gröber in drei Modellzwecke: erstens »Verständnis«, zweitens »fallspezifische Beratung« und drittens »Stakeholder-Prozesse unterstützen«.

Bei einem transformativen Anspruch liegt der Fokus in der Regel weniger auf »Verständnis« in dem Sinne, bestimmte Ereignisse retrospektiv nachzuvollziehen und möglichst allgemeingültige Erklärungen für emergente Phänomene abzuleiten. Transformative Forschung will ja nach vorne schauen und einen Beitrag zu konkreten Veränderungen liefern, nicht »nur« akademische Debatten führen. Daher rücken in der transformativen Forschung die Zwecke (2) »fallspezifische Beratung« und (3) »Stakeholder-Prozesse unterstützen« in den Fokus. Auf welche Weise ein Modell gestaltet werden sollte, damit es transformativ wirken kann, hängt dabei vom Setting ab, also davon, wer der Adressat der Modellierung ist und welchen Beitrag ein Modell leisten soll. Bei der »fallspezifischen Beratung« ist die Modellierung problemgetrieben und soll für einen spezifischen Kontext und eine spezifische Fragestellung *wissenschaftlich fundierte* Empfehlungen für eine Problemlösung entwickeln. Dabei werden üblicherweise das Wissen und die Werte von Stakeholdern berücksichtigt, diese jedoch nicht direkt an der Modellierung beteiligt. Ein Beispiel wäre, im Rahmen eines Forschungsprojekts eine Strategie zur Ankurbelung der Sanierungsraten im Ruhrgebiet zu entwickeln. Eine solide wissenschaftliche Basis eines zu diesem Zweck erstellten Modells ist in diesem Fall wesentlich, um den transformativen Anspruch einzulösen. Ein unzureichend begründetes Modell würde wohl nicht als Grundlage für eine Entscheidungsfindung berücksichtigt.

Anders sieht es bei dem Modellzweck »Stakeholder-Prozesse unterstützen« aus. In diesem Fall dienen Modelle dazu, in einem partizipativen Prozess existierende unterschiedliche Problemsichten, Hintergrundverständnisse und Werte aufzudecken und ein gemeinsames Systemverständnis zu entwickeln. Es besteht also zu Beginn möglicherweise nicht einmal ein Grundkonsens darüber, was überhaupt das Problem ist. Von Lösungen kann demnach noch gar keine Rede sein. In so einem Fall bietet die gemeinsame Modellerstellung mit Stakeholdern eine transparente und präzise Sprache zur Verständigung. Ob das resultierende Modell dann am Ende im wissenschaftlichen Sinn valide ist oder nur der verzerrten Wahrnehmung der Beteiligten entspringt, ist für den Modellzweck dabei häufig (zunächst) nicht relevant. Transformativ wird die Modellierung dadurch, dass

die Beteiligten miteinander reden, eine gemeinsame Problem- und Weltsicht erarbeiten – oder zumindest die Unterschiede klar benennen – und so eine Basis für weiterführende lösungsorientierte Diskussionen schaffen. Für die Lösungsfindung kann das entwickelte Modell dann natürlich prinzipiell auch genutzt werden, um damit Was-wäre-wenn-Überlegungen anzustellen. Dabei gilt es jedoch Vorsicht walten zu lassen, wenn das Modell zwar das Verständnis der Stakeholder abbildet, aber nicht unbedingt valide ist.

Die beiden Ausführungen zeigen, dass dafür, ob ein Modell transformativ wirken kann, das Vertrauen der Adressaten in das Modell zentral ist. Um das Vertrauen zu erhöhen, sollte sicherlich auch der Stand der Debatte und der dominante Diskurs berücksichtigt werden, insbesondere, wenn die Adressaten mit dem Thema vertraut sind. So besteht zum Beispiel die Gefahr, dass Studien, deren Grundannahmen nicht an den aktuellen Diskurs anknüpfen, kein Gehör finden, da sie auf dem Weg der Verdichtung vielschichtiger und vieldeutiger Interpretationen der Realität zu einer vereinfachten Entscheidungsgrundlage »ausgefiltert« werden. Zudem tragen vermutlich insbesondere solche Modelle zu einer Veränderung bei, deren Ergebnisse zwar neue Erkenntnisse beinhalten, jedoch dem bisherigen Erkenntnisstand nicht völlig widersprechen. In letzterem Fall würde wohl zunächst das der Studie zugrunde liegende Modell hinterfragt beziehungsweise verworfen werden. Zumindest, solange es sich nur um eine Einzelstudie handelt, die nicht in einem breiter verankerten alternativen Diskurs eingebettet ist. Um im Rahmen »fallspezifischer Beratung« mittels wissenschaftlich fundierter Modelle den transformativen Anspruch einzulösen, wäre eine Faustregel daher, dass einerseits natürlich neue Einsichten generiert werden sollten, ohne die keine Veränderung angestoßen werden kann, die Grundannahmen und Modellergebnisse aber anschlussfähig an die Debatte bleiben sollten.

Im Fall der engen Zusammenarbeit mit Stakeholdern und einer gemeinsamen Modellerstellung müssen hingegen vor allem diese Stakeholder dem Modell vertrauen. Das heißt, die Grundannahmen des Modells müssen deren Weltsicht widerspiegeln. Falls das nicht der Fall ist, besteht die Gefahr, dass »unbequeme« Modellergebnisse auf die »falsche« Modell-

struktur zurückgeführt und die Modellergebnisse abgetan werden. In diesem Fall ist also nicht unbedingt der dominante wissenschaftliche und politische Diskurs die Richtschnur für die Grundannahmen des Modells, sondern die Weltsicht der Stakeholder, die unmittelbar mit dem Modell arbeiten.

Für den Wissenschaftler kann diese in der transformativen Forschung notwendige Ausrichtung auf die Adressaten zu einem Dilemma führen: Wie weit dürfen die eigenen wissenschaftlichen Überzeugungen »gedehnt« werden, um Vertrauen zu schaffen und anschlussfähig zu sein und dadurch das transformative Potenzial der Studie zu erhöhen? Wann ist es konsequent, die eigene abweichende Überzeugung im Diskurs mit den Adressaten zu vertreten (und so möglicherweise einen Beitrag zu einem entstehenden alternativen Diskurs zu leisten)? Und wann ist es sinnvoller, näher an der aktuellen Debatte zu bleiben und die Zielgruppe in die »richtige« Richtung zu bewegen, auch wenn das Ausmaß an Bewegung vielleicht aus der eigenen Sicht nicht ausreichend ist? Hier gilt es immer wieder eine Balance zwischen dem wissenschaftlichen und dem transformativen Anspruch zu finden.

### Abstraktionsgrad

Der Abstraktionsgrad eines Modells bezeichnet den Grad, zu dem ein Modell einem bestimmten real existierenden System entspricht. Diesbezüglich kann eine Einordnung eines Modells als (eher) konzeptionell oder (eher) realistisch geschehen. Konzeptionelle Modelle untersuchen typische, vom Einzelfall abstrahierte Muster. Zum Beispiel kann ein einfaches Modell mit drei Regeln Schwarmverhalten erklären, ohne spezifisch dafür zu sein, ob es sich um Fische oder Vögel handelt. Realistische Modelle bilden hingegen ein spezifisches System ab. Sie erfassen mehr Details und fallspezifisches Wissen und bieten somit eine genauere Abbildung eines bestimmten Systems. Je mehr Details jedoch berücksichtigt werden, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Modell von anderen realen Systemen abweicht, die sich vom modellierten System in ebendiesen Details unterscheiden und deren Aussagen somit auch nicht mehr ohne Weiteres übertragbar sind. Die Unterscheidung zwischen konzeptionell und

realistisch sollte dabei als graduell verstanden werden. Für die transformative Forschung stellt sich dann die Frage: Ist ein generalisierbares, aber möglicherweise realitätsfernes oder ein spezifisches, aber weniger realitätsfernes Modell nützlicher? Was ist ein dem Modellzweck angemessener Abstraktionsgrad? Gibt es im betrachteten Fall überhaupt abstrahierbare Muster, die übertragbar sind und dabei trotzdem spezifisch genug bleiben, um Politikempfehlungen auszusprechen? Was ist etwa gleich in Bottrop und Dortmund? Und welche Details in und damit Unterschiede zwischen Fallstudien müssen berücksichtigt werden, um den Kern eines Problems zu erfassen – selbst wenn das bedeutet, dass die Modellergebnisse dann nicht übertragbar sind?

Für die Modellierung in der transformativen Forschung stellt sich dabei insbesondere auch immer wieder die Frage: »Wie bilde ich menschliches Verhalten ab?« Für die Modellierung einer (möglichen) Transformation sind Annahmen über das Verhalten der Akteure zentral. Es ist zudem entscheidend dafür, mittels welcher Maßnahmen eine Transformation effektiv unterstützt werden kann. Das Problem dabei ist, dass niemand genau weiß, wann sich Menschen wie entscheiden und verhalten. In der Ökonomie, (Sozial-)Psychologie und Soziologie gibt es dazu vielerlei Theorien, die alle irgendwie plausibel sind und gleichzeitig ihre Schwachpunkte haben – Jackson (2005) gibt einen guten Überblick über die verschiedenen Theorien. Dazu kommt, dass sich verschiedene Menschen in der gleichen Situation unterschiedlich verhalten und – was die Sache noch weiter verkompliziert – dass sogar ein und derselbe Mensch in verschiedenen Situationen und zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Entscheidungsstrategien anwendet (Payne & Bettman 2000). Eine perfekt realistische Modellierung des Entscheidungsverhaltens in all seinen Facetten und Besonderheiten ist entsprechend unmöglich. Eine sinnvolle Abstraktion ist jedoch zunächst ebenfalls nicht offensichtlich. Die Komplexität des Sachverhalts führt häufig dazu, dass auf das Modell des ökonomisch rationalen Akteurs, des »homo oeconomicus«, zurückgegriffen wird. Dieses einfache Modell ist sehr universell anwendbar und erklärt in vielen Fällen tatsächlich einen großen Teil der Varianz des beobachteten Verhaltens. Die (berechtigte) Kritik an diesem Modell ist jedoch mittlerweile sehr um-

fangreich, und die zugrunde liegenden Annahmen, etwa einer optimalen Information, sind gerade auch in den Untersuchungsbereichen der Transformationsforschung fragwürdig. Menschen treffen in höchst komplexen und dynamischen Situationen Entscheidungen unter sehr großen Unsicherheiten. Eine gangbare Alternative, die ein Herausarbeiten von wesentlichen Unterschieden in den Entscheidungsstrategien verschiedener Akteursgruppen ermöglicht, ohne dabei die Notwendigkeit zu erzeugen, jedes Detail empirisch erfassen zu müssen, kann beispielsweise eine Typisierung von Akteuren sein sowie eine möglichst empirisch unterfütterte Auswahl und Anpassung theoretischer Modelle, um das Verhalten der verschiedenen Typen zu beschreiben.

### Modellkomplexität

Unter Modellkomplexität soll hier verstanden werden, wie viele Elemente und Interaktionen in einem Modell enthalten sind und wie komplex deren Darstellung wiederum ausfällt.[17] Modellkomplexität hängt eng mit dem Abstraktionsgrad zusammen. Je realistischer ein Modell wird, desto mehr Details werden typischerweise auch ins Modell einbezogen, was die Modellkomplexität erhöht. Aber die Modellkomplexität hängt nicht nur vom Abstraktionsgrad ab, sondern unter anderem auch damit zusammen, wie umfangreich das Modell angelegt ist. Soll etwa ein Modell zur zeitlichen Entwicklung der Energieeffizienz einer Stadt erstellt werden, so muss geklärt werden, welche der relevanten Aspekte – von Heizungsanlagenarten, Fernwärmenetzen, Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, Wärmedämmung und Nutzerverhalten über verschiedenste Akteure wie Eigenheimbesitzer, Vermieter und Mieter, Energieberater, Stadtwerke, Handwerker bis zu Regelwerken wie der EnEV und Bebauungsplänen – darin berücksichtigt werden sollen und wo eine Systemgrenze zu ziehen ist. Um diese Frage zu beantworten, müssen der Modellzweck und der Adressat des Modells geklärt sein. Was ist die zentrale Frage an das Modell? Wer soll mit dem Modell oder dessen Ergebnissen arbeiten und muss darum dem

17 Man kann »komplex« von »kompliziert« unterscheiden. Auch relativ einfache Modelle können komplexes dynamisches Verhalten im Sinne von »nicht trivial«, aber auch »nicht chaotisch« erzeugen. Hier wird der Begriff jedoch eher umgangssprachlich verwendet.

Modell vertrauen können? Und wie wesentlich ist es für das Vertrauen in das Modell, dass der Adressat der Modellierung die Ergebnisse des Modells auch selbst nachvollziehen kann?

Ein komplexes Modell kann durchaus zur »Blackbox« werden, in welcher der Zusammenhang zwischen Annahmen und Aussagen für Außenstehende (und teilweise selbst für den Modellierer) nicht mehr gänzlich nachvollziehbar ist. Je komplexer das Modell wird, desto schwerer wird es insbesondere, die Ergebnisse anhand des Zusammenspiels weniger Faktoren nachvollziehbar zu erläutern. Falls ein Stakeholder also die aus einem Modell abgeleiteten Schlussfolgerungen nur akzeptiert, falls diese von ihm selbst nachvollzogen werden können, setzt dies eine Obergrenze für eine in diesem Fall sinnvolle Modellkomplexität.

Selbst sobald Modellzweck und Adressat geklärt sind, ist es in einem hochkomplexen dynamischen System oftmals gar nicht so einfach, sinnvolle Systemgrenzen zu ziehen. Insbesondere aus Sicht der transformativen Forschung mit ihrem inter- und transdisziplinären Herangehen erscheinen potenziell ziemlich viele Faktoren relevant. Die Meinungen darüber, welche Faktoren zur Lösung eines bestimmten Problems berücksichtigt werden müssen und was vernachlässigt werden kann, können durchaus auseinandergehen. Falls eine Modellierung »nur« zur Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses dienen soll, ist dies weniger problematisch. Ein (konzeptionelles) Modell kann prinzipiell recht umfangreich gestaltet, die verschiedenen Aspekte in Bezug gesetzt und die Zusammenhänge diskutiert werden. Die maximale Modellkomplexität ist dann im Wesentlichen eine Frage der zeitlichen Ressourcen, die für die Modellerstellung zur Verfügung stehen. Aber falls mit einem Modell Simulationen durchgeführt werden und nachvollziehbare Rückschlüsse auf Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge möglich sein sollen, muss das Modell eben doch überschaubar komplex bleiben. Dann muss eine begründete Auswahl aus den vielen potenziell relevanten Aspekten getroffen werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Festlegung der Modellkomplexität sind Daten. Aus Sicht des Modellierers stehen in der Praxis nie genügend Daten zur Verfügung. Obwohl das für so ziemlich jede Art von Modellierung gilt, verschärft sich die Situation in der Transformationsforschung, da

Akteure eine zentrale Rolle spielen. Neben der oben erwähnten Theorievielfalt gibt es auch auf der empirischen Seite Herausforderungen, das Handeln von Akteuren in Modellen zu beschreiben. Für die Quantifizierung der Zusammenhänge in einem Modell wird das benötigte Wissen irgendwann sehr spezifisch: Wie viele Peers im Netzwerk müssen ein transformatives Produkt benutzen, bis ein Haushalt aus dem Milieu der Hedonisten dieses übernimmt: einer, drei oder fünf? Bei solchem Datenbedarf kann mit Umfragen und anderen Methoden der empirischen Sozialforschung sicherlich einiges erreicht werden. Aber tatsächlich muss schon beim Modelldesign berücksichtigt werden, welche Daten (voraussichtlich) vorliegen (werden). Bleibt das Modell am Ende zum großen Teil spekulativ, besteht die Gefahr, dass die Adressaten den Ergebnissen nicht vertrauen.

Jedoch werden selbst bei sorgsamer Planung unter Berücksichtigung des Vorhandenseins empirischer Daten in der Regel einige Teile des Modells nicht (ausreichend) empirisch unterfüttert sein. Die für die Klärung aller aufkommenden Fragen hypothetisch nötigen zeitlichen und personellen Ressourcen stehen in der Transformationsforschung üblicherweise nicht zur Verfügung. Bei verbleibenden Unsicherheiten hilft jedoch eine Sensitivitätsanalyse, robuste Aussagen von solchen zu unterscheiden, die von unsicheren Annahmen abhängen. Um mit Modellen wissenschaftlich fundierte Aussagen zu treffen, sollten idealerweise alle Unsicherheiten im Modelldesign einer Sensitivitätsanalyse unterzogen werden. In der Praxis wird dieses Ideal, das neben der Variation einzelner Parameter die Überprüfung beliebiger Parameterkombinationen sowie strukturelle Variationen des Modells miteinbezieht, allerdings selten erreicht. Die Modellkomplexität gering zu halten hilft, dem Ideal möglichst nahezukommen, da die Menge der unsicheren Modellaspekte geringer bleibt.

## Die Nadel im Heuhaufen: Zum Design transformativer Modelle

In den vorangegangenen Abschnitten wurden mit Fokus auf das transformative Potenzial von Modellen vielfältige Abwägungen und Abhängigkeiten des Modelldesigns diskutiert. Die richtige Balance zwischen den verschiedenen »Dimensionen« der Modellbildung zu finden ist häufig ein

Drahtseilakt – quasi das Finden der Nadel im Heuhaufen der möglichen Modelldesigns. Leitlinien zur Modellerstellung, wie etwa von Nikolic et al. (2013), helfen, diesen Suchprozess zu strukturieren. Eine »Anleitung« im engeren Sinne gibt es nicht. Richtlinien können jedoch helfen, bei den vielfältigen einzelnen Abwägungen den Blick für das Ganze zu bewahren. Als Richtlinien für die Erstellung transformativer Modelle können ein paar wesentliche Punkte in einfachen Aussagen dienen – zum Ausschneiden und an den Monitor kleben:

- Damit ein Modell transformativ wirkt, muss ein Adressat dem Modell und seinen Ergebnissen Vertrauen schenken. Das muss beim Modelldesign berücksichtigt werden.
- Ein Modell ist keine eierlegende Wollmilchsau. Gerade auch in der Unübersichtlichkeit der transformativen Forschung muss ein Modelldesign *einem* klaren Modellzweck folgen, damit das Modell nützlich ist.
- Abstraktionsgrad und Modellkomplexität müssen dem Modellzweck angemessen sein. Das ist immer ein Balanceakt. In Zweifelsfall gilt »small is beautiful«.

## 4.1 Agentenbasierte Modellierung als Boundary Object

Eine agentenbasierte Modellierung erlaubt es, Akteure, ihre Entscheidungen, Interaktionen und die Rahmenbedingungen ihres Handelns zu simulieren (Gilbert & Troitzsch 1999; Heckbert et al. 2010). Diese Art der Modellierung macht sehr wenige implizite Annahmen über das betrachtete System und erlaubt demnach die Integration verschiedener Theorien, empirischen Wissens und Annahmen über den betrachteten Sachverhalt (van Dam et al. 2013). Sie ist daher sehr gut geeignet, fallspezifisches Wissen aufzugreifen. Agentenbasierte Modelle bieten auf zweifache Weise eine Denkhilfe: Erstens, die notwendige Formalisierung erzeugt einen Zwang zur Präzision, der die Auseinandersetzung mit dem betrachteten System und den zentralen Rückkopplungsmechanismen schärft; zweitens, in der

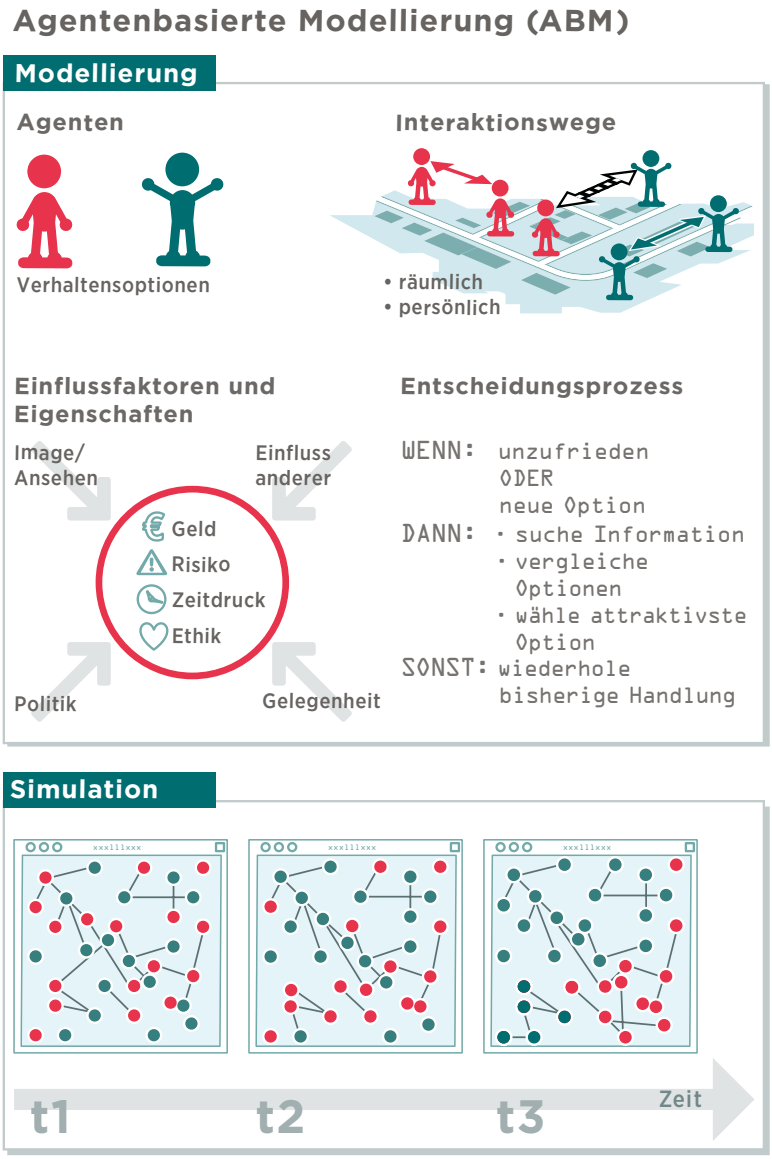



Abbildung 10: **Agentenbasierte Modellierung**

Simulation werden aus den komplexen Wechselwirkungen entstehende Dynamiken und emergente Phänomene sichtbar, die in der statischen Betrachtung der Verhaltensregeln und Interaktionsprozesse verborgen bleiben. Agentenbasierte Modellierung ermöglicht damit auch Einsichten zu Phänomenen, die oftmals überraschend, aber (im Nachhinein) verständlich und nachvollziehbar sind. Auf diese Weise befördern agentenbasierte Modelle eine Einschätzung möglicher Entwicklungspfade des betrachteten Systems sowie der zugehörigen befördernden und hemmenden Faktoren und Wirkzusammenhänge und damit der Effektivität von Interventionsstrategien.

Wie bereits in der Einleitung von Kapitel 4 angeführt, bilden Modelle einen wichtigen Teil des Methodenspektrums der Transformationsforschung. In diesem Kapitel wollen wir die verschiedenen Beiträge, die Modelle leisten können, genauer beleuchten. Wir sehen vier wesentliche Beiträge von Modellen, die wir im Folgenden anhand von Erfahrungen aus dem EnerTransRuhr-Projekt diskutieren werden.[18] Modelle können

- die Debatte versachlichen,
- Wissen aus verschiedenen Disziplinen strukturiert integrieren,
- aus Einzelfaktoren und -entwicklungen eine Gesamtdynamik ableiten,
- virtuelle Experimente zur Unterstützung von Policy-Design ermöglichen.

### Die Debatte versachlichen

In der Debatte um Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Emissionen im Gebäudebereich (unter anderem Dämmung, Feedbackprodukte) gibt es bislang im Wesentlichen zwei Positionen. Die eine geht davon aus, dass durch die Maßnahmen keine oder nur vernachlässigbare negative Trade-offs entstehen, die andere kritisiert die Maßnahmen mit dem Argument, dass sie ressourcenintensiv seien und zusätzliche künftige Abfallströme verursachen. Was stimmt denn nun? Führen die Ressourcenverbräuche der energetischen Sanierung von Gebäuden die durch sie erlangten Einsparungen im Energieverbrauch nun ad absurdum, oder ist

18 Für eine ausführlichere Diskussion und Literatur zum Beitrag von Modellen in der Transition-Forschung siehe Holtz et al. (2015).

das an den Haaren herbeigezogen? Wie hoch sind denn die Energieeinsparung und der Ressourcenverbrauch tatsächlich, jetzt und in der Zukunft?

