# uRbE

## urbane Rebound-Effekte

**Enquete**

**Urbane Rebound Effekte**

**Rebound-Effekte verstehen und vermeiden**

**PIER 50 Demo Center, 06.04.2017**

**DI (FH) René Bolz, DI Rupert Christian, DI Dr. Paul Pfaffenbichler**

**gefördert im Rahmen von e!MISSION.at – 4. Ausschreibung**

**Projektnummer: 843768**

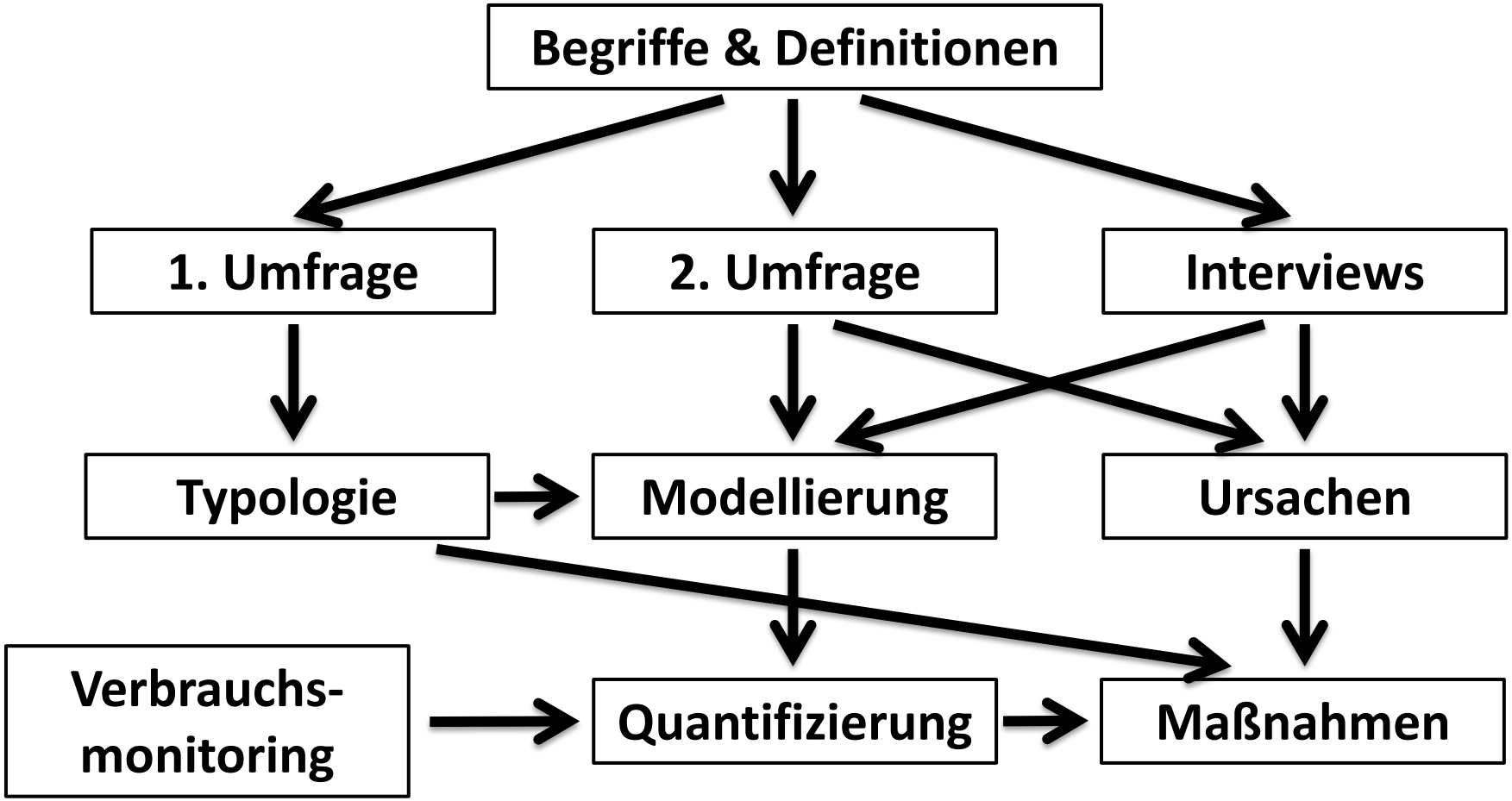
# Geschichte

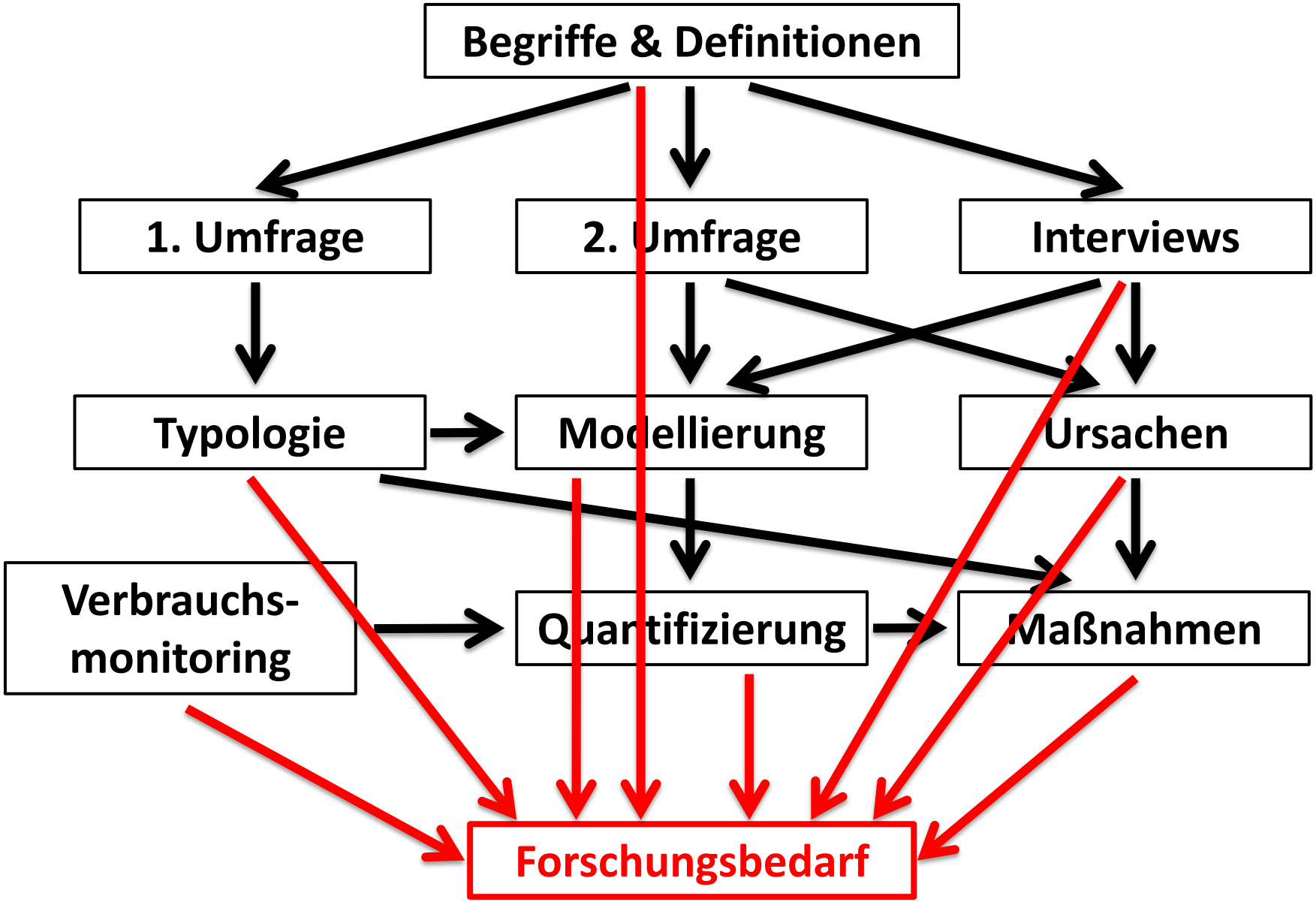
**William Stanley Jevons**

**The Coal Question (1865)**

***„It is wholly a confusion of ideas to suppose that the economic use of fuel is equivalent to a diminished consumption. The very contrary is the truth.“***

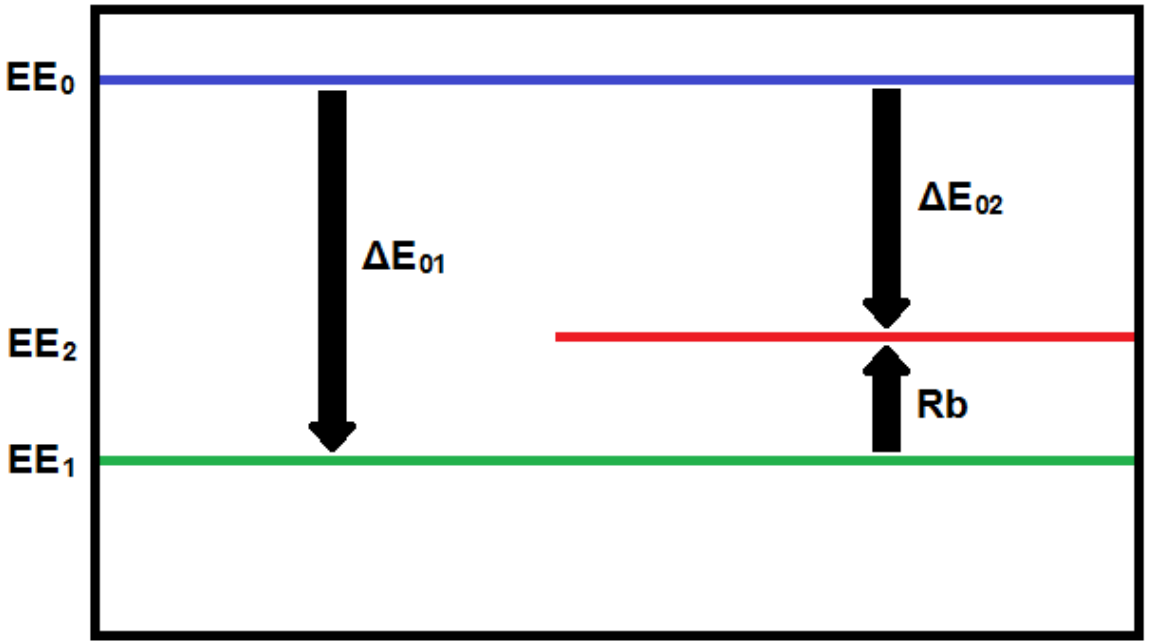
Quelle:
http://www.nndb.com/people/870/000101567/william-stanley-jevons-1-sized.jpg


Begriffe & Definitionen
1. Umfrage
2. Umfrage
Interviews
Typologie
Modellierung
Ursachen
Verbrauchs-
monitoring
Quantifizierung
Maßnahmen


Begriffe & Definitionen
1. Umfrage
2. Umfrage
Interviews
Typologie
Modellierung
Ursachen
Verbrauchs-
monitoring
Quantifizierung
Maßnahmen
Forschungsbedarf

# direkter Rebound-Effekt

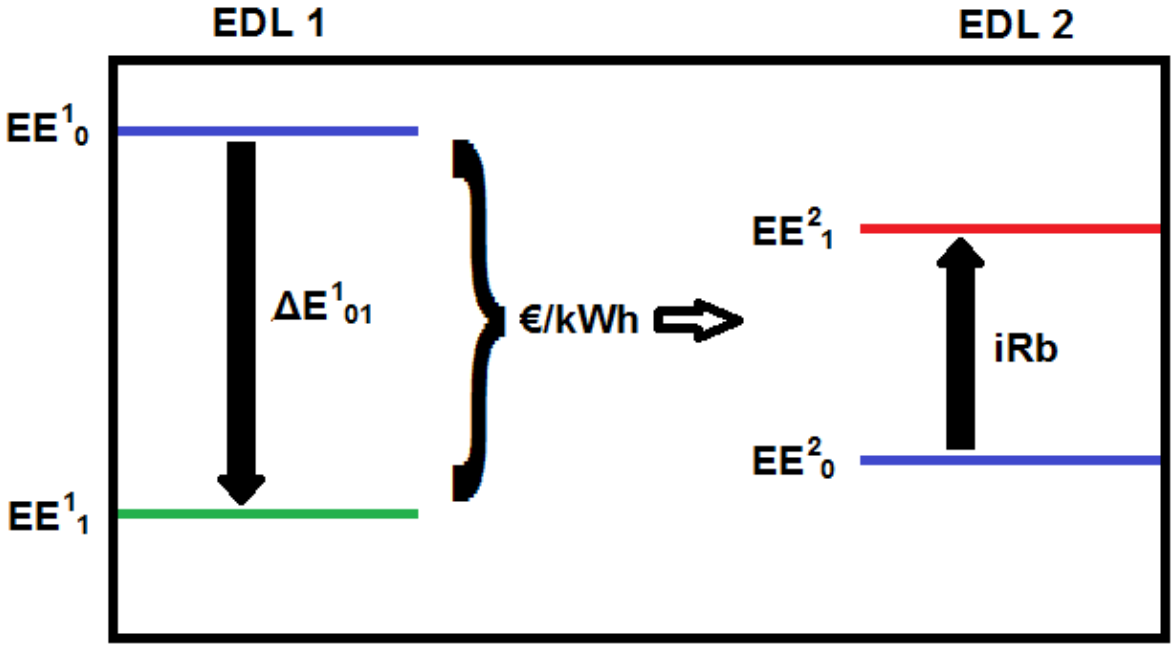
**Erhöhung des Niveaus jener EDL, deren Effizienz erhöht wurde (z.B. längere Autofahrt)**




