

u R b E

urbane Rebound-Effekte



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



Programmsteuerung:

Klima- und Energiefonds

Programmabwicklung:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG)



Projektnummer:

843768



Ausschreibung	4. Ausschreibung e!Mission.at
Projektstart	01/07/2014
Projektende	31/10/2016
Gesamtprojektdauer (in Monaten)	28 Monate
ProjektnehmerIn (Institution)	Umwelt Management Austria
AnsprechpartnerIn	Prof. Dr. Reinhold Christian
Postadresse	Palmgasse 3/2, 1150 Wien
Telefon	+43 1 2164120
Fax	+43 1 2164120-20
E-mail	office@uma.or.at
Website	www.uma.or.at

u R b E

urbane Rebound-Effekte

AutorInnen:

Prof. Dr. Reinhold Christian
DI (FH) René Bolz
DI Rupert Christian
(Umwelt Management Austria)

Dr. Herbert Greisberger
DI Andrea Kraft
Ing. Leopold Schwarz
(NÖ Energie- und Umweltagentur Betriebs-GmbH)

Univ. Prof. DI Dr. techn. Josef Michael Schopf
Ao. Univ. Prof. Mag. Dr. Günter Emberger
DI Dr. Harald Frey
DI Dr. Paul Pfaffenbichler
Mag. Manuela Winder
(Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien)

Univ. Doz. Dr. Peter Weish
Prof. Dr. Rudolf Bretschneider
(Forum Wissenschaft & Umwelt)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Was sind Rebound-Effekte?	6
2.1	Was ist der direkte Rebound-Effekt	7
2.2	... und wie unterscheidet sich der indirekte Rebound-Effekt davon?	8
2.3	Welche weiteren Faktoren treiben den Energieverbrauch an?	10
3	Warum kommt es zu Rebound-Effekten?	11
4	Wie groß sind Rebound-Effekte?	15
4.1	In der Praxis	17
4.2	... und in den uRbE-Modellen	18
5	Welche Maßnahmen zur Vermeidung oder Linderung von Rebound-Effekten gibt es? ..	47
6	Wo besteht weiterer Forschungsbedarf?	53
7	Fazit	58
	Abbildungsverzeichnis	59
	Tabellenverzeichnis	61
	Abkürzungsverzeichnis	62
	Literaturverzeichnis	63

1 Einleitung

Die 21. conference of the parties (COP21) mit dem herausragenden Ziel, den Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2°C zu beschränken, und der darauf beruhende Klimavertrag von Paris stellen eine große Herausforderung dar. Für die Zielerreichung unabdingbar ist der Ausstieg aus den fossilen Energien, die die Hauptquelle der anthropogenen Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) sind.

In Österreich kann der Ausstieg aus fossilen Energien bzw. die Umstellung des Energiesystems hin zu erneuerbaren Energien – selbst bei „brachialem“ Ausbau der Erneuerbaren – nur gelingen, wenn auch der Energieverbrauch deutlich reduziert wird. Der Schlüssel dazu liegt in der Energieeffizienz.

Tatsächlich existieren bereits zahlreiche Studien wie „Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich“ (ZEFÖ) [1], die belegen, dass diese Umstellung des Energiesystems nicht nur möglich ist, sondern durchaus auch Vorteile bietet. Ein wichtiges Phänomen, das in diesen Studien meist vernachlässigt wird, stellen die Rebound-Effekte dar. Diese Rebound-Effekte treten im Zusammenhang mit Effizienzmaßnahmen auf und sorgen in aller Regel dafür, dass die vorab errechneten Energieeinsparungen nicht erreicht werden. Aber worum handelt es sich eigentlich bei diesen Rebound-Effekten?

Dieser Frage und dem damit verbundenen Themenbereich war das Projekt „urbane Rebound-Effekte“ (uRbE) gewidmet, das von einem Projektteam aus Mitarbeitern von Umwelt Management Austria, dem Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien, der NÖ Energie- und Umweltagentur Betriebs-GmbH und dem Forum Wissenschaft & Umwelt bearbeitet wurde.

2 Was sind Rebound-Effekte?

Bereits im Jahr 1865 beschrieb William Stanley Jevons das nach ihm benannte Jevons' Paradoxon [2], demzufolge eine wirtschaftliche (effiziente) Nutzung von Brennstoffen nicht zu einem geringeren Verbrauch führt, sondern eher das Gegenteil der Fall sei. Grundlage des Jevons' Paradoxon ist, dass eine verbilligte Produktion zu geringeren Preisen und somit zu verstärkter Nachfrage führt. Mit der erhöhten Produktion steigt aber wiederum der Energieverbrauch, und zwar nach Jevons auf ein Niveau, das über jenem von vor der Effizienzsteigerung liegt, wie das bei dem von ihm analysierten Beispiel der Dampfmaschine der Fall war.

Jevons' Paradoxon geriet vorübergehend in Vergessenheit. Seit den 1980er Jahren erfreut es sich allerdings zunehmender Aufmerksamkeit, auch weil es im Zusammenhang mit Energieeffizienz in Form der sogenannten Rebound-Effekte eine wichtige Rolle spielt. Diese Rebound-Effekte tragen dazu bei, dass Effizienzmaßnahmen nicht so wirksam sind wie errechnet. In manchen Fällen kann der Energieverbrauch sogar – wie von Jevons angemerkt

– nach Durchführung einer Effizienzmaßnahme höher liegen als zuvor. In solchen Fällen spricht man vom „backfire-Effekt“.

Die Theorie unterscheidet zwischen vielen spezifischen Rebound-Effekten, für die die Literatur auch zahlreiche Bezeichnungen kennt. Die wichtigste und grundlegendste Unterscheidung ist jene in direkte und indirekte Rebound-Effekte.

2.1 Was ist der direkte Rebound-Effekt ...

Der direkte Rebound-Effekt erhöht das Energiedienstleistungsniveau jener Energiedienstleistung, deren Effizienz gesteigert wurde. Die gängige Definition von direkten Rebound-Effekten wird anhand von Abbildung 1 beschrieben.

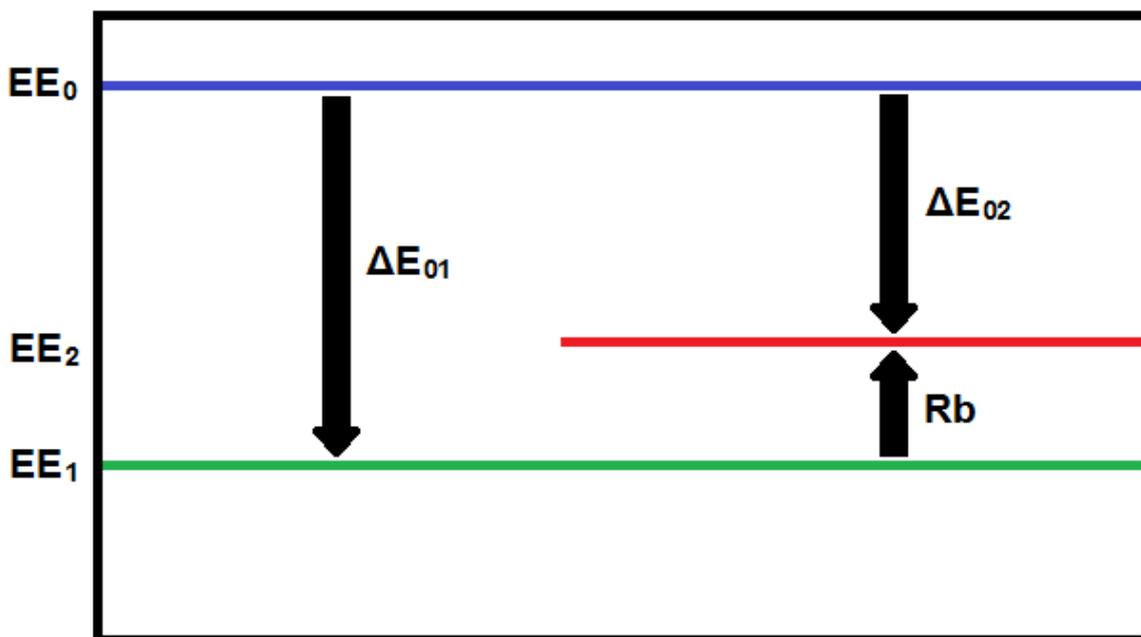


Abbildung 1: Zur Definition des direkten Rebound-Effekts

In Abbildung 1 stehen EE_0 für den ursprünglichen Energieverbrauch, EE_1 für den durch eine Effizienzsteigerung erreichbaren Energieverbrauch und EE_2 für den nach der Effizienzsteigerung tatsächlich erreichten Verbrauch. ΔE_{01} stellt folglich die errechnete Einsparung und ΔE_{02} die erreichte Einsparung dar, während Rb die Abweichung der errechneten von der tatsächlichen Einsparung beschreibt – und somit dem Rebound-Effekt entspricht. Üblicherweise wird der Rebound-Effekt jedoch in Prozent angegeben, und zwar als Abweichung der errechneten von der tatsächlichen Einsparung bezogen auf die errechnete Einsparung bzw. gemäß der Formel

$$RE = 100 \times \frac{EE_2 - EE_1}{EE_0 - EE_1} = 100 \times \frac{Rb}{\Delta E_{01}},$$

wobei RE für den direkten Rebound-Effekt steht.

Der direkte Rebound-Effekt hängt also ganz wesentlich von der betrachteten Energiedienstleistung ab. Veranschaulichen lassen sich die Zusammenhänge anhand des Kaufs eines neuen Laptops. In diesem Fall entspricht der ursprüngliche Verbrauch (EE_0) jenem mit einem alten Gerät und der erreichbare Verbrauch (EE_1) jenem mit einem effizienten neuen Gerät. Der tatsächliche Verbrauch (EE_2) kann aus drei Gründen vom erreichbaren abweichen, nämlich aufgrund

- des Kaufs eines weniger effizienten Geräts,
- einer Erhöhung der Nutzungsdauer und
- weiterer Nutzung des alten Geräts.

Der erste Punkt betrifft die Kaufentscheidung, mögliche Gründe dafür können gestiegene Ansprüche an das neue Gerät (z. B. Gaming-PC, Bildschirmdiagonale des Fernsehers, ...) oder auch mangelnde Information bzw. mangelndes Interesse an Energieeffizienz sein. Die beiden anderen Punkte betreffen das NutzerInnenverhalten. Wesentlich ist, dass sowohl Kaufentscheidung als auch NutzerInnenverhalten wesentlichen Einfluss auf den Energieverbrauch und damit auf den Rebound-Effekt haben.

Weitere Beispiele für direkte Rebound-Effekte wären etwa der Kauf eines größeren Pkw, eine Erhöhung der Raumtemperatur nach erfolgter Sanierung oder auch der weitere Betrieb eines alten Kühlschranks.

2.2 ... und wie unterscheidet sich der indirekte Rebound-Effekt davon?

Beim indirekten Rebound-Effekt sind die Zusammenhänge etwas komplizierter. So umschreibt der indirekte Rebound-Effekt das Phänomen, dass Effizienzgewinne durch gesteigerte Konsumation von Dienstleistungen in anderen Bereichen teilweise (oder auch gänzlich) kompensiert werden.

Zwar kann bei der Betrachtung indirekter Rebound-Effekte keine Energiemenge verfolgt werden, die von einer Energiedienstleistung zu einer anderen verschoben wird. Häufig werden aber durch Effizienzmaßnahmen – spätestens nach der Amortisation – zusätzliche (üblicherweise finanzielle, teilweise aber auch zeitliche etc.) Mittel frei, die in anderen Bereichen konsumiert werden, gekoppelt an weiteren Energieverbrauch. So können indirekte Rebound-Effekte auch am besten über die Präferenzen bei der Ausgabe zusätzlich verfügbarer finanzieller Mittel bestimmt werden.

Die nähere Definition des indirekten Rebound-Effekts erfolgt anhand von Abbildung 2. Darin stehen EDL 1 und EDL 2 für die betroffenen Energiedienstleistungen, wobei im Bereich der Energiedienstleistung 1 eine Effizienzmaßnahme durchgeführt und zumindest ein Teil der Kostenersparnis (€/kWh) in eine Erhöhung des Energieverbrauchs für Energiedienstleistung 2 investiert wird.

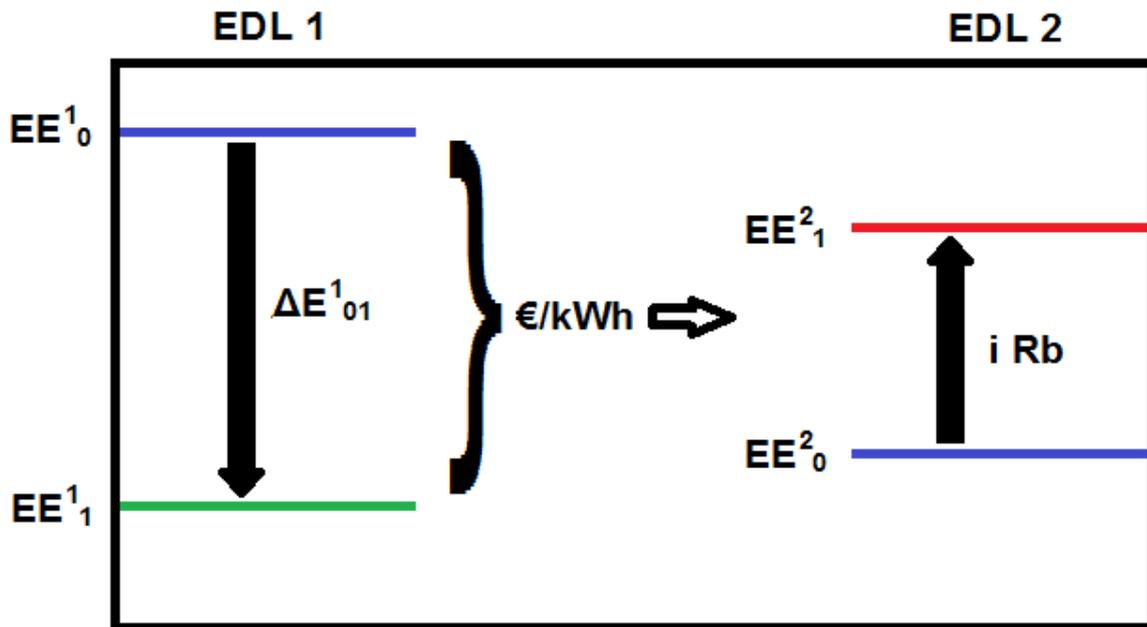


Abbildung 2: Zur Definition des indirekten Rebound-Effekts

In Abbildung 2 stellen EE^1_0 den Energieverbrauch vor und EE^1_1 den Energieverbrauch nach Durchführung einer Effizienzmaßnahme im Bereich der Energiedienstleistung 1 dar, die Einsparung beträgt ΔE^1_{01} . Mit der Einsparung ΔE^1_{01} ist über den spezifischen Energiepreis auch eine Kostenersparnis verknüpft, die in eine Erhöhung des Energieverbrauchs für Energiedienstleistung 2 investiert werden kann, sei es zur Gänze oder auch nur zum Teil. In Abbildung 2 ist die Erhöhung des Energieverbrauchs vom Verbrauch EE^2_0 vor dem indirekten Rebound-Effekt auf den Verbrauch EE^2_1 nach dem indirekten Rebound-Effekt mit „iRb“ gekennzeichnet, was der Abweichung Rb in Abbildung 1 entspricht. Meist wird aber auch der indirekte Rebound-Effekt in Prozent angegeben, also gemäß der Formel

$$iRE = 100 \times \frac{EE^2_1 - EE^2_0}{EE^1_0 - EE^1_1} = 100 \times \frac{iRb}{\Delta E^1_{01}},$$

wobei iRE für den indirekten Rebound-Effekt steht.

In einer streng energetischen Betrachtung müssen die zusätzlichen finanziellen Möglichkeiten auf Ersparnisse aus Energieeffizienz zurückgeführt werden können. Allerdings zeigt sich in der Praxis, dass Gehaltserhöhungen, Pensionsantritte etc. dem indirekten Rebound-Effekt sehr ähnliche Effekte auslösen können.

Ein einfaches Beispiel für indirekte Rebound-Effekte findet sich im Bereich der Unterhaltungselektronik. Hier werden häufig mehrere Geräte parallel genutzt. Wird also mit der Anschaffung eines neuen Geräts die Nutzungsdauer erhöht, so steigt auch jene der anderen Geräte – womit indirekte Rebound-Effekte auftreten. Andere Beispiele wären etwa die Investition der Spritverbrauchersparnis in höhere Raumtemperaturen oder auch die Konsumation von Heizkostenersparnissen in Form von Urlaubsreisen.

Im Bereich der indirekten Rebound-Effekte spielen auch psychologische Effekte wie Moral-Licensing, Moral-Leaking und Moral-Hazards eine tragende Rolle. Nach Tilman Santarius [3] beschreibt der Moral-Hazard-Effekt die Einstellung, dass, sofern eine Energiedienstleistung (oder auch ein Produkt, ...) effizienter erbracht wird, ruhigen Gewissens mehr von dieser Energiedienstleistung konsumiert werden darf. Sehr ähnlich gelagert ist der Moral-Leaking-Effekt, der jedoch den Umstand beschreibt, dass der Mehrkonsum einer Energiedienstleistung nach einer Effizienzsteigerung auch unbewusst erfolgen kann. Nach dem Moral-Licensing-Effekt wird durch den Konsum einer effizienten Energiedienstleistung der verstärkte Konsum anderer Energiedienstleistungen gerechtfertigt (indirekter Rebound-Effekt).

Reinhard Madlener, der sich im Auftrag von deutschen oder Schweizer Institutionen mit dem Thema der Rebound-Effekte beschäftigt hat, fasst diese drei Begriffe unter dem Mental-Rebound-Effekt zusammen. Damit werden „geistige Konten“ für verschiedene Energiedienstleistungen und damit verbundene Umweltauswirkungen berücksichtigt, für die verschiedene Bewertungsmaßstäbe gelten. Das kann dazu führen, dass umweltfreundliches Verhalten in einem Bereich durch umweltschädliches Verhalten in einem anderen Bereich unter Umständen bewusst (über-) kompensiert wird.

2.3 Welche weiteren Faktoren treiben den Energieverbrauch an?

Der Energieverbrauch wird ganz allgemein durch Preise und rechtliche Regelungen wie Ge- und Verbote stark beeinflusst. Um differenzierte, der jeweiligen Situation angepasste Strategien bzw. Maßnahmen entwickeln zu können, sollte vermieden werden, praktisch alle Verfehlungen von Einsparzielen als „Rebound-Effekt“ zu bezeichnen. Unterschieden werden könnte z.B. zwischen „individuellen“ (die individuelle Entscheidung über eine Verhaltensoption ist ausschlaggebend für den Effekt) und „kollektiven“ (allgemeines Verhalten bzw. solches größerer Gruppen; Trends, ...) Effekten.

Zusätzlich zu diesen persönlichen Verhaltensweisen sind zahlreiche Verbrauchstreiber bekannt, die zum Teil auch als „kollektive Rebound-Effekte“ interpretiert bzw. nur schwer und in einigen Fällen nicht eindeutig von diesen unterschieden werden können. Zu diesen Verbrauchstreibern zählen:

- Strukturelle Verbrauchstreiber:
 - Der VW-Beetle der 2000er Jahre hat nahezu den gleichen Energieverbrauch wie der VW-Käfer der 1950er Jahre. Der technische Fortschritt und der mögliche Effizienzgewinn wurden in mehr PS, stärkere Beschleunigung, größere Höchstgeschwindigkeit, Elektromotoren für Fensterheber etc. etc. investiert, aber nicht in die Verringerung des Energieverbrauchs.
 - Die Gestaltung von Siedlungen und Infrastruktur führt oft zum Zwang zum Wegfahren, um Bedürfnisse zu befriedigen, ...

- Die Einführung (neuer) Techniken/der technische Fortschritt kann zu gesteigertem Energieverbrauch führen (Stichwort Flachbildschirm: die Energiedienstleistung wird mit der neuen Technik auf dem gleichen oder mit einem höheren Energieverbrauchsniveau zur Verfügung gestellt), was sowohl als individueller direkter Rebound-Effekt als auch als struktureller Treiber (wenn es z.B. kein adäquates Angebot auf dem bisherigen Verbrauchsniveau mehr gibt) beobachtet werden kann.
- Steigende Wohnnutzfläche (zum Teil auch „zeitverzögert“ – z.B. durch „weichende“ Kinder) kann neben dem direkten individuellen Rebound-Effekt (Entscheidung für eine größere Wohnung, siehe oben) auch durch das Angebot an Wohnungen bedingt sein.
- weitere Verbrauchstreiber:
 - Technische Mängel:
 - ❖ Baufehler
 - ❖ schlechte Wartung (Heizungsanlagen, Autos,..)
 - Informelle Mängel:
 - ❖ Fehler bei der Nutzung von Geräten und Anlagen (Abschalten der Lüftung, Fahrfehler, ...)
 - Wohlstands- und Wirtschaftsentwicklung, die ermöglicht, den Konsum von Dienstleistungen und Produkten generell zu steigern.

Als besonderer Fall zu betrachten ist das „soziale Aufholen“: Durch Effizienzmaßnahmen wird es ärmeren Schichten möglich, einen allgemeinen Standard (Raumtemperatur, Fahrkilometer, ...) zu erreichen. Das wird von den Autoren positiv gesehen und nicht als zu minimierender Rebound-Effekt. Die Berücksichtigung dieses Phänomens ist allerdings schwierig. Zu definieren wäre ein „Normalstandard“, der ein Paket an Energiedienstleistungen umfasst, welches einem aktuell angemessenen Lebensstandard gerade entspricht.

Energiedienstleistungen werden in diesem Bereich der Armutsgefährdung allerdings sehr oft nicht effizient erbracht (wo z.B. als Voraussetzung dafür größere Investitionen notwendig sind) – ein soziales Problem, das nicht im Energiebereich allein gelöst werden kann. Rebound-Effekte in einzelnen Bereichen sind natürlich auch hier nicht auszuschließen.

3 Warum kommt es zu Rebound-Effekten?

Effizienzsteigerungen sind per Definitionem notwendig, um Rebound-Effekte auszulösen. Die Ursachen dafür sind allerdings anderswo zu suchen und liegen häufig bereits vor der Effizienzsteigerung – und unabhängig von dieser – vor. Beispiele für solche Ursachen sind Wünsche z.B. nach einem angenehmen Raumklima (durch höhere Temperatur) oder auch nach der rascheren und bequemerem Erledigung von Wegen.

Um die Gründe für Rebound-Effekte näher zu analysieren, wurden im Projekt uRbE neben zwei Umfragen und Workshops auch knapp 200 Interviews durchgeführt.

Ein wichtiges Teilziel auf dem Weg zur Ergründung der Rebound-Effekte war es, eine Typologie zu entwickeln, die die Bevölkerung aufgrund unterschiedlicher Einstellungen und Präferenzen in konsistent beschreibbare, klar unterscheidbare Untergruppen einteilt.

Zu diesem Zweck wurde ein Fragebogen entwickelt, mit dem Einstellungen zu verschiedenen Energiethemen, einschlägige Verhaltensweisen, die finanzielle Situation, finanzielle Präferenzen (Sparverhalten, Verwendung zusätzlich verfügbarer Mittel) sowie demographische Daten erhoben werden konnten.

Der Fragebogen war im Rahmen der ersten Umfrage 4 Monate lang online generell zugänglich. Zielgruppen waren überdies die Leser der Zeitschrift „Wohnwelt“ sowie Stromsparfamilien, die 2011/2012 in ein Projekt der NÖ Energie- und Umweltagentur Betriebs-GmbH einbezogen waren. Der Rücklauf war mit rund 1.300 Antworten sehr zufriedenstellend. Die Ergebnisse bildeten die Basis für die Cluster-Analyse, die von GfK Austria GmbH durchgeführt wurde.

Für die Segmentierung wurde das Verfahren CCEA (Convergent Cluster & Ensemble Analysis) eingesetzt. Es gehört zu den Meta-Clustering-Verfahren und stellt eine Weiterentwicklung klassischer Segmentierungstechniken wie beispielsweise K-Means dar. CCEA arbeitet mit einem Bündel von verschiedenen Cluster-Verfahren, Distanzmaßen und Startpunktstrategien und hebt sich so insbesondere durch die Stabilität der gefundenen Gruppen von anderen Verfahren ab.

Die Aufgabe dieses Verfahrens war es, Unterschiede in der betrachteten Bevölkerung aufzudecken und homogene Bevölkerungsgruppen abzuleiten, die sich hinsichtlich Ihrer Einstellungen zum Thema Energieversorgung, Energieverbrauch sowie ihrem energierelevanten Sparverhalten voneinander unterscheiden. Mithilfe des Verfahrens konnten so wertvolle Informationen über die Struktur der betrachteten Bevölkerung sowie ihre Einstellungs- bzw. Verhaltensmuster abgeleitet werden.

Im Rahmen dieses Projektes konnte kein für die Gesamtbevölkerung repräsentatives Sample einbezogen werden. Aufgabenstellung und gewählte Methodik ließen vielmehr erwarten, dass bei den Mitwirkenden im Vergleich zur Gesamtbevölkerung ein relativ stark ausgeprägtes Bewusstsein für Umwelt, Energieeffizienz und erneuerbare Energieträger zu beobachten sein werde.

Dennoch konnten deutlich unterscheidbare Gruppen identifiziert werden. Für diese Unterscheidung wesentliche Items waren:

- Wegen unterschiedlicher Strompreise habe ich den Anbieter schon gewechselt.
- Ich nutze Bahn und Bus oft auch, wenn ich dafür längere Reisezeiten benötige.

- Bahn und Bus sind teurer als das Auto.
- Mein Strom sollte aus regenerativen Quellen (z.B. Solar- und Windkraft) stammen. Dafür nehme ich auch einen etwas höheren Preis in Kauf.
- Für mich spielt es keine Rolle wie mein Strom produziert wird.
- Ich nutze effiziente Geräte. Daher brauche ich auf den Energieverbrauch nicht besonders zu achten.
- Energieversorger und Energieträger (Öl, Gas, Kohle und Erneuerbare) sind mir egal – Hauptsache die Geräte funktionieren und die Raumtemperatur stimmt.
- Wenn die Energiekosten sinken ist das Energiesparen im Haushalt nicht mehr wichtig.
- Die Energiekosten sind nach wie vor sehr niedrig und spielen in meinem Haushaltsbudget eigentlich keine Rolle.

Wesentliche Unterschiede zeigten sich auch bei einigen Indizes, die mehrere Kriterien der oben angeführten Art zusammenfassen:

- Index Energiesparverhalten: Stromverbrauch von Geräten und Beleuchtung, Heizung, Warmwasser, Treibstoff für das Fahrzeug.
- Index Sparverhalten bei Geräten: Neue technische Haushaltsgeräte, neue elektronische Geräte im Haushalt, Erneuerung und Wartung der Heizung.

Auf diese Weise konnten sieben Typen unterschieden werden, die wie folgt kurz charakterisiert werden können:

Die Umweltbewussten (14%) nehmen bei erneuerbaren Energieträgern etwas höhere Preise in Kauf, benützen Bahn und Bus auch dann, wenn sie mehr Zeit dafür brauchen, berücksichtigen den Energieverbrauch beim KFZ-Kauf und gehen mit Energie sparsam um.

Die Energiesparer (16%) zeigen ausgeprägtes Energiesparverhalten und sind hier allen anderen weit voraus. Sie sind auch insgesamt relativ sparsam in den anderen vorgegebenen Bereichen.

