



Deutscher Verband für Wohnungswesen,  
Städtebau und Raumordnung e.V.



Institut  
Wohnen und  
Umwelt

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Runder Tisch „Neue Impulse zum nachhaltigen Klimaschutz im Gebäudebestand“**

### **Vorbereitungspapier zur vierten Sitzung am 21. Januar 2021**

### **Mobilisierung, Akzeptanz, Beratung und Nutzerverhalten bei energetischen Gebäudemodernisierungen**

## **1 Rebound-Effekte bei Gebäudemodernisierungen**

Britta Stein, Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Als Rebound-Effekte werden Wirkungen und Einflüsse bezeichnet, die dazu führen, dass Reduktionen des absoluten Energieverbrauchs nicht so eintreten, wie dies aufgrund der umgesetzten Effizienzverbesserungen zu erwarten wäre.

Das Konzept des Rebound-Effekts stammt ursprünglich aus der Energieökonomie (vgl. de Haan et al. 2009, de Haan et al. 2015) und wurde bereits 1865 von dem britischen Ökonomen William Stanley Jevons beschrieben. Er stellte fest, dass Englands Kohleverbrauch nach der Einführung einer neuen Dampfmaschinenteknik mit höherem Wirkungsgrad deutlich anstieg. Zwar lag der Verbrauch der einzelnen Anwendungen niedriger als zuvor, doch gerade dies führte zu einer zunehmenden Verbreitung der Dampfmaschine sowie zu einem landesweit höheren Kohleverbrauch (vgl. Lutter et al. 2016, Becker 2019). Etwa seit den 1980er/1990er Jahren werden Rebound-Effekte als Risiko für eine erfolgreiche Effizienzpolitik zur Senkung des Energieverbrauchs diskutiert (vgl. Becker 2019) und finden entsprechend in umweltökonomische und politische Debatten Eingang (siehe z. B. Deutscher Bundestag 2013). In der Politikanalyse werden dabei diejenigen Sekundäreffekte einer technischen oder politischen Maßnahme als Rebound-Effekte bezeichnet, welche den ursprünglichen Zielsetzungen der Primärmaßnahme zuwiderlaufen und deren vorrangig beabsichtigte Wirkung reduzieren (vgl. de Haan et al. 2009, de Haan et al. 2015).

Auch bei der energetischen Modernisierung von Gebäuden können verschiedene Arten von Rebound-Effekte auftreten.

### **1.1 Arten von Rebound-Effekten**

Allgemein wird zwischen direkten, indirekten und gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekten unterschieden, die sich wiederum in weitere Untereffekte einteilen lassen (vgl. Biermayr et al. 2004, Sorrell 2007, de Haan 2009, Carr et al. 2013, Egloff 2013, Poppe 2013, de Haan et al. 2015).

#### **1.1.1 Direkter Rebound**

Als direkter Rebound werden Effekte bezeichnet, die in Folge der Effizienzverbesserung eines Gutes oder einer Dienstleistung zu dessen bzw. deren Mehrnachfrage führen (vgl. Poppe 2013, de Haan et al. 2015). Das entsprechende Gut oder die entsprechende Dienstleistung wird nach der Effizienzsteigerung mehr, häufiger oder intensiver konsumiert, was einen Teil der Energieeinsparungen unmittelbar aufhebt (vgl. Golde 2016). Dies ist beispielsweise der Fall, wenn nach der Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen oder Effizienzverbesserungen der Versorgungstechnik höhere Raumtemperaturen

eingestellt, die Heizung über längere Zeiträume betrieben oder zusätzliche Flächen beheizt werden und hierdurch ein Teil der ansonsten eingetretenen Einsparung kompensiert wird.

Finanzielle Gründe hierfür können *Preis- und Einkommenseffekte* sein: Die Effizienzsteigerungen führen dazu, dass weniger Energie zur Bereitstellung derselben Menge einer Dienstleistung benötigt wird. Durch die Effizienzsteigerung sinkt also der effektive Preis der Energiedienstleistung, was zu einer Stimulation der Nachfrage führen kann (vgl. Egloff 2013). Sind die Effizienzgewinne mit einer Kosteneinsparung verbunden, steht diese den Akteuren als Einkommenszuwachs für den Mehrkonsum zur Verfügung (vgl. Santarius 2012, Carr et al. 2013, Poppe 2013, Lutter et al. 2016).

Neben finanziellen können auch soziologisch-psychologische Rebound-Effekte auftreten. So können Effizienzverbesserungen zu weniger achtsamem Verhalten führen, wenn sie als gewissensberuhigend und moralisch entlastend empfunden werden. Beispielsweise kann als entlastend empfunden werden, dass nach der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen am Gebäude weniger penibel darauf geachtet werden muss, die Raumtemperatur zu bestimmten Zeiten abzusenken oder die Fenster während der Heizperiode stets geschlossen zu halten (vgl. Santarius 2012). In der Folge dieses auch als „*Moral Leaking*“ bekannten Effektes werden energiesparende Handlungen nicht mehr für wichtig erachtet oder sogar aufgegeben, da die ökologische, ökonomische oder gesellschaftliche Notwendigkeit hierfür nicht gesehen wird (vgl. ebd., Poppe 2013). Auch wenn – z. B. durch ökonomische Fehlanreize – die Konsequenzen des eigenen Handelns nicht selbst getragen werden müssen, kann dies zu verantwortungslosem oder leichtsinnigem Verhalten führen. Bei diesem als „*Moral Hazard*“ oder „*moralisches Risiko*“ bezeichnetem Effekt schadet man sich durch das eigene Fehlverhalten oder Unbedachtheit nicht selbst, sondern einem Vertragspartner, der Gemeinschaft oder einem anderen Außenstehenden (vgl. ebd.). Dies kann beispielsweise auftreten, wenn die in der Heizkostenverordnung enthaltenen Ausnahmeregelungen in Anspruch genommen werden und keine individuelle Verbrauchserfassung der einzelnen Nutzer erfolgt.

Darüber hinaus können *mangelndes Wissen, schwer veränderbare Gewohnheiten oder Interessenskonflikte* zu einem direkten Rebound führen, beispielsweise wenn Nutzer durch ihr gewohntes Lüftungsverhalten (dauerhafte Kippstellung von Fenstern) unwissentlich einen Mehrverbrauch an Energie verursachen oder ihre Fenster in den Wintermonaten aus Gründen des Sicht- oder Einbruchschutzes über längere Zeiträume hinweg verschatten (vgl. Großklos 2013, de Haan et al. 2015). Auch eine inadäquate Nutzung der Anlagentechnik infolge unzureichender Information über deren Funktionsweise und Bedienung kann zu Mehrverbräuchen führen (vgl. Cali et al. 2016).

### **1.1.2 Indirekter Rebound**

Beim indirekten Rebound führen Effizienzsteigerungen dazu, dass eine Mehrnachfrage an anderer Stelle auftritt und dadurch die insgesamt erzielten Energieeinsparungen geringer ausfallen (vgl. Lutter et al. 2016).

Ähnlich wie beim direkten Rebound kann dies auf einen *Einkommenseffekt* zurückzuführen sein: Führt eine durch Effizienzmaßnahmen erzielte Kosteneinsparung zu einer Erhöhung der frei verfügbaren Mittel, können diese für energieverbrauchende Produkte oder Dienstleistungen verwendet werden (vgl. Poppe 2013, de Haan et al. 2015, Golde 2016). Werden beispielsweise finanzielle Einsparungen im Bereich der Heizkosten dazu genutzt eine neue Klimaanlage zur Gebäudekühlung anzuschaffen und zu betreiben, so führt die Effizienzverbesserung bei der Raumwärme zu einem zusätzlichen Energieverbrauch beim Kühlen. Indirekt ist damit ein Teil der potenziellen Gesamteinsparung verloren gegangen (vgl. Carr et al. 2013).

Auch der so genannte *Embodied-Energy-Effekt* wird zu den indirekten Rebound-Effekten gezählt. Dieser beschreibt den Teil der entgangenen Energieeinsparungen, der aufgrund von Energieaufwänden entsteht, die durch die Herstellung und Entsorgung der Effizienzmaßnahmen erforderlich sind (vgl. Sorrell 2007, Carr et al. 2013). Beispielsweise wird in einem ungedämmten Gebäude in der Regel mehr Heizenergie im laufenden Betrieb benötigt als bei einem modernisierten Gebäude. Die Herstellung der

Dämmung erfordert jedoch einen Energieaufwand, der ohne Dämmmaßnahme nicht anfällt (vgl. Santarius 2012, zum Einfluss der so genannten „grauen Energie“ bei Gebäudemodernisierungen siehe auch Abschnitt 1.1.4 des Vorbereitungspapiers zur dritten Sitzung des Runden Tisches).

Ebenso wie beim direkten können auch beim indirekten Rebound neben finanziellen auch soziologisch-psychologische Rebound-Effekte auftreten. Hierzu zählen das so genannte „*Mental Accounting*“ und der „*Moral-Licensing-Effekt*“ (vgl. Poppe 2013). Gemäß der Theorie des Mental Accounting betreiben Individuen eine Art mentale Buchführung zur Überwachung ihrer finanziellen Aktivitäten. Ausgaben werden in Budgetgruppen unterteilt, die unterschiedlich behandelt werden (vgl. Girod & De Haan 2009). Diese Betrachtungsweise kann beispielsweise dazu führen, dass aufgrund gesunkener Heizkosten der Eindruck einer Nettoersparnis entsteht, während die Investitionskosten der Effizienzmaßnahmen und damit die gesamtwirtschaftliche Betrachtung ignoriert wird (vgl. De Haan 2008). Beim Moral Licensing (moralische Rechtfertigung) hingegen wird ein vorhergehendes moralisch gutes Verhalten genutzt, um ein anschließendes moralisch schlechteres Verhalten zu rechtfertigen. Beispielsweise kann die Umsetzung von Wärmeschutzmaßnahmen oder effizienter Energieversorgungstechnologien dazu dienen, zusätzliche Flugreisen als moralisch gerechtfertigt zu empfinden (vgl. Santarius 2012).