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

# indirekter Rebound-Effekt

**Konsumieren anderer Produkte/Dienstleistungen mit Ersparnissen aus Effizienzgewinnen**




$$iRE = 100 \times \frac{EE_1^2 - EE_0^2}{EE_0^1 - EE_1^1} = 100 \times \frac{iRb}{\Delta E_{01}^1}$$

# weitere Verbrauchstreiber

**strukturelle Verbrauchstreiber:**

- **Angebot an Wohnungen, deren Größe sowie Lage**
- **Angebot an Fahrzeugen, Geräten, …**
- **Kombination: verfügbare Optionen/Angebote – individuelle Entscheidung**

**weitere Verbrauchstreiber:**

- **technische Mängel**
- **informelle Mängel**
- **Wirtschaftsentwicklung**
  **Sonderfall: „soziales Aufholen“**

# 1. Umfrage

**Ziel: Entwicklung der Typologie**

**Zielgruppen:**

- **Leser von Wohnwelt und Wohnforum**
- **Teilnehmer einer eNu-Befragung**
- **online offen**

**Laufzeit: 6 Monate**

**Rücklauf:**

**1.294 Antwortbögen**

**890 in Typologie segmentiert**

# Typologie

**Segmentierungs-Verfahren:**

**CCEA – Convergent Cluster and Ensemble Analysis**

**Fragen (Beispiele):**

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

**Indices (Beispiele):**

- **Index Energiesparverhalten**
- **Index Sparverhalten bei Geräten**

# Typologie

| Typ | Verhalten |
|---|---|
| Die Bequemen (14%) | kein Anbieterwechsel/um nichts kümmern, Bus/Bahn zu unbequem, Energiespar-verhalten gering, alte Geräte entsorgt |
| Die Energiesparer (16%) | Energiesparverhalten hoch, spart allg. viel, konst. Energiesparen, nutzt alte Geräte |
| Die Flexiblen (7%) | Anbieterwechsel wegen Preis, Energiespar-verhalten niedrig, alte Geräte weiter nutzen |
| Die Sorglosen (16%) | Energiekosten, erneuerbare Energien, etc. egal, Energiesparverhalten gering, hohe Temperatur wichtig |

# Typologie

| Typ | Verhalten |
|---|---|
| Die Umweltbewussten (14%) | regernative Energiequellen, Energieverbrauch Fahrzeuge wichtig, nutzt Bahn/Bus, kein Anbieterwechsel wg. Preis, Energiesparverhalten mittel |
| Die Sparmeister (16%) | Anbieterwechsel wegen Preis (ausgewogen), Energiesparverhalten ausgewogen, wenn Kosten niedriger - Energiesparen nicht wichtig |
| Die Technik-Affinen (16%) | Anbieterwechsel wegen Preis (ausgewogen), Energiesparverhalten ausgewogen, alte Geräte nicht weiterbetreiben aber auch verschenkt |

# Typologie

| Typen | Sparen bei [%] | | |
|---|---|---|---|
| | Strom | HH-Geräte | 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 |

# Interviews

**Anzahl:**

- **104 bei Stromsparfamilien der eNu**
- **69 bei BewohnerInnen sanierter bzw. neuer Wohngebäude**

**4 Bereiche:**

- Demografie
- Gebäude
- Mobilität
- Geräte

**insgesamt 54 Fragen**

# Interviews

## Ziele

- **Motive für Verhaltensänderungen und somit zu Ursachen von Rebound-Effekten erheben**
- **Quantifizierung der Rebound-Effekte an Hand von Abrechnungen**
- **Ansätze für Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verringerung von Rebound-Effekten**

# Ursachen

**Gliederung:**

- **Ursachen (im engeren Sinn)**
- **Enabler**
- **äußere Rahmenbedingungen und Strukturen**

# Ursachen

**Ursachen:**

- **Wünsche**
- **Bedürfnisse**
- **Werthaltungen**
- **persönliche Einstellungen**

**Beispiele:**

- **angenehmes Raumklima**
- **bequeme Erledigung von Wegen**
- **Statusdenken**

# Ursachen

**Enabler**

- **finanzielle**
- **zeitliche**
- **soziopsychologische**

**„streng“ betrachtet:**

**ausschließlich die Ersparnis durch eine Effizienzmaßnahme!**

# Verbrauchsmonitoring

**Gebäude – Wiener Wohnen**

**Zeitreihen der Heizenergieverbräuche**

**insgesamt 7 Liegenschaften**

**4 Thewosan-Sanierungen**

- gemessene Verbräuche
- berechnete Verbräuche

**1 Dämmung der obersten Geschoßdecke**

- Abschätzung der Einsparung

# Verbrauchsmonitoring

**Gebäude – Wiener Wohnen**

**Rebound-Effekte:**

Thewosan-Sanierungen: 10% – 40%

oberste Geschoßdecke: kein Rebound-Effekt

⇒ **große Bandbreite**

⇒ **„tendenziell“ zu hoch**

⇒ **Unterscheidung von weiteren Verbrauchstreibern nicht möglich**

# 2. Umfrage

**Ziel: Input für Modelle**

**Zielgruppen: offen**

**Laufzeit: 6 Monate**

**Rücklauf:**

- **1.059 Antwortbögen**
  - **770 nach Cleaning**
  - **534 in Typologie segmentiert**

**5 Bereiche**

**143 Fragen**

# 2. Umfrage

**Input für die Modelle:**

- **ausgewertet (u. a.) nach**
  - **Typen**
  - **Einkommensklassen**
- **Fragen (Beispiele):**
  - **Heizenergiekosten (vor und nach Sanierung)**
  - **Raumtemperaturen (vor und nach Sanierung)**
  - **Umgang mit Altgeräten**
  - **jährliche Fahrleistung des Pkw**

# Modellierung

## URBE Gesamtmodell

- Modell Gebäude
- Modell Geräte
- Modell Mobilität

# Modell Gebäude

## URBE Gesamtmodell

- **Modell Gebäude**
- **Modell Geräte**
- **Modell Mobilität**

# Modell Gebäude

**Gebäude:**

- **Beschreibung**
  - **vor und nach Sanierung**
  - **gemäß Leitfaden**
- **anhand von U-Werten**
  - **Flächen**
  - **Volumen**
  - **Orientierung**
- **Modellierung über Raumtemperatur**

# Modell Gebäude

$$RE = 100 \times \frac{EE_2 - EE_1}{EE_0 - EE_1}$$

$EE_0$ ... Energieverbrauch vor Sanierung

$EE_1$ ... Energieverbrauch nach Sanierung (exkl. Verhlatensänderung)

$EE_2$ ... Energieverbrauch nach Sanierung (inkl. Verhaltensänderung)

# Modell Gebäude

| Rebound-Effekte im Bereich Gebäude | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $EE_0$ | $EE_1$ | $EE_2$ | Rebound |
| Gesamt | 8.366 | 2.323 | 2.477 | 2,54 |
| 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 |

# Modell Geräte

## URBE Gesamtmodell

- Modell Gebäude
- **Modell Geräte**
- Modell Mobilität

# Modell Geräte

**Modellierung von:**

- **Geschirrspüler**
- **Waschmaschine**
- **Wäschetrockner**
- **Kühlschrank**
- **Gefriergerät**
- **Kühl-Gefrier-Kombination**
- **TV-Gerät**
- **Computer**

# Modell Geräte

**Leistungs-Charakteristika**

- effizient/ineffizient
- Größenklasse

**Nutzerverhalten**

- Anzahl der Waschgänge pro Jahr
- Stunden der täglichen Nutzung
- restriktive Annahmen für alte Geräte

**altes Gerät**

- weiter in Betrieb
- verkauft, verschenkt
- entsorgt

# Modell Geräte

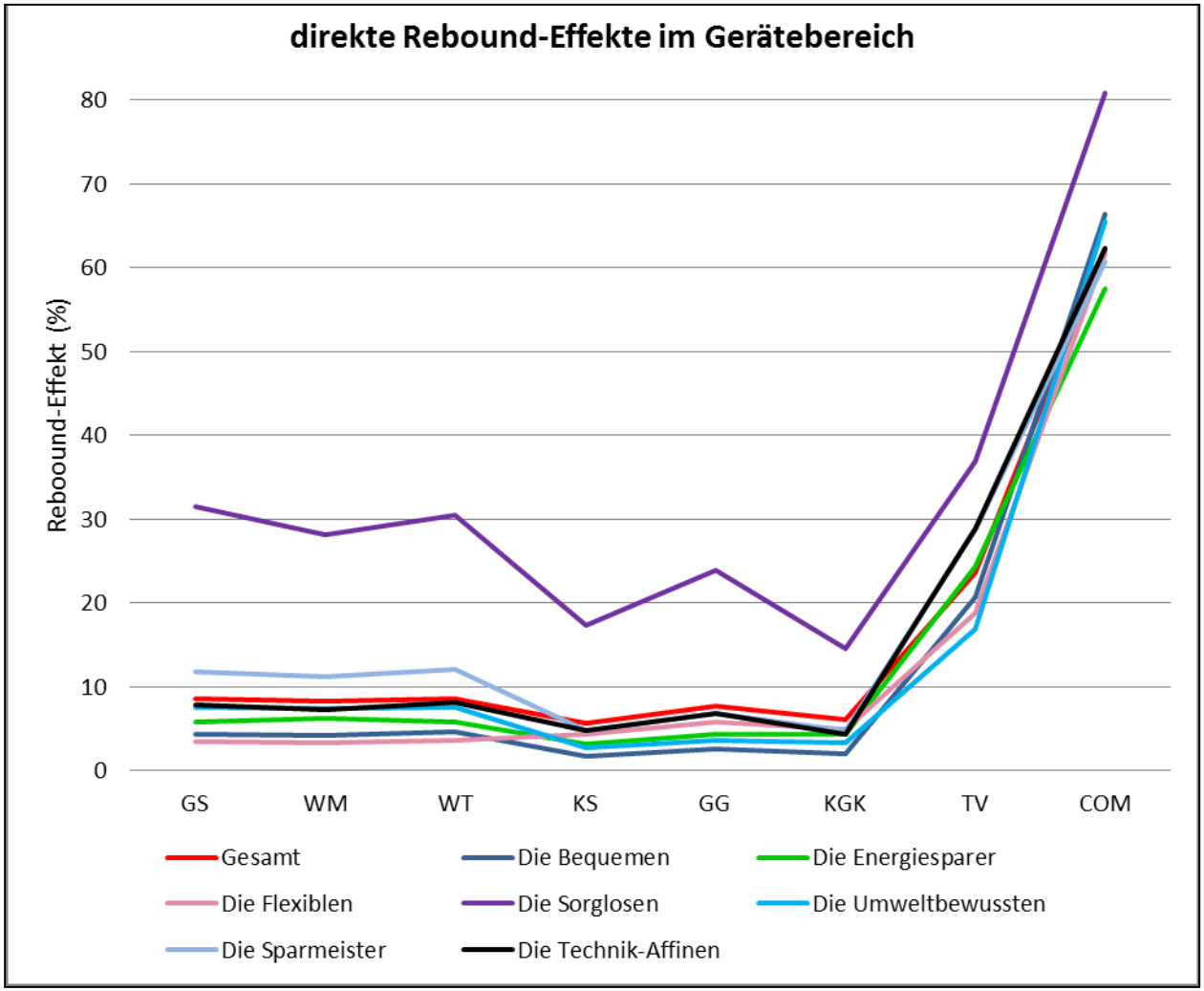
$$RE = 100 \times \frac{EE_2 - EE_1}{EE_0 - EE_1}$$

$EE_0$ ... Energieverbrauch vor Gerätekauf

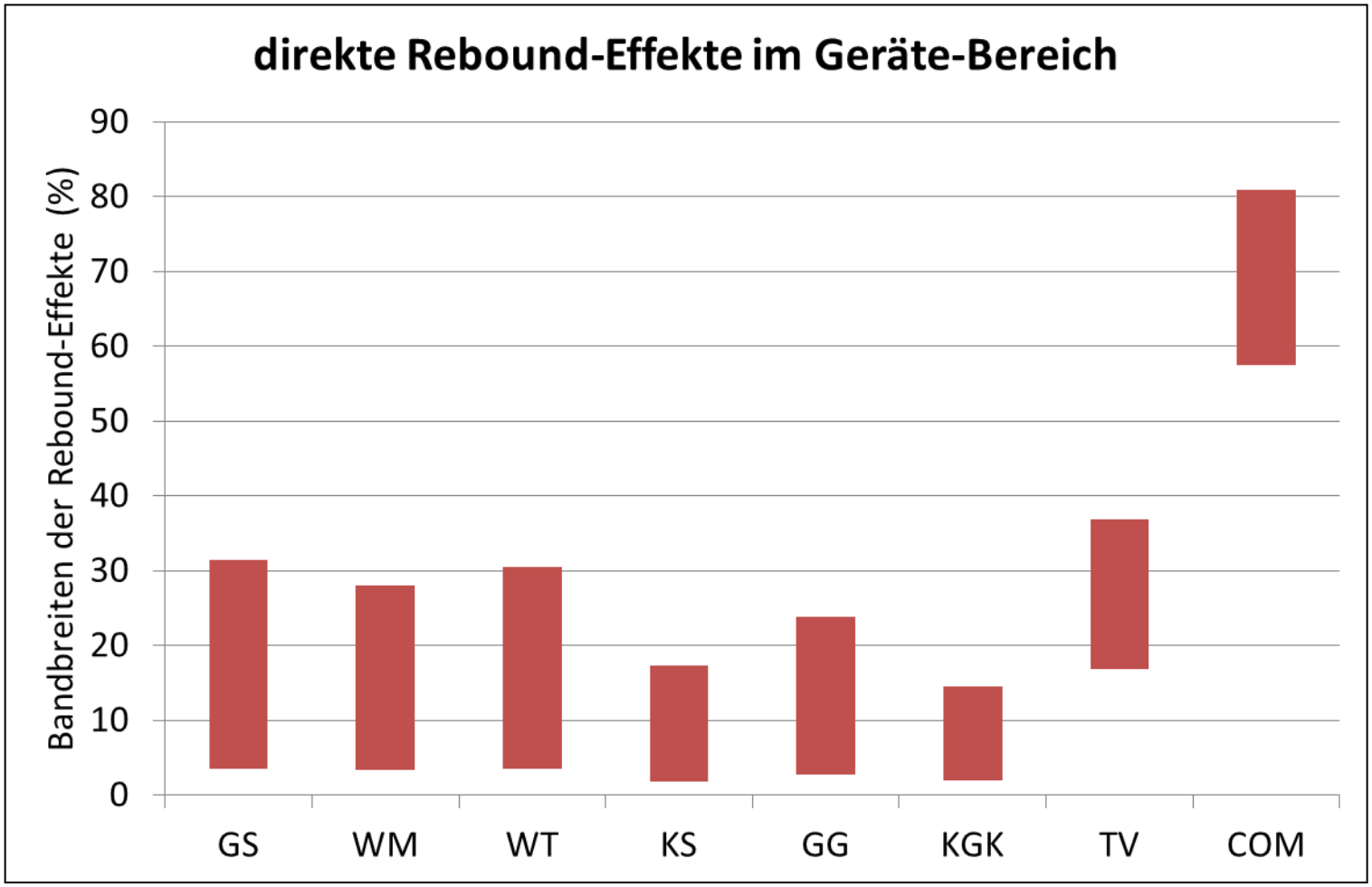
$EE_1$ ... Energieverbrauch mit effizienten Geräten (exkl. Änderungen im Nutzerverhalten)

