

# GAIiA

ECOLOGICAL PERSPECTIVES FOR  
SCIENCE AND SOCIETY  
ÖKOLOGISCHE PERSPEKTIVEN FÜR  
WISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT

2 | 2014



- KLIMASKEPSIS UND KLIMARELIGION
- GOVERNANCE OF ENVIRONMENTAL EXPERTISE
- TRANSDISCIPLINARY PROJECT DESIGN

# Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation

*Durch die Verringerung des Primärenergieverbrauchs um 50 Prozent will die Bundesrepublik bis 2050 komplett auf erneuerbare Energien umsteigen. Doch sie hat die Rechnung ohne die Rebound-Effekte gemacht, die eine hinreichende Reduktion der Nachfrage vereiteln können. Es klaffen noch große Wissenslücken zu diesem Phänomen und die Forschung ist gefragt, Rebound-Effekte näher unter die Lupe zu nehmen.*

Tilman Santarius

## Rebound Effects: Blind Spots in the Socio-Ecological Transition of Industrial Societies

GAIA 23/2 (2014): 109–117

### Abstract

Rebound effects have been discussed in micro- and macro-economics since the 1980s, but until today have garnered too little attention in disciplines outside economics or in applied sustainability politics. This article provides an overview of the existing research, raises critiques, and points out open questions. It makes the case for analysis of psychological rebound effects in order to broaden the narrow micro-economic perspective on consumer behavior. It explains “ideological divergences” in present rebound research on energy efficiency-induced economic growth impacts and suggests that existing econometric evidence on macroeconomic rebounds might rather underestimate the scope of these effects. Furthermore, this article comprehensively addresses producer-side and market-level rebound effects, which so far have only achieved marginal attention even in the economic rebound literature. The various rebound effects identified may result in reducing the energy savings potential of technical efficiency improvements by 50 percent or more. Therefore, research on a socio-ecological transition of industrial societies is well-advised to take due note of rebound effects and foster policies and measures that can contain them.

### Keywords

economic growth, energy efficiency, rebound effect

Der Rebound-Effekt beschreibt das Verhältnis von ökonomischer Effizienzverbesserung und materieller Expansion, meist mit Blick auf Energieeffizienz und -nachfrage. Ein Rebound-Effekt liegt dann vor, wenn eine Verringerung des Inputs pro Einheit Output (Effizienz) zu einer Steigerung des Outputs (Expansion) führt. Und obgleich es zum Grundwissen aller Betriebs- oder Volkswirtschaftsstudierenden gehört, dass das „Wirtschaftlichkeitsprinzip“ sich entweder durch eine Minimierung des Inputs pro Einheit Output oder eine Maximierung des Outputs bei gegebenen Inputs realisieren lässt, ist deren Wechselverhältnis – sprich der Rebound-Effekt – bis heute unzureichend erforscht.

Trotz erheblicher Wissenslücken ist der Rebound-Effekt inzwischen in aller Munde. In den letzten Jahren nahmen die Rebound-Veröffentlichungen, die sich an politische Entscheidungsträger(innen) und die interessierte Öffentlichkeit richten, stark zu. In Deutschland hat jüngst die Veröffentlichung des Endberichts der Enquetekommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ gezeigt, dass ein besseres Verständnis des Rebound-Effekts von zentraler Bedeutung für eine sozial-ökologische Transformation moderner Gesellschaften ist (Deutscher Bundestag 2013). Denn die Gretchenfrage einer sozial-ökologischen Transformation lautet: Wie kann der Verbrauch natürlicher Ressourcen, namentlich von Energie, so stark reduziert werden, dass der Metabolismus moderner Gesellschaften auf ein langfristig tragfähiges Niveau einschwenkt? Um dies beantworten zu können, müssen die Triebkräfte einer anhaltenden Nachfrage beziehungsweise Expansion materieller Energie- und Ressourcenverbräuche zweifelsfrei verstanden werden. Der Rebound-Effekt ist eine wichtige Triebkraft.

An heterogenen Einschätzungen über die quantitative Dimension des Rebound-Effekts mangelt es nicht. Am einen Ende des Spektrums wird konstatiert, „most of the economic growth of our Western civilization in the past 200 years stems from the rebound effect“ (Ayres und Warr 2009, S. 233). Auch andere Rebound-Forscher(innen) sind der Ansicht, Energieeffizienzsteigerungen würden regelmäßig dazu beitragen, dass die Energienachfrage

**Kontakt:** Tilman Santarius | University of California, Berkeley |  
310 Barrows Hall | Berkeley, CA 94720 | USA |  
E-Mail: tilman.santarius@berkeley.edu

© 2014 T. Santarius; licensee oekom verlag.  
This is an article distributed under the terms of the  
Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>),  
which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium,  
provided the original work is properly cited.



**ABBILDUNG 1:** Die Rebound-Effekte beim Energieverbrauch sind vielschichtig – nur wenn alle Komponenten berücksichtigt werden, lässt sich das tatsächliche Einsparpotenzial von Effizienzstrategien errechnen. Quelle: eigene Darstellung, modifiziert nach Sorrell (2007, S. 4).

in der Folge über das Ausgangsniveau hinaus steige – ein Phänomen, das als *backfire* bezeichnet wird (zum Beispiel Brookes 1978, 1990, Saunders 1992, 2000). Am anderen Ende des Spektrums wird behauptet: „the concept of a nontrivial rebound (...) is without basis in either theory or experience. It is, I believe, now widely accepted to be a fallacy (...)“ (Lovins 1988, S. 161; ähnlich auch Lovins 2011). Andere Autor(inn)en, die den Rebound-Effekt nicht prinzipiell leugnen, sind der Ansicht, dass seine praktische Bedeutung eher gering sei (zum Beispiel Schipper und Grubb 2000, Gillingham et al. 2013). Woher rühren diese unterschiedlichen Einschätzungen? Dieser Übersichtsartikel verbindet eine historische Rückschau und Auswertung bisheriger Erkenntnisse der mikro- und makro-ökonomischen Forschungsstränge zum Rebound-Effekt mit Ausblicken, wo noch Forschungsbedarf besteht. Er schlägt außerdem „meso-ökonomische Rebound-Effekte“ als neue Rebound-Kategorie vor (Abbildung 1) und wirft Forschungsfragen für deren Analyse auf.

## Mikro-ökonomische Rebound-Effekte

Bislang sind zwei wirtschaftswissenschaftliche Forschungsstränge zu unterscheiden. *Mikro-ökonomische Rebound-Effekte* beschreiben den Zusammenhang zwischen Effizienzsteigerungen und Energienachfrage auf der Ebene von Haushalten und Konsument(inn)en; die Ebene von Unternehmen als mikro-ökonomische Akteure wurde bisher nur am Rande thematisiert (siehe unten). *Makro-ökonomische Rebound-Effekte* beschreiben den Zusammenhang zwischen Energieeffizienzsteigerungen, gesamtwirtschaftlichem Wachstum und Energieverbrauch.

