

Santarius, Tilman

Research Report

Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz

Impulse zur WachstumsWende, No. 5

Provided in Cooperation with:

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

Suggested Citation: Santarius, Tilman (2012) : Der Rebound-Effekt: Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz, Impulse zur WachstumsWende, No. 5, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-42193>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/59299>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Der Rebound-Effekt

Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz

Von Tilman Santarius

Impulse für die politische Debatte



Herausgeber:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal
www.wupperinst.org

Autor:

Tilman Santarius
Forschungsgruppe 2 – Energie-, Verkehrs- und Klimapolitik

Mitarbeit:

Dr. André Holtrup, Jörg Melz

Kontakt:

E-Mail: michael.kopatz@wupperinst.org

E-Mail: alexandra.palzkill@wupperinst.org

Disclaimer:

Unter dem gemeinsamen Obertitel „Impulse zur WachstumsWende“ veröffentlicht das Wuppertal Institut Thesen und Forschungsergebnisse mit Bezug zur aktuellen Wachstumsdebatte.

Wuppertal, im März 2012

Inhalt

Zusammenfassung	5
Ursachen und Ausprägungen	5
Quantitatives Ausmaß	6
Schlussfolgerungen für die Nachhaltigkeitspolitik	6
1. Wachstum und Entkoppelung	7
1.1 Das vergessene Paradox	7
1.2 Forschungsthemen und Fragen	9
2. Ursachen und Ausprägungen	10
2.1 Finanzielle Rebound-Effekte	11
2.2 Materielle Rebound-Effekte	13
2.3 Psychologische Rebound-Effekte	14
2.4 Cross-Factor-Rebound-Effekte	15
3. Ausmaße und Unsicherheiten	17
3.1 Faustformel ‚Fifty-Fifty‘	18
4. Grenzen der Einhegung	19
4.1 Effizienzstandards	19
4.2 Ökosteuern	20
4.3 Absolute Obergrenzen	21
4.4 Nachhaltigkeits-Kommunikation	22
5. Wachstum oder Entkoppelung	22
5.1 Zweifel am grünen Wachstum	23
5.2 Für eine Gesellschaft des Genug	24
Literatur	25

Tilman Santarius*

Der Rebound-Effekt

Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz

* Für Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge zu einem Entwurf des vorliegenden Papiers danke ich Christoph Görg, Hans Haake, Michael Kopatz, Manfred Linz, Reinhard Loske, Wolfgang Sachs und Uwe Schneidewind.

Eine Steigerung der Energieproduktivität, um die ausgehenden fossilen und die an ihre Stelle tretenden erneuerbaren Ressourcen möglichst sparsam im Wirtschaftsprozess einzusetzen, ist ein wichtiger Beitrag zur Nachhaltigkeit. Dieser Text geht indessen der Frage nach, inwiefern Produktivitätssteigerungen ‚unerwünschte Nebenwirkungen‘ in Form einer Mehrnachfrage nach Energie nach sich ziehen können, die dem Ziel der Energieeinsparung zuwiderlaufen. Die ‚Mehrnachfrage aufgrund einer Produktivitätssteigerung‘ wird als Rebound-Effekt bezeichnet.

Dieses Papier zeigt die Vielfalt möglicher Rebound-Effekte auf, umreißt ihr quantitatives Ausmaß und beschreibt die Schwierigkeiten, sie mit politischen Maßnahmen einzudämmen. Im Ergebnis erscheint es dringend erforderlich, zukünftig Rebound-Effekte in wissenschaftlichen Szenarien und im politischen Handeln zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Obwohl die Kausalität zwischen Energie-Produktivitätssteigerung und -Mehrnachfrage bereits 1865 entdeckt wurde und seit 1980 in den Wirtschaftswissenschaften diskutiert wird, werden Rebound-Effekte bis heute in den meisten Energie- und Klimaschutzstudien und -politiken nicht berücksichtigt. Namhafte wissenschaftliche Institutionen, wie beispielsweise das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) oder die Internationale Energie Agentur (IEA), gehen in ihren Szenarien und Prognosen davon aus, dass der größte Teil der erforderlichen Einsparungen von Treibhausgasemissionen über Effizienzsteigerungen erzielt werden könne. Dies ist anzuzweifeln, da Rebound-Effekte das Einsparpotenzial der Energieeffizienz verringern, im Extremfall sogar überkompensieren können.

Ursachen und Ausprägungen

Zunächst werden 13 verschiedene Rebound-Effekte differenziert, die sich in vier Kategorien zusammenfassen lassen. Die **finanziellen Rebound-Effekte** legen dar, wie eine Steigerung der Energieeffizienz zu einem Einkommensgewinn und damit zu neuen Verbräuchen führt. Beispielsweise beschreibt der Einkommenseffekt, dass sich die Benzinkosten beim Übergang vom Sechs-Liter- zum Drei-Liter-Auto halbieren, was Geld für eine erhöhte Nachfrage freimacht – sei es für weitere Strecken, sei es für andere Güter oder Dienstleistungen, die ebenfalls Energie verbrauchen. Die **materiellen Rebound-Effekte** erklären, wie die Herstellung und der Konsum von effizienteren Technologien mit einem erhöhten Energieaufwand einhergehen können, etwa durch energetischen Mehraufwand zur Herstel-

lung effizienter Produkte in der Gebäudedämmung oder beim Aufbau neuer Infrastrukturen und Märkte für energieeffiziente Produkte.

Die **psychologischen Rebound-Effekte** erläutern, wie der Wechsel zu energieeffizienten Technologien auch zu einer Steigerung der symbolischen Bedeutung dieser Güter und Dienstleistungen führen kann. So zeigt beispielsweise eine Untersuchung aus Japan, dass Autofahrer, die sich nach eigener Wahrnehmung ein „ökologisches Auto“ zugelegt haben, ein Jahr nach dessen Kauf gut 1,6mal mehr Kilometer als mit ihrem herkömmlichen Auto zuvor gefahren sind. Die **Cross-Factor-Rebound-Effekte** erklären schließlich, wie auch eine Steigerung der Arbeits- und Kapitalproduktivität eine Mehrnachfrage nach Energie zeitigen kann, etwa durch energieverbrauchende Mechanisierung und Automatisierung oder wenn die Anwendung energieeffizienterer Technologien zugleich mit Zeitersparnissen einhergeht.

Quantitatives Ausmaß

Bei der Berechnung des quantitativen Ausmaßes von Rebound-Effekten liegen noch erhebliche Unsicherheiten vor. Die meisten ökonometrischen Untersuchungen betrachten nur einzelne sektor- und produktspezifische Auswirkungen von finanziellen und materiellen Rebound-Effekten auf Seite der Konsumentinnen. Dass die quantitative Rebound-Forschung noch große Lücken aufweist, drückt im Umkehrschluss allerdings aus, dass die Ergebnisse der bisherigen Modellrechnungen wahrscheinlich nur ein kleines Ausmaß der tatsächlich auftretenden Rebounds ausdrücken.

Vier Meta-Studien liefern eine Übersicht und Auswertung der zahlreichen empirischen Einzeluntersuchungen. Aus ihnen leitet der vorliegende Text als Anhaltspunkt die ‚Faustformel Fifty-Fifty‘ ab: Langfristig und im Mittel ist mit gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekten von mindestens 50% zu rechnen. Mit anderen Worten, im Schnitt werden Energieeffizienzsteigerungen einer Wirtschaft höchstens die Hälfte des theoretischen Einsparpotentials von Effizienz-

technologien und -maßnahmen realisieren, mitunter auch weniger.

Grenzen der politischen Einhegung

Dieser Text widmet sich erstmals der Frage, inwiefern sich Rebound-Effekte durch umweltpolitische Maßnahmen einhegen oder gar unterbinden lassen. **Effizienzstandards** für Geräte oder Produktionsprozesse bergen die größte Gefahr, Rebound-Effekte hervorzurufen. Reale Einkommensgewinne sowie Marktpreissenkungen, die als Folge von Effizienzsteigerungen entstehen, lassen sich theoretisch durch **Ökosteuern** abschöpfen. Es wäre allerdings ein komplexes Ökosteuer-Design mit sektor- und produktspezifischen Steuersätzen erforderlich, was sich in der politischen Umsetzung mit Herausforderungen konfrontiert sähe. Wenn der Naturverbrauch durch **absolute Obergrenzen** (*caps*) beschränkt wird, kann es theoretisch keine Rebound-Effekte geben. So lange caps aber nicht global eingeführt sind, können Rebound-Effekte über den Welthandel bzw. über verstärkte Importe verlagert werden.