### **1.1.3 Gesamtwirtschaftlicher oder makroökonomischer Rebound**

Alle weiteren Effekte, welche auf mikroökonomischer Ebene nicht feststellbar sind, werden als gesamtwirtschaftliche oder makroökonomische Rebound-Effekte bezeichnet (vgl. de Haan et al. 2015). Aufgrund von Investitionen in die Energieeffizienz verändern sich gesamtwirtschaftlich betrachtet die Kosten für Güter und Dienstleistungen, was wiederum einen strukturellen Wandel der gesamten Wirtschaft nach sich zieht, mit dem eine erhöhte Nachfrage an Energie verbunden sein kann (vgl. Sonnberger 2014). Bei dieser Abgrenzung des Rebound-Effekts werden nicht nur direkte Nachfrageänderungen für die effizienteren Produkte berücksichtigt, sondern auch die indirekten Auswirkungen auf die Energienachfrage aller Konsumenten einbezogen (vgl. Golde 2016). Diese können aus *Preis- oder Wachstumseffekten* resultieren. Beispielsweise kann eine national oder EU-weit nachlassende Brennstoffnachfrage zu sinkenden Brennstoffpreisen und zu einem höheren Brennstoffverbrauch in anderen Ländern führen. Auch kann die systematische Erhöhung der Energieeffizienz ein Wachstum der Volkswirtschaft zur Folge haben, wenn Produkte durch gesunkene Produktionskosten günstiger werden und dadurch der Absatz steigt (vgl. Bittner 2019).

### **1.1.4 Negativer Rebound**

Wie eingangs dargestellt, wird unter Rebound-Effekten im Allgemeinen der Zusammenhang zwischen Effizienzverbesserungen und einem gesteigerten Konsum verstanden. Mit Effizienzmaßnahmen im Zusammenhang stehende Verhaltensänderungen können jedoch auch dazu führen, dass zusätzliche Energieeinsparungen eintreten. So kann durch *Suffizienz* eine größere direkte Einsparung erzielt werden - beispielsweise, wenn Nutzer nach der Durchführung von Modernisierungsmaßnahmen genauer auf das eigene Heizverhalten achten, weil sie sich nun intensiver mit dem Thema beschäftigt haben oder z. B. gezielte Mietergespräche durchgeführt wurden (vgl. IÖW o. D., Cali et al. 2016). *Spill-Over-Effekte* haben eine zusätzliche Einsparung an anderer Stelle zur Folge. Dies ist zum Beispiel der Fall, wenn die Beschäftigung mit energieeffizienten Modernisierungsmaßnahmen dazu führt, dass zusätzlich auch wassersparende Armaturen angeschafft werden. Diese Effekte stellen das Gegenteil zu direkten und indirekten Rebounds dar und werden deshalb bisweilen als „negative“ Rebound-Effekte bezeichnet (vgl. IÖW o. D.).

### **1.1.5 Prebound**

Ein übermäßig sparsames Verhalten kann jedoch auch darauf zurückzuführen sein, dass die Komfortbedürfnisse der Nutzer z. B. infolge von Energiearmut im Ausgangszustand nicht zufrieden gestellt werden konnten. Gerade im Zusammenhang mit Rebound-Effekten spielen die der Nachfrage und Nutzung der Energiedienstleistung zugrunde liegenden Bedürfnisse sowie das bereits erreichte Ausmaß ihrer Sättigung eine besondere Rolle. Bei Nutzern, die ihre Bedürfnisse vor der Umsetzung von Maßnahmen

(stark) einschränken mussten – z. B. wenn aus finanziellen Gründen nur zu bestimmten Zeiten, nur einzelne Räume oder auf eine dem Nutzerempfinden nach zu geringe mittlere Raumtemperatur geheizt wurde – sind deshalb spürbare Rebound-Effekte zu erwarten. Allerdings wirken Rebound-Effekte in diesem Fall der Energiearmut entgegen. Wichtig ist deshalb, dass im Rahmen der Umsetzung von Effizienzmaßnahmen Wege gefunden werden, mit denen die Grundbedürfnisse der Nutzer auf möglichst ressourcenschonende Weise zufriedengestellt werden können (vgl. Semmling et al. 2016).

Gemäß den statistischen Auswertungen von Schröder et al. (2018) steigen die Innenraumtemperaturen in deutschen Miet-Mehrfamilienhäusern mit abnehmender Baualtersklasse bzw. mit fortschreitendem Effizienzstandard systematisch an. Die ermittelten mittleren Raumtemperaturen liegen bei vor 1978 errichteten Altbauten bei 18,0 °C, bei auf Basis der EnEV 2002 errichteten Gebäuden bei 19,0 °C und bei Passivhäusern bei 21,8 °C. Zwar wurde nur eine geringe Anzahl an Passivhäusern betrachtet, jedoch wurden auch in anderen Studien Raumtemperaturen um die 22 °C in Passivhäusern oder nach der Modernisierung mit Passivhauskomponenten gemessen (vgl. Peper et al. 2005, Peper et al. 2011, Großklos 2013). Anzumerken ist jedoch, dass bei Modernisierungen mit hohem Dämmstandard – aufgrund der verringerten Transmissionswärmeverluste einerseits und des verhältnismäßig höheren Anteils innerer und solarer Gewinne andererseits – die Innentemperaturen auch bei gleichbleibendem Nutzerverhalten höher liegen als im unmodernisierten Zustand (vgl. Schröder et al. 2018, Grafe 2019).

Weiterhin belegen eine Reihe von Untersuchungen, dass die mit den in Deutschland üblichen Norm-Bilanzverfahren errechneten Energiebedarfe vor allem bei nicht oder nur wenig modernisierten Bestandgebäuden systematisch über dem tatsächlichen Verbrauch liegen (vgl. Sunikka-Blank/Galvin 2012, Hoffmann/Geissler 2017, Loga et al. 2019). Zur Bezeichnung dieses Sachverhalts wurde von Sunikka-Blank und Galvin (2012) der Begriff des Prebound-Effekts eingeführt. Dieser bezieht sich auf die Situation vor einer energetischen Modernisierung und zeigt wie viel weniger Energie verbraucht wird als erwartet. Neben dem Nutzerverhalten, das im Einzelfall stark variieren kann (vgl. Loga et al. 2019), spielen hierbei jedoch auch weitere Faktoren eine Rolle, siehe hierzu Abschnitt 1.2.1.

### **1.1.6 Ansätze zur Überwindung von Rebound-Effekten**

Umweltpolitische Instrumente, die Effizienzsteigerungen fördern, können Rebound-Effekte in unterschiedlichem Ausmaß begünstigen oder ihnen entgegenwirken. Sowohl die Einführung von Auflagen und Standards als auch Subventionen und Fördergelder sind mit finanziellen und psychologischen Effekten verbunden, die Anreize zur Mehrnutzung von Energie setzen und damit Rebound-Effekte bewirken können. Abgaben auf den Verbrauch nicht erwünschter Ressourcen, z. B. in Form einer CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die Vorgabe maximaler Verbrauchsmengen (Caps) sowie Informations- und Kommunikationsinstrumente können hingegen Rebound-Effekten entgegenwirken (vgl. Semmling et al. 2016).

Da sowohl finanzielle als auch psychologische Faktoren eine Rolle spielen, schlagen Semmling et al. (2016) eine Kombination mehrerer Instrumente zur Eindämmung von Rebound-Effekten vor. Im Hinblick auf die Umsetzung von Gebäudemodernisierungen kommen hierfür beispielsweise folgende Ansätze in Frage:

- Energiesteuern oder eine CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die finanzielle Einspareffekte parallel zur geplanten Steigerung der Energieeffizienz ausgleichen.
- Eine Kopplung der Effizienzförderung an Standardeinstellungen, welche die Einspareffekte bei Wärmeschutz und Anlagentechnik verbessern (z. B. automatische Nachtabsenkung oder eine optimal eingestellte Gebäudeautomatisierung).
- Überprüfung des tatsächlichen Energieverbrauchs bzw. der tatsächlichen Einsparungen im Rahmen der Inanspruchnahme von Förderprogrammen.
- Nutzung maßgeschneiderter Informations- und Kommunikationsmaßnahmen, um Nutzer gezielt über ihren Energieverbrauch und die Einsparpotentiale durch die Modernisierungsmaßnahmen aufzuklären (siehe dazu auch Abschnitte 2.34 zur Mobilisierung von privaten Wohneigentümern und 2.5 zu Feedback-Instrumenten im Mietwohnungsbereich).

## **1.2 Weitere Ursachen für verminderte Einsparungen bei Gebäudemodernisierungen**

Allerdings könnten auch andere Faktoren als das Nutzerverhalten dazu beitragen, dass rechnerisch ermittelte Energiebedarfe von der Realität abweichen und prognostizierte Einsparungen nicht erreicht werden. Auch Unsicherheiten bei der Abbildung von Einsparpotenzialen in Energiebilanzen und Prognosemodellen oder Mängel bei der praktischen Umsetzung der bau- und anlagentechnischen Maßnahmen können zu entsprechenden Diskrepanzen beitragen.

### **1.2.1 Unsicherheiten bei der Abbildung von Modernisierungszuständen und Einsparpotenzialen in Energiebilanzen und Prognosemodellen**

Exemplarische Betrachtungen in Loga et al. (2019) zeigen, dass bei der Bilanzierung unmodernisierter Gebäude auch nach Anpassungen des Nutzerprofils auf für die Nutzung von Altbauten typische Werte deutlich spürbare Unterschiede zwischen dem errechneten Bedarf und dem typischen Verbrauch verbleiben können. Diese können auf Unsicherheiten der bau- und anlagentechnischen Eingabedaten zurückzuführen sein. Da die genauen Konstruktionsaufbauten und Materialien von Bestandsgebäuden häufig nicht bekannt sind, können die für den Zustand vor Modernisierung angenommenen U-Werte meist nur auf Abschätzungen basieren. Um „auf der sicheren Seite“ zu sein, werden im Zweifelsfall häufig eher ungünstige (hohe) Werte eingesetzt. Bei anderen Eingabedaten, wie z. B. für die Berücksichtigung der Wirkung von Wärmebrücken oder der Luftdichtheit, wird bei unmodernisierten Bestandsgebäuden in der Regel auf Pauschalwerte zurückgegriffen, die die reale Situation ggf. nicht passend abbilden. Auch diverse weitere Eingabegrößen (interne Wärmequellen, Verschattung, Reduktionsfaktoren gegen Erdreich oder unbeheizte Räume, Detailangaben zur Anlagentechnik etc.) sind nicht genau bekannt und mit Unsicherheiten behaftet.