$EE_2$ ... Energieverbrauch nach Gerätekauf (inkl. Änderungen im Nutzerverhalten)

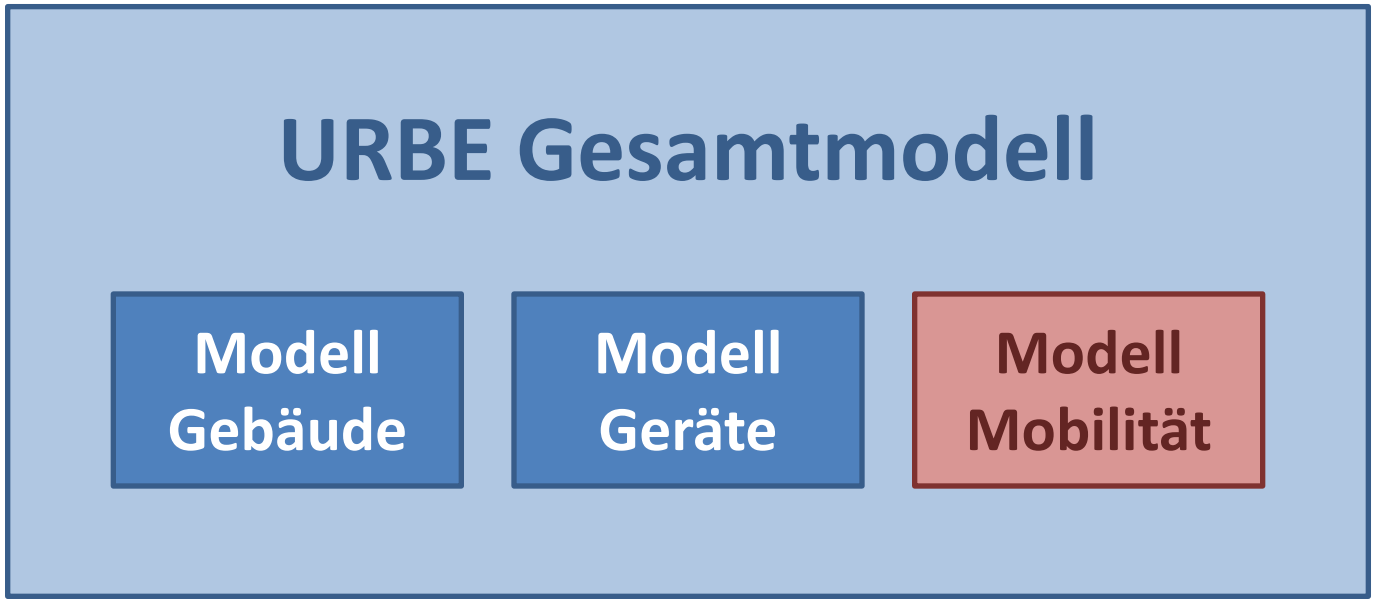
# Modell Geräte



# Modell Geräte



# Personenmobilität



# Direkter Rebound-Effekt – Modell MARS

- Was ist MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator)?
  - MARS ist ein dynamisches, integriertes Flächennutzungs- und Verkehrsmodell.
  - Die technischen Grundlagen von MARS liegen in der Disziplin „System Dynamics“, welche in den 1950er Jahren von John Forrester und Kollegen am MIT begründet wurde.
  - MARS berücksichtigt die relevanten Rückkoppelungen sowohl innerhalb des Verkehrssystems als auch zwischen Verkehr und Raum.

# Direkter Rebound-Effekt – Modell MARS

- Was ist MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator)?
  - MARS ist ein multimodales Modell und berücksichtigt auch die nicht motorisierten Verkehrsteilnehmer.
  - MARS berücksichtigt die relevanten Rück-koppelungen innerhalb des Verkehrssystems und zwischen Verkehr und Raum.
  - MARS modelliert nicht den Gleichgewichtszustand eines Zieljahres, sondern vielmehr den Pfad dorthin iterativ in diskreten Zeitschritten.

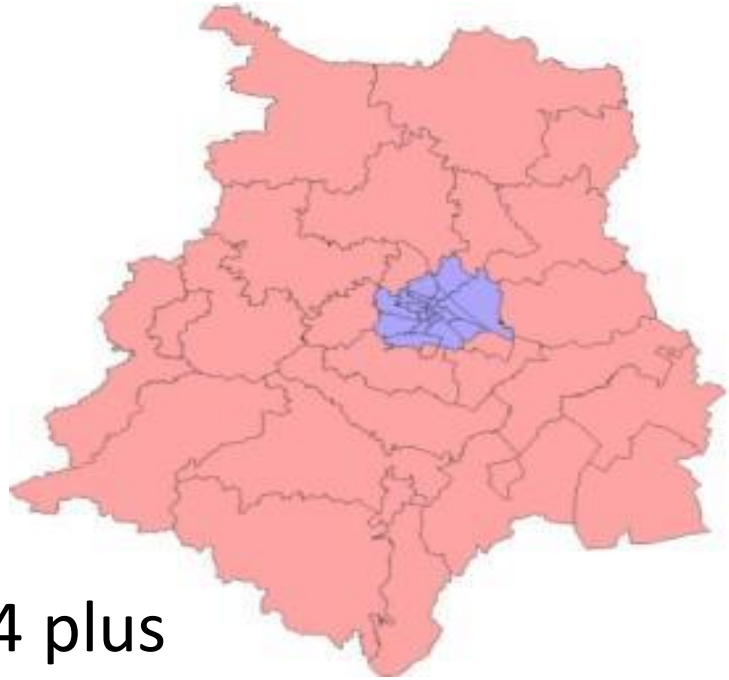
# Direkter Rebound-Effekt – Modell MARS

- Was ist MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator)?

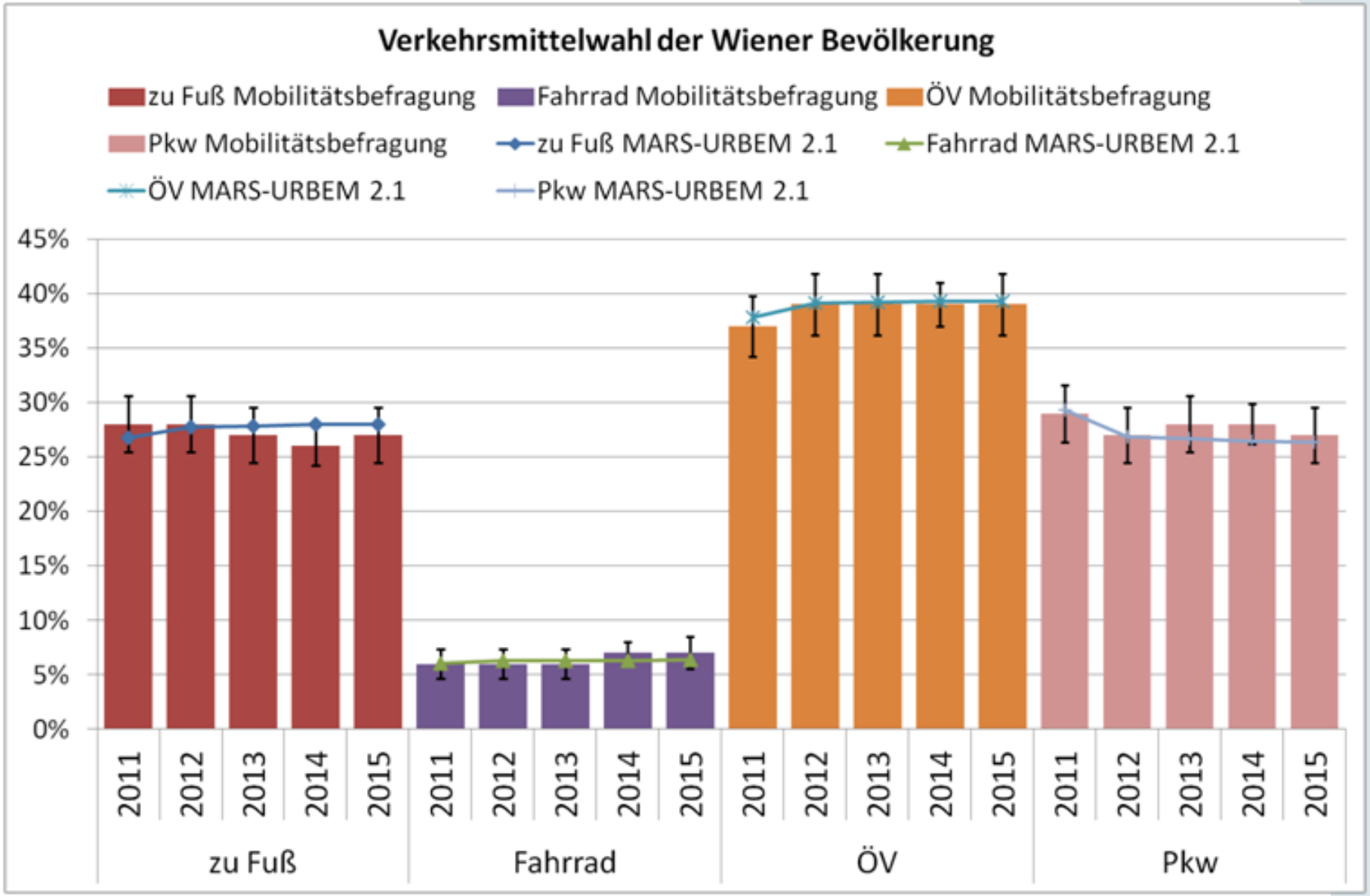
  - MARS wurde mit Hilfe der Software Vensim® programmiert.
  - Modelle des Formats vpm können mit dem kostenlos verfügbaren Vensim Model Reader verwendet werden.
  - MARS ist ein transparentes Modell („White Box“ im Gegensatz zu „Black Box“).
  - Web: www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator

# Direkter Rebound-Effekt – Modell MARS

- Untersuchungsgebiet:
- Basisjahr: 2015
- Kalibrierung:
  - Daten der jährlichen Mobilitätsbefragung der Wiener Linien 2010-2014 plus Aufstockung 2014 durch die MA18