Bei solchen und ähnlichen Fragen helfen Modelle, indem sie »Fakten« darlegen – oder zumindest Annahmen transparent machen und mittels »Durchrechnen« logische Schlussfolgerungen aus diesen Annahmen ableiten. Auf diese Weise ermöglichen es Modelle, eine Debatte zu versachlichen. Argumente können durch sie mit Zahlen unterlegt werden, was eine fundierte Diskussion dieser Argumente erlaubt.

Im Projekt EnerTransRuhr wurde das Modell »RessMod« entwickelt und verwendet, um den Ressourcenverbrauch von Energieeffizienzmaßnahmen zu quantifizieren und die Debatte um Energieeinsparung und Ressourcenverbrauch damit auf ein faktenbasiertes Fundament zu stellen. Das RessMod-Modell verknüpft die agentenbasierten Modelle von Jensen et al. (2016) und Friege et al. (2016) mit dem am Wuppertal Institut entwickelten Modell »HEAT« (Household Energy and Appliances Modelling Tool) und einem Stoffstrommodell. Die agentenbasierten Modelle liefern die Entscheidungen der Akteure, das Gebäudeenergiemodell und das Stoffstrommodell quantifizieren die Energieeinsparungen und Ressourcenverbräuche dieser Entscheidungen. Dieses Konstrukt bietet ein virtuelles Versuchsumfeld, in dem wir die Folgen der Entscheidungen der Agenten in Bezug auf Sanierungsquoten, Nettoenergieeinsparung und Nettoressourcenverbrauch quantifizieren und auswerten können.

Konkret liefert zum Beispiel das agentenbasierte Modell »Eigenheime« von Friege et al. (2016) für jeden Eigenheimbesitzer in einer simulierten Stadt jährliche Sanierungsentscheidungen differenziert nach Gebäudetypen und Bauteilen. Für den eigentlichen Zweck des Modells, Politikempfehlungen zur Anhebung der Sanierungsrate zu entwickeln, ist es nicht notwendig oder sinnvoll, im agentenbasierten Modell selbst umfangreiche Informationen zu Gebäudetypen oder Bauteilen wie zum Beispiel den direkten Materialverbrauch (zum Beispiel für die neue Dämmung oder Fenster) zu hinterlegen. Diese spezifischeren Informationen werden jedoch benötigt, um die Nettoenergie- und Ressourceneffekte der simulierten Szenarien zu berechnen und eine sachlich fundierte Auswertung des Energie-

Ressourcen-Dilemmas durchzuführen. Diese Lücke wird vom HEAT-Modell gefüllt. Mit HEAT können zahlreiche gebäudeseitige Einsparmaßnahmen detailliert in Bezug auf ihre direkten energetischen Auswirkungen, ihre direkten Materialeinsätze sowie ihre Kosten modelliert werden. Um eine ganzheitliche Betrachtung der Energie- und Ressourceneffekte zu gewährleisten, müssen jedoch darüber hinaus noch indirekte Ressourcen- und Energieverbräuche über den Lebenszyklus der Sanierungsmaßnahmen betrachtet werden. Dies leistet letztendlich das Stoffstrommodell, das aus konsistenten Lebenszyklusmodellen von energetischen Renovierungsmaßnahmen besteht und die indirekten Ressourcen- und Energieverbräuche der vom HEAT-Modell aufgezeigten Materialeinsätze errechnet. Das Modellpaket unterfüttert die Debatte also, indem eine breite Faktenbasis aus Sozialwissenschaften, Physik, Ingenieurwissen und Werkstofftechnik systematisch verknüpft und der Debatte zugänglich gemacht wird.

Der Bottom-up-Ansatz unseres Modells erlaubt uns dabei, Fragestellungen auf verschiedenen Ebenen zu betrachten. Es können sowohl das Sanierungsverhalten einzelner Agenten (»Ameisenperspektive«) als auch dessen Aggregation über alle oder einen Teil der Agenten (»Ameisenstaat«) virtuell untersucht werden. Im ersten Fall können Forschungsfragen wie die der Nettoenergie und -materialausprägung von unterschiedlichen Sanierungsentscheidungen einzelner Eigenheimbesitzer sachlich beantwortet werden. Im zweiten Fall kann (auf derselben Datengrundlage) die Einhaltung von gesetzlich oder anders vorgegebenen politischen Zielen (wie zum Beispiel die durchschnittliche energetische Sanierungsrate) aus der Summe einzelner Verhalten ermittelt werden. Auf dieser Basis können Energieeinsparungen und Ressourcenverbräuche verschiedener Szenarien errechnet und mit energie- und ressourcenpolitischen Zielen oder eben Argumenten einer Debatte verglichen werden.

Die mittels des Modellpakets gewonnenen Erkenntnisse sind dabei gültig im Rahmen des zugrunde liegenden Annahmen- und Parameterraums. Die Annahmen und die Datenbasis der Modelle können jedoch kritisch hinterfragt werden. Dies ist eine für Modelle jeglicher Art notwendige Einschränkung des Anspruchs auf Deutungshoheit, die selbstverständlich auch für unser Modellpaket relevant ist. Aber genau durch das Aufzeigen

von wesentlichen Annahmen und Fakten und die Ableitung logischer Konsequenzen dieser Prämissen können Modelle dazu beitragen, die Debatte voranzubringen.

### Wissen aus verschiedenen Disziplinen strukturiert integrieren

Modelle werden in der Regel in Form von mathematischen Gleichungen oder Programmcodes erstellt. Dies erfordert die Definition von Variablen sowie von logisch konsistenten Beziehungen zwischen diesen Variablen (zum Beispiel in der Form von Wenn-dann-Regeln).

Der Prozess der Erstellung eines solchen formalen Modells zwingt dabei zu einem höheren Grad an Präzision, als es in einer rein sprachlichen Beschreibung von Zusammenhängen üblich ist. Mensch muss »auf den Punkt bringen«, was gemeint ist. Falls die Erstellung eines Modells dabei im Austausch verschiedener Disziplinen geschieht, können durch den Zwang zur Präzision abweichende Bedeutungen von Wörtern und Konzepten sowie implizite Annahmen erkannt und diskutiert werden. Bei einem weniger formalisierten Austausch würden diese Abweichungen unentdeckt bleiben.

Des Weiteren können die Einsichten spezifischer Ansätze mittels eines Modells – dessen formale Sprache prinzipiell Anknüpfungspunkte in alle Disziplinen bietet – in Bezug gesetzt werden. Das Modell bildet sozusagen eine »Brücke« zwischen den spezifischeren Analysen und bietet eine systematische Abbildung des gesamten Wissens über das System. Durch die Integration der Teilanalysen ermöglicht das Modell, dabei Wissenslücken und Inkonsistenzen zu identifizieren – zum Beispiel falls für die logische Konsistenz und Vollständigkeit des Modells ein Bezug definiert werden muss, dazu jedoch (noch) kein Wissen vorliegt.

Ausgehend von der Prämisse, dass die Energiewende in ihrer konkreten Ausgestaltung durch sehr unterschiedliche Akteursgruppen und -motive beeinflusst wird, die in rein ökonomischen Modellen nur im Ansatz adäquat beschrieben werden können, wurden im EnerTransRuhr-Projekt insbesondere agentenbasierte Modelle zur disziplinenübergreifenden, integrierten Betrachtung der Energiewende im Gebäudebereich verwendet.

Das agentenbasierte Modell von Friege et al. (2016) zu energetischen Sanierungen von Eigenheimen ermöglicht zum Beispiel, entscheidungsrelevante Charakteristika von Eigenheimbesitzern mit technischen Eigenschaften verschiedener Sanierungsoptionen, der Gebäudetypologie des IWU, dem derzeitigen Sanierungs(rück-)stand, räumlichen Strukturen von Städten (zum Beispiel Clusterung von Gebäuden ähnlichen Alters) und Politikmaßnahmen in Bezug zu setzen und die Energiewende auf diese Weise als soziotechnische Transition zu fassen. Die Ausarbeitung des Modells erforderte dabei Austausch und Diskussion darüber, wie sich diese verschiedenen Aspekte wechselseitig beeinflussen und in den Sanierungsentscheidungen der Eigenheimbesitzer niederschlagen. Das Modell diente dabei weniger dazu, Diskussionen im Projekt zu strukturieren, sondern primär als Instrument zur Integration des vielfältigen Wissens zum Themenfeld, vornehmlich aus der Literatur.

Der trans- und interdisziplinäre Ansatz der Transformationsforschung bietet keine A-priori-Perspektive darauf, welche Faktoren in einem Modell berücksichtigt werden sollten, sondern ist prinzipiell offen für Einsichten aus verschiedensten Quellen. Um relevantes Wissen zu identifizieren, durchlief die Entwicklung des agentenbasierten Modells zur energetischen Sanierung von Eigenheimen daher insgesamt mehrere Schritte. Im Rahmen erster Telefoninterviews wurde zunächst ein erster Eindruck von der Entscheidung von Eigenheimbesitzern hinsichtlich einer energetischen Sanierung ihrer Gebäude gewonnen. Die in den folgenden drei Boxen exemplarisch vorgestellten Ergebnisausschnitte zeigen bereits das hohe Maß an Heterogenität und Komplexität solcher Entscheidungsprozesse und geben erste Hinweise auf Faktoren, die eine Rolle im Entscheidungsprozess von Eigenheimbesitzern spielen.

**BOX 5**

## Dachdämmung gegen Zugluft

Karin ist eine 34 Jahre alte Erzieherin und lebt in einem Reihenhaus, gebaut im Jahre 1949. Für ihren Sohn wurde der Dachboden ausgebaut und im Zuge dessen auch Wärmedämmung installiert. Als Grund für die zusätzliche Anbringung der Wärmedämmung nannte sie hohe Energiekosten und Zugluft. Schwiegereltern, die ein ähnliches Haus besitzen, haben der Familie zu den genannten Maßnahmen geraten. Da ihr Sohn das Haus einmal erben soll, hat bei der Entscheidung die Wirtschaftlichkeit keine große Rolle gespielt. Insgesamt ist ihnen die Entscheidung sehr leichtgefallen: »Mein Mann hat entschieden, dass wir Dämmung anbringen, und damit war das gut.« Über Finanzierungs- und Fördermaßnahmen haben sie nicht nachgedacht. Auf eine Außendämmung mit Klinkerung der Fassade wurde aus Kostengründen verzichtet, da sie für das Haus bereits einen Kredit abbezahlen und nicht dazu bereit waren, einen weiteren Kredit aufzunehmen. Insgesamt ist Karin mit der Dämmung des Daches sehr zufrieden: »Es zieht nicht mehr, es ist deutlich wärmer im oberen Stockwerk, und die Gaskosten sind gesunken.«

**BOX 6**

## Sanierung aus akutem Anlass

Heinz ist ein 69 Jahre alter Maschinenbautechniker in Rente. Er lebt mit seiner Frau in einem Reihenhaus aus dem Jahre 1976. Da Heizung und Heizkörper kaputtgingen, bestand bei ihnen ein akuter Handlungsbedarf. Nach dem Aussetzen der Heizung wurde der neue Kessel schon nach etwa einer Woche von einem zuvor empfohlenen Monteur eingebaut. Den Einbau der Heizkörper hat Heinz seinerzeit selbst übernommen. Schon heute macht sich der geringere Gasverbrauch des neuen Gasbrennwertkessels in der Heizrechnung bemerkbar.

Am liebsten würde Heinz nun keine weiteren Sanierungen mehr vornehmen: »Energetische Maßnahmen rechnen sich für mich nicht, da ich das Geld bis zum

Ende meines Lebens nicht mehr rein bekommen würde und so aktuell weniger Geld zur Verfügung hätte.« Den Einbau der neuen Heizungsanlage hat Heinz über sein Girokonto bezahlt und dieses dazu für zwei Monate überzogen.

**BOX 7**

### Effizienz, Energiekosten und Optik

Hannelore ist eine 67 Jahre alte Richterin im Ruhestand. Im Jahr 2000 hat sie umfangreiche Sanierungsmaßnahmen an ihrem frei stehenden Einfamilienhaus durchgeführt: Es wurde eine Kerndämmung angebracht, Fenster ausgetauscht und eine neue Heizungsanlage eingebaut. Ihre Beweggründe waren Umweltschutz, hohe Energiekosten, schlechtes Aussehen der Fenster und die oftmals defekte Heizung. Hannelore hat sich von der Verbraucherzentrale und dem Klimawerk beraten lassen. Ein befreundeter Ingenieur für Bauwesen hat Thermografieaufnahmen ihres Gebäudes erstellt. Für die Finanzierung der Maßnahmen hat sie einen Kredit von der KfW-Bank aufgenommen. Da ihr die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen nicht wichtig war, hat sie keine Amortisationsrechnung durchgeführt. Insgesamt ist Hannelore sehr zufrieden mit den durchgeführten Maßnahmen: »Ich habe es jetzt zwei Grad Celsius wärmer im Haus, der Ölverbrauch liegt nur noch bei der Hälfte, und die Fenster sehen besser aus als vorher.« Seitdem hat sie häufig von der Kerndämmung berichtet, da diese in ihrem Umfeld relativ unbekannt war. Zwei ihrer Nachbarinnen konnte sie so bereits dazu ermuntern, ebenfalls eine Kerndämmung vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Telefoninterviews legen nahe, dass die Durchführung energetischer Maßnahmen einen Sanierungsanlass benötigt (zum Beispiel Ausbau Dachboden, Heizung defekt) und dass sowohl ökonomische Faktoren (zum Beispiel Kreditaufnahme für Maßnahme, Maßnahme rechnet sich nicht) und nicht ökonomische Faktoren (zum Beispiel Zugluft, Umweltschutz, Ästhetik) bei der Entscheidung eine Rolle spielen. Zudem ist

die Kommunikation mit vertrauenswürdigen Peers häufig ein wesentlicher Faktor bei der Entscheidung (Schwiegervater, Nachbarn). Diese Ergebnisse weisen bereits auf erste Zusammenhänge hin, reichen jedoch noch nicht dazu aus, Entscheidungsregeln für das Modell abzuleiten. Aus diesem Grund wurde, basierend auf den ersten Einsichten, in einem nächsten Schritt von Friege und Chappin (2014) eine umfassende Literaturanalyse durchgeführt, die unter anderem zu dem Ergebnis kommt, dass die Rolle nicht ökonomischer Faktoren bei Sanierungsentscheidungen von Eigenheimbesitzern in der Literatur bisher nicht genügend untersucht wurde und diese daher auch von Politikmaßnahmen kaum berücksichtigt werden (Friege & Chappin 2014). Da sich energetische Sanierungsmaßnahmen im überwiegenden Teil der Fälle auszahlen, lässt sich die geringe energetische Sanierungsaktivät von Eigenheimbesitzern über rein ökonomische Faktoren kaum erklären (siehe Kapitel 3).

Um die aufgezeigte Erklärungslücke zu schließen, sollte die Modellerstellung im weiteren Verlauf genutzt werden, um die Rolle nicht ökonomischer Faktoren und insbesondere den Einfluss sozialer Interaktion auf die energetische Sanierungsaktivität von Eigenheimbesitzern weiter zu erforschen. Für das Modell wurde dazu auf bestehende Theorien zum Einfluss von sozialer Interaktion auf Entscheidungsfindungsprozesse zurückgegriffen. Im Rahmen virtueller Experimente wurde dann von Friege et al. (2016) mit dem Modell die durch soziale Interaktion beeinflusste energetische Sanierungsaktivität unter variierenden Rahmenbedingungen simuliert und analysiert.

Zur weiteren Ausdifferenzierung und empirischen Untermauerung des implementierten Entscheidungsverhaltens der Eigenheimbesitzer im Hinblick auf Sanierungsanlass und Einfluss bestimmter soziodemografischer und psychologischer Faktoren auf deren Entscheidungsverhalten wurde anschließend eine Onlineumfrage unter 275 Eigenheimbesitzern durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass meist der Eigentumsübergang Auslöser für die Durchführung von Sanierungsmaßnahmen ist. Bei der Entscheidung für oder gegen die Durchführung von Wärmedämmung ist zwischen den einzelnen Bauteilen zu unterscheiden (Dach/oberste Geschossdecke, Außenwand, Fußboden/Kellerdecke).

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass das Wanddämmverhalten von Hauseigentümern anhand weniger Variablen zu großen Teilen erklärt werden kann. Besonders großen Einfluss auf die Entscheidung haben demnach der Zustand der Außenwand, die Einstellung der Eigenheimbesitzer gegenüber Wärmedämmung sowie deren Alter. Die Ableitung von Faktoren, welche die Entscheidung, das Dach oder die Kellerdecke zu dämmen, wesentlich beeinflussen, war anhand der erhobenen Daten nicht möglich. Wie schon aufgrund der Literaturanalyse zu erwarten (Friege & Chappin 2014), ergibt sich aus den Daten, dass das verfügbare Einkommen oder der Lebensstandard der Eigenheimbesitzer keinen entscheidenden Einfluss auf die Dämmentscheidung haben. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass finanzielle Gründe zwar persönlich häufig als Hemmnis wahrgenommen werden, aber andere Personen mit einer ähnlichen finanziellen Ausstattung trotzdem eine Isolierung durchgeführt haben, sodass sich in den Einkommensverteilungen von Isolierern und Nichtisolierern keine Unterschiede ergeben. Die Ergebnisse der Umfrage wurden anschließend zur Kalibrierung das agentenbasierte Modells von Friege et al. (2016) genutzt. Das angepasste Modell wurde in einem nächsten Schritt dazu verwendet, Politikmaßnahmen, die auf eine Steigerung der energetischen Sanierungsrate zielen, zu evaluieren.

Über all diese Schritte hinweg wird während der Modellentwicklung Wissen aus vielfältigen Quellen identifiziert, Faktoren ausgewählt, in Bezug gesetzt, Zusammenhänge verfeinert und das entstandene Verständnis immer wieder in die präzise Sprache von Programmcodes übersetzt. Der Prozess der Modellerstellung zeigte dabei Wissenslücken insbesondere hinsichtlich der Rolle nicht ökonomischer Einflussfaktoren auf. Diese Wissenslücken stellten uns einerseits vor Herausforderungen bei der Spezifikation des Modells. Andererseits leistete die Modellentwicklung gerade durch das Aufzeigen der Wissenslücken bereits einen Beitrag zur Forschung, und die durchgeführten Simulationen konnten helfen, die Relevanz verschiedener Faktoren einzuschätzen und Schwerpunkte für die weitere empirische Forschung zu legen. Das resultierende Modell stellt nun eine Synthese eines breiten Wissensspektrums dar. Es weicht in seiner Struktur deutlich von der in der Debatte vorherrschenden ökonomi-

schen Logik der Sanierungsentscheidungen ab und bietet daher alternative Ansatzpunkte für das Verständnis des Sanierungsrückstaus sowie für Politikmaßnahmen zu dessen Behebung.

### Aus Einzelfaktoren und -entwicklungen eine Gesamtdynamik ableiten

Auch wenn Einzelfaktoren eines Systems – wie im oben diskutierten Modell von Friege et al. zum Beispiel Charakteristika von Eigenheimbesitzern und deren Einfluss auf Sanierungsentscheidungen, sozioökonomische Strukturen in Städten und technische Merkmale von Sanierungsoptionen – verstanden und zueinander in Bezug gesetzt wurden, sind die dynamischen Konsequenzen des Zusammenspiels dieser Einzelfaktoren – wie entwickelt sich die Sanierungsrate? – oftmals nicht ohne Weiteres erkennbar. Dies liegt schlicht daran, dass das menschliche Gehirn nicht gut darin ist, komplexe Systeme und deren Dynamiken zu verstehen, was in vielfältigen experimentellen Studien nachgewiesen wurde. Hier helfen Modelle, die basierend auf dem postulierten Zusammenwirken von Einzelfaktoren Systemzustände zu einem späteren Zeitpunkt (zum Beispiel im Folgejahr) ermitteln und durch iterative Anwendung dieses Vorgehens Systemzustände auch über längere Zeiträume fortschreiben können.

Entsprechend dieser Logik wurde mittels des agentenbasierten Modells von Jensen et al. (2016) untersucht, welches Potenzial zur Energieeinsparung durch Feedbackprodukte induzierte Verhaltensänderungen von Haushalten auf der Skala einer Stadt und mit einem Zeithorizont bis 2030 haben. Der Effekt von Feedbackprodukten wie der $CO_2$-Ampel auf der Ebene einzelner Haushalte wurde durch empirische Forschung des EnerTransRuhr-Projekts und zuvor im SusLab-Projekt (Liedtke et al. 2014) untersucht. Dabei wurde zum Beispiel nach der Einführung einer $CO_2$-Ampel in den beobachteten Haushalten, bei Erfolg der Intervention, eine mittlere Ersparnis von acht Prozent der Heizenergie ermittelt. Eine simple Hochskalierung dieser Erkenntnisse auf die Ebene einer Stadt würde jedoch zu kurz greifen. So kann zum Beispiel nicht davon ausgegangen werden, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt jeder Haushalt eine $CO_2$-Ampel installiert hat. Andererseits kann vermutet werden, dass sich Verhaltens-

änderungen auch ohne Feedbackprodukt verbreiten können und so der Gesamteffekt nicht nur von der Anzahl installierter $CO_2$-Ampeln abhängt. Zur Abschätzung des Potenzials von Feedbackprodukten sind daher neben der Wirkung innerhalb einzelner Haushalte ebenfalls die Verbreitung der Feedbackprodukte zwischen Haushalten sowie die Auswirkungen von (verändertem) Verhalten zwischen Haushalten zu berücksichtigen.

Diese Bezüge stellt das Modell von Jensen et al. her und erlaubt somit eine dynamische Analyse der Konsequenzen der Einführung von Feedbackprodukten auf der Ebene einer Stadt. Für die $CO_2$-Ampel errechnet das Modell auf der Ebene einer Stadt bis 2030 ein (zusätzliches) Energiesparpotenzial von circa einem Prozent. Wesentliche Ursachen für die Differenz zu den auf Haushaltsebene beobachteten acht Prozent liegen in der angenommenen Verbreitungsgeschwindigkeit der Produkte, darin, dass eine große Anzahl von Haushalten das durch die $CO_2$-Ampel angeregte Stoßlüften bereits praktiziert und somit in diesen Haushalten kein zusätzlicher Effekt erwartet werden kann, und in der Annahme, dass sich die Praktik des Stoßlüftens auch ohne die Einführung von $CO_2$-Ampeln weiter verbreiten würde (allerdings langsamer).

Die genaue Quantifizierung des Einsparpotenzials ist dabei allerdings nicht das einzige Ergebnis der Modellexperimente. Vielmehr sind zusätzliche Erkenntnisse über die wesentlichen Mechanismen zentral. So erscheinen die skizzierten Einsichten zum geringeren Effekt auf Stadtebene zwar auch ohne Modell nachvollziehbar, wurden jedoch erst durch die integrierte Betrachtung verschiedener Faktoren im Modell offensichtlich. Des Weiteren beinhaltet das Modell auch eine Differenzierung nach Lebensstilen und ermöglicht Aussagen dazu, welche Lebensstile in welchem relativen Ausmaß und über welche Kanäle zu Verhaltensänderungen bewogen werden, und bietet die Möglichkeit, die Auswirkungen sozioökonomischer Strukturen (Anteile von Lebensstilen und deren räumliche Verteilung) zu untersuchen. Dies bildet eine Basis, auf der aufbauend der Einfluss von Politikmaßnahmen untersucht werden kann.

Die Integration verschiedener Einzelfaktoren aus verschiedenen Bereichen und Disziplinen und die Ableitung der aus diesem Zusammenspiel resultierenden Dynamik generieren dabei einen Mehrwert gegenüber rein

disziplinären Modellen. Sie birgt jedoch auch Herausforderungen, da oftmals kreative Lösungen erforderlich werden, wo die Schnittstellen und Zusammenhänge über die Einzelbereiche hinaus nicht ausreichend definiert beziehungsweise bekannt sind. Die modelltechnische Umsetzung der Integration ist jedoch oftmals hochrelevant für die resultierende Modelldynamik. Ein Dreh- und Angelpunkt agentenbasierter Modelle diesbezüglich sind die Handlungsmodelle der Agenten. Hier fließen oftmals viele Faktoren aus den verschiedenen in Betracht gezogenen Bereichen zusammen und müssen zu einer Entscheidung von Akteuren verdichtet werden, zum Beispiel welche Art der Sanierung durchgeführt oder ob ein Feedbackprodukt genutzt werden soll. Gleichzeitig gibt es kein eindeutig »richtiges« Handlungsmodell, auf das sich die Modellierung stützen kann.