Schlussfolgerungen für die Nachhaltigkeitspolitik

Aufgrund der Vielzahl und Verschiedenartigkeit möglicher Rebound-Effekte und der Einschätzung, dass die Summe dieser Rebound-Effekte auch langfristig mindestens die Hälfte der Einsparpotentiale von Effizienzmaßnahmen aufzehren wird, werden Nachhaltigkeitsziele wie die Verminderung der Treibhausgase um ca. 80–90% in den Industrieländern bis zum Jahr 2050 durch Effizienz- und Konsistenzstrategien alleine unerreichbar. Der Grund dafür liegt nicht im mangelnden technischen Einsparpotential, sondern daran, dass Effizienz- und Produktivitätssteigerungen das Wirtschaftswachstum stimulieren. Erst wenn das Volkseinkommen aufhört stetig weiter zu wachsen, können Effizienz- und Konsistenzstrategien einen uneingeschränkt positiven Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten und ihre technisch möglichen Einsparpotentiale realisieren. Ob und wie das Volks-

einkommen stabil gehalten werden oder gar schrumpfen kann, ist daher eine der wichtigsten und herausforderndsten Fragen der Zukunft.

1. Wachstum und Entkoppelung

Über politische und gesellschaftliche Grenzen hinweg besteht heute weitgehend Einigkeit darin, dass die modernen Industriegesellschaften in den nächsten Jahren und Jahrzehnten vor der Herausforderung einer ziemlich grundlegenden Umwälzung stehen. Angesichts steigender Ölpreise, knapper werdender Ressourcen, zunehmender globaler Erwärmung und einem historisch beispiellosen Verlust der Artenvielfalt wird eine ‚große Transformation‘ gefordert, die insbesondere die ökologischen Folgeschäden des industriellen Metabolismus mildert und die Gesellschaft auf den Pfad einer sozial wie ökologisch nachhaltigen Entwicklung setzt.

Was allerdings die Gestalt dieses Pfads betrifft, mithin die konkrete Umsetzung von nachhaltiger Entwicklung, darüber besteht weit weniger Einigkeit. Gegenwärtig wird unter anderem über die Frage gestritten: stellt eine stetig wachsende Wirtschaft eine Gefahr oder aber eine Voraussetzung für nachhaltige Entwicklung dar? Der Umweltpolitiker und -forscher Reinhard Loske meint gar, „in der Debatte über Nachhaltigkeit, Klimaschutz und ökologische Politik droht ein Schisma“¹: Auf der einen Seite stünden die Effizienzrevolutionäre und Technikoptimisten, die weiteres Wirtschaftswachstum für wünschenswert oder gar notwendig erachten; auf der anderen Seite die Protagonisten der Suffizienz und des Kulturwandels, die wenigstens für eine Abkehr vom Wachstumsparadigma in der Politik plädieren, wenn nicht gar für Stagnation oder wirtschaftliche Schrumpfung. Hinter dem von Loske polarisierten Meinungsspektrum verstecken sich widerstreitende Annahmen, über deren Wahrheitsgehalt derzeit auch die Wissenschaft noch nicht eindeutig entschieden ist.

1 Loske, Reinhard (2010): Abschied vom Wachstumszwang. Konturen einer Politik der Mäßigung. Rangsdorf.

Um einer wissenschaftlich fundierten Antwort auf die Frage ein Stück näher zu kommen, ist es von zentraler Bedeutung, Argumente für und wider eine Entkoppelung von Wirtschaftswachstum² und Naturverbrauch³ in den Blick zu nehmen. Schließlich ist die Gretchenfrage in der Wachstumsdebatte: Lässt sich der Naturverbrauch vom Wirtschaftswachstum absolut entkoppeln – oder nicht? Das zentrale Argument für eine Entkoppelung geht davon aus, dass mittels Effizienz- und Konsistenzstrategien auch bei weiterem Wachstum der Verbrauch nicht-erneuerbarer Ressourcen wie auch die Emissionen schädlicher Stoffe in absoluten Zahlen drastisch reduziert werden könnten (vgl. z.B. Hawken et al. (2000)). Kritiker hingegen befürchten, dass eine hinreichende Entkoppelung von Wachstum und Naturverbrauch nicht möglich sei. Sie führen unterschiedliche Gründe an, etwa die schleichende Verlagerung von Naturverbrauch aus den Industrieländern in den globalen Süden⁴ oder die abnehmende Netto-Energiebilanz beim Übergang zu erneuerbaren Energieträgern (vgl. z.B. Heinberg (2009)). Ein gewichtiges Argument gegen eine hinreichende Entkoppelung von Wachstum und Naturverbrauch ist ferner der Rebound-Effekt, dem sich dieser Artikel widmet.

1.1 Das vergessene Paradox

Wenn auch noch nicht unter der Bezeichnung, wurde der Mechanismus des Rebound-Effekts bereits durch William Stanley Jevons renommiertes Werk *“The Coal Question”* (1865) als Paradox in die Diskussion eingeführt: Effizienzsteigerungen bei der Nutzung von Kohle führen nicht zu Einsparungen von Kohle, sondern

2 Loske, Reinhard (2010): Abschied vom Wachstumszwang. Konturen einer Politik der Mäßigung. Rangsdorf.

3 Naturverbrauch wird hier verstanden als Inanspruchnahme von Ressourcen und Ökosystemen sowohl als Quellen für Rohstoffe wie auch als Senken für Abfälle und Emissionen. Im folgenden wird häufig auf den Energieverbrauch und auf Emissionen rekurriert, die offensichtlich nur einen Teil des Naturverbrauchs ausmachen.

4 Zur Verlagerung von Treibhausgasemissionen siehe z.B. Peters et al. (2010) oder Bruckner et al. (2010) oder: Santarius (2009).

ziehen einen erhöhten Kohleverbrauch nach sich, weil der technische Fortschritt eine Mehrnachfrage nach Energie induziert. Entscheidend für die Definition des Begriffs Rebound, die sich dieser Artikel zu eigen macht, ist nicht die Höhe des Effekts sondern die von Jevons entdeckte Kausalität zwischen Effizienzsteigerung und Mehrnachfrage: *Rebound-Effekt bezeichnet den gesteigerten Konsum von Ressourcen, der von einer oder mehreren Produktivitätssteigerungen bedingt oder zumindest ermöglicht wird.*⁵ Die Definition schließt ein, dass nicht nur Ressourcen- oder Energie- sondern auch Arbeits- und Kapital-Produktivitätssteigerungen eine Mehrnachfrage nach sich ziehen können. Der vorliegende Artikel beschränkt sich indessen darauf, auf der Outputseite nur die Mehrnachfrage nach Energie zu betrachten.

Offenbar wurde das von Jevons beschriebene Paradox in der wissenschaftlichen Diskussion über 100 Jahre lang vergessen. Daher bestimmt die Vorstellung von ‚Effizienz gleich Sparsamkeit‘ bis heute das Denken und Handeln von Politikern, Unternehmerinnen, Konsumenten: es wird fest davon ausgegangen, dass ein effizienterer Umgang mit Energie und Ressourcen dazu führt, dass diese in absoluten Zahlen eingespart werden könnten. Doch was am einzelnen Beispiel intuitiv einleuchtend klingt, gilt ganz offenbar nicht für den Energieverbrauch von Gesellschaften in Summe. Schließlich ist es augenscheinlich, dass all jene Gesellschaften, die seit der Industrialisierung die größten Produktivitätsfortschritte seit Menschengedenken erzielen konnten, laufend mehr Energie und Ressourcen verbraucht haben. Eine Erörterung der Ursachen und Wirkweisen von Rebound-Effekten liefert nicht nur eine Erklärung für dieses scheinbare Paradox, sondern lässt die Korrelation zwischen steigender Energieproduktivität und steigender Nachfrage logisch und folgerichtig erscheinen.

Erst 1980 haben Daniel Khazzoom (1980) und Leonard Brookes (1990) für eine Wiederbelebung der Hypothese von Jevons gesorgt und eine neuere wissenschaftliche Diskussion über den

Rebound angezettelt. Allerdings wurde seitdem der Rebound-Effekt nur in der ökonomischen Disziplin behandelt, vor allem aus zwei Perspektiven. Zum einen haben ihn Ökologische Ökonomen im Zusammenhang mit der Frage diskutiert, wie sich das Wechselverhältnis von Wirtschaftswachstum und Energienachfrage verhält.⁶ Zum anderen wurde seit den 1980er-Jahren eine bis heute zwar noch überschaubare, aber zunehmende Anzahl empirischer Studien durchgeführt, die versuchen, Rebound-Effekte einzelner Sektoren oder Produktgruppen mittels historischer Zeitreihen oder ökonomischer Modelle zu quantifizieren.⁷

Von einer wissenschaftlich fundierten Diskussion in Disziplinen jenseits der Ökonomie kann bis heute nicht die Rede sein. Weder liegen soziologische Studien, etwa zum Zusammenhang von Rebound-Effekten und individuellem Handeln oder aus systemtheoretischer Sicht⁸ vor, noch gibt es eine hinreichende Diskussion aus politikwissenschaftlicher Perspektive, etwa zur Frage, mit welchen Politiken und Maßnahmen Rebound-Effekte eingehegt werden könnten. Kurzum, obwohl das Phänomen bereits vor knapp 150 Jahren in die Wissenschaft eingeführt, mit der Veröffentlichung von Khazzoom und Brookes in den 1980er-Jahren wiederentdeckt

5 Ähnliche Definition auf Seite 5 bei Madlener/Alcott (2011)

6 Während bei neoklassischen Ökonomen das Verständnis vorherrscht, der Energieverbrauch wirke relativ begrenzt auf das Wachstum weil die Höhe der Energiekosten am Bruttoinlandprodukt begrenzt sei, argumentieren ökologische Ökonomen auf Basis der Grundsätze der Thermodynamik, dass Energienachfrage der entscheidende Motor des Wirtschaftswachstums sei. Daher sei eine Entkoppelung praktisch kaum möglich, weil eine tatsächlich verringerte Energienachfrage – ob durch Effizienzsteigerungen oder anderswie – das Wirtschaftswachstum elementar beeinflussen dürfte. Einen Überblick über diese Diskussion mit weiteren Referenzen findet sich etwa bei Jenkins et al. (2011).