Bei der Bilanzierung des modernisierten Zustands ist das Ausmaß dieser Unsicherheiten geringer. Bei zusätzlich auf- oder eingebrachten Dämmschichten sind die Anteile der Ursprungs konstruktion weniger relevant und die U-Werte deshalb genauer. Sofern Wärmebrückennachweise und/oder Luftdichtheitsmessungen vorliegen, kann auch hier mit genaueren Werten gerechnet werden. Studienergebnissen zufolge können nach Bereinigung von Verbrauchsdaten bzw. der Anpassung von Eingabegrößen an reale Randbedingungen (Nutzerverhalten, Klimadaten, Anpassung der Eingaben zur Anlagentechnik) die rechnerischen Ergebnisse annähernd mit der Realität in Übereinstimmung gebracht werden (vgl. Großklos 2013, Bigalke et al. 2016).

Im Einzelfall können sich jedoch Fehler bei der Berechnung von Flächen und Volumina oder der Übertragung von Daten auf die Rechenergebnisse auswirken. Auch in der Bauphase aufgetretene Abweichungen gegenüber der Planung können zu fehlerhaften Bilanzergebnissen führen. Zudem können insbesondere Mängel bei der praktischen Umsetzung der bau- und anlagentechnischen Modernisierungsmaßnahmen zu entsprechenden Diskrepanzen beitragen.

### **1.2.2 Mängel bei der Umsetzung von bautechnischen Maßnahmen**

Häufig weisen die baulichen Konstruktionen bestehender Gebäude Besonderheiten auf, die Dämm- und Dichtmaßnahmen erschweren. So kann beispielsweise die Befestigung von Dämmstoffen auf unebenen Bestandsflächen zu Dämm-lücken führen, die wiederum mit spürbaren Wärmebrückeneffekten einhergehen können. Auch Ablösungen durch einen nicht tragfähigen Untergrund, mangelhafte Untergrundvorbereitung, mangelhaft ausgeführte Verklebungen oder mangelnde Winddichtung führen zu einer Reduktion der Dämmwirkung. Gleiches gilt für Materialien, die aufgrund eines mangelhaften Witterungsschutzes während ihrer Lagerung oder der Bauphase feucht verbaut werden. Die einge-drungene Feuchtigkeit kann zum Teil nur über längere Zeiträume wieder abgegeben werden.

Weiterhin können die Beseitigung oder Entschärfung von Wärmebrücken und die Ausführung der Luftdichtheit in Bestandsgebäuden mit besonderen Herausforderungen verbunden sein. Häufig sind noch während des Umsetzungsprozesses Anpassungen der Planung an die realen Gegebenheiten erforderlich. Ein aufgrund verbleibender Wärmebrücken verstärkter Wärmeabfluss hat einen höheren

Heizenergieverbrauch zur Folge. Ferner können Undichtigkeiten in der Gebäudehülle zu einem unkontrollierten Luftaustausch führen. Dieser kann nicht nur ebenfalls deutliche Energieverluste, sondern auch Zuglufterscheinungen verursachen. Zugerscheinungen stellen eine der Hauptursachen für eine empfundene thermische Unbehaglichkeit in Gebäuden dar, zu deren Kompensation meist eine erhöhte Raumtemperatur eingestellt wird.

### **1.2.3 Mängel bei der Umsetzung von anlagentechnischen Maßnahmen**

Bei der Modernisierung von Gebäuden kommt eine Vielzahl von Versorgungslösungen zum Einsatz, deren Komplexität häufig bei hohen Effizienzstandards zunimmt. Planungsfehler, falsche Anlagendimensionierung, mangelhaft gedämmte Verteilungen und/oder Fehlfunktionen der technischen Anlagen können dabei ebenso wie Fehler in der Regelung, Wartung und Bedienung zu einem erhöhten Energieverbrauch beitragen, der zudem ohne ein dezidiertes Monitoring über längere Zeiträume hinweg unbemerkt bleiben kann. Dies gilt umso mehr für komplexe Systeme, die mehrere Wärmeerzeuger und weitere Komponenten umfassen und deshalb in der Regel vergleichsweise fehleranfällig sind. Bei der Planung und Umsetzung spielt zudem die Berücksichtigung einer intuitiven Bedienung der Anlagentechnik zur Zufriedenstellung der Nutzerbedürfnisse (z. B. einfache Einstellmöglichkeiten der gewünschten Raumtemperatur) eine Rolle (vgl. Cali et al. 2016, Wolff et al. 2017), da mangelnde Akzeptanz und eine inadäquate Nutzung der eingesetzten Technologien zu Mehrverbräuchen führen (siehe Abschnitt 1.1.1). Aber auch wenn beispielsweise bei Lüftungsgeräten erst nach Beginn der Heizzeit die Umschaltung von Sommer-Bypass-Betrieb auf Wärmerückgewinnung vorgenommen wird, kann dies spürbare Erhöhungen des Heizwärmebedarfs zur Folge haben (vgl. Peper et al. 2011, Großklos 2013).

### **1.2.4 Schlussfolgerungen**

Dass nach Normverfahren und mit Standardrandbedingungen ermittelte Energiekennwerte und Einsparpotenziale von der Realität abweichen, ist nicht nur auf das Verhalten der Nutzer zurückzuführen, sondern es kommen unterschiedliche Faktoren zum Tragen. Diese wirken vielfach zusammen, so dass eine Bewertung der Auswirkungen einzelner Faktoren nur schwer vorzunehmen ist.<sup>1</sup>

Bei Bilanzen und Prognosen empfiehlt es sich, Unsicherheiten bei den Eingabedaten zu beachten und entsprechend kenntlich zu machen. Für realistische Ergebnisse sollten die Rechenergebnisse mit tatsächlichen Verbräuchen abgeglichen werden.<sup>2</sup>

Mängeln an Bau- und Anlagentechnik kann mit fachlich geschulten Planern und Handwerkern sowie einer Bauüberwachung und Qualitätssicherung entgegengewirkt werden. Die Anlagentechnik erfordert eine detaillierte Inbetriebnahme, Wartung, Bedienung und Überwachung. Um fehlerhafte Systembausteine frühzeitig zu erkennen, zu lokalisieren und zu beseitigen, ist zudem ein Monitoring erforderlich.

Zu guter Letzt sei jedoch noch darauf hingewiesen, dass sich trotz der beschriebenen Effekte und Faktoren, die einer vollständigen Ausschöpfung von Einsparpotenzialen entgegenwirken, durch die Umsetzung von Modernisierungsmaßnahmen im Bestand hohe Einsparungen erreicht werden können. So wurden beispielsweise bei der Auswertung der Effizienzhausdatenbank der dena von Bigalke et al. (2016) auf der Basis von Verbrauchsdaten mittlere Einsparungen von 89 % (strombasierte Heizsysteme) bzw. 71 % (nicht strombasierte Heizsysteme) an Endenergie sowie von 82 % an Primärenergie (alle Heizsysteme) ermittelt.

---

<sup>1</sup> Im derzeit vom IWU durchgeführten BMBF-Projekt KOSMA (Komponenten der Entstehung und Stabilität von Rebound-Effekten und Maßnahmen für deren Eindämmung) werden die nutzerseitigen und baulich-technischen Einflüsse direkter Rebound-Effekte im Wärmebereich untersucht. Auf Basis eines experimentellen Befragungsdesigns werden außerdem die Anfälligkeit für direkte und indirekte Rebound-Effekte bestimmt und verhaltenswirksame Ansatzpunkte zu deren Eindämmung identifiziert. Für weitere Informationen siehe <http://www.kosma-projekt.de/>.

<sup>2</sup> Entsprechende Verfahren für Mehrfamilienhäuser werden derzeit vom IWU im Rahmen des Projektes MOBASY entwickelt. Für weitere Informationen siehe <https://www.iwu.de/forschung/energie/2017/mobasy/>.

## 2 Denklagen bei Sanierungsentscheidungen und reale Energieverbrauchsinformationen als Ansatzpunkte für eine bessere Ausschöpfung von Einsparpotenzialen im Gebäudebereich

Dr. Ina Renz, Institut Wohnen und Umwelt GmbH

Für die Erreichung der Klimaschutzziele gilt die Erhöhung der Sanierungsrate von Bestandsgebäuden und eine bessere Ausschöpfung des Einsparpotenzials durch ein entsprechend angepasstes Bewohnerverhalten als zentral. Die Dringlichkeit des Themas zeigte sich jüngst in der Verschärfung des Emissionsminderungsziels<sup>3</sup> und der Vorstellung einer Strategie zur Auslösung einer „Renovierungswelle für Europa“ (Europäische Kommission 2020a). Um eine solche Renovierungswelle tatsächlich anzustoßen, müssen Instrumente gefunden werden, die auf Gebäude- bzw. Wohneigentümer und deren Bedürfnisse und situativen Gegebenheiten möglichst gut zugeschnitten sind.

Das vorliegende Kapitel veranschaulicht die Komplexität bei Entscheidungsprozessen für oder gegen eine energetische Sanierung im Wohngebäudebereich und zeigt darauf aufbauend Ansatzpunkte zur Mobilisierung von Eigentümern zur energetischen Ertüchtigung ihrer Gebäude. Dabei und in Bezug auf das alltägliche Energienutzungsverhalten in Gebäuden kommt der Erhöhung der Transparenz realer Verbrauchsdaten und damit den Möglichkeiten durch Monitoring und Feedbacksysteme eine zentrale Bedeutung zu (s. dazu Abschnitte 1.1.6 und 1.2.4).

### 2.1 Notwendigkeit passgenauer Instrumente zur Erhöhung der Sanierungsrate

Die trotz in Deutschland bestehender Förderprogramme konstant niedrige jährliche Sanierungsrate legt die Annahme nahe, dass für Eigentümer bestehende Hürden nicht (ausreichend) adressiert werden bzw. neben ökonomischen auch nicht-ökonomische Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf Sanierungsentscheidungen haben. Um eine umfassendere Wissensgrundlage<sup>4</sup> für eine bedarfsgerechte Entwicklung förderlicher Instrumente zu schaffen, wurde vom IWU in einer von der KfW beauftragten qualitativ-empirischen Studie der Entscheidungsfindungsprozess bei Sanierungsentscheidungen von (vorwiegend) privaten Wohneigentümern – und damit der zahlenmäßig stärksten Gruppe am deutschen Wohngebäudebestand<sup>5</sup> – im Detail analysiert (Renz & Hacke 2016, 2017). Dabei wurden die Denklagen und Argumentationslinien von Sanierern und Nicht-Sanierern miteinander verglichen und die Abwägungen zwischen verschiedenen Motiven untersucht. Hierfür wurden in den Kommunen Fürth (Bayern), Herne und Heidelberg 32 Leitfadeninterviews mit Privateigentümern, die ihre Wohnimmobilien entweder selbst nutzen oder vermieten durchgeführt.<sup>6</sup> Die Auswahl der Interviewpartner

---

<sup>3</sup> Das Emissionsminderungsziel wurde auf 55 % bis 2030 (gegenüber 1990) bzw. auf 60 % der Treibhausgasemissionen von Gebäuden gegenüber 2015 erhöht (vgl. dazu Europäische Kommission 2020b, 2020c).

