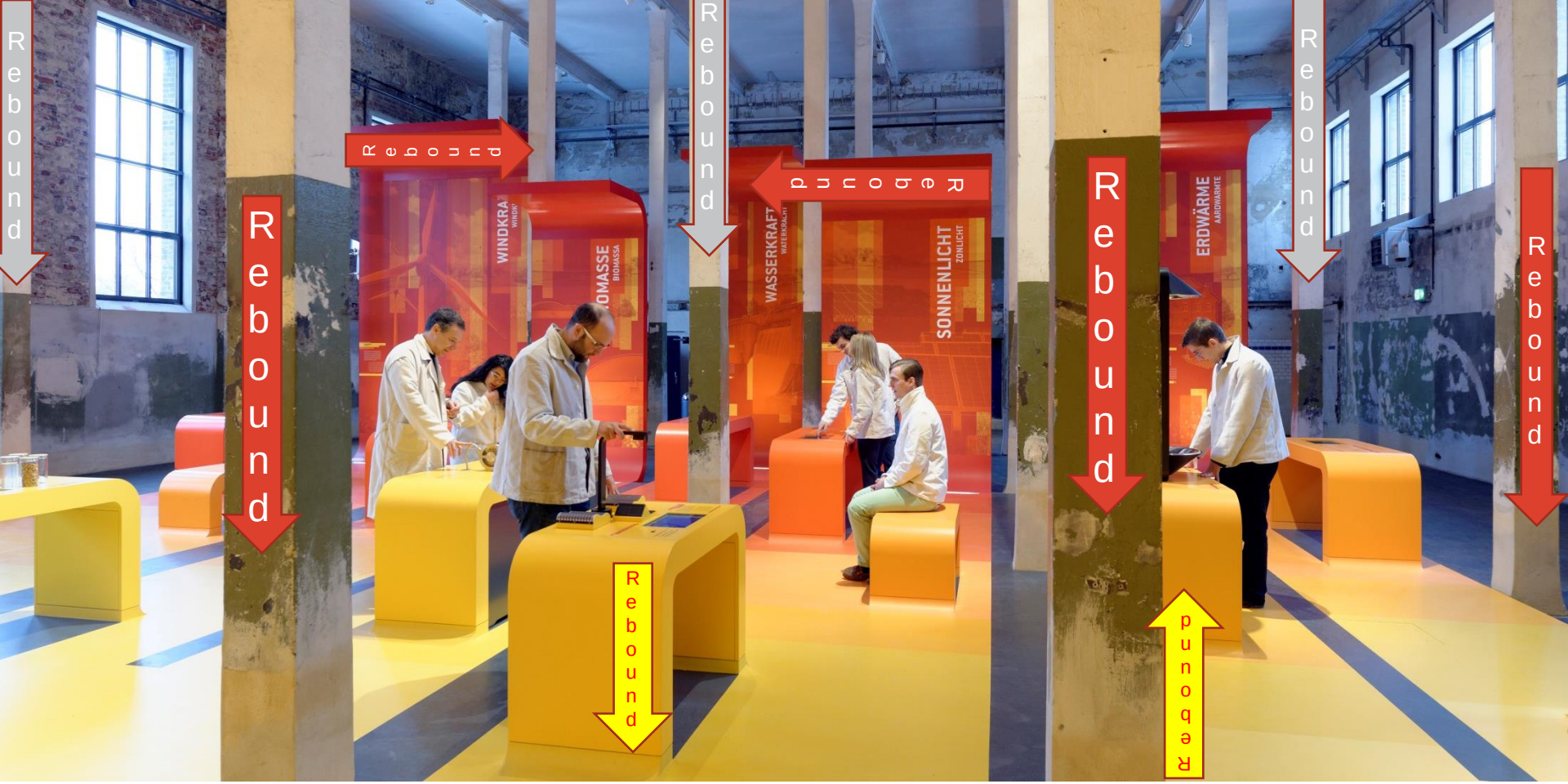


Ökonomische Rebound-Effekte und ihre Implikationen für die Politikgestaltung

Workshop „Rebound-Effekte bei Mobilitätsinnovationen: Risiken und Prävention “, 8. Mai 2017, Haus der Forschung, Wien

Univ.-Prof. Dr. Reinhard Madlener

FCN | Future Energy Consumer Needs and Behavior

E.ON Energy Research Center

RWTH AACHEN UNIVERSITY

Überblick

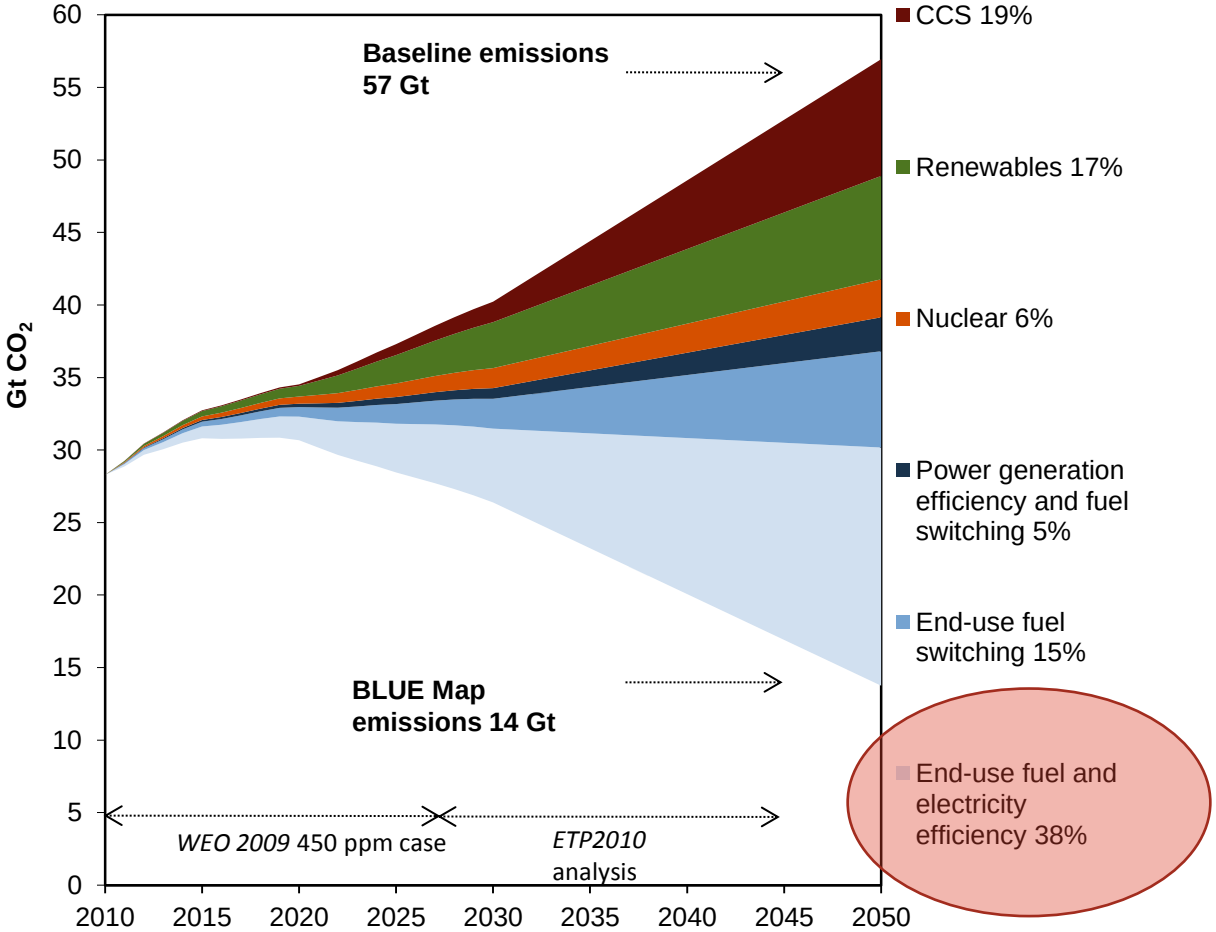
1. Rebound-Debatte (Hype? „Time to Pause and to Think“?)
2. Rebound: Die Achillesferse der Energieeffizienz
3. Wachstum & Wohlstand, ungesättigte Bedürfnisse vs. Suffizienz
4. Rebound-Begriffe und -mechanismen (Methoden- und Interpretationsvielfalt)
5. Stand der Rebound-Forschung (theoretisch und empirisch)
6. Fazit (positive Seite von Rebound, hohe Komplexität)