7 Siehe hierzu Kapitel 3.

8 Zwar finden sich Querbezüge zur Systemtheorie bei Giampietro und Mayumi, allerdings mit Bezügen zu naturwissenschaftlichen und nicht zu sozialwissenschaftlichen Systemtheorien. Siehe Giampietro, Mario/ Mayumi, Kozo (2008): *The Jevon's Paradox: The Evolution of Complex Adaptive Systems and the Challenge for Scientific Analysis*. In: John M. Polimeni et al.: *The Myth of Resource Efficiency. The Jevons Paradox*. London, S. 79–140.

und seitdem verstärkt diskutiert wurde, besteht nach wie vor selbst in der Ökonomie, unzweifelhaft aber in allen anderen wissenschaftlichen Disziplinen großer Forschungsbedarf.

1.2 Forschungsthemen und Fragen

In den letzten Jahren sind einige Übersichtsstudien zum Rebound-Effekt erschienen, davon jüngst die Studie von Madlener und Alcott (2011) im Rahmen der Enquete Kommission des Deutschen Bundestags „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität.“ Nach wie vor mangelt es aber an umfassenden Analysen darüber, wie Rebound-Effekte entsteht. Bisher werden Ursachen überwiegend mit ökonomischen Kategorien und dem Zusammenspiel von Preisen, Einkommen, (Energie-) Nachfrage und Investitionen beschrieben. Sie rekurren insofern alle entweder auf Einkommens-, Preis- oder Substitutionseffekte (siehe unten), wobei meist von rational Nutzen-maximierenden Individuen ausgegangen wird. Demgegenüber gibt es bis dato kaum Versuche, Rebound-Effekte anhand psychologischer und sozialwissenschaftlicher Zusammenhänge und Kategorien zu beschreiben. Naheliegende Fragen, etwa warum Menschen nach einer Einsparung eigentlich mehr konsumieren *wollen*, blieben in der Rebound-Forschung bislang außen vor.

Dieser Artikel wird aufzeigen, wie Effizienzsteigerungen auch unabhängig von Einkommenseffekten zu einer Mehrnachfrage führen können. Schließlich führen Effizienzsteigerungen von Technologien nicht nur zu Kostensenkungen, sondern mitunter auch zu Zeiteinsparungen oder einer Verbesserung der gesellschaftlichen Akzeptanz ökologisch relevanter Handlungen; beides kann individuelle Präferenzen verschieben. Im Ergebnis werden den in der Ökonomie beschriebenen finanziellen und materiellen

Rebound-Effekten weitere psychologische und systemisch bedingte Rebound-Effekte an die Seite gestellt.⁹

Ferner hat die bisherige Konzentration der Forschung auf ökonometrische Analysen konsumbezogener Rebound-Effekte die Untersuchung gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekte vernachlässigt. Es mangelt an theoretischen Erklärungen, wie gesamtwirtschaftliche Rebounds entstehen. Mit der Einführung des Begriffs von ‚Cross-Factor-Rebound-Effekten‘ möchte dieser Artikel einen Beitrag dazu leisten, die Wirkweisen gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekte näher zu erörtern und den konsum- und produktionsseitigen weitere systemische Ursachen hinzuzufügen.

Erst ein vertieftes Verständnis darüber, welche Wirkmechanismen sich hinter Rebound-Effekten verstecken (Kapitel 2) und welche quantitativen Ausmaße Rebound-Effekte annehmen können (Kapitel 3), lässt eine vorsichtige Annäherung an die Frage zu, ob sie sich politisch eingeehen lassen. Können umweltpolitische Instrumente Rebounds eindämmen oder gar unterbinden und somit eine Entkoppelung von Wachstum und Naturverbrauch möglich machen? Eine kritische Diskussion gängiger Instrumente der Umweltpolitik lässt wenig Hoffnung, dass dies umfassend gelingen könnte (Kapitel 4). Die Skepsis führt unweigerlich zu der Frage, wie Effizienz- und Konsistenzstrategien in Zukunft in eine erfolgreiche Nachhaltigkeitspolitik eingebettet werden und welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sie eine uneingeschränkt konstruktive Rolle bei der ‚großen Transformation‘ hin zu einer nachhaltigeren Wirtschaftsweise spielen können (Kapitel 5).

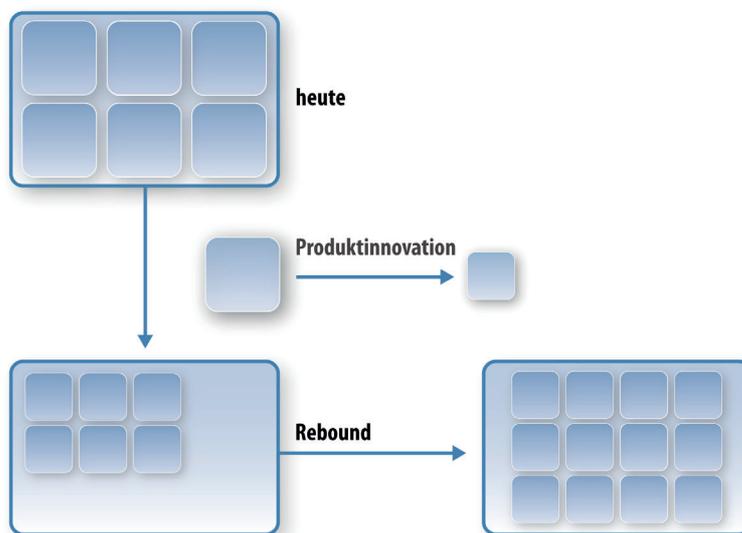
9 Psychologische und materielle Rebound-Effekte werden bereits genannt bei Paech, Niko (2011): Grünes Wachstum? Vom Fehlschlagen jeglicher Entkopplungsbemühungen: Ein Trauerspiel in mehreren Akten. In: Sauer, Thomas (Hrsg.): Ökonomie der Nachhaltigkeit. Grundlagen, Indikatoren, Strategien. Marburg, S. 161–182.

2. Ursachen und Ausprägungen

In der Literatur werden häufig drei Arten von Rebound-Effekten unterschieden: Der direkte Rebound-Effekte, der sich in der erhöhten Nachfrage nach dem gleichen Gut bzw. der gleichen Dienstleistung zeigt (bspw. der Übergang vom Sechs-Liter- zum Drei-Liter-Auto führt dazu, dass mit dem Drei-Liter-Auto nun weitere Strecken gefahren werden); der indirekte Rebound-Effekt, der sich in der erhöhten Nachfrage nach alternativen Gütern oder Leistungen äußert (bspw. der Übergang vom Sechs-Liter- zum Drei-Liter-Auto führt dazu, dass Konsumentinnen nun häufiger in den Urlaub fliegen); und schließlich der strukturelle oder makro-ökonomische Rebound-Effekt (bspw. weil viele Konsumenten nun Drei-Liter-Autos fahren, wird insgesamt weniger Benzin nachgefragt, was die Preise relativ sinken lässt und einen Anreiz setzt, dass andere Sektoren vermehrt energieverbrauchende Produkte nachfragen).

realisierten Energieverbrauch. So trägt beispielsweise die Entwicklung neuer Motoren theoretisch das Potential, dass Autos statt bisher im Schnitt sechs Liter nur noch drei Liter Benzin auf 100 Kilometern verbrauchen. Für die Berechnung des Rebound-Effekts ist aber entscheidend, wie viel Sprit das Drei-Liter-Auto tatsächlich über seine Lebenszeit verfahren hat. Ein Rebound-Effekt von beispielsweise 50% würde bedeuten, dass im Übergang vom Sechs-Liter zum Drei-Liter-Auto die Hälfte der 100%igen technischen Effizienzsteigerung durch eine Steigerung der Nachfrage kompensiert wurde.