<sup>4</sup> Bisherige Studien konzentrierten sich häufig auf einzelne Entscheidungsfaktoren, konzentrierten sich auf sozialstrukturelle oder Gebäudemerkmale (Beillan et al. 2011; Cirman et al. 2011), den Einfluss von Lebensstilen (Gröger et al. 2011) oder spezifische individuelle Anreize oder Hemmnisse (Jahnke & Verhoog 2012; Matschoss et al. 2013; Saner et al. 2012). Diese Studien berücksichtigen die Komplexität von Entscheidungsfindungsprozessen nicht ausreichend.

<sup>5</sup> Selbstnutzende Eigentümer (in Ein- und Zweifamilienhäusern) machen 2014 etwa 2/3 des gesamten Wohngebäudebestands aus. Weitere 15 % der Wohngebäude machen vermietete, Ein- und Zweifamilienhäuser aus, die sich beinahe ausschließlich im Besitz von Privatpersonen befinden. Etwa 11 % der Wohngebäude sind Mehrfamilienhäuser im Besitz von Privateigentümern (Privatpersonen oder WEGs). Dahingegen besitzen institutionelle Vermieter nur etwa 6 % der Wohngebäude in Deutschland, darunter beinahe ausschließlich Mehrfamilienhäuser. Für weitere Informationen s. Renz, & Hacke (2016, S. 12 ff.).

<sup>6</sup> Der Leitfaden umfasste neben einem Vorspann zum Ziel und Ablauf des Interviews die Themenblöcke Ausgangslage (Anlass und Entscheidungshintergrund), Phasen der Entscheidungsfindung (Stationen der Entscheidungsfindung), Abwägung von Faktoren (Schwierigkeiten/Bedenken, Vorteile/Nutzen), Bilanzierung (Zufriedenheit mit dem Ergebnis der Entscheidungsfindung und abschließende Gesamteinschätzung). Die Auswertung erfolgte auf Basis der vollständig transkribierten Interviews nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse.

erfolgte über ein 2-stufiges Verfahren und stützte sich auf eine im Vorfeld erarbeitete Eigentümergeologie.<sup>7</sup> Die identifizierten Denklogiken werden nachfolgend dargestellt.

## 2.2 Entscheidungsprozesse sind multidimensional, situations- und kontextabhängig

Im Vergleich der Argumentationslinien von Sanierern und Nicht-Sanierern mit privatem Wohneigentum wurden 12 Kategorien an Einflussfaktoren identifiziert, die im Grundsatz von beiden Teilgruppen erwogen werden. Nicht-Sanierer bewerten zumindest einige Aspekte jedoch weitaus skeptischer als Sanierer, was dann den Ausschlag gegen eine (umfangreichere) energetische Ertüchtigung ihrer Gebäude gibt. Ein und derselbe Einflussfaktor kann somit – nämlich je nach Bewertung – als Anreiz oder als Hemmnis im Entscheidungsprozess wirksam werden. Unter den 12 Gruppen an Einflussfaktoren finden sich am häufigsten *ökonomische Abwägungen*, *ökologische Argumente* und Überlegungen zu *Instandsetzungsbedarf/-notwendigkeit*. Sehr häufig finden sich außerdem Überlegungen zum *Wohnkomfort*, die *Meinung von dritten Personen*, von *Vertrauenswürdigkeit von Informationen/Quellen/Handwerkern* und der *Umsetzbarkeit/Praktikabilität von Maßnahmen* oder baulich-technischen Möglichkeiten und Berücksichtigung von *Qualitätsaspekten*. Seltener erfolgt eine Orientierung an *technischen Standards bzw. Auflagen oder Richtlinien*. Ebenfalls seltener, aber mit jeweils hoher Entscheidungsrelevanz werden *optische Kriterien*, durch eine Sanierungsmaßnahme befürchtete *Nachteile oder Schäden* (Schimmel, Schädlinge) thematisiert.

Diese Faktoren können nicht isoliert voneinander betrachtet werden, da immer mehrere Faktoren einbezogen werden und sich diese wechselseitig beeinflussen. Entscheidungen verlaufen also immer multidimensional. Dennoch ist nicht jeder Faktor in jeder Situation und für jeden Eigentümer relevant. Welche Faktoren in die Entscheidung einfließen und wie diese bewertet werden ist hochgradig abhängig von der persönlichen Lebenssituation der Eigentümer (Alter, Haushalts- und Familienstruktur), ihren individuellen Voraussetzungen<sup>8</sup> und Kontextbedingungen<sup>9</sup>. Hervorzuheben sind hierbei die Bedeutung einer langfristigen Nutzungsperspektive des Gebäudes und der eigenen Vorerfahrungen bzw. Vorwissen und Vorerfahrungen aus dem persönlichen Umfeld der Befragten. Beides prägt die Bewertung von Einflussfaktoren maßgeblich.<sup>10</sup>

## 2.3 Sanierungsentscheidungen haben zwei Stufen, wobei auf jeder Stufe spezifische Hemmnisse bestehen

Sanierungsentscheidungen erfolgen auf 2 Stufen, wobei auf jeder Stufe spezifische Hemmnisse bestehen können. Ausgangspunkt für den Abwägungsprozess (Stufe 1) bildet zunächst ein Sanierungsanlass. Erst wenn ein solcher Anlass existiert, kommt es zu einer Detailabwägung verschiedener Faktoren

---

<sup>7</sup> Die Umsetzung erfolgte über ein Screening mit Hilfe der kommunalen Grundsteuerstellen, wobei das sogenannte Adressmittlungsverfahren zur Anwendung kam. So wurden auch Nicht-Sanierer erreicht, die andernfalls schwerer – und methodisch ggf. zweifelhafter – zu adressieren sind. Für weitere Informationen zur Fallauswahl und methodischen Vorgehensweise s. Renz & Hacke (2016).

<sup>8</sup> Beispielsweise (handwerkliche, technische) Fähigkeiten/Kompetenzen, Vorerfahrungen/Vorwissen, finanzielle Lage, Einstellungen, Wertvorstellungen.

<sup>9</sup> Zu den Kontextbedingungen zählen Wahrnehmungen des Gebäudezustands, Wissen um den eigenen Energieverbrauch und Ziele mit dem Gebäude.

<sup>10</sup> Besteht eine langfristige Nutzungsabsicht (bis ins hohe Alter/noch lange im Haus leben, Mieteinnahmen als Altersvorsorge) oder eine klare Einschätzung zum Verbleib der Immobilie im Familienbesitz, erhöht dies die Bereitschaft energetische Maßnahmen zu tätigen. Die Unsicherheit oder Skepsis in Bezug auf eine „Nachnutzung“ durch die nachfolgende Generation oder einer anderen eingeschränkten Nutzungsperspektive führt im Zusammenspiel mit Zweifeln an der Amortisation von Maßnahmen häufig zur Entscheidung gegen eine Sanierung bzw. wird diese Entscheidung auf die nächste Eigentümergeneration verschoben. Gleichermaßen sind eigene Vorerfahrungen bzw. Erfahrungen aus dem persönlichen Umfeld und damit die Meinungen dritter Personen (Nachbarschaft, Kollegen, Bekannte/Verwandte) entscheidend für die Bewertung von insbesondere wirtschaftlichen, ökologischen und optischen Gesichtspunkten.

(Stufe 2), die dann bewertet und gegeneinander abgewogen werden, was je nach Bewertung und Priorisierung in einer Entscheidung für mehr oder weniger umfassende Sanierungsmaßnahmen resultiert.

Sanierungsanlässe bestehen am häufigsten in einer ohnehin notwendigen Instandsetzung / -haltung von Bauteilen, gefolgt von der Erhöhung des Wohnkomforts<sup>11</sup>. Aber auch das Vorhandensein ausgeprägter ökologischer Überzeugungen mit Wunsch nach Energieeinsparung, der Einfluss und Ratschläge dritter Personen<sup>12</sup>, der Wunsch nach Energiekosteneinsparung und gesetzliche Vorschriften zum energetischen Standard von Gebäuden wirken als Anlass zur weiteren Auseinandersetzung mit dem Thema. Besteht kein Sanierungsanlass, erfolgt meist keine eingehende Beschäftigung mit dem Thema. Zugleich führen zentrale Hemmnisse zu der Entscheidung, keine energetische Ertüchtigung des Gebäudes vorzunehmen oder die Entscheidung wird auf unbestimmte Zeit aufgeschoben. Diese Hemmnisse bestehen – neben der Tatsache, dass die Eigentümer keinen Bedarf für eine energetische Ertüchtigung erkennen – in erster Linie in finanziellen Restriktionen<sup>13</sup>, befürchteten Nachteilen und gar Schäden<sup>14</sup> sowie ökologischen Bedenken<sup>15</sup>. Auch bestehende Vorgaben und Richtlinien<sup>16</sup> werden hier als Hemmnis wirksam.

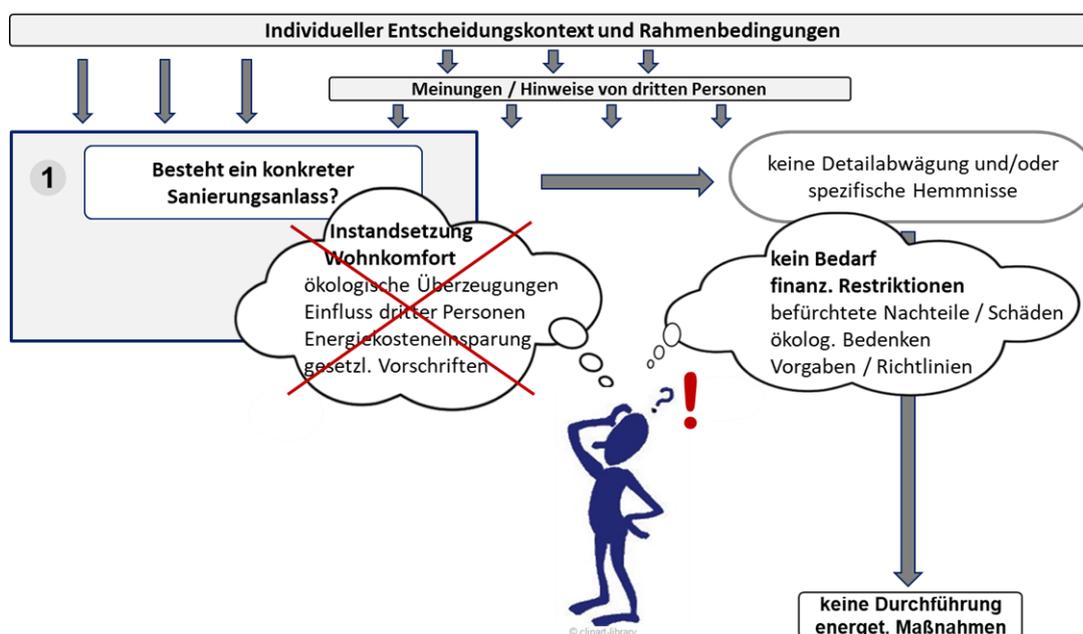


Abbildung 1: Zentrale Hemmnisse auf Stufe 1 des Entscheidungsprozesses, eigene Darstellung

Im Ergebnis wird keine energetische Ertüchtigung des Gebäudes vorgenommen. Verstärkend wirken hier häufig negative Einflüsse aus dem persönlichen Umfeld der Eigentümer und Abwägungen im Zusammenhang mit optischen Anforderungen und Abwägungen zum Wohnkomfort.