### Einkommens- und Substitutionseffekte

Die Debatte um mikro-ökonomische Rebound-Effekte wurde in den 1980er Jahren von Khazzoom losgetreten (Khazzoom 1980, 1987 und andere). Bereits in seiner ersten Veröffentlichung zum Thema beschreibt Khazzoom, dass Energieeffizienzsteigerungen die Nutzungskosten eines energieverbrauchenden Guts reduzieren. Daher führen Energieeffizienzsteigerungen dazu, dass den Konsument(inn)en nach Anschaffung einer energieeffizienteren

Technologie im Vergleich zur vorherigen Situation mehr Einkommen zur Verfügung steht. Dieser Einkommenseffekt kann zur Mehrnachfrage genutzt werden, um entweder die Nutzungsrate oder den Bestand oder den Komfort der effizienteren Güter zu steigern, was auch als „direkter Rebound-Effekt“ bezeichnet wird.

Doch Khazzoom war nicht so naiv anzunehmen, dass der reale Einkommensgewinn nach einer Effizienzsteigerung in Gänze zur Mehrnachfrage dieses gleichen Guts aufgewendet wird. Schließlich ist es auch denkbar, dass Menschen das Geld, das sie einsparen, in den Erwerb anderer Güter und Dienstleistungen stecken, inklusive der Anschaffung weiterer Effizienztechnologien zur Einsparung von Energie an anderer Stelle. Allerdings generieren sie dann sogenannte indirekte Rebound-Effekte, da die Produktion und Nutzung fast aller Güter und Dienstleistungen mit Energieverbrauch einhergeht. Daher postulierte Khazzoom, dass die Preiselastizitäten der Nachfrage das entscheidende Kriterium sowohl für das Auftreten wie auch die Höhe eines direkten Rebound-Effekts darstellt (Khazzoom 1980, S. 22).

Mit der Preiselastizität wird in der Ökonomie die Abhängigkeit der Nachfrage – und des Angebots – eines Guts oder einer Dienstleistung von ihrem Preis beschrieben. Je größer die Preiselastizität der Nachfrage, desto stärker reagieren Angebot und Nachfrage: auf eine Preissenkung mit einer Ausweitung, auf einen Preisanstieg mit einer Verringerung der Menge. Dabei gilt: Bei fehlender Preiselastizität der Nachfrage treten keine oder nur geringe direkte Rebound-Effekte auf, bei einer Preiselastizität  $< 1$  direkte Rebounds unter 100 Prozent, bei Elastizitäten  $> 1$  in dessen *backfire*. Dieser Zusammenhang wurde in etlichen Publikationen bestätigt (zum Beispiel Berkhout et al. 2000, Birol und Keppler 2000).

Zusätzlich zur Mehrnachfrage aufgrund von Einkommenseffekten durch Energieeffizienzsteigerungen können die reduzierten Kosten der Nutzung auch zur Substitution anderer Produkte und Dienstleistungen durch die effizienter gewordenen führen. Mit Substitutionseffekten ist auch dann zu rechnen, wenn insgesamt kein Einkommenseffekt vorliegt. Ein Beispiel: Wenn die Fahrt mit einem Pkw je Kilometer zunächst teurer ist als eine Bahnfahrt, durch eine Effizienzsteigerung aber preiswerter wird, darf mit einer Substitution von Bahnfahrten durch Pkw-Fahrten

gerechnet werden – und zwar auch dann, wenn der Kauf des effizienteren Pkws teuer war und daher insgesamt kein Einkommenseffekt vorliegt. Äquivalent zum Zusammenhang von direkten Rebound-Effekten und Preiselastizitäten hängen indirekte Rebound-Effekte von Substitutions- und Kreuzpreiselastizitäten ab. Beispielsweise kann es sein, dass ein(e) Konsument(in), der oder die eigentlich die Bahn gegenüber dem Auto präferiert, bei einem nur geringen Preisvorteil des Autos dieses nur manchmal anstelle der Bahn nutzen wird, mit steigendem Preisunterschied die Substitution aber immer öfter vornimmt.

In den vergangenen 30 Jahren wurden mehrere Dutzend empirischer Studien publiziert, die das quantitative Ausmaß mikroökonomischer Rebound-Effekte mit Hilfe ökonomischer Modelle oder historischer Datenreihen berechnen. Die meisten von ihnen beziehen sich auf Industrieländer. Fünf Meta-Studien haben diese Untersuchungen ausgewertet (Maxwell et al. 2011, Madlener und Alcott 2011, Jenkins et al. 2011, Sorrell 2007, Greening und Greene 1998). Mit Vorsicht lässt sich daraus extrapolieren, dass direkte Rebound-Effekte bei Endkonsument(inn)en beziehungsweise privaten Haushalten im Durchschnitt in Industrieländern mit hoher Wahrscheinlichkeit bei etwa 25 Prozent (Greening und Greene 1998) beziehungsweise zwischen zehn und 30 Prozent (Sorrell 2007) verortet werden können; das heißt, zehn bis 30 Prozent der Ressourceneinsparungen durch Effizienzgewinne werden durch den Rebound-Effekt zunichtegemacht. Dazu kommen indirekte Rebound-Effekte durch den Konsum aller Arten anderer Güter aus dem „restlichen“ Real-Einkommensgewinn von Effizienzmaßnahmen, dessen Größenordnung im Durchschnitt und langfristig fünf bis zehn Prozent der Energieausgaben an den Gesamtausgaben von Haushalten in Industrieländern ausmachen dürfte (Schipper und Grubb 2000, Sorrell 2007).

### Kritik mikro-ökonomischer Rebound-Berechnungen

Die meisten empirischen Studien bedienen sich der beschriebenen Elastizitäten als der zentralen Variablen zur Berechnung von Rebound-Effekten. Bei genauerem Hinsehen erscheint die Aussagefähigkeit von Preis- und Substitutionselastizitäten indessen begrenzt; erstens, weil ein Großteil des Wissens über Elastizitäten vor allem von älteren Rebound-Studien aus den 1980er und 1990er Jahren in Zeiten historisch niedriger Energiepreise gewonnen wurde. Die Vermutung liegt nahe, dass sich Elastizitäten mit steigenden Energiepreisen, wie sie in den letzten zehn Jahren beobachtet werden konnten und in Zukunft wahrscheinlich sind, verändern.