Verschiedene Disziplinen von Ökonomie über Sozialpsychologie zu Soziologie bieten vielfältige Erklärungsansätze für menschliches Verhalten, die herangezogen werden können. Dieser Herausforderung wurde im Projekt EnerTransRuhr unterschiedlich begegnet. Für das Modell von Jensen et al. (2016) gab es kaum empirische Grundlagen für die Spezifikation der Akteursmodelle für genau den betrachteten Fall, da transformative Produkte noch nicht am Markt sind und es noch nicht ausreichend erforscht wurde, wie Akteure auf genau diese Produkte reagieren. Daher wurde auf Erfahrungen mit vergleichbaren Produkten zurückgegriffen, und in Anlehnung an Theorie und an Modelle aus der Literatur wurden nach Milieus differenzierte einfache Verhaltensregeln definiert. Die daraus resultierende Modelldynamik wurde zudem mittels des Diffusionsverlaufs eines ähnlichen Produkts und typischer Muster von Diffusionskurven empirisch validiert und das Modell zudem einer ausführlichen Sensitivitätsanalyse unterzogen. Eine Sensitivitätsanalyse kann die Robustheit des Modells gegenüber (unsicheren) Annahmen ermitteln und so gegebenenfalls die Aussagekraft des Modells untermauern.

Ein Ergebnis der Sensitivitätsanalysen des Modells von Jensen et al. ist zum Beispiel, dass Details bezüglich der räumlichen Anordnung und Clusterung der Milieus die untersuchte Dynamik nicht signifikant beeinflussen. Solange wesentliche strukturelle Aspekte der sozialen Netzwerke realitätsgetreu abgebildet werden, ist eine detaillierte empirische Erhebung

der räumlichen Verortung der Milieus nicht erforderlich. Die Anteile der verschiedenen Milieus an der Gesamtpopulation sind hingegen durchaus relevant. Diese Art von Daten zu erheben ist also wichtig, um den Prozess abschätzen zu können. Als Grundlage für das Modell von Friege et al. (2016) gab es hingegen ziemlich viel partikulares Wissen zur Entscheidungsfindung von Eigenheimbesitzern. Wie im vorherigen Unterkapitel diskutiert, liefert das Modell schon einen Mehrwert, indem es dieses Wissen strukturiert zusammenführt. Das resultierende Modell ist sehr spezifisch auf den Fall der energetischen Sanierung durch Eigenheimbesitzer zugeschnitten. Dies ist zweckgemäß, da der Renovierungsrückstau, um den es in dem Modell geht, aus generelleren Modellen – insbesondere einer rein ökonomischen Perspektive – nicht erklärt werden kann. Das speziell entwickelte Modell ermöglichte, die vielfältigen Erkenntnisse aus der empirischen Forschung nutzbar zu machen und durch den Vergleich von Simulationen mit der empirisch beobachteten Gesamtdynamik Erkenntnisse über die Ursache des Sanierungsstaus zu ziehen.

Eine weitere Herausforderung für eine modellbasierte Ableitung einer Gesamtdynamik ergibt sich aus dem Umstand, dass Transition-Prozesse durch koevolutionäre Dynamik in verschiedenen Bereichen gekennzeichnet sind – von technologischen Innovationen bis zu Veränderungen in Institutionen, bei Akteuren, Verhalten, ökonomischen Rahmenbedingungen und soziokulturellen Strukturen. Es stellt sich daher insbesondere für längere Simulationszeiträume die Frage, welche Modellstrukturen und -parameter über welchen Zeitraum als konstant angenommen werden können. In unseren Modellen simulieren wir daher nur über begrenzte Zeiträume von 10 beziehungsweise 15 Jahren in die Zukunft. Diese sind ausreichend lang, um für Politikempfehlungen relevant zu sein, vermeiden jedoch von vornherein Missverständnisse bezüglich der Gültigkeit der Modellaussagen für die weiter entfernte Zukunft.

## Virtuelle Experimente zur Unterstützung von Policy-Design

Modelle können als »virtuelle Labore« genutzt werden, um Experimente durchzuführen. Wie im Labor können die Randbedingungen des Experiments exakt kontrolliert werden. Über die Möglichkeiten realweltlicher Labore hinaus kann im virtuellen Labor sogar das »Innenleben« des virtuellen Versuchsobjekts während des Experiments mittels geeigneter Datensammlungs- und -auswertungsmethoden genau durchleuchtet werden. So kann zum Beispiel im Modell von Friege et al. (2016) nicht nur die aggregierte Sanierungsrate beobachtet werden, sondern prinzipiell für jeden einzelnen Hauseigentümer nachvollzogen werden, in welchem Zeitschritt er unter welchen Bedingungen welche Sanierungsentscheidung trifft. Mit solch einem virtuellen Labor ist es demnach sogar möglich, Dinge auszuprobieren, die in der realen Welt unmöglich, unpraktikabel oder unethisch wären. Zudem erfordern virtuelle Experimente – sobald das Modell einmal erschaffen ist – nur einen geringen zeitlichen und finanziellen Aufwand und ermöglichen es so, eine sehr viel größere Anzahl und Bandbreite von Experimenten durchzuführen, als in realen Experimenten möglich wäre.

Eine spezielle Anwendung virtueller Labore ist die Durchführung von Experimenten zur Entwicklung geeigneter Politikmaßnahmen. Unterschiedliche Politikmaßnahmen können im virtuellen Labor für verschiedene Annahmen über aktuelle Anfangsbedingungen und zukünftige Kontextentwicklungen und auf ihre Auswirkungen hin untersucht werden, um so zum Beispiel die effektivsten, effizientesten oder robustesten Maßnahmen zu identifizieren. Zu beachten bleibt dabei, dass Politikmaßnahmen in der Regel für die Zukunft getestet werden und man daher (theoretisch) nie sicher sein kann, dass alle Faktoren, die in der zukünftigen Situation relevant sein werden, im Modell berücksichtigt wurden. Die Vorhersage für eine zukünftige Situation ist daher unsicher, und eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die reale Welt kann nicht garantiert werden, auch wenn das Modell anhand historischer Daten validiert wurde. Dennoch können virtuelle Experimente zumindest Wirkmechanismen, die bei bestimmten Maßnahmen aktiv werden, aufzeigen und so das Systemverständnis erhö-

hen und das Spektrum möglicher Maßnahmen deutlich eingrenzen, bevor aufwendigere Feldtests oder Realexperimente zur Validierung und Spezifizierung der Maßnahmen durchgeführt werden.

Mit dem Modell von Jensen et al. (2016) zur Diffusion von Feedbackprodukten und zu von diesen induzierten Verhaltensänderungen (siehe oben) als virtuellem Labor wurden im Projekt EnerTransRuhr verschiedene Maßnahmen zur Einführung von $CO_2$-Ampeln in der Stadt Bottrop und deren Auswirkungen auf Energieeinsparungen durch vermehrtes Stoßlüften untersucht. Die untersuchten Maßnahmen umfassten 1) die kostenlose Ausgabe solcher Produkte, 2) das Wecken von Kenntnis über und Aufmerksamkeit für die Produkte, 3) den Verleih von Produkten und 4) die gezielte Mobilmachung von Meinungsführern; wobei die ersten beiden Maßnahmen differenziert für verschiedene Lebensstile untersucht wurden. Die Modellergebnisse lassen erwarten, dass der Verleih von $CO_2$-Ampeln die Verbreitung von Stoßlüften besonders stark unterstützen kann.[19] Weitere vielversprechende Maßnahmen sind die Ausgabe der Geräte an Meinungsführer oder an Lebensstile mit hohem sozialen Status und modernen Werten, die als Multiplikatoren besonders stark wirken. Die Kenntnis über – und Aufmerksamkeit für – die $CO_2$-Ampel bei Haushalten mit geringerem sozialen Status zu wecken hat beispielsweise hingegen nahezu keinen Effekt, da diese Lebensstile sich in ihren Entscheidungen stärker an ihrem Umfeld orientieren und die erhöhte Aufmerksamkeit entsprechend keine Verwendung der $CO_2$-Ampel nach sich zieht, solange diese nicht bereits von ausreichend anderen Haushalten verwendet wird.

Mit dem empirisch kalibrierten Modell von Friege (2016) wurde die Wirkung von Politikmaßnahmen simuliert, die auf eine Steigerung der energetischen Sanierungsaktivität von Eigenheimbesitzern zielen. Das Modell beschränkt sich dabei aufgrund der Datenlage auf die Simulation der Entscheidungen von Eigenheimbesitzern zur Dämmung der Außenwand. Es

19 Die Modellergebnisse beruhen jedoch auf der Annahme, dass nach einer Nutzung der $CO_2$-Ampel über einen Zeitraum von drei Monaten die Geräte zurückgegeben und weiterverliehen werden können und das Stoßlüften vom Haushalt erlernt wurde und prinzipiell auch in Zukunft praktiziert werden kann. Insbesondere bezüglich der »Rückfallquote« nach Rückgabe der $CO_2$-Ampel besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf.

geht der Frage nach, welchen Einfluss eine intensivierte Beratung im Vergleich zu einer Sanierungsverpflichtung zum Zeitpunkt des Eigentumserwerbs macht. Da ökonomische Gesichtspunkte der Umfrage zufolge nur eine geringe bis keine Rolle bei der Dämmentscheidung spielen, konnte die mögliche Wirkung einer finanziellen Förderung nicht im Modell abgebildet werden.

Die Wirkung von Beratung wurde im Modell abgebildet über einen positiven Effekt auf die Einstellung der Eigenheimbesitzer gegenüber Wärmedämmung. Da die Einstellung einen Einfluss auf die Entscheidung zur Wanddämmung hat, führt der Beratungsansatz zu einer – wenn auch eher geringen – Steigerung der Dämmaktivität der Eigenheimbesitzer im Modell von maximal 7 Prozent (1,4 Prozent auf 1,5 Prozent der Außenwände). Eine Beratungsoffensive ist dabei einer langfristigen Beratungskampagne vorzuziehen.

Verpflichtende Sanierungsmaßnahmen im Zuge eines Hauskaufs beschränken sich aktuell auf den Austausch älterer Heizkessel, die Dämmung oberster Geschossdecken oder Dächer sowie von wärmeführenden Leitungen in nicht geheizten Räumen.[20] Eine weitergehende Verpflichtung zur Sanierung von Bestandsgebäuden wird aktuell nicht diskutiert. Kommt die Sprache darauf, zeigen sich oftmals Ressentiments gegenüber der empfundenen Bevormundung. Allerdings bringt eine Kopplung der Verpflichtung an das Gelegenheitsfenster Eigentumsübergang auch Vorteile mit sich: So kann das Wissen um eventuell anstehende Sanierungsmaßnahmen bereits im Vorhinein in die Hauskaufentscheidung miteinbezogen werden. Als Folge daraus ist zu erwarten, dass der Marktwert von Häusern ohne Wanddämmung sinkt (in etwa entsprechend dem anfallenden Aufwand für die Installation der Wanddämmung). Da Eigentumsübergänge beim Katasteramt registriert werden, ist es außerdem leicht möglich zu überprüfen, ob der Sanierungspflicht auch entsprochen wurde.

Die Erprobung einer solchen ordnungsrechtlichen Maßnahmen im Realexperiment wäre wohl kaum durchführbar. Hier bietet die Anknüpfung

20 Ob die Sanierungspflicht für ein Gebäude zutrifft, ist vom Alter beziehungsweise vom energetischen Zustand des Gebäudes abhängig. Die Aussagen beziehen sich auf die aktuell gültige EnEV 2014.

an das virtuelle Experiment des agentenbasierten Modells ein erweitertes Experimentierfeld. Angeregt durch die Umfrageergebnisse, wurde das wichtige Gelegenheitsfenster des Eigentumsübergangs im Modell an eine verpflichtende Installation von Wärmedämmung zum Zeitpunkt des Immobilienerwerbs in Abhängigkeit vom Alter beziehungsweise Zustand der Außenwand gekoppelt. Den Simulationsergebnissen zufolge lässt sich die Aktivität zur Dämmung der Außenwände über eine Verpflichtung deutlich steigern: unter Berücksichtigung des Zustands der Außenwand und der Anzahl an Eigentumsübergängen um fast 60 Prozent (1,4 Prozent auf 2,2 Prozent der Wände). Insgesamt würde die energetische Sanierungsrate damit um 40 Prozent steigen.[21] Dies entspricht zwar noch nicht der gewünschten Verdopplung der energetischen Sanierungsrate von derzeit nur etwa einem Prozent, wäre aber ein großer Schritt in diese Richtung.

Die Aushandlung und Umsetzung politischer Maßnahmen ist üblicherweise ein langwieriger Prozess. Und nicht immer stellt sich der gewünschte Erfolg ein, oder es treten mit der Zeit unerwartete Begleiterscheinungen auf. Im Modell dagegen können diese Erfolge und Nebenwirkungen sozusagen im Zeitraffer getestet werden. Auch können unterschiedliche Varianten einzelner Maßnahmen überprüft werden, um eine möglichst effiziente Ausgestaltung zu unterstützen. Und es lassen sich Maßnahmen modellieren, deren Einführung eher unwahrscheinlich ist, deren Wirkungsabschätzung aber aus anderen Gründen von Interesse ist. Doch selbstverständlich sind auch der Aussagekraft von Modellen Grenzen gesetzt.

## 4.2 Chancen und Grenzen agentenbasierter Modellierung

Hannah Arendt versinnbildlicht »Handeln« als Schlagen des eigenen Fadens in ein Gewebe, das man nicht selbst gemacht hat (Arendt 1981, S. 174). Die »reflexive Transformationsforschung« (Dickel 2013, S. 17) und ebenso die Innovationsforschung suchen und untersuchen diese Naht zwischen

21 Die energetische Sanierungsrate setzt sich anteilig zusammen aus der Anzahl durchgeführter Wärmedämmungen bei Dach/oberster Geschossdecke (30 Prozent), Außenwand (55 Prozent) und Fußboden/Kellerdecke (15 Prozent) (IWU 2010).

Individuum und System und erforschen, wie soziale Innovation entsteht und sich verbreitet. Der Fokus liegt hier auf innovativen sozialen Praktiken, die etwa durch bürgerschaftliches Engagement entstehen und sich zunächst auf lokaler Ebene verbreiten. Diese meist sozialen Innovationen werden erdacht und etabliert von sogenannten Agenten des Wandels. Sie tragen zum Gelingen der Energiewende bei, indem sie bestehende Handlungsroutinen durchbrechen und konkrete Handlungsalternativen im Alltag aufzeigen. Sie werden aufgrund ihrer sozialen Nähe als vertrauensvolle und glaubwürdige Interaktionspartner anerkannt (Mautz et al. 2008, S. 68).

Die Erforschung solcher komplexen sozialen Prozesse kann nur über interdisziplinäre Kooperation geleistet werden. Zur belastbaren Beantwortung der Fragen, unter welchen Bedingungen dieses innovative Engagement entsteht, welche gesellschaftliche Wirkkraft von bürgerschaftlichem Engagement auszugehen vermag und welche Hemmnisse dabei für die handelnden Akteure bestehen, sollten qualitative und quantitative Forschungsmethoden ineinandergreifen (Leggewie 2012, S. 12). In dem von uns gewählten Studiendesign werden durch qualitative Interviews und teilnehmende Beobachtung[22] belastbare Thesen aufgestellt, von denen zweitens geprüft wird, ob sie sich als Wenn-dann-Beziehungen in agentenbasierte Modelle einpassen lassen. Wenn sich dies als machbar erweist, können drittens Szenarien modelliert werden. Diese Modelle sollen Reaktionen auf Veränderungen der Akteurskonstellationen oder systemische Faktoren darstellen und einschätzen (modellieren). Allerdings eignen sich nicht alle Beobachtungen und Daten gleichermaßen für agentenbasierte Modellierung. Unikate Einzelfälle und -ereignisse, zum Beispiel die spezifische psychische Disposition eines Agenten des Wandels, lassen sich nur mit geringerer Exaktheit modellieren. Geeigneter ist Modellierung für wahrscheinliche Reaktionen, etwa im Netzwerk der Agenten des Wandels, auf bestimmte Eigenschaften des innovativen agierenden Akteurs. Je mehr Spontaneität und Kreativität wichtige Kriterien für das Agieren des Akteurs sind, desto fehleranfälliger wird die Modellierung. Es stellt sich also die

22 Die Ergebnisse der ethnografischen Forschung zu diesem Projekt finden sich in dem Buch: Leggewie, C.; Reicher, C.; Schmitt, L. (Hrsg.) (2016): Geschichten einer Region. AgentInnen des Wandels für ein nachhaltiges Ruhrgebiet. Dortmund.

Frage, welche in qualitativen Studien beobachteten Aspekte vom Einzelfall abstrahiert und mittels (quantitativer) agentenbasierter Modelle bezüglich ihrer Auswirkungen im System analysiert werden können. Wir gehen dieser Frage in diesem Kapitel anhand des Beispiels der Agenten des Wandels nach und betrachten dazu verschiedene wesentliche Eigenschaften der Agenten des Wandels.

### Implizite und explizite innovative Praktiken im Modell

Erfahrungen aus der Feldforschung haben gezeigt, dass die Unterscheidung zwischen impliziten und expliziten Agenten des Wandels nicht nur eine heuristische ist, sondern starken Einfluss auf das Skalierungspotenzial ihres Einflusses hat. Diese Unterscheidung ist somit eine Eigenschaft, deren Berücksichtigung für das Verständnis der Rolle eines Agenten des Wandels im Gesamtsystem wesentlich ist.

Implizite Agenten des Wandels – wie sie im Zusammenhang mit nachhaltigkeitsorientierter Transformation verstanden werden – verfolgen in erster Linie andere Ziele als das der ökologischen Nachhaltigkeit. Es können Absichten sein, die im Individuum selbst begründet sind – wie Gewinnstreben, die Verwirklichung eines Lebens- oder Berufsziels oder aber auch die Akkumulation symbolischen Kapitals innerhalb des eigenen Quartiers. Beispielsweise kommt es vor, dass ökologische Nachhaltigkeit als positiver externer Effekt von Integrationsmaßnahmen für Asylsuchende auftritt. Das jeweilige »Projekt« von impliziten Agenten des Wandels wird damit stärker kompatibel für Individuen und Personengruppen, die sich (noch) nicht für das Themengebiet Nachhaltigkeit interessieren oder sich sogar aus ideologischen, ästhetischen oder emotivistischen Gründen (Stevenson 1975, S. 139 ff.) durch diese Handlungsmotivation abgestoßen fühlen. In den Fällen, in denen Agenten des Wandels implizit nachhaltigkeitsaffine neue Praktiken vorstellen, erhöht sich durch eine breitere mögliche Zielgruppe potenziell die Sichtbarkeit der Innovation (Rogers 2003, S. 258 f.).

Explizite Agenten des Wandels hingegen üben starken Einfluss auf nachhaltigkeitsaffine Personengruppen aus, da sie Authentizität durch die Kongruenz von Motivation und Handeln verströmen. Sie werden als tugend-

haft handelnde Personen wahrgenommen. Ihre innovative Idee ist deshalb vor allem kompatibel mit Personen mit ähnlichen oder gleichen Nachhaltigkeitszielen. Rogers schlägt Kompatibilität als einen Faktor vor, mit dem die Wahrscheinlichkeit der Übernahme von Innovationen (Adoption) gemessen werden kann (Rogers 2003, S. 241 ff.). Kompatibilität ist ein Gradmesser für die Vereinbarkeit der Innovation mit bisherigen Erfahrungen, Normen, Werten und Bedürfnissen. Explizite Agenten des Wandels können ihre neue Praxis unter »potential adopters« (Rogers 2003, S. 233) leichter verbreiten als implizite Agenten des Wandels, da sie zwar hinsichtlich der Innovation persuasiv kommunizieren müssen (Rogers 2003, S. 174 f.), jedoch ihr Handeln selbst nicht mehr begründen oder rechtfertigen müssen.

Implizit und explizit ist ein Gegensatzpaar, das erstens empirisch nicht in der jeweiligen Extremposition auftritt und zweitens den handelnden Individuen – zumindest zu Beginn der Etablierung – nicht bewusst ist. Es ist aber anzunehmen, dass die Etablierung und Verbreitung der innovativen Idee des Agenten des Wandels höhere Chancen hat, wenn der Agent »implizit« wirkt und daher eine Projektionsfläche für unterschiedliche Bedeutungsaufladungen durch potenzielle Nachahmer bietet.

Die Unterscheidung zwischen impliziten und expliziten Agenten des Wandels lässt sich direkt mithilfe von sozialen Netzwerken abbilden. Auf Basis der empirischen Beobachtungen scheint der Erfolg der impliziten Agenten des Wandels auf ihrer speziellen Rolle im sozialen Netzwerk und auf ihrer Einflussstärke innerhalb dieses zu beruhen.

Aus Sicht der Forschung zu sozialen Netzwerken kann ein impliziter Agent des Wandels die Verbreitung von Innovationen besonders gut fördern, indem er als »Broker« zwischen sozialen Gruppen auftreten kann. Solch ein Broker ist eine Art Mittelsmann zwischen diesen Gruppen und erleichtert den wechselseitigen Transfer von Wissen und Innovationen. Ein expliziter Agent des Wandels scheint innerhalb einer Stadt einen (sozial gesehen) eher enger gefassten Personenkreis anzusprechen. Durch die direkte Verknüpfung mit einem expliziten Ziel (und den entsprechenden Werten) wird durch diesen Agenten tendenziell eine homogenere Gruppe an Menschen angesprochen, die auch ohne den Agenten des Wandels tendenziell bereits soziale Verbindungen in andere, ihnen ähnliche Kreise

pflegt. Ein impliziter Agent des Wandels hingegen hat durch die mögliche Vielfalt an Engagementschwerpunkten potenziell vielfältigere, also heterogene soziale Kontakte. Diese reichen typischerweise mit größerer Wahrscheinlichkeit in unterschiedliche soziale Gruppen hinein (Burt 1992). Dieser stärkere Einfluss eines Brokers hat sich auch in praktischen Beispielen der agentenbasierten Modellierung gezeigt (Katona et al. 2011). Durch solche Modellierung konnten zusätzliche Mechanismen des Einflusses eines Agenten des Wandels aufgedeckt werden: Zum Beispiel hat ein Agent zwar einen besonders starken sozialen Einfluss, wenn er eine Brokerrolle innehat, jedoch kann diese durch eine steigende Anzahl von sozialen Kontakten wieder schwinden. Dies kann darin begründet liegen, dass ein Mehr an Kontakten dazu führt, dass diese jeweils schwächer werden und einzelne Agenten dadurch tendenziell weniger sozialen Einfluss ausüben.

Der beobachtete Unterschied in Überzeugungskraft zwischen impliziten und expliziten Agenten des Wandels lässt sich teils auch auf Reaktanz zurückführen: »Allein aufgrund der Tatsache, dass ein bestimmtes Verhalten von außen gefordert wird, wird genau dieses Verhalten unattraktiver« (Schwarz 2007, S. 414). Reaktanz kann die Überzeugungskraft von Agenten des Wandels diesem Ansatz nach hemmen. Besonders die expliziten Agenten des Wandels laufen Gefahr, durch ihren deutlichen Standpunkt Reaktanz hervorzurufen – können aber bei Gleichgesinnten hingegen zu höherem Zuspruch führen.

In der Innovationsforschung wird dieser spontane und teils aktive Widerstand von Personen gegen eine Innovation mit der Rolle des »Resistence Leaders« gefasst (Kiesling et al. 2010). Diese sind einer Innovation gegenüber besonders negativ eingestellt und können dessen Verbreitungserfolg deutlich behindern. Ein Forschungsbeispiel ist der Effekt dieser Resistenz auf Produktakzeptanz (Moldovan & Goldenberg 2004). So lässt sich etwa die Reaktion von Konsumenten auf Werbekampagnen modellieren – abhängig vom Timing dieser Kampagnen. Ein Ergebnis dieser Modellierung ist beispielsweise, dass eine bloße Werbung für eine Innovation (das heißt, bevor sie einen gewissen Verbreitungsgrad angenommen hat) Widerstand hervorrufen kann, die letztlich die Verbreitung der Neuerung behindern kann. Stattdessen zeigt sich, dass die Aktivierung

von positiv eingestellten Agenten des Wandels in Kombination mit breit gestreuter Werbung für eine Innovation bessere Innovationsverbreitung erzielen kann.