1. Weiterhin starkes Interesse am Thema Rebound – Wieso eigentlich?

„Energiesparen durch Effizienzfortschritte ist in einem weiter wachsenden System schlichtweg eine Illusion“

2. Energieeffizienz als eine wichtige Säule der Energiepolitik (problematisch: Reboundeffekte weitgehend vernachlässigt)

IEA CLIMATE MITIGATION SCENARIOS



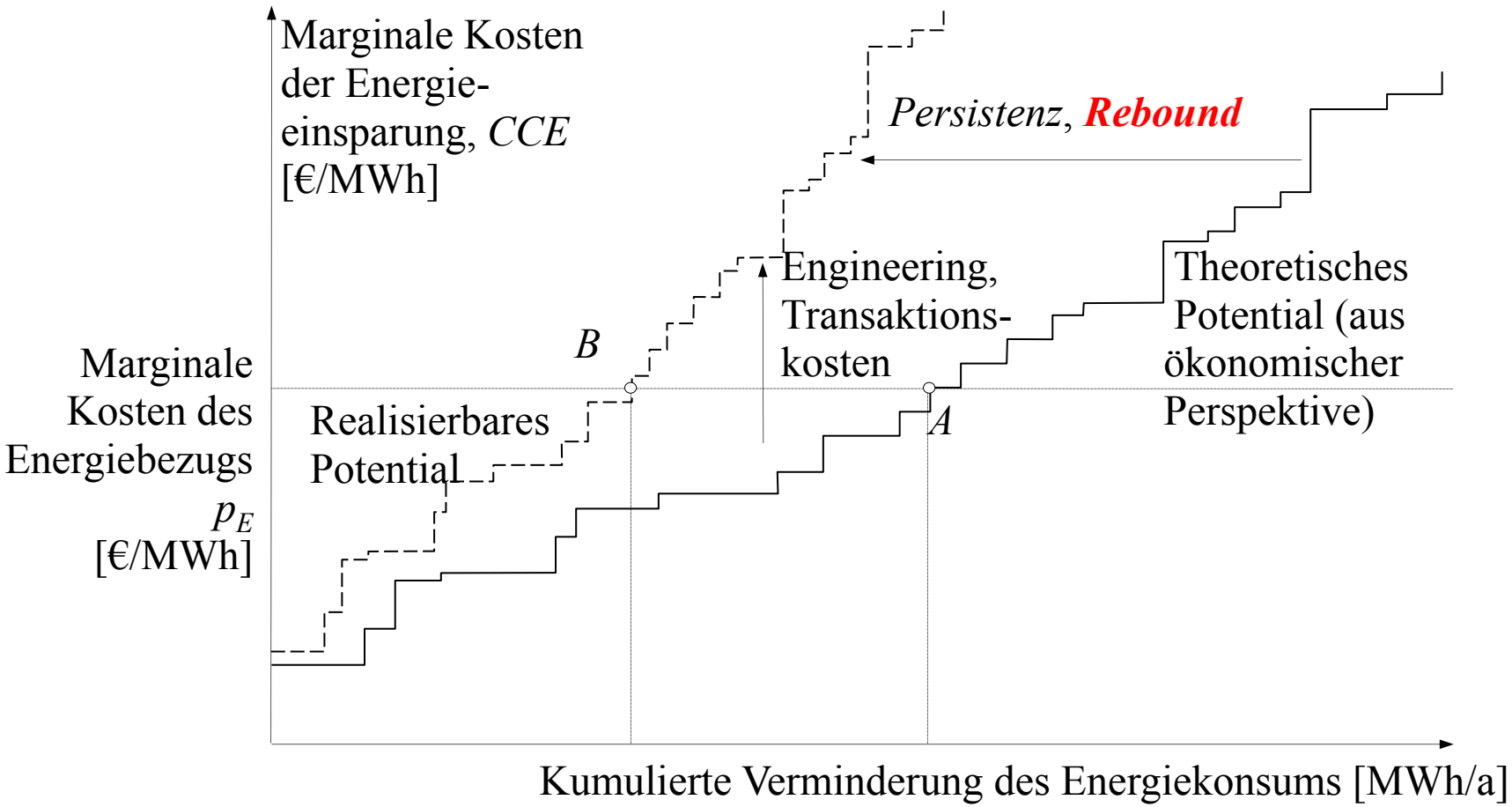
SOURCE: Thomas Kerr, IEA. Based on World Energy Outlook 2009 and Energy Technologies Perspectives 2010 reports. Adopted from Jenkins et al. (2011), modified.