Zweitens ist davon auszugehen, dass Preiselastizitäten in der Realität nicht symmetrisch, sondern asymmetrisch ausfallen – zum Beispiel dass die Konsument(inn)en auf steigende Energiepreise stärker mit einem Nachfragerückgang reagieren könnten, als sie auf sinkende Energiekosten, die auf die Anschaffung einer effizienteren Technologie zurückgehen, mit einer Nachfragesteigerung reagieren. Allerdings weist eine Studie im Verkehrsbereich, die Asymmetrien berücksichtigt, trotzdem auf hohe Rebounds hin (Frondel und Vance 2011).

Drittens ist es unwahrscheinlich, dass Elastizitäten im Zeitverlauf unveränderlich bleiben. Zum Beispiel können sie mit der Finanzkraft der Konsument(inn)en schwanken: Konsument(inn)en niedrigerer Einkommensklassen werden oft auf kostensenkende Effizienzsteigerungen stärker mit einer Mehrnachfrage reagieren als Konsument(inn)en hoher Einkommensklassen, die zuvor schon ihren Bedarf gedeckt hatten (Boardman und Milne 2000). Das heißt, mit steigendem Einkommen könnte das Ausmaß direkter Rebound-Effekte zurückgehen. Überdies kann in bestimmten Bereichen (Märkten) eine Sättigung der Nachfrage eintreten oder die Nachfrage abflachen. Damit würde das Potenzial für direkte Rebound-Effekte ebenfalls zurückgehen (Sorrell 2007, Schipper und Grubb 2000). Elastizitäten können langfristig aber auch zunehmen, weil sich der Horizont möglicher Handlungsoptionen der Konsument(inn)en erweitert (Berkhout et al. 2000). Ein Beispiel: Zunächst werden Pendler(innen) nach einer Energieeffizienzsteigerung ihres Pkws die gleiche Strecke zum Arbeitsplatz fahren wie zuvor; erlaubt es die Einsparung beim Spritpreis indessen den Pendler(inne)n, weiter von der Arbeitsstelle entfernt zu wohnen, vergrößert sich die Elastizität der Nachfrage sprunghaft mit der Verlegung des Wohnorts.

In jedem Fall zeigt sich, dass Elastizitäten in der Realität nicht immer stetig sind, sondern sich abrupt ändern können. Stetige Elastizitäten unterstellen zudem eine jederzeit vollständige Reversibilität von Investitionen, die in der Realität eher selten gegeben sein wird. Insbesondere energieintensivere Technologien – etwa Pkws, Heizungsanlagen, Gebäudedämmung oder Maschinenparks in der Industrie – sind in der kurzen und mittleren Frist durch ein hohes Maß an Irreversibilität gekennzeichnet. Es gibt bislang keine Veröffentlichung, die systematisch die Kombinationsvarianten aus Einkommens- und Substitutionseffekten jeweils produkt-, nutzer-, preis- und zeitspezifisch durchspielt. Hier besteht noch empirischer Forschungsbedarf. Insgesamt legen die genannten Argumente nahe, dass elastizitätsbasierte Kalkulationen der Mikro-Ökonomie das Ausmaß direkter Rebound-Effekte eher über- als unterschätzen.

### Psychologische Rebound-Effekte

Zugleich erfordert eine belastbarere Bestimmung direkter Rebound-Effekte, die Handlungsmotive von Konsument(inn)en zu berücksichtigen. Zum einen können Effizienzsteigerungen nicht nur den Energieverbrauch pro Einheit senken. Zum Beispiel zeigen Binswanger (2001), J alas (2002) und Santarius (2012), dass Effizienzverbesserungen, die mit Zeitersparnissen einhergehen, ebenfalls zu verstärkter Ressourcennutzung und damit zu Rebound-Effekten führen können. Wo Zeit ein knapperer Faktor ist als Geld, dürften diese besonders groß ausfallen. Zum anderen können Effizienzsteigerungen nicht nur die technischen Eigenschaften eines Produkts verändern, sondern auch dessen symbolischen oder gesellschaftlichen Wert. Ändert sich der symbolische Wert von Produkten, können sich wiederum die Präferenzen von Konsument(inn)en ändern, diese zu nutzen. So können „psychologische Rebound-Effekte“ entstehen, wenn technische Effizienzsteigerungen die Nutzungspräferenzen von Konsument(inn)en



beziehungsweise – ökonomisch gesprochen – die Elastizitäten der Nutzer(innen) verändern. Beispielsweise könnten effizientere Produkte stärker nachgefragt werden als ihre konventionellen Vorgänger, weil sie keiner oder einer geringeren gesellschaftlichen Stigmatisierung unterliegen. Eine Berücksichtigung psychologischer Rebound-Effekte legt daher die Vermutung nahe, dass mikro-ökonomische Berechnungen das Ausmaß möglicher Rebound-Effekte auch unterschätzen könnten.

Die wissenschaftliche Diskussion von Rebound-Effekten reibt sich derzeit an zwei unterschiedlichen, aber gleichsam simplifizierenden Annahmen über menschliches Verhalten. Eine Perspektive geht davon aus, dass Menschen eine bestimmte Menge an Energie(dienstleistungen) präferieren, diese Präferenzen quasi fix „gegeben“ seien und ergo entweder mit mehr oder mit weniger effizienten Technologien befriedigt werden können. In dieser Sicht werden mikro-ökonomische Rebound-Effekte vermutlich grundsätzlich unterschätzt. Dem steht die Perspektive gegenüber, dass Individuen stets der Handlungsrationaleität des Homo oeconomicus folgen, demgemäß Bedürfnisse unersättlich, die Mittel notorisch knapp seien und die Befriedigung der (unersättlichen) Bedürfnisse daher stets durch Kosten-Nutzen-Erwägungen bestimmt würde. Unter diesen Annahmen führen Energieeffizienzsteigerungen, die die Nutzung eines Guts oder einer Dienstleistung preiswerter machen, grundsätzlich zu einer Mehrnachfrage.

Beide Positionen operieren offensichtlich mit holzschnittartigen Annahmen über menschliches Verhalten.

Die Erforschung psychologischer Rebound-Effekte auf Basis eines elaborierteren Verständnisses menschlichen Verhaltens steckt noch in den Kinderschuhen. Erste Annäherungen an das Thema liefern Arnold und Otto (2013), Girod und de Haan (2009) sowie Paech (2011). Peters et al. (2012) zeigen mit einer Auswertung von Fokusgruppen zum Rebound-Effekt entlang der Theorie des geplanten Verhaltens und des Norm-Aktivierungs-Modells, wie Effizienzsteigerungen die Problemwahrnehmung, die emotionale und affektive Bewertung von Technologien, die sozialen Normen oder individuelle normative Einstellungen von Konsument(inn)en verändern können – wobei es in den meisten Fällen plausibler erscheint, dass Effizienzsteigerungen eine Zunahme, nicht eine Reduktion der Ressourcennutzung bedingen. Santarius (2012) differenziert drei verschiedene Formen psychologischer Rebound-Effekte, die auf Verhaltensmechanismen wie dem Moral-Licensing-Effekt beruhen, die in der Literatur aus anderen Bereichen bekannt sind. Alle genannten Veröffentlichungen behandeln das Thema indessen erst cursorisch. Es besteht großer Forschungsbedarf, psychologische Rebound-Effekte systematisch zu ergründen und mit den Erkenntnissen insbesondere der Umweltpsychologie und soziologischer Akteurtheorien zu untermauern.