Die Sparmeister (16%) sparen in vielen Bereichen sehr viel, kommen im Energiebereich aber nicht an die Energiesparer heran. Bei sinkenden Energiepreisen ist ihnen Energiesparen nicht so wichtig; dies auch dann nicht, wenn sie ohnehin effiziente Geräte einsetzen.

Die Technik-Affinen (17%) schätzen innovative Technik, um den Energiebedarf zu senken, sparen ähnlich viel wie die Sparmeister, allerdings ist ihnen Energiesparen auch bei niedrigen Energiepreisen wichtig.

Die Bequemen (14%) wollen sich um nichts kümmern müssen, Bus und Bahn sind ihnen zu unbequem, beim Energiesparen liegen sie an letzter Stelle, die Energieträger sind ihnen egal.

Die Sorglosen (16%) verhalten sich ähnlich wie die Bequemen. Allerdings sind ihnen die Energieträger nicht gleichgültig.

Die Flexiblen (7%) – eine kleine Gruppe – zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie den Anbieter elektrischer Energie schon aus Kostengründen gewechselt haben. Sie zeigen allerdings geringes Energiesparverhalten. Die Energieträger sind ihnen aber nicht egal, sie nehmen bei erneuerbaren Energieträgern auch etwas höhere Kosten in Kauf.

Die folgende Tabelle zeigt anhand der Antworten auf Fragen zum Sparverhalten bei Stromverbrauch, neuen technischen Haushaltsgeräten und Autokauf Beispiele für unterschiedliches Verhalten der Typen.

	Stromverbrauch	Haushaltsgeräte	Autokauf
Die Bequemen	29	17	39
Die Energiesparer	95	52	59
Die Flexiblen	56	6	41
Die Sorglosen	35	14	40
Die Umweltbewussten	65	40	49
Die Sparmeister	74	48	45
Die Technik-Affinen	78	47	49

Tabelle 1: Anteile (%) der Typen, die angeben, beim Stromverbrauch, Kauf neuer technischer Haushaltsgeräte oder Autokauf zu sparen

Diese sieben Typen zeigen unterschiedliche Rebound-Effekte, wie in Kapitel 4.2 dargestellt wird. Warum es allerdings überhaupt zu Rebound-Effekten kommt, wird durch die Typologie nicht näher erklärt.

Aussagen aus den Interviews, Ergebnisse der zweiten Umfrage und von Workshops sowie auch die Literatur (vgl. [4], [5], [6], [7]) legen eine Unterscheidung in Ursachen (im engeren Sinn) und sogenannte „Enabler“, die die Rebound-Effekte ermöglichen, nahe. Darüber hinaus existieren Begrenzungen durch äußere Rahmenbedingungen und Strukturen.

Die Ursachen für Rebound-Effekte sind psychologischen Ursprungs, es kann unterschieden werden in:

- Wünsche und Bedürfnisse
- Werthaltungen
- persönliche Einstellungen

Zu diesen Ursachen im engeren Sinn zählt der bereits eingangs erwähnte Wunsch nach einem angenehmen Raumklima. Neben höheren Temperaturen im Winter kann das auch niedrigere Temperaturen im Sommer bedeuten. Oftmals geht damit auch das Bedürfnis nach frischer Luft einher, verknüpft mit höheren Wärmeverlusten.

Für den Bereich Personenmobilität wurde die raschere oder bequemere Erledigung von Wegen schon angeführt. Aber auch die Bedürfnisse nach erhöhter (Verkehrs-) Sicherheit oder auch besserer Übersicht können zum Kauf eines SUV führen. Häufig führt aber auch der Wunsch, das neue Auto zu nutzen, zu einer Zunahme der per Pkw zurückgelegten Wege.

Auch im Bereich der Geräte werden neue Geräte „gerne“ genutzt – und damit häufiger als alte Geräte. Ganz wesentliche persönliche Einstellungen in diesem Bereich stellen die Ansprüche an neue Geräte dar, die häufig zum Kauf von High-End-Geräten (z.B. Gaming-PC), größeren Geräten (bezogen z.B. auf das Ladevolumen von Waschmaschinen) oder Luxusausstattungen (z. B. Kühlschrank mit unterschiedlichen Kühlzonen) führen.

Eine Rolle in diesem Zusammenhang spielt auch das Status-Denken. Statussymbole – sei es der neue Pkw, die Villa, der riesige Fernseher oder auch der Kühlschrank mit Eiswürfelpender – sind per Definitionem nicht energieeffizient.

Die Enabler, die Rebound-Effekte ermöglichen, können eingeteilt werden in:

- finanzielle (finanzielle Einsparung durch reduzierten Energieverbrauch, Gehaltserhöhung, ...)
- zeitliche (Zunahme der Freizeit durch Kurzarbeit, Arbeitslosigkeit, Pensionsantritt, ...)
- soziopsychologische (Bewusstsein, Moral-Licensing, Moral-Leaking, ...)

Äußere Rahmenbedingungen und Strukturen können sein:

- strukturelle (das gewünschte Angebot an Produkten und Dienstleistungen gibt es nicht; gewünschte Verhaltensweisen sind „technisch“ nicht möglich)
- rechtliche (Ge- und Verbote; gewünschte Verhaltensweisen sind nicht zulässig)
- natürlich „spiegelbildlich“ das Fehlen von Enablern.

Der wesentliche Unterschied zwischen den Enablern und den äußeren Rahmenbedingungen liegt also darin, dass die Enabler im individuellen Bereich liegen, während man auf die äußeren Rahmenbedingungen und Strukturen keinen Zugriff hat.

4 Wie groß sind Rebound-Effekte?

In der Literatur sind nicht nur die Arten der Rebound-Effekte breit gestreut, sondern auch die Bandbreiten ihrer Größe. Einen Einblick gibt Abbildung 3 [4].

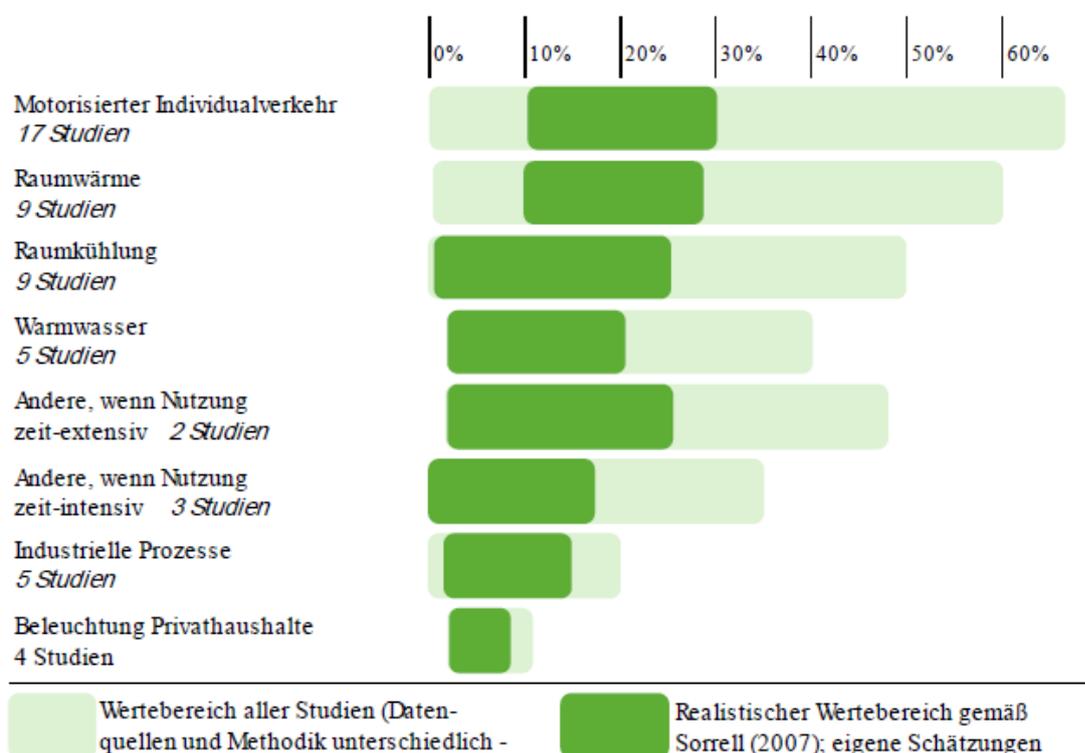


Abbildung 3: Wertebereiche für den direkten Rebound-Effekt in Industrieländern [4]

Dabei ist zu beachten, dass es sich um „statistische Rebound-Effekte“ handelt, deren Quantifizierung eine ausreichend große Fallzahl zu Grunde liegt. Betrachtet man Einzelfälle, können die Rebound-Effekte auch deutlich außerhalb der hier gezeigten Bandbreiten liegen. Einfach zu sehen ist das am Beispiel des Kühlschranks, und zwar dann, wenn nach der Anschaffung eines neuen Geräts auch das alte weiterhin betrieben wird. In solchen Fällen tritt ein backfire Effekt auf, der (gesamte) Verbrauch ist also nach dem Kauf des neuen Geräts (Effizienzmaßnahme!) höher als davor – unabhängig von den Eigenschaften des neuen Geräts.

Für das Projekt uRbE von Interesse sind die Bandbreiten im motorisierten Individualverkehr und für Raumwärme, die jeweils mit rund 10% bis 30% angegeben werden. In Abbildung 3 nicht enthalten sind Haushaltsgeräte, für die die Bandbreite des direkten Rebound-Effekts mit bis zu 20% angegeben wird.

Im Projekt uRbE wurden Rebound-Effekte auf drei Arten untersucht, nämlich anhand von

- Messreihen zum Heizenergieverbrauch, die von Wiener Wohnen zur Verfügung gestellt wurden, bzw. Haushaltsstromverbräuchen der Stromsparfamilien der eNu,
- drei Modellen für die Bereiche Gebäude (Raumwärme), Geräte und (Personen-) Mobilität, von denen das Modell Geräte näher beschrieben wird, sowie anhand
- eines Gesamtmodells, das auch die Quantifizierung indirekter Rebound-Effekte erlaubt.

Input für die Modelle wurde u. a. aus der statistischen Auswertung der zweiten Umfrage generiert, die einen Rücklauf von über 1.000 Antwortbögen erzielte. In manchen spezifischen Segmenten waren die Fallzahlen dennoch zu gering um aussagekräftig sein zu können.

4.1 In der Praxis ...

Für den Bereich Gebäude wurden dem Projektteam von Wiener Wohnen Zeitreihen der Heizenergieverbräuche von insgesamt sieben sanierten Liegenschaften zur Verfügung gestellt. Für vier der Objekte lagen auch die gemäß Thewosan-Sanierung berechneten Einsparungen vor, für ein fünftes Objekt (Dämmung der obersten Geschoßdecke) konnte die zu erwartende Einsparung geschätzt werden.

Für die Thewosan-Sanierungen ergab sich eine Bandbreite von rund 10% bis 40% für den direkten Rebound-Effekt, wobei drei der vier Objekte Werte von über 30% zeigten. Für das fünfte Objekt ergab sich hingegen kein Rebound-Effekt. Insgesamt ist die Bandbreite also größer als in der Literatur angegeben. Ein Problem bei der Quantifizierung der direkten Rebound-Effekte lag darin, dass anhand der Daten keine Unterscheidung von weiteren Verbrauchstreibern (siehe auch Kapitel 2.3) möglich war, die Ergebnisse also tendenziell zu hoch liegen.

Im Zuge des Projekts „uRbE“ konnten 104 Interviews mit Stromsparfamilien durchgeführt werden. Im Laufe der vergangenen Jahre wurde bei ca. 90% der befragten Familien zumindest ein Haushaltsgerät ausgetauscht, wobei über 50% der Familien TV-Geräte ausgetauscht haben und dabei der überwiegende Teil des Altbestands entsorgt wurde. Rund ein Drittel der Altgeräte wurde lt. Angabe weiter verwendet oder weiter gegeben.

Geräte, die ebenfalls häufiger ausgetauscht wurden waren:

- Geschirrspüler bei 23% aller Familien
- Gefriergeräte bei ca. 20% aller Familien
- Kühlgeräte bei ca. 20% aller Familien
- Waschmaschinen bei ca. 20% aller Familien
- PCs bei ca. 16% aller Familien
- Laptops bei ca. 16% aller Familien

Bei zwei Drittel der Befragten konnte der erzielte niedrige Stromverbrauch aus dem Vorprojekt „Strom- Spar-Familie“ beibehalten oder sogar weiter verringert werden. Bei einem Drittel der befragten Haushalte war eine Steigerung des Stromverbrauchs zu vermerken. Allerdings waren die Daten (Stromverbrauchsabrechnungen, ...) zu ungenau, um Rebound-Effekte quantifizieren zu können.

Insgesamt zeigen die Stromsparfamilien aber, dass ausführliche Beratung und Information gut geeignet sind, die direkten Rebound-Effekte stark einzugrenzen oder gar zu vermeiden.

4.2 ... und in den uRbE-Modellen

Im Projekt uRbE wurden drei Modelle für die Bereiche Gebäude, (Personen-) Mobilität und Geräte entwickelt, um die direkten Rebound-Effekte in diesen Bereichen zu quantifizieren. Um auch indirekte Rebound-Effekte bestimmen zu können, wurde das Gesamtmodell erstellt, das alle drei Bereiche umfasst.

4.2.1 Das Modell Gebäude

Das Modell Gebäude beschreibt den Heizenergieverbrauch anhand des flächenbezogenen Heizwärmebedarfs (HWB_{BGF}). Die Modellierung erfolgte dabei in Anlehnung an den Leitfaden für die Berechnung des Heizwärmebedarfs des Energieinstituts Vorarlberg [8].

Für die Beschreibung des thermischen Gebäudezustands vor und nach Sanierung wurden vom wohnfonds_wien zur Verfügung gestellte Daten einer Sanierung herangezogen. Die Bestimmung der direkten Rebound-Effekte beruhte auf den Angaben zur Raumtemperatur vor und nach Sanierung aus der zweiten Umfrage.

Bei drei Typen (Bequeme, Sorglose und Technik-Affine) führte die geringe und vor allem auch unterschiedlich hohe Anzahl der Antworten auf die Fragen zu Raumtemperaturen vor und nach Sanierung zu einer negativen Temperaturdifferenz, also zu geringeren Temperaturen nach der Sanierung – mit der Konsequenz eines negativen Rebound-Effekts.

Die weiteren Rebound-Effekte liegen zwischen 0,53% und 5,37%, für die Gesamtheit der Respondenten der zweiten Umfrage, die angaben, saniert zu haben, ergibt sich ein direkter Rebound-Effekt von 2,54%. Im Vergleich mit der Literatur liegen diese Werte niedrig, was aber auf die hohe Qualität der modellierten Sanierung (auf einen HWB von 18,50 kWh/m²a) zurückzuführen ist. Allgemein gilt: **Je höher die Einsparung desto geringer der direkte Rebound-Effekt!**

In Tabelle 2 sind die mit dem Modell Gebäude berechneten Energieverbräuche EE_0 , EE_1 und EE_2 (vgl. Kapitel 2.1) sowie der direkte Rebound-Effekt dargestellt.

direkte Rebound-Effekte im Bereich Raumheizung					
		EE_0	EE_1	EE_2	Rebound
Gesamt		8.366	2.323	2.477	2,54
Typen	Die Bequemen	9.249	2.656	2.595	-0,93
	Die Energiesparer	7.379	1.923	2.029	1,95
	Die Flexiblen	9.156	2.612	2.647	0,53
	Die Sorglosen	9.446	2.786	2.609	-2,66
	Die Umweltbewussten	8.086	2.234	2.548	5,37
	Die Sparmeister	9.084	2.517	2.726	3,18
	Die Technik-Affinen	8.742	2.456	2.420	-0,56

Tabelle 2: Direkte Rebound-Effekte (%) im Bereich Raumheizung

4.2.2 Das Modell Personenmobilität

Zur Simulation des direkten Rebound-Effekts im Bereich der Personenmobilität wurde das am Forschungsbereich Verkehrsplanung und Verkehrstechnik des Instituts für Verkehrswissenschaften der TU Wien entwickelte dynamische, integrierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodells MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) verwendet [13], [14]. MARS modelliert die Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrs- und dem Siedlungssystem iterativ in diskreten Zeitschritten bis zur Erreichung eines vordefinierten Zeithorizonts. Änderungen im Personenverkehrsmodell werden dabei in vierteljährlichen Zeitschritten abgebildet, Änderung im Siedlungsmodell dagegen in Jahresschritten. Das Untersuchungsgebiet schließt neben den 23 Wiener Gemeindebezirken auch die burgenländischen Bezirke Eisenstadt (Stadt), Eisenstadt-Umgebung, Mattersburg, Neusiedl am See und Rust (Stadt) sowie die niederösterreichischen Bezirke Baden, Bruck an der Leitha, Gänserndorf, Hollabrunn, Korneuburg, Lilienfeld, Mistelbach, Mödling, Neunkirchen, Sankt Pölten (Land), Sankt Pölten (Stadt), Tulln, Wien-Umgebung, Wiener Neustadt (Land) und Wiener Neustadt (Stadt) ein. Das Untersuchungsgebiet ist in insgesamt 51 Verkehrszellen unterteilt. Innerhalb Wiens entsprechen diese den Wiener Gemeindebezirken. Außerhalb Wiens wurden die Verkehrszellen teilweise leicht abweichend von den Verwaltungsgrenzen der politischen Bezirke nach mobilitätsrelevanten Gesichtspunkten definiert. Als Ausgangsjahr wurde 2015 gewählt.

Um die Höhe des direkten Rebound-Effekts in der Personenmobilität abzuschätzen, wurden verschiedene Szenarien definiert, welche dann mit Hilfe des Modells MARS simuliert wurden. Vor dem Hintergrund möglicher Entwicklungen hinsichtlich des umwelt- und klimapolitischen Rahmens und der Flotteneffizienz wurden jeweils folgende Szenarien betrachtet:

- **Nullplanfall:** die Zusammensetzung der Pkw-Flotte hinsichtlich Fahrzeuggröße und Antriebstechnologie sowie Effizienz der einzelnen Antriebstechnologien wird konstant auf dem Niveau des Ausgangsjahrs gehalten.
- **Effizienzsteigerung mit Rebound-Effekt:** die Zusammensetzung der Pkw-Flotte hinsichtlich Fahrzeuggröße und Antriebstechnologie sowie die Effizienz der einzelnen Antriebstechnologien verändert sich entsprechend einem vordefinierten Effizienzpfad.
- **Effizienzsteigerung ohne Rebound-Effekt:** entsteht durch eine Kombination der Pkw-Fahrleistung des Nullplanfalls mit dem spezifischen Energieverbrauch des Szenarios Effizienzsteigerung mit Rebound-Effekt.
- **Effizienzsteigerung mit Maßnahmen:** die Flottenzusammensetzung hinsichtlich Fahrzeuggröße und Antriebstechnologie sowie Effizienz der einzelnen Antriebstechnologien entspricht dem Szenario Effizienzsteigerung mit Rebound-Effekt, gleichzeitig werden aber verschiedene fiskalische und verkehrspolitische Maßnahmen zur Reduktion des Rebound-Effekts gesetzt.

Abbildung 4 zeigt für verschiedene Hintergrundszenerien und räumliche Abgrenzungen den Zusammenhang zwischen der Reduktion des spezifischen Energieverbrauchs je Kilometer und der Änderung der Fahrleistung. Grundsätzlich ist der Zusammenhang nicht linear. Bei

einer Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs bis etwa 10 Prozent steigt die Fahrleistung in etwa mit einer Elastizität von 0,1 linear an. Danach nimmt die Fahrleistung in mit Ausnahme des Szenarios Klimaschutz und der räumlichen Abgrenzung Wien mit steigender Effizienz progressiv zu. Im erwähnten Szenario Klimaschutz steigt in Wien die Fahrleistung dagegen mit zunehmender Effizienz degressiv und stagniert bei großen Effizienzsteigerungen bei rund 4 Prozent. Dieser Effekt kann auf die Wirkungen der ambitionierten verkehrspolitischen Maßnahmen des Szenarios Klimaschutz, welche sich auf das Stadtgebiet von Wien beschränken, zurückgeführt werden. Tendenziell sind im Pkw-freundlicheren Umland höhere Rebound-Effekte zu beobachten als in der Stadt Wien. Die Modellrechnungen zeigen, dass eine Reduktion des Rebound-Effekts durch entsprechende verkehrspolitische Maßnahmen möglich ist.

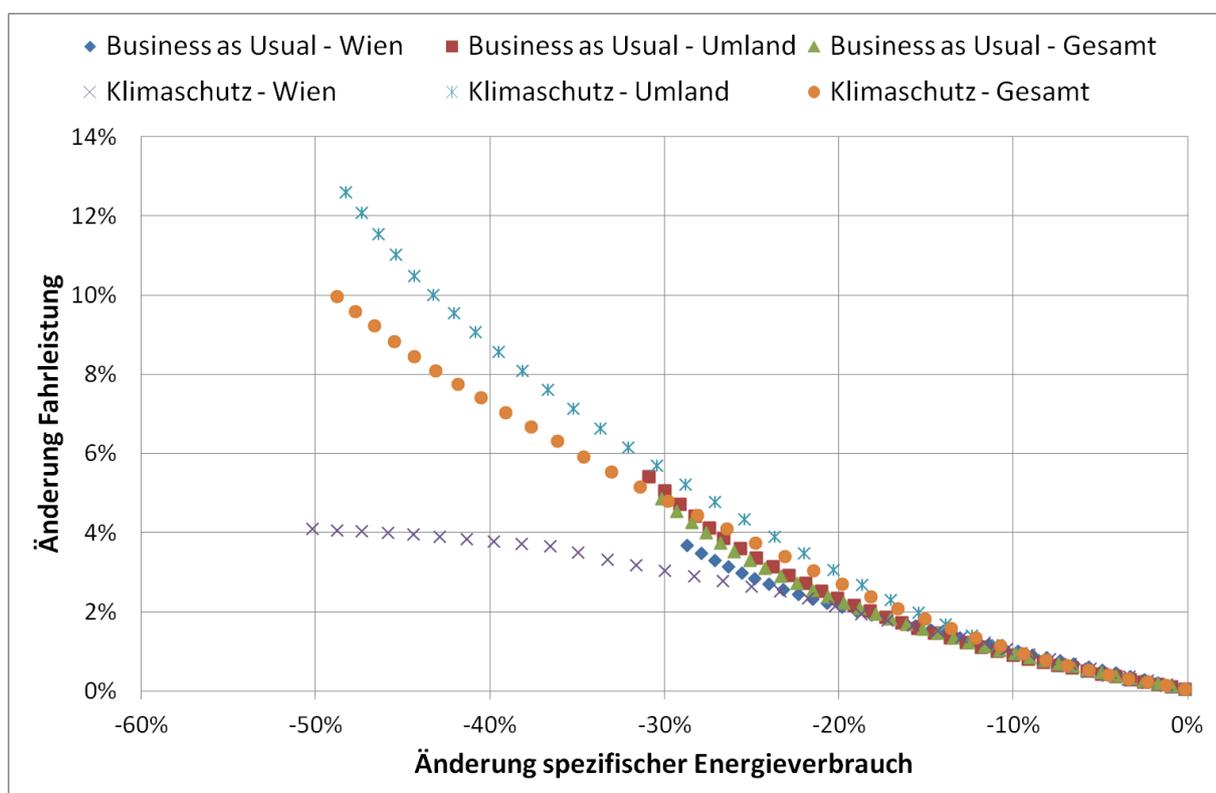


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der Änderung des spezifischen Energieverbrauchs je Kilometer und der Fahrleistung – verschiedene Szenarien [15]

Abbildung 5 zeigt einen Vergleich des mit dem Modell MARS für die Jahre 2015-2050 ermittelten durchschnittlichen direkten Rebound-Effekts mit der in der Literatur gefundenen Bandbreite. In allen drei räumlichen Abgrenzungen liegt der durchschnittliche Rebound-Effekt im Hintergrundscenario Business as Usual bei rund 9 Prozent. Die dabei in den einzelnen Jahren beobachtete Bandbreite reicht von rund 8 Prozent bis rund 14 Prozent. Im Hintergrundscenario Klimaschutz liegt der durchschnittliche Rebound-Effekt in Wien bei rund 8 Prozent, im Umland dagegen bei 12 Prozent. Die dabei in den einzelnen Jahren beobachtete Bandbreite reicht von rund 4 Prozent bis rund 14 Prozent. Der mit Hilfe des Modells MARS ermittelte Rebound-Effekt liegt in allen Szenarien innerhalb der in der Literatur gefundenen Bandbreite.

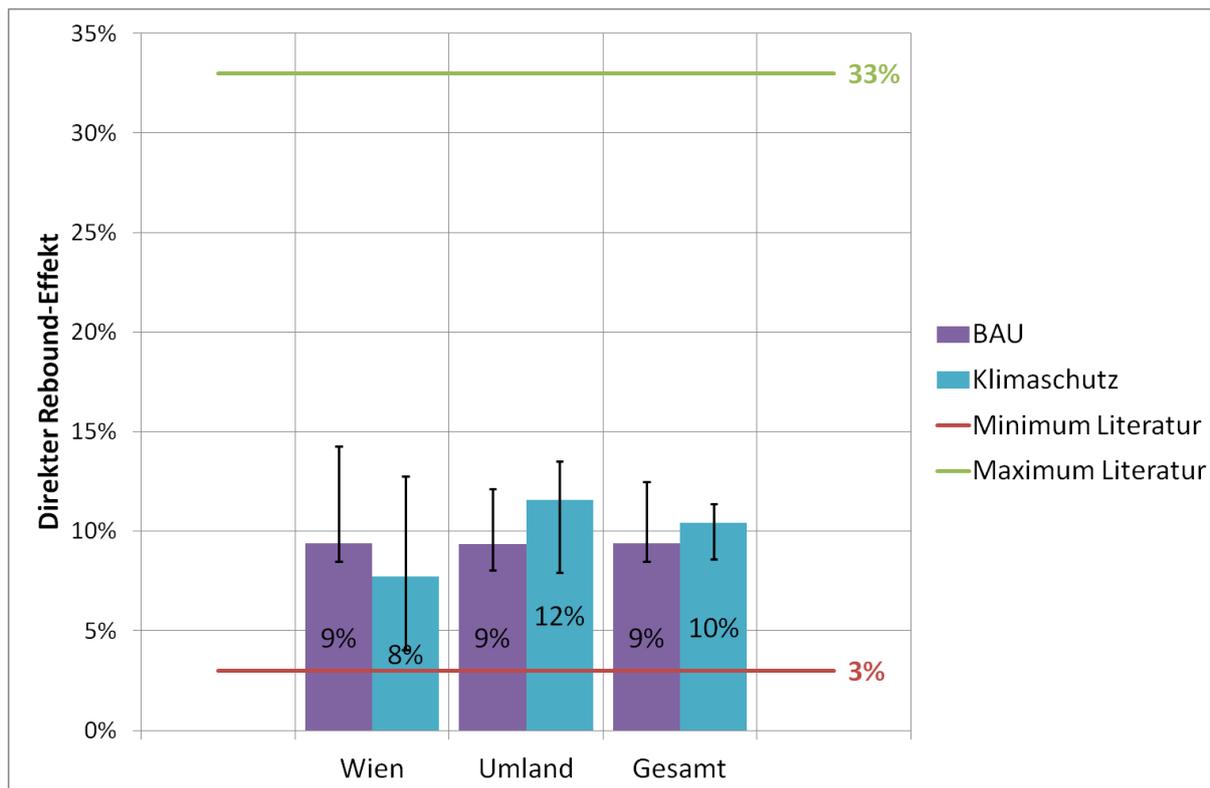


Abbildung 5: Vergleich des Rebound-Effekts in den Hintergrundscenarien Business as Usual und Klimaschutz mit der Literatur [15], [16]

4.2.3 Das Modell Geräte

Das Modell „Geräte“ beschreibt den Stromverbrauch über die Ausstattungsgrade und die mittleren Energieverbräuche je Gerät. Der gesamte Gerätepark wurde in die vier Gruppen Kühlgeräte, Haushaltsgeräte, Unterhaltungselektronik und Computer unterteilt.