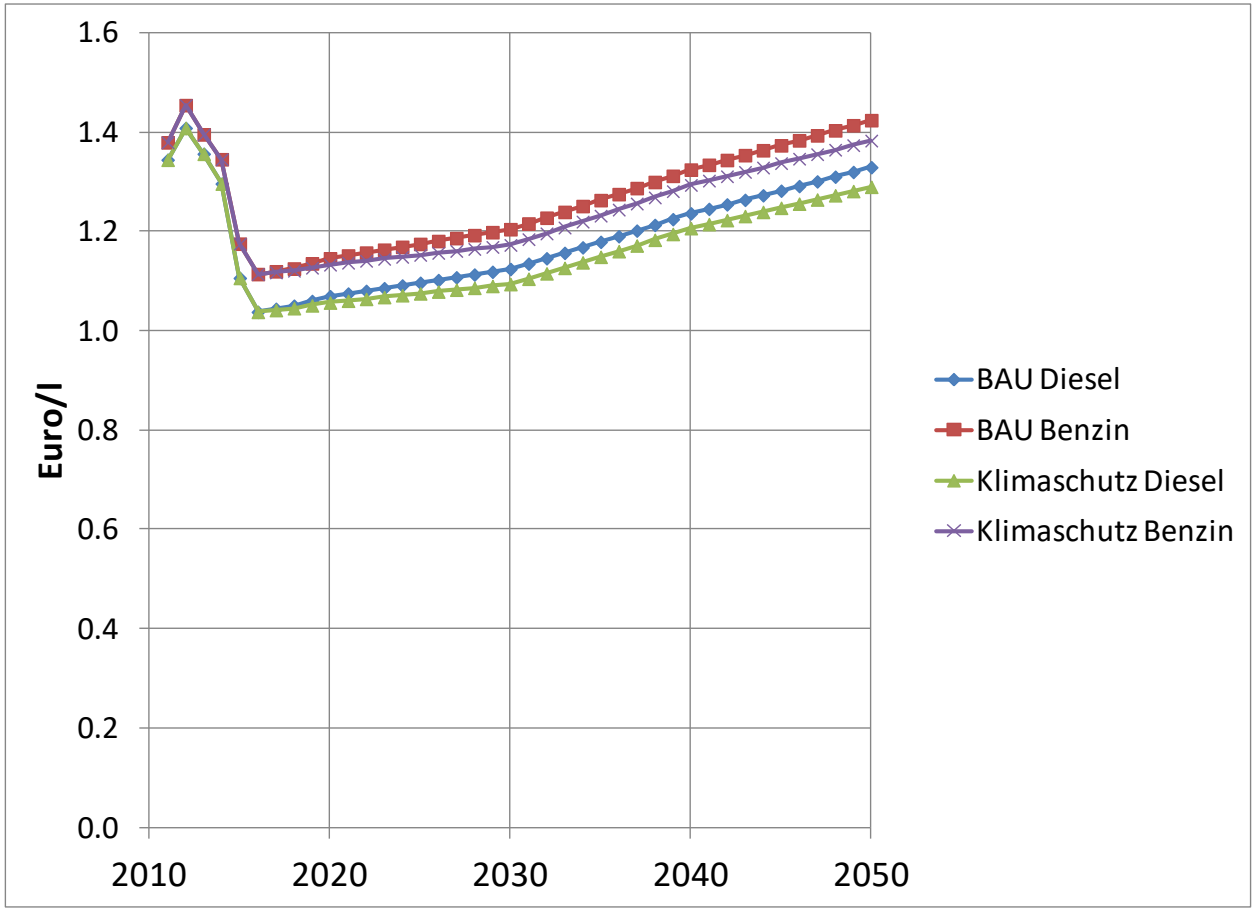


# Kalibrierung - Zeitreihe

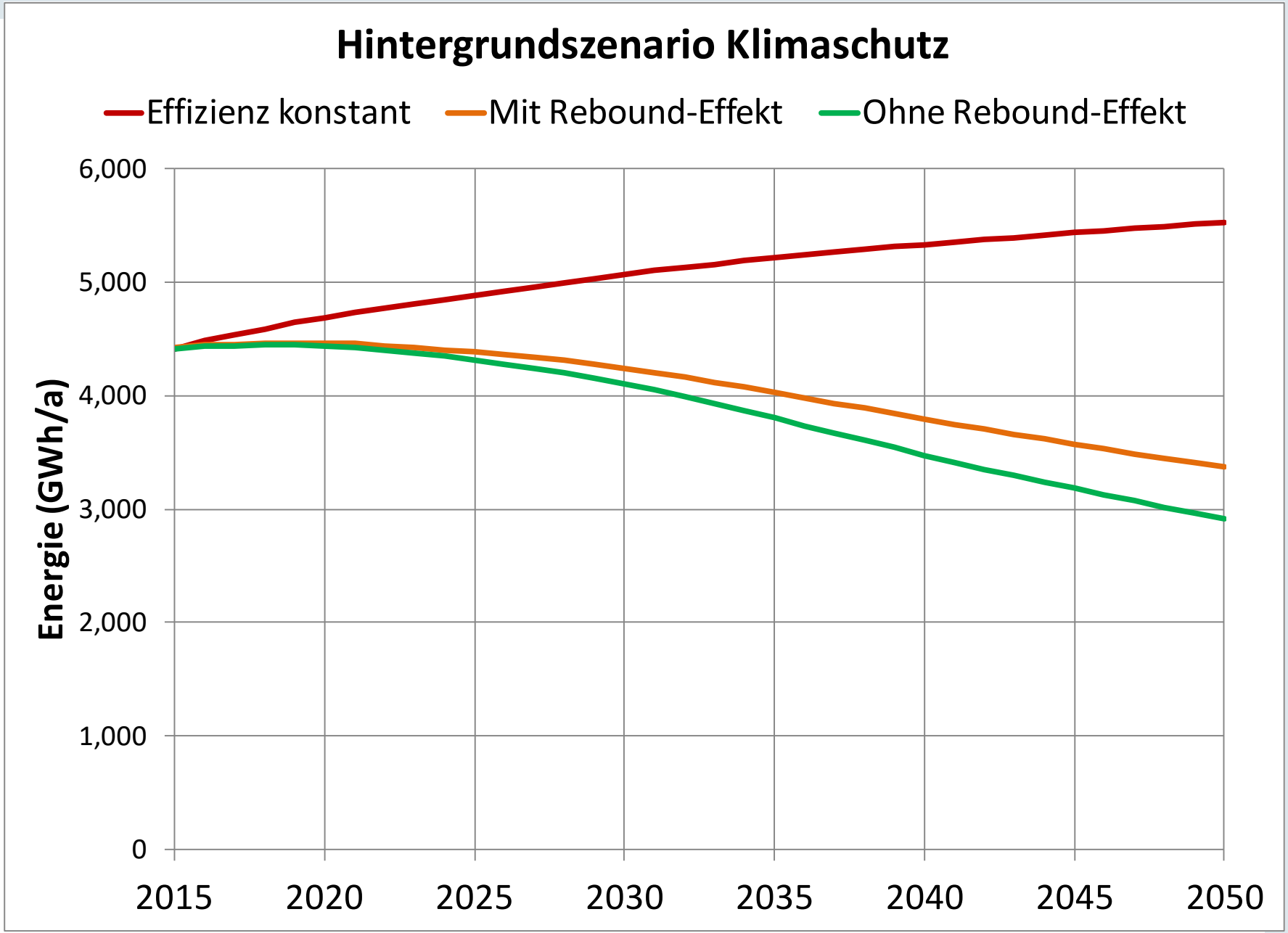


# Hintergrundszenarien - Treibstoffpreis

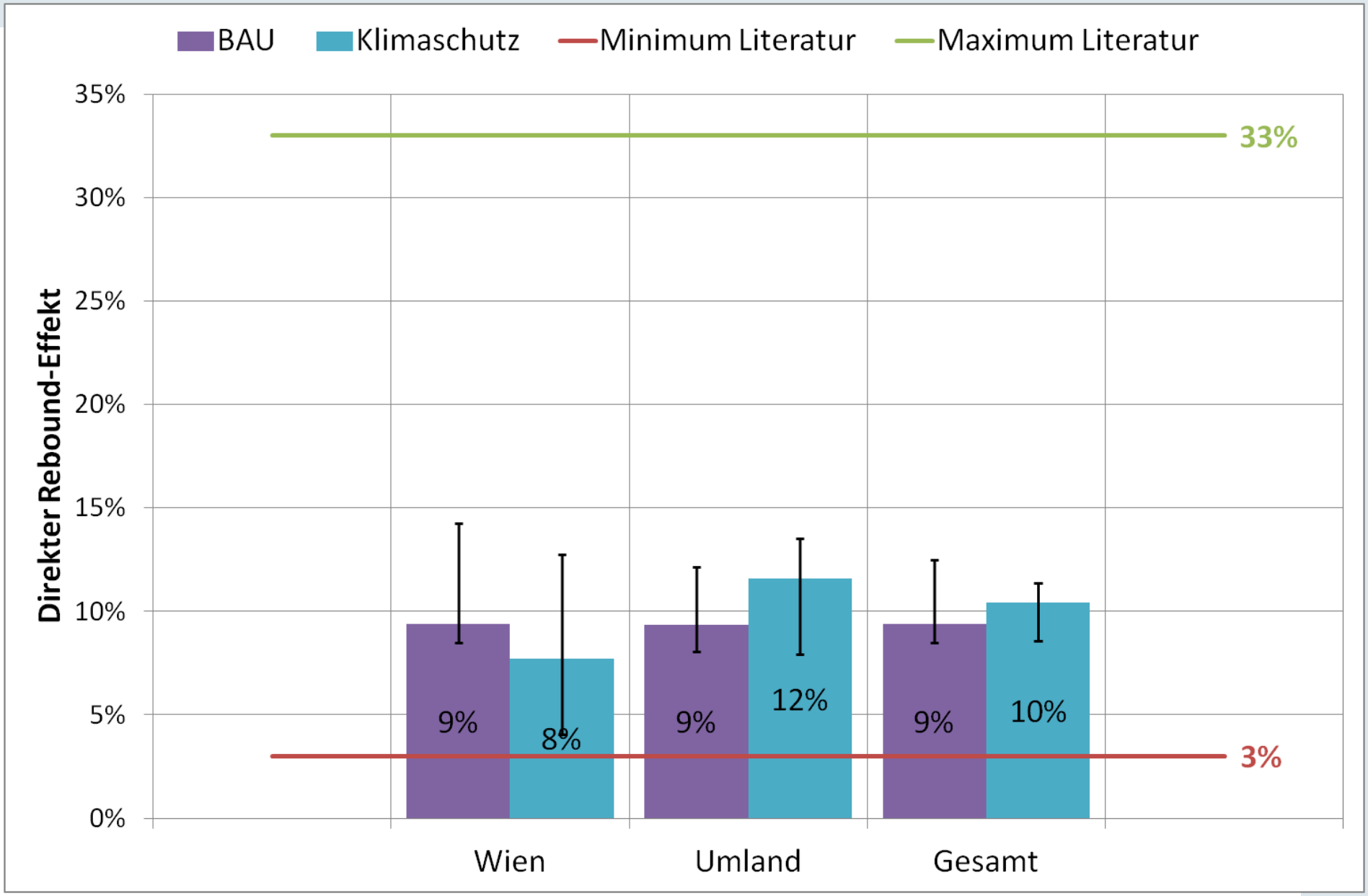
- Der Rebound-Effekt der Personenmobilität wurde für die beiden Hintergrundszenarien Business as Usual und Klimaschutz untersucht.