"I think we have to have a strong push toward energy efficiency. **We know that's the low-hanging fruit, we can save as much as 30 percent of our current energy usage** without changing our quality of life."
(June 28, 2009)

http://www.nytimes.com/2009/06/29/us/politics/29climate-text.html

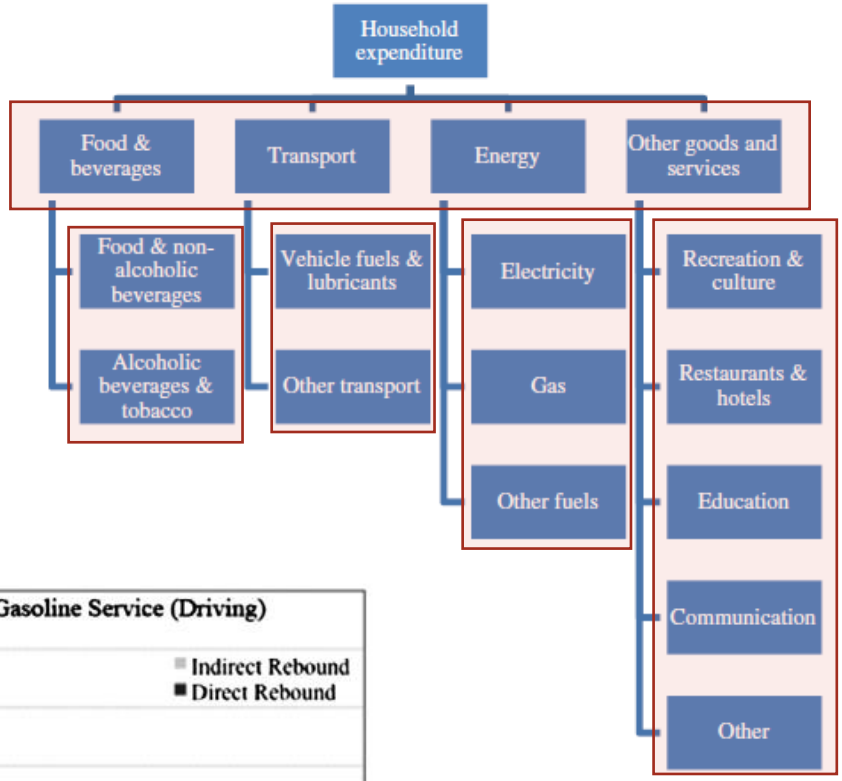
E.ON Energy Research Center | RWTH AACHEN UNIVERSITY

2. Verminderung von Energieeffizienzpotentialen durch Rebound et al.



Quelle: Erdmann & Zweifel (2007). S. 81

Direkte und indirekte Reboundeffekte im privaten Haushaltssektor



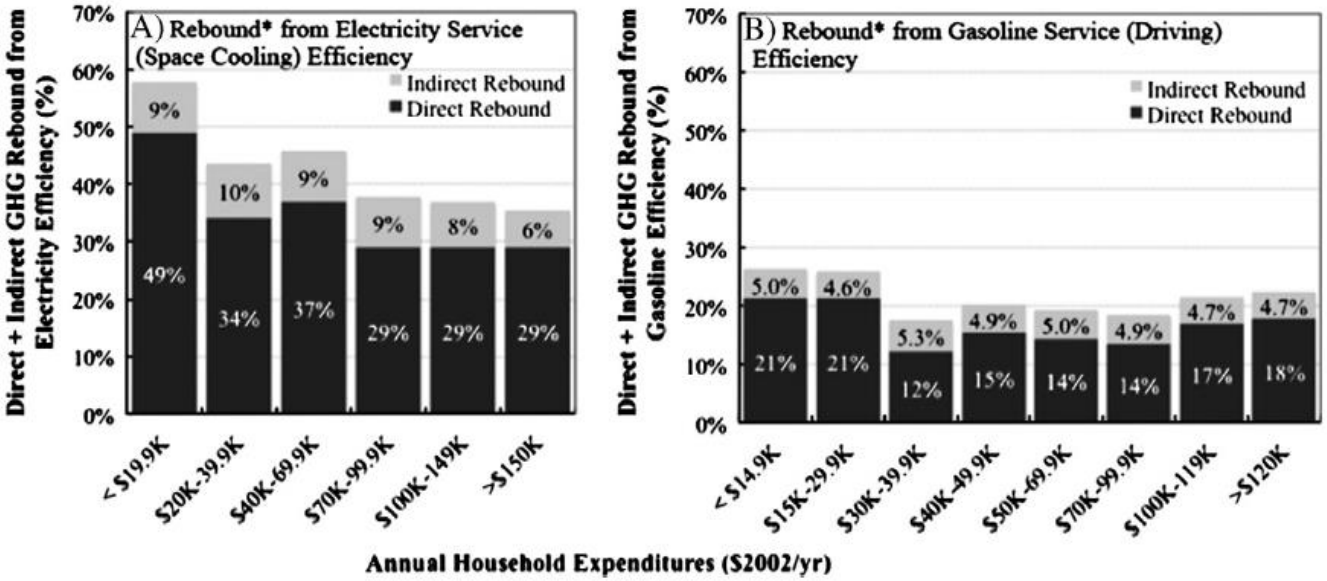


Fig. 7. A–B: Direct and indirect rebound effects in (A) electricity efficiency and (B) gasoline efficiency decline with income. Sources/Notes: *Direct rebound is likely overestimated due to use of own-price elasticity of electricity and gasoline from Reiss and White (2005) and Gillingham (2011). Income elasticities are from Taylor and Houthakker (2010), and budget shares are from 2004 Consumer Expenditure Survey (BLS, 2004).