In der Gruppe Kühlgeräte wurde der Ersatz von Kühlschrank (KS), Gefriergerät (GG) und Kühl-Gefrier-Kombination (KGK) modelliert und simuliert, in der Gruppe Haushaltsgeräte jener von Geschirrspüler (GS), Waschmaschine (WM) und Wäschetrockner (WT). Zur Modellierung der Unterhaltungselektronik wurden TV-Geräte herangezogen, für die Gruppe Computer PC inklusive Monitor bzw. Notebook.

Die Ausgangssituation wurde in enger Anlehnung an die Studie „Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich“ (ZEFÖ) [1] beschrieben. Die Verbrauchsdaten effizienter und ineffizienter Geräte wurden basierend auf den Gerätedatenbanken topprodukte.at [9] und stromeffizienz.de [10] beschrieben.

Das Modell berücksichtigt als wesentliche Parameter einerseits die Kaufentscheidung, andererseits das NutzerInnenverhalten. Die Kaufentscheidung betrifft dabei neben der Energieeffizienz des neuen Geräts auch die „Größe“, also beispielsweise den größeren Kühlschrank, den Fernseher oder Monitor mit größerer Diagonale oder die Waschmaschine mit größerem Ladevolumen. Der Einfluss des NutzerInnenverhaltens betrifft längere bzw. häufigere Nutzung des neuen und weitere Verwendung des alten Geräts. Der Input

betreffend Kaufentscheidung und NutzerInnenverhalten wurde aus den Antworten auf die entsprechenden Fragen im Rahmen der zweiten Umfrage generiert.

Im Bereich der **Kühlgeräte** liegt der „gesamte“ Rebound-Effekt, also der für alle Teilnehmer der zweiten Umfrage berechnete Rebound-Effekt, im Bereich von 5% bis 8%. Betrachtet man die einzelnen Typen, so fällt auf, dass mit Ausnahme der „Sorglosen“ alle Typen kleinere Rebound-Effekte aufweisen. Die „Sorglosen“ weisen allerdings Rebound-Effekte von rund 15% (Kühl-Gefrier-Kombinationen), 17% (Kühlschränke) und 24% (Gefriergeräte) auf. Die geringsten Rebound-Effekte weisen hingegen die „Bequemen“ (im Bereich um 2%) gefolgt von den „Umweltbewussten“ (im Bereich um 3%) auf.

Die hohen Rebound-Effekte der „Sorglosen“ rührt daher, dass dieser Typ vergleichsweise wenig auf den Energieverbrauch der neuen Geräte achtet. Die „Bequemen“ weisen die geringsten Rebound-Effekte auf, da sie kaum Altgeräte weiterbetreiben, während die „Umweltbewussten“ (und auch die „Energiesparer“) stärker auf den Kauf effizienter Geräte achten.

In den folgenden Abbildungen sind für Kühlschränke, Gefriergeräte und Kühl-Gefrier-Kombinationen die ursprünglichen (EE_0), berechneten (EE_1) und tatsächlichen Verbräuche (EE_2) sowie die sich daraus ergebenden direkten Rebound-Effekte gemäß Modell dargestellt.

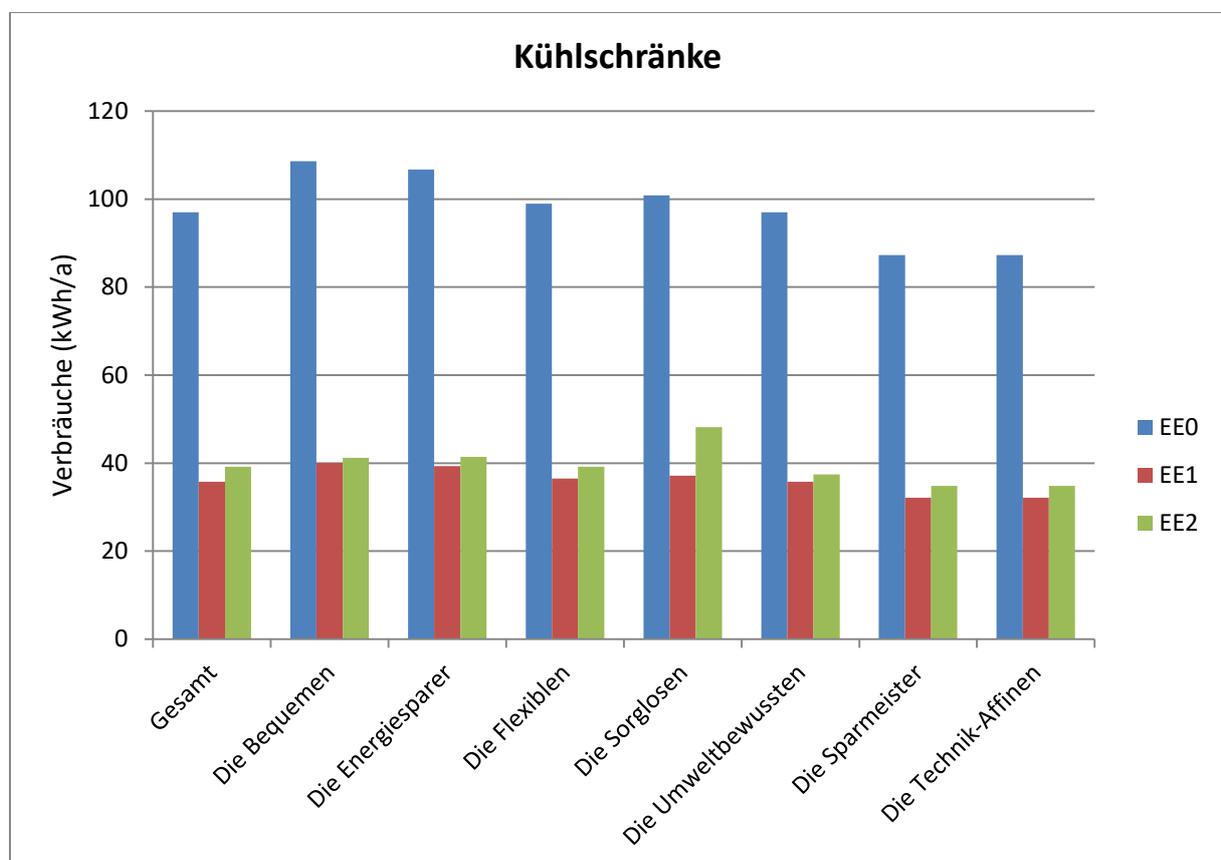


Abbildung 6: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Kühlschränke nach Typen

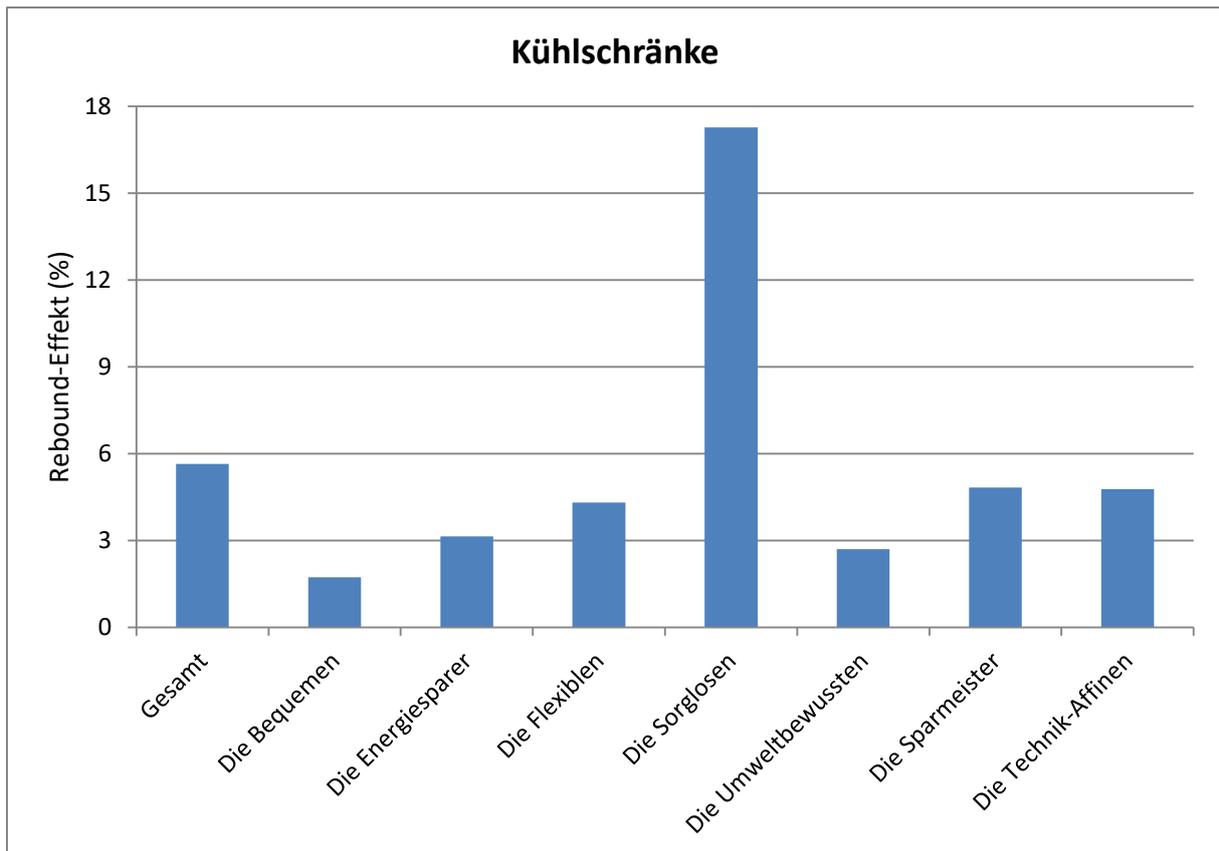


Abbildung 7: Direkter Rebound-Effekt (%) für Kühlschränke nach Typen

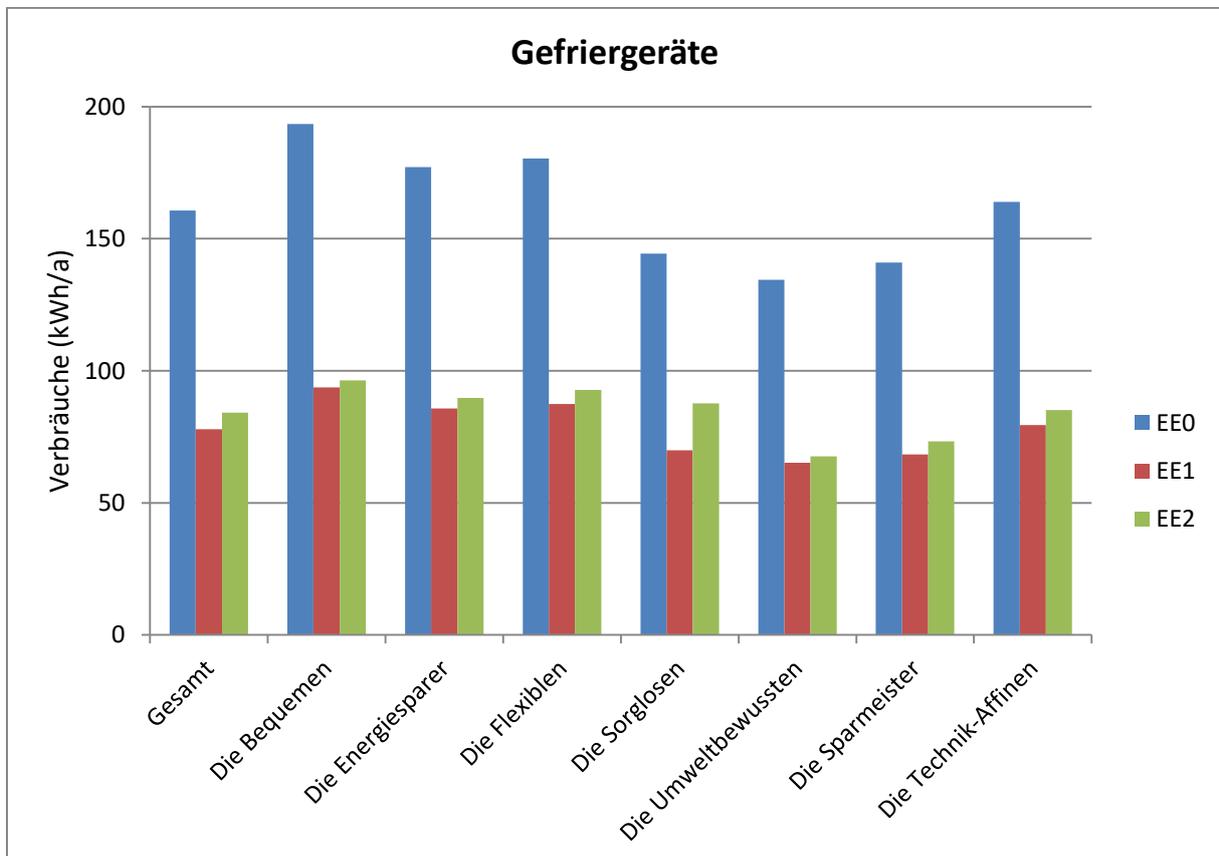


Abbildung 8: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Gefriergeräte nach Typen

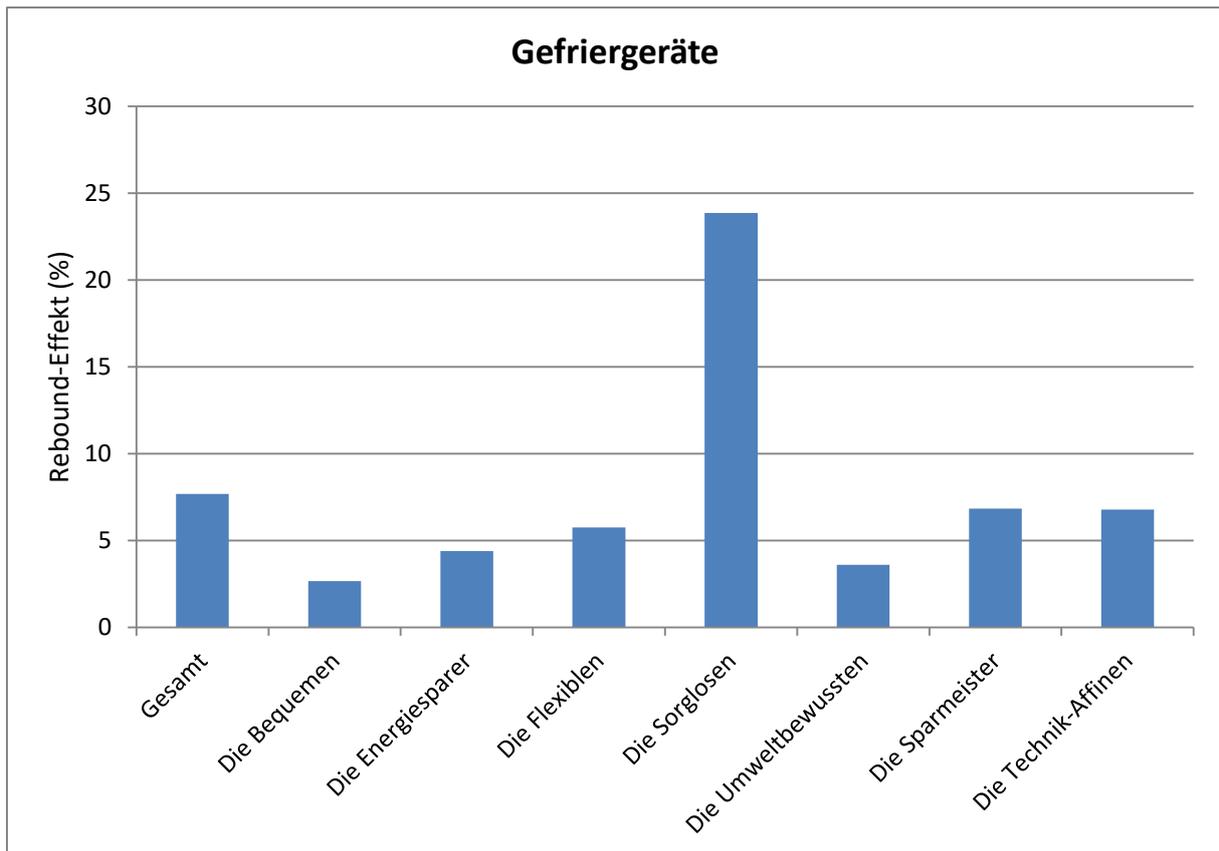


Abbildung 9: Direkter Rebound-Effekt (%) für Gefriergeräte nach Typen

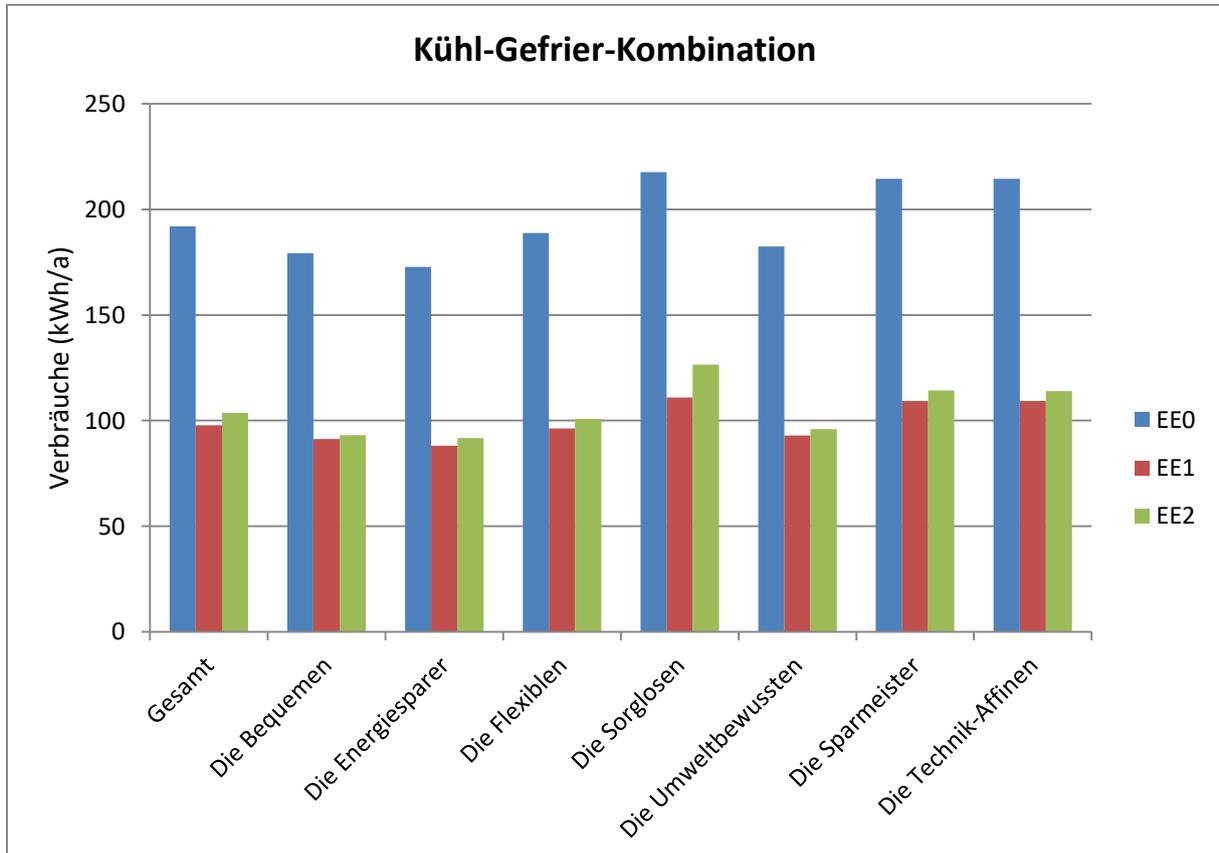


Abbildung 10: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Kühl-Gefrier-Kombinationen nach Typen

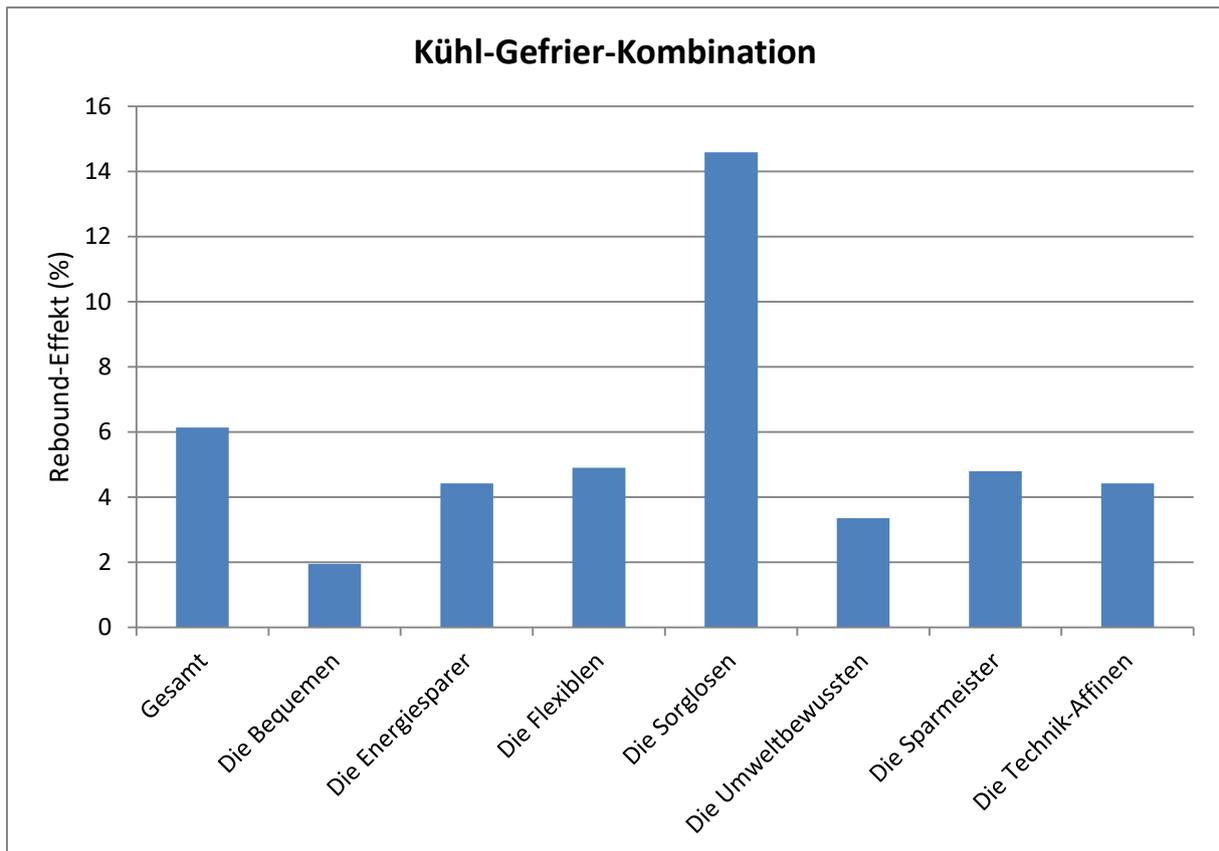


Abbildung 11: Direkter Rebound-Effekt (%) für Kühl-Gefrier-Kombinationen nach Typen

Bei den **Haushaltsgeräten** liegen die „gesamten“ Rebound-Effekte dicht beieinander im Bereich um 8,5%. Unter den Typen weisen wiederum die „Sorglosen“ die höchsten Rebound-Effekte auf, und zwar im Bereich von 28% bis 32%. Deutlich über den weiteren Typen liegen aber auch die „Sparmeister“, deren Rebound-Effekte im Bereich von 11% bis 12% liegen. Beiden Typen ist dabei gemein, dass mehr alte Geräte weiterhin betrieben werden und zugleich die neuen Geräte häufiger genutzt werden. Bei den „Sorglosen“ ist dieses Verhalten allerdings stärker ausgeprägt. Die geringsten Rebound-Effekte finden sich bei den „Flexiblen“ mit rund 3,5%. Für diesen geringsten Rebound-Effekt ist verantwortlich, dass die „Flexiblen“ die neuen Geräte kaum häufiger nutzen als die alten.

Die direkten Rebound-Effekte in der Gruppe Haushaltsgeräte liegen etwas höher als jene bei den Kühlgeräten. Im Vergleich mit Ergebnissen für die Kühlgeräte fällt aber auf, dass neben den „Sorglosen“ auch die „Sparmeister“ einen direkten Rebound-Effekt aufweisen, der über dem „gesamten“ Rebound-Effekt liegt – wenngleich auch weit unter jenem der „Sorglosen“.

Die folgenden Abbildungen zeigen die ursprünglichen (EE_0), berechneten (EE_1) und tatsächlichen Verbräuche (EE_2) sowie die direkten Rebound-Effekte für die Gruppe Haushaltsgeräte.