### Die Modellierbarkeit des Scheiterns

Bei der Untersuchung von Agenten des Wandels hatte man es nicht nur mit durchgängig gelingendem innovativen Engagement zu tun – Agenten des Wandels können auch scheitern. Notwendig für die stete Fortführung ihres Engagements sind Ressourcen. Dazu zählen nicht in erster Linie finanzielle, sondern vor allem psychische, soziale Ressourcen und Zeitmanagement.

Einem im Rahmen der Feldforschung begleiteten Agenten des Wandels wurde von dessen Arbeitgeber für seine außerberuflichen Aktivitäten Verständnis entgegengebracht. In anderen Fällen jedoch waren akute Überforderung in der Vereinbarkeit von Engagement, Berufs- und Privatleben sowie die Überfrachtung mit Aufgaben innerhalb des Engagements zu beobachten, die bis zur Aufgabe des Engagements führen konnten. Externe Erwartungshaltungen steigern sich nahezu proportional zum Ressourcenaufwand für das jeweilige Engagement – bis dahin, dass das Engagement als Substrat für staatliches Handeln, gleichsam einer Entverantwortung von Gesellschaft, Staat und Politik (Nullmeier 2006, S. 176), wahrgenommen wird. Allein durch verbale Wertschätzung kann das Vorhaben dann oftmals nicht mehr ausreichend Resonanz hervorrufen,[23] um das Engagement aufrechtzuerhalten. Resonanz ist aber eine wichtige psychische Ressource, die hinsichtlich der Motivation impliziter wie expliziter Agenten des Wandels zur Aufrechterhaltung von nicht monetär motiviertem Engagement notwendig ist. Werden aber andere Leistungen als die vom engagierten Akteur intendierten abgefragt oder thematisiert, sinkt die Motivation, selbst dann, wenn diese symbolisch honoriert werden. Die individuellen Einflussgrößen sind hier also Belastungsobergrenzen und adäquate positive Resonanz.

23 Im Sinne Hartmut Rosas als Welt- und Selbstbeziehung in Rosa 2016.

### Inwieweit können solche Hemmnisse in ein Modell integriert werden?

Solch individuell variierende Faktoren lassen sich zwar prinzipiell modellieren. Dabei sollten individuelle Unterschiede zwischen Agenten des Wandels allerdings besonders berücksichtigt werden.

Überforderung ist teilweise quantifizierbar. Der Schlüssel hierzu sind zum Beispiel verallgemeinerbare Grenzen der aktiven Arbeitszeit pro Tag. Wird eine Grenze dauerhaft überschritten, steigt die Wahrscheinlichkeit einer akuten Überforderung entsprechend. Wenn auch akute Überforderung für den Einzelfall kaum vorhersagbar ist, so lassen sich doch allgemeine Muster feststellen (Soares et al. 2007), die entsprechend in einem Simulationsmodell als Wenn-dann-Regeln verwendet werden können.

Bestätigung durch Resonanz ist zwar modellierbar, im Einzelfall aber besonders schwer bestimmbar. So wie die Aktivität eines realen Agenten des Wandels von positiver Resonanz abhängig ist, so ließe sich die Aktivität eines modellierten Agenten ebenfalls von dieser abhängig machen. Es wäre möglich, diese Abhängigkeit im Modell als eine Funktion von Resonanz auszudrücken. Resonanz wiederum ließe sich operationalisieren als die Anzahl der Personen im sozialen Umfeld des Agenten des Wandels, die dessen Innovation übernehmen. Voraussetzung hierfür wäre allerdings, diese Abhängigkeit zuvor empirisch bestimmen zu können.

An diesen beiden Beispielen zeigt sich also, dass Einflussfaktoren auf das Handeln von Agenten des Wandels prinzipiell modellierbar sind, die genaue Datenlage und Abbildung im Modell allerdings mit Schwierigkeiten verbunden sein können. Es scheint darum sinnvoll, erstens die Modellierung eng an direkte empirische Beobachtungen anzulehnen. Zweitens kann eine solche Modellunsicherheit dazu führen, dass ein Simulationsmodell weniger prediktiv, sondern stärker explorativ anzuwenden ist: Anstatt mit dem Modell konkrete Einschätzungen zu treffen, sollten vielmehr die Konsequenzen aus Annahmen untersucht werden (Brugnach & Pahl-Wostl 2008).

### Die Entstehung von Agenten des Wandels im Modell

Bürger und Bürgerinnen werden unter bestimmten Bedingungen zu Agenten des Wandels und nicht rein zufällig. Dies gilt auch für ihr Engagement. Möchte man also die Entstehung dieser speziellen Akteure in ein agentenbasiertes Modell einpflegen, dann muss man diese Entstehungsbedingungen gut kennen. Aus welchen Lebenslagen bilden sie ihre innovativen Ideen heraus? Welche Motive liegen vor, beziehungsweise auf welche Problemlagen ist die Innovation eine Antwort? Welche Konstellationen eines sozialen Netzwerks begünstigt dieses Phänomen? Nachhaltigkeitsaffinität etwa ist bei impliziten Agenten des Wandels kein vordergründiges Motiv.

Die Erkenntnisse aus der Feldforschung können letztlich keinen Zeitpunkt und singulären Grund für die Entstehung des innovativen Engagements benennen. Es blieben individuelle Einzelfälle, bei denen auch biografische Zufälligkeiten eine nicht zu unterschätzende Rolle spielten. Das Bild ist diffus. Es kann nicht davon gesprochen werden, dass die Motive sich stets aus globalen Zusammenhängen speisen und die Personen ab einer bestimmbaren erhöhten Informationsdichte über das Gefahrenpotenzial von Ressourcenknappheit oder Klimawandel begannen, aktiv zu werden. Das eigene gute Leben in einer Quartiersgemeinschaft wurde von den Engagierten genauso als treibende Kraft genannt wie die Mitwirkung an der Erreichung abstrakt gehaltener Ziele einer gesamten Region. Es lassen sich keine allgemeingültigen Aussagen über die Entstehungsbedingungen von Agenten des Wandels treffen. Diese sind nur für den jeweiligen Untersuchungsfall qualitativ beschreibbar.

### Wie integriert man ein solches Phänomen in ein agentenbasiertes Modell?

Zwar ist es in einem Modell in jedem Fall möglich, Agenten des Wandels »entstehen zu lassen«, diese Entstehung muss allerdings von expliziten Bedingungen abhängig gemacht werden. Die Entstehung eines Agenten des Wandels muss in einem agentenbasierten Modell schließlich als konkrete Wenn-dann-Regel festgelegt werden. Fehlen empirische Erkenntnisse bei

der Festlegung dieser Regel, so geschieht dies womöglich auf Kosten des Realismus des Modells.

Eine zur Empirie alternative Quelle der Modellierung wären dann erprobte Theorien. Im Kontext der Diffusion von Innovationen ist dies zum Beispiel die Theorie von Rogers (2003). Das Konzept des Agenten des Wandels hat eine Ähnlichkeit zu dem des Opinion Leaders bei Rogers. Dieser ist durch Überdurchschnittlichkeit in folgenden Eigenschaften charakterisiert: *externe Kommunikation, Zugänglichkeit, sozioökonomischer Status* und *Innovativität*. Diese Eigenschaften können dabei zum Beispiel als Faktoren verwendet werden, die es wahrscheinlicher machen, dass eine Person als Agent des Wandels auftritt. Bei diesem Vorgehen wäre die Modellierung wahrscheinlich darauf beschränkt, in einer Population eine zufällige Anzahl von Agenten des Wandels entstehen zu lassen. Welche Personen dies tendenziell wären, ließe sich dann zwar (qualitativ) im Einklang mit diffusionstheoretischen Ansätzen (etwa Rogers) modellieren. Jedoch bliebe deutlich unsicher, wie viele Agenten – und welche genau – für wie lange als Agenten des Wandels aktiv würden. Modellierung der Entstehung von Agenten des Wandels ist also zwar technisch möglich, jedoch mit fundamentaler Unsicherheit behaftet.

Es ist wichtig, solch ein abstraktes, relativ unsicheres Modell nur in dem Rahmen zu interpretieren, in dem es gültig ist. Ein agentenbasiertes Modell, das die Entstehung von Agenten des Wandels nur unsicher abbildet, sollte selbstverständlich nicht dazu verwendet werden, diese Entstehung vorherzusagen oder die Häufigkeit und Dauer ihrer Aktivität zu prognostizieren. Auch die Entstehung möglicher entgegengesetzter Initiativen lässt sich kaum empirisch gestützt abbilden.

Es kann jedoch trotzdem sehr nützlich sein, um andere Aussagen treffen oder Wahrscheinlichkeiten eingrenzen zu können: Angenommen, eine bestimmte Anzahl von Agenten des Wandels würde aktiv werden, so ließe sich mit einem Modell schätzen, welchen Effekt ihre Aktivität tendenziell hätte. Dieser Effekt kann schließlich von den modellierbaren (auf Rogers' Theorie basierenden) Eigenschaften von Opinion Leadern und den empirischen Erkenntnissen zu impliziten und expliziten Agenten des Wandels abhängen.

Insgesamt zeigt sich also, dass sich der Übertrag von Agenten des Wandels ins agentenbasierte Modell desto schwieriger gestaltet, je individueller das Verhalten dieser Personen ist. Dennoch erwies sich das Zusammenwirken von qualitativ-ethnologisch orientierter Methodik und agentenbasierter Modellierung als äußerst fruchtbar. Nur durch teilnehmende Beobachtung, Interviews, die auf Vertrauensverhältnissen beruhen (Girtler 2002, S. 147 ff.), und auch die Befragung des Umfelds des jeweiligen Agenten des Wandels können valide Daten erhoben werden. Die Gespräche mit dem sozialen Umfeld validieren die Aussagen des Agenten oder decken Widersprüche auf. Diese mit offenen und qualitativen Methoden erhobenen Daten lassen sich zu weiten Teilen qualitativ in agentenbasierte Modelle einpassen. Im Projekt haben wir dies konkret umgesetzt, indem Policy-Szenarien, die den Einfluss von Agenten des Wandels nutzen, im Simulationsmodell getestet wurden.

## 4.3 Verhalten ändern – zum Zusammenspiel von Nutzerexperimenten und agentenbasierter Modellierung

»Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen« – wie oft dieses (wohl am häufigsten Niels Bohr zugeschriebene) Zitat auch schon verwendet worden sein mag, es beschreibt doch die zentrale Forschungsfrage, vor der die Transformationswissenschaft steht. Zwar ist klar, dass Verhaltensänderung gerade im Bereich Gebäudeenergie einen wichtigen Beitrag zum zukünftigen Erreichen der Klimaziele leisten kann. Energiesparendes Verhalten kann den Gebäudeenergieverbrauch um bis zu 30 Prozent reduzieren und stellt die möglicherweise kostengünstigste Einsparoption dar, ohne allzu sehr Rebound-Effekte zu verursachen (Wood & Newborough 2003). Andererseits scheint nicht von vornherein eindeutig, wie sich dieses Verhalten in Zukunft unter der einen oder der anderen Politik entwickeln wird – oder welche Politikmaßnahmen am besten geeignet sind, energiesparendes Verhalten zu fördern.

Wie wichtig und hilfreich aber Szenarioaussagen über die Zukunft sein können, zeigen die Beispiele in den vorherigen Kapiteln. Die Prognose

etwa, ob umweltfreundliches Heizverhalten sich von selbst in einer Gesellschaft ausbreitet oder besser infolge intensiver Förderung von Maßnahmen, die dieses Verhalten adressieren, kann für Politik bereits heute sehr relevant sein.

### Interventionseffekte vorhersagen – aber wie?

Konkret interessiert uns zum Beispiel, ob zur Veränderung des Heizverhaltens (also Heizen und Lüften) ein »klassisches« Feedbackgerät besser geeignet ist als ein »transformationales Produkt« (Hassenzahl & Laschke 2015). Während Ersteres hauptsächlich Informationen über die Auswirkungen des eigenen Handelns (etwa die Veränderung der Raumtemperatur oder den Energieverbrauch) in konkreten Situationen anbietet, erzeugt Letzteres »Reibung«. Es versucht also, Gewohnheiten gezielt »aufzubrechen«, und beeinflusst die freie Entscheidung des Individuums somit deutlich stärker. Darüber hinaus stellt es auch Informationen bereit – allerdings viel konkreter auf eine bestimmte Situation bezogen (etwa Lüften) – und es versucht die nachhaltigere Handlungsoption mit emotionalen Motivationselementen und dem Bedienen psychischer Grundbedürfnisse (beispielsweise Nähe) attraktiv zu machen. Während ein einfaches Feedbackgerät die aktuelle Temperatur, die Luftqualität im Wohnraum samt dem einhergehenden Energieverbrauch anzeigt, würde ein denkbares transformationales Produkt etwa das Öffnen des Fensters durch »Reibung« schwieriger gestalten, wenn der $CO_2$-Wert, also die Luftqualität, noch im »grünen« Bereich liegt oder die Heizung nicht vorher ausgeschaltet wurde.

Eine wachsende Anzahl an Publikationen wagt solche Prognosen nun einfach, indem sie in randomisierten Experimenten den Effekt von Interventionen für ein energiesparendes Verhalten als simple Differenz misst (Osbaldiston 2013). Doch ist soziale Realität wirklich so einfach, dass man mithilfe erzeugter Effekte bei einigen Menschen in einigen Haushalten fast unter Laborbedingungen eine gleichartige künftige Entwicklung in ganzen Gesellschaften treffsicher vorhersagen kann?[24]

24 Die Frage ist insbesondere dann berechtigt, wenn man die Kritik von Angus Deaton, dem Wirtschaftsnobelpreisträger 2015, an der vermeintlichen methodischen Überlegenheit von Experimentaldesigns ernst nimmt (Deaton 2009).

Es stellt sich die Frage: Wie wertvoll ist die Vorgehensweise lediglich empirischer Beobachtung, wenn Politikinterventionen gestaltet werden sollen? Welchen Mehrwert haben in diesem Zusammenhang komplexe agentenbasierte Modelle? Und müssten sie nicht über die Ausbreitung der modellierten Technologien hinaus auch deren spezifischen Effekt, also das Energieeinsparpotenzial, genauer unter die Lupe nehmen?

Wir möchten diesen Fragen nachgehen, indem wir die Interaktion von empirischen Experimenten zur Verhaltensänderung und agentenbasierten Modellierung genauer beleuchten, konkret am Beispiel der Messung von Effekten verschiedener experimenteller Interventionen auf einzelne psychologische Variablen unterschiedlicher Menschen. Die gemessenen Ergebnisse aus dem Nutzerexperiment fließen in das Modell zur Abschätzung eines veränderten Heizverhaltens ein, welches die Diffusion der Produkte wie auch des veränderten Verhaltens in der Gruppe der modellierten Agenten abbildet. Die Integration der Nutzerexperimente (realer Feldexperimente in wenigen Haushalten) in ein Modell (hypothetisches virtuelles Experiment in vielen Haushalten) erlaubt es uns zu diskutieren, wie empirische Experimente von virtuellen profitieren und vice versa. Zwar werden an einigen Stellen konkrete Herausforderungen der Integration sichtbar, es lassen sich aber auch Schnittstellen identifizieren, an denen sich reales Experiment (die Empirie) und virtuelles Experiment (das Simulationsmodell) gegenseitig ergänzen.

## Wie empirische Experimente von virtuellen profitieren – Theorien als Voraussetzung für allgemeingültige Experimente

Angenommen, ein einfaches randomisiertes Experiment im Labor käme zu dem Schluss, simples Feedback wirke stärker. Wir würden eine simple Wahrscheinlichkeit von Verhaltensänderung als Handlungsempfehlung an die Politik weitergeben. Was aber, wenn nur Studenten am Experiment teilgenommen haben, deren Bedürfnis für Autonomie so hoch ist, dass sie das transformationale Produkt als zu einschränkend empfunden haben – in Wahrheit aber eine Mehrheit der Bevölkerung ihr Verhalten tatsächlich geändert hätte? Um das skizzierte Problem zu umgehen, sind zunächst Experimente mit einer repräsentativen Stichprobe notwendig. Noch immer

allerdings stünde man vor einem Problem, welches auch die zitierte Experimentalliteratur häufig nicht überwindet: Aus der simplen empirischen Beobachtung von experimentellen Effekten ergibt sich noch lange keine Vorhersage für die Zukunft.

In der Abwesenheit von strikten, monokausalen Zusammenhängen, wie sie für soziale Realität prägend ist, kann als bestmögliche Aussage über zukünftige Entwicklungen eine relative Prognose gelten – also eine Wahrscheinlichkeitsaussage. Wissenschaftshistorisch hat sich dabei die Konvention etabliert, solche Aussagen aus statistischen Modellen von kausalen Wirkungszusammenhängen zwischen Variablen abzuleiten – also aus einem (quantitativen) Modell. Wichtigste Annahme für die Vorhersage- oder Prognosekraft ist dabei, dass man zumindest prinzipiell so gute Beobachtungen (aus der Vergangenheit) besitzen könnte, dass damit die Zukunft zu einem großen Teil vorhersagbar wird. Woher wissen wir nun also, dass die Stichprobe tatsächlich repräsentativ gewesen ist – in den Merkmalen, die für die Effektgröße ausschlaggebend sind? Und wie sicher können wir darüber hinaus sein, dass nicht nur ein zufälliges Detail des Versuchsaufbaus die Effekte verursacht hat (oder eines, das in dem Versuch nicht berücksichtigt wurde) und in der Realität genau das Gegenteil eintreten würde? Wenn wir davon ausgehen, dass in der Vergangenheit beobachtete Wirkungszusammenhänge auch für die Zukunft einige Aussagekraft haben werden, müssen wir zuerst eine Theorie über diese Zusammenhänge aufstellen, um die Umstände zu kennen, unter denen künftig ähnliche Beobachtungen zu erwarten wären.

## Ein agentenbasiertes Modell macht Theorien empirisch überprüfbar

Ein agentenbasiertes Modell verkörpert solche Theorien. Es modelliert sehr spezifische theoretische Annahmen, die empirisch getestet werden können – in diesem Falle über die Mechanismen menschlichen Verhaltens wie auch die Wirkmechanismen verschiedener Interventionen. Grob zusammengefasst, definieren wir Verhalten als die von Mensch zu Mensch unterschiedliche Kombination zu Handlungen von verschiedenen Motivationen auf Individualebene, von denen etwa soziale Norm, rationale Werte,

aber auch psychische Grundbedürfnisse und Emotionen einige darstellen. In bestimmten Situationen treten dann spezifische Kombinationen dieser persönlichen Eigenschaften der Individuen zutage und erzeugen Handlungsmuster, von denen Gewohnheit eines darstellt. Demgegenüber verstehen wir Interventionen als das gezielte Verändern von außen, entweder dieser Eigenschaften oder des Nutzens, den Agenten entsprechend ihren Eigenschaften aus bestimmten Handlungsoptionen ziehen. Ein Feedback zur Luftqualität im Raum, etwa eine $CO_2$-Ampel, könnte in der spezifischen Situation »Lüften« die Option »Stoßlüften« attraktiver machen, wenn der Nutzer es lieber hat, die Ampel auf Grün zu halten.

Konkret wurde mit solchen psychologisch ausführlicheren Theorien das Modell von Jensen et al. (2015) um Anteile erweitert, die es ermöglichen, unterschiedliche Effekte verschiedener Kombinationen von Interventionen auf unterschiedliche Agenten zu modellieren. Wie und warum verändern welche Menschen ihr Verhalten? Dies geschieht im Wesentlichen auf Grundlage des »Consumat«-Modells (Jager et al. 2000): Entsprechend ihrer psychischen Eigenschaften erhalten Agenten einen bestimmten Nutzen aus einer bestimmten Verhaltensoption. Solange dieser Nutzen in einer bestimmten Verhaltensoption über einem Schwellenwert bleibt, wiederholen sie diese Option immer wieder. Agenten entscheiden sich anhand eines Optimierungsalgorithmus nur dann aktiv (neu), wenn sie den Schwellenwert unterschreiten. Sie sind also im Wiederholungs- oder Gewohnheitsmodus »gefangen«, auch wenn sich ihre Einstellungen dem wiederholten Verhalten gegenüber (langsam) ändern. Interventionen wie das transformationale Produkt könnten nicht nur Präferenzen verändern (womit vielleicht nach sehr langer Zeit der Schwellenwert unterschritten würde), sondern Agenten direkt in bestimmte Handlungsmodi »hineinzwingen« – indem sie Wiederholung »schwieriger« machen und eine aktive Entscheidung einfordern.

Die Zusammenführung verschiedener Theorien in einem solchen agentenbasierten Modell liefert uns damit sehr bestimmte Vorhersagen, welche in der Realität überprüft werden können – und zwar weit über eine simple experimentell gemessene Differenz zwischen Kontrollgruppe und Testgruppe hinaus. Wir wollen überprüfen, wie Menschen am besten ihr

Verhalten verändern. Einerseits kann man einfach ihr Verhalten stören, etwa durch Zurücksetzen erhöhter Raumtemperatur. Andererseits kann man an Emotionen und Normen ansetzen, um Wohlfühltemperaturen an energiesparendes Heizen anzunähern. Dann wollen Agenten ihr Verhalten bewusst ändern, aber sie müssen es nicht. Beispielsweise sagt das Modell vorher, dass sich Gewohnheiten auch bei großer Motivation für ein alternatives Verhalten nicht ändern, außer ein anderes kognitives Schema wird aktiviert – nämlich bewusstes Entscheiden im Gegensatz zu unterbewusster Wiederholung.

Weiterhin kann man annehmen, dass transformationale Produkte in besonderer Weise geeignet sind, gleichzeitig den Verhaltensmodus und Variablen für die bewusste Entscheidung zu verändern. Das agentenbasierte Modell beschreibt all diese Zusammenhänge quantitativ. Das Schätzen der jeweiligen Parameter und der zugehörigen Fehlerstatistiken erlaubt es, Aussagen darüber zu treffen, welche Eigenschaften Haushalte haben würden, bei denen bestimmte Interventionen besonders gut oder besonders schlecht wirken. Viel allgemeinere Hypothesen – über die Laborsituation hinaus – lassen sich testen.

Mit anderen Worten, im Gegensatz zum bloßen Experiment kann ein Modell in der Lage sein, Theorie so mit Empirie zu verbinden, dass die Komplexität der sozialen Wirklichkeit von Transformationsprozessen so weit als möglich berücksichtigt wird. Für den Beitrag eines Feedbackprodukts zum Erreichen der Ressourcen- und Klimaziele ist es etwa nicht unwichtig, ob dieses bei weiterer Ausbreitung einen viel geringeren Effekt haben wird, weil all diejenigen bereits erreicht wurden, die ohnehin kurz davor waren, ihr Verhalten zu ändern. Theorien helfen uns in diesem Fall, die entsprechenden Kontrollvariablen bei der Erklärung der Messergebnisse miteinzubeziehen und damit die konkrete Hypothese zu widerlegen, jenes Feedbackprodukt wäre »besser« als eine andere Intervention.

### Effizientere empirische Analyse durch Modellbasierung

Darüber hinaus erlaubt es agentenbasierte Modellierung, sich bei der empirischen Arbeit auf bestimmte entscheidende Muster zu konzentrieren.

So sagt das entwickelte Modell strukturell (unabhängig von den jeweiligen Parameterwerten) voraus, dass die Stärke, mit welcher die jeweilige Intervention von der Wiederholungsheuristik in die Entscheidungsheuristik hineinzwingt, die wichtigste Eigenschaft von Interventionen sein wird (»Sensitivität« der Verhaltensvariable). Es weist aber auch darauf hin, dass diese Stärke mit den Bedürfnissen der Agenten nach Autonomie in Konflikt kommen kann. Möglicherweise macht eine Intervention also gerade dadurch bereits vorhandene Motivationen für neues Verhalten vollständig zunichte.

Wir können also mittels des Modells besser verstehen, welche Wechselwirkung, welche Verstärkung und welche Konflikte sich zwischen der Intervention in Verhalten und der selbst motivierten Verhaltensänderung ergeben. Erleichtert eine Intervention von außen eine Verhaltensänderung, oder ist sie gerade kontraproduktiv? Dies ist dann leitend für das Design des Experiments beziehungsweise dessen Gruppen, die möglichst die maximal mögliche Varianz auf besonders diesen Interventionsvariablen abdecken sollten – damit genau solche Hypothesen valide untersucht werden können. Auf diese Weise erlaubt ein Fokussieren auf die Kalibrierung eines spezifischen Modells auch eine effiziente Gestaltung des Versuchsaufbaus, da im bestmöglichen Fall wirklich genau diejenigen Variablen gemessen werden, die für eine triftige Prognose notwendig sind.