RWTH AACHEN UNIVERSITY

1. Rebound-Beispiel Beleuchtung 3/5

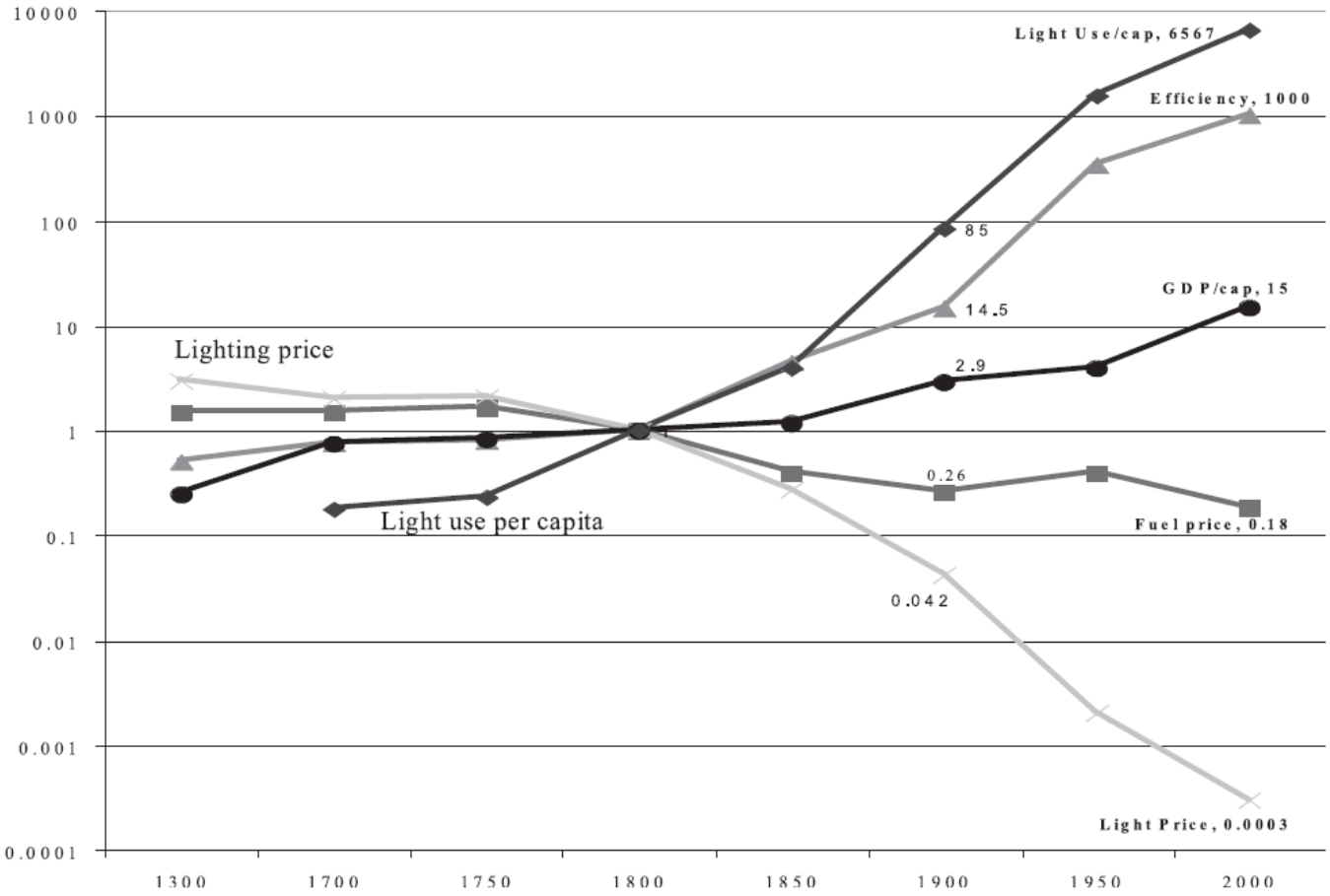
700 Jahre Beleuchtung (Vereinigtes Königreich)

Jahr	Energie-preis	Effizienz	Preis der Beleuchtung	Beleucht.-konsum / Kopf	Beleucht.-konsum	Reales BIP / Kopf
1300	1.5	0.5	3	-	-	0.25
1700	1.5	0.75	2	0.17	0.1	0.75
1750	1.65	0.79	2.1	0.22	0.15	0.83
1800	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1850	0.4	4.4	0.27	3.9	7	1.17
1900	0.26	14.5	0.042	84.7	220	2.9
1950	0.4	340	0.002	1 528	5 000	3.92
2000	0.18	1 000	0.0003	6 566	25 630	15

Quelle: Fouquet/Pearson (2006); * s.a. Frondel („et“, 2012) (Anm.: Indizes normalisiert auf 1 für das Jahr 1800)

1. Rebound-Beispiel Beleuchtung 4/5

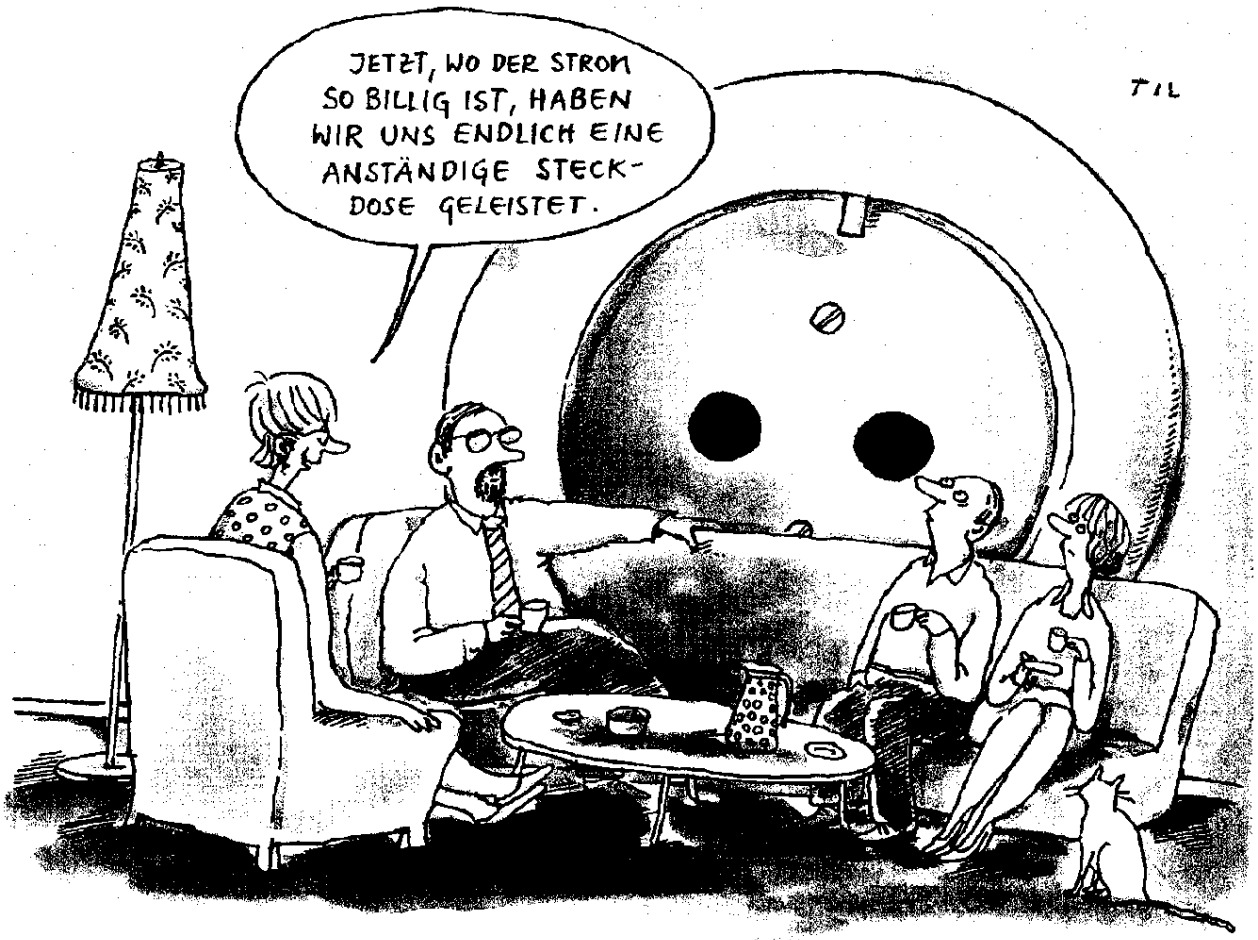
Figure 14. Indices of Key Lighting Variables in the United Kingdom (Log Scale, 1800=1), 1300-2000



Quelle: Pearson & Fouquet (2006)

E.ON Energy Research Center | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Karikatur: die Quintessenz von (direktem) Rebound



Präziser f. Rebound-Diskussion: Jetzt, wo wir es uns aufgrund **technischer Effizienzsteigerungen** leisten können… (N.B.: Mehrkonsum hat zahlreiche Ursachen!)