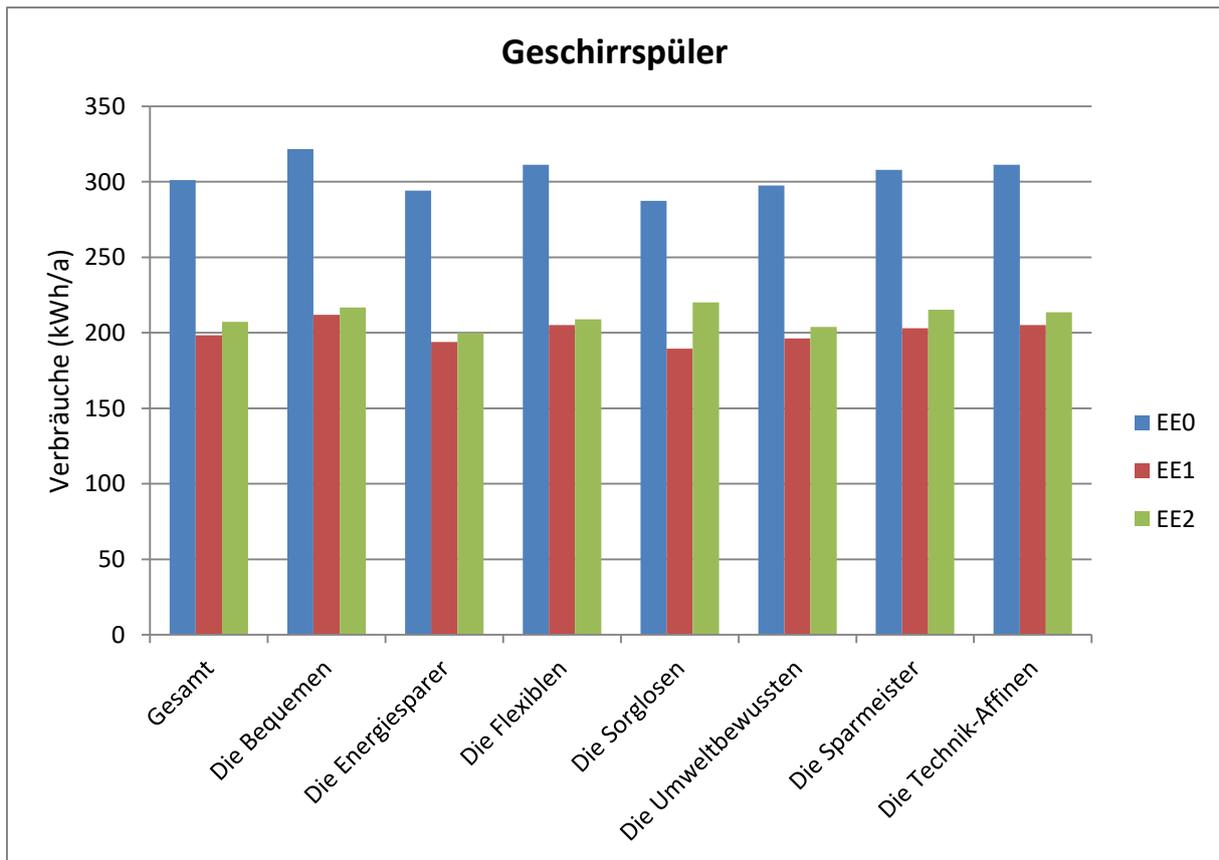


Abbildung 12: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Geschirrspüler nach Typen

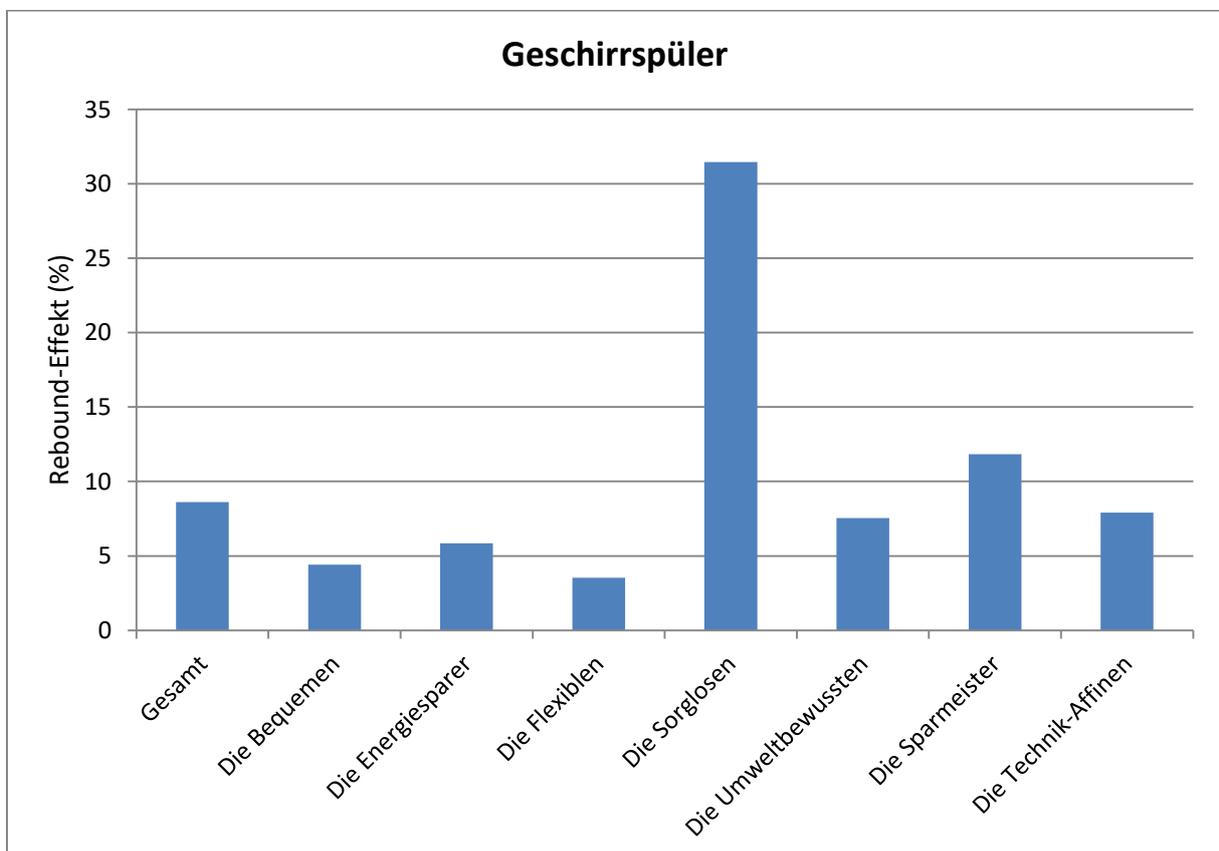


Abbildung 13: Direkter Rebound-Effekt (%) für Geschirrspüler nach Typen

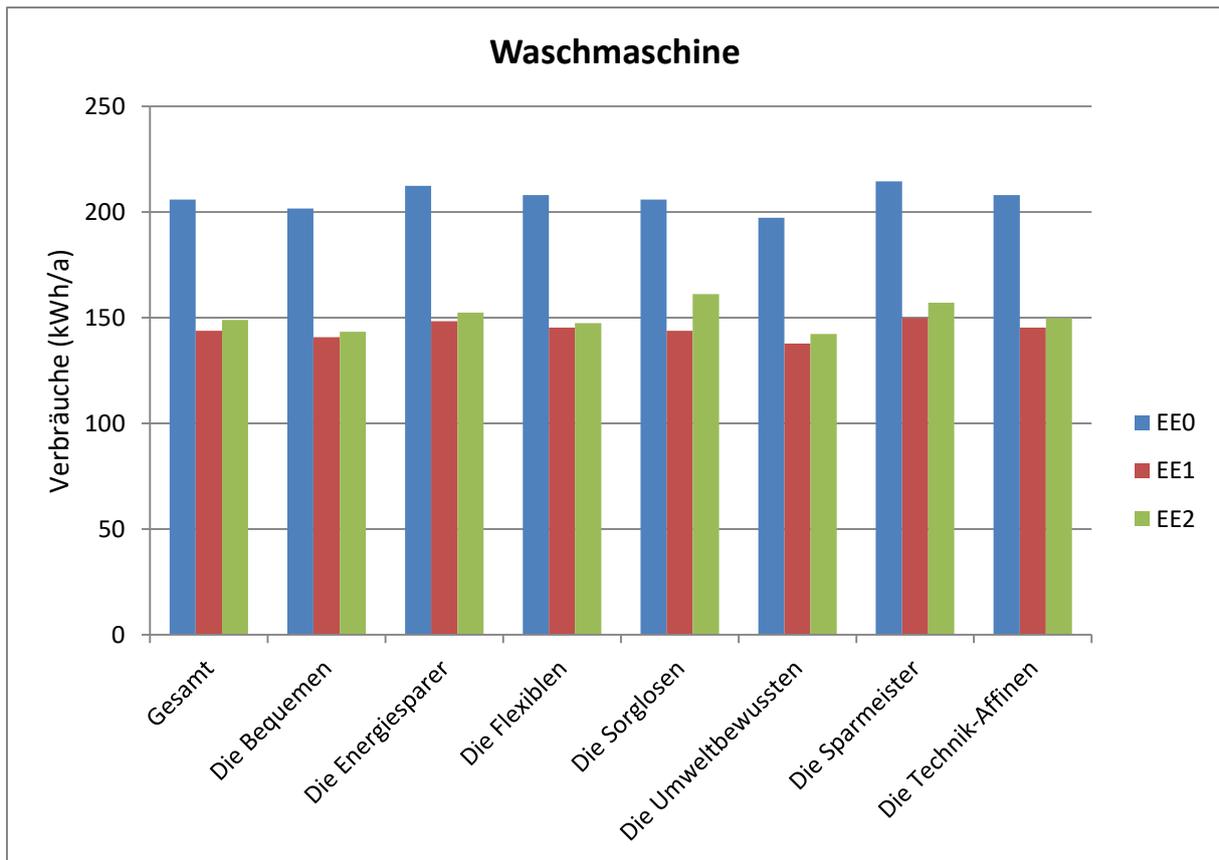


Abbildung 14: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Waschmaschinen nach Typen

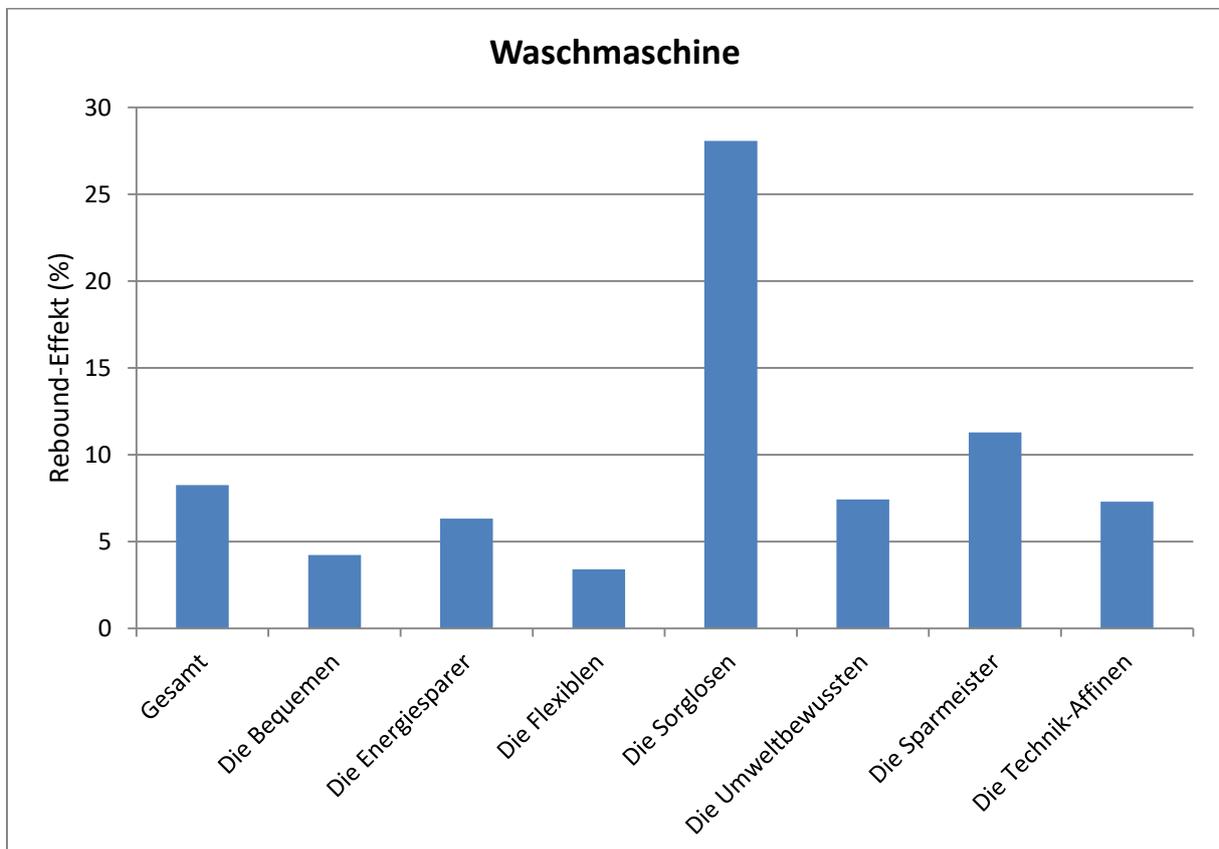


Abbildung 15: Direkter Rebound-Effekt (%) für Waschmaschinen nach Typen

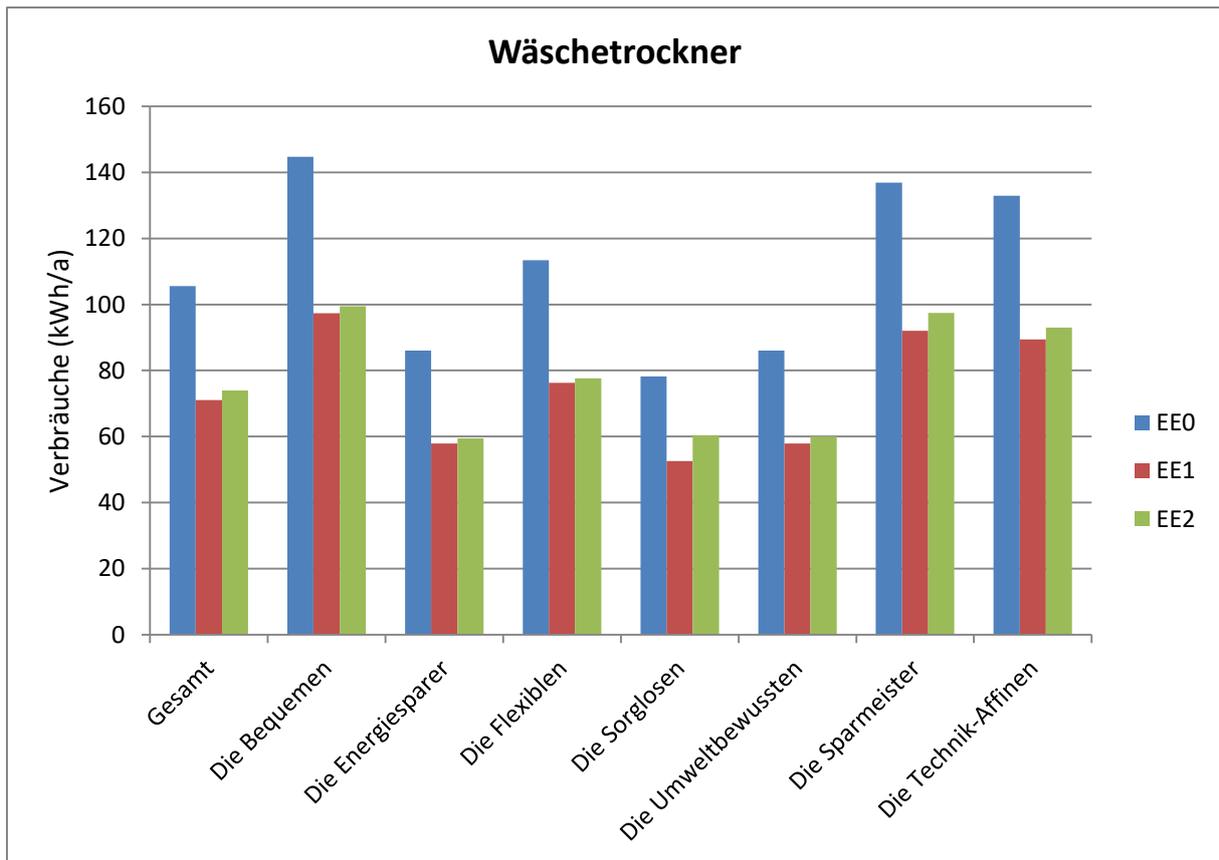


Abbildung 16: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Wäschetrockner nach Typen

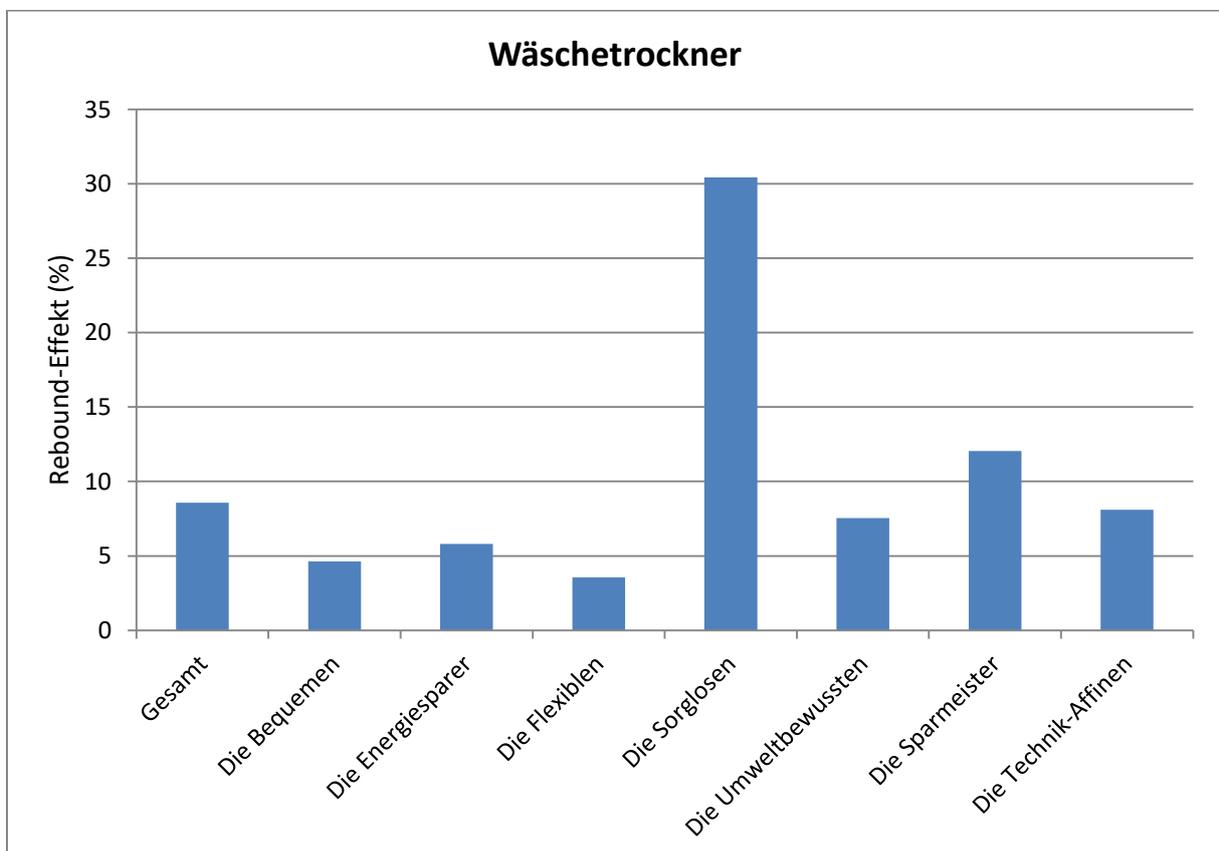


Abbildung 17: Direkter Rebound-Effekt (%) für Wäschetrockner nach Typen

Bei den **TV-Geräten** liegen die „gesamten“ Rebound-Effekte knapp unter 24%. Die Verteilung der Rebound-Effekte unter den einzelnen Typen ist hier etwas homogener, die höchsten weisen aber wiederum die „Sorglosen“ (rund 37%) auf, die niedrigsten die „Umweltbewussten“ (knapp 17%).

Insgesamt liegen die direkten Rebound-Effekte hier also deutlich höher als bei den Kühl- und Haushaltsgeräten. Die Gründe dafür sind sowohl im Kauf- als auch im NutzerInnenverhalten zu finden. Bei den Kaufentscheidungen fällt auf, dass einerseits Energieeffizienz bei TV-Geräten ein untergeordnetes Kriterium darstellt. Hinzu kommt die Tendenz – man kann hier eigentlich von einem allgemeinen Trend sprechen – größere bis deutliche größere (bezogen auf die Bildschirmdiagonale) Geräte zu kaufen.

In den Bereich des NutzerInnenverhaltens fällt der weitere Betrieb des alten Geräts. Das wird bei TV-Geräten (bzw. allgemein im Bereich der Unterhaltungselektronik) deutlich häufiger getan als bei den Kühl- und Haushaltsgeräten, weshalb der direkte Rebound-Effekt höher liegen muss.

Abbildung 18 zeigt den ursprünglichen, den berechneten und den tatsächlichen Verbrauch für TV-Geräte, in Abbildung 19 sind die direkten Rebound-Effekte dargestellt.

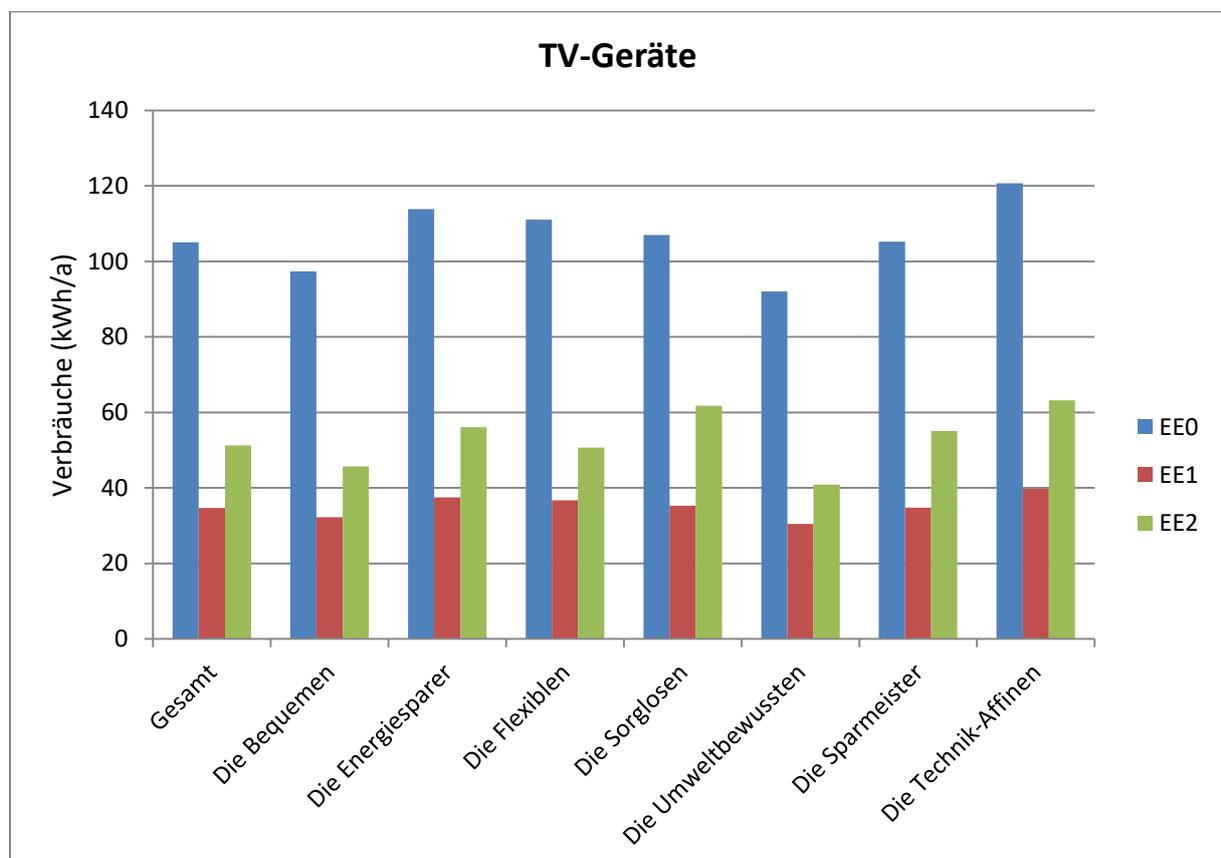


Abbildung 18: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für TV-Geräte nach Typen

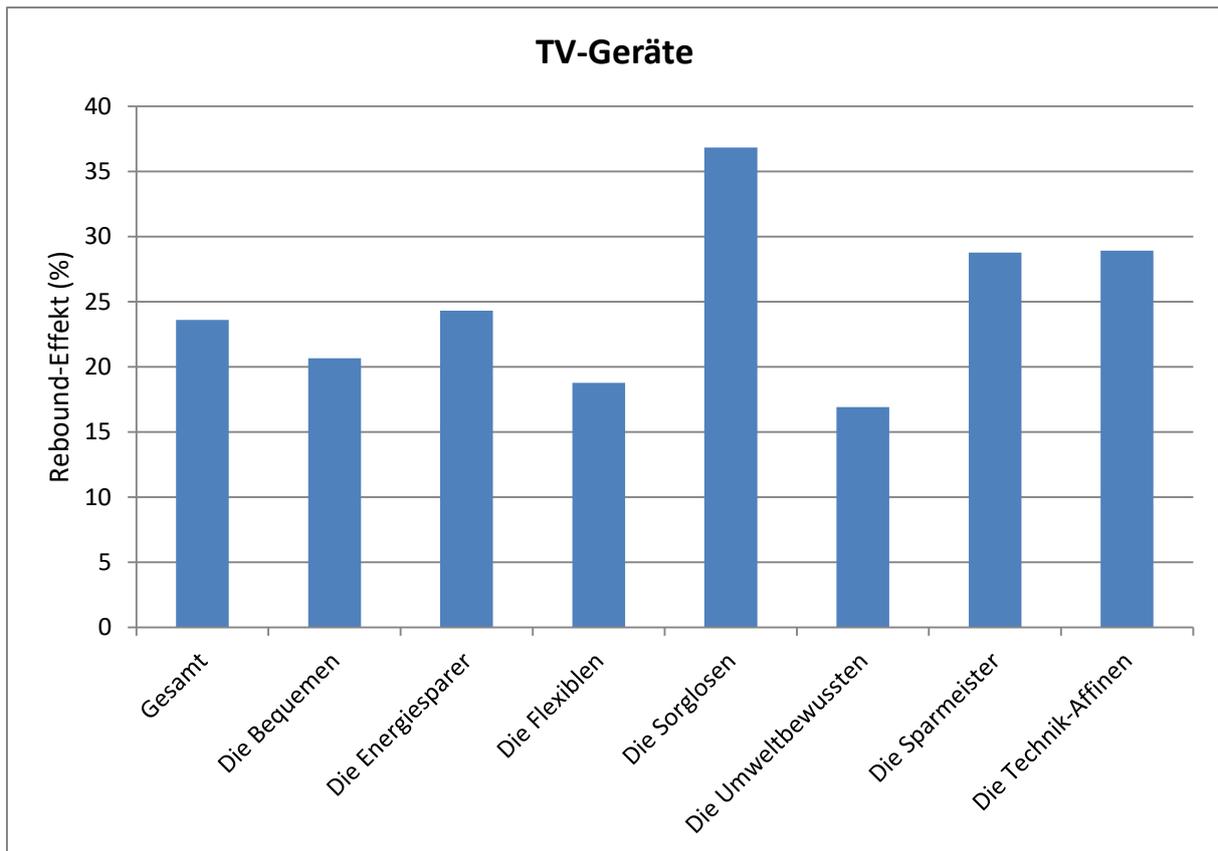


Abbildung 19: Direkter Rebound-Effekt (%) für TV-Geräte nach Typen

Im Bereich der **Computer** schließlich liegt der „gesamte“ Rebound-Effekt bei über 62%. Den höchsten direkten Rebound-Effekt weisen auch hier die „Sorglosen“ auf, und zwar mit beinahe 81%, den geringsten die „Energiesparer“ mit knapp 58%.

Die Gründe für diese extrem hohen Rebound-Effekte sind dieselben wie schon bei den TV-Geräten, allerdings noch deutlich stärker ausgeprägt. So spielen Ansprüche an die Leistungsfähigkeit bei Kaufentscheidungen eine deutlich wichtigere Rolle als Energieeffizienz, wozu eventuell auch beiträgt, dass es in diesem Bereich kein Energie-Labeling gibt. Zusätzlich werden rund 80% der alten Geräte weiterbetrieben.

Geht man allerdings davon aus, dass – gerade aufgrund des hohen Prozentsatzes mit dem alte Geräte weiter betrieben werden – im Bereich Computer eine Art Sättigung mit Geräten eintritt und somit bei Kauf eines neuen Geräts ein altes jedenfalls entsorgt wird, so sinken die direkten Rebound-Effekte auf rund 52% bis 73%, bleiben also dennoch deutlich über den Niveaus der anderen Gerätegruppen.