### Gleichungssysteme vs. agentenbasierte Modelle

Doch worin liegt der Mehrwert eines solch komplexen agentenbasierten Modells gegenüber einem simpleren Gleichungssystem? In einer einfachen Gleichung könnte beispielsweise eine lineare Beziehung zwischen Verhaltensänderung und sozialer Norm beschrieben werden. Je höher die soziale Norm, je dringlicher also Freunde und Familie eine Verhaltensänderung nahelegen, umso eher wird auch das eigene Verhalten geändert. Damit könnten genauso die Wirkmechanismen hinter einem Experiment beschrieben werden. Viel Unsicherheit in der Modellformulierung ließe sich sparen, zudem wäre umgekehrt empirisch ein simpleres Vorgehen möglicherweise zu rechtfertigen, da viel weniger Variablen gemessen werden müssten.

Agentenbasierte Modelle können als besonders sinnvoll für den Bereich der Transformationswissenschaft angesehen werden, weil sie über die Möglichkeit verfügen, die Komplexität der sozialen Wirklichkeit innerhalb des Modells zu erklären, anstatt sie als bestimmte Variablen zu jedem gegebenen Zeitpunkt als von außen gegeben (also konstant) annehmen zu müssen: Elementar für Transformation ist etwa, dass sich die Eigenschaften der Individuen ändern, die ausschlaggebend für deren Verhalten sind – etwa durch Politikinterventionen. Mehr noch, es ist wahrscheinlich, dass Agenten nicht nur sehr unterschiedlich auf Interventionen reagieren werden, sondern dass sich Verhalten auf unterschiedlichen Wegen zwischen Agenten verbreitet – etwa als soziale Norm innerhalb individuell ganz verschieden aufgebauter Netzwerke. Über welche Intervention unterhalten sich die Menschen? Welche Intervention regt also nicht nur den Nutzer von Feedbackprodukten, sondern seine Freunde und Bekannten an, ihr Verhalten zu ändern? Hierfür stellen agentenbasierte Modelle einen besonders tief greifenden Versuch dar, das »Verstehen« der Komplexität sozialer Realität fruchtbar mit »Erklären« derselben mittels Theorien und Modellen zu kombinieren, um schließlich die Effekte von Politikmaßnahmen besser abschätzen zu können. Ein (einziges) Gleichungssystem, wie es sonst gerne in der empirischen Sozial- und Wirtschaftsforschung gelöst wird, hätte große Schwierigkeiten, solche von Agent zu Agent unterschiedlichen Dynamiken abzubilden.

## Wie Modelle von empirischen Experimenten profitieren

Empirie kann also von Modellierung profitieren. Umgekehrt könnten auch Modellierungsentscheidungen empirisch gestützt werden. Das Modell an Daten anzupassen folgt freilich der Annahme, dass »die Wissenschaft nichts ist als das Abbild der Wahrheit« (Bacon 1620). Ein solches Vorgehen fragt also nicht danach, ob überhaupt, sondern welcher Art empirischer Fundierung das bestmögliche »Abbild« der Realität bedarf, damit die von ihm gelieferten Szenarien als sinnvolle Grundlage für Politikinterventionen dienen können. Insbesondere wenn sie die Vielfalt menschlicher Eigenschaften, die für Ressourcen- und Energiekonsum relevant sind, ab-

bilden, können viele agentenbasierte Modelle allerdings nur für sehr beschränkte Intervalle der einzelnen Variablen überhaupt sinnvolle Muster erzeugen. Inwiefern kann also Heizverhalten besser erklärt werden, wenn komplexe Modelle zusätzlich an die Realität angepasst werden? Wir diskutieren dies im Folgenden anhand unseres Beispiels Heizgewohnheit, welches zunächst kurz erläutert wird.

### Modellierung von Gewohnheit

Besonders interessant für unser agentenbasiertes Modell von Heizverhalten ist die Modellierung von Gewohnheit. Zentral für Gewohnheiten ist, dass sie in bestimmten Situationen automatisiert ablaufen. Wie mit dem Schwellenwert im Modell dargestellt, können Menschen dadurch in Verhalten »gefangen« sein, die sie eigentlich (rational) gar nicht mehr unterstützen.

Erklärt werden kann dies unter anderem damit, dass in der gleichen Situation dasjenige Verhalten wiederholt wird, welches als befriedigend vor allem im Hinblick auf unsere grundlegenden Bedürfnisse, spontanen Reflexe und nicht zuletzt Emotionen empfunden wurde. Je häufiger nun ein Verhalten wiederholt wird, desto stärker spielen diese unbewussteren Motivationen etwa im Vergleich zu bewussteren Werthaltungen eine Rolle. Die aktuelle Handlungsoption ist also mit Nutzen aufgeladen. Damit wird einerseits das Ausbrechen aus dem Automatismus – also das Überwinden des Schwellenwertes – immer schwieriger. Andererseits aber würde dieser zusätzliche Nutzen auch bei einer bewussten Entscheidung zum Ausbruch aus der Gewohnheit noch fortbestehen – einfach aufgrund der stetigen Wiederholung des aktuellen Verhaltens erscheinen dann alternative Handlungsweisen weniger wertvoll.

Damit haben Gewohnheiten ihrerseits aber auch Auswirkungen auf die Agenten und deren (psychische) Eigenschaften. Menschen passen nachträglich ihre Werthaltung an ihr Verhalten an (»Dissonanzreduktion«; Festinger 1954). So könnte es sein, dass wiederholtes Stoßlüften einfach aufgrund einer recht starken Intervention (»Fenster kann überhaupt nicht mehr gekippt werden«) irgendwann dazu führt, dass sich die Einstellung der Agenten allein dadurch so weit dem Schwellenwert annähert, dass

schließlich ein umweltfreundliches Verhalten auch ohne die Intervention fortbesteht.[25] Das ist insbesondere deshalb so wichtig, da die Intervention sozusagen zum Lernen anregt und hilft, ein Verhalten auszubilden, für das es die Intervention am Ende gar nicht mehr braucht. Ihr Ziel ist es, sich selbst überflüssig zu machen. Im Hinblick auf eine ressourcenschonende Veränderung von Heizpraktiken ist dies eine sehr wertvolle Überlegung.

### Anpassung von agentenbasierten Modellen an Daten

Eine solche Theorie könnte nun verschieden abstrakt und komplex modelliert werden. Das denkbar einfachste Modell ist dabei eine simple Gegenüberstellung von Effekten, ohne die zugrunde liegenden Mechanismen zu berücksichtigen, also die beobachteten Veränderungen auch tatsächlich erklären zu können. Weiterhin könnte man eine einzige Funktion für alle Gewohnheitsprozesse definieren; sie würde mit steigender Anzahl an Wiederholungen der gleichen Verhaltensoption deren Nutzen erhöhen. Auch wäre eine Reduktion der Einflusskanäle von bestimmten Interventionen von vornherein denkbar: So könnte man bereits theoretisch ausschließen, dass »klassisches« Feedback über »rationale« Information überhaupt einen Effekt hat.

Hieran zeigt sich aber, dass solche rein theoretischen Formulierungen einer gewissen Willkür unterliegen: Ein Modell ist prinzipiell in der Lage, ein bestimmtes Verhalten auch (zufällig) zu reproduzieren, wenn die zugrunde liegenden Annahmen die Wirklichkeit nicht zutreffend beschreiben. Die Vorhersage könnte in diesem Moment zutreffen, allerdings morgen schon durch alle möglichen zugrunde liegenden, dann zufällig scheinenden Effekte über den Haufen geworfen werden.[26]

---

25 Für eine gute Übersicht der psychischen Mechanismen hinter Gewohnheiten siehe Verplanken und Wood (2006).

26 Man spricht in diesem Fall vom sogenannten Overfitting. Systematische Muster der Fehlerterme, die in einer Regression, also in einem einfachen Gleichungssystem, auf solche Probleme von unbeobachteter Heterogenität oder Endogenität hinweisen, beobachten wir in einfachen randomisierten Experimenten (ohne zugrunde liegende Modelle) nicht. Damit werden unbeobachtete Drittvariablen beschrieben, die sich eigentlich für den Effekt verantwortlich zeigen und die Kausalität, also die Richtung der Wirkung, umdrehen können.

In einem ersten Schritt hin zu mehr empirischer Fundierung ist es dagegen möglich, die Anpassung eines agentenbasierten Modells an empirische Muster mittels »Pattern-oriented Modelling« durchzuführen (Grimm et al. 2005). Parameterwerte und Modellstruktur eines agentenbasierten Modells können variiert werden, wobei geprüft wird, ob ein bestimmtes (beobachtetes) Verhalten durch das Modell erzeugt wird. In gewisser Hinsicht verbindet »Pattern-oriented Modelling« also die verallgemeinerten Daten aus empirischen Experimenten mit einer inversen Kalibrierung von Modellen. Diese Methode hilft also bei der Suche nach den abstrakten Modellregeln, welche die beobachtete Realität erklären können.

Damit nicht jedes beliebige agentenbasierte Modell dieser indirekten Kalibrierung gerecht werden kann, ist es wichtig, das »Eintreten« mehrerer empirischer Muster gleichzeitig zu reproduzieren. Würde nur eine Art von Beobachtung verwendet, so wären potenziell viele Modelle in der Lage, diese Zielgröße zu reproduzieren. Wäre diese Größe beispielsweise ein bestimmter Prozentsatz von Nutzern eines Produkts fünf Jahre nach dessen Markteinführung, dann wäre beinah jedes Diffusionsmodell durch Parametervariation geeignet, diese Muster wiederzugeben. Neben dem Prozentsatz der Nutzer könnten daher beispielsweise zusätzlich die Adoptionsgründe (Einfluss durch soziale Kontakte oder reine Information), die Zufriedenheit mit einem neuen Produkt oder die Länge der Produktnutzung empirisch erfasst und als Muster genutzt werden. Erst diese Menge an Mustern würde wirklich »filtern«, welche Modelle als mögliche Erklärungen der Realität infrage kämen. Modelle mit zu wenigen Freiheitsgraden (das heißt zu simplen Erklärungen) würden dann nicht mehr als mögliche Erklärungen akzeptiert.

Auch umgekehrt könnten überkomplexe Modelle bereits dadurch abgelehnt werden, dass sie die nötigen Muster nicht alle zu reproduzieren in der Lage sind. Das für unseren Fall des Heizens und Lüftens konstruierte, durchaus komplexe agentenbasierte Modell ist zunächst so allgemein gehalten, dass verschiedene Parameterwert-Kombinationen dasselbe Verhaltensmuster zur Folge haben könnten. Einer Verhaltensänderung etwa könnte eine Umgewichtung innerhalb der bewussten Entscheidung zugrunde liegen oder aber die Überwindung des Schwellenwertes zwischen

Wiederholungs- und Entscheidungsmodus. Die Überwindung des Schwellenwertes wiederum könnte sowohl aus einem niedrigen Schwellenwert folgen oder aber aus Eigenschaften des Agenten, die näher am Schwellenwert liegen.

Das hier skizzierte agentenbasierte Modell stellt also einen weiteren Schritt hin zu detaillierterer Anpassung von Modellen an Daten dar. Denn in unserem Fall ist zusätzlich zu strukturellen Modellentscheidungen (welches Abstraktionslevel reproduziert die empirischen Messungen am besten?) auch eine direkte Schätzung konkreter Parameterwerte aus den Daten möglich und sinnvoll. Es handelt sich dabei also um »Pattern-oriented Modelling« auf Parameterebene und damit oft um direkte Kalibrierung. Ein überkomplexes Modell könnte dann abgelehnt werden, wenn es nur die Gesamtverhaltensänderung erklärt – auf dem Niveau einzelner Funktionswerte (wie etwa der Zunahme des Gewohnheitsnutzens mit jeder Wiederholung) aber versagt. Umgekehrt reduzieren wir die Gefahr zu einfacher Modellstrukturen dadurch, dass zunächst sehr komplexe Funktionen (beispielsweise Schwellenwerte abhängig von allen Agenteneigenschaften) entsprechend der empirischen Signifikanz einzelner Zusammenhänge reduziert werden können. Insgesamt wird derart eine maximal mögliche Menge experimenteller Daten zur bestmöglichen Vorhersage von Verhalten eingesetzt.

## Beispiel Nutzerexperimente – Möglichkeiten und Grenzen des Zusammenspiels von Experiment und Modellierung

Doch wie sieht eine effiziente Strategie zur empirischen Unterfütterung eines solchen Modells aus? Im Folgenden möchten wir daher herausfinden, welche experimentellen Daten genau dafür vonnöten sind. Um den Effekt von Feedbackprodukten strukturell richtig und realistisch zu modellieren, wären hierzu eigentlich gemessene Zeitreihendaten erforderlich. Denn bereits ein Modell von individuellem Verhalten ohne Intervention wäre theoretisch darauf angewiesen, dasselbe Individuum mit verschiedenen Verhalten beobachten zu können. Statistische Verfahren erlauben es bis zu einem gewissen Grad, diese Differenz auch aus Querschnittsdaten

aus Umfragen zu errechnen. Wenn nun aber die Effekte von Interventionen gemessen werden sollen, wird dies schwieriger.[27]

Ideal für die Erhebung dieser Zeitreihendaten sind Feldexperimente. In diesen werden die Interventionen in real existierenden Haushalten getestet. Hier kann nun auch exakt abgeschätzt werden, wie schnell ein Effekt eintritt und ob und wann bestimmte Teilnehmer der Studie möglicherweise wieder in frühere Verhaltensmuster zurückfallen. Da gerade in der frühen Phase der Entwicklung solche Prototypen aber teuer sind und daher nur sehr eingeschränkte Stichproben generiert werden können, sind Feldexperimente mit neuen Interventionen nur eingeschränkt möglich. In unserem Falle war es möglich, einen Feedbackprototypen zu entwickeln und in den Feldtest zu bringen. Das Feldexperiment folgte dem Drei-Schritt-Design der Living-Lab-Forschung nach Liedtke et al. (2015). In einem ersten Schritt Insight Research wurden zwölf Haushalte in Bottrop und Oberhausen in Face-to-Face-Interviews nach ihren Heizgewohnheiten befragt (zu den Ergebnissen siehe Buhl et al. 2016, Baedeker, Hasselkuß & Buhl 2016, Liedtke et al. 2014)[28].

Die Beschreibungen der Interviewteilnehmer und Beobachtungen der Interviewenden im Insight Research waren Grundlage für die Prototypenentwicklung im zweiten Schritt (siehe Abbildung 11). Mithilfe von Erkenntnissen der Ästhetik der Reibung (Hassenzahl & Laschke 2015) wurde aus einer Reihe von Konzeptentwürfen, die durch vorherige Untersuchungen informiert wurden, ein Feedbackdesign entwickelt, das motivierende und intervenierende Elemente eines persuasiven und friktionellen, irritierenden oder transformationalen Feedbackgerätes vereint (Hassenzahl &

27 Selbst mit sehr großen Stichproben könnte man zwar zu jedem Individuum in der Kontrollgruppe ein (beinahe) exaktes »Match« finden, zwischen denen die Differenz messbar wäre. Allerdings würde dies nur für die tatsächlich gemessenen Kontrollvariablen gelten, womit wiederum ein »Kontrollproblem« der Kausalanalyse (unbeobachtete Drittvariablen) niemals vollständig auszuschließen wäre. Technisch ausgedrückt, will man also kontrollieren (das heißt sicher sagen können), welche Verhaltensänderung durch das Experiment erzeugt wurde und welche schon vorher vorhanden war, etwa durch bereits bestehende Verhaltensdispositionen wie eine generelle Offenheit für Veränderungen.

28 Die qualitative, tief gehende Befragung wurde von einer statistischen Analyse von Sekundärdaten zu Heizpraktiken der Umweltbewusstseinsstudie des Jahres 2012 flankiert (Rückert-John et al. 2013). Mit diesem »Mixed Methods Research« konnten die qualitativen Erkenntnisse zu Motiven und Einflussfaktoren für das Heizverhalten beziehungsweise der Bedeutung von Heizpraktiken quantitativ validiert werden.

Laschke 2015). Das Feedbackdesign informiert grafisch über Raumtemperatur und Luftfeuchte, es unterbricht das unreflektierte und nicht zielführende Lüften, obwohl die Heizung noch eingeschaltet ist, es gibt charmante Hinweise zu energetisch sinnvollerem Heizverhalten und stupst den Nutzer so in ein Raumklima, das eine Aushandlung zwischen persönlichem Wohlbefinden und allgemeinen energetischen Vorteilen sucht. Theoretisch ermöglicht die Kombination aus verschiedenen Feedbackebenen (motivierend und streng, allgemeine und individuelle Vorteile) eine möglichst effektive Verhaltensänderung unter Berücksichtigung des subjektiven Wohlbefindens von Menschen. Der technisch komplexe Prototyp wurde in drei Haushalten über mindestens vier Wochen im Feld getestet: Der Feldtest umfasste die Messung einer jeweils einwöchigen Baseline, einer zweiwöchigen Testphase mit Einsatz des Prototypen und einer einwöchigen »Debriefing«-Phase nach Entnahme des Prototypen, um kurzfristiges Zurückfallen in alte Heizgewohnheiten messen zu können. Über den gesamten Zeitraum wurden Raumtemperatur, Luftfeuchte sowie Lüftungszeiten gemessen. Zusätzlich wurden alle Haushalte bezüglich ihres Heizverhaltens und Erlebens zuvor und während des Feldtests interviewt. Der Feldtest hilft uns, neue Möglichkeiten der Intervention real (oder auch in situ) darauf zu überprüfen, ob Menschen und Haushalte ihr Heiz- und Lüftungsverhalten tatsächlich ändern. Genauso ermöglicht das Design eines Feldtests mit wenigen Teilnehmern eine nutzerzentrierte Prototypenentwicklung und damit eine effektivere Gestaltung von Feedbackprodukten. Denn Buchanan und Kollegen (2015) zeigen, dass nutzerintegrierte oder sorgfältig designte Feedbackprodukte den Nutzer in die Lage versetzen, ihre Gewohnheiten und Routinen besser zu verstehen und hinterfragen zu können.

Allerdings wissen wir nicht sicher, ob das bei anderen Menschen genauso funktioniert und welche Mechanismen noch für eine Verhaltensänderung ausschlaggebend sein könnten. Deshalb haben wir uns entschieden, das Feldexperiment mit wenigen Haushalten mit einem »Umfrageexperiment« zu ergänzen. Das Nutzerexperiment kombiniert also zwei Experimente – Feld- und Umfrageexperiment – in einem Living-Lab-Design, wie Abbildung 11 veranschaulicht. Das Onlineexperiment versucht die repräs-

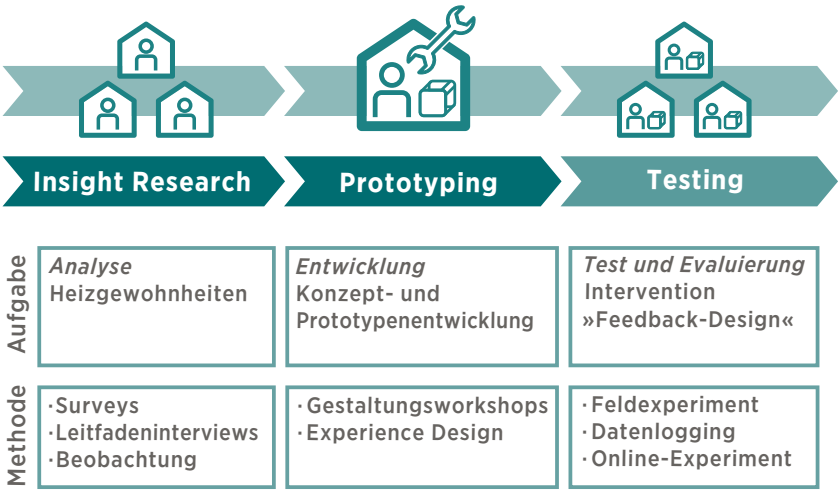



Abbildung 11: **Nutzerexperiment im Living-Lab-Design (Quelle: eigene Darstellung, basierend auf Liedtke et al. 2015, S. 111)**

sentative Stichprobe und die niedrigen Kosten pro Untersuchungseinheit einer Umfrage mit den Zeitreihendaten eines Experiments zu kombinieren. Mehrere hundert Versuchsteilnehmer wurden aus einem repräsentativen Pool an Probanden zufällig gezogen und ihre Teilnahme monetär vergütet. Die Versuchsteilnehmer nahmen anonymisiert und online am Experiment teil, damit ein sozial erwünschtes Antwortverhalten die Validität der Erhebungen nicht verzerrt.

Grundidee war, die grundlegenden Interventionsebenen (persuasive, friktionelle, aber auch zwingende und frei einstellbare Heizsysteme als Kontrolle) als Textvignetten in eine randomisierte Umfrage einzubauen und die Versuchsteilnehmer sowohl vor- als auch hinterher nach ihrem wahrscheinlichen Verhalten zu fragen. Denn nur in einem Umfrageexperiment lassen sich detailliert verschiedenste Kontrollvariablen (und deren Veränderung) zu Einstellungen, Persönlichkeitsdispositionen der Versuchsteilnehmer und Interventionsdimensionen erfragen. Im Gegensatz zum Feldexperiment verlässt man sich aber stets auf die subjektive Angabe der Teilnehmer, wie sie sich verhalten würden. Mehr noch, man misst

ihre hypothetische Reaktion auf die sprachliche Beschreibung eines ja von der Idee her greifbaren, viele Sinne stimulierenden, in bestimmten Situationen auftretenden Objektes. Diese Beschreibung lehnen wir an die Erfahrungen im Feldexperiment an, können aber nie mit Sicherheit sagen, ob beispielsweise die »Ironie«, mit welcher das transformationale Produkt Nutzerverhalten zurückspiegelt, in einer realen Situation auch so wahrgenommen worden wäre.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, dass in einem Survey beide Zeitpunkte, also vor und nach der Intervention, für jeden Versuchsteilnehmer innerhalb eines sehr kurzen Intervalls abgefragt werden. Leicht kann dabei durch das erste Abfragen die spätere Verhaltensreaktion (die sogenannte soziale Erwünschtheit oder Priming) oder aber durch die Verhaltensabfrage die spätere Antwort bei Persönlichkeitsmerkmalen verfälscht werden. Zum Beispiel interessiert uns, wie »aktiviert« die Teilnehmer in Bezug auf energiesparendes Verhalten sind. Geht es nur um Überwinden »schlechter« Gewohnheiten, oder müsste für eine Verhaltensänderung ein ganzes Wertesystem verändert werden? Fragen wir beispielsweise die Teilnehmer am Anfang der Umfrage danach, ob sie häufiger im Bioladen einkaufen, so ist es gut möglich, dass die Teilnehmer dann bei der späteren Verhaltensabfrage die Erwünschtheit »wittern« und anders antworten, als sie sich in der Realität verhalten würden. Fragen wir sie aber umgekehrt erst nach ihrem Verhalten in Reaktion auf die Beschreibung der Intervention, so sollte diese ja beispielsweise ihr Empfinden von Verhaltenskontrolle beeinflusst haben. Wollte man nun später den Basiswert ebendieser Kontrolle erfragen, wäre der notwendigerweise verfälscht.

Wichtige Strategien, um solche Bedenken so weit wie möglich zu zerstreuen, stellen unter anderem das Einbauen einer Kontrollgruppe dar (der Fragebogen erzeugt auch in dieser eine Verhaltensänderung, die man dann vom tatsächlichen Effekt subtrahieren kann) sowie das Abfragen bestimmter entscheidender Variablen auf viele verschiedene Weisen, um zufälliges Antwortverhalten ausschließen zu können. Neben die Schätzung der einzelnen Modellparameter und die derartige Überprüfung der Unterhypothesen und Einzeltheorien tritt schließlich zusätzlich eine globale Validierung der vom Modell prognostizierten Verhaltensänderung.

Aus der Kombination von Feld- und virtuellen Experimenten erwächst neben allen skizzierten Vorteilen aber nun eine zusätzliche Schwierigkeit: Viele der Modellparameter sind in der Realität hochgradig latente, also »versteckte« Konstrukte. Den Nutzen eines Individuums aus einem Verhalten direkt zu messen ist zwar möglich, aber es existieren konkurrierende Ansätze aus ganz verschiedenen wissenschaftlichen Schulen dazu, und der gemessene Wert wäre trotz empirischer Fundierung mit einer hohen Unsicherheit behaftet. Komplizierter noch gestaltet sich die Messbarmachung bei einem nicht nur »versteckten«, sondern im Modell auch noch aggregierten Parameter: Der Schwellenwert, welcher darüber entscheidet, ob Gewohnheit weiter stattfindet oder eine aktive Entscheidung getroffen wird, ist nicht nur den Individuen gar nicht bewusst. Der Schwellenwert kombiniert auch Anteile vieler verschiedener, mehr oder weniger gut beobachtbarer Persönlichkeitsdispositionen, wie etwa Verträglichkeit, das heißt der Offenheit und des Empathievermögens gegenüber anderen Menschen oder die Gewissenhaftigkeit, also die Genauigkeit oder Zielstrebigkeit des Einzelnen, und ähnliche, nur latent messbare Dimensionen.