**ABBILDUNG 2:** Autos werden sparsamer – aber die Modelle auch immer größer, was den Einspareffekt konterkariert. Die Parkplätze des DDR-Umweltministeriums (MfUW) vor der Wende waren kleiner als die Parkplätze des nach 1990 dort eingezogenen Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).



## Makro-ökonomische Rebound-Effekte

Waren die mikro-ökonomischen Rebound-Effekte in den 1980er Jahren Gegenstand grundsätzlicher Debatten (zum Beispiel Kazzhoom 1987 vs. Lovins 1988, Brookes 1990 vs. Grubb 1990), ist ihre Funktionsweise heute weitgehend unumstritten; lediglich die quantitative Größenordnung wird immer noch kontrovers diskutiert. Der makro-ökonomische Rebound-Effekt hingegen – verstanden als „energieproduktivitätsbedingtes Wirtschaftswachstum“, infolgedessen sich die Energienachfrage vergrößert – wird bis heute generell infrage gestellt; wohl auch deshalb, weil seine Funktionsweise nach wie vor unzureichend erforscht ist.

Der Zusammenhang zwischen Energieeffizienzsteigerungen und Wirtschaftswachstum wurde bereits von William Stanley Jevons 1865 entdeckt (Jevons 1906, siehe auch Alcott 2005) und in der neueren energiewirtschaftlichen Diskussion von Brookes (1978, 1990) erstmals explizit formuliert. Ansätze einer „Theorie“ makro-ökonomischer Rebound-Effekte werden seit den 1990er Jahren vor allem von Saunders entwickelt (zum Beispiel Saunders 1992, 2000). Die Debatte von Brookes über Saunders bis zu heutigen ökonometrischen Erkenntnissen makro-ökonomischer Rebound-Effekte wurde vor allem von Sorrell und anderen strukturiert (zum Beispiel Sorrell 2007, 2009, Broadstock et al. 2007).

### Energieelastizität der Substitution

Die mit technologischen Energieeffizienzsteigerungen einhergehende umweltpolitische Hoffnung beruht bekanntlich darauf, dass eine verstärkte Kapitalinvestition in effiziente Technologien einen Teil des Energieverbrauchs ersetzen könne. Beispielsweise sind Herstellung und Kauf einer Energiesparlampe teurer als bei einer konventionellen Glühbirne, aber die Energiesparlampe verbraucht deutlich weniger Strom. Auf der makro-ökonomischen Ebene stellt sich allerdings die Frage: Verhalten sich die Produktionsfaktoren Energie und Kapital eher wie „Substitute“, so dass Energieeinsatz tatsächlich durch Kapitaleinsatz, das heißt Investitionen in effizientere Technologien, ersetzt werden kann? Oder stellen sich Energie und Kapital eher als sich ergänzende „Komplemente“ dar, so dass verstärkte Investitionen in Kapital mit einer verstärkten Nachfrage nach Energie einhergehen?

Saunders (2000) wie auch Birol und Keppler (2000) haben das allgemeine Theorem postuliert: je größer die Substitutionselastizität zwischen den Produktionsfaktoren Energie und Kapital – genauer: die Energiepreiselastizität der Substitution von Energie durch Kapital –, desto größer die Rebound-Effekte. Daraus lässt sich der scheinbar kontraintuitive Schluss ableiten: Je besser Energie durch Kapital ersetzt werden kann – und genau dies würde im Rahmen einer großangelegten „Effizienzrevolution“ geschehen –, desto größer fallen makro-ökonomische Rebound-Effekte aus. Allerdings konstatiert Howarth (1997), es könne nur von einer begrenzten (zwischen 0 und 1) und nicht von einer hohen ( $> 1$ ) Substitutionselastizität ausgegangen werden; dies würde immerhin den Fall von *backfire* ausschließen. Leider liegen bisher keine belastbaren Zahlen vor, die diese Frage empirisch klären könnten (siehe Broadstock et al. 2007, S. 51).

### Produktionsmächtigkeit der Energie

Des Weiteren wäre es reduktionistisch, Substitutionselastizitäten isoliert von der Produktionsmächtigkeit (Produktionselastizität; engl. *output elasticity*) des Faktors Energie zu betrachten. Denn die Energieelastizität der Substitution hängt auch davon ab, wie stark die durch eine Effizienzsteigerung reduzierten Produktionskosten eines Guts die gesamtwirtschaftliche Nachfrage nach diesem Gut (und damit den Umfang seiner Produktion) beeinflussen, mit anderen Worten: Wie hoch die Produktionsmächtigkeit ist. Und da wiederum die Summe des gesamtwirtschaftlichen Wachstums nach einer Energieeffizienzsteigerung maßgeblich den Energieverbrauch – und damit die Höhe möglicher Rebound-Effekte – beeinflusst, kann daraus das Theorem abgeleitet werden: je größer die Produktionsmächtigkeit des Faktors Energie, desto größer die Rebound-Effekte. Indessen liegen extrem unterschiedliche Einschätzungen über die tatsächliche Produktionsmächtigkeit des Faktors Energie vor. In der Tradition der frühen makro-ökonomischen Wachstumstheoretiker Robert Solow und Trevor Swan gehen die meisten neoklassischen Ökonomen bis heute von der zentralen Annahme aus, dass die Produktionsmächtigkeit aller Produktionsfaktoren ihren jeweiligen Faktorkostenanteilen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) entspreche (Solow 1956). Da die Faktorkostenanteile am BIP in Industrieländern im Durchschnitt für Energie fünf bis zehn Prozent, für Kapital 30 bis 40 Prozent und für Arbeit 50 bis 65 Prozent betragen, wird dem Faktor Energie eine vergleichsweise geringe Produktionsmächtigkeit zugesprochen (Kümmel 2011). Unter diesen Annahmen werden Effizienzsteigerungen des Faktors Energie eher geringe makro-ökonomische Rebound-Effekte nach sich ziehen.