Nach demselben Schema wie bei den anderen Gerätegruppen zeigt Abbildung 20 den Vergleich der drei Verbräuche und Abbildung 21 die direkten Rebound-Effekte.

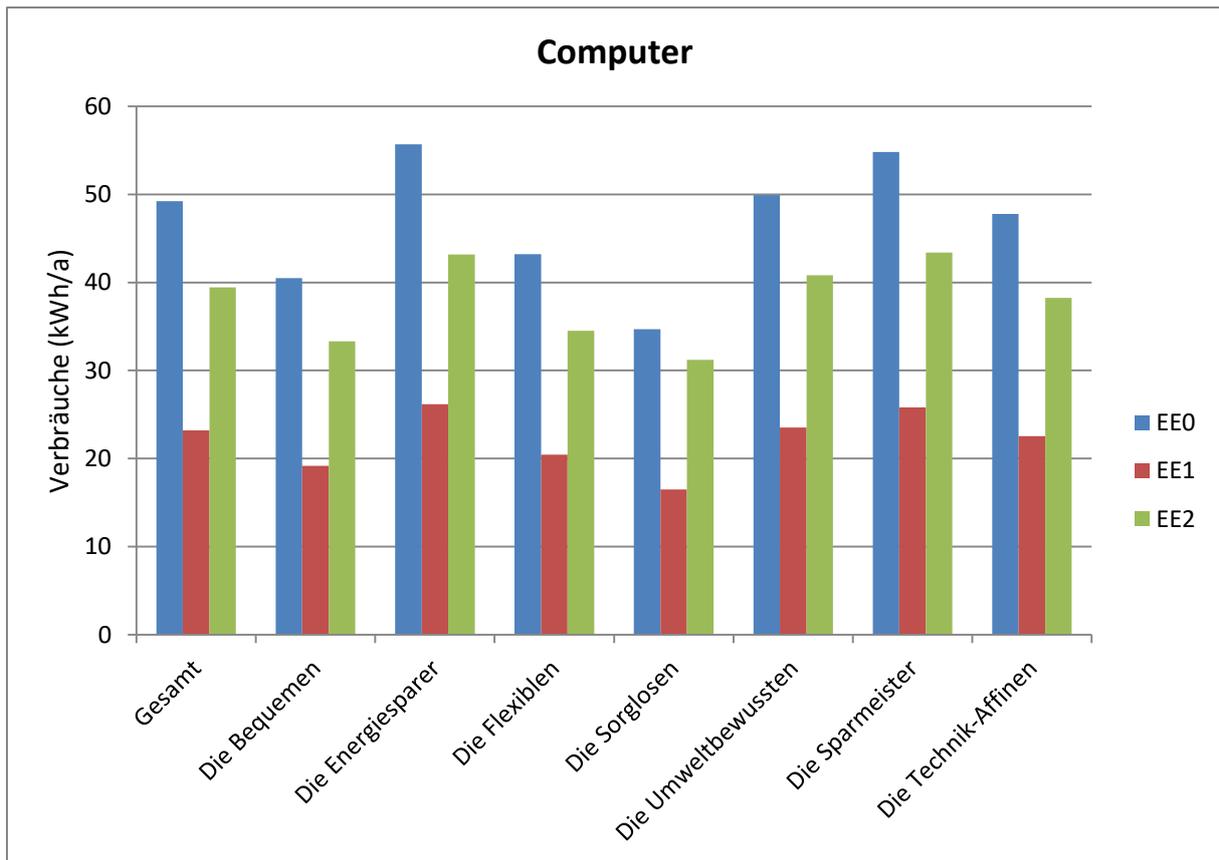


Abbildung 20: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Computer nach Typen

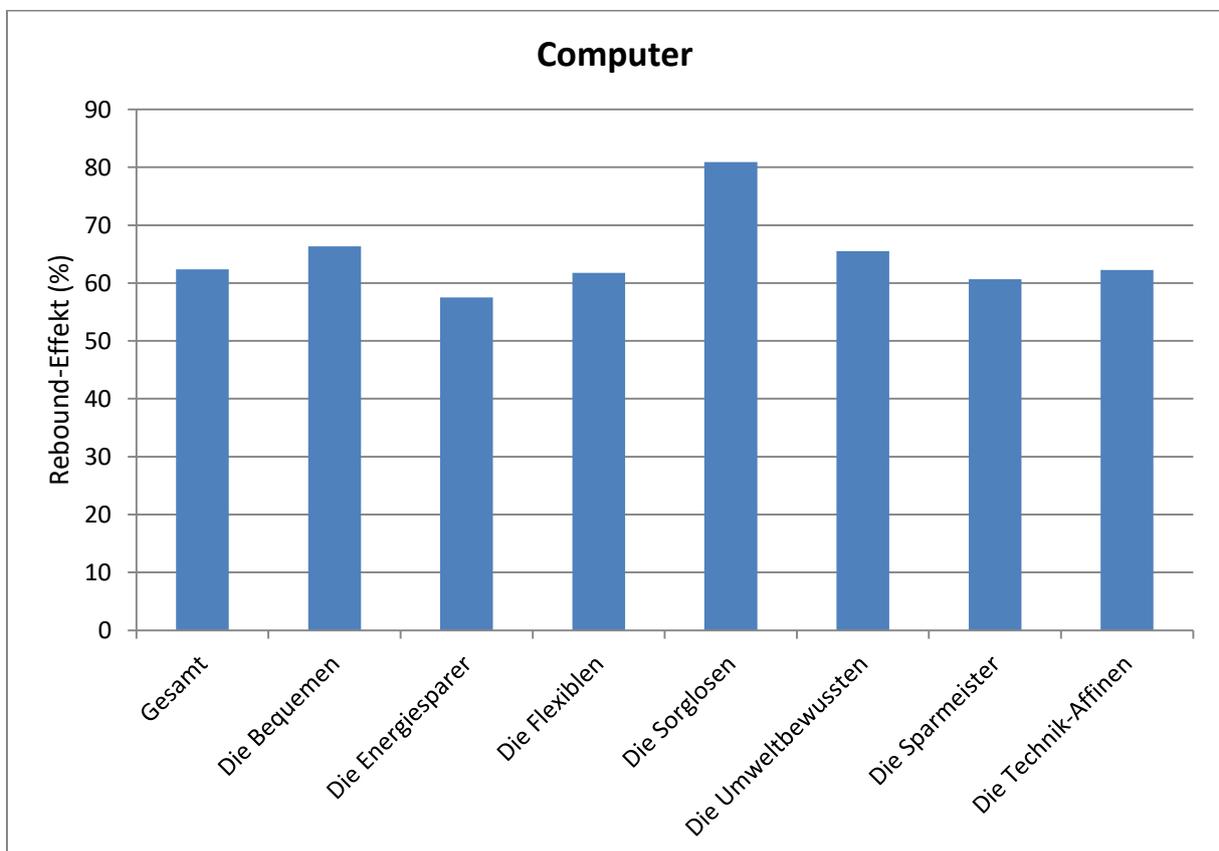


Abbildung 21: Direkte Rebound-Effekte (%) für Computer nach Typen

In Abbildung 22 werden die Rebound-Effekte der unterschiedlichen Typen verglichen, in Abbildung 23 sind die Bandbreiten für die einzelnen Geräte dargestellt. Die Bandbreiten wurden dabei als minimaler bis maximaler Rebound-Effekt nach Typen definiert.

Abbildung 22 zeigt nochmal deutlich, dass die direkten Rebound-Effekte der „Sorglosen“ weit über jenen der anderen Typen liegen. Mit Ausnahme der Gruppe Kühlgeräte gibt es jedoch immer zumindest einen Typen, der ebenfalls direkte Rebound-Effekte über dem Durchschnittswert aufweist.

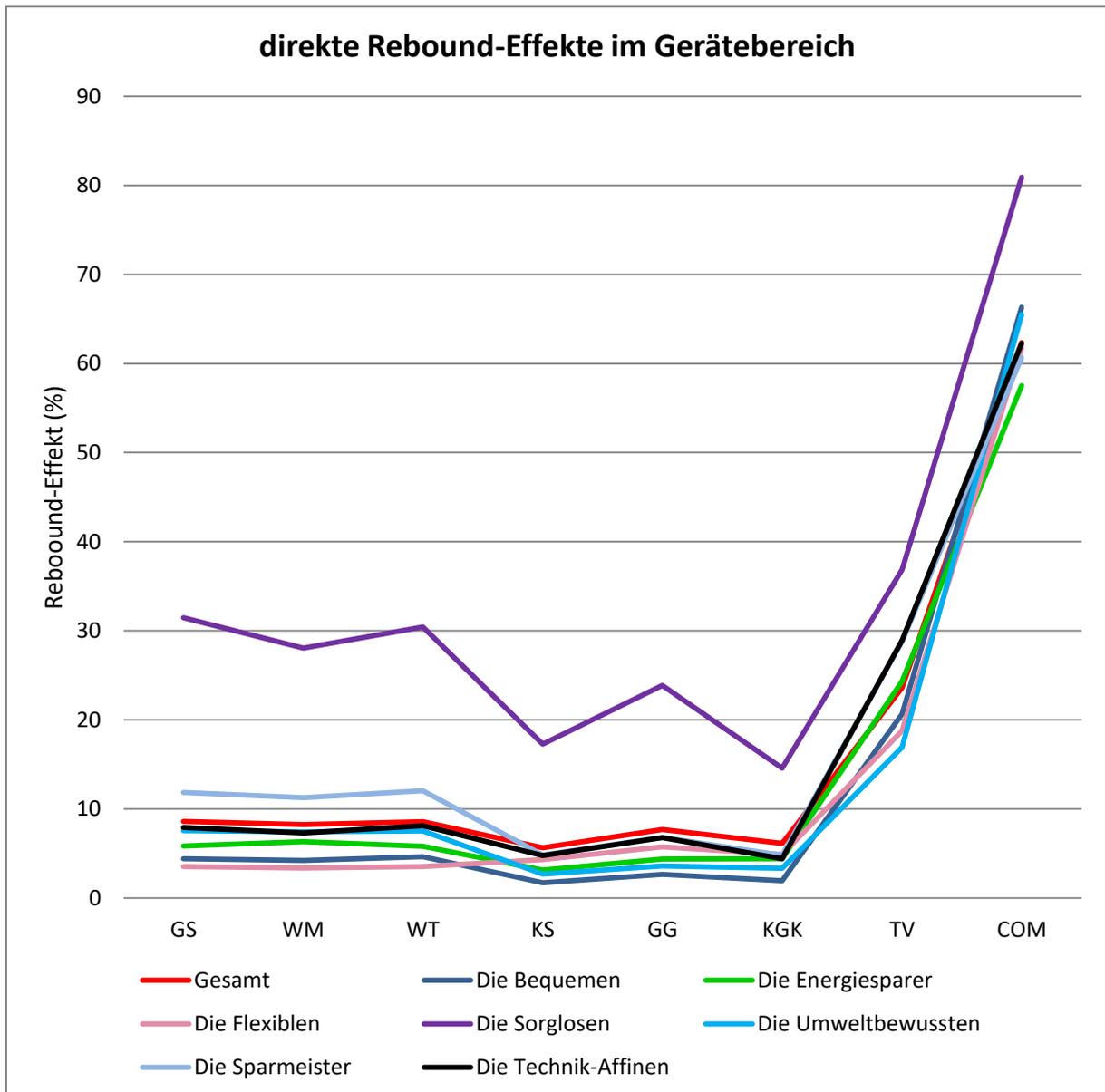


Abbildung 22: Vergleich der direkten Rebound-Effekte (%) im Gerätebereich

Auch die Bandbreiten für die direkten Rebound-Effekte werden maßgeblich von den „Sorglosen“ bestimmt. Dieses Ergebnis spricht dafür, im Zuge von Maßnahmen zur Vermeidung oder Linderung von Rebound-Effekten diesem Typ besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

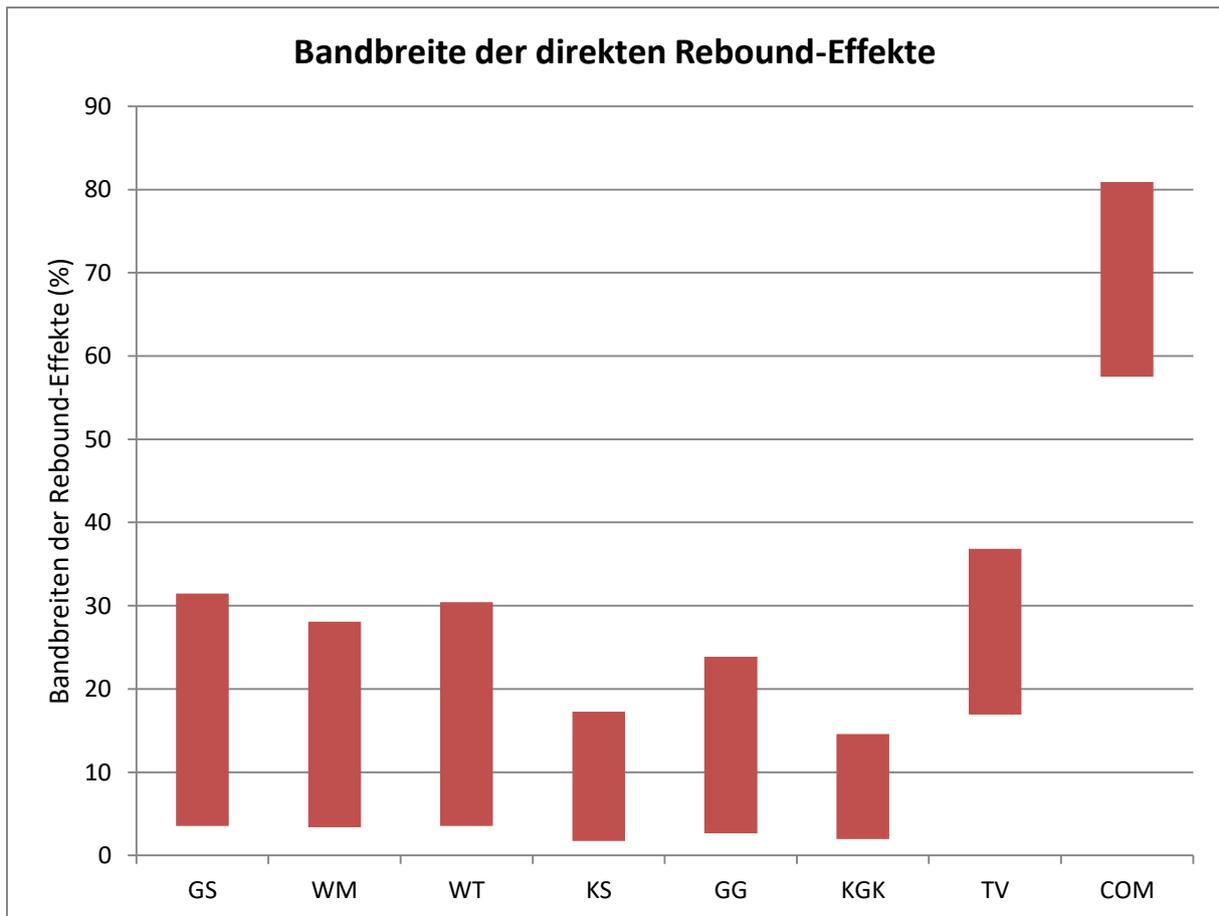


Abbildung 23: Bandbreiten (%) der direkten Rebound-Effekte nach Geräten

In den beiden folgenden Tabellen sind die direkten Rebound-Effekte im Gerätebereich nochmals dargestellt.

direkte Rebound-Effekte (%) im Geräte-Bereich, Teil I					
		KS	GG	KGK	TV
Gesamt		5,65	7,68	6,14	23,60
Typen	Die Bequemen	1,72	2,67	1,95	20,66
	Die Energiesparer	3,14	4,38	4,42	24,32
	Die Flexiblen	4,30	5,76	4,90	18,76
	Die Sorglosen	17,28	23,86	14,59	36,85
	Die Umweltbewussten	2,70	3,60	3,35	16,91
	Die Sparmeister	4,83	6,83	4,79	28,76
	Die Technik-Affinen	4,77	6,78	4,42	28,93

Tabelle 3: Direkte Rebound-Effekte (%) für Kühlschränke, Gefriergeräte, Kühl-Gefrier-Kombinationen und Fernseher

direkte Rebound-Effekte (%) im Geräte-Bereich, Teil II					
		GS	WM	WT	COM
Gesamt		8,61	8,25	8,58	62,36
Typen	Die Bequemen	4,42	4,23	4,62	66,33
	Die Energiesparer	5,86	6,31	5,80	57,52
	Die Flexiblen	3,53	3,39	3,55	61,75
	Die Sorglosen	31,46	28,07	30,43	80,89
	Die Umweltbewussten	7,55	7,42	7,54	65,50
	Die Sparmeister	11,84	11,28	12,06	60,67
	Die Technik-Affinen	7,92	7,29	8,11	62,25

Tabelle 4: Direkte Rebound-Effekte (%) für Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Computer

Betrachtet man anstelle der Rebound-Effekte in Prozent die absolute Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch in kWh/a, so zeigt sich aufgrund der unterschiedlich hohen Verbräuche der Geräte ein geringfügig anderes Bild. Wie Tabelle 5 und Tabelle 6 zeigen, ist der „Mehrverbrauch“ wegen Rebound-Effekten aber wiederum bei den „Sorglosen“ am höchsten. Eine Ausnahme stellt hier allerdings die Gruppe Computer dar, in der „Mehrverbrauch“ bei den Sparmeistern am höchsten ist.

Vergleicht man die durchschnittlichen „Mehrverbräuche“, so zeigt sich, dass diese bei den TV-Geräten mit knapp 17 kWh/a am höchsten sind, gefolgt von den Computern mit beinahe 15 kWh/a. Die geringsten „Mehrverbräuche“ zeigen Wäschetrockner und Kühlschrank mit jeweils rund 3 kWh/a.

Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch, Teil I					
		KS	GG	KGK	TV
Gesamt		3,46	6,37	5,78	16,60
Typen	Die Bequemen	1,18	2,66	1,71	13,45
	Die Energiesparer	2,12	4,00	3,75	18,56
	Die Flexiblen	2,69	5,35	4,54	13,96
	Die Sorglosen	11,00	17,76	15,56	26,41
	Die Umweltbewussten	1,65	2,50	3,00	10,42
	Die Sparmeister	2,66	4,97	5,04	20,26
	Die Technik-Affinen	2,63	5,73	4,64	23,42

Tabelle 5: „Mehrverbräuche“ (Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch) in kWh/a für Kühlschränke, Gefriergeräte, Kühl-Gefrier-Kombinationen und Fernseher

Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch, Teil II					
		GS	WM	WT	COM
Gesamt		8,84	5,12	2,97	14,56
Typen	Die Bequemen	4,84	2,57	2,19	12,41
	Die Energiesparer	5,87	4,04	1,63	15,30
	Die Flexiblen	3,75	2,12	1,32	12,44
	Die Sorglosen	30,82	17,43	7,79	13,30
	Die Umweltbewussten	7,66	4,42	2,12	15,53
	Die Sparmeister	12,43	7,29	5,40	16,05
	Die Technik-Affinen	8,40	4,57	3,53	14,15

Tabelle 6: „Mehrverbräuche“ (Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch) in kWh/a für Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Computer

4.2.4 Das Gesamtmodell

Aufbauend auf einer qualitativen Analyse der Systemzusammenhänge mittels eines Ursache-Wirkungsdiagramms [17] wurde ein integriertes, quantitatives uRbE-Gesamtmodell der drei Teilbereiche ausgearbeitet. Wie die qualitative Analyse gezeigt hat, ist die Aufteilung der verfügbaren finanziellen Mittel der Haushalte der zentrale Punkt bei der Entstehung direkter und indirekter Rebound-Effekte. Abbildung 24 zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen dem Haushaltseinkommen und den Ausgaben der verschiedenen im uRbE-Gesamtmodell berücksichtigten Bereiche. In Anlehnung an die Konsumerhebungen der Statistik Austria [18] werden die jährlichen Ausgaben der im uRbE-Gesamtmodell betrachteten Haushaltsgruppen in die folgenden zehn Bereiche unterteilt: Mobilität, Raumwärme, Geräte, Nahrungsmittel, Bekleidung, Wohnungsausstattung, Freizeit, Urlaub, Gastronomie und Sonstige (Wohnen ohne Energie, Bildung, Gesundheit, Sonstige).

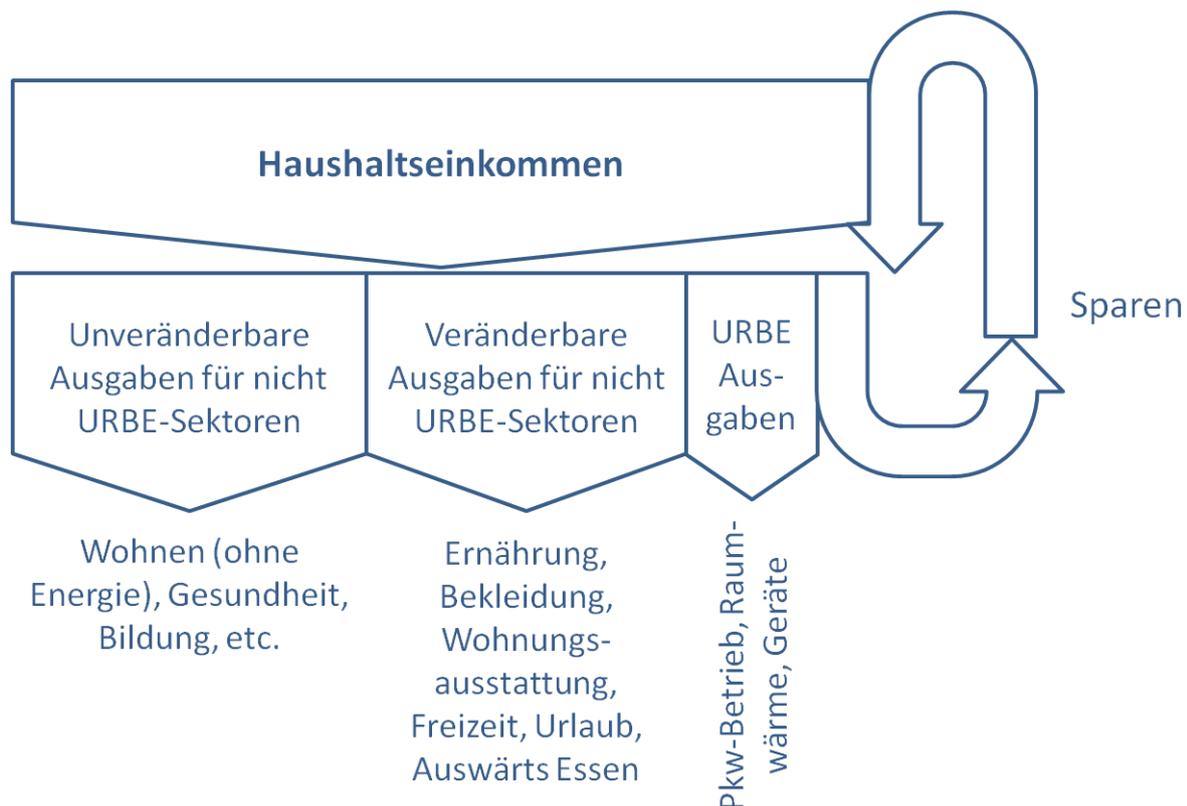


Abbildung 24: Haushaltseinkommen, Sparen und Ausgaben im uRbE-Gesamtmodell [14]

Die Haushalte werden im uRbE-Gesamtmodell nach ihrem Nettohaushaltseinkommen in die folgenden vier Gruppen eingeteilt: bis 2.000 Euro/Monat, 2.001-3.000 Euro/Monat, 3.001-4.000 Euro/Monat und über 4.000 Euro/Monat.

Das uRbE-Gesamtmodell wurde mit Hilfe der System Dynamics Software Vensim DSS® Version 6.3 der Firma Ventana Systems Inc. programmiert (<http://vensim.com>). Vensim-Modelle können in das Dateiformat „vpm“ (Vensim Packaged Model) konvertiert werden. Um Modelle dieses Dateiformats zu verwenden, reicht die kostenlos verfügbare Software Vensim Model Reader® aus (<http://vensim.com/vensim-model-reader/>). Diese kann unter dem folgenden Link heruntergeladen und installiert werden: <http://vensim.com/free-download/>. Als Interface für die notwendigen Basis- und Szenariodaten der verschiedenen Modelle dient die Software Microsoft Excel®. Der Download der Version 3.3. des uRbE-Gesamtmodells ist von www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/nationale-projekte/urbe/ möglich. Eine detailliertere Beschreibung des uRbE-Gesamtmodells findet sich in [14].

Das uRbE-Gesamtmodell ist ein dynamisches Modell. D.h. eine Simulation wird iterativ in diskreten Zeitschritten bis zum Erreichen eines vorgegebenen Zeithorizonts durchgeführt. Dabei werden Rückkoppelungen zwischen den verschiedenen Modellteilen und Variablen berücksichtigt.

Die pro Jahr ausgegebenen finanziellen Mittel und das Sparguthaben werden im uRbE-Gesamtmodell als Stock (Lager) interpretiert. Die Ausgaben und das Sparguthaben können in jeder Iteration (Jahr) durch Flows (Raten) verändert werden. In jeder Iteration wird der Saldo aus dem Haushaltseinkommen und den durch Aufsummieren der einzelnen Ausgaben

ermittelten Gesamtausgaben gebildet. Auf Basis dieses Saldos wird entschieden, wie die einzelnen Ausgaben bzw. das Sparguthaben in der nächsten Iteration angepasst werden.

Die Wahrscheinlichkeit der Verwendung eines positiven Saldos zur Erhöhung der Ausgaben eines Bereichs bzw. die Reduktion der Ausgaben eines Bereichs bei negativem Saldo wird mit Hilfe der Methodik einer Multi-Kriterienanalyse berechnet. Dazu ist es notwendig, für jeden Bereich die zur Befriedigung der Grundbedürfnisse minimal notwendigen Ausgaben und die Ausgaben, bei denen eine Sättigung der Nachfrage eintritt, zu bestimmen. Der Vergleich der aktuellen Ausgaben mit diesen beiden liefert eine ungewichtete Bewertung (Score) zwischen 0 und 1. Die Bewertung der aktuellen Situation wird dabei durch eine lineare Interpolation aus der aktuellen Ausprägung, der besten möglichen Ausprägung (Ausgaben, bei denen eine Sättigung der Nachfrage eintritt) und der schlechtesten möglichen Ausprägung (die zur Befriedigung der Grundbedürfnisse minimal notwendigen Ausgaben) berechnet (Abbildung 25).