Grundproblem: viele ungesättigte Bedürfnisse, mangelnde Suffizienz

Foto: Winandy

Foto: Pinterest

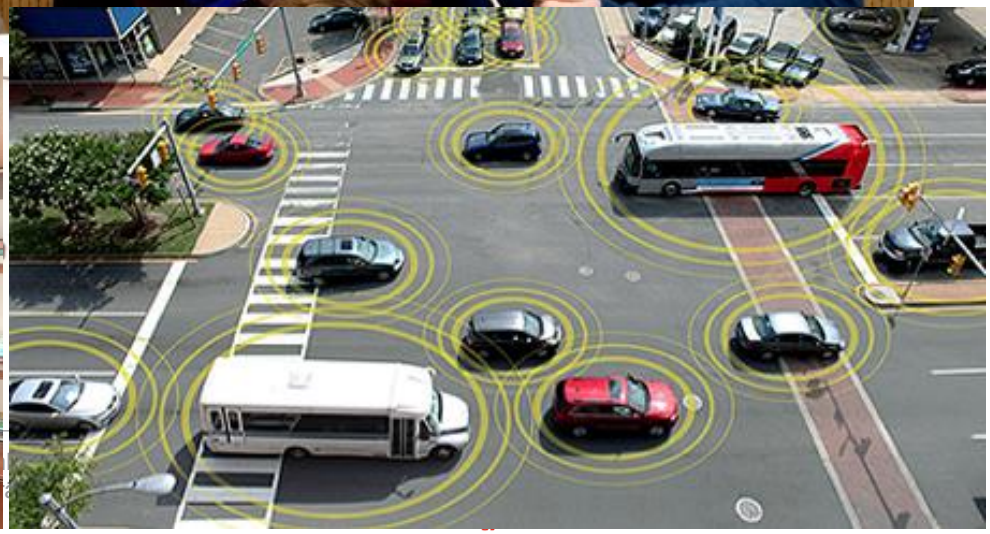


Foto: Univ of Michigan

2. Definition von Rebound, Anfänge der Reboundforschung

- **Was ist "Energie-Rebound"?**
  - Phänomen, bei dem eine Steigerung der (technischen) Energieeffizienz eine weniger als proportionale Verminderung des Energieverbrauches induziert

    $R = 1 - T / E \neq 0$ R … Rebound; *T*, *E*… Tatsächliche, Erwartete Energieeinsparung

    → Tatsächlich realisierter **Umweltnutzen (Einsparung von Ressourcen)** fällt geringer aus als erwarteter Nutzen (+ Effizienz-Politik ist weniger effektiv bzw. kosteneffizient!)

    → **Verhaltensanpassungen** bzgl. effizienterer Technologie kompensieren (teilweise) den durch die neue Technologie erwarteten Nutzen der Einsparung

- **Der Anfang: "The Coal Question"** (Jevons 1865; vgl. Alcott 2005)
  - Steigerung der Energieeffizienz – während der Industriellen Revolution in Großbritannien – führt nicht zwingend zu Ressourceneinsparungen (kann Kohle-Knappheit nicht verhindern)

- **"Khazzoom-Brookes" Postulat** (Brookes 1978, Khazzoom 1980)
  - Bei (real) konstanten Preisen werden Energieeffizienz-Steigerungen den Energieverbrauch über das Niveau hinaus steigern, auf dem er ohne Effizienzgewinn wäre (Saunders, 1992)

    → „Backfire" (würde Effizienzpolitik zur Ressourcenschonung kontraproduktiv machen)

2. Die wichtigsten Arten von Rebound

Mikro-Ebene

- **Direkte Effekte** (= Preiseffekt) – Anstieg der Nachfrage nach einer Energiedienstleistung, welche aufgrund einer Effizienzsteigerung (relativ) günstiger geworden ist
- **Indirekte Effekte** (= Einkommenseffekt) – Erhöhung des verfügbaren realen Einkommens durch Kosteneinsparungen aufgrund der Steigerung der Energieeffizienz; die Ersparnis wird für den Mehrkonsum anderer (energieverbrauchender) Güter und Dienstleistungen verwendet

- **Meso-Effekte** (= Produktions- oder sektorale Effekte) (Santarius 2015)

- **Makroökonomische Effekte** (= Gesamtwirtschaftlicher Effekt) – Anpassungen von Angebot und Nachfrage aufgrund von Veränderungen der relativen Preise in allen Sektoren der Wirtschaft; betrifft sowohl Unternehmen als auch private Haushalte

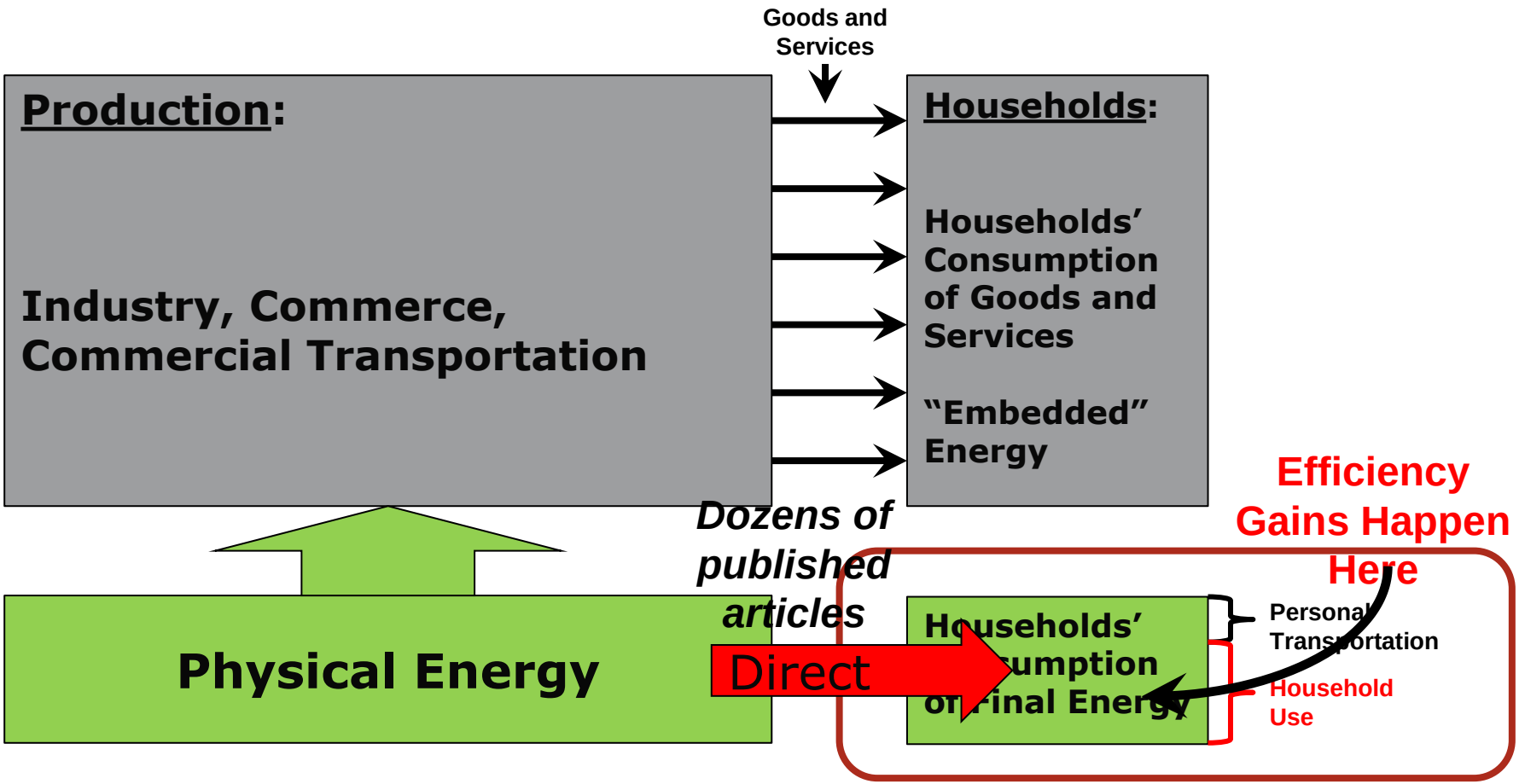
- (**Transformations-Effekte** – Konsum-Präferenzen bzgl. vorhandener / neuer Produkte werden durch Effizienzsteigerungen beeinflusst; Greening et al. 2000)