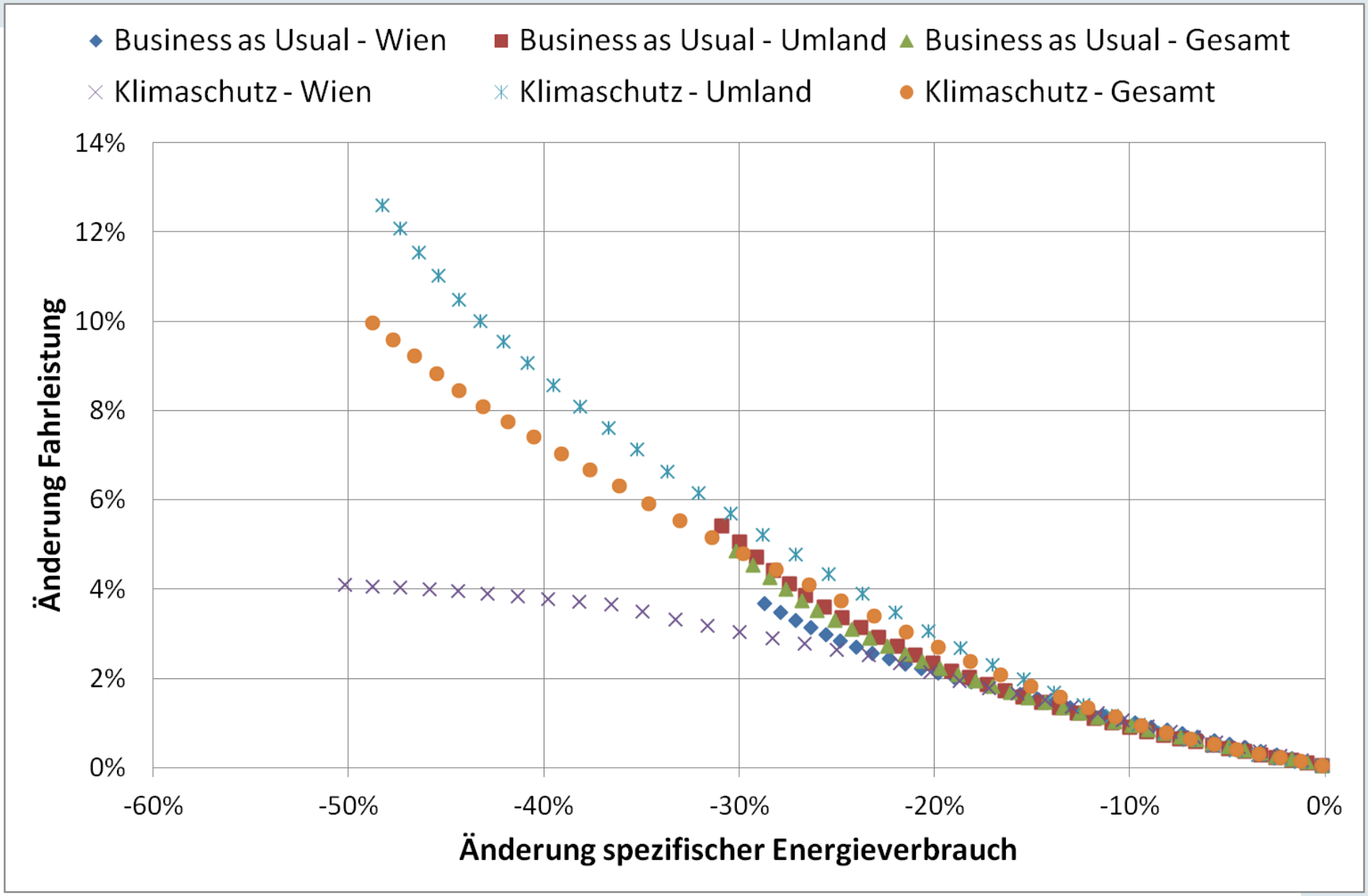
# Ergebnisse - Energie



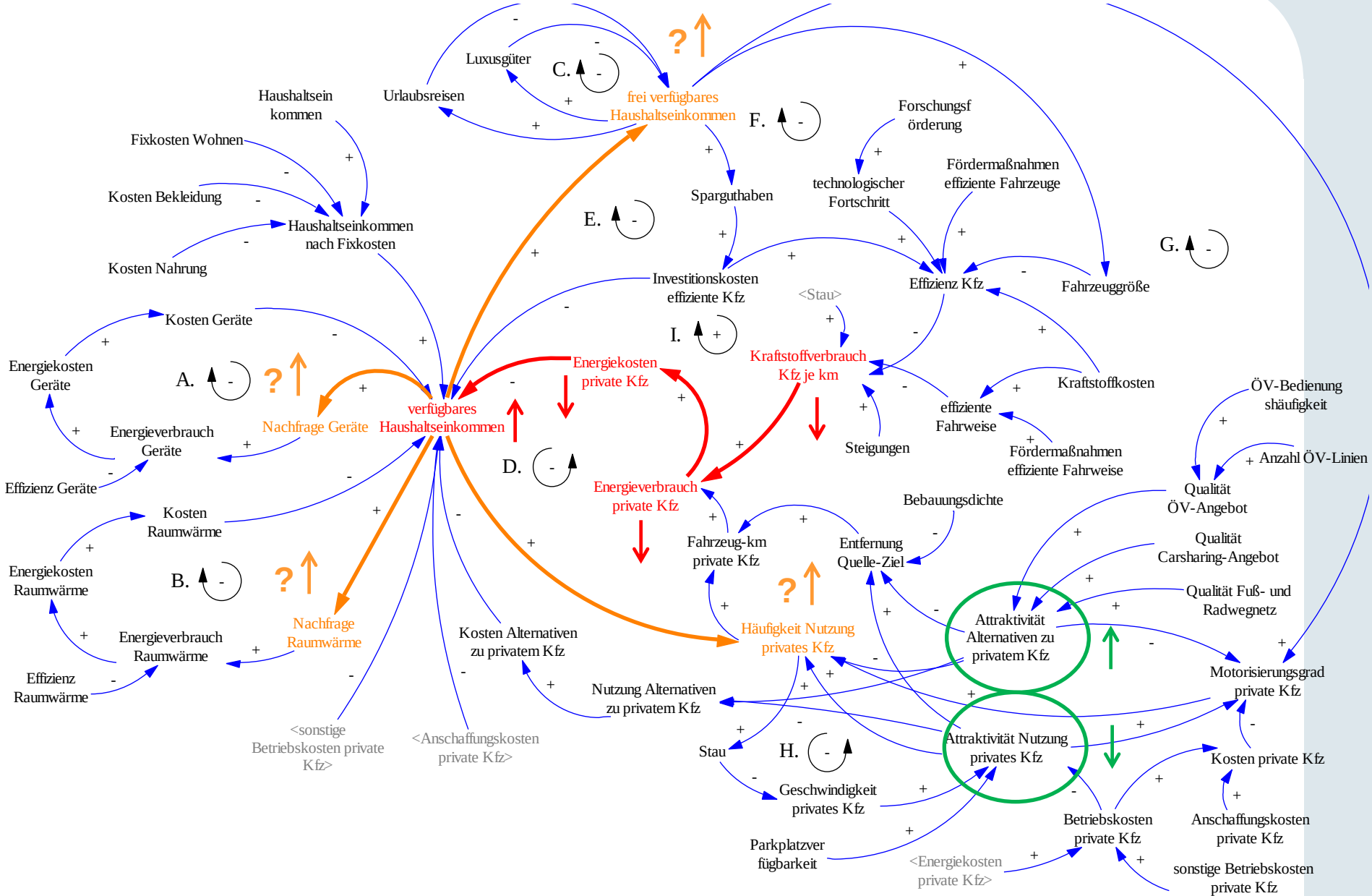
# Ergebnisse – direkter Rebound-Effekt



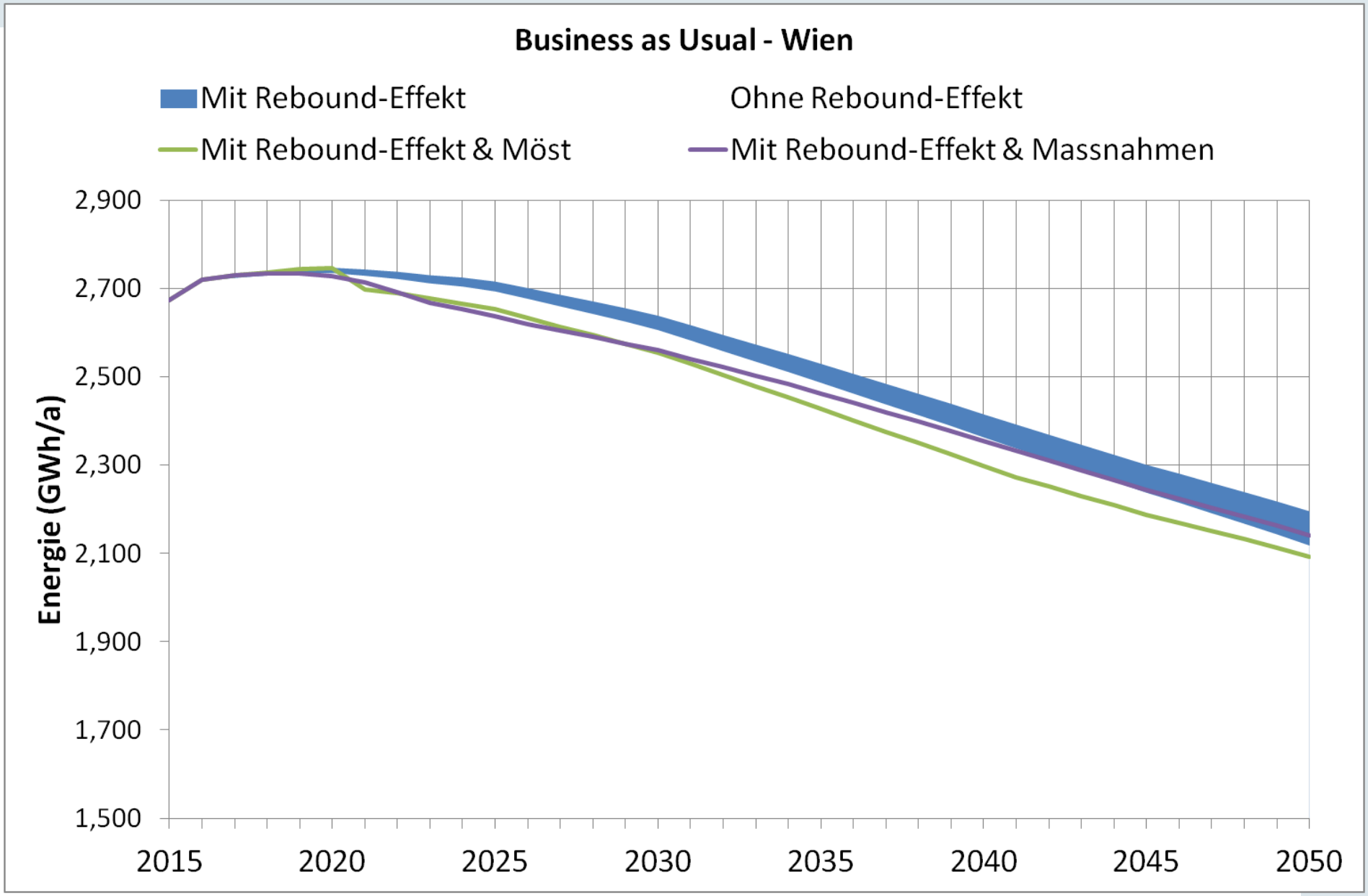
# Ergebnisse - Elastizität



# Qualitative Analyse - Maßnahmen



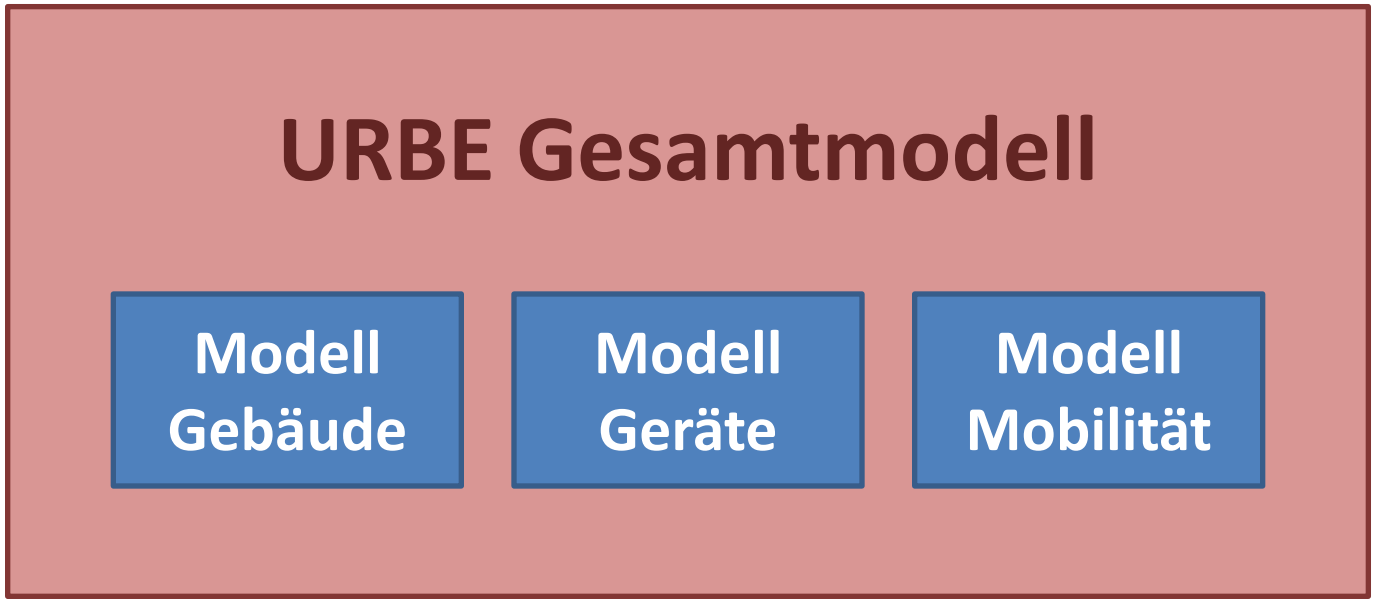
# Ergebnisse – Maßnahmen Mitigation



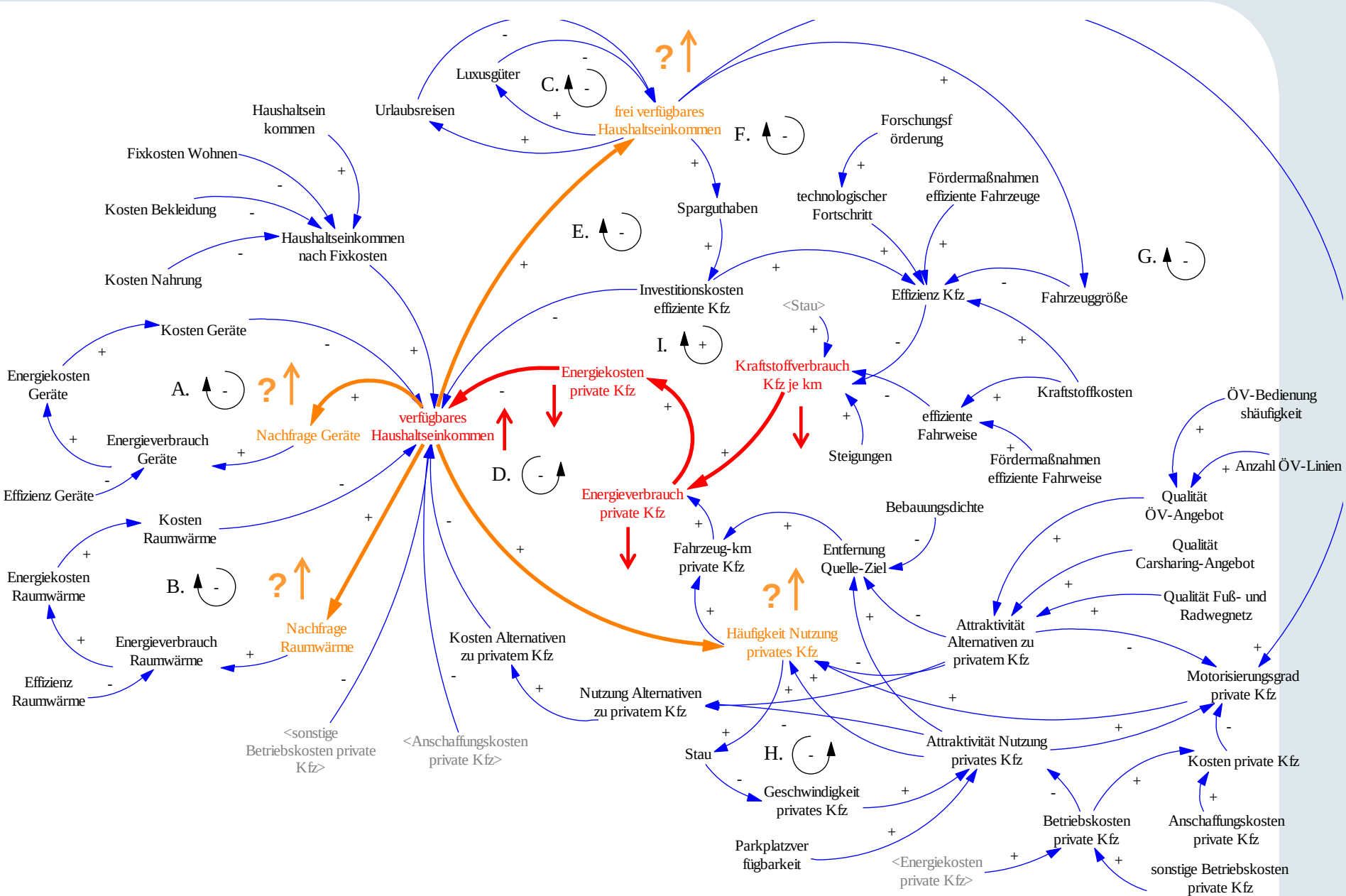
# Zusammenfassung - Personenmobilität

- Mit Hilfe des integrierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodells MARS wurde für die individuelle motorisierte Personenmobilität ein direkter Rebound-Effekt im Bereich von rund 10% berechnet.
- Die Bandbreite reicht dabei von 4% bis 14%.
- Die Ergebnisse liegen innerhalb der in der Literatur gefundenen Bandbreite (3% bis 33%).
- Der identifizierte direkte Rebound-Effekt steigt meist progressiv mit der Effizienzsteigerung an.