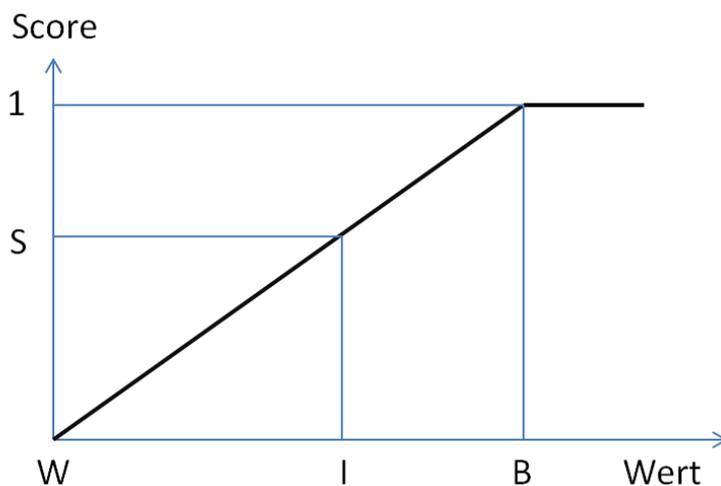


Abbildung 25: Ermittlung des Scores durch lineare Interpolation [14]

Zur Berechnung des Scores wird folgendes Gleichungssystem verwendet:

$$S_n = \begin{cases} I_n < W_n \rightarrow 0 \\ W_n \leq I_n \leq B_n \rightarrow \frac{I_n - W_n}{B_n - W_n} \\ I_n > B_n \rightarrow 1 \end{cases}$$

Legende:

S_n ungewichteter Score (Bewertung) des Bereichs n

I_n Indikator für den Zustand des Bereichs n (i.e. aktuelle Ausgaben für den Bereich n in Iteration t)

W_n Schlechteste mögliche Ausprägung (Worst Option) des Bereichs n (die zur Befriedigung der Grundbedürfnisse minimal notwendige Ausgaben)

B_n Beste mögliche Ausprägung (Best Option) des Bereichs n (Ausgaben, bei denen eine Sättigung der Nachfrage eintritt)

Mit Hilfe der Ergebnisse der in uRbE durchgeführten Befragung werden die Scores der einzelnen Bereiche gewichtet:

$$\hat{S}_n = w_n * S_n$$

Legende:

\hat{S}_n gewichteter Score (Bewertung) des Bereichs n

w_n aus der uRbE Befragung ermittelter Gewichtungsfaktor des Bereichs n

S_n ungewichteter Score (Bewertung) des Bereichs n

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Ausgaben eines Bereichs zwischen zwei aufeinander folgenden Iterationen geändert wird, entspricht dem Verhältnis des gewichteten Scores (Bewertung) des Bereichs n zur Summe über die gewichteten Scores (Bewertung) aller Bereiche:

$$P_n = \frac{\hat{S}_n}{\sum_n \hat{S}_n}$$

Legende:

P_n Wahrscheinlichkeit der Änderung des Budgets des Bereichs n

\hat{S}_n gewichteter Score (Bewertung) des Bereichs n

Sparen wird nur dann relevant, wenn der schlechteste Score aller Bereiche über einem festgelegten Schwellwert liegt. D.h. gespart wird durch die Haushalte erst, wenn alle Bedürfnisse bis zu einem gewissen Grad befriedigt wurden.

Im Bereich **Personenmobilität** wird die jährliche Pkw-Fahrleistung als Stock interpretiert. Auf Basis der zum Zeitpunkt T aus der aktuellen Fahrleistung entstehenden Energiekosten und dem für den Zeitpunkt T+1 veranschlagten Ausgaben für Personenmobilität wird die Fahrleistung des Zeitpunkt T+1 modifiziert, d.h. entweder verringert oder erhöht. Die Anpassung erfolgt dabei zeitverzögert. Im Bereich **Raumwärme** wird die Raumtemperatur als Stock interpretiert. Ist der Saldo der zum Zeitpunkt T aus der Raumtemperatur entstehenden Energiekosten und dem für den Zeitpunkt T+1 veranschlagten Ausgaben für Raumwärme negativ, dann wird die Raumtemperatur des Zeitpunkt T+1 reduziert. Besteht diese Einschränkung nicht und liegt die aktuelle Raumtemperatur unter der gewünschten Temperatur, dann wird die Raumtemperatur erhöht. Diese Anpassung erfolgt zeitverzögert. Der Bereich **Geräte** wird in der Modellversion 3.3 vereinfacht über Stocks für die Ausgaben und den Ausstattungsgrad berücksichtigt.

Zur Quantifizierung der beschriebenen Zusammenhänge werden die in Tabelle 7 bis Tabelle 13 beschriebenen Daten und Annahmen verwendet.

Anteil	monatliches Haushaltseinkommen				Alle Haushalte
	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat	
Ernährung, Getränke, Tabakwaren	17.5%	15.2%	14.7%	13.0%	14.5%
Bekleidung, Schuhe	5.1%	5.8%	5.6%	6.0%	5.7%
Wohnen ohne Energie	22.5%	20.5%	19.5%	15.6%	19.1%
Wohnen Energie	5.9%	5.2%	4.8%	5.0%	4.7%
Wohnungsausstattung	6.5%	6.2%	7.2%	7.3%	6.9%
Gesundheit	3.7%	3.5%	3.6%	3.4%	3.5%
Kfz-Betrieb	6.7%	7.4%	8.1%	9.0%	8.1%
Kfz-Anschaffung	3.4%	5.3%	5.3%	7.3%	5.8%
Öffentlicher Verkehr	1.7%	1.1%	0.9%	1.0%	1.1%
Kommunikation und Unterhaltungselektronik	4.1%	3.5%	3.7%	3.6%	3.7%
Freizeit ohne Unterhaltungselektronik	5.9%	6.4%	7.0%	6.7%	6.6%
Urlaub	2.5%	3.4%	3.9%	5.5%	4.2%
Bildung	0.7%	0.9%	0.9%	1.2%	1.0%
Cafe, Restaurant	5.2%	5.6%	5.6%	6.1%	5.7%
Sonstige	8.7%	10.0%	9.1%	9.3%	9.3%

Quelle: [18], S. 90

Tabelle 7: Monatliche Verbrauchsausgaben nach Ausgabengruppen und Haushaltsgruppe

(Euro/Monat)	monatliches Haushaltseinkommen				Alle Haushalte
	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat	
Haushaltsausgaben - Median	1.350,-	2.140,-	2.850,-	3.980,-	2.580,-

Quelle: [18], S. 90

Tabelle 8: Monatliche Haushaltsausgaben nach Haushaltsgruppe

Monatliches Haushaltseinkommen	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat	Einheit
Fahrleistung T=0	11.800	12.500	14.500	15.000	km/a
Latente Nachfrage	14.000	15.000	15.000	15.000	km/a
Energieverbrauch je 100 km	6	7	8	9	l/100 km
Energiekosten je Liter	1.317				Euro/l
Anpassungszeit	4				a

Quelle: eigene Berechnungen und Annahmen auf Basis der uRbE-Befragung und [19]

Tabelle 9: Annahmen für den Bereich Personenmobilität

Monatliches Haushaltseinkommen	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat	Einheit
Temperatur T=0	19	20	22	23	°C
Wunschtemperatur	21	22	23	23	°C
Energieverbrauch	2.7	3.5	4.8	5.8	kWh je Heizgradtag
Heizgradtage 20/12	3300	3300	3300	3300	Heizgradtage
Energiekosten Heizen	0.12	0.12	0.12	0.12	Euro/kWh
Anpassungszeit	2				a
Reaktionsstärke	0.75				-

Quelle: eigene Berechnungen und Annahmen

Tabelle 10: Annahmen für den Bereich Raumwärme

Anteil der Ausgaben (%)	Wert	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat
Wohnen ohne Energie etc.	-	41.0%	41.0%	39.0%	38.0%
Ernährung, Getränke, Tabakwaren	Minimum	15.8%	13.7%	13.2%	8.5%
	Sättigung	21.0%	30.4%	18.4%	13.7%
Bekleidung, Schuhe	Minimum	4.6%	5.2%	5.0%	3.9%
	Sättigung	6.1%	11.6%	7.0%	6.3%
Wohnungsausstattung	Minimum	5.9%	5.6%	6.5%	4.7%
	Sättigung	7.8%	12.4%	9.0%	7.7%
Freizeit ohne Unterhaltungselektronik	Minimum	5.3%	5.8%	6.3%	4.4%
	Sättigung	7.1%	12.8%	8.8%	7.0%
Urlaub	Minimum	2.3%	3.1%	3.5%	3.6%
	Sättigung	3.0%	6.8%	4.9%	5.8%
Cafe, Restaurant	Minimum	4.7%	5.0%	5.0%	4.0%
	Sättigung	6.2%	11.2%	7.0%	6.4%

Quelle: eigene Berechnungen und Annahmen

Tabelle 11: Annahmen bezüglich Ausgabenanteile der minimalen Bedürfnisse und der Sättigung der nicht uRbE-Sektoren

Bereich	Wert	Einheit	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat
Wohnen Energie	Minimum	°C	18	19	20	21
	Sättigung	°C	21	22	23	23
Kfz-Betrieb	Minimum	km	10.000	10.000	10.000	10.000
	Sättigung	km	14.000	15.000	15.000	15.000
Geräte	Minimum	%	2.1%	1.6%	1.5%	1.3%
	Sättigung	%	4.3%	3.7%	3.9%	3.8%

Quelle: eigene Berechnungen und Annahmen

Tabelle 12: Annahmen bezüglich Ausgabenanteile der minimalen Bedürfnisse und der Sättigung der uRbE-Sektoren

Berechnete Gewichtung - Modell	bis 2.000 Euro/Monat	2.001-3.000 Euro/Monat	3.001-4.000 Euro/Monat	über 4.000 Euro/Monat
Ernährung, Getränke, Tabakwaren	10%	9%	10%	10%
Bekleidung, Schuhe	9%	8%	9%	9%
Wohnungsausstattung	13%	12%	13%	13%
Freizeit ohne Unterhaltungselektronik	11%	10%	11%	11%
Urlaub	15%	14%	15%	15%
Cafe, Restaurant	12%	11%	12%	12%
Wohnen Energie	8%	7%	8%	8%
Kfz-Betrieb	6%	5%	6%	6%
Kommunikation und Unterhaltungselektronik	7%	6%	7%	7%
Sparen	14%	14%	14%	14%

Quelle: eigene Berechnungen und Annahmen auf Basis der uRbE-Befragung

Tabelle 13: Gewichtung der einzelnen Ausgabenbereiche

Das uRbE-Gesamtmodell wurde für verschiedene Sensitivitätstests zur Bestimmung der möglichen Höhe direkter und indirekter Rebound-Effekte eingesetzt. Dazu wurde die Effizienz der Pkws variiert und die daraus resultierenden Effekte auf die Fahrleistung, die Raumtemperatur und die Aufteilung der verfügbaren finanziellen Mittel analysiert. Die Effizienz der in den einzelnen Haushaltsgruppen verfügbaren Pkws wurde im Jahr 10 um 10 Prozent, 20 Prozent, 30 Prozent, 40 Prozent und 50 Prozent erhöht. Da in den aktuellen Annahmen in der Einkommensgruppe über 4.000 Euro/Monat keine unbefriedigte Nachfrage im Bereich Personenmobilität, Raumwärme oder Geräte besteht, wird diese im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Durch die Erhöhung der Pkw-Effizienz steigt die Fahrleistung in der Einkommensgruppe bis 2.000 Euro/Monat um 0,05 Prozent bis 0,6 Prozent, in der Einkommensgruppe 2.001-3.000 Euro/Monat um 0,04 Prozent bis 0,4 Prozent und in der Einkommensgruppe 3.001-4.000 Euro/Monat um 0,1 Prozent bis 1,4 Prozent an. In allen drei Einkommensgruppen sind daher nur geringe direkte Rebound-Effekte zu beobachten. In den beiden untersten Einkommensgruppen liegt der direkte Rebound-Effekt im Bereich von etwa 0,5 bis 1,0 Prozent (Abbildung 26). Mit zunehmender Effizienzsteigerung ist eine leicht steigende Tendenz des direkten Rebound-Effekts erkennbar. In der dritten Einkommensgruppe ist der direkte Rebound-Effekt mit durchschnittlich rund 2,1 bis 3,5 Prozent deutlich höher und zeigt mit zunehmender Effizienzsteigerung eine abnehmende Tendenz (Abbildung 26).

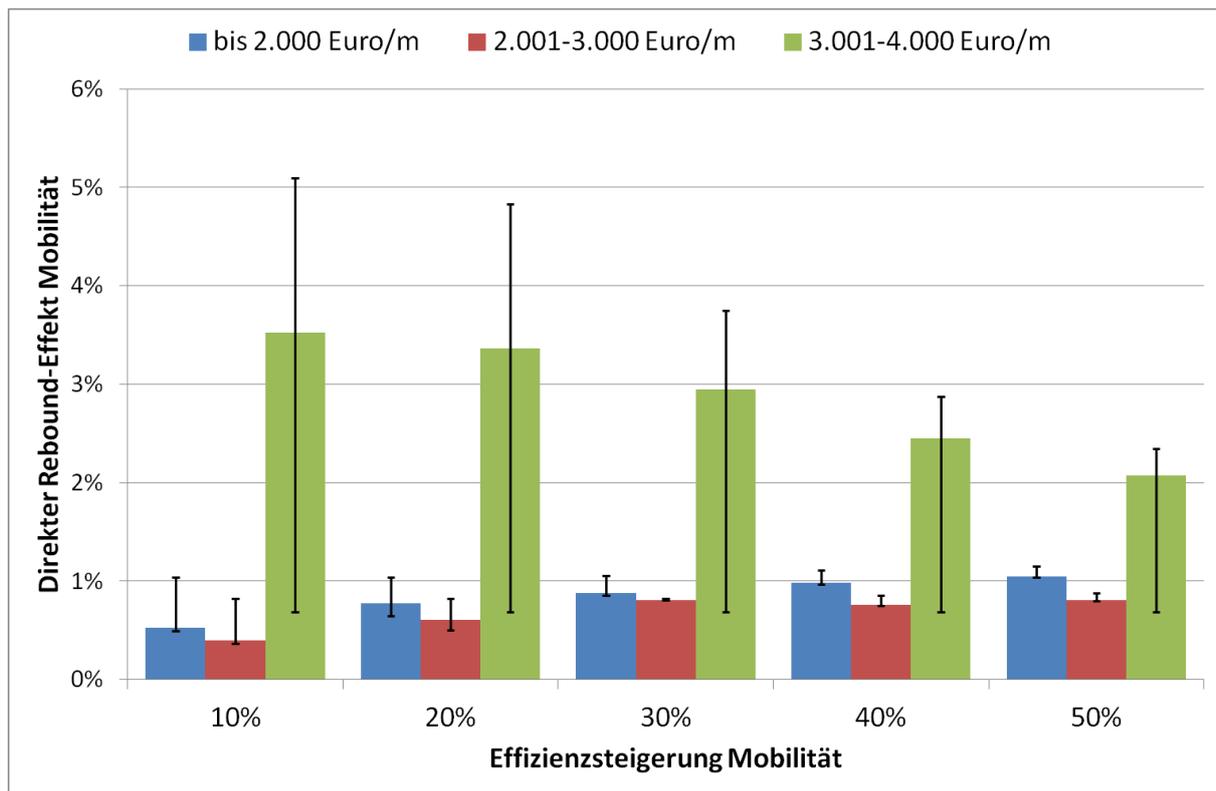


Abbildung 26: Direkter Rebound-Effekt Mobilität in Abhängigkeit von Einkommensklasse und Höhe der Effizienzsteigerung

Neben den direkten Rebound-Effekten berücksichtigt das uRbE-Gesamtmodell auch die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Ausgabenbereichen der privaten Haushalte. Effizienzsteigerungen im Bereich der Personenmobilität haben deshalb auch Auswirkungen auf den Bereich Raumwärme. In fast allen Szenarien der Pkw-Effizienzsteigerung kommen die unteren beiden Einkommensgruppen zumindest nahe an ihre angenommenen Wunschtemperaturen von 21°C bzw. 22°C heran. In der aktuellen Parametrisierung des Modells ist der Ausgangszustand der dritten Einkommensgruppe nicht im Gleichgewicht. Die Haushalte dieser Einkommenskategorie haben eine im Ausgangszustand unbefriedigte Nachfrage nach Raumwärme und gleichzeitig die finanziellen Mittel dazu. Die Anpassung der Raumwärme beginnt daher bereits vor der Steigerung der Energieeffizienz. Die Wunschtemperatur von 23°C wird nach fünf Jahren erreicht. Der Bereich der Raumwärme ist damit gesättigt und wird von der Effizienzsteigerung im Jahr 10 nicht weiter beeinflusst.

Abbildung 27 fasst die in den Bereichen Personenmobilität und Raumwärme entstehenden, direkten und indirekten Rebound-Effekte einer Pkw-Effizienzsteigerung zusammen. Bei einer Effizienzsteigerung der Pkw-Nutzung von 10 Prozent kompensiert der direkte und indirekte Rebound-Effekt in den beiden unteren Einkommensgruppen rund drei Viertel des theoretisch möglichen Einsparpotentials. Nahezu der ganze Effekt entsteht dabei durch den im Bereich Raumwärme auftretenden indirekten Rebound-Effekt. Mit höheren Effizienzsteigerungen geht der indirekte Rebound-Effekt in den beiden unteren Einkommensgruppen zurück. Bei einer Effizienzsteigerung von 50 Prozent beträgt der direkte und indirekte Rebound-Effekt in

den beiden unteren Einkommensgruppen nur mehr rund 30 Prozent. Im Gegensatz dazu treten in der dritten Einkommensgruppe aufgrund der Sättigung im Bereich der Raumwärme nur direkte Rebound-Effekte in der Größenordnung von rund 1 bis 3 Prozent auf.

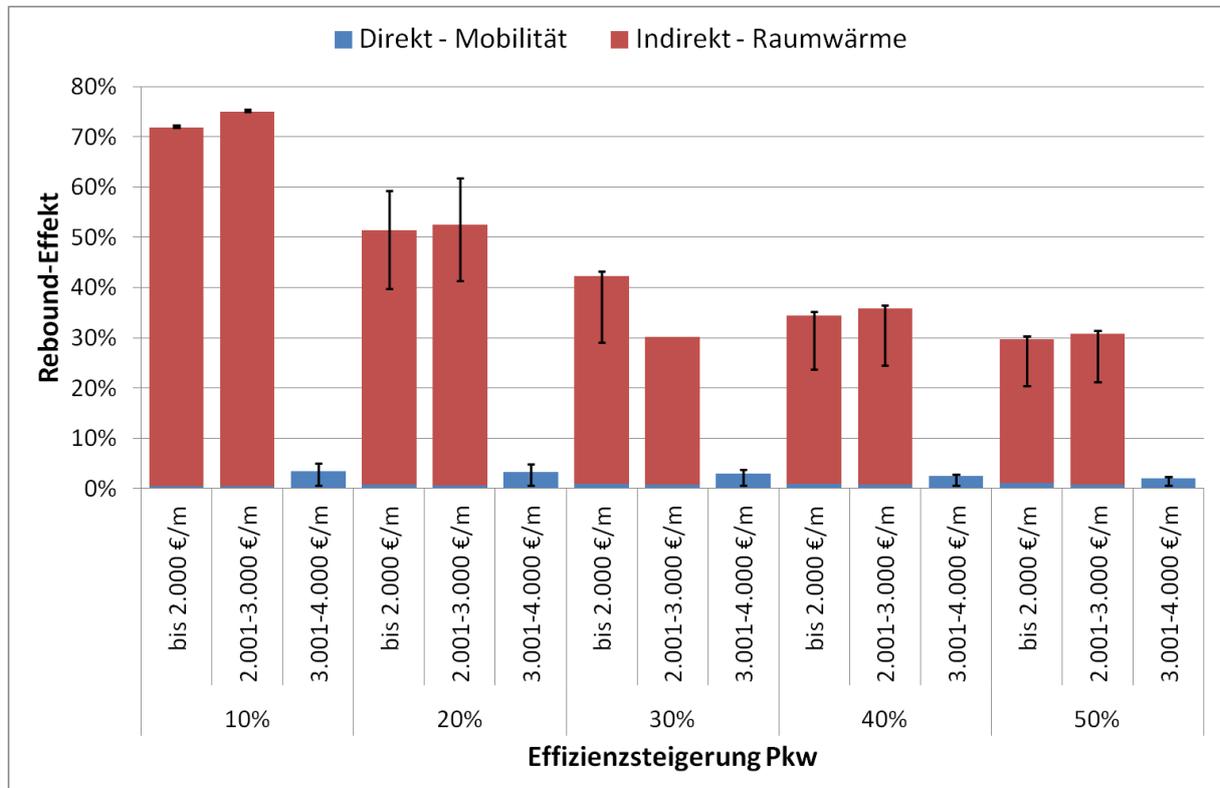


Abbildung 27: Direkter und indirekter Rebound-Effekt in Mobilität und Raumwärme in Abhängigkeit von Einkommensklasse und Höhe der Effizienzsteigerung in der Mobilität

Es ist wichtig, festzuhalten, dass durch die Effizienzsteigerung freiwerdende finanzielle Mittel auch in andere als die hier betrachteten Bereiche fließen und dort ebenfalls zusätzliche Nachfrage nach Energie erzeugen können. Es ist deshalb davon auszugehen, dass der hier betrachtete indirekte Rebound-Effekt eine Untergrenze darstellt. Abbildung 28 zeigt die Änderung der Verwendung der finanziellen Mittel in der untersten Einkommensgruppe im Fall einer Effizienzsteigerung der Pkw-Nutzung um 10 Prozent. Durch den mit der Effizienzsteigerung einhergehenden niedrigeren Treibstoffverbrauch ersparen sich Haushalte dieser Einkommensgruppe rund 120 Euro pro Jahr. Davon werden nicht ganz zwei Drittel in eine Erhöhung der Raumtemperatur investiert. Etwas mehr als 10 Prozent werden für Urlaub ausgegeben. Der Rest teilt sich relativ gleichmäßig auf Nahrungsmittel, Bekleidung, Wohnausstattung, Freizeit und Gastronomie auf. Bei Geräten und Sonstigem gibt es längerfristig keine Änderungen.

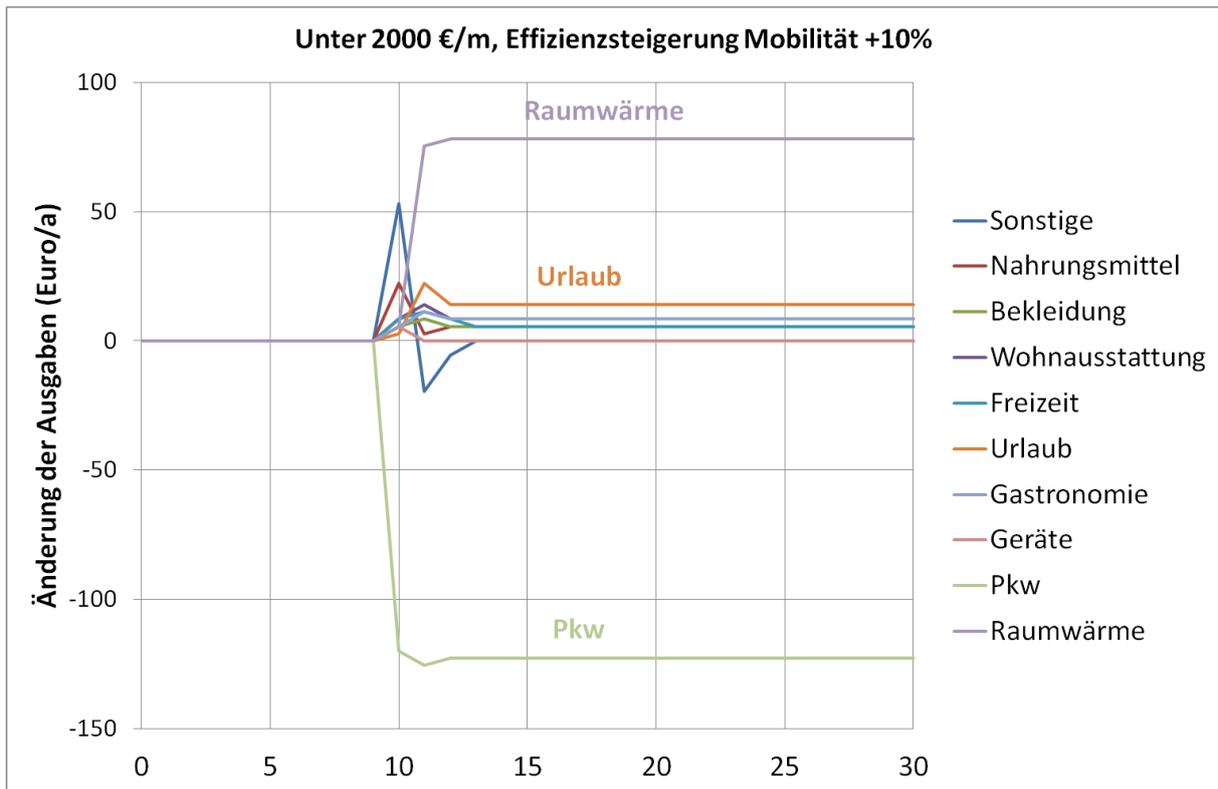


Abbildung 28: Änderung der Ausgaben durch eine Pkw-Effizienzsteigerung von 10% – Einkommensgruppe unter 2.000 Euro/Monat

Abbildung 29 zeigt ebenfalls für die unterste Einkommensgruppe die anteilmäßige Verwendung der eingesparten Treibstoffkosten in Abhängigkeit von der Höhe der Effizienzsteigerung. Mit steigender Effizienzzunahme geht der Anteil der für Raumwärme verwendeten Mittel von knapp zwei Drittel auf gut ein Viertel zurück. Parallel dazu nimmt der Anteil der Bereiche Urlaub, Nahrungsmittel, Bekleidung, Wohnausstattung, Freizeit und Gastronomie stetig zu.

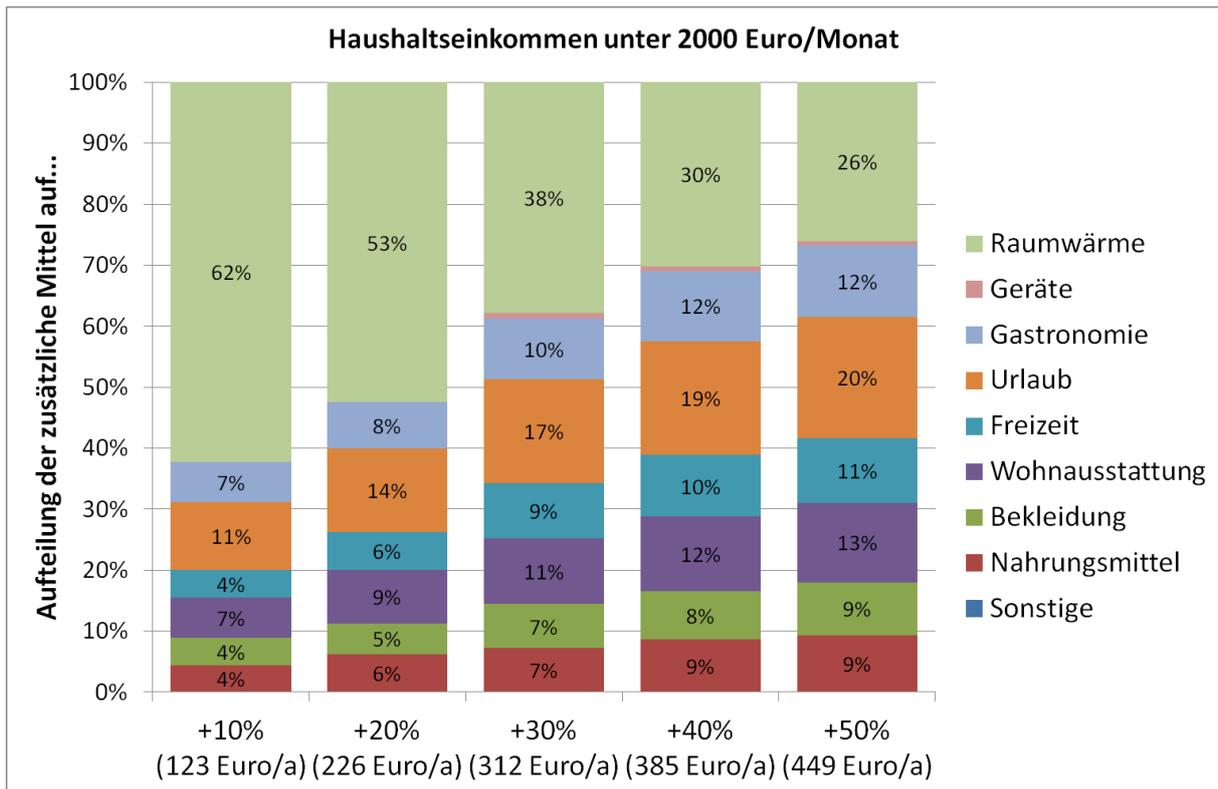


Abbildung 29: Aufteilung der durch Pkw-Effizienzsteigerungen frei werdenden finanziellen Mittel – Einkommensgruppe unter 2.000 Euro/Monat

Abbildung 30 zeigt die Änderung der Verwendung der finanziellen Mittel in der zweiten Einkommensgruppe im Fall einer Effizienzsteigerung der Pkw-Nutzung um 30 Prozent. Durch den mit der Effizienzsteigerung einhergehenden niedrigeren Treibstoffverbrauch ersparen sich Haushalte der zweiten Einkommensgruppe knapp 400 Euro pro Jahr. Davon wird nicht ganz ein Drittel in eine Erhöhung der Raumtemperatur investiert. Der Rest teilt sich relativ gleichmäßig auf Urlaub, Nahrungsmittel, Bekleidung, Wohnausstattung, Freizeit und Gastronomie auf. Bei Geräten und Sonstigem gibt es längerfristig keine signifikanten Änderungen.