Bei vorhandenem Sanierungsanlass erfolgt eine intensive Auseinandersetzung und Abwägung verschiedener Faktoren. In die Abwägung werden meist die zentralen Hemmnisse aus der ersten Stufe

<sup>11</sup> Ursache sind hier häufig nicht erfüllte Komfortbedürfnisse z. B. durch Zuglufterscheinungen oder hohe Lärmbelastung / mangelnden Schallschutz.

<sup>12</sup> Bei Vermietern sind dies meist Hinweise oder Ratschläge von professionellen Akteuren und Beschwerden aus der Mieterschaft. Bei selbstnutzenden Eigentümern geben Informationen durch vertrauenswürdige Kontakte (Bekannte, Nachbarn, Kollegen) oder Angebote von bereits bekannten Fachhandwerkern den Ausschlag.

<sup>13</sup> Als zu hoch empfundene Investitionskosten, Unsicherheiten bei der Rentabilitätseinschätzung, zu geringes Einsparpotenzial, finanzielle Lage der Eigentümer.

<sup>14</sup> Genannt werden Feuchtigkeit, Schimmel, Ungeziefer, Brennbarkeit.

<sup>15</sup> Energiebilanz über gesamten Lebenszyklus bzw. Energie für Herstellung von Stoffen und Entsorgungsthematik (Sondermüll).

<sup>16</sup> Häufig wirken Denkmalschutz-Auflagen hochgradig hemmend. Eine zu geringe Einspeisevergütung bei PV-Anlagen wirkt ebenfalls als Hemmfaktor.

einbezogen. Darüber hinaus werden insbesondere ökonomische<sup>17</sup> und ökologische Teilaspekte<sup>18</sup> sowie Auswirkungen von Maßnahmen oder Ausführungsmöglichkeiten auf die Optik<sup>19</sup> gegeneinander abgewogen. Wiederum werden Bewertungen maßgeblich durch den Entscheidungshintergrund (insbes. Erfahrungen/Ratschläge aus dem persönlichen Umfeld) beeinflusst. Abbildung 2 zeigt unterschiedliche Argumentationslinien für verschiedene Eigentümergruppen. In nahezu allen Überlegungen finden sich Abwägungen der (zu hohen) Investitionskosten im Vergleich zum erzielbaren ökologischen Nutzen. Aufgrund der hierbei bestehenden Unsicherheiten – die im Kontext der Bilanzierung von Gebäuden durch Fachleute ebenfalls eine Rolle spielen (s. Abschnitt 1.2.1) – fallen Meinungen und Hinweise vertrauenswürdiger dritter Personen (mit Sanierungserfahrung) besonders ins Gewicht.

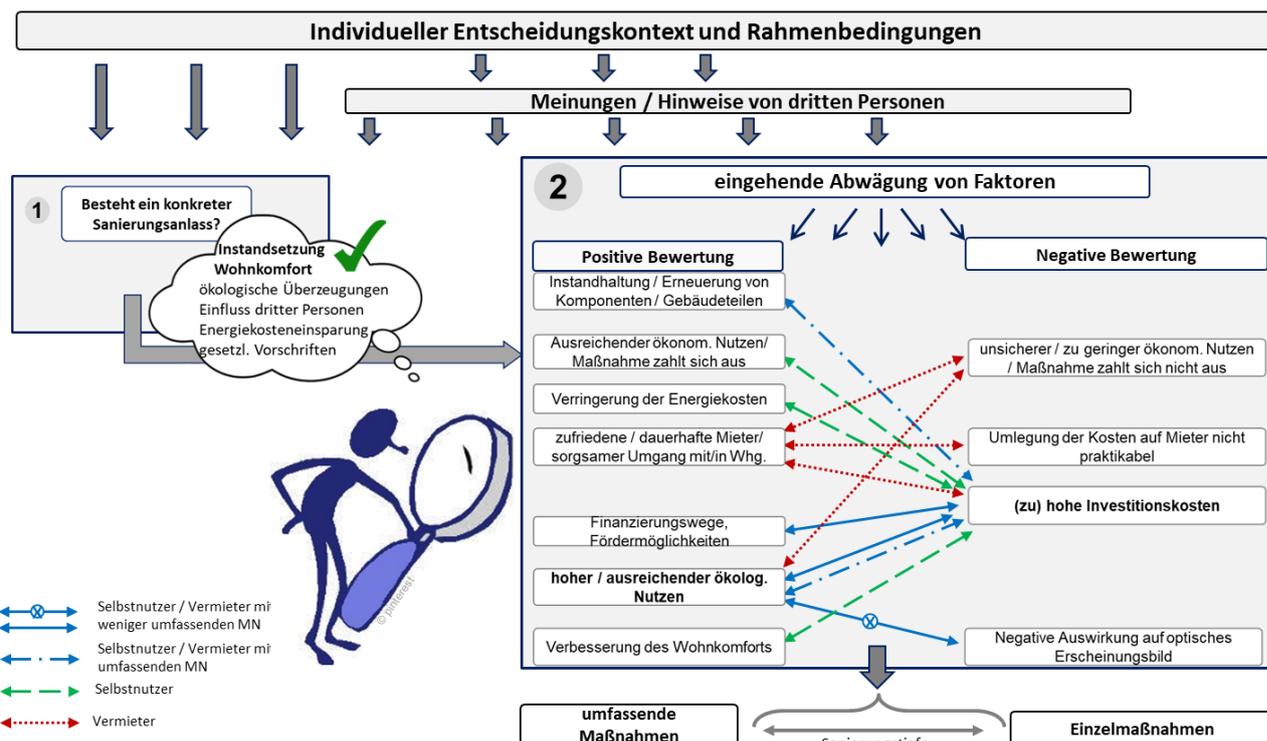


Abbildung 2: Detailabwägung auf Stufe 2 des Entscheidungsprozesses, eigene Darstellung

## 2.4 Ansatzpunkte zur Mobilisierung von Eigentümern

Aus der Studie ergeben sich verschiedene Ansatzpunkte zur Etablierung wirksamer Instrumente. Diese sollten die Multidimensionalität der Entscheidungsfindung berücksichtigen und idealerweise an beiden Entscheidungsstufen ansetzen, indem sie (1) ein größeres Bewusstsein für mögliche Sanierungsanlässe schaffen und (2) Unterstützung bei der Detailabwägung und Bewertung einzelner Faktoren bieten und so verstärkt zu umfassenden Maßnahmen motivieren (vgl. Abbildung 3). Entscheidend sind hierfür wissensbezogene Aspekte wie sich an der großen Bedeutung des eigenen Wissens, aber insbesondere der Erfahrungen aus dem persönlichen Umfeld – sei es durch sanierte Gebäude in der Nachbarschaft, Gespräche im Bekannten-/Kollegen-/Verwandtenkreis, Ratschläge und Hinweise von professionellen Akteuren (Schornsteinfeger, kommunale Energieberatung, seltener: Gewerke auf Messen). Maßgeblich hierbei ist die Vertrauenswürdigkeit der Akteure und der Zugang zu möglichst realen,

<sup>17</sup> Hierzu gehören die finanzielle Ausgangssituation, Finanzierungswege, Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit, Refinanzierungsmöglichkeiten.

<sup>18</sup> Subjektive Relevanz von Energieeinsparung, Einsparpotenziale durch (unterschiedliche) Maßnahmen.

<sup>19</sup> Materialien und (Bau)art von Fenstern, Dämmschichtdicken.

d. h. erfahrbaren Informationen insbesondere zu den Möglichkeiten an Energie- und Kosteneinsparung.

Umsetzbar erscheint dies durch allgemeine *Energieberatungsangebote und Informationskampagnen*<sup>20</sup>. Diese sollten niederschwellig, d. h. kostenfrei und möglichst vor Ort im betreffenden Gebäude stattfinden und von einer neutralen Instanz (z. B. Kommune) angeboten werden. Auch quartiersbezogene und auf bestimmte Gebäudetypen zugeschnittene Informationskampagnen erscheinen hier eine gleichermaßen wirksame wie kosteneffiziente Möglichkeit zur Erhöhung der Transparenz über Möglichkeiten an und Nutzen von Effizienzmaßnahmen. Dieser Ansatzpunkt setzt insbesondere an der ersten Entscheidungsstufe an, indem er auf Sanierungsanlässe aufmerksam macht.