Während prinzipiell auch hier die wichtigste Gegenmaßnahme darin besteht, zunächst direkt verschiedene Messskalen für jedes Konstrukt miteinander zu vergleichen, entsteht insgesamt die Gefahr, das Modell unnötig kompliziert werden zu lassen, es dafür aber näher an messbaren Konstrukten auszurichten. Dieser Gefahr versuchen wir zu begegnen, indem wir, wie beschrieben, zunächst von einer Vielzahl notwendiger Parameter ausgehen und diese dann durch statistische Analyse zu vereinfachen versuchen. Schließlich kann indirekte Kalibrierung durch Pattern-oriented Modelling auch hier durchaus ihren Beitrag leisten, indem sie innerhalb direkt gemessener Wertebereiche zusätzlich Unsicherheit reduziert – oder vergleichbare Resultate auch mit strukturell vereinfachten Modellen erzeugt. Es sei allerdings die Behauptung gewagt, dass durch diese Art der mehrgleisigen Anpassung des Modells an die Daten schlussendlich ein agentenbasiertes Modell entsteht, welches mehr mit der (zukünftigen) Realität zu tun haben wird als rein strukturell »bloß« vom Ergebnis her validierte »überkomplexe« Modelle.

Es entsteht eine mögliche Win-win-Situation schließlich darüber, dass agentenbasierte Modelle allgemeine Theorien über menschliches Verhalten oder die Wirkweise von Interventionen auf individueller Ebene modellieren mit dem Anspruch, dies ohne Komplexitätsverluste zu bewerkstelligen. Die im vorherigen Abschnitt besprochene Vereinfachung bestimmter Modellteile, Funktionen oder Vektoren weist an dieser Stelle nun einen allgemeineren Mehrwert auf. Sie bringt die Möglichkeit mit sich, spezifische und sehr komplexe Theorien mit geringer Reichweite zugunsten viel allgemeinerer Theorien verwerfen zu können. Reduktion könnte in diesem Zusammenhang als Wesen guter Theorien verstanden werden.

Zunächst könnten dabei Theorien in ihrem Erklärungsgehalt empirisch gegeneinander abgewogen werden. Zum Beispiel könnte es sein, dass sich Gewohnheiten überhaupt nicht aus dem komplexen Zusammenspiel psychischer Bedürfnisse einzelner Individuen erklären, sondern dass sogenannte Praktiken (im Sinne gleicher Gewohnheiten) alle anderen Variablen insignifikant werden lassen. Auch würde nicht nur eine strukturelle Modellentscheidung, sondern ein theoretischer Mehrwert über Heizverhalten hinaus daraus entstehen, wenn man zeigen könnte, dass beispielsweise der Schwellenwert, der Agenten zwischen verschiedenen Verhaltensmodi oder -heuristiken auswählen lässt, von Agent zu Agent und für alle verschiedenen Arten von Motivation derselbe ist. Dann wüsste man, ab welchem Punkt bei welchem Gewohnheitslevel die meisten Menschen wahrscheinlich gerade oder gerade nicht mehr für Interventionen überhaupt erreichbar sind.

Besonders interessant in Bezug auf die untersuchten Interventionen war für uns also, wie sich Interventionen vereinfachend klassifizieren lassen, und letztlich, welche Klassifikationsdimension am besten wirkt, um Gewohnheiten zu verändern. Dies könnte dann theoriebildend wirken, da eine derartige übergreifende Theorie, jedenfalls im Bereich von Gewohnheiten, bisher nicht existiert. Nach und nach wurden die wichtigsten Interventionsdimensionen isoliert, je nachdem, wie stark oder streng die Inter-

vention oder wie motivierend sie in das Verhalten eingreift. Auch hier könnte sich erweisen, dass individuelle Unterschiede eine untergeordnete Rolle spielen. Unser Nutzerexperiment legte beispielsweise nahe, dass personenübergreifend die entscheidenden Faktoren Motivation der Intervention für eine bestimmte Option in Kombination mit besonders starkem Eingriff (Strenge) in das Abspielen von feststehenden Wiederholungsmustern sind. Eine strenge Intervention allein kann kontraproduktiv wirken. Nachhaltigkeitspolitik könnte in diesem Fall ganz anders gestalten – wenn nämlich die Kostenstruktur eine nebensächliche Information auf lediglich rationalem Motivationslevel wäre. Simple Effekte aus randomisierten Experimenten könnten dann mit viel mehr Vertrauen in deutlich vereinfachte Modelle eingespeist werden (siehe Bettin et al. 2016).

Schließlich wäre unabhängig vom Zutreffen solcher Hypothesen eine weitere Feedbackschleife denkbar: Die Vorteile virtueller Experimente – etwa bei längerem Zeithorizont und großen Stichproben – könnten nutzbar gemacht werden. Erkenntnisse wie die über das Zusammenspiel bestimmter Interventionseigenschaften und ihrer psychischen Fähigkeit zur Ausbreitung in sehr großen Grundgesamtheiten könnten dann das Design neuer Interventionen bereichern. Beispielsweise könnte sich zeigen, dass ein geringerer individueller Effekt aufgrund geringerer Interventionsstärke für einen größeren Gesamteffekt sorgen würde, da die sozialen Verbreitungsqualitäten dann besser die Motivationen einer Mehrheit der interessierten Bevölkerung treffen. Schon heute scheint dabei jedoch deutlich, dass existierende Interventionen durch ein jeweils bestimmtes Zusammenspiel von Variablen gekennzeichnet sind. Wiewohl es wünschenswert wäre, als Ergebnis der virtuellen Experimente wiederum passgenaue Interventionen zu konstruieren, stellten wir im Nutzerexperiment genauso fest, dass Interaktionseffekte dieser Variablen solch eine Konstruktion vorerst wohl nicht ermöglichen; zu unterschiedlich wirken die Dimensionen Stärke und Motivation auf unterschiedliche Menschen mit unterschiedlichen Persönlichkeitsdispositionen (Bettin et al. 2016).

Darüber hinaus können wir »Fundamentale Unsicherheit« (Keynes 1936) trotz allem niemals von uns weisen. Wir sollten nie annehmen, dass vergangene kausale Mechanismen die Zukunft hinreichend genau beschreiben

können. Letztendlich aber sind die Stärken von Umfragen (Repräsentativität) und Feldexperiment (tatsächlicher Effekt) mit virtuellen Experimenten so kombinierbar, dass angesichts vorherrschender Komplexität bestmögliche Vorhersagen zur Wirksamkeit von nachhaltigen Politikinterventionen erzeugt werden. Ein derartiger methodischer Ansatz kann dann für sich beanspruchen, auch theoretisch die Welt der Verhaltensänderung besser zu begreifen.

## 4.4 Modellierung eines ökologischen Dilemmas: Energie versus Ressourcen

Die transformative Forschung will dazu beitragen, konkrete Veränderungsprozesse zu katalysieren. Dem normativen Inhalt entsprechend, sollen die Veränderungen im Sinne einer nachhaltige(re)n Gesellschaft sein. Dabei kann es aber passieren, dass die Entwicklung von Lösungen, technischen und sozialen Innovationen in einem Bereich der Nachhaltigkeit unterstützt wird, die in einem anderen Bereich negative Nebenwirkungen entwickeln. Man redet dann von Problemverlagerung.

### Problemverlagerungsrisiko

Nehmen wir zur Illustration ein gängiges Beispiel außerhalb des EnerTrans-Ruhr-Kontexts: Um 2005 herum wurde eine Transformation in Gang gesetzt. Die Politik forderte einen Mindestgehalt an »Biokraftstoffen« (Biosprit und Biodiesel) an den Tankstellen. Wirtschaftlich wie auch im sozialen Bereich und für die Umwelt – überall hatte man sich Vorteile erhofft: Die Landwirtschaft könnte einen neuen Absatzmarkt entwickeln, die bestehenden Tankstellen könnten bleiben. Die Verbrennung von Biosprit und Biodiesel verursacht zwar Kohlendioxidemissionen, aber diese werden kompensiert durch die Pflanzen (»nachwachsende Rohstoffe«), die wiederum in Biokraftstoffen verarbeitet werden. Annähernd ein Nullsummenspiel also, anders als bei der Verbrennung von fossilen Kraftstoffen. Wenn der Sprit auf einmal »sauberer« würde, müssten Automobilhersteller sich weniger bemühen, sparsamere Motoren zu bauen, und alle könnten mit gutem Gewissen weiter Auto fahren. Inzwischen sind Biodiesel und Bioethanol

zu Milliardengeschäften geworden. Der Rest aber ist schiefgelaufen und die Nebenwirkungen dramatisch.

Nicht zuletzt die wachsende Nachfrage nach Biodiesel hat zu einer massiven Ausdehnung von Palmölplantagen vor allem in Südostasien geführt. Dabei gehen Biodiversitätsschätze verloren. Eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten verliert ihren Lebensraum. Auch Menschen werden – teilweise mit Gewalt – vertrieben, um Platz für die Plantagen zu machen. Durch die Verbrennung der Urwälder und die Verarbeitung der Torfböden werden bis zu zwanzigmal mehr Treibhausgase als mit fossilbasiertem Diesel freigesetzt. Die Problemverlagerung ist inzwischen als solche anerkannt. Aber die politisch beförderte Entwicklung hat sich längst verselbstständigt. Zertifizierungssysteme, die vorgeben, dass die Energiepflanzen nur auf bestehenden Ackerflächen angebaut werden dürfen, sind leider keine Lösung. Denn werden Energiepflanzen auf bestehenden Ackerflächen angebaut, muss die bis dato auf dieser Fläche stattfindende Landwirtschaft woanders Platz finden, wofür wiederum Wälder gerodet werden – ein Dominoeffekt.

Es gibt eine ganze Reihe von Beispielen – technische wie auch soziale Innovationen im Umgang mit Technologie –, bei denen eine fehlende umfassende Technikfolgenabschätzung zu Problemverlagerungen geführt hat. Und das auch, wenn – wie im oben genannten Beispiel – die Intention ursprünglich eine andere war. Auf einen Nenner gebracht, lassen sich diese Entwicklungen mit »gut gedacht, schlecht gemacht« beschreiben.

### Die Wärmewende

Wie bereits beschrieben, ging es im EnerTransRuhr-Projekt konkret um Klimaschutz durch entweder die energetische Sanierung von Gebäuden oder den Einsatz verhaltensändernder Feedbackprodukte. Für den ersten Fall wurden Entscheidungen von Eigenheimbesitzern für oder gegen energetische Sanierungsmaßnahmen an ihren Häusern modelliert (Friege 2016). Im zweiten Fall wurden Verhaltensänderungen im Heizen und Lüften durch transformationale Produkte untersucht (Jensen, Holtz & Chappin 2015; Jensen et al. 2016). Zudem wurde in beiden Fällen die Verbreitung von Maßnahmen, Geräten und Verhalten modelliert.

**BOX 8**

## Gespräche unter Nachbarn

Wir haben bereits festgestellt, dass Menschen sich unterschiedlich verhalten. Was für den einen normal erscheint, mag auf den anderen verrückt wirken, auch bei so Alltäglichem wie Heizen und Lüften.

Diese Zeilen werden im Laufe des Winters 2015/16, der für Deutschland als sehr mild in die Statistik eingehen wird, verfasst. Die Wohnung eines der Autoren wurde in diesem Winter noch nicht beheizt. Wieso? Weil die Temperatur in der Wohnung bisher noch nicht unter 18 Grad Celsius gesunken ist. »Wie bitte?« ist in etwa die Reaktion der Nachbarn, die in der Regel mindestens 20 Grad Celsius in der Wohnung haben. Das vorbildlich energiesparende Verhalten des Autors zeigt (bisher) keinerlei »Spill-over Effect«. Selbst vom Argument, dass man abends auf dem Sofa beim Filmegucken unter einer Decke kuschelt, ist kaum einer begeistert. Vielleicht wären dabei transformationale Produkte hilfreich.

Aber dass die Temperatur trotz mangelnder Heizung auch nachts nicht unter 18 Grad Celsius sinkt, weckt doch Interesse. Die nagelneuen Fenster mit Dreifachverglasung sind daran wesentlich mit schuld. Grund genug für einige Nachbarn, ernsthaft zu überlegen, ob sie nicht auch neue Fenster bräuchten.

Beim Autor wurde die Entscheidung über die Fenster beim Einzug getroffen: Wenn schon sowieso Chaos herrscht, weg mit den alten Fenstern, die keine vernünftige Wärmeisolierung darstellten. Die Nachbarn wohnen aber schon länger im dreistöckigen Mehrfamilienhaus und kalkulieren eher mit Kosten-Nutzen-Analyse. Sie haben es auch lieber gemütlich als umständlich und warten eher auf die nächste große Renovierungsbaustelle, um zwei Fliegen mit einer Klappe zu schlagen. Die Fassade des Hauses zum Beispiel wird irgendwann in der kommenden Dekade saniert werden müssen – wenn strukturelle Schäden nicht früher auftauchen.

Damit ging es auch um eine weitere potenzielle systemische Problemverlagerung: Eine laufende Diskussion befasst sich mit der Frage, ob durch Maßnahmen zur Einsparung von Energie und Emissionen im Gebäude-

bereich (unter anderem durch Dämmung, Feedbackprodukte) entweder keine negativen Trade-offs entstehen oder ob mehr Energie für die Herstellung von Dämmmaterialien gebraucht werde, als hinterher mit der Dämmung eingespart werden könne. Zudem seien sie ressourcenintensiv und verursachen zusätzliche künftige Abfallströme. Entstehen keine negativen Trade-offs, besteht auch kein Problemverlagerungsrisiko. Stimmt aber die andere Meinung, könnte das gegebenenfalls höchst relevant werden, wenn es um die Wärmewende in Deutschland geht: die Transformation des Wärmebedarfs im Gebäudebestand. Der zweite Fall würde nämlich bedeuten, dass Heizenergie und die damit verbundenen Emissionen in Deutschland nur gespart werden könnten, wenn erhebliche Energie- und Ressourcenverbräuche zur Herstellung der Dämmstoffe (möglicherweise in anderen Weltregionen) verursacht würden. Das Problem könnte also gegebenenfalls geografisch und ökologisch verlagert werden. Dazu stimmt immer (es ist kein Naturgesetz per se, aber so gut wie): Aus der Natur extrahierte Rohstoffe (welche auch immer), die in die menschliche Gesellschaft einfließen (die »Anthroposphäre«), müssen irgendwann als Abfall (dazu zählen sowohl Feststoffabfall als auch Luft- oder Wasseremissionen) wieder raus in die Natur. Recycling ist gegebenenfalls ein Weg, um die Stoffe länger in der Anthroposphäre zu behalten, aber nicht auf Dauer. Das Problem könnte also auch zeitlich und ökologisch verlagert werden. Man muss sich aber auch vor Augen halten, dass man ja nicht nur Öl, Gas oder Strom einspart, sondern auch die ganzen (unter anderem energetischen) Rohstoffe der Produktionskette.

### Politische Relevanz

Nochmals betont: Dieser Frage einer potenziellen Problemverlagerung muss sich die Transformationsforschung offen stellen. Hier stehen wir vor dem Dilemma: Energiesparen kontra Ressourcenverbrauch und Abfallgenerierung. Eigenheimbesitzer machen sich üblicherweise darüber weniger Gedanken als über die Kosten einer Maßnahme (meist interessiert es Autofahrer auch nicht, welcher Biodieselanteil der Sprit an der Zapfsäule hat und was das für Folgen anderswo auf dieser Welt hat). Politik und Wissenschaft müssen sich aber wohl damit auseinandersetzen. Deutsch-

land hat zwar starke politische Rahmenbedingungen in den Bereichen Klima und erneuerbare Energien etabliert, hat aber auch begonnen, Ressourceneffizienz und Ressourcenschonung prominent auf die politische Agenda zu bringen. Die Ressourcenfrage gewinnt in Europa und weltweit an politischer Bedeutung.

Die Entwicklung der deutschen Ressourcenpolitik vollzieht sich im Kontext europäischer und internationaler Aktivitäten, die die Steigerung der Ressourceneffizienz zum Thema haben. So wird mit der Leitinitiative »Ressourcenschonendes Europa« der Strategie Europa 2020 und dem darauf basierenden »Fahrplan für ein ressourcenschonendes Europa« die Vision eines nachhaltigen Europas bis zum Jahr 2050 umrissen und hat damit erheblich an Dynamik und Bedeutung gewonnen. Relativ neu (auf dem G7-Gipfel 2015 in Elmau) wurde unter Federführung Deutschlands die »G7-Allianz für Ressourceneffizienz« gegründet. Anfang 2012 wurde das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm »ProgRess« beschlossen, das derzeit fortgeschrieben wird. In seiner ersten Phase (ProgRess I) wurde es mit dem Ziel implementiert, die Nutzung und Entnahme von natürlichen Ressourcen nachhaltig zu gestalten. Demnach soll sich das Wirtschaftswachstum vom Einsatz natürlicher Ressourcen weitgehend entkoppeln und dadurch die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gestärkt werden. Die zweite Phase (von 2016 bis 2020, ProgRess II) steht vor der Tür. Die (vorläufigen) Leitideen bleiben auch bei ProgRess II unverändert: die ökologischen Notwendigkeiten mit ökonomischen Chancen und Innovationsorientierung sowie soziale Verantwortung verbinden, die globale Verantwortung als zentrale Orientierung der nationalen Ressourcenpolitik sehen, die Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger machen, die Kreislaufwirtschaft weiterentwickeln und ausbauen und die nachhaltige Ressourcennutzung durch gesellschaftliche Orientierung auf qualitatives Wachstum langfristig sichern. Für die Weiterentwicklung des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms, das unter anderem die Senkung der absoluten Materialverbräuche aufgreift, sind aus verschiedenen Studien Gestaltungsmerkmale einer erfolgreichen Ressourcenschonungspolitik abgeleitet worden. Absolute Ziele zur Verringerung des Materialverbrauchs, wie es sie für klima-

gefährliche Treibhausgasemissionen bereits gibt, wären hier ein großer Schritt. Last, but not least tauchen mittlerweile abfallbezogene Konzepte wie Abfallvermeidung prominent auf: unter anderem in der europäischen Abfallrahmenrichtlinie und im deutschen Kreislaufwirtschaftsgesetz als oberste Priorität der sogenannten Abfallhierarchie.

Unterm Strich gilt Folgendes: Der weltweite Materialverbrauch hat sich in den letzten 30 Jahren verdoppelt und könnte es voraussichtlich bis 2050 mit einer auf bis zu zehn Milliarden Menschen gewachsenen Weltbevölkerung noch einmal tun. Ein solches Niveau des Ressourcenverbrauchs ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit aus ökologischer, wirtschaftlicher und sozialer Perspektive nicht nachhaltig. Damit wird deutlich, dass eine große Herausforderung darin besteht sicherzustellen, dass Maßnahmen für die Energiewende der Ressourcenwende keine Knüppel zwischen die Beine werfen. Und umgekehrt. Im Sinne der transformativen Wissenschaft bieten entsprechende Erkenntnisse die Chance, Veränderungsprozesse zu unterstützen oder zu hindern. Je nachdem.

## Eckpunkte einer Vorgehensweise

Wie aber lassen sich Zielkonflikte, Problemverlagerungen und Synergien erkennen und in Handlungen übersetzen? Ein einziges einheitliches Vorgehen gibt es nicht. In der Regel wird eine Modellierung angewandt, die für den spezifischen Kontext und die spezifische Fragestellung anstrebt, wissenschaftlich fundierte Empfehlungen zu entwickeln. Das bedeutet im Grunde, dass man auf die Einzelheiten achten und gleichzeitig das Gesamtbild im Visier behalten muss. Dabei sind auch folgende zwei Eckpunkte unbedingt zu beachten. Erstens soll der gesamte Lebenszyklus der energiesparenden und ressourcennutzenden Produkte, Dienstleistungen oder Maßnahmen unter die Lupe genommen werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass Problemverlagerungen über geografische und/oder zeitliche Grenzen mitberücksichtigt werden. Zweitens soll die Dynamik des zu lösenden Problems mindestens anerkannt, besser in die Modellierung des Systems integriert werden. Es ist unabwendbar, dass die ökonomischen, technologischen, gesetzlichen, demografischen Rahmenbedingungen des Problems sich in der Zukunft ändern werden. Wenn die

künftige Wärmeenergie (die eingespart wird) und der künftige Strom (der unter anderem in die Herstellung von energieeffizienten Produkten einfließt) im Schnitt aus anderen Quellen herkommen, kann dies Folgen für die Nettobetrachtung des Dilemmas Energie versus Ressourcen haben.

Nehmen wir nun ein Beispiel aus dem Projekt EnerTransRuhr, das zeigt, welche konkreten Schritte den im letzten Absatz skizzierten Rahmen füllen können. In einem Fall aus dem Projekt ging es um die energetischen Sanierungsentscheidungen von Eigenheimbesitzern im Ruhrgebiet und deren Implikationen für Energie- und Ressourcenverbräuche. Das detaillierte agentenbasierte Modell von Friege (2016) bildet das Verhalten von Eigenheimbesitzern gegenüber Sanierung ab. Das Modell liefert für jeden Eigenheimbesitzer (die »Agenten«) in einer simulierten Stadt jährliche Sanierungsentscheidungen differenziert nach Gebäudetypen und Bauteilen. Wir reden hier von einer virtuellen Welt mit über 1.400 Einwohnern (die simulierten Eigenheimbesitzer), die in achtzehn verschiedenen Haustypen (Einfamilien- und Reihenhäusern) aus verschiedenen Baujahren wohnen. Für jedes Haus kann der Eigentümer und Bewohner jedes Jahr entscheiden, ob er oder sie einen oder mehr von insgesamt vier Bauteilen (Außenwände, Kellerdecke, Dach, Fenster) energetisch sanieren lassen will (das heißt entweder dämmen oder neue Fenster einbauen). Anlässe dazu könnten zum Beispiel sein, dass das Haus gerade erworben wurde, oder das Dach muss wegen struktureller Schäden ohnehin abgetragen werden. Eine Reihe von Inputparametern (wie zum Beispiel die grundsätzliche Haltung einzelner Eigenheimbesitzer dem Dämmen gegenüber) können variiert werden, und so können verschiedene Szenarien erzeugt werden. Dieses Vorgehen erlaubt, wie gewünscht, eine detaillierte Betrachtung (einzelner Sanierungsentscheidungen) und schafft nach einer Aggregationsstufe ein Gesamtbild (Durchschnittssanierungsquote).

Um es noch konkreter zu machen, sehen wir uns Agenten #377s8a-0.1 genauer an. Aufgelöst bedeutet die Bezeichnung Folgendes: #377 steht für die Agentennummer 377 aus dem 8. Simulationslauf (s8) im Szenario »attitude -0.1«, das heißt mit einer insgesamt durchschnittlichen negativen Haltung aller Agenten gegenüber energetischer Sanierung. Der Einfachheit halber nennen wir den Agenten #377s8a-0.1 die Müllers. Die Müllers besit-

zen ein Einfamilienhaus, Baujahr 1978. Energetisch gesehen, ist das Haus in folgendem Zustand: Das Dach und die Kellerdecke wurden zwischen dem Baujahr und 2007 (hier fängt unsere Simulation an) etwas gedämmt. Die Außenwände und die Fenster wurden – energetisch betrachtet – nicht angetastet und erbringen deshalb im Jahr 2007 dieselbe »Dämmleistung« wie beim Bau. Die Müllers sind also ein Haushalt von vielen in unserem Modell. Was sie mit ihrem Haus im Laufe der Simulationszeit unternehmen, werden wir noch sehen.