Eine extreme Form des Rebound-Effekts ist das Phänomen des Backfire. Mit Backfire bzw. der von Saunders eingeführten Bezeichnung Khazzoum-Brookes-Hypothese¹⁰ wird eine bestimmte Ausprägung des Rebound-Effekts beschrieben, den schon Jevons beschrieben hat: dass Effizienzsteigerungen aufgrund von Rebound-Effekten in ihrer Wirkung nicht nur teilweise kompensiert



Grafik: Schematische Darstellung des Rebound-Effekt

Die Höhe eines Rebound-Effekts wird gemeinhin definiert als jener Prozentsatz von einer effizienzsteigernden Maßnahme oder Technologie, der durch einen Anstieg der Nachfrage kompensiert wird. Um dies zu berechnen bedarf es der Unterscheidung zwischen einerseits dem technisch und theoretisch machbaren, sozusagen ‚vom Ingenieur‘ anvisierten Effizienzpotenzial und andererseits dem in der Praxis tatsächlich

sondern im Extremfall überkompensiert werden, so dass der Energieverbrauch nach der Effizienzsteigerung sogar über das vorherige Niveau hinaus ansteigt; mit anderen Worten, dass ein Rebound-Effekt von über 100% vorliegt.

10 Saunders, Harry (1992): The Khazzoum-Brookes Postulate and Neoclassical Growth. In: Energy Journal Nr. 13, S. 131–148.

Systematisierung 13 möglicher Rebound-Effekte

Finanzielle Rebound-Effekte

Einkommens-Effekt
Re-Investitions-Effekt
Marktpreis-Effekt

Psychologische Rebound-Effekte

Moral-Hazard-Effekt
Moral-Leaking-Effekt
Moral-Licensing-Effekt

Materielle Rebound-Effekte

Embodied-Energy-Effekt
Neue-Märkte-Effekt
Konsum-Akkumulations-Effekt

Cross-Factor-Rebound-Effekte

Cross-Factor-Rebound-Effekt
Materieller Cross-Factor-Effekt
Multiple Cross-Factor-Effekte
Konsum-Rationalisierungs-Effekt

Wie aber entstehen direkte, indirekte und makroökonomische Rebound-Effekte? Warum fragen Konsumentinnen und Konsumenten nach dem Erwerb eines effizienteren Produkts mehr Energie nach? Wieso verlagert sich die volkswirtschaftliche Nachfrage in Richtung energieverbrauchender Produkte und Sektoren, wenn die gesamtwirtschaftliche Energieeffizienz steigt? Es gibt vielfältige Gründe, warum es zu einem Rebound-Effekt kommen kann. Sie können in finanzielle, materielle, psychologische und Cross-Factor-Rebound-Effekte kategorisiert werden.¹¹

2.1 Finanzielle Rebound-Effekte

Finanzielle Rebound-Effekte werden durch Kosteneinsparungen aufgrund von Effizienzmaßnahmen hervorgerufen. Beispielsweise wird der Übergang zu verbrauchsärmeren Autos dazu führen, dass Autofahrer weniger für Benzin ausgeben müssen. Was machen sie mit dem frei gewordenen Geld? Und wie verändern sich die Benzin- und Energie-Preise, wenn bald flächendeckend Drei-Liter-Autos gefahren werden? Drei

finanzielle Rebound-Effekte können unterschieden werden.

Energieeffizienzmaßnahmen, die sich ökonomisch amortisieren, führen zu einem realen Einkommensgewinn der Verbraucher. Die Ursache eines Rebound-Effekts kann dann ein **Einkommens-Effekt** sein. Denn selbst wenn beispielsweise ein Drei-Liter-Auto in der Erstanschaffung zunächst mehr Geld als ein herkömmliches Sechs-Liter-Auto kosten würde, dürfte sich die Investition im Laufe der Zeit amortisieren. Die frei gewordenen Mittel können entweder in die erhöhte Konsumption des gleichen Gutes gesteckt werden (direkter Rebound-Effekt), es könnten also mit dem Drei-Liter-Auto schlicht mehr Kilometer gefahren werden. Oder sie können in die Konsumption alternativer Güter und Dienstleistungen fließen, die ihrerseits dann Energie und Ressourcen verbrauchen (indirekter Rebound-Effekt). Die Höhe des Rebound-Effekts hängt dann vom Anteil des Naturverbrauchs dieser alternativen Güter oder Dienstleistungen ab. Ein Beispiel für letzteres ist der Zusammenhang zwischen Raumwärmebedarf und Wohnfläche in Deutschland: Effizientere Heizungen und Maßnahmen der Gebäudedämmung haben den Verbrauch von Heizenergie je Quadratmeter Wohnfläche zwischen 1995 und 2005 um 9% verringern können. Im gleichen Zeitraum stieg jedoch der gesamte Energieverbrauch für das Heizen der privaten Haushalte um 2,8% an. Die Einsparerfolge wurden durch den um ca. 13% gestiegenen Wohnflächenbedarf kompensiert.

11 Einen Anfang für eine Systematisierung von Rebound-Effekten machen bereits Jenkins, Jesse/ Nordhaus, Ted/ Shellenberger, Michael (2011) op. cit.; und Paech, Niko (2011) op. cit. Ferner stellt van den Bergh eine Liste von 14 Rebound-Effekten auf, die er allerdings nicht näher erläutert, siehe van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2011): Industrial energy conservation, rebound effects and public policy. UNIDO Working Paper Nr. 12. Wien.

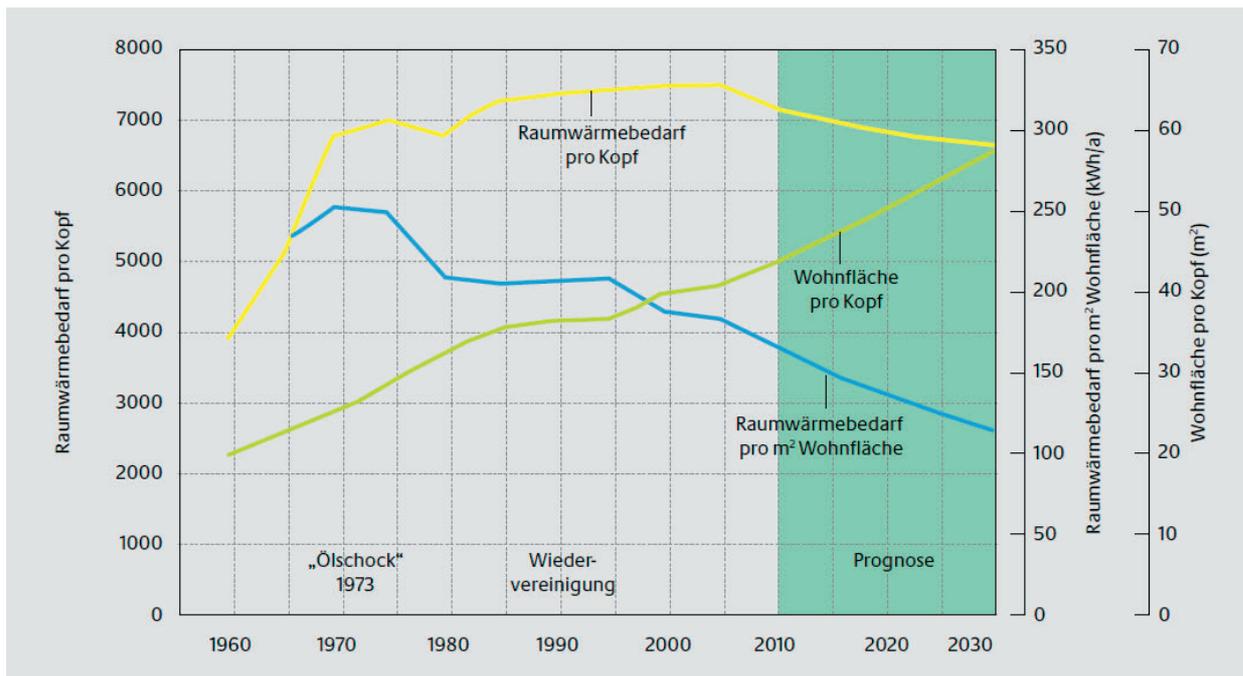


Abbildung: Wohnfläche und Wärmebedarf in Deutschland*

* Quelle der Abbildung: BMWI (2011): Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Abbildung dort entlehnt aus: Ebert, Thilo/ Essig, Nathalie/ Hauser, Gerd (2010) op. cit.

Insgesamt ist der Raumwärmebedarf pro Person seit 1970 konstant hoch geblieben. Eine Entkoppelung hat nicht stattgefunden (siehe Abbildung).¹²

Wenn Kosten senkende Effizienzmaßnahmen im Produktionsprozess zu einem realen Einkommensgewinn auf Produzentenseite führen, kann es äquivalent zum Einkommenseffekt zu einem **Re-Investitions-Effekt** kommen. Unternehmen können die erhöhten Profite entweder in eine Ausweitung der Produktion des gleichen Gutes (direkter Rebound als Expansion) oder zur Investitionen in neue Produkte und Dienstleistungen stecken (indirekter Rebound als Diversifizierung der Produktpalette). Auch kann das Unternehmen die Löhne der Arbeitnehmer anheben, was wiederum zu dem oben genannten Einkommens-Effekt führen kann. Häufig führen erwartete Kosteneinsparungen beim Konsumen-

ten auch zu Investitionen in ein Re-Designing des herkömmlichen Produkts, etwa um dieses attraktiver zu machen. Beispielsweise wurden Effizienzsteigerungen in der Motorentechnologie selten genutzt, um verbrauchsärmere PKW anzubieten, sondern um bei gleichem Verbrauch pro Fahrzeugkilometer leistungsstärkere, schnellere und schwere Autos herzustellen. So verbrauchen der klassische ‚VW Käfer‘ von 1955 und der moderne ‚VW Beetle‘ von 2005 mit 7,5 resp. 7,1 Liter pro 100 km nahezu gleich viel. Aber während der Käfer mit 30 PS und einer Spitzengeschwindigkeit von 110 km/h noch 730 kg wog, bringt der Beetle bei 75 PS und 160 km/h Spitzengeschwindigkeit rund 1200 kg auf die Waage. Hier wird der Rebound-Effekt gemessen am Tonnenkilometer pro Liter Benzin sichtbar.