Demgegenüber gehen Ökologische Ökonomen vor dem Hintergrund der Hauptsätze der Thermodynamik davon aus, dass dem Faktor Energie eine hohe Produktionsmächtigkeit, gar eine Schlüsselrolle im Wachstumsprozess industrieller Gesellschaften zukommt (zum Beispiel Stern und Cleveland 2004). So berechnen Kümmel und andere (Kümmel 2011, Lindenberger und Kümmel 2011) über den Zeitraum 1960 bis 1996 für Deutschland beziehungsweise die USA die Produktionsmächtigkeit von Kapital auf rund 38 Prozent (USA: 51 Prozent), von Arbeit auf etwa 15 Prozent (USA: 14 Prozent) und von Energie auf etwa 38 Prozent (USA: 35 Prozent). Unter diesen Annahmen werden Effizienzsteigerungen und damit Kostensenkungen des Faktors Energie das Wirtschaftswachstum stark ankurbeln und somit potenziell hohe Rebound-Effekte verursachen.

### Forschungsfragen zum Energie-Kapital-Nexus

Jenseits dieses offenbar ideologischen Grabenkampfs sollte berücksichtigt werden, dass die Wachstumswirkungen von Energieeffizienzsteigerungen nicht nur durch die Produktionselastizität des Faktors Energie, sondern auch durch jene des Faktors Kapital (beispielsweise Investitionen in Technologien) determiniert werden. Daher ist es für die Rebound-Forschung nicht allein ausschlaggebend, ob nun die neoklassische Perspektive oder die Ökologische Ökonomie Recht behält, da sich die Produktionsmächtigkeit von Energieeffizienzsteigerungen als Konglomerat



der Produktionsmächtigkeiten von Energie und Kapital darstellt. Und wie die Zahlen von Kümmel belegen, gibt es hier weit weniger Differenzen: Die Produktionsmächtigkeit von Kapital wird allseits als signifikant eingeschätzt.

Wie die Diskussion zeigt, ist die ökonomische Theorie von einer belastbaren Einschätzung der Größenordnung makro-ökonomischer Rebound-Effekte noch weit entfernt. Unter anderem müssten folgende wirtschaftswissenschaftliche Forschungsfragen geklärt werden: Nimmt die Produktionsmächtigkeit von Kapital bei höheren Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen in gleichem Umfang zu, wie die Produktionsmächtigkeit von Energie bei sinkendem (relativem oder absolutem) Energieverbrauch abnimmt? Wenn nicht: In welchem Wechselverhältnis ändern sich die Produktionsmächtigkeiten von Energie und Kapital genau? Die Antwort entscheidet maßgeblich darüber, ob mit eher moderaten oder aber hohen makro-ökonomischen Rebound-Effekten beziehungsweise *backfire* zu rechnen ist.

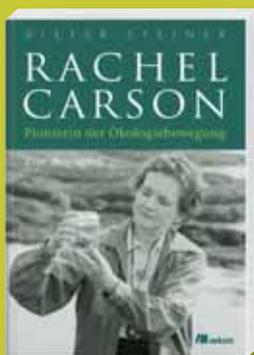
### Ökonometrische Erkenntnisse zum makro-ökonomischen Rebound-Effekt

Da die theoretische Ökonomie bisher keine verlässlichen Aussagen über das Austauschverhältnis von Kapital und Energie treffen kann, müssen zwangsläufig die Ergebnisse aus ökonometrischen Modellrechnungen zur Quantifizierung makro-ökonomischer Rebound-Effekte mit Vorsicht genossen werden. Derzeit liegen zehn Modellrechnungen zum makro-ökonomischen Rebound-Effekt vor. Die Ergebnisse der neun länderspezifischen Studien schwanken zwischen 26 und über 100 Prozent; vier der zehn Studien veranschlagen *backfire* (siehe detailliert zu den Annahmen und Ergebnissen der Studien bis 2006 Allan et al. 2007). Eine Studie berechnet den globalen makro-ökonomischen Rebound auf 51 Prozent (Barker et al. 2009) – dasselbe Modell hatte für Großbritannien im Vergleich zu den anderen Studien zum geringsten Ergebnis von 26 Prozent Rebound-Effekt geführt.

Zwei Argumente sprechen dafür, dass die ökonometrischen Berechnungen die Dimension makro-ökonomischer Rebound-Effekte eher unter- als überschätzen. Erstens bedienen sich alle Modelle der neoklassischen Annahme, dass Elastizitäten den Faktorkostenanteilen entsprechen. Würde man in den Modellen von einer höheren Produktionsmächtigkeit des Faktors Energie ausgehen, fielen die makro-ökonomischen Rebound-Effekte vermutlich wesentlich größer aus. Zweitens haben alle ökonometrischen Studien lediglich die Wirkung „reiner“ Energieeffizienzsteigerungen modelliert. Offenkundig führen aber Energieeffizienzsteigerungen mitunter zu Produktivitätssteigerungen der Faktoren Kapital und Arbeit, was die Rebound-Effekte noch potenzieren dürfte. Solche „Cross-Factor-Rebound-Effekte“ (Santarius 2012) wurden bis heute weder ökonomietheoretisch ausreichend diskutiert, noch werden sie durch die genannten Modelle abgebildet.

### Meso-ökonomische Rebound-Effekte

Zwischen der Ebene individueller Präferenz- und Verhaltensänderung, die die Forschung mikro-ökonomischer Rebound-Effekte in den Blick nimmt, und der Wirkung von Energieeffizienzsteigerung auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum lassen sich weitere Ebenen identifizieren, auf denen ebenfalls Rebound-Effekte generiert werden können – vonseiten der Unternehmen, Branchen und Wirtschaftssektoren sowie auf Energiemärkten. Auch wenn die Ebene des einzelnen Unternehmens eigentlich Untersuchungsgegenstand der Mikro-Ökonomie ist, sollen hier alle Ebenen von produzentenseitigem Rebound als „meso-ökonomische Rebound-Effekte“ bezeichnet werden, weil Unternehmen in der Diskussion meist aggregiert auf der Ebene der Branchen oder Sektoren betrachtet werden. Die Summe möglicher produktionsseitiger Rebound-Effekte dürfte allein deshalb signi-



## Von der Meeresbiologin zur Bestsellerautorin

1962 veröffentlichte die Biologin Rachel Carson aus Betroffenheit über den maßlosen Gebrauch von Pestiziden und dessen Folgen das revolutionäre Buch »Der stumme Frühling« (*Silent Spring*). »Ohne dieses Buch«, ist Al Gore überzeugt, »wäre die Umweltbewegung erst viel später oder überhaupt nicht entstanden«. Diese Biographie folgt den wichtigsten Stationen ihres Lebens und verdeutlicht, wie Rachel Carson die Sicht auf das Verhältnis von Mensch und Umwelt veränderte.