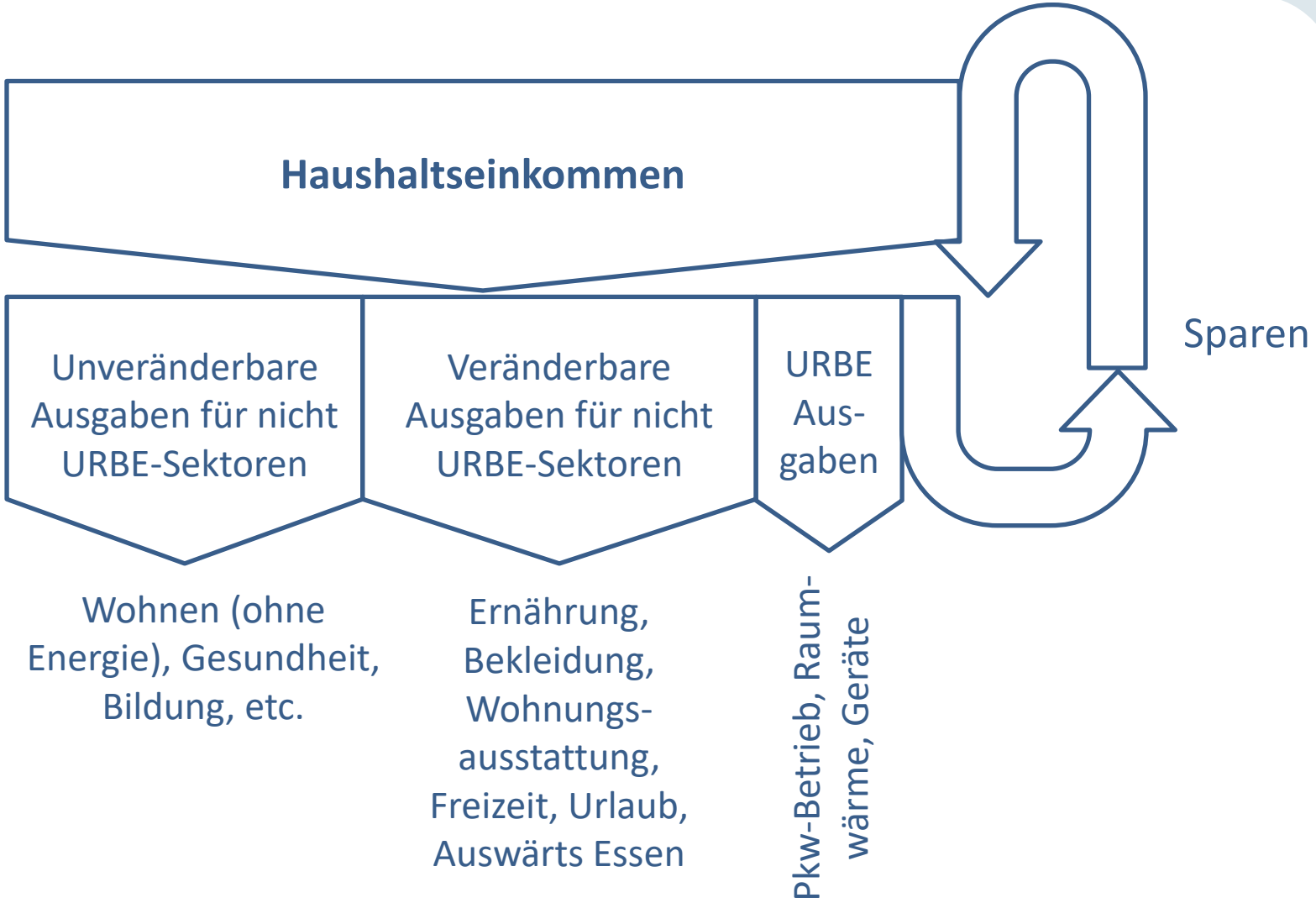
# Struktur URBE-Modelle



# Qualitative Analyse Gesamtmodell



# Entwicklung Entscheidungslogik

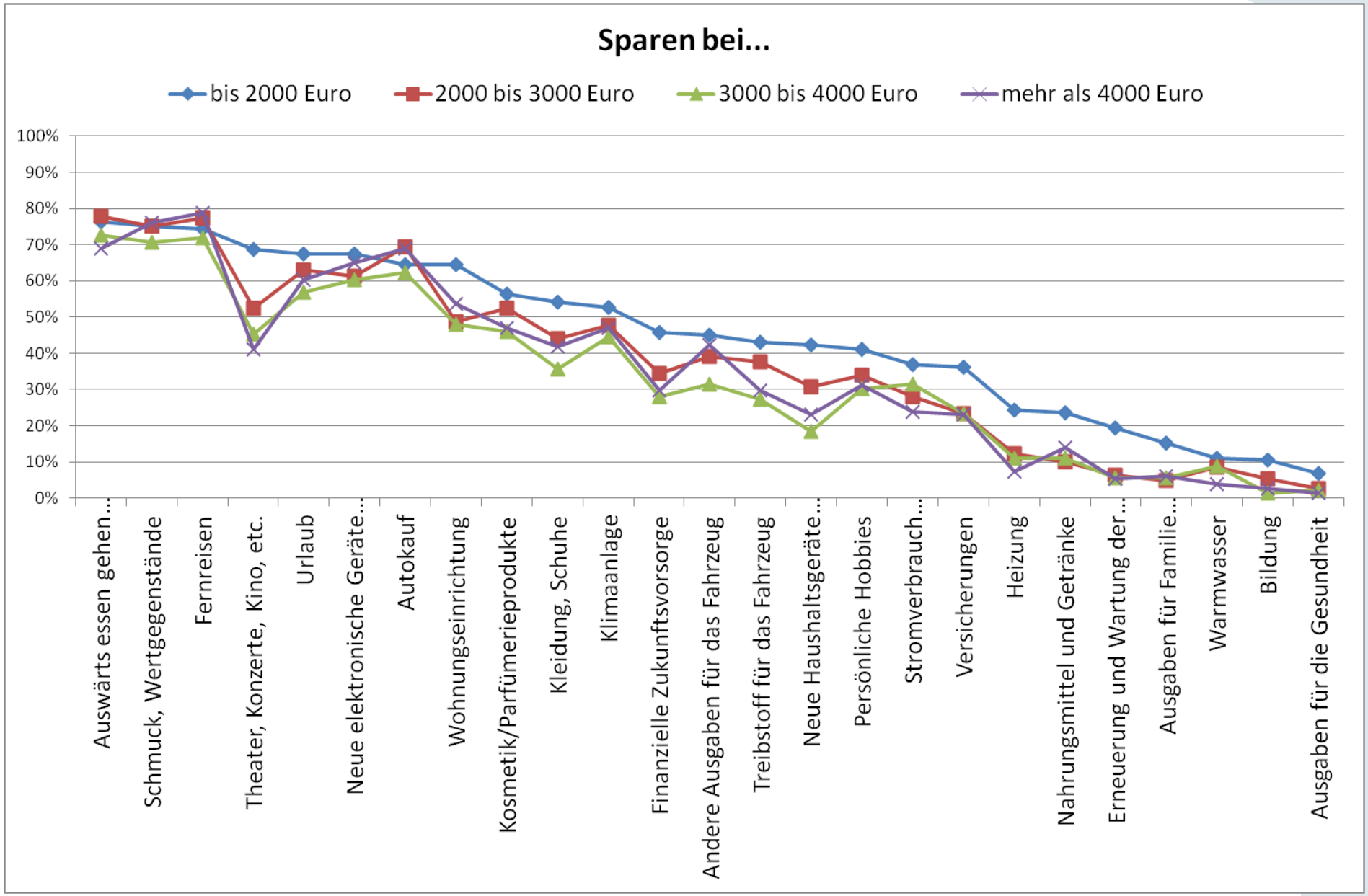



Statistik Austria (2011) Verbrauchs-ausgaben - Hauptergebnisse der Konsumerhebung 2009/10, Wien.

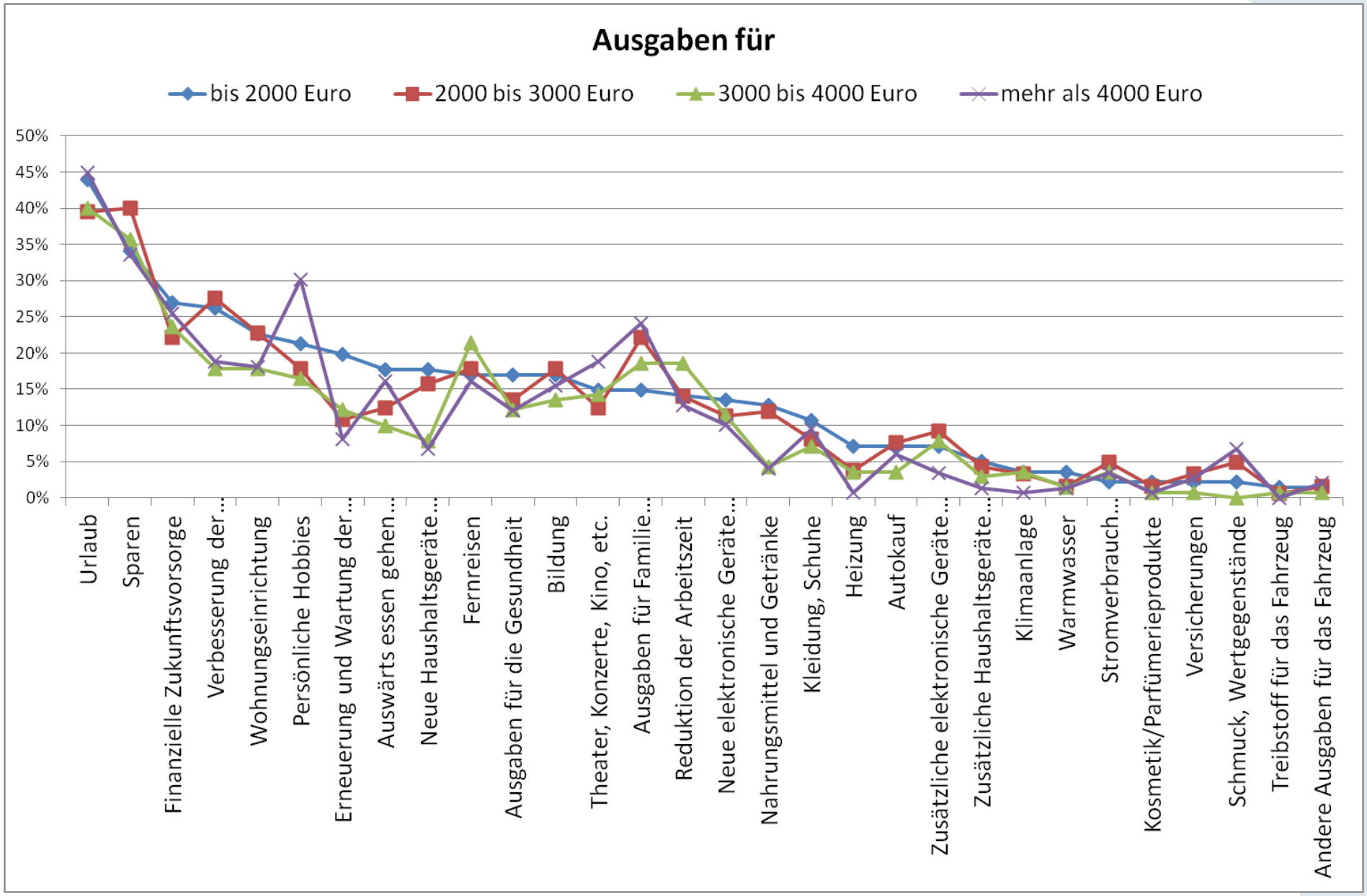
# Entwicklung der Entscheidungslogik

- Mit Hilfe der Erhebungsergebnisse wurde eine Logik für die Verwendung des frei werdenden Budgets entwickelt.
- Basis dafür sind vor allem folgende Fragen:
  - Frage 2: *Wenn Sie sparen müssten, in welchen Bereichen würden Sie dann Ihren Konsum einschränken?* und
  - Frage 3: *Stellen Sie sich vor, Sie hätten jährlich EUR 300.- bzw. 1.000,- mehr zu Ihrer freien Verfügung. Wofür würden Sie dieses Geld verwenden?*

# Wenn Sie sparen müssten,...



# Wofür würden Sie 1000 Euro ausgeben?



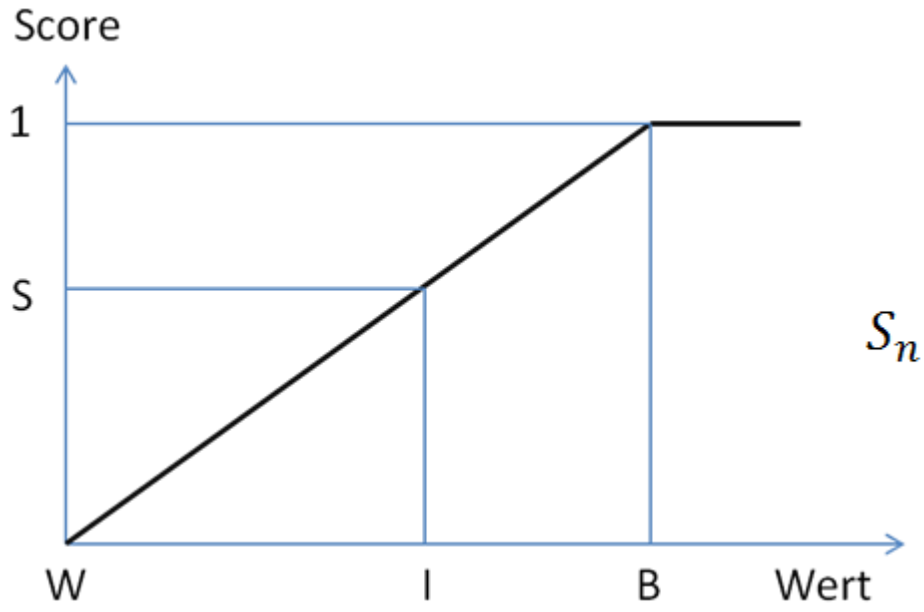
# Methodik Multikriterienanalyse

- Die Auswahlwahrscheinlichkeit $P_n$ einer Option *n* entspricht dem Verhältnis des gewichteten Scores $\hat{S}_n$ der Option *n* gebrochen durch die Summe über alle Optionen.