Die genannten Rebound-Effekte auf Akteurebene (Konsumenten, Produzenten) können in Summe zu weiteren Effekten führen, die gesamtgesellschaftlich wirken. Beispielsweise wird die flächendeckende Einführung von Drei-Liter-Autos zu einer gesamtgesellschaftlich geringeren Nachfrage nach Benzin führen,

12 Ebert, Thilo/ Essig, Nathalie/ Hauser, Gerd (2010): Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten, internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie. München.

so dass die Benzinpreise sinken oder jedenfalls weniger schnell ansteigen, als sie es ohne die Effizienzverbesserung der Motoren getan hätten. Der allgemeine Preisverfall kann nun wiederum eine erhöhte Nachfrage aus anderen Sektoren stimulieren. Der gesunkene Benzinpreis dürfte zu einer Mehrnachfrage nach anderen Benzin verbrauchenden Produkten führen, die im Betrieb nun billiger werden; daher kann von einem **Marktpreis-Effekt** gesprochen werden. Möglicherweise könnten Gemeinden verstärkt in motorisierte Laubbläser statt in konventionelle Besen investieren. Die flächendeckende Einführung von effizienten Holzpellets-Öfen in bestimmten Gebieten in Süddeutschland oder Österreich könnte zu einem relativen Rückgang der lokalen Holzpreise führen, in dessen Folge nun holzverarbeitende Industrien (Möbel, Holz für den Export) im Wettbewerb besser gestellt werden und ihre Nachfrage nach Holz ausweiten.

2.2 Materielle Rebound-Effekte

Investitionen in Effizienzmaßnahmen können zu einer Mehrnachfrage nach Energie oder Material für die Herstellung dieser Güter führen. Diese Energie- und Materialkosten werden auch als ‚graue Energie‘ bezeichnet, weil sie in den Geräten ‚verkörpert‘ sind. Die damit zusammenhängende Mehrnachfrage kann als **Embodied-Energy-Effekt** bezeichnet werden. Beispielsweise verbraucht ein ungedämmtes Haus im Vergleich zu einem energetisch gedämmten zwar mehr Heizenergie im laufenden Betrieb, aber die Herstellung der Dämmung erfordert einen Energieaufwand, der beim Bau des ungedämmten Hauses nicht anfällt. Der energetische Mehraufwand bei der Herstellung der Dämmung kann ins Verhältnis zu den Heizenergie-Einsparungen über die Nutzungsdauer des Hauses gesetzt werden. Mehrere Studien veranschlagen für Produkte der Gebäudedämmung Amortisationszeiten von einem Jahr bis hin zu 15 Jahren, je nach Dämmmaßnahme, Gebäudetyp und Klimazone. Wenn von einer Lebensdauer der Gebäude von rund 100 Jahren ausgegangen wird, entspräche dies einem

materiellen Rebound-Effekt von 1–15%.¹³ Für zahlreiche Energiesparprodukte zeigen Life-Cycle-Analysen heute, wie hoch der Embodied-Energy-Effekt ist und ab welcher Nutzungsdauer und -art sich die Investition in effizientere Geräte lohnt.

Neue Effizienztechnologien wie auch der Wandel der Konsistenz der Wirtschaft – weg von fossilen Energieträgern und Rohstoffen hin zu erneuerbaren Energien und nachwachsenden Rohstoffen – wird nicht nur durch eine Umrüstung vorhandener Produktionsanlagen realisiert werden können. Vielmehr dürften vielfach neue Kapazitäten und Infrastrukturen, sprich: gänzlich neue Märkte aufgebaut werden. Daher kann von einem **Neue-Märkte-Effekt** gesprochen werden.¹⁴ Die flächendeckende Einführung von Elektro-Automobilen kann je nach Erzeugung des dafür benötigten Stroms zwar möglicher Weise zu Effizienzgewinnen je gefahrenem Kilometer eines Automobils führen. Um den gesamtgesellschaftlichen Rebound-Effekt in den Blick zu nehmen, muss aber nicht nur eine Lebenszyklus-Analyse der Produktion, Nutzung und Entsorgung von E-Autos berücksichtigt werden, sondern ebenso der Aufbau neuer materieller Infrastrukturen, die für den Betrieb von E-Autos nötig werden – von den Industrien zur Herstellung der neuen Motoren und Akkumulatoren bis hin zu den Stromtankstellen oder Quickdrop-Stationen, wo Autofahrer leere Akkus gegen frische Akkus austauschen können. Sogar die Gehälter, mit denen die Ingenieure der Akkumulatoren oder die Betreiber der neuen Stromtankstellen ihre persönliche Energienachfrage bestreiten, können zu Rebound-Effekten führen; etwa, wenn das vorherige Einkommensniveau übertroffen wird oder nun insgesamt mehr Personen in Arbeit stehen. Pauschal gesprochen umfasst der Neue-Märkte-Effekt insofern all jene materiellen Rebound-Effekte, die von Life-Cycle-

13 Siehe ausführlicher hierzu, mit Auswertung verschiedener empirischer Studien, vor allem auf S. 48: Sorell, Steve (2007): *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency*. London.

14 Auf den Neue-Märkte-Effekt weist erstmals Niko Paech hin, siehe Paech, Niko (2011) op. cit.

Analysen einzelner Produkte nicht mehr abgebildet werden (können).

Ähnlich dem Neue-Märkte-Effekt lässt sich auf Ebene der Konsumenten ein materieller Rebound-Effekt entdecken, der als **Konsum-Akkumulations-Effekt** bezeichnet werden kann. Er hebt auf die Tatsache ab, dass der Konsum von effizienteren, umweltfreundlicheren Produkten nicht immer die herkömmlichen Produkte ersetzt, sondern oft zusätzlich zu ihnen erfolgt. Beispielsweise könnte nach dem Kauf eines hocheffizienten A+++ Kühlschranks der alte, energieintensivere Kühlschrank in den Partykeller oder die Datsche wandern. Oder: die Eltern erwerben ein Elektroauto, verschrotten aber ihr konventionelles Auto nicht, sondern reichen es zur Nutzung an ihre Kinder weiter. In der Lebenszyklus-Analyse des effizienteren Gutes und betrachtet an einem einzelnen Konsumenten mag der Energie- oder Ressourcenverbrauch zwar sinken, aber gesamtgesellschaftlich gesehen äußert sich die Akkumulation von neuen und alten Konsumgütern als materieller Rebound-Effekt.

2.3 Psychologische Rebound-Effekte

Umweltfreundlichere Produkte und Dienstleistungen verändern nicht nur ihre technischen Eigenschaften, sondern häufig auch ihren symbolischen Gehalt. Die Einschätzung, der Konsum von etwas hinlänglich als schädlich Gebrandmarktem könnte durch Effizienz- oder Konsistenzsteigerungen ökologisch vertretbar geworden sein, kann eine Mehrnachfrage bedingen. In der Sozialpsychologie wird dies als **Moral-Hazard-Effekt** beschrieben. Eine empirische Erhebung in Japan hat zur Überraschung ihrer Forscher gezeigt, dass Autofahrer, die sich nach eigener Wahrnehmung ein „ökologisches Auto“ zugelegt haben (z.B. Toyota Prius mit Hybridmotor), ein Jahr nach dessen Kauf gut 1,6mal mehr Kilometer damit gefahren sind, als mit ihrem herkömmlichen Auto zuvor.¹⁵ Insofern bietet der Moral-Hazard-Effekt eine weitere

Erklärung für den direkten Rebound-Effekt: Konsumenten verbrauchen mehr vom Gleichen, eben weil das Produkt effizienter geworden ist.