Weiterhin könnten Maßnahmen an bestehenden Ausstrahlungseffekten durch gelungene Sanierungsmaßnahmen im nachbarschaftlichen Umfeld ansetzen und so ebenfalls zur Mobilisierung von Eigentümern (Stufe 1), aber auch zur Unterstützung des Abwägungsprozesses (Stufe 2) genutzt werden. Vielversprechend erscheinen hierbei Quartiersansätze, bei denen entsprechende Vorbilder bzw. Vorzeigeobjekte für (hoch)effiziente, aber realistisch umsetzbare Gebäudestandards für die im Quartier vorfindlichen Gebäudestrukturen etabliert werden. Solche Beispielgebäude können als *erlebbare Vorbilder*, beispielweise verbunden mit Besichtigungen (Tag d. offenen Tür), objektive Informationen über tatsächlich vorhandene Einsparungen und Wirtschaftlichkeit und den direkten Austausch mit den Eigentümern bspw. zum Wohnkomfort ermöglichen. Hierdurch werden Effizienzmaßnahmen mit ihren (Aus)wirkungen direkt erfahrbar, wodurch Zweifel und Unsicherheiten abgebaut werden können und die Hemmschwelle zur Durchführung von Maßnahmen am eigenen Gebäude herabgesetzt wird. Für Personen, die sich mit ihrem sanierten Gebäude als Vorzeigeobjekt zur Verfügung stellen, könnten als Teil einer größeren Vermarktungsstrategie mit dem Ziel solche Vorbilder und Netzwerke zum Erfahrungsaustausch gezielt zu schaffen, spezielle Fördermittel zur Verfügung gestellt werden. Weiterhin könnten modernisierte Vorzeigeobjekte für bestimmte Gebäudetypen oder Baualtersklassen auf Quartiersebene strategisch geplant werden. Eigentümer im selben Quartier bzw. desselben Gebäudetyps könnten sich nach (erfolgreicher) Sanierung dann vor Ort über Umsetzung, Investitionskosten, tatsächliche Energie- und Kosteneinsparung und sonstigen Auswirkungen (z. B. Optik, Wohnkomfort) informieren. Je flächendeckender solche Vorbilder für einzelne Gebäudetypen bestehen, umso größer ist auch die Sichtbarkeit und Strahlkraft umgesetzter Modernisierungen auf weitere Eigentümer. Auch der Einfluss des Nutzerverhaltens auf den tatsächlichen Energieverbrauch bzw. die tatsächliche Kosteneinsparung sollte im Vorfeld thematisiert werden.

Eine bessere Vermarktung ökologischer Dämmstoffe oder ökologisch unbedenklicher Materialien könnte ebenfalls in Verbindung mit positiven Vorbildern einen weiteren Anreiz für Eigentümer besser nutzbar machen, da gerade Eigentümer mit hohem ökologischen Anspruch Bedenken gegenüber herkömmlichen Dämmmaterialien (z. B. Polystyrol) erwähnen. Da Eigentümer häufig die noch höheren Kosten ökologischer Materialien erwähnen, wäre hierbei zudem ein höherer finanzieller Anreiz sinnvoll. Aus der Studie ergeben sich auch weitere Ansatzpunkte zur *Optimierung der Förderinstrumente*. Aus Sicht der Eigentümer sind für eine Steigerung der wirtschaftlichen Attraktivität eine Stärkung der Zuschussförderung mit höheren Fördersummen, die Förderung auch kleinerer oder sukzessiver Maßnahmen und eine Vereinfachung des Antragsverfahrens<sup>21</sup> sinnvoll. Speziell an der zweiten Entscheidungsstufe könnte die *Vermittlung von Detailinformationen zu spezifischen Maßnahmen und*

---

<sup>20</sup> Eine solche Erstberatung gab bei mehreren Sanierern den ersten Impuls für eine Auseinandersetzung mit dem Thema und führte in einigen Fällen zu der Erkenntnis, dass das Gebäude entgegen der ursprünglichen Meinung der Eigentümer eben doch nicht in einem so guten energetischen Zustand ist wie gedacht. Besonders überzeugen konnten hierbei entsprechende Aufnahmen von Wärmebildkameras.

<sup>21</sup> Insbesondere die zeitlichen Abläufe wurden eher negativ erlebt. Störend wirkte beispielsweise die Vorgabe, dass ein Beginn der Maßnahmen erst nach Erhalt der Förderzusage erfolgen kann.

Umsetzungsmöglichkeiten ansetzen. Hierbei sollten technische, auf die im betreffenden Gebäude vorfindlichen Rahmenbedingungen zugeschnittene Informationen vermittelt werden können. Im Interesse der Eigentümer sind hier auch Informationen über Materialien und ausführende Gewerke. Ein gebündelter Zugang zu solchen gezielten Informationen durch eine möglichst neutrale Stelle (z. B. Verbraucherzentrale) wäre eine Maßnahme, die Kenntnislücken und Vorbehalte verringern hilft. Schlussendlich könnte auch eine *professionelle Begleitung des Umsetzungsprozesses bzw. Abnahme der baulichen Durchführung von Maßnahmen* weiter zum Vertrauensaufbau in die die Ausführungsqualität beitragen.<sup>22</sup> Eine solche Stelle könnte außerdem an der Schnittstelle zwischen Bauausführung und Nutzungsphase einen Beitrag zur bedarfsgerechten und nutzerorientierten Einweisung der Bewohner in eine möglicherweise neue Gebäudetechnik leisten. Denn nur wenn die Gebäudenutzer wissen, wie sie die vorhandenen technischen Möglichkeiten optimal nutzen können und wie sie sich im Rahmen neuer Voraussetzungen (bspw. der Gebäudehülle) idealerweise verhalten sollten, kann das Einsparpotenzial durch die Effizienzmaßnahmen optimal genutzt werden.

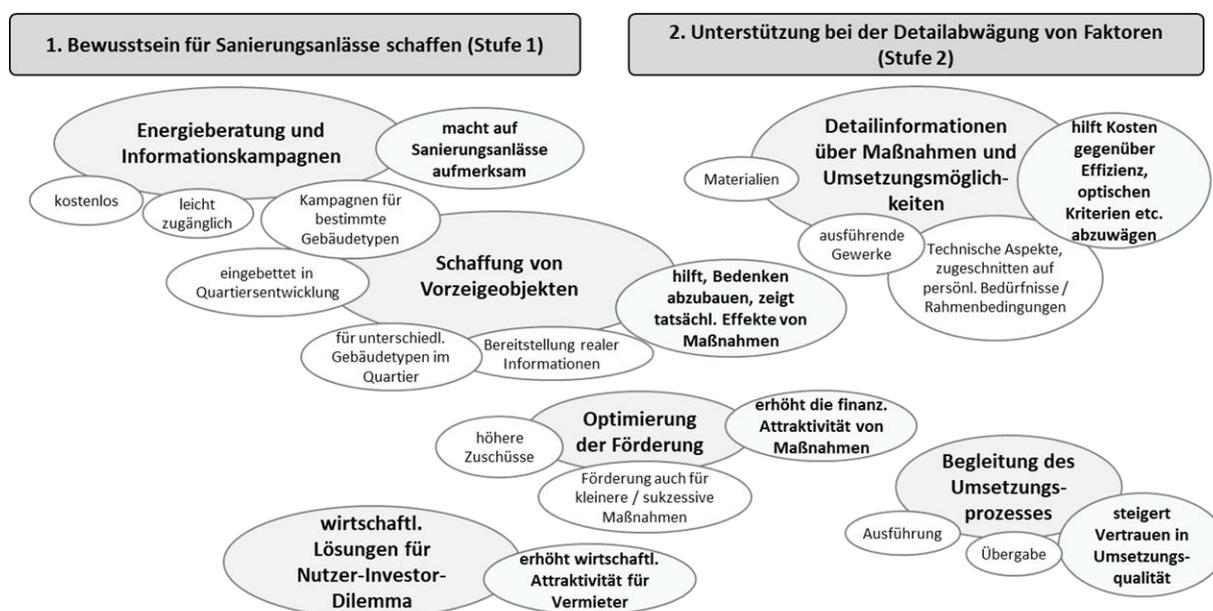


Abbildung 3: Ansatzpunkte zur Überwindung bestehender Hemmnisse, eigene Darstellung

## 2.5 Monitoring und Verbrauchsrückmeldung als zentrale Instrumente zur Gebäude- und Verhaltensoptimierung

In den vorangehenden Abschnitten wurde die Bedeutung möglichst objektiver Verbrauchsdaten für den Entscheidungsprozess um Effizienzmaßnahmen (Abschnitt 2.4) und für die Überwindung von Rebound-Effekten (Abschnitt 1.1.6) deutlich.

Zur Wirksamkeit regelmäßiger Verbrauchsrückmeldungen auf das Verbraucherverhalten von Gebäudenutzern wird vorwiegend im Mietwohnungsbereich seit langem geforscht. Dabei werden Feedback-Instrumente bei allerdings unterschiedlichen Themensetzungen, methodischen Vorgehensweisen und Ergebnissen<sup>23</sup> grundsätzlich als wirksame Instrumente angesehen (Abrahamse 2019; Darby 2006; Iweka et al. 2019; Karlin et al. 2015). Im Rahmen des EU-Projekts BECA (Balanced European

<sup>22</sup> Vgl. hierzu auch die Ausführungen zu Mängeln bei der Umsetzung in den Abschnitten 1.2.2 und 1.2.3.

<sup>23</sup> Häufig konzentrieren sich entsprechende Interventionsstudien allein auf den Stromverbrauch (Fischer 2008) und weniger auf die Erzielung von Verhaltensänderungen hinsichtlich des Heizenergieverbrauchs und beziehen sich häufig auf nur kurze Untersuchungszeiträume bzw. lassen eine methodisch fundierte sozialwissenschaftliche Evaluation der erzielten Bewusstseins-/Verhaltensänderung und Verbrauchsreduzierung häufig vermissen (Abrahamse 2007; Farley 2014), sind eher theorie- (Fischer 2008) oder design-orientiert auf die Entwicklung von Tool ausgerichtet (Froehlich et al. 2010; Weiss et al. 2012).

Conservation Approach; Laufzeit 2011-2013)<sup>24</sup> wurden an sieben Pilotstandorten insgesamt 2.300 Mietwohnungen im sozialen Wohnungsbau mit Instrumenten zur Messung ihres Heizenergie-, Wasserverbrauchs und teilweise auch Stromverbrauchs ausgestattet. An den Pilotstandorten wurden etwa 1.500 Haushalte mit im Projekt entwickelten IUK-Dienstleistungen ausgestattet, die auf einer Steigerung des Energiebewusstseins und die Optimierung des Verbrauchsverhaltens abzielten (RUAS – Resource User Awareness Service) sowie auf das Energiemanagement in den Gebäuden ausgerichtet (RMS – Resource Management Service) waren.<sup>25</sup> Die Aufteilung der Gebäude bzw. Haushalte auf Experimentalgruppe (Angebot von RMS, RUAS oder beiden Dienstleistungstypen) oder Kontrollgruppe (keine Dienstleistung) wurde in Abstimmung mit den Projektpartnern an den Standorten vorgenommen.<sup>26</sup> Das IWU war als unabhängige Einrichtung mit der Wirkungskontrolle der Services betraut. Auf der Basis eines quasi-experimentellen Designs mit Vorher-Nachher-Vergleichen wurden die Dienstleistungen mit Blick auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich der Senkung des Energieverbrauchs und des Nutzerverhaltens evaluiert.