2. Die verschiedenen Rebound-Mechanismen

1. **Direkter Rebound** (Preiseffekt)
2. Adoption größerer Einheiten oder solchen mit mehr Funktionen
3. **Wiederverausgabung** (Einkommenseffekt)
4. Zusätzliche Nachfrage energieintensiver Güter (Kompositionseffekte)
5. Änderungen in den Prozessen in einer Phase der Produktkette oder des Lebenszyklus auf spätere Phase/n
6. Veränderungen in der Zusammensetzung der Inputfaktoren
7. Erhöhung der totalen Faktorproduktivität und des Produktionsoutputs
8. Allgemeiner (**makroökonomischer**) Gleichgewichtseffekt
9. Internationale Handels- und Relokationseffekte
10. Kapitalinvestitions- und -akkumulationseffekte
11. Technologische Innovations- und Diffusionseffekte
12. Änderungen der Präferenzen
13. Graue Energie-Effekt („embodied rebound“)
14. Zeitersparnis-Effekt („time rebound“)

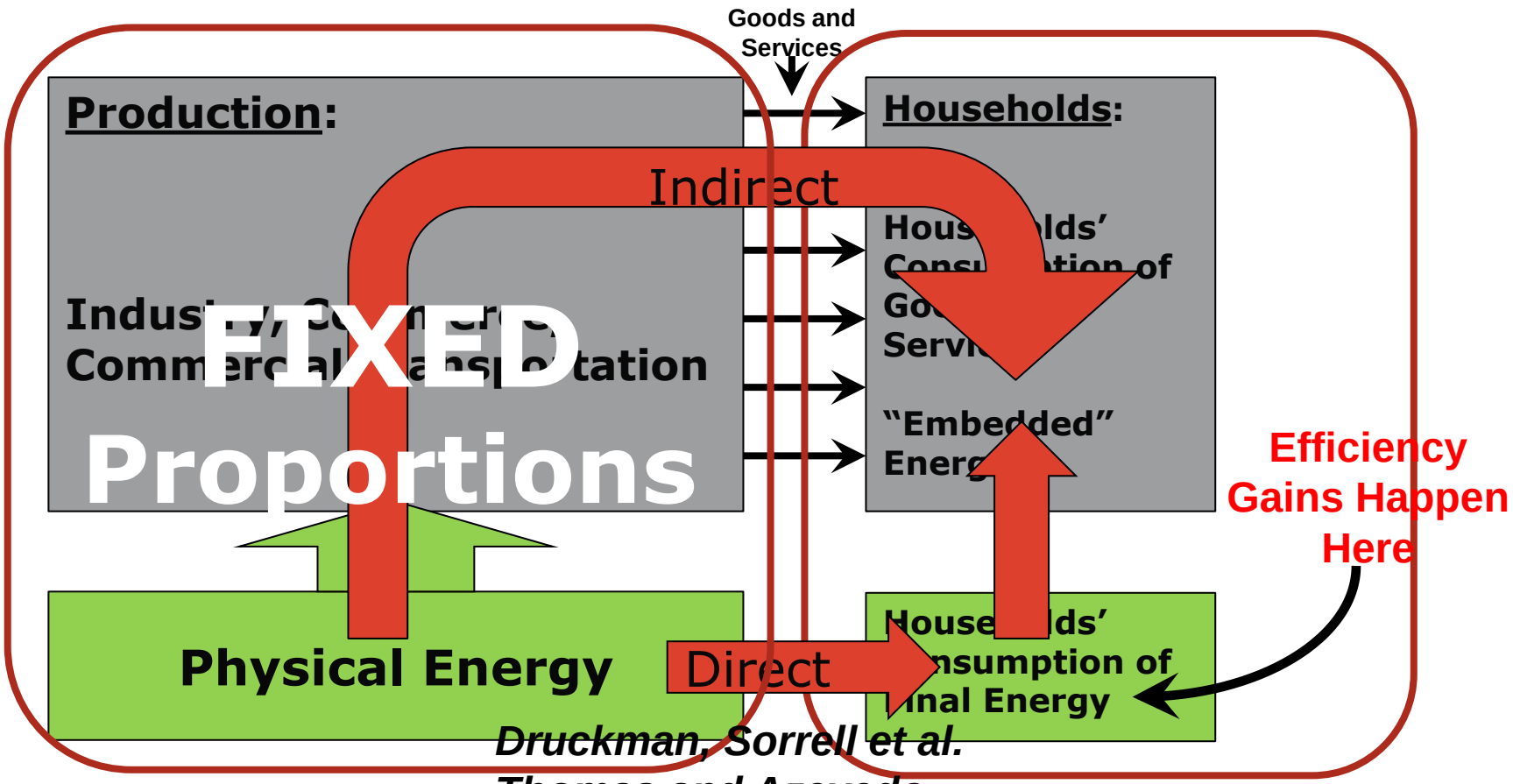
Quelle: van den Bergh (2011), Hervorhebungen R.M.