Eine Mehrnachfrage des nunmehr energieeffizienten Produkts muss indessen nicht zwangsläufig durch eine aktive, rational intendierte Handlung erfolgen, sondern kann auch durch unintendiertes Verhalten erfolgen. Beispielsweise kann es als Entlastung empfunden werden, dass Verbraucherinnen nach dem Einbau einer energieeffizienteren Heizung weniger penibel darauf achten müssen, während der Heizperiode alle Fenster stets geschlossen zu halten. Ähnlich könnte der Kauf von Energiesparlampen es mit sich bringen, dass ein Licht in einem zeitweilig unbenutzten Raum angeschaltet bleibt – zumal auch die Kosten des Brennenlassens der Birne für die Verbraucherinnen zurückgehen. Der Kauf des effizienteren Produkts wirkt quasi gewissenberuhigend, weshalb von einem **Moral-Leaking-Effekt** gesprochen werden könnte: weil es ökologisch, ökonomisch und ggf. auch gesellschaftlich ‚nicht mehr so darauf ankommt‘, werden energiesparende Handlungen (Fenster schließen, Licht löschen) in der Priorisierung der zielgerichteten Motive zurückgestuft oder gar aufgegeben. Insofern liefert der Moral-Leaking-Effekt eine weitere Erklärung für den direkten Rebound-Effekt.

Demgegenüber erklärt der **Moral-Licensing-Effekt** eine Form des indirekten Rebound-Effekts: Aufgrund des Erwerbs eines ökologischen Produkts steigt die Nachfrage nach anderen umweltschädlichen Produkten. Etliche empirische Studien haben mittlerweile nachgewiesen, dass der Konsum ‚ethischer‘ Produkte (Bio-Lebensmittel, Fair Trade Produkte usw.) dazu führen kann, dass Konsumentinnen es anschließend für gerechtfertigt halten, an anderer Stelle unethisch zu konsumieren.¹⁶ Es ist leicht vorstellbar, dass dies

15 Ohta, Hiroyuki/ Fujii, Satoshi (2011): Does Purchasing an „Eco-car“ Promote Increase in Car-Driving Distance? Unpublished Paper from Tokyo Institute of Technology, Tokyo.

16 Siehe z.B. Mazar, Nina/ Zhong, Chen-Bo (2010): Do Green Products Make Us Better People? In: Psychological Science, Vol. 21, Nr. 4, S. 494–498; oder auch: Zhong, C. B./ Liljenquist, K./ Cain, D. M. (2009): Moral Self-Regulation: Licensing & Compensation. In: De Cremer, D. (Hrsg.): Psychological Perspectives on Ethical Behavior and Decision Making. Charlotte, S. 75–89.

auch zu einem psychologischen Rebound-Effekt beim Energieverbrauch führen kann. So könnten Menschen, die sich ein sparsames Auto gekauft haben, nun häufiger Urlaubsreisen mit dem Flugzeug unternehmen; oder die Umstellung aller herkömmlichen Leuchtmittel auf Energiesparlampen mag den Neukauf eines Plasmafernsehers oder ‚Beamers‘ rechtfertigen.

2.4 Cross-Factor-Rebound-Effekte

Bislang wurden die Auswirkungen von Energieeffizienzsteigerungen auf die Energienachfrage betrachtet. Im Folgenden geht es darum, wie Produktivitätssteigerungen anderer Faktoren ebenfalls die Energienachfrage steigern können. Zum Einstieg wird zunächst kurz beleuchtet, wie Arbeitsproduktivitätssteigerungen auf die Nachfrage nach Arbeit wirken.

Während die politische Strategie der Energieeffizienz von der Annahme ausgeht, durch Effizienzsteigerungen könne insgesamt Energie eingespart werden, stützt sich die Rechtfertigung für Arbeitsproduktivitätssteigerung seit langem auf einen entgegengesetzten Zusammenhang.¹⁷ Es wäre nachgerade politischer Selbstmord, wenn Regierungen eine Zunahme der Arbeitsproduktivität zulassen oder gar fördern würden, die zu einem rasanten Rückgang des Arbeitsplatzangebots führt. Tatsächlich stieg die Arbeitsproduktivität in Deutschland zwischen 1970 und 2005 um sagenhafte 150% und das Bruttoinlandsprodukt um mehr als 100%. Das aggregierte Arbeitsvolumen hingegen sank nur leicht und beträgt heute 86% des Werts von 1970.¹⁸ Befürchtungen, dass Roboter die Jobs von Fließbandarbeitern ausrotten oder Computer sämtliche Sekre-

tärinnen arbeitslos machen, haben sich – wenn überhaupt – nur für einzelne Branchen und auch dort nur in Teilen bewahrheitet. Im Gegenteil, wird vielfach zurecht argumentiert, dass die Steigerung der Arbeitsproduktivität letztlich Arbeitsplätze schaffe oder wenigstens sichere. Mit anderen Worten, dass ein gesellschaftlich wie politisch höchst willkommener Rebound-Effekt dafür sorgt, dass Arbeitsproduktivitätssteigerungen eine Mehrnachfrage nach Arbeit bedingen. Madlener und Alcott fügen hinzu: „Netto wurden frei werdende Stunden selten mit Nichtstun gefüllt, sonst würden wir heute viel weniger arbeiten als früher, als die Arbeitsleistung pro Stunde noch viel niedriger war. Anscheinend gibt und gab es 100% Rebound oder, kommt das Bevölkerungswachstum noch dazu, Backfire.“¹⁹

Wie wirkt sich eine Steigerung der Arbeitsproduktivität nun auf die Nachfrage nach Ressourcen und Energie aus? Einige Zeit bevor Jevons 1865 den Rebound-Effekt von Energieeffizienzsteigerungen entdeckt hat, haben andere Ökonomen bereits einen Rebound-Effekt zwischen Produktivitätssteigerungen des Faktors Arbeit und der Nachfrage nach dem Faktor Natur festgestellt. John Stuart Mill etwa konstatierte: *“increased effectiveness of labour (...) always implies a greater produce from the same labour, and not merely the same produce from less labour”*.²⁰ Turner et al. haben 2009 den Zusammenhang zwischen Arbeitsproduktivität und Energienachfrage mit einer ökonometrischen Gleichgewichtsanalyse für die Länder England und Schottland quantifiziert. Die Ergebnisse ihrer Berechnung: eine 5%ige Steigerung der Arbeitsproduktivität hat sowohl in der kurzen wie in der langen Frist eine steigende Energienachfrage zur Folge. Zwar wächst das Volkseinkommen schneller als die Energienachfrage, weshalb von einer relativen Entkoppelung gesprochen werden kann; entscheidend ist aber, dass ein **Cross-Factor-Rebound-Effekt** von steigender Arbeitsproduk-

17 Im 19. Jahrhundert hat es hierüber noch eine ausführliche theoretische Auseinandersetzung gegeben, siehe Alcott (2008) op. cit., in der sich aber klar die Sicht durchgesetzt hat, dass zunehmende Arbeitsproduktivität zunehmendes volkswirtschaftliches Arbeitsvolumen schafft.

18 Wuppertal Institut (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt. Ein Anstoß zu einer gesellschaftlichen Debatte. Frankfurt, S. 429. Siehe auch Bontrup, Heinz J./ Niggemeyer, Lars/ Melz, Jörg (2007): Arbeit fair teilen: Massenarbeitslosigkeit überwinden! Hamburg.

19 Madlener, Reinhard/ Alcott, Blake (2011) op. cit., S. 27.

20 Mill, John Stuart (1848): Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy. London, Book 1, Chapter IV, Seite 133.

tivität auf steigende Energienachfrage vorliegt.²¹ Der gleiche Effekt darf für Kapitalproduktivitätssteigerungen unterstellt werden: auch sie steigern das Wirtschaftswachstum, was *ceteris paribus* eine erhöhte Energienachfrage nach sich ziehen dürfte.

Hinzu kommt, dass Produktivitätssteigerungen beim Faktor Arbeit mitunter ganz direkt durch erhöhte Energienachfrage erzielt werden. Immer dann, wenn menschliche Arbeitskraft durch Mechanisierung und Motorisierung substituiert wird, lässt sich von einem materiellen **Cross-Factor-Rebound-Effekt** sprechen. Ob bei der elektrischen Küchenmaschine, die die Muskelkraft des Meisterkochs potenziert, oder der transport- und IT-intensiven Just-in-Time-Lieferung, die die Produktivität von Logistikerinnen steigert: wachsende Energienachfrage ist oft die Grundlage oder Folge gestiegener Arbeitsproduktivität. Entsprechende politische Rahmenbedingungen, wie eine hohe Besteuerung des Faktors Arbeit bei vergleichsweise geringer Besteuerung des Faktors Energie, zumal in Hochlohnländern, verstärken das Problem, dass seit Jahrzehnten die Steigerung der Arbeitsproduktivität durch eine (relative) Minderung der Energieproduktivität erkaufte wird.