D. Steiner  
**Rachel Carson**

Pionierin der Ökologiebewegung. Eine Biographie

360 Seiten, broschiert, 19,95 Euro, ISBN 978-3-86581-467-8  
Erhältlich bei [www.oekom.de](http://www.oekom.de), [oekom@verlegerdienst.de](mailto:oekom@verlegerdienst.de)

Die guten Seiten der Zukunft



fikant sein, weil rund zwei Drittel aller Energie nicht von Konsument(inn)en oder Haushalten, sondern in der Produktion ge- und verbraucht werden. Meso-ökonomische Rebounds sollten daher als eigenständige Forschungskategorie der Rebound-Forschung etabliert werden.

### Gründe produktionsseitiger Rebound-Effekte

Neben Einkommens- und Substitutionseffekten, wie sie bereits für konsumentenseitige Rebound-Effekte diskutiert wurden, sind drei weitere Gründe zu identifizieren, warum einzelne Unternehmen aufgrund einer Energieeffizienzsteigerung ihre Nachfrage nach Energie vergrößern können. Erstens erfordert schon die Produktion energieeffizienterer Technologien eine Energienachfrage, die sonst nicht angefallen wäre. Diese wird in Form von „grauer Energie“ (*embodied energy*) sichtbar und lässt sich mit Hilfe von Life-Cycle-Analysen bestimmen. Zweitens können Unternehmen Substitutionseffekte nicht nur bei der Endnutzung energieintensiver Güter, sondern bereits durch Substitution von Inputfaktoren generieren; wie etwa im Fall von Mechanisierung und Digitalisierung meist Arbeit durch Kapital und Energie ersetzt wird (siehe oben). Und drittens können Unternehmen einen Rebound-Effekt generieren, wenn sie aufgrund erwarteter Kosteneinsparungen auf Konsumentenseite in ein Re-Designing des herkömmlichen Produkts investieren, etwa um dieses mit einer höheren Komfortausstattung anzubieten (Santarius 2012). Zum Beispiel wurden Effizienzsteigerungen in der Motorenteknologie in der Vergangenheit selten genutzt, um verbrauchsärmere Pkws anzubieten, sondern um bei gleichem Verbrauch pro Fahrzeugkilometer leistungsstärkere, schnellere und schwere Autos auf den Markt zu bringen (Abbildung 2).

Ferner können Rebound-Effekte auf einer höheren Aggregationsebene durch Energiepreiseffekte generiert werden, wenn zahlreiche Akteure eines Markts – Unternehmen und Haushalte – kollektiv handeln (Jenkins et al. 2011). Ein Energiepreiseffekt ergibt sich, wenn viele Endverbraucher(innen) und Unternehmen aufgrund von Energieeffizienzsteigerungen weniger von einem Energieträger nachfragen und sein Preis daraufhin (relativ) sinkt. Solche Effekte sind auf dem Ölmarkt mit seinem vergleichsweise unelastischen (konstanten) Angebot wahrscheinlicher als auf den elastischeren Strom-, Gas- oder Kohlemärkten (Borenstein 2013).

### Kaskadeneffekte und Feedback-Schleifen

Energiepreiseffekte können auf zweierlei Weise eine Mehrnachfrage bewirken: Zum einen kann der gesunkene Preis eine erhöhte Nachfrage aus anderen Sektoren stimulieren; Turner et al. (2009) wie auch Jenkins et al. (2011) nennen dies „composition effect“, weil sich dabei die Zusammensetzung des Güterportfolios der Volkswirtschaft ändert. Zum anderen können Energiepreiseffekte den direkten Rebound-Effekt auf Konsumentenseite potenzieren. So können beispielsweise Autofahrer(innen) mit einem Drei-Liter-Auto nun in doppelter Hinsicht weitere Strecken fahren, weil sie einen doppelten realen Einkommensgewinn verwirklichen: Zunächst führt der geringere Verbrauch dazu, dass

der/die Fahrer(in) insgesamt Spritgeld gegenüber der Nutzung des konventionellen Autos einspart; sodann wirkt der gesunkene Spritpreis nach flächendeckender Einführung von Drei-Liter-Autos wie ein weiterer Einkommenseffekt. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass diese Effekte sich gegenseitig neutralisieren und zusammen nie mehr als 100 Prozent betragen können; schließlich heben hohe Rebound-Effekte den Verbrauch an und wirken damit Energiepreiseffekten entgegen.

Im Zusammenspiel können mikro-ökonomische Einkommens- und meso-ökonomische Energiepreiseffekte eine weitere Feedback-Schleife auslösen. Wenn die Höhe der Einkommens- und Energiepreiseffekte signifikant ist, steigt gesamtgesellschaftlich die Nachfrage nach Gütern oder Dienstleistungen deutlich an. Diese gesteigerte Nachfrage erfordert eine Ausweitung der Produktion, bei der Skaleneffekte realisiert werden können, die wiederum die Preise sinken lassen und einen weiteren relativen Einkommensgewinn mit sich bringen. Dann hätten Unternehmen oder Verbraucher(innen) einen dreifachen realen Einkommensgewinn zu verzeichnen.

Betragen die Rebound-Effekte indessen weniger als 100 Prozent und kompensieren das theoretische Einsparpotential daher nur in Teilen, kann die insgesamt gesunkene Nachfrage auch zu negativen Skaleneffekten führen, die dem Energiepreis- und Einkommenseffekt entgegenwirken. So könnten sich etwa die Spritpreise trotz geringerem Verbrauch nur unterproportional zur sinkenden Nachfrage oder womöglich gar nicht verringern, weil Raffinerien oder Tankstellenbetreiber nun ihre Fixkosten auf eine geringere Absatzmenge Benzin umlegen müssen. In diesem Zusammenhang hat Turner (2002) identifiziert, wie Energieeffizienzsteigerungen „disinvestment effects“, also negative Rebound-Effekte auslösen können. Jedoch ist es ebenfalls denkbar, dass Einkommens-, Energiepreis- und Skaleneffekte sich gegenseitig potenzieren – etwa wenn erhöhte Kapitalkosten für die Anschaffung einer energieeffizienteren Technologie durch Skaleneffekte verringert werden. So wäre es möglich, dass eine (gesetzlich verordnete) Markteinführung von Drei-Liter-Autos, die aufgrund der höheren Anschaffungskosten dieser Autos zunächst zu keinem Einkommenseffekt führt, den Benzinpreis relativ senkt, darüber die Nachfrage nach Fahrzeugen ankurbelt, deshalb mittels Skaleneffekten den Kaufpreis der Fahrzeuge senkt und schließlich doch zu Einkommenseffekten führt.