Das agentenbasierte Modell ist nur ein Teil der Geschichte. Es kann allein stehen und Erkenntnisse für eine Reihe von Fragestellungen liefern, aber das Energie-Ressourcen-Dilemma gehört nicht dazu. Das agentenbasierte Modell ermittelt nämlich keine Daten zu der Energieeinsparung und dem Materialverbrauch (zum Beispiel für die neue Dämmung oder Fenster). Diese sind aber notwendig, um die Nettoenergie- und -ressourceneffekte zu berechnen. Diese Effekte erlauben wiederum eine fundierte Auswertung des Energie-Ressourcen-Dilemmas für den vorliegenden Fall. Um diese »Lücke« füllen zu können, wird das vom Wuppertal Institut entwickelte Modell »HEAT« (Household Energy and Appliances Modelling Tool) eingeschaltet (Soukup, Hanke, Viebahn 2012). Mit HEAT können auf der Wärmeseite zahlreiche gebäudeseitige Einsparmaßnahmen detailliert in Bezug auf ihre direkten energetischen Auswirkungen (eingesparte Wärmeenergie), ihre direkte Materialeinsätze (etwa Dicke der Dämmung) sowie ihre Kosten modelliert werden. Fünf Dämmstoffe und sechs Energiestandards werden betrachtet. Dies, multipliziert mit der Anzahl der Agenten, Haustypen, Bauteile, Dämmstoffe und Energiestandards, ergibt eine Menge potenzieller Einzelfälle, die aber weiterhin extrahierbar (detaillierte Betrachtung) sowie aggregierbar (das Gesamtbild) sind.

Zurück zu den Müllers. Sie sind inzwischen nicht umgezogen. Sie haben sogar einiges an ihrem Haus gemacht. Und zwar (Erinnerung: Es ist eine Simulation, also virtuell): Im Jahr 2011 wurden die Außenwände gedämmt, 2025 die Kellerdecke, 2030 das Dach, und 2039 werden die Fenster getauscht (2050 hört die Simulation auf). Mit jeder energetischen Sanierungsmaßnahme reduzieren die Müllers ihren Wärmebedarf. Am Ende der Simulation ist er fast um die Hälfte gesunken. Im Klartext: Am Ende

der Simulationsperiode würden die Müller jedes Jahr fast zweimal so viel Wärme verbrauchen, hätten sie ihr Haus nicht gedämmt. Über die ganze Laufzeit wurde rund ein Viertel der Heizenergie eingespart (am Ende der Periode ist die jährliche Einsparung höher, da die Effekte der verschiedenen Maßnahmen additiv sind). Die Renovierungsmaßnahmen waren allerdings nicht umsonst, nicht nur im finanziellen Sinne. Die Dämmstoffe für das Dach, die Außenwände und die Kellerdecke und die neuen Fenster betragen nämlich zusammen einen Materialeinsatz von etwa vier Tonnen (im Durchschnitt; je nach angewandten Materialien schwankt das Ergebnis zwischen circa 2,5 und sieben Tonnen).

Mit dem oben beschriebenen zweiten Modul und dem Beispiel dazu könnte man denken, dass man alles hat, um die Fragestellung zu beantworten: eingesparte Heizenergie und Dämmstoffmenge. Es fehlt aber noch ein sehr wichtiger Aspekt: die Lebenszyklusperspektive. Die eingesparte Heizenergie wäre aus irgendeinem Energieträger erzeugt worden. Dieser Energieträger selber, dessen Aufarbeitung, Transport usw. kann man auf die Extraktion von Primärrohstoffen zurückführen. Dasselbe gilt für die Dämmstoffe und energieeffizienten Fenster: Ressourcen und Energie werden für die Herstellung und später die Entsorgung benötigt. Um eine ganzheitliche Betrachtung der Energie- und Ressourceneffekte zu gewährleisten, müssen also noch indirekte Ressourcen- und Energieverbräuche über den Lebenszyklus der Sanierungsmaßnahmen betrachtet werden. Dies leistet ein Stoffstrommodell, das konkret aus konsistenten Lebenszyklusmodellen von Energieeinsparung und energetischen Renovierungsmaßnahmen besteht. Nach wie vor können Energie und Ressourcen in einzelnen Fällen oder in der Gesamtheit über die ganze simulierte Welt gegenübergestellt werden.

Was heißt das für die Müllers? Sie haben etwa vier Tonnen Dämmstoffe und Fenstermaterialien für die energetischen Renovierungen eingesetzt. Wenn aber alle Materialverbräuche entlang des Lebenszyklus (insbesondere für die Produktion) der Dämmstoffe und Fenster betrachtet werden, sind es über 30 Tonnen (ein mittlerer Wert, der je nach Material zwischen 20 und 55 Tonnen schwankt). Vor allem sind die Fenster daran schuld, die aufwendiger als Dämmplatten herzustellen sind. Und dennoch: Die eingesparte Heizenergie hätte mindestens 86 Tonnen Materialverbräuche ver-

ursacht (mit einem effizienten Brennwertkessel; andere Heizungssysteme hätten noch höhere Werte). Im vorigen Schritt versuchten wir noch Äpfel (Energieeinsparung) mit Birnen (Materialverbräuche) zu vergleichen. Mit diesem Schritt haben wir nur noch Birnen. Und es zeigt sich, dass die energetischen Sanierungsmaßnahmen der Müllers am Ende mehr Birnen einsparen, als sie verbrauchen.

Ist damit unsere Frage nach der Problemverlagerung nun beantwortet? Nicht ganz. Uns interessiert eine langfristige Transformation im Gebäudebereich. Das bedeutet auch, dass die Dynamik des rahmengebenden Systems berücksichtigt werden muss. Wir haben verschiedene Szenarien für die Energiewende betrachtet, wie beispielsweise das offizielle Szenario des Bundesumweltministeriums (dabei geht es Richtung 100 Prozent erneuerbare Energien im Jahr 2050: Repenning et al. 2015) und das offizielle des Bundeswirtschaftsministeriums (etwas konservativer: Schlesinger et al. 2014). Mit solchen Szenarien werden unsere Agenten, Gebäude, hergestellten Dämmstoffe, eingesparte Wärme in einem sich wandelnden System eingebettet.

Doch was genau heißt das für die Maßnahmen der Müllers? Im letzten Schritt, bei dem wir gesagt haben, dass vier Tonnen Dämmstoffe und Fenstermaterialien in der Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus circa 30 Tonnen Material entsprechen, haben wir leicht geschummelt. Verschwiegen wurde die Annahme, dass die Dämmstoffe oder Fenster im heutigen Produktionssystem entstehen würden. Das tun sie aber nicht: Die Müllers werden 2039 neue Fenster einbauen. Für die gilt, ebenso wie für die eingesparte Wärme: Ihre Produktion wird in der Zukunft durch veränderte (und vermutlich effizientere) Prozesse andere Materialentnahmen verursachen als heute. Die relevante Frage ist nun: Könnte es sein, dass die energetischen Sanierungsmaßnahmen der Müller unter Betrachtung des sich ändernden Systems weniger Birnen (sprich: Materialverbräuche) einsparen, als sie verbrauchen?

Nehmen wir einen Extremfall, um dies zu beurteilen. Unter der Annahme, dass die Stromversorgung Deutschlands über die ganze Simulationsperiode auf 100 Prozent erneuerbaren Energien basieren würde (was das Ziel der Energiewende am Horizont 2050 ist): Der Rohstoffeinsatz der

Stromproduktion würde drastisch sinken. Warum? Weil heutzutage Braun- und Steinkohle fast die Hälfte der Stromproduktion und über 90 Prozent von dessen Rohstoffeinsatz ausmachen. Infolgedessen würde der gesamte Materialaufwand der Renovierungen bei den Müllers um 20 bis 80 Prozent sinken, weil die Vorketten frei von Kohlestrom wären. Mit selbiger Argumentation würde die Wärmevorbereitung auch davon profitieren (allerdings etwas weniger, da Strom in der Vorkette eine etwas geringere Rolle spielt). Am Ende aber bleibt es bei dem Ergebnis aus dem letzten Schritt: Die energetischen Sanierungsmaßnahmen der Müller sparen am Ende mehr Material ein, als sie verbrauchen.

Zusammengefasst: Die Integration der drei Modellansätze »Agentenbasiertes Modell Eigenheim«, HEAT und Stoffstrommodell ergibt das in sich konsistente Ressourcenmodell »RessMod«. Ergänzt durch Energiewendeszenarien, können damit die Wechselwirkungen zwischen Sanierung (Ressourceneinsatz) und Wärmenergieeinsparung (Ressourceneinsparung) quantifiziert werden. Kurz gesagt, haben wir in unserem Fall gefunden, dass energetische Renovierungsmaßnahmen nicht mehr Ressourcen verbrauchen, als sie durch sinkenden Wärmebedarf sparen. Das Ausmaß des Effektes variiert zwischen den Einzelfällen, was dazu führt, dass der aggregierte Effekt fluktuieren kann, je nach Zusammensetzung. Die Müllers (Agent #377s8a-0.1) stellen so einen Einzelfall dar.

In einem anderen Simulationslauf oder einem anderen Szenario (in dem etwa im Durchschnitt alle Agenten eine positive Haltung gegenüber energetischer Sanierung haben) hätte der Agent Nummer 377 anders agiert, so wie seine virtuellen Nachbarn. Der gesamte (über alle Agenten) Nettoeffekt auf den Ressourcenverbrauch fällt damit mal höher, mal geringer aus. Unterm Strich aber beobachten wir keine Problemverlagerung angesichts des Materialverbrauchs. Diese Ergebnisse untermauern eine vorherige Studie des Wuppertal Instituts (Soukup et al. 2012), die etwas andere Systemgrenzen, aber eine teilweise überlappende Fragestellung hatte. Die Modellierung von Soukup und Kollegen hatte ergeben, dass zusätzliche Aufwendungen für Dämmstoffe in weiteren Umweltwirkungskategorien durch erhebliche Einsparungen bei der eingesparten Gebäudebeheizung überkompensiert werden.

Die Transformationsforschung müsste eigentlich immer wieder Bezug auf dieses oder ähnliche ökologische Dilemmata nehmen. Allerdings ist es nicht unser Anspruch, unser oben kurz beschriebenes Vorgehen hier zur allgemeingültigen Formel zu erklären. Es ist klar, dass das konkrete Vorgehen, insbesondere die jeweilige Modellierung, immer wieder am konkreten Fall neu austariert werden muss. Die folgenden Eckpunkte sollte man aber auf jeden Fall vor Augen haben:

- Wer keine Lebenszyklusperspektive für seine Analyse anwendet, ist zweimal blind, da zu Hause implementierte Lösungen woanders Umweltimplikationen haben. Diese können vor und/oder nach der Implementierung der Lösung stattfinden (geografische und zeitliche Problemverlagerung).
- Nettoeffekte sollte man auf mindestens zwei Ebenen analysieren, und zwar sowohl in Einzelfällen als auch aggregiert über gewisse Fallzahlen (die mögen virtuell sein, etwa im Rahmen eines agentenbasierten Modells). Der absolute Effekt aus der Summe von nicht idealen Einzelfällen ist, was unsere Welt und die jeweilige Herausforderung kennzeichnet.
- Transformation ist eine nach vorne zeigende Zeitachse. Das System, in dem die Analyse erfolgt, ändert sich und wird sich weiter ändern. Der Implikationen für das eigene Modell muss man sich bewusst sein.

Wer diese Punkte bei seiner Analyse betrachtet, hat einen Beitrag für die Transformationsforschung geleistet. Gehört dies aber schon zu der transformativen Forschung? Man könnte behaupten, dass das Veröffentlichen solcher Analysen, die gut definierte ökologische Dilemmata auflösen, einen transformativen Effekt auf ein breites Publikum haben kann. Dies läuft auf die Hoffnung hinaus, dass Leute in die richtige Schublade gucken, den richtigen Bericht herausziehen, ihn lesen und verstehen, daraus Schlüsse ziehen und ihr Verhalten entsprechend anpassen. Da wir wissen, dass dies nicht die Regel ist, bleibt es eine noch zu klärende Frage, wie die weitere Ausgestaltung einer transformativen Forschung, basierend auf solchen Ergebnissen, aussehen kann und welche transformativen Effekte man sich daraus erhoffen dürfte.

In diesem Fall besteht weiterer Forschungsbedarf darin, eine Schleife zu schließen, indem man die Ergebnisse der Dilemma-Analyse an die Agenten unseres Modells zurückspielt. Konkret könnte dies bedeuten, dass Agenten wie die Müllers detaillierte Informationen zu den jährlichen und aggregierten energetischen und Ressourcenimplikationen ihrer (gegebenenfalls nicht stattfindenden) Sanierungsentscheidungen erhalten. Aber würden sie (die Agenten) darauf reagieren? Und wenn ja, wie? Würden sie ihr Sanierungsverhalten ändern? Wie könnte man die Botschaft transportieren, dass gedämmte Häuser in der Summe nicht mehr natürliche Ressourcen in Anspruch nehmen, sondern weniger? Gelänge so was in der Art, was wäre der aggregierte Effekt auf Sanierungsraten, Energieeinsparungen, Ressourcenverbräuche? Die methodische Basis, die uns helfen kann, solche Fragen zu beantworten, haben wir geschaffen. Weitere transformative Projekte müssen aber noch dazukommen, um eine Verbindung mit der realen (nicht virtuellen) Welt einzurichten.

Wir haben das Kapitel mit einem kurzen Einblick in das Vorzeigekind der Problemverlagerung angefangen: die Biokraftstoffe. Hätten einige der geschilderten Probleme vermieden werden können, hätten mehr solche Ansätze wie in EnerTransRuhr auch vor der Einführung von Biosprit stattgefunden? Unser Ansatz (die Verknüpfung von agentenbasierten Modellen mit Lebenszyklusanalysen, Energiemodellen und -szenarien) hat den Vorteil, dass er dazu zwingt, sich mit der realen Reichweite und den Unsicherheiten der gekoppelten Module auseinanderzusetzen. Wir haben oben kurz geschildert, dass das Zusammenspiel zwischen modellierten einfallsreichen Agenten wie den Müllers und einer breiten Auswahl von Sanierungsfällen relativ große Bandbreiten für die Ergebnisse ergeben: auf einer Seite die Ressourceneinsparungen, auf der anderen Seite die zusätzlichen Ressourcenverbräuche. In unserem Modell überschneiden sich beide Ergebniskorridore nicht. In Bezug auf Biokraftstoffe hätte man mit einem vergleichbaren Ansatz wahrscheinlich feststellen müssen, dass die Möglichkeitsräume für Vor- und Nachteile der Biokraftstoffe sich gewaltig überlappen. Solche Erkenntnisse bieten die Chance, entsprechende politische Schlussfolgerungen daraus zu ziehen.

# 5

# Schluss
# Thesen
# Fazit

Mit diesem Werkstattbericht aus dem Projekt EnerTransRuhr wird deutlich, wo die zentralen Herausforderungen einer transformativen Wissenschaft in der Forschungspraxis liegen und wie mit diesen produktiv umgegangen werden kann. Das Projekt EnerTransRuhr ist ein idealtypisches Beispiel für die verschiedenen Wissenschaftsmodi und Wissensformen, die es für die Analyse und die erfolgreiche Umsetzung komplexer nachhaltigkeitsorientierter Transformationsprozesse wie der Gebäudeenergiewende braucht:

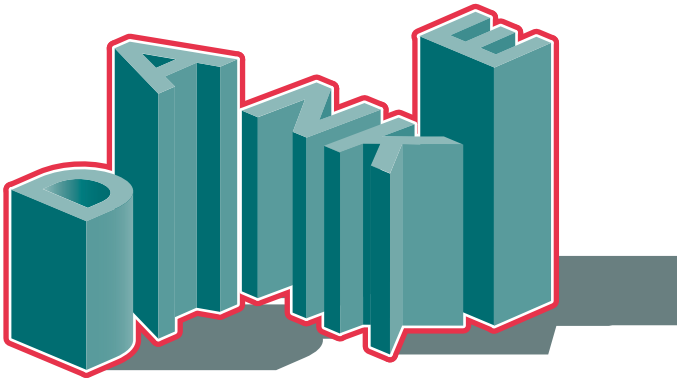
- Systemwissen über Gebäudebestände und Infrastrukturen, über politische Rahmenbedingungen auf EU-, nationaler und lokaler Ebene, über ökonomische Anreizstrukturen, über die typischen Verhaltensmuster vielfältiger Akteursgruppen – und nicht zuletzt die komplexen Wechselwirkungen zwischen all diesen Dimensionen;
- Zielwissen über nachhaltige Systemzustände, die für die Zukunft wünschenswert sind, auf Gesamtsystemebene, aber auch im Kontext von Zielvisionen und Leitbildern einzelner Städte und Quartiere sowie die Wünsche und Motivationen einzelner Akteure betreffend;
- Transformationswissen über wirkungsvolle Strategien, Handlungsmuster, Innovationen und Politikinstrumente, die in virtuellen und realen Experimenten erprobt werden und zu einer Diffusion in die Breite führen.

Eine wissenschaftliche Begleitung von Transformationsprozessen erfordert integrierte Forschungsdesigns und einen Mix an disziplinären Perspektiven und Methoden, um diese verschiedenen Formen von Wissen zu generieren, in weiten Teilen auch außerhalb des akademischen Elfenbeinturms gemeinsam mit Praxispartnern in ihren lebensweltlichen Kontexten. Dazu greift eine transformative Wissenschaft auf viele Bausteine klassischer Wissenschaft zurück, bettet diese aber auch in transdisziplinäre Settings ein. Gerade die Verbindung virtueller Experimente und agentenbasierter Modellierung im Zusammenspiel mit Politik- und Nutzerexperimenten in Reallaboren hat sich im Projekt EnerTransRuhr als fruchtbar erwiesen. So lassen sich die im Reallabor erprobten Interventionen im Modell über Raum und Zeit simulieren und Erkenntnisse über die Diffusion von Technologien, sozialen Praktiken, Entscheidungen für oder wider ener-

getischer Sanierungsmaßnahmen gewinnen. Dabei gilt es immer auch, die Grenzen der einzelnen Methoden sowie des Forschungsdesigns insgesamt im Blick zu behalten: Auch im Projekt EnerTransRuhr lassen sich keine sicheren Zukünfte mithilfe von Modellen prognostizieren – sie helfen aber, grundlegende Wirkmechanismen besser zu verstehen. Auch wenn die Nutzer- und Politikexperimente keine repräsentativen Aussagen zulassen, so geben sie doch tiefe Einblicke in die »Transformationspraxis«. Eine transformative Forschung liefert dabei immer wieder neue Einblicke und bietet Ansatzpunkte zur aktiven Gestaltung von Transformationsprozessen, die in Experimenten weiter erprobt und reflektiert werden müssen. Hier stellt sich dann auch eine grundsätzliche Frage über die Rolle der Wissenschaft in einer normativ ausgerichteten Nachhaltigkeitsforschung: Inwieweit darf und soll Wissenschaft nicht nur Beobachter sein, sondern sich auch aktiv einbringen? Aus dem Verständnis einer transformativen Wissenschaft heraus kann gerade über die aktive Intervention in Reallaboren und die Reflexion mithilfe von Modellen ein wesentlicher Beitrag für die Transformation zu einer nachhaltigen Entwicklung geleistet werden.

# 6

# Danksagung



Für die Förderung des Projekts EnerTransRuhr im Rahmen der sozialökologischen »Transformation des Energiesystems« bedanken wir uns beim Bundesministerium für Bildung und Forschung. Für die freundliche Begleitung als Ansprechpartner möchten wir uns außerdem beim DLR-Projektträger bedanken.

Als Praxispartner waren die Städte Dortmund, Oberhausen und Bottrop mit ihren Umweltämtern intensiv in das Projekt eingebunden, denen an dieser Stelle ein besonderer Dank gebührt. Darüber hinaus haben die InnovationCity Management GmbH, die Folkwang Universität der Künste, die Delft University of Technology, sociodimensions – Institute for Sociocultural Research und die Verbraucherzentrale NRW ganz wesentlich zum Erfolg des Projekts beigetragen. Praxispartner war außerdem das Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Und beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle möchten wir uns für die Daten bedanken, die uns zur Verfügung gestellt wurden.

In den Städten und Quartieren, die in das Projekt eingebunden waren, haben an der Entwicklung und Durchführung der Experimente außerdem eine Reihe weiterer Einrichtungen und Unternehmen mitgewirkt: die Stadtteilbüros und -agenturen Dortmund-Hörde, Oberhausen-City und -Lirich, die Beratungsstelle Oberhausen der Verbraucherzentrale NRW, das Zentrum für Umwelt und Energie der Handwerkskammer Düsseldorf, das Dienstleistungszentrum Energieeffizienz und Klimaschutz der Stadt Dortmund, Haus & Grund, das DHB-Netzwerk Haushalt Ortsverband Dortmund, die WohnBund-Beratung NRW, das Institut für Kirche und Gesellschaft der Evangelischen Kirche von Westfalen und die Vivawest Wohnen GmbH.

Bedanken möchten wir uns außerdem bei den Referentinnen und Referenten im Rahmen der verschiedenen Veranstaltungen, bei den Haushalten, die an den Nutzerexperimenten teilgenommen haben, und bei den verschiedenen Agenten des Wandels, die mit den Kolleginnen und Kollegen vom vom Kulturwissenschaftlichen Institut (KWI) Essen viel Zeit verbracht haben.

# Abbildungsverzeichnis


| | | |
|---|---|---|
| Abbildung 1: | **Transformative Literacy** | Seite 18 |
| Abbildung 2: | **Das Quartier als Boundary Object im Projekt EnerTransRuhr** | Seite 24 |
| Abbildung 3: | **Forschung für Transformation erfordert das Zusammenspiel von System-, Ziel- und Transformationswissen** | Seite 28 |
| Abbildung 4: | **Transition-Zyklus** | Seite 31 |
| Abbildung 5: | **Gebäudeenergiewende im Mehrebenensystem** | Seite 33 |
| Abbildung 6: | **Einordnung von Realexperimenten in die Typologie des Experimentierens** | Seite 37 |
| Abbildung 7: | **Die Rolle der Wissenschaft in klassischen und Realexperimenten** | Seite 39 |
| Abbildung 8: | **Beratungsfälle des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) und der Verbraucherzentrale NRW in Bottrop, Dortmund und Oberhausen** | Seite 67 |
| Abbildung 9: | **Das Untersuchungsgebiet im Projekt EnerTransRuhr: die drei Städte Oberhausen, Dortmund, Bottrop** | Seite 80 |
| Abbildung 10: | **Agentenbasierte Modellierung** | Seite 99 |
| Abbildung 11: | **Nutzerexperiment im Living-Lab-Design** | Seite 139 |

# Literatur


Abernathy, W. J.; Clark, K. B. (1985): Innovation: mapping the winds of creative destruction, in: Research Policy 14(1), S. 3–22.

Albrecht, T. (2010): Zum Sanieren motivieren. Eigenheimbesitzer zielgerichtet für eine energetische Sanierung gewinnen.

Albrecht, T.; Zundel, S. (2010): Gefühlte Wirtschaftlichkeit. Wie Eigenheimbesitzer energetische Sanierungsmaßnahmen ökonomisch beurteilen [http://www.enef-haus.de/fileadmin/ENEFH/redaktion/PDF/Enef-Haus_Gefuehlte_Wirtschaftlichkeit.pdf; 08. 03. 2016].

Arendt, H. (1981): Vita Activa oder vom tätigen Leben, München.

Bacon, F. (1620): Novum organum scientiarum [https://archive.org/details/1762novumorganum00baco, February 02nd, 2016).

Baedeker, C.; Hasselkuß, M.; Buhl, J. (2016): Actor and network analysis. In: Keyson D., Guerra-Santin, O., Lockton, D. (Hrsg.). Living Labs – Design and Assessment of Sustainable Living. Springer International, Cham/Switzerland, S. 189–203.

Becker, N. (2014): Ressourceneffizienz der Dämmstoffe im Hochbau, in: VDI ZRE Publikationen, Kurzanalyse Nr. 7, Berlin.

Bergmann, M., et al. (2010): Methoden transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen, Frankfurt am Main.

Bettin, J.; Buhl, J.; Jensen, T. (2016): Breaking Habits: Modeling Psychological Mechanisms of Interventions for Energy Conservation Behavior. 4th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency (BEHAVE), Coimbra, 8–9 September 2016.

Beuth Hochschule für Technik Berlin, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) (2012): Technische Restriktionen bei der energetischen Modernisierung von Bestandsgebäuden, Berlin, Heidelberg.

Brugnach, M.; Pahl-Wostl, C. (2008): A broadened view on the role for models in natural resource management: implications for model development, in: Pahl-Wostl, C.; Kabat, P.; Möltgen, J. (Hrsg.): Adaptive and Integrated Water Management, Berlin, Heidelberg, S. 187–203.