Für den umgekehrten Zusammenhang gilt indessen häufig das Gegenteil: eine Steigerung der Energieeffizienz geht häufig mit einer Steigerung der Arbeits- und Kapitalproduktivität einher, auch wenn letztere nicht das primäre Motiv gewesen sein mochten. Dann forciert die insgesamt gestiegene Produktivität der Wirtschaft das Wachstum, was wiederum eine Rückkopplung auf die Energienachfrage nach sich ziehen kann.²² Die Zusammenhänge können als **multiple Cross-Factor-Rebound-Effekte** bezeichnet werden und wurden von Saunders eindrücklich am Beispiel der Stahlindustrie beschrieben²³:

Aufgrund der rasanten Energiepreissteigerungen durch die Öl-Krisen in den 1970er-Jahren hat die US-amerikanische Stahlbranche ihre Energiekosten pro Tonne Stahl bis zum Ende des 20. Jahrhunderts um 45% reduzieren können, u.a. durch die Einführung von Elektro-Lichtbogenöfen. Bei dieser neuen Herstellungsweise kann Stahlschrott wiederverwertet und die Produktion in den enorm energieintensiven Hochöfen umgangen werden. Da Hochöfen überdies sehr kapitalintensiv sind, wurde auch die Kapitalproduktivität der Stahlindustrie erheblich gesteigert. Zugleich konnte zwischen 1983 und 1998 die Arbeitsproduktivität der amerikanischen Stahlindustrie von 10,1 Arbeiter-Stunden auf 3,2 Arbeiterstunden pro Tonne Stahl mehr als verdreifacht werden. In Summe haben die Produktivitätssteigerungen aller Produktionsfaktoren aufgrund der resultierenden relativen Preissenkung des Stahls zu einer absoluten Mehrnachfrage geführt, die die Energieeffizienzgewinne im Herstellungsprozess nivelliert oder gar überkompensiert hat.²⁴ Saunders vermutet allgemein, dass technologische Entwicklungen, die neben der Energieeffizienz auch die Kapital- und Arbeitsproduktivität erhöhen, mit hoher Wahrscheinlichkeit Backfire generieren werden.

Äquivalent zur Produktionsseite können auch auf Konsumentenseite Rebound-Effekte durch Effizienzgewinne anderer Art erklärt werden, vor allem durch eingesparte Zeit.²⁵ Ein Beispiel hierfür liefert der Zusammenhang zwischen Mobilität, Wegezeit und Energieverbrauch. Quer über Kulturen, Länder und Epochen lässt sich empirisch nachweisen, dass Menschen pro Tag relativ konstant zwischen 0,75 und 1,5 Stunden

21 Turner, Karen/Hanley, Nick/De Fence, Janine (2009): Do Productivity Improvements Move Us Along the Environmental Kuznets Curve? Stirling Economics Discussion Paper Nr. 2. www.economics.stir.ac.uk.

22 So auch Sorell, Steve (2007) op. cit.

23 Siehe Saunders, Harry D. (2000): A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes. In: Energy Policy Nr. 28, S. 439–449.

24 Was Saunders in seinem Artikel aus dem Jahr 2000 zunächst theoretisch darlegt, scheint er mit einer ökonometrischen Berechnung historischer Energieverbräuche aus 30 Industriesektoren in den USA in einem Artikel aus dem Jahr 2010 auch empirisch zu festigen, siehe Saunders, Harry D. (2010): Historical Evidence for Energy Consumption Rebound in 30 US Sectors and a Toolkit for Rebound Analysis. Artikel im Erscheinen.

25 Rebound-Effekte, die auf die Einsparung von Zeit zurückgehen, werden auch beschrieben von Binswanger, Mathias (2001): Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? In: Ecological Economics Nr. 36, S. 119–132.

mit Mobilität zubringen – egal ob sie zu Fuß von Dorf zu Dorf wandern oder mit dem Auto zwischen entfernt liegenden Städten pendeln.²⁶ Da überraschender Weise die aufgewendete Zeit für Mobilität langfristig also weder mit dem Grad der Technisierung noch mit den Kosten der Fortbewegung korreliert, übersetzt sich eingesparte Wegezeit in längere Wegstrecken. Die Überwindung längerer Wegstrecken erfordert aber einen erhöhten Energieverbrauch. Mit anderen Worten, Zeiteffizienzgewinne bei der Mobilität generieren Rebound-Effekte beim Energieverbrauch. Ein anderes Beispiel lässt sich für die Nutzung des Internets annehmen. Wer sich an das langsame Surfen im Internet mit einem alten PC und einem 56k Modem über eine analoge Telefonverbindung in den 1990er-Jahren erinnert, wird bestätigen können, dass mit stetig schneller gewordenen Internetverbindungen und leistungsfähigeren Rechnern heute wesentlich mehr Klicks pro Minute möglich sind. Indessen erfordert jede Nutzung des Internets Energie; nicht nur beim individuellen Nutzer, sondern vor allem durch Server und den Datentransport. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich Zeiteffizienzgewinne beim Surfen in vermehrter Internet-Frequentierung mit einem größeren Datenvolumen und somit einem erhöhten Energieverbrauch des IT-Sektors niederschlagen. Beide Beispiele legen nahe, von einem Konsum-Rationalisierungs-Effekt zu sprechen: eine zunehmende Durchrationalisierung des Konsums kann eine steigende Energienachfrage bedingen.

3. Ausmaße und Unsicherheiten

In den vergangenen 30 Jahren wurden mehrere Dutzend empirischer Studien aufgelegt, die das quantitative Ausmaß von Rebound-Effekten mithilfe ökonomischer Modelle oder historischer Datenreihen berechnen. Die Aussagekraft der großen Mehrheit dieser Studien für die Höhe des gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekts ist aus einer Reihe von Gründen begrenzt. Mit Abstand die meisten Studien modellieren nur produkt- oder sektorspezifische Rebounds beim Endverbraucher, etwa im Verkehrs-, Gebäudebereich oder der Nutzung von Elektrogeräten; manche Studien untersuchen nur direkte, andere wenigstens direkte und indirekte Rebounds. Neben den vielen produkt- und sektorspezifischen Studien untersuchen nur einige wenige Modelle produktionsseitige²⁷ und nur drei Studien das Ausmaß gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekte²⁸. Zudem sei angemerkt, dass die ökonomischen Modelle nur finanzielle Rebound-Effekte abgebildet haben. Da psychologische und andere Rebound-Effekte bislang unberücksichtigt blieben, erfassen die ohnehin begrenzt aussagekräftigen Studien zu einzelnen sektorspezifischen Rebound-Effekten also selbst dort nur einen kleinen Teilausschnitt aller möglichen Rebounds. Davon abgesehen bezieht sich die ganz überwiegende Zahl von Untersuchungen auf Industrieländer, während Entwicklungs- und Schwellenländer bislang kaum betrachtet wurden.

Die Herausforderung für die zukünftige quantitative Rebound-Forschung wird insofern nicht nur darin liegen, die verschiedenen ökonomischen Ansätze zu direkten und indirekten Rebound-Effekten auf Ebene von Konsumenten mit den komplexen Ansätzen zur Modellierung von Rebound-Effekten auf Produzenten-

26 Knoflacher, Hermann (2007): Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Wien.

27 Siehe zum Beispiel Saunders, Harry D. (2010) op. cit.

28 Holm, Stig-Oluf/ Englund, Göran (2009): Increased ecoefficiency and gross rebound effect: Evidence from USA and six European countries 1960-2002. In: Ecological Economics Nr. 68, Iss. 3, S. 879-887; Giampietro, Mario/ Mayumi, Kozo (2008) op. cit.; Barker T./ Ekins P./ Foxon T. (2007): The macro-economic rebound effect and the UK economy. In: Energy Policy Nr. 35, S. 4935-4946.

seite zusammen zu führen. Vielmehr müssen zusätzlich empirische Untersuchungen aus der Umwelt- und Verhaltenspsychologie einfließen, um psychologischen Rebounds Rechnung zu tragen, sowie erstmals Cross-Factor-Rebound-Effekte in gesamtwirtschaftliche Gleichgewichtsmodelle einbezogen werden. Erst eine Zusammenschau dieser interdisziplinären empirischen Forschung, die teilweise noch gar nicht existiert, würde es erlauben, die gesamtwirtschaftliche Summe aller Rebound-Effekt einer Effizienzsteigerung umfassend abzuschätzen.

Dass die quantitative Rebound-Forschung noch große Lücken aufweist, drückt im Umkehrschluss allerdings aus, dass die Ergebnisse der bisherigen Modellrechnungen wahrscheinlich nur ein kleines Ausmaß der tatsächlich auftretenden Rebounds ausdrücken. Dies bietet immerhin die Sicherheit, dass die im folgenden genannten Zahlen sich am unteren Rand dessen bewegen, was in der Realität zu erwarten ist.

3.1 Faustformel ‚Fifty-Fifty‘

Vier Meta-Studien liefern eine Übersicht und Auswertung der zahlreichen empirischen Einzeluntersuchungen.²⁹ Im Detail widersprechen sich die Studien zum Teil erheblich. Mit Vorsicht lässt sich für Industrieländer rund 10-30% direkte Rebound-Effekte bei Endverbrauchern in den Sektoren Verkehr, Haushalte/Elektrogeräte und Gebäude extrapolieren, wobei es nach oben und unten Abweichungen gibt. Hinzu kommen indirekte und makro-ökonomische Rebound-Effekte (Bspw. der Marktpreis-Effekt) im Umfang von 5-50%, mit Spitzen in manchen Sektoren von über 90% und Backfire; hier zeigt allein die Bandbreite der Angabe die bestehenden Unsicherheiten.