### 2.5.1 Effekte auf den Energieverbrauch

Zur Erfolgskontrolle wurden im Zeitraum von zwei Jahren monatliche Verbrauchswerte gesammelt (1 Jahr vor, 1 Jahr nach Implementierung der Intervention), die Einsparungen nach Implementierung der Maßnahmen berechnet (vorher-nachher-Vergleich) und mit den Werten bzw. Einsparungen der Kontrollgruppe (Haushalte, welchen Dienstleistungen nicht zur Verfügung standen) verglichen.

Insgesamt wurden durch das Projekt 177 Tonnen CO<sub>2</sub> gespart. In der Hälfte der Fälle haben jeweils mehr als 60 % der Haushalte Einsparungen erreicht. Die Längsschnittvergleiche ergeben über alle Pilotstandorte und Dienstleistungen hinweg Einsparungen von durchschnittlich 15 % für Heizenergie, 11 % für den Kaltwasserverbrauch, 17 % für den Warmwasserverbrauch und 2 % beim Stromverbrauch.<sup>27</sup> Betrachtet man die durchschnittliche jährliche Energieeinsparung<sup>28</sup> der Haushalte für die einzelnen Dienstleistungstypen zeigt sich, dass Heizenergie insbesondere beim kombinierten Angebot von RMS und RUAS eingespart wurde (-0,006 Kelvintage/qm). Beim Stromverbrauch hat die RUAS-Gruppe die größten Einsparungen erreicht (-12,92 kWh/qm). Für beide Verbrauchsarten liegen die Einsparungen zudem über denjenigen der Kontrollgruppe. Beim Warmwasserverbrauch haben die Interventionen hingegen nicht zu einer Einsparung geführt.

Bei Kontrolle des Verbrauchs im Jahr vor der Intervention in einem multivariaten Modell (OLS Regression) zeigen sich ähnliche Einflüsse. Allerdings ist lediglich der Einfluss des kombinierten Angebots von RMS und RUAS auf die Einsparungen an Heizenergie signifikant. Grundsätzlich entfalten die Interventionen besonders bei Vielverbrauchern (Heizenergie, Stromverbrauch) ihre Wirkung.

### 2.5.2 Effekte auf das Verbrauchsverhalten

Das Verbrauchsverhalten wurde anhand einer 2-stufigen Befragung (Stufe 1 vor Intervention; Stufe 2: 1 Jahr nach Intervention) der Mieterhaushalte erfasst. Hierbei wurde anhand verschiedener Aussagen zum Verhalten auf einer 5-stufigen Skala erfasst, inwieweit die entsprechenden Verhaltensweisen auf die Befragten zutreffen. Durch den Vergleich der Antworten aus beiden Befragungszeitpunkten

---

<sup>24</sup> Weitere Informationen zum Projekt finden sich auf <https://www.beca-project.eu>; darunter auch Anwendervideos zu den angebotenen Dienstleistungen.

<sup>25</sup> Die Entwicklung der auf das Verhalten bezogenen Dienstleistungen (RUAS) basierte auf gängigen Theorien zur Verhaltensänderung, insbesondere rational-ökonomischen (Schwartz et al. 2015) und sozialpsychologischen Ansätzen (s. Theorie des geplanten Verhaltens, Ajzen 1991).

<sup>26</sup> Nähere Angaben zur methodischen Vorgehensweise und eine Übersicht zur Anzahl an Haushalten in den einzelnen Gruppen findet sich in Renz et al. (2014).

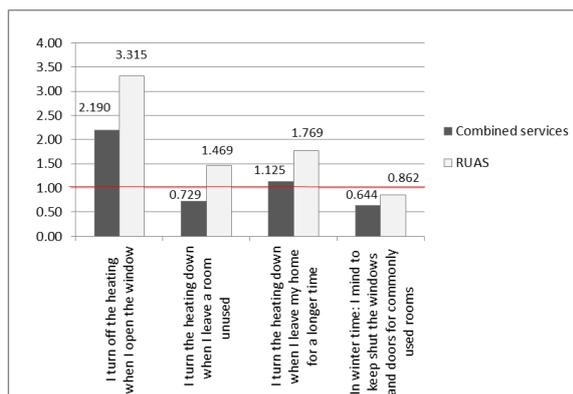
<sup>27</sup> Für eine Übersicht zu den Einsparungen an den einzelnen Pilotstandorten s. Renz et al. (2014).

<sup>28</sup> Dabei wurden die Heizenergieverbräuche jeweils mit dem Ansatz der Heizgradtage klimabereinigt. Alle Verbräuche wurden außerdem auf die Wohnfläche bezogen.

wurden für die Aussagen binäre Variablen zur Verhaltensänderung (optimiert; nicht optimiert/keine Veränderung) gebildet und die erzielten Verhaltensänderungen zwischen den Experimental- und Kontrollgruppen miteinander verglichen.

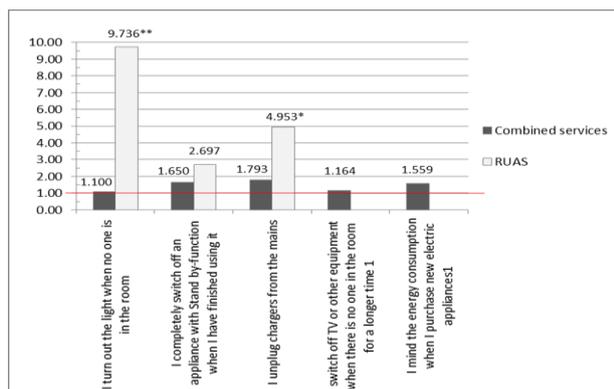
Deskriptive Analysen zeigen insbesondere beim Heizverhalten positive Verhaltensänderungen in beiden Experimentalgruppen (RUAS und kombinierte Dienstleistungen), wobei die Anteile der Haushalte mit optimiertem Verhalten mit einer Ausnahme<sup>29</sup> jeweils höher ausfallen als in der Kontrollgruppe. In Bezug auf das Stromverhaltensverhalten zeigen Mieterhaushalte, die die kombinierten Dienstleistungen erhielten, bessere Ergebnisse für eine Verhaltensoptimierung, wohingegen das alleinige Angebot von Feedback (RUAS) gemischte Ergebnisse aufwies. Hinsichtlich des Warmwasserverbrauchs ist kein positiver Einfluss der Interventionen erkennbar.<sup>30</sup>

Für das Heizverhalten zeigen multivariate Analysen (vgl. Abbildung 4) nach Kontrolle der Ausgangssituation, persönlicher Einstellungen bzw. Überzeugungen und individueller Rahmenbedingungen in Haushalten mit Feedbackinstrumenten häufigere und stärkere positive Einflüsse auf die einzelnen Verhaltensweisen als Haushalte, die ein kombiniertes Angebot (RUAS+RMS) erhalten haben. Der größte Effekt für beide Interventionen findet sich beim Abschalten der Heizung während der Fensterlüftung. Hierbei ist die Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensoptimierung durch den Erhalt von Feedback mehr als 3 Mal so hoch wie in der Kontrollgruppe, beim Erhalt der kombinierten Dienstleistung gut doppelt so hoch als in der Kontrollgruppe. Allerdings sind die Effekte nicht signifikant.



N= 112 / 95; 94 / 75; 61 / 53; 98 / 90

**Abbildung 4: Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensoptimierung beim Heizverhalten** (Odds ratios nach Experimentalgruppe), eigene Darstellung



N= 80 / 62; 150 / 109; 91 / 69; 94; 119  
<sup>1</sup> Impact for RUAS could not be investigated due to low sample sizes.  
 \* indicates significance at p < 0.1, \*\* at p < 0.05 and \*\*\* at p < 0.01.

**Abbildung 5: Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensoptimierung beim Stromverhaltensverhalten** (Odds ratios nach Experimentalgruppe), eigene Darstellung

Beim Stromverhaltensverhalten (vgl. Abbildung 5) finden sich in multivariaten Modellen durch beide Interventionstypen durchweg positive Einflüsse auf die einzelnen Verhaltensweisen. Allerdings erweist sich das alleinige Angebot von Feedback durchweg als wirkungsvoller als das kombinierte Angebot beider Dienstleistungen. Die Effektstärken variieren je nach Verhaltensweise deutlich. Der größte Effekt durch Feedback findet sich beim Ausschalten der Beleuchtung, wenn niemand im Zimmer ist. Hier ist die Wahrscheinlichkeit auf eine Verhaltensoptimierung in Haushalten mit Feedback gegenüber der Kontrollgruppe 10fach höher. Dieser wie auch der Effekt auf das Abziehen von Ladegeräten vom Stromnetz ist zudem signifikant.

<sup>29</sup> Lediglich bei der Aussage „In winter time: I mind to keep shut windows and doors for commonly used rooms“ war kein Effekt der Interventionen feststellbar. Hier erreichte die Kontrollgruppe bessere Werte.

<sup>30</sup> Eine Übersicht über Erfassung der unterschiedlichen Aussagen zum Verbrauchsverhalten und die deskriptiven Ergebnisse in den einzelnen Gruppen findet sich in (Renz, Ina & Vogt, Georg 2015, Tabelle 4).

## 2.6 Schlussfolgerungen

Es wurde gezeigt, dass für die Mobilisierung von Eigentümer und Mieter zu einer besseren Ausschöpfung der Energieeffizienzpotenziale im Gebäudebereich mehrere Hebel notwendig sind.

Dabei dreht sich neben ökonomischen Ansatzpunkten vieles um die Schaffung von Transparenz, Objektivität und Vertrauen rund um technische und verhaltensbezogene Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs. Hierbei nimmt der Zugang zu real vorfindlichen Verbrauchsdaten und damit das Monitoring von Verbräuchen einen zentralen Stellenwert ein. Hierin liegt eine zentrale Notwendigkeit, aber auch Chance, um Eigentümer häufiger zur Durchführung von Effizienzmaßnahmen zu mobilisieren, Gebäude im Betrieb zu optimieren, Bilanzierungsmodelle zu verbessern, aber auch Gebäudenutzer zu einem sparsameren Verbrauchsverhalten zu motivieren.

Gerade auch vor dem Hintergrund der Novellierung der Heizkostenverordnung, wonach ab 2022 im Mietwohnungsbereich mindestens monatliche Verbrauchsrückmeldungen obligatorisch werden<sup>31</sup> und der derzeit sprunghaften Zunahme der Digitalisierung, stellen Monitoring und Feedback-Instrumente gerade auch in Deutschland ein wichtiges und ausbaufähiges Instrument dar. Wichtig erscheint hier eine bedarfsgerechte und leicht verständliche Darstellung der Informationen an die Mieterschaft.