Buchanan, K.; Russo, R.; Anderson, B. (2015): The question of energy reduction: The problem(s) with feedback, in: Energy Policy, 77, S. 89–96.

Buhl, J. (2014): Revisiting Rebound Effects from Material Resource Use: Indications for Germany Considering Social Heterogeneity, in: Resources, 3(1), S. 106–122.

Buhl, J.; Echternacht, L.; van Geibler, J. (2015): Rebound-Effekte. Ursachen, Gegenmaßnahmen und Implikationen für die Living-Lab-Forschung im Arbeitspaket 1 (AP 1.2a) des INNOLAB Projekts, Wuppertal.

Buhl, J. (2016): Rebound-Effekte im Steigerungsspiel. Zeit- und Einkommenseffekte in Deutschland, Baden-Baden.

Buhl, J., et al. (2016). Analysing social milieus and lifestyles – their contribution to a better understanding of heating practices, in: Keyson, D.; Guerra-Santin, O.; Lockton, D. (Hrsg.). Living Labs – Design and Assessment of Sustainable Living. Springer, Cham/Switzerland, S. 247–257.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2016): Hendricks: Mit Wohnungsbau-Offensive gegen den Wohnungsmangel [http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/hendricks-mit-wohnungsbau-offensive-gegen-den-wohnungsmangel/.

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin.

Bundesregierung (2012): Richtig heizen – und Geld sparen [https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Publikation/Bestellservice/2012-10-23-faltblatt-richtig-heizen-und-geld-sparen.pdf;jsessionid=D40FEAFF78E8D2087F5737F68A03F587.s6t1?__blob=publicationFile&v=9; 10. 03. 2016].

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) (2015): Verteilung der Beheizungssysteme im Wohnungsneubau in Deutschland im Jahr 2014. Statistisches Bundesamt. [http://de.statista.com/statistik/daten/studie/37957/umfrage/beheizungssysteme-in-neubauten-im-jahr-2008; 11. 01. 2016].

Burt, R. (1992): Structural Holes: The Social Structure of Competition, Cambridge.

Catney, P., et al. (2013): Community knowledge networks: an action-orientated approach to energy research, in: Local Environment 18 (4), S. 506–520.

Christensen, C.; Layton M. (1997): The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail, Boston.

Christmann, G. (2011): Soziale Innovationen, Social Entrepreneurs und Raumbezüge, in: Jähnke, P.; Christmann G.; Balgar, K. (Hrsg.): Social Entrepreneurship. Perspektiven für die Raumentwicklung. Workshop »Social Entrepreneurs in Deutschland – Raumansprüche und Raumwirkungen«, Wiesbaden, S. 193–210.

Cischinsky, H., et al. (2015): Privateigentümer von Mietwohnungen in Mehrfamilienhäusern. BBSR-Online-Publikation 02/2015 [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2015/DL_ON022015.pdf; 04. 04. 2016].

Corsten, M.; Kauppert, M.; Rosa, H. (2008): Quellen bürgerschaftlichen Engagements. Die biographische Entwicklung von Wir-Sinn und fokussierten Motiven, Wiesbaden.

Cornell, S., et al (2013). Opening up knowledge systems for better responses to global environmental change, in: Environmental Science & Policy, 28, S. 60–70.

Co2online gemeinnützige GmbH (Hrsg.) (2015): Wirksam Sanieren. Chancen für den Klimaschutz. Feldtest zur energetischen Sanierung von Wohngebäuden, Berlin.

Dausien, B.; Kelle, H. (2005): Biographie und kulturelle Praxis. Methodologische Überlegungen zur Verknüpfung von Ethnographie und Biographieforschung, in: Völter, B., et al. (Hsrg.): Biographieforschung im Diskurs, Wiesbaden, S. 189–212.

David, M.; Schönborn, S. (2014): Offenheit, Beteiligung und Kooperation. »Governance statt Konflikt« bei der Etablierung von Nachhaltigkeitsinnovationen [http://www.regierungsforschung.de/dx/public/article.html?id=255].

Deaton, A. (2009): Instruments of development: Randomization in the tropics, and the search for the elusive keys to economic development, Cambridge.

Deutsche Energie-Agentur (dena) (2015): Der dena-Gebäudereport 2015. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand, Berlin.

Dickel, S. (2013): Transformationsforschung jenseits des Elfenbeinturms. Zur Etablierung einer Transformationswissenschaft, in: Ökologisches Wirtschaften, 2, S. 17–18.

Diefenbach, N., et al. (2005): Beiträge der EnEV und des KfW-$CO_2$-Gebäudesanierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm, Darmstadt.

EnergieAgentur.NRW (2012): 57 % aller Stadtwerke in NRW haben Förderprogramme für Energieeffizienz und Erneuerbare. Förderung von Elektrofahrzeugen auf der Überholspur [http://www.energieagentur.nrw/foerderung/ea/57-aller-stadtwerke-in-nrw-haben-foerderprogramme-fuer-energieeffizienz-und-erneuerbare-foerderung-von-elektrofahrzeuge-auf-der-ueberholspur; 15. 05. 2016].

Epstein, J. M. (2008): Why Model?, in: Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 11(4).

Festinger, L. (1957): A Theory of Cognitive Dissonance, Stanford.

Fischer, H. (2008): Dokumentation, in: Beer, B. (Hrsg.): Methoden ethnologischer Feldforschung, Berlin, S. 293–322.

Flander, K. de, et al. (2014): Resilienz und Reallabore als Schlüsselkonzepte urbaner Transformationsforschung. Zwölf Thesen, in: GAIA, 23(3), S. 284–286.

Friege, J.; Chappin, É. J. L. (2014): Modelling decisions on energy-efficient renovations: A review, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 39, S. 196–208.

Friege, J. (2016): Increasing homeowners' insulation activity in Germany: An empirically grounded agent-based model analysis. In: Energy and Buildings, Volume 128, S. 756–771. Elsevier.

Friege, J.; Holtz, G.; Chappin, É. J. L. (2016): Exploring Homeowners' Insulation Activity, in: Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 19(1). Online verfügbar unter: http://jasss.soc.surrey.ac.uk/19/1/4.html.

Future Earth (2013): Future Earth Initial Design: Report of the Transition Team, Paris.

Galvin, R.; Sunikka-Blank, M. (2012): Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption, Building Research & Information, 40:3, S. 260–273.

Geels, F. W. (2004): Understanding system innovations: a critical literature review and a conceptual synthesis, in: Elzen, B.; Geels, F. W.; Green, K. (Hrsg.): System

Innovation and the Transition to Sustainability. Theory, Evidence and Policy, Cheltenham.

Geels, F. W.; Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways, in: Research policy, 36(3), S. 399–417.

Geels, F. W. (2014): Regime resistance against low-carbon transitions: Introducing politics and power into the multi-level perspective, in: Theory, Culture & Society, 31(5), S. 21–40.

Gilbert, N. G.; Troitzsch, K. (1999): Simulation for the social scientist, Philadelphia.

Girtler, R. (2002): Methoden der Feldforschung, Wien, Köln, Weimar.

Göpel, M. (2016, in Druck): The Great Mindshift. How a New Economic Paradigm and Sustainability Transformations go Hand in Hand. Springer Verlag, Heidelberg.

Grimm, V., et al (2005): Pattern-Oriented Modeling of Agent-Based Complex Systems: Lessons from Ecology, in: Science, 310(5750), S. 987–991.

Halbe, J., et al. (2015): Lessons for model use in transition research: A survey and comparison with other research areas, in: Environmental Innovation and Societal Transitions, 15, S. 194–210.

Hassenzahl, M.; Laschke, M. (2015). Pleasurable Troublemakers, in: S. Walz & S. Deterding (Hrsg.), The Game-ful World. Cambridge, MA, S. 167–195.

Heckbert, S.; Baynes, T.; Reeson, A. (2010): Agent-based modeling in ecological economics, in: Annals of the New York Academy of Sciences, 1185, S. 39–53.

Henger, R.; Voigtländer, M. (2011): Einflussfaktoren auf die Rentabilität energetischer Sanierungen bei Mietobjekten, in: IW Trends, 38, S. 1-19.

Hentschel, A.; Hopfenmüller, J. (2014): Energetisch modernisieren bei fairen Mieten? [http://www.boell.de/sites/default/files/endf_energetisch_modernisieren_bei_fairen_mieten-web.pdf; 04. 04. 2016].

Holtz, G., et al (2015): Prospects of modelling societal transitions – Position paper of an emerging community, in: Environmental Innovation and Societal Transitions, 17, S. 41–58.

Honer, A. (1993): Lebensweltliche Ethnographie. Ein explorativ-interpretativer Forschungsansatz am Beispiel von Heimwerker-Wissen, Konstanz.

Institut der deutschen Wirtschaft Köln (2012): Energetische Sanierung. Quote ohne Aussagekraft. Immobilien-Monitor Nr. 1/2012 [http://www.iwkoeln.de/_storage/asset/69824/storage/master/file/3375615/download/immobilienoekonomik_01_2012.pdf; 08. 03. 2016].

Institut Wohnen und Umwelt (IWU) (2010): Datenbasis Gebäudebestand Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, Darmstadt.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer [Hrsg.]). IPCC, Geneva, Switzerland.

Jackson, T. (2005): Motivating Sustainable Consumption – a review of evidence on consumer behaviour and behavioural change. Surrey, UK.

Jager, W., et al. (2000): Behaviour in commons dilemmas: Homo economicus and Homo psychologicus in an ecological-economic model, in: Ecological Economics, 35(3), S. 357–379.

Jahn, T. (2008): Transdisziplinarität in der Forschungspraxis, in: Bergmann, M.; Schramm, E. (Hrsg.): Transdisziplinäre Forschung. Integrative Forschungsprozesse verstehen und bewerten. Frankfurt am Main, New York, S. 21–37.

Jensen, T.; Holtz, G.; Chappin, É. J. L. (2015): Agent-based assessment framework for behavior-changing feedback devices: Spreading of devices and heating behavior, in: Technological Forecasting & Social Change, 98, S. 105–119.

Jensen, T., et al. (2016): Energy-efficiency impacts of an air-quality feedback device in residential buildings: An agent-based modeling assessment, in: Energy and Buildings, 116, S. 151–163.

Karlin, B.; Zinger, J.; Ford, B. (2015): The Effects of Feedback on Energy Conservation: A Meta-Analysis, in: Psychological Bulletin, 141(6), S. 1205–1227.

Keimeyer, F., et al. (2016): Informative und transparente Heizkostenabrechnung als Beitrag für den Klimaschutz. Climate Change 01/2016 [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_01_2016_informative_und_transparente_heizkostenabrechnung_als_beitrag_fuer_den_klimaschutz.pdf; 10. 03. 2016].

Keynes, J. M. (1936): The General Theory of Employment, Interest and Money, New York, London.

Knight, B. (2016): Offshore investment funds exploit Berlin's housing shortage [http://www.dw.com/en/offshore-investment-funds-exploit-berlins-housing-shortage/a-19247132; 07. 07. 2016].

Konferenz der Schweizerischen Wissenschaftlichen Akademien (CASS), Forum für Klima und Global Change – Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (ProClim) (1997): Forschung zu Nachhaltigkeit und Globalem Wandel: Wissenschaftspolitische Visionen der Schweizer Forschenden, Bern.

Landesregierung Nordrhein-Westfalen (2013): Klimaschutzgesetz Nordrhein-Westfalen [https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_text_anzeigen?v_id=10000000000000000574, Zugriff vom 19. 09. 2016).

Leggewie, C. (2012): Wissenschaft muss von den Problemen her denken. Das Prachtschloss Interdisziplinarität, in: Ökologisches Wirtschaften, 4, S. 12.

Leggewie, C.; Reicher, C.; Schmitt, L. (Hrsg.) (2016): Geschichten einer Region. AgentInnen des Wandels für ein nachhaltiges Ruhrgebiet. Dortmund.

Liedtke, C., et al. (2015): User-integrated innovation in Sustainable LivingLabs: an experimental infrastructure for researching and developing sustainable product service systems, in: Journal of Cleaner Production, 97, S. 106–116.

Liedtke, C., et al. (2014): Addressing consumption patterns through meaning in social practices – findings from a mixed methods analysis of heating practices. 3rd European Conference on Behaviour and Energy Efficiency (BEHAVE), Oxford, 3–4 September 2014.

Lindner, R. (1981): Die Angst des Forschers vor dem Feld. Überlegungen zur teilnehmenden Beobachtung als Interaktionsprozeß. Zeitschrift für Volkskunde, 77, S. 51–66.

Loorbach, D. (2007): Transition Management: New mode of governance for sustainable Development, Utrecht.

Loorbach, D. (2010): Transition Management for Sustainable Development: A Prescriptive, Complexity-Based Governance Framework, in: Governance – An International Journal of Policy, Administration, and Institutions, 23(1), S. 161–183.

Markard, J.; Raven, R.; Truffer, B. (2012): Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects, in: Research Policy, 41(6), S. 955–967.

Mauser, W., et al. (2013): Transdisciplinary global change research: the co-creation of knowledge for sustainability, in: Current Opinion in Environmental Sustainability, 5(3-4), S. 420–431.

Mautz, R.; Byzio, A.; Rosenbaum, W. (2008): Auf dem Weg zur Energiewende. Die Entwicklung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland. Eine Studie aus dem Soziologischen Forschungsinstitut Göttingen (SOFI), Göttingen.

Mazor, M., et al. (2011): Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Reduction From Rigid Thermal Insulation Use in Buildings, in: Journal of Industrial Ecology, 15(2), S. 284–299.

McMichael M.; Shipworth, D. (2013): The value of social networks in the diffusion of energy-efficiency innovations in UK households, in: Energy Policy, 53, S. 159–168.

Moldovan, S.; Goldenberg, J. (2004): Cellular automata modeling of resistance to innovations: effects and solutions, in: Technological Forecasting and Social Change, 71(5), S. 425–442.

Münter, A.; Prossek, A. (2011): Handlungsräume und Raumbilder, in: Reicher, C.; Kunzmann, K. R.; Polívka, J.; Roost, F.; Wegener, M. (Hg) (2011): Schichten einer Region – Kartenstücke zur räumlichen Struktur des Ruhrgebiets, Berlin, S. 182–215.

Neitzel, M.; Dylewski C.; Pelz, C. (2011): Wege aus dem Vermieter-Mieter-Dilemma [http://web.gdw.de/uploads/pdf/InWIS-Vermieter-Mieter-Dilemma.pdf; 04. 04. 2016].

Nowotny, H.; Scott, P.; Gibbons, M. (2001): Re-Thinking Science. Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty, Oxford.

Nowotny, H. (2003): Dilemma of expertise. Democratising expertise and socially robust knowledge, in: Science and Public Policy, 30(3), S. 151–156.

Nullmeier, F. (2006): Eigenverantwortung, Gerechtigkeit und Solidarität. Konkurrierende Prinzipien der Konstruktion moderner Wohlfahrtsstaaten? In: WSI Mitteilungen 4/2006, S. 175–180. Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.

Odermatt, A. (1997): Eigentümerstrukturen des Wohnungsmarktes. Ein handlungstheoretischer Beitrag zur Erklärung der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung am Fallbeispiel Schweiz, Münster.

Osbaldiston, R. (2013): Synthesizing the Experiments and Theories of Conservation Psychology, in: Sustainability, 5(6), S. 2770–2795.

Payne, J. W.; Bettman, J.R. (2000): Preferential Choice and Adaptive Strategy Use. In: Gigerenzer, G.; Selten, R. (Hrsg.): Bounded Rationality: The Adaptive Toolbox. S. 123–145. MIT Press, Cambridge, MA.

Pfnür, A.; Müller, N. (2013): Prognose der Kosten alternativer Sanierungsfahrpläne und Analyse der finanziellen Belastung für Eigentümer und Mieter bis 2050 [http://www.real-estate.bwl.tu-darmstadt.de/media/bwl9/dateien/arbeitspapiere/Energetische_Gebauudesanierung_in_Deutschland_Teil_2_2.pdf; 04. 04. 2016].

Polívka, J.; Roost, F. (2011): Kerne, Adern und Ränder, in: Reicher, C.; Kunzmann, K. R.; Polívka, J.; Roost, F.; Wegener, M. (Hrsg.): Schichten einer Region – Kartenstücke zur räumlichen Struktur des Ruhrgebiets, Berlin, S. 38–79.

Popper, K. R. (1935, [11]2005): Logik der Forschung, Tübingen.

Przyborski, A.; Wohlrab-Sahr, M. (2008): Qualitative Forschung. Ein Arbeitsbuch. Oldenburg.

Repenning, J., et al. (2015): Klimaschutzszenario 2050, 2. Modellierungsrunde. Öko-Institut e. V., Fraunhofer ISI. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin.

Rockström J., et al. (2009): A safe operating space for humanity, in: Nature, 461, S. 472–475.

Rodrigues, C.; Freire, F. (2016): Environmental impact trade-offs in building envelope retrofit strategies, in: The International Journal of Life Cycle Assessment, S. 1–14.

Rogers, E.M. (2003): Diffusion of innovations, New York.

Rosa, H. (2016): Resonanz. Eine Soziologie der Weltbeziehung, Frankfurt am Main.

Rosenow, J.; Galvin, R. (2013): Evaluating the evaluations: Evidence from energy efficiency programmes in Germany and the UK, in: Energy Buildings, 62, S. 450–458.

Rosenthal, G. (1994): Die erzählte Lebensgeschichte als historisch-soziale Realität. Methodologische Implikationen, in: Berliner Geschichtswerkstatt: Alltagskultur, Subjektivität und Geschichte, Münster, S. 125–138.

Roth, R. (2009): Handlungsoptionen zur Vitalisierung der Demokratie. Expertise für die Bertelsmann Stiftung [http://www.b-b-e.de/fileadmin/inhalte/aktuelles/2009/09/nl20_bertelsmann_vitalisierung.pdf; 09. 11. 2015].

Rotmans, J.; Loorbach, D. (2010): Towards a Better Understanding of Transitions and Their Governance. A Systemic and Reflexive Approach, in: Grin, J.; Rotmans, J.; Schot, J. (Hrsg.): Transitions to Sustainable Development. New Directions in the Study of Long Term Transformative Change, S. 105–199.

Sackmann, R. ([2]2013): Methoden der Lebenslaufanalyse und Biografieforschung, in: ders. (Hrsg.): Lebenslaufanalyse und Biografieforschung. Eine Einführung, Wiesbaden, S. 67–88.

Schiffers, B. (2009): Verfügungsrechte im Stadtumbau, Wiesbaden.

Schlesinger, M., et al. (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Prognos AG, EWI (Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln), GWS (Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH). Projekt Nr. 57/12, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Basel, Köln, Osnabrück.

Schmidt, A. C., et al. (2004): A comparative life cycle assessment of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax – Part 2: comparative assessment, in: The International Journal of Life Cycle Assessment, 9(2), S. 122–129.

Schneidewind, U. (2011): »Embedded Technologies« – Plädoyer für ein erweitertes Innovationsverständnis, in: Exzellenz – Das Clustermagazin Nordrhein-Westfalen, 4, S. 14–15.

Schneidewind, U.; Scheck, H. (2012): Die Stadt als «Reallabor« für Systeminnovationen., in: Rückert-John, J. (Hrsg.): Soziale Innovation und Nachhaltigkeit. Perspektiven sozialen Wandels, Wiesbaden.

Schneidewind, U. (2013a): Transformative Literacy. Rahmen für den wissensbasierten Umgang mit der »Großen Transformation«, in: GAIA, 22(2), S. 82–86.

Schneidewind, U. (2013b): Die Zeichen richtig deuten. Auf dem Weg zu einer »transformativen Literacy«, in: Politische Ökologie, 133, S. 39–44.

Schneidewind, U., et al. (2016): Von der Stadt zum urbanen Reallabor – eine Einführung am Beispiel des Reallabors Wuppertal, in: Hahne, U.; Kegler, H. (Hrsg.): Resilienz. Stadt und Region – Reallabore der resilienzorientierten Transformation, Basel.

Scholz, R. (2011): Environmental Literacy in Science and Society. From Knowledge to Decisions. Cambridge University Press, Cambridge, UK

Schüle, R.; Bierwirth, A.; Madry, T. (2011): Zukunft der Energieberatung in Deutschland. Wüstenrot Stiftung, Ludwigsburg.

Schütze (1983): Biographieforschung und narratives Interview, in: Neue Praxis, 13(3) 1983, S. 283–293.

Soares, J. J. F.; Grossi, G.; Sundin, Ö. (2007): Burnout among women: associations with demographic/socio-economic, work, life-style and health factors, in: Archives of Women's Mental Health, 10(2), S. 61–71.

Sorrell, S. (2010): Mapping rebound effects from sustainable behaviours: Key Concepts and Literature Review. Sustainable Lifestyle Research Group, Surrey, UK.

Soukup, O.; Hanke, T.; Viebahn, P. (2012): Wärmedämmungs-Strategien im Haushaltssektor und ihr Beitrag zu Materialeffizienz und Emissionsminderung – eine Langfristanalyse bis zum Jahr 2050, in: Zeitschrift für Energiewirtschaft, 36(1), S. 37–50.

Star, S. L.; Griesemer, J. R. (1989): Institutional Ecology, »Translations« and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39, in: Social Studies of Science, 19(3), S. 387–420.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) (2015): Zensus 2011. Gebäude- und Wohnungsbestand in Deutschland [https://www.zensus2011.de/

SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Aufsaetze_Archiv/2015_12_NI_GWZ_endgueltig.pdf; 01. 04. 2016].

Stevenson, C. L. (1975): Ethics and Language, New Haven, London.

Stieß, I. et al. (2010): Handlungsmotive, -hemmnisse und Zielgruppen für eine energetische Gebäudesanierung. Ergebnisse einer standardisierten Befragung von Eigenheimsanierern, Frankfurt am Main.

Utterback, J. M. (1994): Mastering the Dynamics of Innovation, Boston.

van Dam, K. H.; Nikolic, I.; Lukszo, Z. (2013): Agent-Based Modelling of Socio-Technical Systems.

van den Bergh, J. C. J. M.; Truffer, B.; Kallis, G. (2011): Environmental innovation and societal transitions: Introduction and overview, in: Environmental Innovation and Societal Transitions, 1, S. 1–23.

Verplanken, B.; Wood, W. (2006): Interventions to break and create consumer habits, in: Journal of Public Policy & Marketing, 25(1), S. 90–103.

Wagner, F.; Grunwald, A. (2015): Reallabore als Forschungs- und Transformationsinstrument. Die Quadratur des hermeneutischen Zirkels, in: GAIA, 24(1), S. 26–31.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltfragen (WBGU) (2011): Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation, Hauptgutachten WBGU, Berlin.

Wolff, S. (2000): Wege ins Feld – Varianten und ihre Folgen für die Beteiligten und die Forschung, in: Flick, U.; Kardorff, E. v.; Steinke, I. (Hrsg.): Qualitative Forschung: Ein Handbuch, Reinbek, S. 334–349.

Wood, G.; Newborough, M. (2003): Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment, behaviour and design, in: Energy Build, 35(8), S. 821–841.

Wuppertal Institut (2011): Transitions towards Sustainability. Rethinking the Wuppertal Institute Research Perspective. Working Paper, Wuppertal.

Die Transformationsprozesse hin zu einer nachhaltigen Entwicklung sind komplex. Wie kann Wissenschaft dazu beitragen, dass neue Lösungen und Ideen in der Praxis zu Veränderung führen? Dieser Frage gehen die Autorinnen und Autoren am Beispiel der Gebäudeenergiewende nach.
Eine transformative Forschung, die den neutralen Beobachterposten verlässt, braucht entsprechende Konzepte und Methoden: Wie kann Wissen aus unterschiedlichen Disziplinen und aus der Praxis integriert werden, um komplexe Sachverhalte und Zusammenhänge zu erklären und zu verstehen? Welche Rolle spielen komplexe (agentenbasierte) Modelle und Experimente dabei? Wie sieht der Methodenmix einer transformativen Wissenschaft aus, die Akteure bei Transformationsprozessen aktiv unterstützt?
Illustriert werden diese Fragen am Beispiel des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes »EnerTransRuhr«.

Das *Wuppertal Institut* erforscht und entwickelt Leitbilder, Strategien und Instrumente für Übergänge zu einer nachhaltigen Entwicklung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene. Im Zentrum stehen Ressourcen-, Klima- und Energieherausforderungen in ihren Wechselwirkungen mit Wirtschaft und Gesellschaft. Die Analyse und Induzierung von Innovationen zur Entkopplung von Naturverbrauch und Wohlstandsentwicklung bilden einen Schwerpunkt seiner Forschung.

oekom