### Schlussfolgerungen für die Größenordnung meso-ökonomischer Rebound-Effekte

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass Unternehmen stärker als Konsument(inn)en profitmaximierend handeln. Entsprechend werden produktionsseitige Einkommens- und Substitutionseffekte dazu führen, dass Unternehmen beziehungsweise Branchen jeweils das volle Potential von Rebound-Effekten „erschöpfen“. Die vorangegangenen Überlegungen zeigen zudem, dass mikro-ökonomische Rebound-Effekte über verschiedene Feedback-Schleifen durch meso-ökonomische Effekte verstärkt werden können. Dies untermauert die Hypothese von Birol und Keppler (2000), dass Rebound-Effekte mit der Aggregationsebe-



ne ansteigen: Generell werden Rebound-Effekte auf Unternehmens- und Branchenebene größer sein als auf der Ebene individueller Haushalte.

Da eine respektable Zahl mikro-ökonomischer Studien konsumentenseitige direkte Rebound-Effekte in Höhe von zehn bis 30 Prozent zuzüglich indirekter Rebounds in Höhe von fünf bis zehn Prozent veranschlagen, sollte das Ausmaß produktions- und energiepreisbedingter Effekte eher darüber liegen. Diese Hypothese kann bislang nur durch einen mageren Forschungsstand empirisch untermauert werden. Saunders (2013) berechnet für 30 Industriezweige der USA langfristige Rebound-Effekte von 25 bis 60 Prozent für die meisten der untersuchten Sektoren. Zudem liegen vier Untersuchungen im Güterverkehr vor, die Rebound-Effekte zwischen 24 und 80 Prozent berechnen (siehe Gately 1990, Graham und Glaister 2002, Anson und Turner 2009, Matos und Silva 2011). Es besteht daher noch großer Forschungsbedarf, das Ausmaß produktions- und energiepreisbedingter Rebound-Effekte konkreter zu berechnen.

## Fazit

Die theoretische Diskussion legt nahe, dass das Ausmaß produktionsseitiger Rebound-Effekte größer ausfallen dürfte als konsumentenseitige, direkte Rebound-Effekte, die empirisch bereits recht gut belegt sind. Große Forschungslücken bestehen in der wirtschaftswissenschaftlichen Diskussion makro-ökonomischer Rebound-Effekte, zugleich wird die Größenordnung dieser Rebound-Effekte von bestehenden ökonomischen Modellrechnungen bislang eher unter- als überschätzt.

Es kann daher nicht mehr als Faustformel beziehungsweise grober Anhaltspunkt für die Größenordnung der Summe aller Rebound-Effekte der unterschiedlichen Ebenen gelten, dass langfristig und im Mittel mit gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effek-

ten von mindestens 50 Prozent gerechnet werden sollte; etliche Argumente deuten darauf hin, dass die Summe aller Effekte jenseits der 50 Prozent liegen dürfte (ähnlich folgert auch SRU 2011, S. 353). In jedem Fall legt allein die Größenordnung den Schluss nahe, dass eine hinreichende absolute Reduktion des Energieverbrauchs moderner Gesellschaften nicht mit einer Effizienzstrategie allein erreicht werden kann. So kann etwa das Nachhaltigkeitsziel Deutschlands, bis 2050 vollständig auf die Versorgung mit erneuerbaren Energien umgestiegen zu sein, verfehlt werden, wenn allein auf eine Effizienzstrategie gesetzt wird, um den dafür nötigen Primärenergieverbrauch um 50 Prozent zu senken. Denn diese Strategie unterliegt Rebound-Effekten, die die Wirkmächtigkeit erheblich mindern.

Die hier aufgezeigten „weißen Flecken“ auf der Landkarte der Rebound-Forschung müssen ausgeleuchtet werden, um ein besseres Verständnis und eine bessere Abschätzung von Rebound-Effekten aller Arten zu gewinnen. Zusätzlich sollte die Nachhaltigkeitspolitik die Rebounds angemessen berücksichtigen. Dies kann zum einen gelingen, indem Politiken und Maßnahmen entwickelt werden, die die absoluten Energie- und Ressourcenverbräuche deckeln, zum Beispiel über ein nationales Energiespar-Cap. Und zum anderem sollten Effizienz- durch Suffizienz- und Lebensstilpolitiken komplementiert werden.

Der Autor dankt *Irmi Seidl* und *Christoph Görg* sowie zwei anonymen Gutachter(inne)n für hilfreiche Anmerkungen und redaktionelle Änderungsvorschläge zu diesem Artikel.

## Literatur

- Alcott, B. 2005. Jevons' paradox. *Ecological Economics* 54: 9–21.  
 Allan, G., M. Gilmartin, P. McGregor, K. Swales, K. Turner. 2007. *UKERC Review of evidence for the rebound effect. Technical report 4: Computable general equilibrium modelling studies*. London: UK Energy Research Centre (UKERC).

# Nachhaltigkeit

# A-Z



## P wie Pegelstände

Unsere Sommer werden zukünftig trockener, Extremereignisse wie Hochwasser oder Trockenperioden häufen sich. Dies hat deutliche Auswirkungen auf die Pegelstände von Flüssen und Seen und den Grundwasserspiegel. Zahlreiche regionale Untersuchungen bieten einen umfassenden Überblick zu den Herausforderungen an das Wassermanagement infolge des Klimawandels und zu möglichen Anpassungen.

S. Kaden, O. Dietrich, S. Theobald (Hrsg.)  
**Wassermanagement im Klimawandel**  
 Möglichkeiten und Grenzen von Anpassungsmaßnahmen  
 524 Seiten, broschiert, 44,95 Euro, ISBN 978-3-86581-480-7

Erhältlich bei  
[www.oekom.de](http://www.oekom.de) | [oekom@verlegerdienst.de](mailto:oekom@verlegerdienst.de)