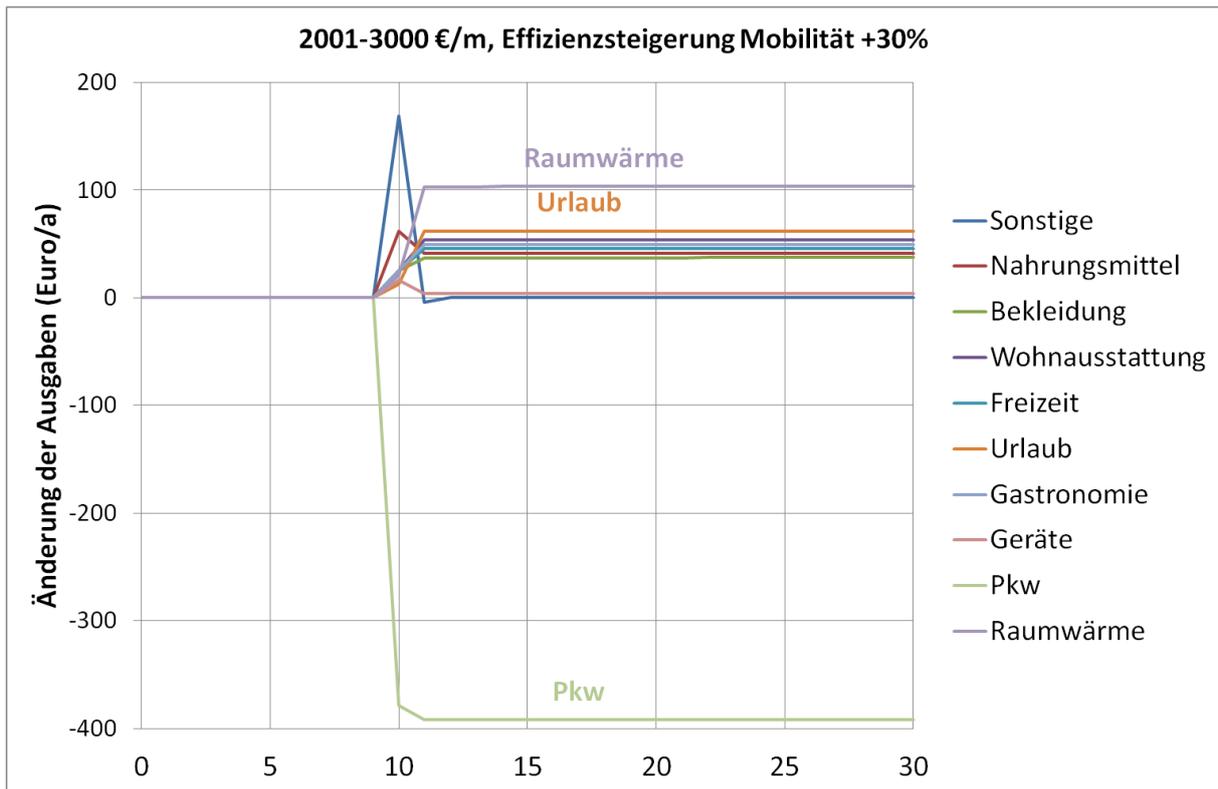


Abbildung 30: Änderung der Ausgaben durch eine Pkw-Effizienzsteigerung von 30% – Einkommensgruppe 2.001-3.000 Euro/Monat

Abbildung 31 zeigt ebenfalls für die zweite Einkommensgruppe die Verwendung der eingesparten Treibstoffkosten in Abhängigkeit von der Höhe der Pkw-Effizienzsteigerung. Mit steigender Effizienzzunahme geht der Anteil der für Raumwärme verwendeten Mittel von zwei Drittel auf gut ein Viertel zurück. Parallel dazu nimmt der Anteil der Bereiche Urlaub, Nahrungsmittel, Bekleidung, Wohnausstattung, Freizeit und Gastronomie stetig zu.

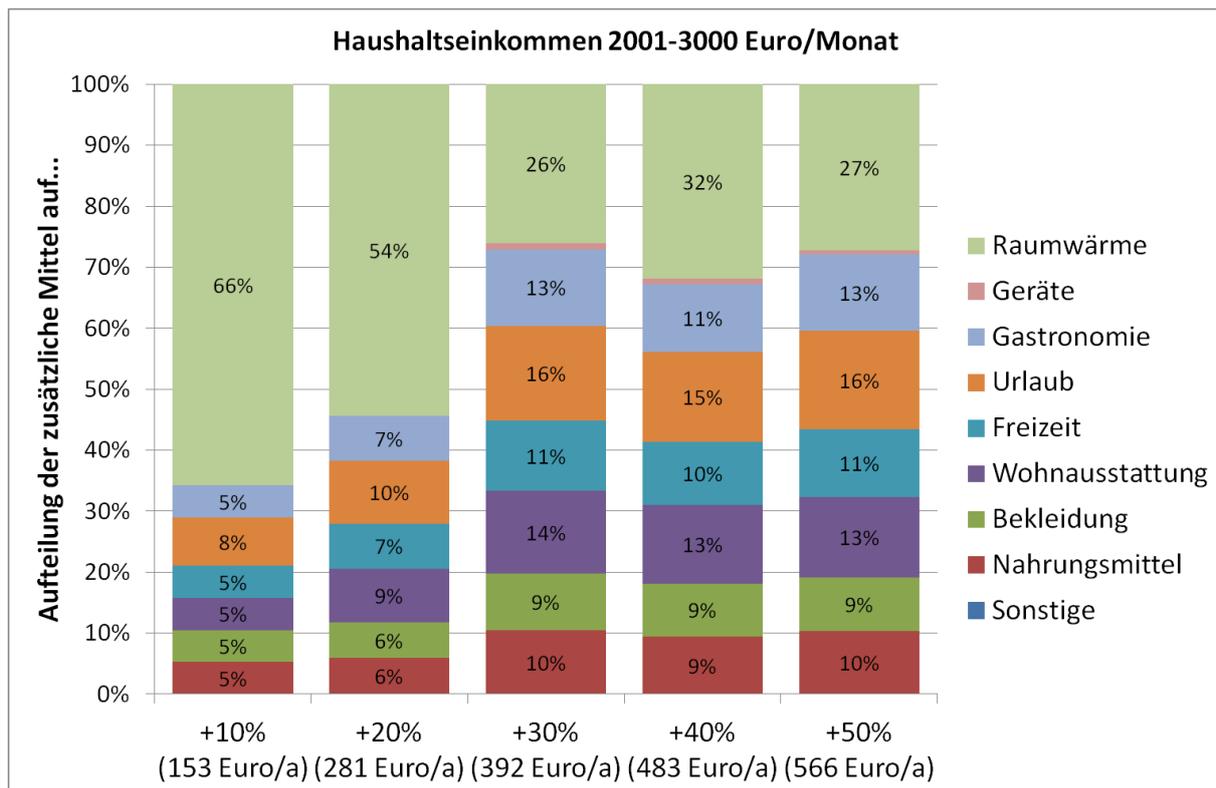


Abbildung 31: Aufteilung der durch Pkw-Effizienzsteigerungen frei werdenden finanziellen Mittel – Einkommensgruppe 2.001-3.000 Euro/Monat

5 Welche Maßnahmen zur Vermeidung oder Linderung von Rebound-Effekten gibt es?

Ohne Effizienzmaßnahmen gibt es keine Rebound-Effekte (die über das Nicht-Erreichen von Effizienzzielen definiert sind). Ceteris paribus zeigt sich: je wirkungsvoller die Effizienzmaßnahme ist, desto kleiner sind der Energieverbrauch und auch der direkte Rebound-Effekt.

Prinzipiell lässt sich dieser Gedanke auch auf indirekte Rebound-Effekte übertragen. Werden alle Energiedienstleistungen möglichst effizient erbracht, so sind auch die indirekten Rebound-Effekte geringer. Energieeffizienz ist daher von zentraler Bedeutung, nicht nur für die Transformation des Energiesystems insgesamt, sondern auch für die Reduktion von Rebound-Effekten. Nachfolgend sind exemplarisch einige Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und damit zur Verringerung von Rebound-Effekten angeführt.

Im Bereich der Wohngebäude gilt es unter anderem den Anteil qualitativ hochwertig thermisch sanierter Gebäude zu erhöhen, bei neuen Gebäuden die Heizwärmebedarfe weiter zu reduzieren sowie dem Anwachsen der Wohnfläche pro Kopf Einhalt zu gebieten.

Im Bereich Mobilität geht es um „Vermeiden, Verlagern, Verbessern“ (VVV). Verkehrsvermeidung kann im Wege der Raumordnung erfolgen. Verkehrsverlagerung meint,

den Modal Split wesentlich zugunsten des Umweltverbunds zu verschieben. Verkehrsverbesserung zielt auf (technisch) effizientere Lösungen, z.B. rasche Umstellung des (reduzierten) MIV auf Elektromobilität. Die Wirkungen möglicher verkehrspolitischer Maßnahmen zur Reduktion des direkten Rebound-Effekts wurden mit Hilfe des Modells MARS getestet. Abbildung 32 zeigt die entsprechenden Ergebnisse zweier Maßnahmenzenarien am Beispiel der Personenmobilität der Wiener Bevölkerung. Eine Erhöhung der Mineralölsteuer um 50 Prozent im Jahr 2021 gefolgt von einer schrittweisen Erhöhung auf plus 200 Prozent bis 2041 überkompensiert den Rebound-Effekt in Wien im gesamten Beobachtungszeitraum deutlich. Im Umland wird der Rebound-Effekt zu Beginn ebenfalls überkompensiert, gegen Ende des Beobachtungszeitraums reicht die Maßnahmenwirkung dagegen nicht mehr ganz für eine vollständige Kompensation aus. Das verkehrspolitische Maßnahmenpaket des Szenarios Klimaschutz, welches im Wesentlichen einer forcierten Umsetzung der Maßnahmen des Stadtentwicklungsplans 2025 [20] entspricht, ist in der Lage, den Rebound-Effekt in Wien weitgehend zu kompensieren. Lediglich gegen Ende des Beobachtungszeitraums reichen die Maßnahmen knapp nicht mehr aus. Da die gesetzten Maßnahmen nur das Stadtgebiet Wiens betreffen, haben diese allerdings kaum Auswirkungen auf den Rebound-Effekt des Umlands.

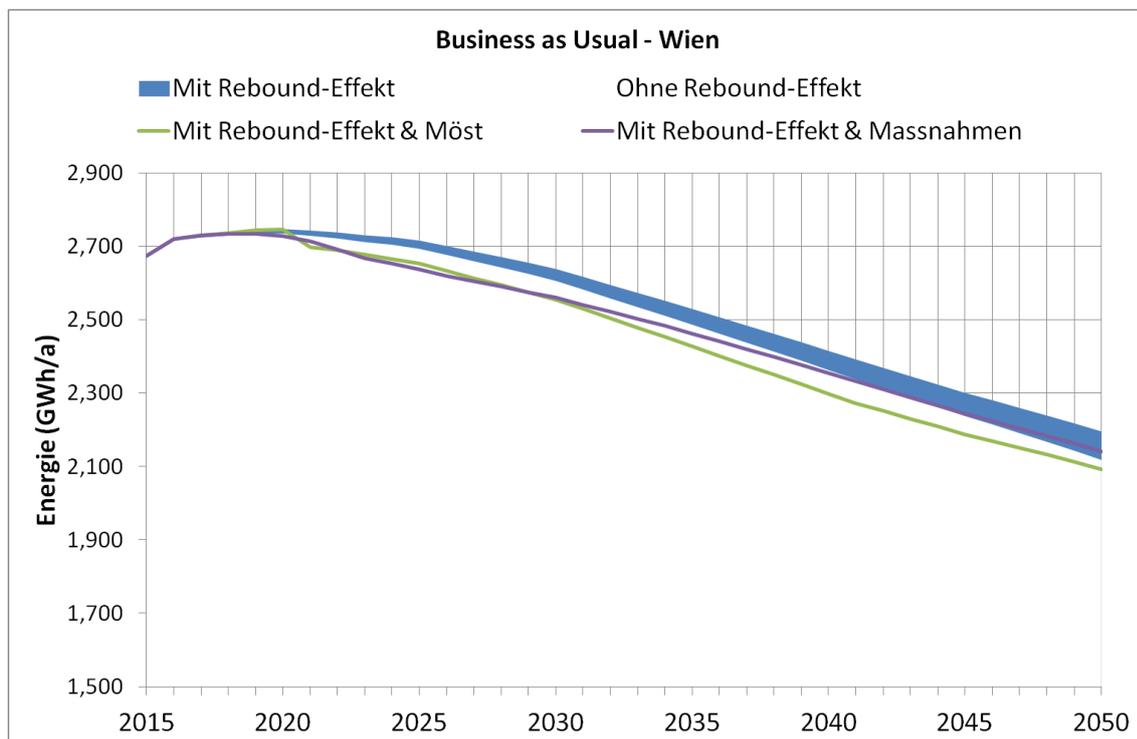


Abbildung 32: Wirkung von Maßnahmen zur Reduktion des Rebound-Effekts – Hintergrundscenario Business as Usual – Wien

Bei Geräten geht es um die rasche Marktdurchdringung der energieeffizientesten Technologien (Top Runner-Prinzip) und um die Vermeidung (bzw. Verteuerung) überhöhter Ausstattungsgrade, größerer und leistungsstärkerer Geräte, längerer Nutzungsdauern etc.

Das Phänomen der Rebound-Effekte ist in der Öffentlichkeit so gut wie gar nicht bekannt. Neben der Motivation zu energieeffizientem Handeln ist es daher wichtig, auf diese Gegeneffekte hinzuweisen. Die Notwendigkeit von Maßnahmen der Energieeffizienz samt solchen zur Vermeidung von Rebound-Effekten muss der Öffentlichkeit mit guten Argumenten und deutlicher als bisher näher gebracht werden.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Vermeidung oder Linderung von Rebound-Effekten liegt darin, dass Energieeffizienz zusätzliche Ressourcen (meist Geld, oft aber auch Zeit) verfügbar macht, um Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen und damit wiederum direkte und indirekte Rebound-Effekte einzuleiten. Während allgemeine Effizienz-Maßnahmen Rebound-Effekte zwar verringern, sie aber andererseits auch erst bedingen, bietet die in dieser Studie getroffene Unterscheidung in Ursachen und „Enabler“ Ansatzpunkte für zusätzliche Maßnahmen, die direkt auf Rebound-Effekte abzielen.

Mögliche rebound-spezifische Gegenmaßnahmen können untergliedert werden in:

- Strukturelle Maßnahmen: Begrenzung der Wohnnutzflächen oder des KFZ-Verbrauchs, ... durch Begrenzung des Angebotes;
- Ordnungsrechtliche Beschränkungen: Ge- und Verbote wie Höchsttemperatur, Höchstverbrauch, Verbot fossil betriebener Heizungen und Fahrzeuge, ...
- Finanzielle Anreize: durch Verteuerung der Energie werden auch die Rebound-Effekte teuer;
- Bildung und Beratung: Bewusstseinsbildung, Motivation, Information, Beratung und Training beeinflussen Verbraucherverhalten nachhaltig;

Begrenzungen des Handlungsspielraums durch strukturelle Maßnahmen, ordnungsrechtliche Einschränkungen und finanzielle Anreize werden aufgrund des im Hinblick auf den Klimawandel noch verfügbaren Zeitbudgets unumgänglich sein. Es ist aber mit geringer gesellschaftlicher Akzeptanz zu rechnen, was hauptsächlich daran liegt, dass diese Art von Maßnahmen die „Enabler“ sowie die äußeren Rahmenbedingungen betrifft, Wünsche und Bedürfnisse aber unverändert bestehen lässt.

Aussichtsreich erscheint daher der Bereich der Information: Durch zielgruppenspezifische Initiativen zur Bewusstseinsbildung, Motivation und Anleitung zu adäquaten Vorgangsweisen können Rebound-Effekte wesentlich eingeschränkt werden.

Bildung (Bewusstsein, Motivation, Einstellungen und Werthaltungen, Kenntnisse und Fähigkeiten, ...) kommt daher jedenfalls besonders hohe Bedeutung zu, um die verfügbaren Optionen an Zeit und Geld in weniger energieintensive Aktivitäten bei zugleich höherer Zufriedenheit umzulenken.

- Aus- und Weiterbildung:

In der gesamten Bildungskette sind die relevanten Themen wie Energieaufbringung, -verteilung, -nutzung, -verbrauch, -effizienz, nachhaltige Entwicklung, „Besser Leben mit weniger Energie“, Reduktion von Rebound-Effekten Ressourcenschonung und Klimaschutz stärker zu verankern. Eine Aufnahme dieser und aller weiteren relevanten Themenschwerpunkte zur Erreichung der erforderlichen Klima- und Energieziele ist in die Lehrpläne von Pflicht- und höheren Schulen vorzunehmen. Auch bei der Lehreraus- und -fortbildung an den pädagogischen Hochschulen muss der Wichtigkeit dieser Themen entsprochen werden (etwa durch die Erarbeitung schulspezifischer Unterrichtsmaterialien).

Generell gilt es, den Aufbau von Humankapital zu fördern, indem Ausbildungen an Berufsschulen und die betriebliche Weiterbildung verbessert werden, mehr energie- und klimarelevante Ausbildungsmöglichkeiten bzw. Lehrgänge an Universitäten und Fachhochschulen sowie HTLs geschaffen werden und Kinder bereits vor der Pflichtschulzeit in einen Umweltbildungsprozess eingebunden werden. Die profunde Ausbildung von Fachkräften und deren regelmäßige Weiterbildung sind jedenfalls eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung einer wirkungsvollen Klima- und Energiestrategie und für die Vermeidung von Rebound-Effekten.

- Bewusstseinsbildung:

Eine verbesserte Bewusstseinsbildung stellt einen weiteren äußerst wichtigen Aspekt dar, um die Zukunft nachhaltig zu gestalten. Es gilt dabei, die Bevölkerung verstärkt über Klimawandel und dessen Folgen sowie Gegenmaßnahmen wie etwa die Energiewende aufzuklären. Die Stärkung des Bewusstseins und die Sensibilisierung gegenüber der Thematik innerhalb unserer Gesellschaft sind unverzichtbar. Bewusstseinsbildung für nachhaltigeren Lebensstil hin zu „Besser leben mit weniger Energie“ (und Ressourcenverbrauch) stellt einen wesentlichen Beitrag dar.

Konsumverhalten wird von wirtschaftlichen Aspekten stark beeinflusst, Lebensstile werden im sozialen Umfeld erlernt. Um Konsumverhalten und Lebensstile in Richtung Nachhaltigkeit zu verändern, braucht es neben umfassenden Daten und Information (etwa über Auswirkungen von Lebensstilen) eine Umorientierung der Bildung, die das Verständnis der Zusammenhänge ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Aspekte in den Vordergrund stellt. Dabei sollten sowohl ethische Fragen als auch die Erlebbar- bzw. Erfahrbarmachung der Zukunftsfähigkeit berücksichtigt werden.

Die Bürgerinnen und Bürger sollen zu ausgeprägter Mündigkeit befähigt werden, wirtschaftliche, soziale und ökologische Aspekte integriert verstehen lernen, um sie für zukunftsfähige Formen des Lebens und Wirtschaftens nutzen zu können. Sie sollen auch aktiv in Prozesse zur Erreichung der Klima- und Energieziele, Ausarbeitung von Kampagnen, Verbesserung von Technologien, Erarbeitung von Maßnahmen, ... einbezogen werden. Zur Umsetzung sind auch öffentliche und private Medien heranzuziehen.

Da umweltbezogene Motive eine wichtige Rolle bei der Vermeidung oder Linderung von Rebound-Effekten spielen, gilt es über typenspezifische Zugänge persönliche Einstellungen und Normen bezüglich eines energieschonenden Verhaltens stärker ausprägen und ein hohes Problembewusstsein hinsichtlich des Energieverbrauchs zu schaffen.

- Information & Beratung:

Allgemein sollte die Bevölkerung Zugang zu korrekten Informationen über Energieverbrauch, über richtige Nutzung von Geräten etc. erhalten, und zwar optimal zeitgerecht dann, wenn einschlägige Entscheidungen getroffen werden, also z.B.:

Information am Point of Sale: Sowohl die Information über die richtige Nutzung von Anwendungen als auch die gewissenhafte „Aufklärung“ über Technologien hat Einfluss auf den späteren Energieverbrauch. In der Praxis zeigt sich leider auch auf Grund eigener Erfahrungen, dass Falschberatungen zu Fehlkäufen von Geräten (z.B. Kondensationstrockner anstelle eines Wärmepumpentrockners) und damit zu Mehrverbrauchen führen können.

Die Motivation zu entsprechendem Handeln wird bei unterschiedlichen Personen durch unterschiedliche Schwerpunkte geprägt werden müssen. Im Rahmen des Projekts uRbE wurde daher basierend auf der Typologie ein Konzept einer typenspezifischen Kommunikation entwickelt. Im Folgenden werden Elemente der jeweils zu wählenden Kommunikationslinie skizziert:

- **Die Umweltbewussten:** Diese Gruppe sollte im Allgemeinen für Rebound-spezifische Informationen zugänglich und empfänglich sein. Grundsätzlich ist sie an Umweltschutz und daher auch an Energieeffizienz interessiert und aufnahmebereit für Vorschläge dazu. Gegentrends können althergebrachte Gewohnheiten, Unkenntnis und spezifische Wünsche (Fernreisen?) sein. Neben dem Lob des Umweltbewusstseins und der Bestätigung der erforderlichen Verhaltensweisen könnte hier eine „Gewissenserforschung“ einmal im Jahr angeregt werden um Irrtümer aufzuzeigen und neue Informationen aufzunehmen. Eine solche periodische kritische Überprüfung sollte nicht als Last, sondern interessant und lustvoll gestaltet und positiv erlebt werden.
- **Die Energiesparer:** Bei dieser Gruppe handelt es sich um Personen, die ihr Verhalten gut überlegen, die rechnen können und wissen, dass wir mit weniger Energie besser leben können. Ihnen sollte ein einfaches Monitoring angeboten werden, um alle energieverbrauchenden Bereiche problemlos beobachten zu können. In einem solchen einfachen „Energierechner“ sollen sie selbst ihren Haushalt modellieren können (Ausstattungsgrade, Nutzungsdauern ...) eine Art

Wettbewerbscharakter könnte implementiert werden („Schnäppchenjäger“ sind gerade in höheren Einkommensklassen eher stark vertreten).

- **Die Sparmeister:** Sparmeister sind nicht unmittelbar durch hohes Energiebewusstsein gekennzeichnet. Ihnen muss verdeutlicht werden, dass das Energiesparen (noch immer) relativ viel bringen kann (€ 300,- bis 400,- pro Jahr, ...). Bewusst und relativ kontinuierlich beobachtet wird der Energieverbrauch meist nur im Bereich der Mobilität, bei Strom und Heizung handelt es sich um jährliche „Einmalereignisse“ – die entsprechend aufgeschlüsselt darzustellen sind.

Hinweise auf die Sparpotenziale in durchschnittlichen Haushalten in den unterschiedlichen energieverbrauchenden Bereichen sollen nicht (nur) in Kilowattstunden, sondern (vor allem auch) in Euro gegeben werden mit der Möglichkeit einer Selbsteinstufung (Kombination der Elemente nach den Verhältnissen im eigenen Haushalt).

„Wer Rebound-Effekte vermeidet, spart Geld!“

- **Die Technik-Affinen:** Dieser Typ will immer etwas Neues, ist Fortschritts- und „Mode“-bewusst und vermutlich auch „verspielt“. Die Technik-Affinen können Heizung, Beleuchtung, KFZ, ... nicht nur selbst regulieren, sie legen auch großen Wert darauf, das zu tun. Ein guter Teil von ihnen (wenn nicht alle) kann daher durch entsprechende Apps zu „richtigem“ Verhalten animiert werden.
- **Die Bequemen und die Sorglosen:** Auch diese beiden Gruppen sollten nicht mit dem erhobenen Zeigefinger auf die Notwendigkeit des Energiesparens (Einschränkung!) hingewiesen werden.

Es sollte dargestellt werden, dass sympathische, positiv eingestellte, freundliche,... geradezu liebenswerte Menschen durch Bequemlichkeit und Unachtsamkeit negative Folgen für sich selbst (nicht für die Allgemeinheit!) auslösen: Sie zahlen zu viel für Energie, ihr Komfort ist nicht optimal, (vergleiche die Behaglichkeit im Raum bei gut oder schlecht gedämmter Gebäudehülle ...). Irgendwann werden die negativen Konsequenzen unbequem. Jedenfalls kann man ab sofort Geld sparen ohne Komforteinschränkung. „Behaglicher leben Sie, wenn Sie ...“

- **Die Flexiblen:** Die Personen dieses Typs sind es gewohnt, sich etwas zu trauen, haben ungewohntes Neuland betreten und sind aufmerksam gegenüber und offen für zukunftsweisende Entwicklungen. Sie wissen beispielsweise auch um die unterschiedlichen Kosten der elektrischen Energie Bescheid. Rebound-Effekte sind bei dieser Gruppe durchaus zu erwarten. Hier gilt es das Interesse und die Aufmerksamkeit auf sinnvolle Verwendung des ersparten Geldes hinzulenken, von Kleinigkeiten (LEDs) bis zu Investitionen in die Gebäudequalität. Hier zeigt sich ein breites Betätigungsfeld für die Stromanbieter, indem sie solche „Gadgets“ anbieten (z. B. Raumthermometer mit akustischem Signal bei Überschreiten einer bestimmten Temperatur, ...).

Bei allen Maßnahmen bzw. Instrumenten im Bereich der Information und Bewusstseinsbildung ist darauf zu achten, dass sie regelmäßig wiederholt bzw. weitergeführt und aktualisiert werden!