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

# Methodik Multikriterienanalyse

- Ermittlung des ungewichteten Scores $S_n$
  - Lineare Interpolation zwischen einem Bestwert *B* und einem „Schlechtestwert“ *W*




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

# Methodik Multikriterienanalyse

- Ermittlung des gewichteten Scores $\hat{S}_n$
  - Die Gewichtungen der verschiedenen Optionen n zur Anpassung der Ausgaben werden aus den Ergebnissen der Befragung abgeleitet.

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

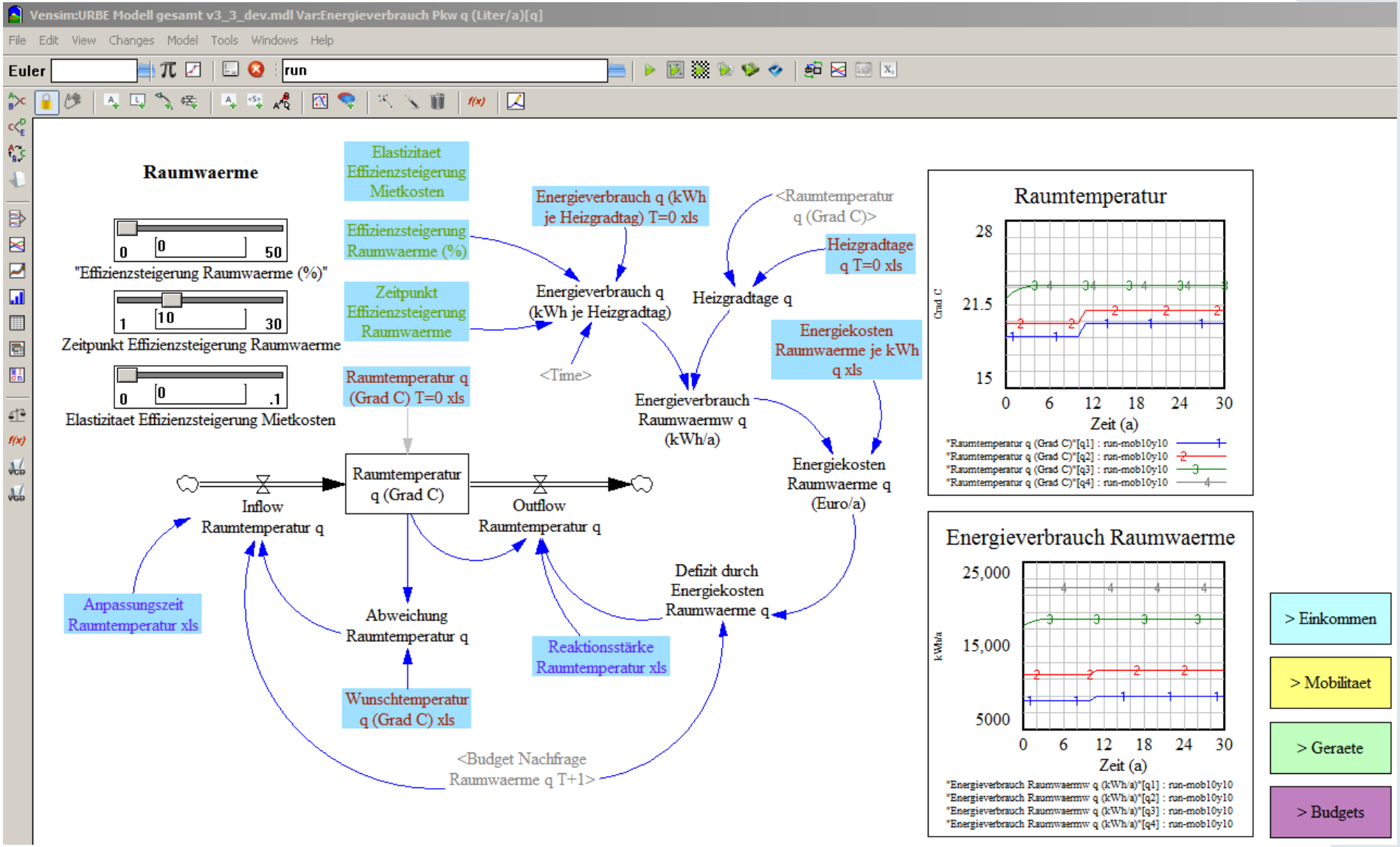
  - Berechnung der Gewichtung aus den Befragungs-ergebnissen

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 13 | **Wünsche Budgetverwendung Ranking - Modell** | 1. Quartil | 2. Quartil | 3. Quartil | 4. Quartil |
| 14 | Ernährung, Getränke, Tabakwaren | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 15 | Bekleidung, Schuhe | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 16 | Wohnungsausstattung | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 17 | Freizeit ohne Unterhaltungselektronik | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 18 | Urlaub | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 19 | Cafe, Restaurant | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 20 | Wohnen Energie | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 21 | Kfz-Betrieb | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 22 | Kommunikation und Unterhaltungselektronik | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 23 | Sparen | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 24 | | | | | |
| 25 | **Berechnete Gewichtung - Modell** | 1. Quartil | 2. Quartil | 3. Quartil | 4. Quartil |
| 26 | Ernährung, Getränke, Tabakwaren | 10% | 9% | 10% | 10% |
| 27 | Bekleidung, Schuhe | 9% | 8% | 9% | 9% |
| 28 | Wohnungsausstattung | 13% | 12% | 13% | 13% |
| 29 | Freizeit ohne Unterhaltungselektronik | 11% | 10% | 11% | 11% |
| 30 | Urlaub | 15% | 14% | 15% | 15% |
| 31 | Cafe, Restaurant | 12% | 11% | 12% | 12% |
| 32 | Wohnen Energie | 8% | 7% | 8% | 8% |
| 33 | Kfz-Betrieb | 6% | 5% | 6% | 6% |
| 34 | Kommunikation und Unterhaltungselektronik | 7% | 6% | 7% | 7% |
| 35 | Sparen | 14% | 14% | 14% | 14% |
| 36 | | | | | |
| 37 | | 100% | 100% | 100% | 100% |

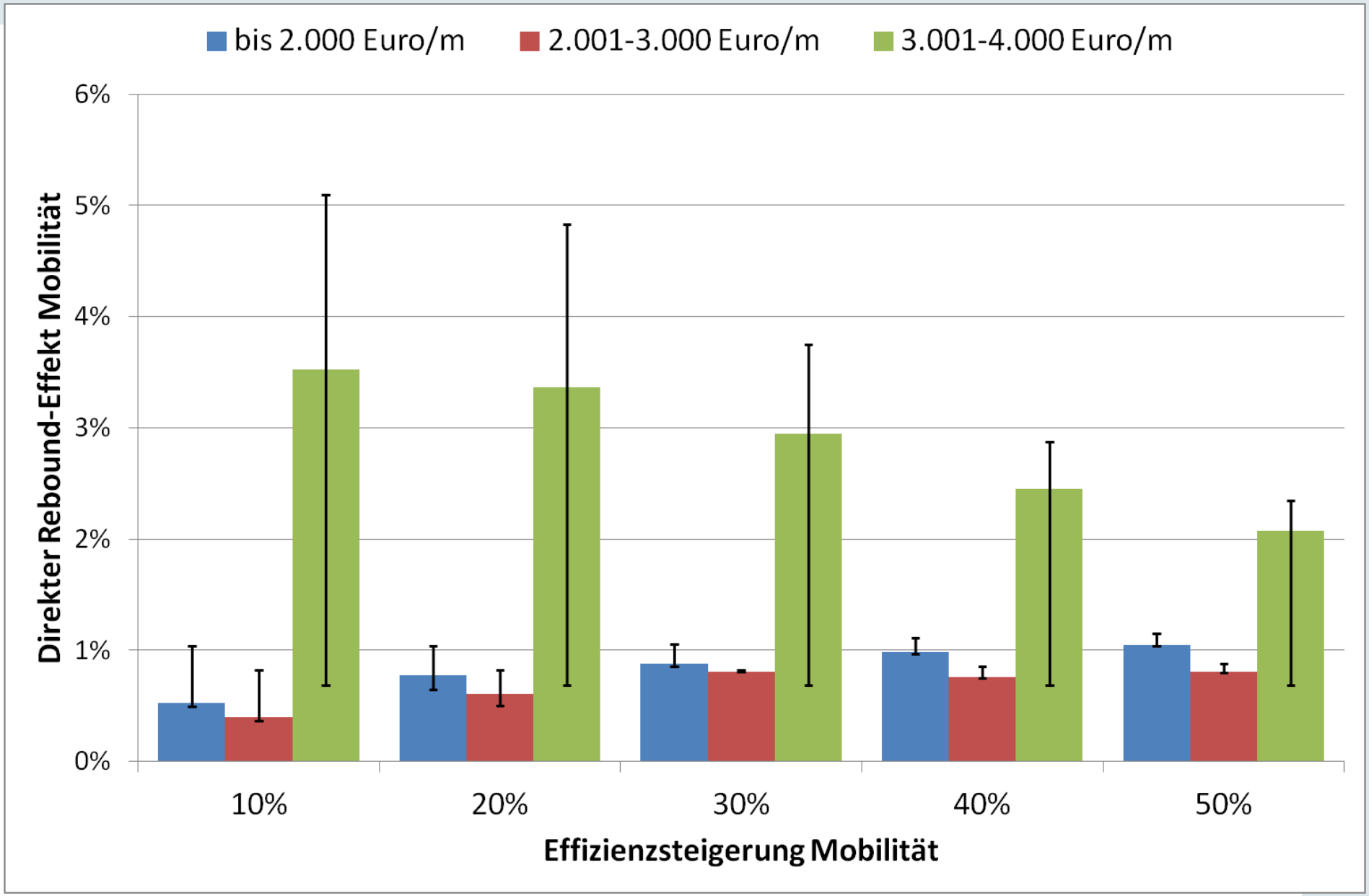
# Umsetzung in Vensim®

- Vensim® ist eine System Dynamics Software, welche ein intuitives Programmieren ermöglicht.
- Komplexe Modelle können auf mehrere Ansichten (Views) aufgeteilt werden:
  - Einkommen-Ausgaben,
  - Personenmobilität,
  - Raumwärme,
  - Geräte und
  - Mittelaufteilung.