Typische Rebound-Analyse (Fokus: Heizen + Autofahren privater HH):



Source: Saunders (2015)

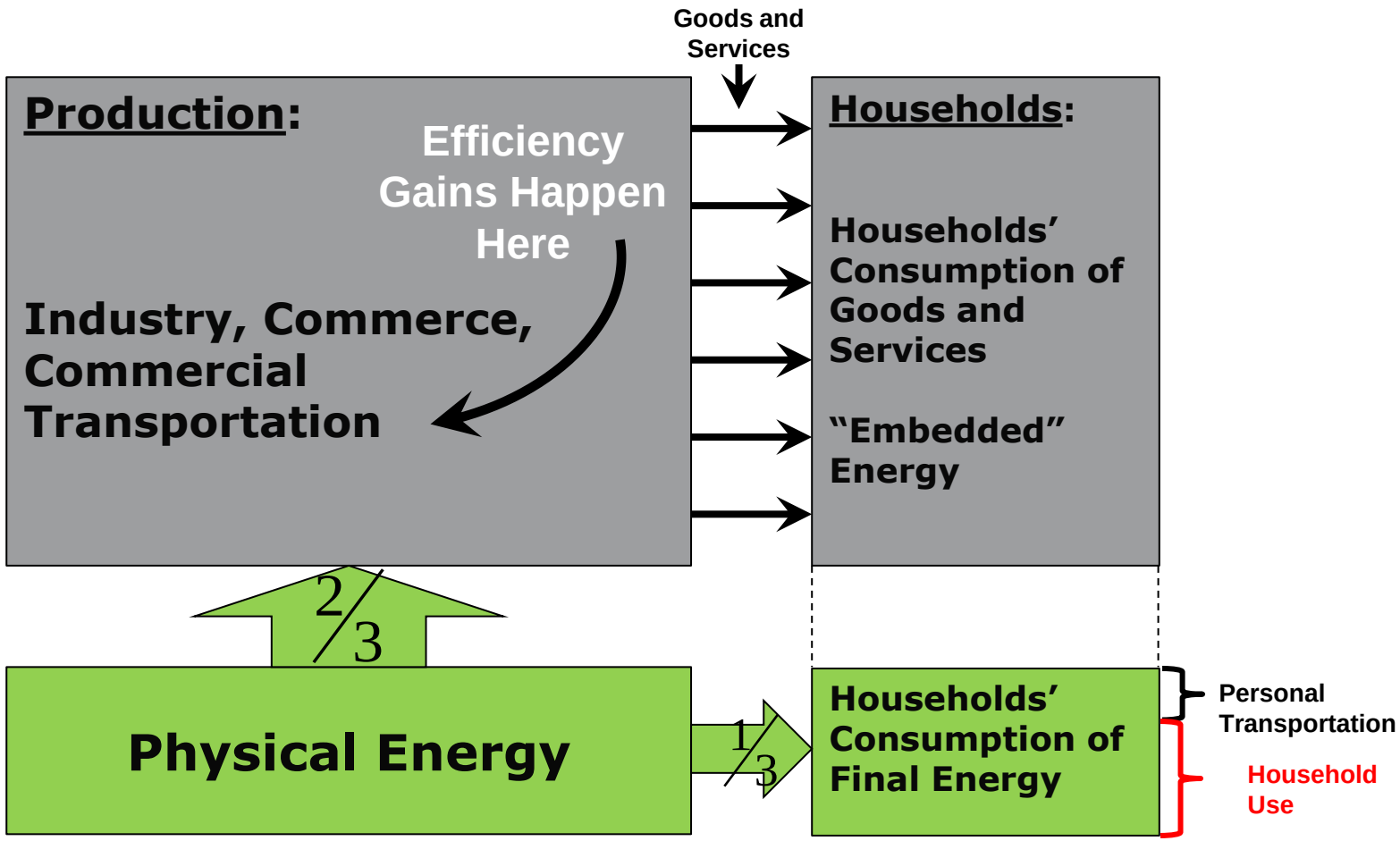
Typische Rebound-Analyse (Fokus: Heizen + Autofahren privater HH):



Druckman, Sorrell et al.
Thomas and Azevedo
Gillingham et al.

Source: Saunders (2015)

Produktionsseitige Effizienzsteigerungen sind komplexer:



Source: Saunders (2015)

4. Stand und Perspektiven Rebound-Forschung (Grobüberblick) 1/2

35 Jahre neuere Rebound-Diskussion in Wissenschaft und Politik – seit Anfang d. 1980er-Jahre (u.a. Sonderhefte von *The Energy Journal* und *Energy Policy*)

- **Theoretische Literatur** zum gesamtwirtschaftlichen Reboundeffekt, basierend auf stilisierten Produktionsfunktionen (z.B. Cobb-Douglas, Leontief)
- **Fülle an empirischer Literatur**, die darauf abzielt, verschiedene Komponenten von Reboundeffekten in unterschiedlichen Märkten zu schätzen.
- **<u>Konsens:</u> Rebound-Effekte** sind nicht vernachlässigbar, aber Höhe ist oft unklar
- **Weiterentwicklung der mikroökonomischen Rebound-Theorie**, nützlich für eine solide Unterfütterung empirischer Arbeiten, z.B.:
  - Weiterentwicklung der **Schätzung klassischer Elastizitäten als Rebound-Maß** (Berkhout et al. 2000, Binswanger 2001, Sorrell & Dimitropoulos 2008)
  - Aufspaltung von Rebound in **Substitutions- u. Einkommenseffekte** (Borenstein 2015; Chan & Gillingham 2015); Betrachtung sozialer Wohlfahrt (Chan & Gillingham 2015)
  - **Nutzentheoretische Modelle mit multiplen Energiedienstleistungen** und Energieinputs (z.B. Verwendung des Almost Ideal Demand System/AIDS, Deaton & Muellbauer 1980) (Hunt & Ryan 2014a,b; Schmitz & Madlener 2017)

4. Stand und Perspektiven Rebound-Forschung (Grobüberblick) 2/2

- Beträchtliche Menge an empirischer Forschung zum **direkten Rebound**
  - **Quasi-experimentelle Studien** (Messung des Konsums von Energie(-dienstleistungen) vor / nach einer Verbesserung der Energieeffizienz; Nutzung von Primärdaten)
  - **Ökonometrische Analysen** (Schätzung von Preiselastizitäten der Energienachfrage privater Haushalte oder Autofahrer; Nutzung von Sekundärdaten)
- Beträchtliche Menge an Studien zum **direkten und indirekten Rebound und zum "grauen" Rebound** (industrieökologische Forschung)
  - **Kombination von (umweltseitig) erweiterten I/O-Modellen, Lebenszyklusanalysen, sowie Gleichungssystemen der Konsumnachfrage** (Schätzung grauer Energie in versch. Kategorien v. Haushaltsgütern & -dienstleistungen, sowie den Ausgaben und Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten bzgl. dieser Güter und Dienstleistungen)
- Wichtige **Fortschritte in der makroökonomischen Modellierung** (Turner 2009; Turner et al. 2016; Löschel & Madlener 2017 in Vorber.)
  - Einsatz rechenbarer allgemeiner **Gleichgewichtsmodelle** (od. Multiplikatoren)
  - **Berücksichtigung multipler Effekte** im gesamten Wirtschaftssystem
  - Einsicht, dass Rebound in einigen Sektoren **auch negative Werte** annehmen kann („Super-Effizienz") und **Einzeleffekte gegenläufig zueinander** sein können