Die guten Seiten der Zukunft



- Anson, S., K. Turner. 2009. *Rebound and disinvestment effects in oil consumption and supply resulting from an increase in energy efficiency in the Scottish commercial transport sector*. SIRE Discussion Papers in Economics 05. Glasgow: University of Strathclyde.
- Arnold, O., S. Otto. 2013. Die Psychologie spielt bei der Energiewende eine entscheidende Rolle. *GAIA* 22/1: 65–66.
- Ayres, R. U., B. Warr. 2009. *The economic growth engine: How energy and work drive material prosperity*. Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Barker, T., A. Dagoumas, J. Rubin. 2009. The macroeconomic rebound effect and the world economy. *Energy Efficiency* 2: 411–427.
- Berkhout, P. H. G., J. C. Muskens, J. W. Velthuisen. 2000. Defining the rebound effect. *Energy Policy* 28: 425–432.
- Binswanger, M. 2001. Technological progress and sustainable development: What about the rebound effect? *Ecological Economics* 36: 119–132.
- Birol, F., J. H. Keppler. 2000. Prices, technology development and the rebound effect. *Energy Policy* 28: 457–469.
- Boardman, B., G. Milne. 2000. Making cold homes warmer: The effect of energy efficiency improvements in low-income homes. *Energy Policy* 28: 411–424.
- Borenstein, S. 2013. *A microeconomic framework for evaluating energy efficiency rebound and some implications*. E2e Working Paper 005. Berkeley: Energy Institute at Haas.
- Broadstock, D. C., L. Hunt, S. Sorrell. 2007. *UKERC Review of evidence for the rebound effect. Technical report 4: Elasticity of substitution studies*. London: UK Energy Research Centre (UKERC).
- Brookes, L. 1978. Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the UK. *Energy Policy* 6: 94–106.
- Brookes, L. 1990. The greenhouse effect: The fallacies in the energy efficient solution. *Energy Policy* 18: 199–201.
- Deutscher Bundestag. 2013. *Schlussbericht der Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität – Wege zu nachhaltigem Wirtschaften und gesellschaftlichem Fortschritt in der Sozialen Marktwirtschaft“*. Drucksache 17/13300. Berlin: Deutscher Bundestag.
- Frondel, M., C. Vance. 2011. *Re-identifying the rebound: What about asymmetry?* Ruhr Economic Papers 276. Bochum: Ruhr-Universität Bochum.
- Gately, D. 1990. The U.S. demand for highway travel and motor fuel. *Energy Journal* 11: 59–74.
- Gillingham, K., M. J. Kotchen, D. S. Rapson, G. Wagner. 2013. The rebound effect is overplayed. *Nature* 493: 475–476.
- Girod, B., P. de Haan. 2009. *Mental rebound*. Rebound Research Report 3. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule (ETH).
- Graham, D., S. Glaister. 2002. *Review of income and price elasticities of demand for road traffic*. London: Centre for Transport Studies, Imperial College of Science, Technology and Medicine.
- Greening, L., D. L. Greene. 1998. *Energy use, technical efficiency, and the rebound effect: A review of the literature*. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory.
- Grubb, M. J. 1990. Energy efficiency and economic fallacies. *Energy Policy* 18: 783–785.
- Howarth, R. B. 1997. Energy efficiency and economic growth. *Contemporary Economic Policy* XV: 1–9.
- Jalas, M. 2002. A time use perspective on the materials intensity of consumption. *Ecological Economics* 41: 109–123.
- Jenkins, J., T. Nordhaus, M. Shellenberger. 2011. *Energy emergence. Rebound & backfire as emergent phenomena*. Oakland, CA: Breakthrough Institute.
- Jevons, W. S. 1906 (orig. 1865). *The coal question: An inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines*. 3., durchgesehene Auflage. London: Macmillan and Co.
- Khazzoom, J. D. 1980. Economic implications for mandated efficiency in standards for household appliances. *Energy Journal* 1: 21–40.
- Khazzoom, J. D. 1987. Energy saving resulting from the adoption of more efficient appliances. *Energy Journal* 8: 85–89.
- Kümmel, R. 2011. *The second law of economics: Energy, entropy, and the origins of wealth*. New York: Springer.
- Lindenberger, D., R. Kümmel. 2011. Energy and the state of nations. *Energy* 36: 6010–6018.
- Lovins, A. B. 1988. Energy saving from the adoption of more efficient appliances: Another view. *Energy Journal* 9: 155–162.
- Lovins, A. B. 2011. Re: The efficiency dilemma: A letter in response to David Owen's article. *New Yorker*, 17.01.2011.
- Madlener, R., B. Alcott. 2011. *Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen*. Berlin: Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestags.
- Matos, F. J. F., F. J. F. Silva. 2011. The rebound effect on road freight transport: Empirical evidence from Portugal. *Energy Policy* 39: 2833–2841.
- Maxwell, D. et al. 2011. *Addressing the rebound effect: A report for the European Commission DG Environment*. Brüssel: Europäische Kommission.
- Paech, N. 2011. Grünes Wachstum? Vom Fehlschlagen jeglicher Entkopplungsbemühungen: Ein Trauerspiel in mehreren Akten. In: *Ökonomie der Nachhaltigkeit. Grundlagen, Indikatoren, Strategien*. Herausgegeben von T. Sauer. Marburg: Metropolis. 161–182.
- Peters, A., M. Sonnberger, E. Dütschke, J. Deuschle. 2012. *Theoretical perspective on rebound effects from a social science point of view*. Working Paper Sustainability and Innovation S2. Karlsruhe: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).
- Santarius, T. 2012. *Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz*. Wuppertal: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH.
- Saunders, H. D. 1992. The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *Energy Journal* 13: 131–148.
- Saunders, H. D. 2000. A view from the macro side: Rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes. *Energy Policy* 28: 439–449.
- Saunders, H. D. 2013. Historical evidence for energy consumption rebound in 30 US sectors and a toolkit for rebound analysis. *Technological Forecasting and Social Change* 80: 1317–1330.
- Schipper, L., M. Grubb. 2000. On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries. *Energy Policy* 28: 367–388.
- Solow, R. M. 1956. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics* 70: 65–94.
- Sorrell, S. 2007. *The rebound effect: An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. London: UK Energy Research Centre (UKERC).
- Sorrell, S. 2009. Jevons' paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy* 37: 1456–1469.
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen). 2011. *Wege zur 100% erneuerbaren Energieversorgung. Sondergutachten*. Berlin: Erich Schmidt.
- Stern, D. I., C. J. Cleveland. 2004. *Energy and economic growth*. Rensselaer Working Papers in Economics 0410. Troy, NY: Rensselaer Polytechnic Institute.
- Turner, K. 2002. *Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy*. Strathclyde Discussion Papers in Economics 09-02. Glasgow: University of Strathclyde.
- Turner, K., N. Hanley, J. de Fence. 2009. *Do productivity improvements move us along the Environmental Kuznets Curve?* Stirling Economics Discussion Paper 2. Stirling, UK: University of Stirling Management School.

Ingegangen am 28. Mai 2013; überarbeitete Fassung  
angenommen am 27. Dezember 2013.

#### Tilman Santarius



Geboren 1974 in Düsseldorf. Studium der Soziologie, Anthropologie und Volkswirtschaftslehre in Freiburg, den USA und Berlin. 2001 bis 2009 Projektleiter am Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH. 2009 bis 2011 Referent für Internationale Klima- und Energiepolitik bei der Heinrich-Böll-Stiftung. Seit 2007 Vorstandsmitglied bei Germanwatch. 2013/14 Visiting Scholar an der University of California, Berkeley, USA. Arbeitsschwerpunkte: Klima- und Handelspolitik, Globalisierung und Gerechtigkeit.