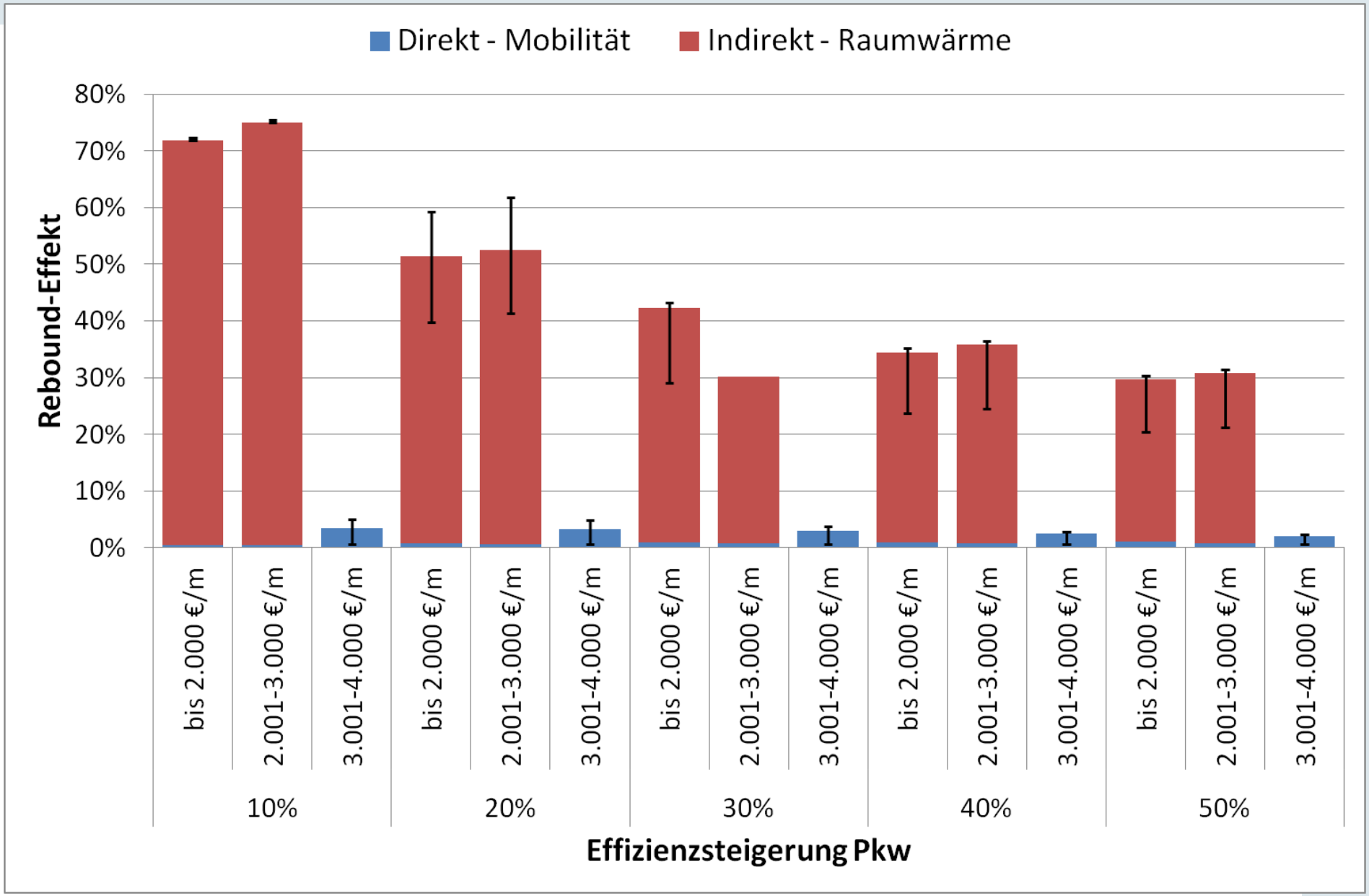
# Umsetzung in Vensim® - Raumwärme



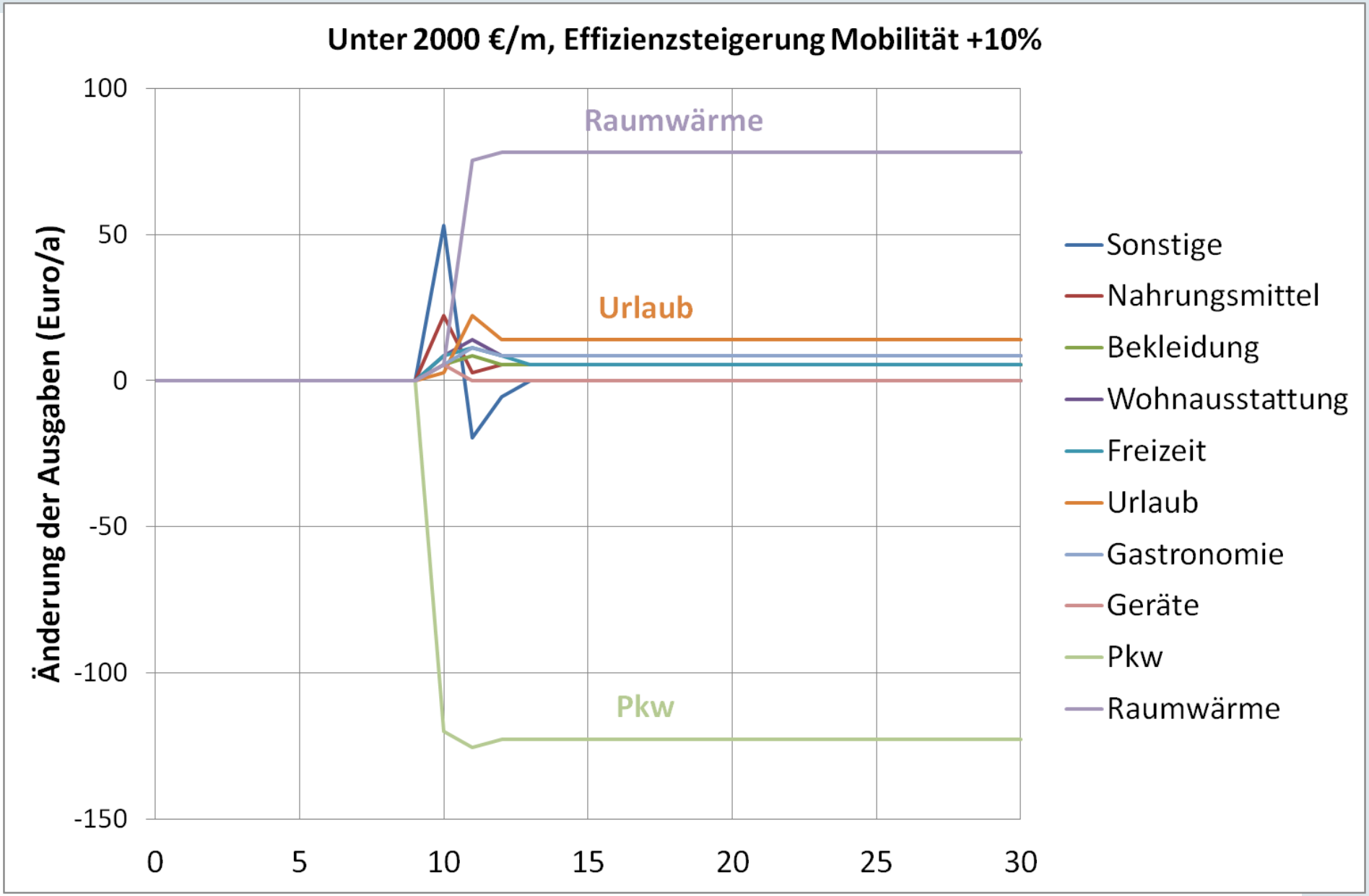
# Effizienz Pkw direkte Rebound-Effekte



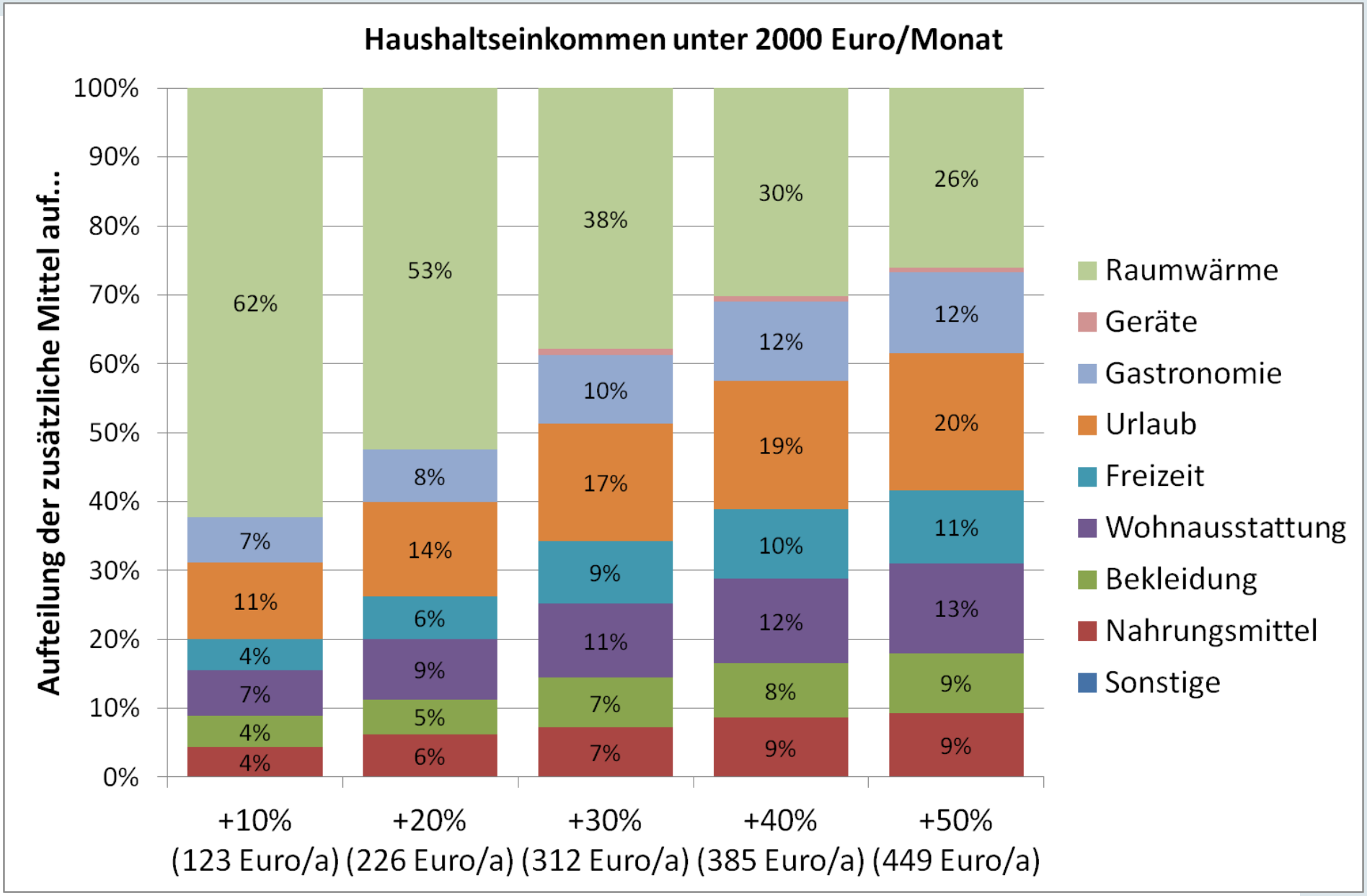
# Effizienz Pkw indirekte Rebound-Effekte



# Effizienz Pkw Mittelverwendung



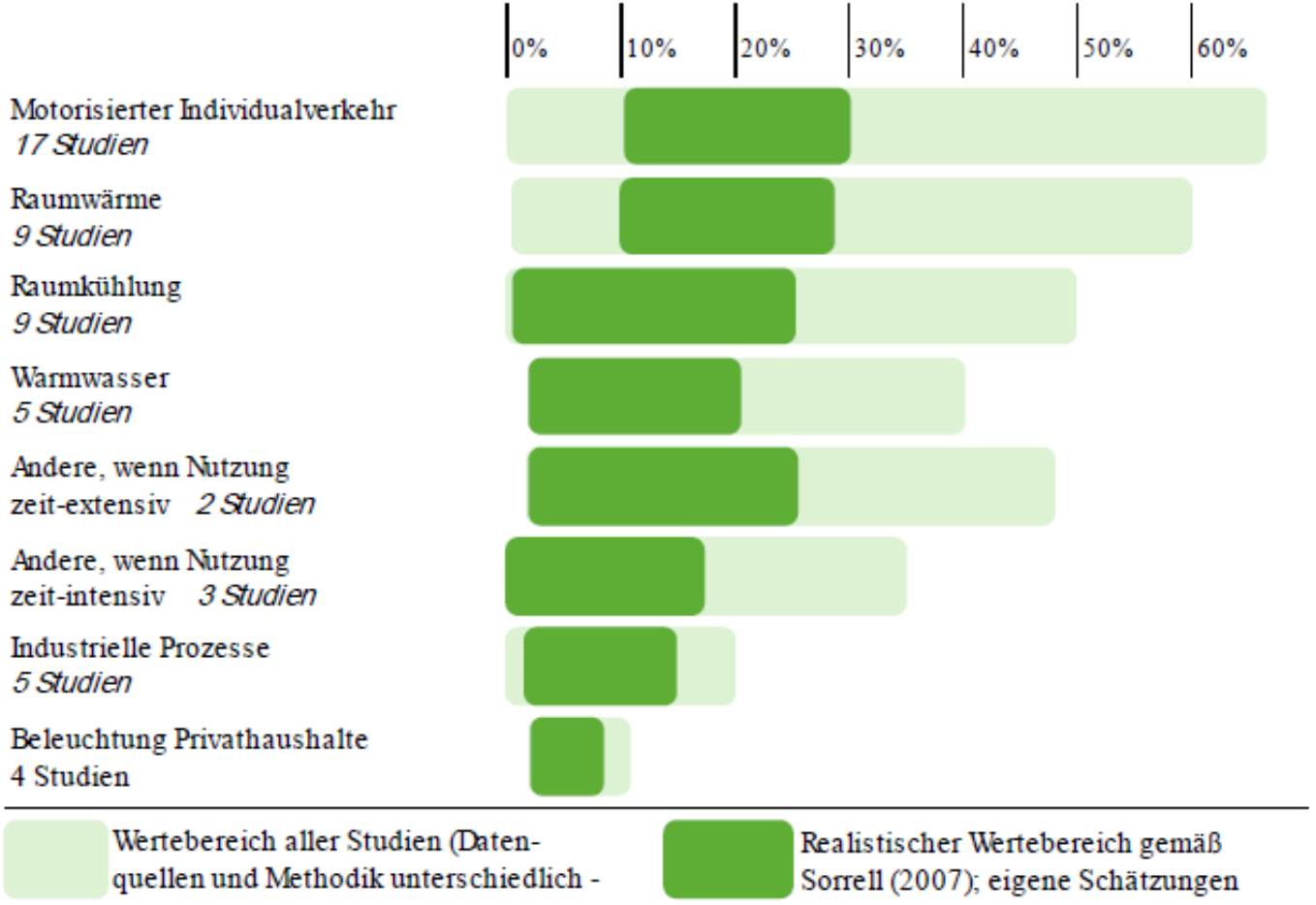
# Effizienz Pkw Mittelverwendung



# Gesamtmodell Schlussfolgerungen

- In URBE wurde ein Modell zur Abschätzung indirekter Rebound-Effekte erstellt.
- Der indirekte Rebound-Effekt kann deutlich über dem direkten Rebound-Effekt liegen.
- Für konkrete Prognosen sind weitere Sensitivitätstests und Daten zur Kalibrierung notwendig.
- Forschungs- und Diskussionsbedarf hinsichtlich Absicherung und Verfeinerung der Entscheidungslogik.

# Literatur




Quelle: Peters, A. et al. (2015): Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik; Umweltbundesamt, Dessau

# Maßnahmen

- strukturell – Raumordnung
  – modulare Wohneinheiten
- regulatorisch – Einführung von „Höchsttemperaturen“
  – Begrenzung der Wohnnutzflächen
- finanziell – Anreize für Einzelhändler
  – Energiepreise
- Bildung – Beratung bis Motivation

# Maßnahmen

**typenspezifische Kommunikation (Beispiel):**

**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.

# Forschungsbedarf

- Langzeituntersuchungen: Daten erfassen, Technik und Verhalten beobachten, Vergleichsgruppen
- weitere Bereiche erfassen: Unternehmen, Kommunen, Verwaltung, …
- spezifische Instrumentenmixe entwickeln
- Weiterentwicklung der Typologie und des Modells
- Kommunikationsstrategien für Typen entwerfen
- inter- und transdisziplinäre Arbeitsweisen

# Ein
# Rebound-Effekt
# kommt selten allein!