6 Wo besteht weiterer Forschungsbedarf?

Die komplexe Problemstellung der Rebound-Effekte erfordert aber weitere Forschungsarbeit, deren Ziele und Themen zum Teil aus den Erfahrungen des Projekts uRbE ableitbar sind. Viele der empfohlenen notwendigen oder zweckmäßigen Maßnahmen zur Eindämmung von Rebound-Effekten bedürfen vor ihrer Umsetzung noch eingehender wissenschaftlicher konzeptiver Arbeit.

Ziel muss es sein,

- das Verständnis von Rebound-Effekten, ihres Zustandekommens und der Möglichkeiten ihrer Eindämmung zu vertiefen
- weitere Bereiche zu erfassen (neben dem privaten Bereich auch Unternehmen, Städte und Gemeinden, Verwaltung)
- Maßnahmenkataloge zu ergänzen und zu erweitern.

Ausweitung des Forschungsbereichs

In der gegenständlichen Arbeit wurden die Bereiche Gebäude (Raumwärme), Geräte und (Personen-) Mobilität betrachtet. Um insbesondere indirekte Rebound-Effekte detaillierter erfassen zu können, sollten Haushalte ganzheitlich, also hinsichtlich aller Energieverbrauchsbereiche betrachtet werden.

Wichtig wird es sein, neben dem urbanen Bereich auch ländliche Gebiete und deren Spezifika bezüglich direkter und indirekter Rebound-Effekte zu untersuchen.

Wichtige Aufschlüsse kann die Betrachtung unterschiedlicher Zielgruppen und Typen erbringen (z.B. auch von Energiearmut betroffene Haushalte, Vielverbraucher, nicht umweltaffine Haushalte, unterschiedliche Konsumtypen etc.).

Die Erweiterung vom privaten Haushalt auf alle Nutzer von Endenergie – insbesondere Unternehmen, Städte und Gemeinden, Verwaltung, ... wird wesentliche Erkenntnisse zur Eindämmung von Rebound-Effekten (und generell zur Steigerung der Energieeffizienz) liefern.

Langzeituntersuchungen

Die Beobachtung von (technischen) Maßnahmen und ihren Wirkungen, aber mehr noch die Erforschung von Verhaltensmustern und deren Beeinflussbarkeit erfordern Langzeituntersuchungen. Um die notwendigen Erkenntnisse und Daten zu gewinnen und zu sichern sind umfangreiche Messungen, Monitoring sowie begleitende Beobachtung und

Kommunikation mit den Nutzern zweckmäßig und notwendig. Messungen, Befragung und Kommunikation sollten nicht mit Umsetzung der Maßnahmen beendet sein, sondern in gewissen Zeitabständen wiederholt werden, in vielen Fällen wohl eine Zeit lang kontinuierlich fortgeführt werden.

Im Bereich der Gebäudesanierung bedarf es umfassender Messungen des Ausgangszustandes, nachvollziehbarer Berechnungen der erwarteten Reduktion des Energieverbrauchs, Beobachtung der Umsetzung der Maßnahmen und detaillierter Messungen des erreichten Zustandes. Die Erhebung der Daten muss dabei detaillierter als üblich erfolgen, getrennt für Warmwasser und Heizung, umfassend auch den Heiztechnikenergiebedarf, das Raumklima etc. Dabei könnten und sollten neben Rebound-Effekten auch weitere Verbrauchstreiber beobachtet werden.

Besonderes Interesse verdienen auch wesentliche Änderungen z.B. der finanziellen Situation der Nutzer etwa durch abgeschlossene Kredittilgungen, Ablauf von Amortisationszeiten, Auslaufen von Erhöhungen des Hauptmietzinses etc., weil die Verfügbarkeit der Finanzmittel wiederum direkte und indirekte Rebound-Effekte einleiten kann.

Ein weiterer wichtiger Aspekt für Langzeituntersuchungen ist das Abklingverhalten. Sowohl bei Mobilität wie bei Geräten folgt auf eine Phase der ausgedehnten Nutzung nach Erwerb des neuen Kfz oder Gerätes ein abklingender Verlauf. Es gilt, dessen Dauer und Ausmaß zu beobachten und Maßnahmen zur Beschleunigung dieses Abklingeffektes zu entwickeln.

Voraussetzung für die Zuverlässigkeit der gewonnenen technischen Daten ebenso wie jene der Rückschlüsse aus dem Verbraucherverhalten ist es, von vornherein konkret Mechanismen und Methoden des Monitorings aller relevanten Phänomene zu erarbeiten und festzulegen sowie insgesamt die Vorgangsweise zu sichern. Der Bereitschaft der zu Beteiligten (Mitwirkung aller relevanten Partner) für einen doch recht intensiven und in vielen Fällen lang dauernden Prozess ist besonderes Augenmerk zu schenken.

Wertvolle Aufschlüsse können durch die Beobachtung von Vergleichsgruppen gewonnen werden, die es ermöglichen, „ceteris paribus“ die Auswirkungen von einzelnen Maßnahmen zu erkunden. Werden Untersuchungen zeitgleich in ähnlichen Strukturen (betreffend Gebäude, Mobilität, ...) durchgeführt, so können unterschiedliche Wirkungen bei der Variation bestimmter Parameter identifiziert werden. Variiert werden könnten z.B. die betrachteten Verbrauchsbereiche (Nutzenergiekategorien), die Auswahl der Zielgruppen oder die gesetzten Maßnahmen (technisch, Betreuung, Beratung der Nutzerinnen und Nutzer und Kommunikation im Projekt, die Methoden der Einbeziehung der Akteure (insbesondere der Verbraucherinnen und Verbraucher)).

Im Zuge künftiger Forschungsarbeiten könnte auch die Typologie weiterentwickelt werden, um dann adäquate Kommunikationsstrategien für die in der gesamten Bevölkerung vorgefundenen Gruppen zu entwerfen.

Maßnahmen

Forschungsvorhaben zur Beobachtung typenspezifischer Unterschiede im Verhalten und zur Entwicklung darauf abgestimmter Konzepte für Maßnahmen und Kommunikation können die Erfolgchancen zur Eindämmung von Rebound-Effekten wesentlich steigern. Die systematische Untersuchung der Unterschiede zwischen den zu identifizierenden Konsumtypen (Haushaltseinkommen, Konsumverhalten, Energiebewusstsein (siehe Typologie in dieser Arbeit), Investitions- und Kaufverhalten, ... Zugänglichkeit für Verhaltensänderungen) wird hinsichtlich soziopsychologischer und verhaltensökonomischer Effekte notwendig sein.

Nach Madlener et al. [6] betrachtet die Verhaltensökonomie menschliches Verhalten im wirtschaftlichen Kontext. Unterschieden wird in erzwungene Handlungen (z.B. durch Gesetze), Handlungen durch überlegtes Verhalten (z.B. Investitionsentscheidungen) und Handlungen durch nicht-überlegtes Verhalten (z.B. Faustregeln). Gegenstand der Untersuchungen sind Einflussfaktoren auf das Verhalten, Effekte, die diese Einflussfaktoren beeinflussen, und verhaltensändernde Techniken.

Einzelne Maßnahmen können hinsichtlich Komplexität, Ausmaß des Zwangs und Zeitpunkt in Entscheidungsprozessen beurteilt werden. Im Rahmen der Analyse der durch die Maßnahme bewirkten Handlungen und Reaktionen interessiert, ob es sich um überlegtes oder nicht-überlegtes Handeln handelt und welche Faktoren das Handeln beeinflussen. Miteinbezogen wird dabei, auf welche Art die Maßnahme erwünschtes Handeln zu erzielen versucht und welche Faktoren ebenfalls einen Einfluss auf das erwünschte Verhalten haben könnten, aber nicht von Maßnahme adressiert werden.

Insgesamt ist dieser verhaltensökonomische Ansatz dafür prädestiniert, im Bereich der Rebound-Effekte zur Anwendung zu kommen.

Zwei Bereiche (strukturelle Einschränkungen, Bildung im weitesten Sinne) aus den empfohlenen Maßnahmen zur Linderung oder Vermeidung von Rebound-Effekten versprechen spezifische Wirksamkeit und verdienen daher besondere Beachtung, was auch die damit zusammenhängende Vielfalt und Vielzahl an wissenschaftlichen und konzeptiven Arbeiten rechtfertigt.

Ein besonders aktueller und zukunftsorientierter Aspekt in diesem Zusammenhang sind „smarte“ Technologien und Apps, die (auch) Abweichungen vom optimalen Verlauf signalisieren (z.B. optische und akustische Signale beim Überschreiten einer Grenztemperatur, einer Grenzgeschwindigkeit, eines unerwünschten Verhaltens, ...). Hier

geht es um die Entwicklung von Techniken, die robust sind gegenüber Fehlern, möglichst von allen Bevölkerungsgruppen einfach und sicher zu bedienen sind (benutzerfreundliche Oberflächen), eine Dokumentation der zu beobachtenden energetischen Aspekte bei gleichzeitigem Datenschutz erlauben und dem Nutzer automatisch Feedback bzw. Hinweise bei suboptimalen Verhältnissen geben.

Ursachenforschung

Anstatt strukturelle Einschränkungen verankern zu müssen, kann es hilfreich sein, bei den Ursachen für Fehlverhalten anzusetzen. Z.B. führen Geruchs- und Geräuschbelästigungen durch Lüftungssysteme oft dazu, dass die Konsumenten die Lüftungssysteme abschalten und über Fenster („unkontrolliert“) lüften. Neben der Einschulung der Nutzer – die sicher auch noch verbessert werden kann – ist hier also gezielt Verbesserung der Technik anzustreben.

Ein weiterer Bereich, wo Rebound-Effekte mit sehr großer Wahrscheinlichkeit anzutreffen sind, ist jener der „Prosumer“ – wer selbst Energie gewinnt achtet oft nicht mehr so sehr auf den effizienten Einsatz. Durch die Kombination von Eigenproduktion mit Fremdbezug kompliziert sich außerdem das Monitoring. Da diese Entwicklung aber erst in ihren Anfängen steht, kann solchen Problemen auf der Basis einschlägiger Forschungsarbeiten zeitgerecht und wirkungsvoll begegnet werden.

Weitere Modellentwicklung

Das in uRbE entwickelte Stock-Flow-Modell des Gesamtsystems sollte entsprechend den inhaltlichen Erweiterungen und Empfehlungen für Forschung und Forschungsförderung ausgebaut und vertieft werden. Ein besonders wichtiger Punkt ist dabei die weitere Vertiefung und empirische Absicherung der Logik, nach welcher die Haushalte über die Verwendung der durch Effizienzsteigerungen zusätzlich verfügbaren finanziellen Mittel entscheiden. Weitere umfangreiche Sensitivitätsanalysen hinsichtlich Systematik (z.B. hierarchische Verwendung der Mittel vs. proportionale Verwendung der Mittel) und der Gewichtung der verschiedenen Dienstleistungsbereiche (Auswärts essen, Bekleidung, Ernährung, Freizeit, Geräte, Personenmobilität, Raumwärme, Urlaubsreisen und Wohnungsausstattung) scheinen notwendig, um die Validität der Modellergebnisse zu erhöhen. Informationen über die zur Befriedigung der Grundbedürfnisse minimal notwendigen Ausgaben und die Ausgaben, bei denen eine Sättigung der Nachfrage eintritt, spielen in der Entscheidungslogik eine wichtige Rolle. Zukünftige Forschungen sollten sich deshalb um eine Verbesserung der Empirie in diesem Bereich bemühen.

Zudem sollte die energetische Komponente jener Bereiche, welche nicht im Fokus von uRbE lagen, in zukünftigen Weiterentwicklungen des Modells explizit berücksichtigt werden. Von besonderer Bedeutung scheint hier die zukünftige Berücksichtigung des energetischen Aspekts von Urlaubsreisen. Laut den in uRbE durchgeführten Befragungen genießen diese bei der Verwendung zusätzlich verfügbarerer finanzieller Mittel höchste Priorität. Zudem sind Urlaubsreisen eindeutig relevant, wenn es um Energieverbrauch geht. Eine Kombination des

am Institut für Verkehrswissenschaften entwickelten Fernreisemodells LUNA (Long-distance Using a Non-OD-Matrix based Approach, [11]) mit dem regionalen integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodell MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator, [12]) bietet hier einen vielversprechenden Ansatz.

Stadtteilarbeit

Ein Forschungsprogramm zu Rebound-Effekten soll einerseits der Analyse von Ursachen und Ausmaßen von Rebound-Effekten in allen Bereichen sowie schließlich der Feststellung von Wirkungen wohl definierter Maßnahmen und Konzepte dienen, um Optimierungsvorschläge ausarbeiten zu können. Deshalb wurde auch die Arbeit mit Vergleichsgruppen empfohlen.

Andererseits ist es wichtig und besonders wertvoll, das Zusammenwirken diverser Maßnahmen, Strukturen und Verhaltensweisen im Alltagsablauf mit wissenschaftlichen Methoden zu beobachten und zu dokumentieren, daraus Konsequenzen für künftige Strategien und Maßnahmenkonzepte abzuleiten und diese in der Praxis zu testen.

Es sollten daher sowohl in neuen Stadtteilen wie in historisch gewachsenen „Grätzeln“ Initiativen für Energieeffizienz und Vermeidung von Rebound-Effekten, eingebettet in das Alltagsgeschehen, gestartet werden. Neben der Wirkung technischer Maßnahmen (insbesondere solcher im Zusammenhang mit dem Verbraucherverhalten wie etwa Smart Technologies) können auch Konzepte typenspezifischer Kommunikation, Bildung und Beratung „in situ“ getestet, Vergleiche zu herkömmlichem Vorgehen gezogen sowie (längerfristig) Optimierungen entwickelt und umgesetzt werden. Begleitforschung dazu lässt eine Vielfalt wichtiger Erkenntnisse und erfolgversprechender Ansatzpunkte für die Entwicklung von Maßnahmen erwarten.

Einige Thesen dazu sind z.B.

- Funktionsmischung erlaubt die Erfüllung der Daseinsgrundfunktionen mit kurzen Wegen und in kurzer Zeit. Der „Zwang“ zum (Auto-) Verkehr kann stark reduziert bzw. weitgehend vermieden werden.
- Spezifische Einrichtungen geben dem Stadtteil Unverwechselbarkeit. Die Identifikation mit dem „eigenen“ Viertel wird gestärkt (ja oft überhaupt erst ermöglicht).
- Der für die Menschen zurückgewonnene und attraktiv gestaltete öffentliche Raum lädt zum Verweilen ein. Stadtfucht z.B. zur Erfüllung von Freizeitinteressen wird deutlich reduziert.
- Bürgermitwirkung stärkt die Identifikation mit dem mitgestalteten Umfeld.
- Information, Beratung und Bildung, strukturelle Maßnahmen und moderne Technologien helfen, Ressourcen effizient zu nutzen.
- Gemeinschaftsbewusstsein wird geweckt und gestärkt. Es wird erleichtert, soziales Engagement zu initiieren.

- Verfügbare Ressourcen (an Zeit und Geld) werden in persönliches Wohlbefinden, soziales Engagement und insgesamt in Aktivitäten mit geringerem Energieverbrauch und höherer Zufriedenheit investiert.
- Anreize für Energieeffizienz gewinnen an Wirkung und direkte und indirekte Rebound-Effekte werden reduziert bzw. vermieden. Die positiven Wirkungen reichen weit über den Energiebereich hinaus. Positiv beeinflusst wird der gesamte Lebensstil.

Insgesamt kann auf diese Weise dargestellt werden, dass Energiewende und Vermeidung von Rebound-Effekten nicht zu Einschränkungen und Verzicht führen müssen, sondern höhere Lebensqualität und gesteigertes Wohlbefinden schaffen können.

Viele, wenn nicht alle genannten Forschungsthemen und zu beforschenden Phänomene erfordern offensichtlich interdisziplinäre Arbeit. Adäquate Kompetenzen aus Naturwissenschaft, Ökonomie und Sozialwissenschaften müssen daher in Projekte ausführenden Konsortien jedenfalls ausreichend repräsentiert sein.

7 Fazit

Rebound-Effekte, und zwar sowohl direkte als auch indirekte, treten auf, wenn Energieeffizienzmaßnahmen durchgeführt werden. Dabei gilt: je wirkungsvoller die Effizienzmaßnahme, desto geringer der direkte Rebound-Effekt. Werden sämtliche Energiedienstleistungen möglichst effizient erbracht, so sind auch die indirekten Rebound-Effekte gering.

Da das Phänomen der Rebound-Effekte in der breiten Öffentlichkeit kaum bekannt ist, stellen Maßnahmen aus dem Bereich „Bildung und Beratung“ aussichtsreiche Möglichkeiten zu einer weiteren Verringerung der Rebound-Effekte dar. Einen wichtigen Ansatz bietet die typenspezifische Kommunikation, die gezielt auf Bevölkerungsgruppen mit ähnlichen Einstellungen und Verhaltensweisen eingeht.

Auch strukturelle Maßnahmen und/oder ordnungsrechtliche Beschränkungen können zur Linderung oder Vermeidung von Rebound-Effekten eingesetzt werden. Rebound-Effekte können so häufig sehr wirkungsvoll reduziert – oder verunmöglicht – werden, es ist aber sehr wahrscheinlich, dass die zugrundeliegenden Ursachen (Wünsche, Bedürfnisse, ...) dabei unverändert bestehen bleiben. Deshalb ist mit geringer Akzeptanz solcher Maßnahmen zu rechnen. Finanzielle Anreize im Sinne von höheren Kosten sind in ihrer Wirkung i. a. schwächer, finden aber auch nur wenig Akzeptanz.

Damit ist es am sinnvollsten, die Rebound-Effekte sowohl technisch als auch durch Maßnahmen aus dem Bereich „Bildung und Beratung“ möglichst weit zu reduzieren.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zur Definition des direkten Rebound-Effekts.....	7
Abbildung 2: Zur Definition des indirekten Rebound-Effekts	9
Abbildung 3: Wertebereiche für den direkten Rebound-Effekt in Industrieländern [4]	16
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der Änderung des spezifischen Energieverbrauchs je Kilometer und der Fahrleistung – verschiedene Szenarien [15].....	20
Abbildung 5: Vergleich des Rebound-Effekts in den Hintergrundszenerarien Business as Usual und Klimaschutz mit der Literatur [15], [16].....	21
Abbildung 6: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Kühlschränke nach Typen.....	22
Abbildung 7: Direkter Rebound-Effekt (%) für Kühlschränke nach Typen	23
Abbildung 8: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Gefriergeräte nach Typen	23
Abbildung 9: Direkter Rebound-Effekt (%) für Gefriergeräte nach Typen.....	24
Abbildung 10: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Kühl-Gefrier-Kombinationen nach Typen	24
Abbildung 11: Direkter Rebound-Effekt (%) für Kühl-Gefrier-Kombinationen nach Typen.....	25
Abbildung 12: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Geschirrspüler nach Typen.....	26
Abbildung 13: Direkter Rebound-Effekt (%) für Geschirrspüler nach Typen.....	26
Abbildung 14: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Waschmaschinen nach Typen	27
Abbildung 15: Direkter Rebound-Effekt (%) für Waschmaschinen nach Typen.....	27
Abbildung 16: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Wäschetrockner nach Typen	28
Abbildung 17: Direkter Rebound-Effekt (%) für Wäschetrockner nach Typen	28
Abbildung 18: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für TV-Geräte nach Typen	29
Abbildung 19: Direkter Rebound-Effekt (%) für TV-Geräte nach Typen	30
Abbildung 20: Ursprünglicher Verbrauch, berechneter Verbrauch und tatsächlicher Verbrauch (kWh/a) für Computer nach Typen	31
Abbildung 21: Direkte Rebound-Effekte (%) für Computer nach Typen	31
Abbildung 22: Vergleich der direkten Rebound-Effekte (%) im Gerätebereich	32
Abbildung 23: Bandbreiten (%) der direkten Rebound-Effekte nach Geräten	33
Abbildung 24: Haushaltseinkommen, Sparen und Ausgaben im uRbE-Gesamtmodell [14] ..	36
Abbildung 25: Ermittlung des Scores durch lineare Interpolation [14]	37
Abbildung 26: Direkter Rebound-Effekt Mobilität in Abhängigkeit von Einkommensklasse und Höhe der Effizienzsteigerung.....	42
Abbildung 27: Direkter und indirekter Rebound-Effekt in Mobilität und Raumwärme in Abhängigkeit von Einkommensklasse und Höhe der Effizienzsteigerung in der Mobilität	43

Abbildung 28: Änderung der Ausgaben durch eine Pkw-Effizienzsteigerung von 10% – Einkommensgruppe unter 2.000 Euro/Monat	44
Abbildung 29: Aufteilung der durch Pkw-Effizienzsteigerungen frei werdenden finanziellen Mittel – Einkommensgruppe unter 2.000 Euro/Monat	45
Abbildung 30: Änderung der Ausgaben durch eine Pkw-Effizienzsteigerung von 30% – Einkommensgruppe 2.001-3.000 Euro/Monat	46
Abbildung 31: Aufteilung der durch Pkw-Effizienzsteigerungen frei werdenden finanziellen Mittel – Einkommensgruppe 2.001-3.000 Euro/Monat	47
Abbildung 32: Wirkung von Maßnahmen zur Reduktion des Rebound-Effekts – Hintergrundzenario Business as Usual – Wien	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteile (%) der Typen, die angaben, beim Stromverbrauch, Kauf neuer technischer Haushaltsgeräte oder Autokauf zu sparen.....	14
Tabelle 2: Direkte Rebound-Effekte (%) im Bereich Raumheizung.....	18
Tabelle 3: Direkte Rebound-Effekte (%) für Kühlschränke, Gefriergeräte, Kühl-Gefrier-Kombinationen und Fernseher	33
Tabelle 4: Direkte Rebound-Effekte (%) für Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Computer	34
Tabelle 5: „Mehrverbräuche“ (Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch) in kWh/a für Kühlschränke, Gefriergeräte, Kühl-Gefrier-Kombinationen und Fernseher	34
Tabelle 6: „Mehrverbräuche“ (Abweichung des tatsächlichen vom berechneten Verbrauch) in kWh/a für Geschirrspüler, Waschmaschinen, Wäschetrockner und Computer	35
Tabelle 7: Monatliche Verbrauchsausgaben nach Ausgabengruppen und Haushaltsgruppe	39
Tabelle 8: Monatliche Haushaltsausgaben nach Haushaltsgruppe	39
Tabelle 9: Annahmen für den Bereich Personenmobilität	39
Tabelle 10: Annahmen für den Bereich Raumwärme.....	40
Tabelle 11: Annahmen bezüglich Ausgabenanteile der minimalen Bedürfnisse und der Sättigung der nicht uRbE-Sektoren	40
Tabelle 12: Annahmen bezüglich Ausgabenanteile der minimalen Bedürfnisse und der Sättigung der uRbE-Sektoren.....	40
Tabelle 13: Gewichtung der einzelnen Ausgabenbereiche	41

Abkürzungsverzeichnis

COP	conference of the parties
THG	Treibhausgasemission
ZEFÖ	Zukunftsfähige Energieversorgung für Österreich
HWB _{BGF}	flächenbezogener Heizwärmebedarf
KS	Kühlschrank
GG	Gefriergerät
KGK	Kühl-Gefrier-Kombination
GS	Geschirrspüler
WM	Waschmaschine
WT	Wäschetrockner
TV	TV-Gerät
COM	Computer (PC inklusive Monitor bzw. Notebook)
EE ₀	ursprünglicher Energieverbrauch
EE ₁	durch eine Effizienzsteigerung erreichbarer Energieverbrauch
EE ₂	nach der Effizienzsteigerung tatsächlich erreichter Verbrauch
ΔE_{01}	errechnete Einsparung
ΔE_{02}	erreichte Einsparung
Rb	Abweichung der errechneten von der tatsächlichen Einsparung
RE	(direkter) Rebound-Effekt in %
VVV	Vermeiden, Verlagern, Verbessern (im Bereich Mobilität)
MIV	motorisierter Individualverkehr

Literaturverzeichnis

- [1] http://www.uma.or.at/assets/userFiles/downloads/Projekte/Kompaktfassung_23-05-2011.pdf
- [2] Jevons, W. S. (1865): *The Coal Question*; Macmillan & Co.; London
- [3] Santarius, Tilman (2012): *Der Rebound- Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH; Wuppertal
- [4] Peters, A. et al. (2015; TEXTE 31/2015; Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit; Forschungskennzahl 3711 14 104 UBA-FB 002143): *Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik*; Umweltbundesamt, Dessau
- [5] Peters, A. et al. (2016): *Rebound-Effekte: Wie können sie effektiv begrenzt werden?*; Umweltbundesamt; Dessau
- [6] Madlener, R. et al. (2013): *Maßnahmen der Energiestrategie 2050: Begleitende verhaltensökonomische und sozialpsychologische Handlungsempfehlungen*; Bundesamt für Energie BFE; Bern
- [7] Kanatschnig, D. et al. (2010): *Linking Low Carbon Technologies with Low Carbon Society Energie 2050: Anforderungen an die Technologiepolitik zur Eindämmung des Rebound-Effektes*; Berichte aus Energie- und Umweltforschung 58/2012; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Wien
- [8] *Ökologischer Wohnbau – Leitfaden für die Berechnung des Heizwärmebedarfs*; Energieinstitut Vorarlberg; Ausgabe 15.; Dez. 2006
- [9] <http://www.topprodukte.at/>; Zugriff: 09.09.2016
- [10] <https://stromeffizienz.de/beratung/topgeraete-datenbank/>; Zugriff: 09.09.2016
- [11] www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/projekte/international-projects/origami-luna/; Zugriff: 31.10.2016
- [12] www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator/overview/; Zugriff: 31.10.2016
- [13] Pfaffenbichler, P. (2008) MARS - Metropolitan Activity Relocation Simulator - A Systems Dynamics based Land Use and Transport Interaction Model, Verlag Dr. Mueller. Saarbruecken.
- [14] Pfaffenbichler, P. and Schopf, J. M. (2016a) Technischer Bericht D5.3: Quantitative Beschreibung Rebound-Effekt Mobilität/effiziente Fahrzeuge, Projekt uRbE (urbane Rebound-Effekte), Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien. Wien.

- [15] Pfaffenbichler, P. and Schopf, J. M. (2016b) Technischer Bericht D5.5: Endbericht Arbeitspaket 5 Mobilität/effiziente Fahrzeuge, Projekt uRbE (urbane Rebound-Effekte), Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien. Wien.
- [16] Schettkatt, R. (2009) Analyzing Rebound Effects, Wuppertal Papers, No. 177 38.
- [17] Pfaffenbichler, P. and Schopf, J. M. (2015) Technischer Bericht D5.2: Qualitative Beschreibung Rebound-Effekt Mobilität, Projekt uRbE - urbane Rebound-Effekte, Institut für Verkehrswissenschaften, TU Wien. Wien.
- [18] Statistik Austria (2011) Verbrauchsausgaben - Hauptergebnisse der Konsumerhebung 2009/10, Wien.
- [19] ÖAMTC (2015) Durchschnittliche Kraftstoffpreise (Jahreswerte in €), <http://www.oeamtc.at/media.php?id=%2C%2C%2C%2CZmlsZW5hbWU9ZG93bmxvYWQIM0QIMkYyMDExLjAxLjI3JTJGMTI5NiEzNjU1Ny5wZGYmcm49S3JhZnRzdG9mZnByZWlzZSUyMGluJTlwJUQ2c3RlcnJlaWNo>. 14/07/2016.
- [20] Magistratsabteilung 18 (2014) STEP 2025 - Fachkonzept Mobilität, Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung. Wien.