5. Fazit

1. Rebound ist ein **sehr komplexes Phänomen** bzw. Thema (keine einfache Forschung, keine einfachen Antworten!)

2. Reboundeffekte sind **in der Regel nicht zu vernachlässigen** und beeinflussen die Effektivität von Energieeffizienz-Politiken negativ

3. **Wohlfahrtsökonomik:** Reboundeffekte sind **nicht nur negativ** zu sehen; Politikgestalter müssen ihre Fragen präzisieren

4. **Weitere Rebound-Forschung** erscheint insbes. nötig bezüglich:

   - den **Treibern** von Reboundeffekten (psychologische + ökonom. Faktoren)
   - zu **möglichen Verzerrungen in den Schätzungen** (Höhe + Richtung)
   - zur **Heterogenität** von Reboundeffekten (Rebound ist nicht *eine* Zahl)
   - zu Reboundeffekten in anderen Wirtschaftssektoren (inkl. Industrie4.0, IoT)
   - zu **indirekten und gesamtwirtschaftlichen Reboundeffekten**
   - zur Höhe des **wohlfahrtsoptimalen Rebound**

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!

Univ. Prof. Dr. rer. soc. oec. Reinhard Madlener

Tel. +241 80 49 820, -822
RMadlener@eonerc.rwth-aachen.de

www.eonerc.rwth-aachen.de/FCN

Aktuelle Veröffentlichungen:

Galassi V., Madlener R. (2016). Some Like it Hot: The Role of Environmental Concern and Comfort Expectations in Energy Retrofit Decisions, FCN Working Paper No. 11/2016, September.

Madlener et al. (2016). Rebound – Die Achillesferse der Energieeffizienz (Broschüre) https://broschueren.nordrheinwestfalendirekt.de/...rebound.../rebound-die-achillesfers...

E.ON Energy Research Center

Literatur-Auswahl 1/3

Seminal papers:

- Brookes, L.G., 1978. Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the U.K. *Energy Policy* 6, 94-106

- Khazzoom, J.D., 1980. Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. *Energy Journal* 1(4), 21-40

- Herring, H., 1999. Does energy efficiency save energy? The debate and its consequences. *Applied Energy* 63, 209-226

- Saunders, H.D., 2000. A view from the macro side: rebound backfire and Khazzoom-Brookes. *Energy Policy* 28, 439-449

Überblicksartikel:

- Madlener R., Alcott B. (2009). Energy Rebound and Economic Growth: A Review of the Main Issues and Research Needs. *Energy*, 34(3): 370-376

- R. Madlener, K. Turner (2016). 35 Years of Economic Energy Rebound Research: What have we achieved, and what's still open for work? in: H.J. Walnum, T. Santarius and C. Aall (Eds.) (2015), *How to Improve Energy and Climate Policies? Understanding the Role of Rebound Effects*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York

Literatur-Auswahl 2/3

Heterogenität von Rebound:

- Madlener R., Hauertmann M. (2011). Rebound Effects in German Residential Heating: Do Ownership and Income Matter?, *FCN Working Paper No. 2/2011*, RWTH Aachen University, February
- Schmitz H., Madlener R. (2017). Direct and Indirect Rebound Effects in German Households: A Linearized Almost Ideal Demand System Approach, *FCN Working Paper*, in Vorber.

Produktionsseitiger Rebound:

- Saunders H. (2013). Historical evidence for energy efficiency rebound in 30 US sectors and a toolkit for rebound analysis, *Technological Forecasting & Social Change*, 80: 1317-1330

Zeit-Rebound:

- Binswanger M. (2001). Technological progress and sustainable development: What about the rebound effect? *Ecological Economics*, 36: 119-132

Mikroökonomische Reboundtheorie:

- Chan N.W., Gillingham K. (2015). The microeconomic theory of the rebound effect and its welfare implications, *Journal of the Association of Ecological and Resource Economists*, 2: 133-159
- Borenstein S. (2015). A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications, *The Energy Journal*, 48: 178-187

Literatur-Auswahl 3/3

Mikroökonomische Reboundtheorie (Forts.):

- Gillingham K., Rapson D.,Wagner G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy, *Review of Environmental Economics & Policy*, 10: 68-88
- Hunt L.C., Ryan D.L. (2015). Economic modeling of energy services: Rectifying misspecified energy demand functions, *Energy Economics*, 50: 273-285

Makroökonomischer Rebound:

- Turner K. (2009). Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK Economy, *Energy Economics*, 31: 648-666
- Turner K. (2013). Rebound effects from increased energy efficiency: a time to pause and reflect?, *The Energy Journal*, 34: 25-42
- Turner K., Swales K., Koesler S. (2016). International spillover and rebound effects from increased energy efficiency in Germany, *Energy Economics*, 54: 444-452

Beleuchtungs-Rebound:

- Crosbie T., Stokes M., Guy S. (2008). Illuminating household energy demand and the policies for its reduction, *Energy & Environment*, 19: 979-993
- Pearson P.J.G., Fouquet R. (2006). Seven centuries of energy services: The price and use of light in the United Kingdom (1300-2000), *The Energy Journal*, 27: 139-177

Backup-Folie: Rebound-Effekte Beleuchtung

Beispiel: “Smart Lighting”

- Beleuchtung: 5 % des Endenergieverbrauchs (19 % des Primärenergieverbrauches für elektr. Energie)
- Verbot der **Glühbirne** (verbannt in AUS, NZ, der EU) – 15 Lumen/W
- **Energiesparlampen** (≈ 65 Lumen/W) / Halogenlampen
- **LEDs** (≈ 132 Lumen/W)
- **OLEDs** (gegenwärtig ≈ 60 Lumen/W, dramatische Weiterentwicklung im Gange)

- **Weltmarkt-Volumen:** dzt. ca. $ 100 Milliarden (großer Wachstumsmarkt)
- **Enorme Energieeffizienz-Potentiale**
  - Völlig neue architektonische Designs (OLEDs)
  - Automatisches Dimmen bei Tageslicht
  - Bewegungssensoren (Personen-Verfolgung)
- **Aber auch Risiko substantieller Rebound-Effekte** (Nachfrage nach gemütsabhängigen Beleuchtungskonzepten, gestyltem Interieur vs. Energiesparen & Umweltschutz)
- **Stromverbrauch für Beleuchtung in britischen Haushalten:** stieg in den letzten Jahren trotz großer politischer Anstrengungen und rascher Verbreitung der Sparlampen weiter an (Crosbie et al. 2008)