---

<sup>31</sup> Weitere Informationen s. Kodim (o. D.).

### 3 Literatur

- Abrahamse, W. (2007): Energy conservation through behavioral change: Examining the effectiveness of a tailor-made approach. Groningen.
- Abrahamse, W. (2019): Encouraging Pro-environmental Behaviour: What Works, what Doesn't, and why. Academic Press.
- Ajzen, I. (1991): The Theory of Planned Behaviour Organizational behavior and human decision processes (50), 179–211.
- Beillan, V., Battaglini, E., Goater, A., Huber, A., Mayer, I., Trotignon, R. (2011): Barriers and drivers to energy-efficient renovation in the residential sector. Empirical findings from five European countries. In ECEEE (Hrsg.), Proceedings of the ECEEE Summer Study 2011, 1083-1093.
- Becker S. (2019): Stand der Forschung. In: Individuelles Rebound-Verhalten in der Pkw-Mobilität. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Springer VS, Wiesbaden.
- Biermayr, P., Schriefl, E., Baumann, B., Sturm, A. (2004): Maßnahmen zur Minimierung von Rebound-Effekten bei der Sanierung von Wohngebäuden (MARESI) (No. 6/2005), Berichte aus Energie - und Umweltforschung. Wien.
- Bigalke, U., Marcinek, H., Grafe, M., Großklos, M., Loga, T., Born, R. (2016): dena-Studie. Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude. dena, IWU, Berlin.
- Bittner, P. (2019): Gute Nachrichten oder alles umsonst? enorm-magazin. Online Verfügbar unter: <https://enorm-magazin.de/lebensstil/nachhaltiger-konsum/rebound-effekt-gute-nachrichten-oder-alles-umsonst> [14.12.2020]
- Cali, D., Heesen, F., Osterhage, T., Streblov, R., Madlener, R., Müller, D. (2016): Energieeinsparpotenzial sanierter Wohngebäude unter Berücksichtigung realer Nutzungsbedingungen. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Carr, L., Corradini, R., Schätzl, S. (2013): Der Rebound-Effekt. BWK 65(4): 24–27.
- Cirman, A., Mandic, S., Zoric, J. (2011): What determines building renovation decisions? The case of Slovenia. Enhr Conference 2011: 5-8 July, Toulouse, (11), 1–20.
- Darby, S. (2006): The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption: A Review of the Literature on Metering, Billing and direct Displays. Oxford.
- De Haan, P. (2008): Identification, quantification, and containment of energy-efficiency induced rebound effects: a research agenda: rebound research report 1. ETH Zürich, Zürich.
- de Haan, Peter (2009): Energie-Effizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass, Eindämmung. Schlussbericht, Zürich.
- de Haan, P., Peters, A., Semmling, E., Marth, H., Kahlenborn, W. (2015): Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik, TEXTE 31/2015, herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Deutscher Bundestag (2013): Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“. Drucksache 17/13300.
- Egloff, J. (2013): Der Rebound-Effekt: Theoretische und empirische Analyse am Beispiel der Heizung in privaten Haushalten. Universität Göttingen, Göttingen.
- Europäische Kommission (2020a): Mitteilung "Eine Renovierungswelle für Europa – umweltfreundlichere Gebäude, mehr Arbeitsplätze und bessere Lebensbedingungen". Brüssel. Nummer SWD(2020) 550 final.
- Europäische Kommission (2020b): Mitteilung „Mehr Ehrgeiz für das Klimaziel Europas bis 2030. In eine klimaneutrale Zukunft zum Wohl der Menschen investieren“. Brüssel. Nummer COM(2020) 562 final.
- Europäische Kommission (2020c): Mitteilung „Stepping Europe’s 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people“. Brüssel. SWD(2020) 176 final, Part 1/2.

- Farley, K. (2014): Saving Energy with Neighborly Behavior: Energy Efficiency for Multifamily Renters and Homebuyers. American Council for an Energy-Efficient Economy. Washington.
- Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? *Energy Efficiency*, 1, 79–104.
- Froehlich, J., Findlater, L., Landay, J. (2010): The design of eco-feedback technology. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3, 1999–2008.
- Girod, B., De Haan, P. (2009): Mental rebound: rebound research report 3. ETH Zürich, Zürich.
- Golde, M. (2016): Rebound-Effekte. Empirische Ergebnisse und Handlungsstrategien, herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Grafe, M. (2019): Ursachen für Rebound-Effekte bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden – Welche Rolle spielt der Nutzer? *Bauphysiktag 2019 in Weimar*, 25.9 - 26.09.2019, Weimar.
- Großklos, M. (2013): Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116 - 128 in Frankfurt a. M. Ergebnisse der messtechnischen Erfolgskontrolle. Endbericht. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt.
- Gröger, M., Schmid, V., Bruckner, T. (2011): Lifestyles and Their Impact on Energy-Related Investment Decisions. *Low Carbon Economy*, 2, 107–114.
- Hoffmann, C., Geissler, A. (2017): Dem Prebound Effekt auf der Spur - Differenzen zwischen dem Heizwärmeverbrauch und dem rechnerisch ermittelten Heizwärmebedarf bei Bestandsgebäuden (Wohnen). *Bauphysik* 39, 159–174.
- IÖW (Hrsg.) (o. D.): EE-Rebound. Rebound-Effekte durch den Umstieg auf Erneuerbare Energien? Berlin. Online verfügbar unter <https://www.ee-rebound.de/was-sind-rebound-effekte/> [14.12.2020]
- Iweka, O., Liu, S., Shukla, A., Yan, D. (2019): Energy and behaviour at home: A review of intervention methods and practices. *Energy Research & Social Science*, 57, 101238.
- Jahnke, K., Verhoog, M. (2012): Gebäudemodernisierung. Maßnahmen, Motivationen, Hemmnisse. *Trendreport Energie*, Teil 3. Berlin.
- Jarnehamar, A., Green, J., Kidsgaard, I., Iverfeldt, A., Foldbjerg, P., Hayden, J., Oja, A. (2010): Barriers and possibilities for a more energy efficient construction sector.
- Karlin, B., Zinger, J. F., Ford, R. (2015): The effects of feedback on energy conservation: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 141 (6), 1205–1227.
- Kodim, C. (o. D.): Novelle der Heizkostenverordnung. Online verfügbar unter: <https://www.vbhg.de/index.php/nachrichten/235-novelle-der-heizkostenverordnung> [21.12.2020]
- Loga, T., Stein, B., Hacke, U., Müller, A., Großklos, M., Born, R., Renz, I., Cischinsky, H., Hörner, M., Weber, I. (2019): Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen (No. 04/2019), BBSR-Online-Publikation. Bonn.
- Lutter, S., Giljum, S., and Gözet, B. (2016): Rebound Effekte. Inputpapier für die Implementierung von RESET2020. Wien, Forschungsgruppe „Nachhaltige Ressourcennutzung“ Institute for Ecological Economics Wirtschaftsuniversität Wien.
- Matschoss, K.; Heiskanen, E.; Atanasiu, B.; Kranzl, L. (2013): Energy renovations of EU multifamily buildings: Do current policies target the real problem? *Proceedings of the ECEEE Summer Study 2013*, 1485–1496.
- Peper, S., Schnieders, J., Feist, W. (2005): Mehrgeschoss-Passivhaus Hamburg Pinnasberg (Endbericht). Passivhaus Institut, Darmstadt.
- Peper, S., Schnieders, J., Feist, W. (2011): Monitoring Altbausanierung zum Passivhaus. Messtechnische Untersuchung an den Sanierungsbauten Tevesstraße Frankfurt a. M. Passivhaus Institut, Darmstadt.

- Poppe, Erik (2013): Der Rebound-Effekt. Herausforderung für die Umweltpolitik. Masterarbeit im Fach Politikwissenschaft an der Freien Universität Berlin, Berlin.
- Renz, I., Hacke, U. (2016): Einflussfaktoren auf die Sanierung im deutschen Wohngebäudebestand. Ergebnisse einer qualitativen Studie zu Sanierungsanreizen und -hemmnissen privater und institutioneller Eigentümer. Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt.
- Renz, I., Hacke, U. (2017): The multi-dimensionality of decisions on energetic refurbishment: Results of a qualitative study covering different types of property owners. Proceedings of the ECEEE Summer Study 2017, 2043–2052.
- Renz, I., Hacke, U., Lohmann, G., Vogt, G., Korte, W. B., Yanev, S., Martion, M. (2014): BECA Pilot Evaluation Results (deliverable D7.2).
- Renz, I., Vogt, G. (2015): ICT instruments in multi-apartment buildings: Efficiency and effects on energy consumption behaviour. Proceedings of the ECEEE Summer Study 2015, 2061–2073.
- Saner, D., Hansmann, R., Trutnevyte, E., Scholz, Roland W. (2012): Why some Homeowners energetically renovate and others do not—The Case of Herisau (AR). NSSI Working paper 47.
- Santarius, T. (2012): Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Wuppertal.
- Schröder, F., Gill, B., Güth, M., Teich, T., Wolff, A. (2018): Entwicklung saisonaler Raumtemperaturverteilungen von klassischen zu modernen Gebäudestandards - Sind Rebound-Effekte unvermeidbar? Bauphysik 40, 151–160.
- Schwartz, T., Stevens, G., Jakobi, T., Denef, S., Ramirez, L., Wulf, V., Randall, D. (2015): What People Do with Consumption Feedback: A Long-Term Living Lab Study of a Home Energy Management System. *Interacting with Computers*, 27 (6), 551–576.
- Semmling, E., Peters, A., Marth, H., Kahlenborn, W., de Haan, P. (2016): Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden? Herausgegeben vom Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Sonnberger, M. (2014): Weniger provoziert Mehr. Energieeffizienz bei Gebäuden und der Rebound-Effekt. GEB 12–15.
- Sorrell, S. (2007): The Rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Centre, Sussex.
- Sunikka-Blank, M., Galvin, R. (2012): Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information* 40, 260–273.
- Weiss, M., Staake, T., Mattern, F., Fleisch, E. (2012): PowerPedia: Changing energy usage with the help of a community-based smartphone application. *Personal and Ubiquitous Computing*, 16, 655–664.
- Wolff, A., Weber, I., Gill, B., Schubert, J., Schneider, M. (2017): Tackling the interplay of occupants' heating practices and building physics: Insights from a German mixed methods study. *Energy Research & Social Science, Energy Consumption in Buildings*: 32, 65–75.