Nur als Anhaltspunkt kann daher die Faustformel abgeleitet werden, dass langfristig und im

Mittel mit gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekten von mindestens 50% gerechnet werden darf. Mit anderen Worten, im Schnitt werden Effizienzmaßnahmen höchstens 50% der Einsparung realisieren, die sie versprechen, häufig sogar noch weniger.³⁰

Allerdings sei nochmals angemerkt, dass die Modellrechnungen nur finanzielle und keine materiellen, psychologischen und Cross-Factor-Rebound-Effekte in den Modellrechnungen berücksichtigen – auch wenn diese Effekte nicht alle additiv wirken, sondern sich teilweise auch ausschließen. Einer Schätzung von allen Rebound-Effekten in Summe kann sich nur anhand historischer Zeitreihen genähert werden. Dies haben Holm und Englund in einer breit angelegten Studie unternommen. Ihr Ergebnis: In den den USA und sechs EU-Staaten stieg die Energieeffizienz zwischen 1970 und 1991 um rund 30% an, während im gleichen Zeitraum der Energieverbrauch um 20% stieg.³¹ Im Mittel über 21 Jahre und mehrere Länder wurden also 66% der Effizienzsteigerungen durch einen Anstieg der Nachfrage aufgefressen. Zwar dürfte die Mehrnachfrage nicht allein auf Rebound-Effekte sondern auch auf andere Wachstumseffekte zurückgehen. Allerdings berücksichtigt die Studie auch keine Verlagerungseffekte durch den Welthandel, die den Energieverbrauch sukzessive von Industrie- in Schwellen- und Entwicklungsländer verschieben; wäre der Energieverbrauch in den Herkunftsländern der Importe in die Analyse von Holm und Englund einbezogen worden, ließe sich womöglich eine noch höhere Steigerung der Nachfrage feststellen.³²

Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen in Deutschland zieht das Fazit: „Insgesamt deuten die verfügbaren wissenschaftlichen Erkenntnisse darauf hin, dass der langfristige gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekt regelmäßig über 50% liegt und auch Werte von über 100% erreicht, das heißt die erzielten Einsparungen zur Hälfte bis vollständig ausgleichen könnte.“³³

29 Madlener, Reinhard/ Alcott, Blake (2011) op cit.; Jenkins et al. (2011) op cit.; Sorell, Steve (2007): op. cit.; Greening, Lorna/ Greene, David L. (1998): Energy Use, Technical Efficiency, and the Rebound Effect: A Review of the Literature. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.

30 Siehe z.B. Sorell, Steve (2007) op cit., S. 91

31 Holm, Stig-Oluf/ Englund, Göran (2009) op. cit.

32 Siehe hierzu unten Kapitel 4.3

33 SRU (2011) op cit., S. 353.

Indessen dürften in Schwellen- und Entwicklungsländern die Rebound-Effekte höher liegen, weil dort noch viel mehr nachholender Konsum und infrastrukturelle Investitionen möglich und gewünscht sind.³⁴

4. Grenzen der Einhegung

Ist es möglich, Rebound-Effekte durch umweltpolitische Maßnahmen einzuhegen oder gar zu unterbinden? Zu dieser Frage hat es bislang noch keine wirkliche Debatte gegeben.³⁵ Das Versäumnis ist dringend nachzuholen, und die folgenden Abschnitte stellen einen Anfang dar.

4.1 Effizienzstandards

Ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Effizienzstandards für Geräte oder Produktionsprozesse bergen unter allen effizienzsteigernden Politiken die größte Gefahr, Rebound-Effekt hervorzurufen. Wie in Kapitel 2 ausgeführt werden insbesondere ‚win-win-Maßnahmen‘, bei denen sich die Mehrkosten für die Effizienzsteigerung schon bald amortisieren und die neben Umweltdaher auch Arbeits- und/oder Kapitalkosten senken, hohe finanzielle und Cross-Factor-Rebound-Effekte nach sich ziehen und nicht

selten Backfire generieren.³⁶ Sie werden auf keinen Fall die Summe des technisch möglichen Einsparpotentials realisieren. Empfehlungen wie etwa vom IPCC³⁷ oder von McKinsey³⁸, dass substantielle Einsparungen von Treibhausgasemissionen zu Null- oder gar negativen Kosten erzielt werden können, werden das anvisierte Ergebnis verfehlen, da die zugrunde liegenden Szenarien keine Rebound-Effekte berücksichtigen. In Zukunft sollte die Einführung eines kostenneutralen Effizienzstandards zuvor einer Abschätzung unterzogen werden, ob die Gefahr des Backfire besteht. Wenn Effizienzstandards hohe Rebounds oder gar Backfire nach sich ziehen könnten, sollten alternative Maßnahmen erwogen werden.

Auch solche ordnungsrechtlichen Maßnahmen, die zu Mehrkosten bei Produzenten oder Konsumenten führen, können mit Rebound-Effekten einhergehen. Das genannte Beispiel der Herstellung von immer leistungstärkeren und schwereren Autos bei gleichbleibendem Verbrauch³⁹ legt nahe, dass Effizienzstandards für bestimmte, stark begehrte Produktgruppen keine hohen Einsparungen erwarten lassen; ähnliches dürfte beispielsweise auch für Fernsehgeräte gelten, deren Ausstattung und Größe den Prognosen zufolge weiter zunehmen wird⁴⁰, oder für diverse computergesteuerte Produkte der Unterhaltungselektronik (Laptops, Smartphones, Spielkonsolen usw.), deren Verkaufszahlen und Nutzung in den nächsten Jahren stark zunehmen dürfte. Bei derartigen Produktgruppen wird die Wirkung selbst von kostenintensiven Effizienzstandards weitgehend durch Rebounds nivelliert.

34 Zum Rebound-Effekt in Entwicklungsländern, siehe zum Beispiel für Indien: Roy, Joyashree (2000): The rebound effect: some empirical evidence from India. In: Energy Policy Nr. 28 (6-7), S. 433–438.; für den Sudan: Zein-Elabdin, E.O (1997): Improved stoves in Sub-Saharan Africa: the case of the Sudan. In: Energy Economics Nr. 19 (4), S. 465–475; oder auch der Versuch einer globalen Analyse von Barker, Terry/ Dagoumas, Athanasios/ Rubin, Jonathan (2009): The macroeconomic rebound effect and the world economy. In: Energy Efficiency Nr. 2, S. 411–427.

35 Sehr cursorisch diskutiert van den Bergh (2011) op. cit., inwieweit umweltpolitische Instrumente Rebounds einhegen können. Ansonsten finden sich allgemeine Vorschläge für Politiken zur Entkoppelung von Wachstum und Naturverbrauch bei einigen Autoren, die aber nicht speziell auf die Einhegung von Rebound-Effekten fokussieren. Siehe zum Beispiel Jackson, Tim (2011): Wachstum ohne Wohlstand. Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt. München, S. 175–187; oder Loske (2010) op. cit.

36 So auch Sorell, Steve (2007) op cit., Seite xi.

37 IPCC (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. Cambridge, S. 68.

38 McKinsey & Company (2010): Impact of the financial crisis on carbon economics. Version 2.1 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve, S. 8.

39 Siehe oben Kapitel 2.1

40 Siehe auch SRU (2011): Wege zu einer 100% erneuerbaren Energieversorgung. Sondergutachten. Berlin, S. 353; und Oehme, I./ Halatsch, A./ Schuberth, J./ Mordziol, C. (2009): Umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte. Der Beitrag der Ökodesign-Richtlinie zu den Energieeffizienzzielen der EU. Eine Studie für das Umweltbundesamt. Dessau.

Allgemein empfiehlt es sich daher, ordnungsrechtliche Maßnahmen wie Effizienzstandards u.a. in einem klugen *policy mix* mit marktwirtschaftlichen Instrumenten (Steuern, Emissionshandel) zu verknüpfen, um Rebound-Effekte partiell einzuhegen.

4.2 Ökosteuern

Weizsäcker et al. schlagen ein Design einer Ökologischen Steuerreform vor, bei dem die Steuersätze äquivalent zu den Effizienzsteigerungen ansteigen. Damit sollen Effizienz bedingte Kostenersparnisse über Steuern abgeschöpft werden.⁴¹ In der Tat eignet sich der Vorschlag dazu, finanziellen Rebound-Effekten entgegenzuwirken. Allerdings sieht sich eine Einhegung von Rebound-Effekten durch Ökosteuern mindestens drei Herausforderungen gegenüber.

Zunächst können Ökosteuern lediglich Einkommens- und Marktpreis-Effekte einhegen; psychologische, materielle und teils auch Cross-Factor-Rebound-Effekte werden von Kostensteigerungen nicht tangiert. Wie stark der gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekt durch Ökosteuern unterbunden werden kann, bleibt daher offen.

Ferner sieht sich die konkrete Umsetzung eines speziell auf Rebound-Effekte zugeschnittenen Ökosteuer-Designs erheblichen politischen und sozialen Problemen ausgesetzt. Es muss nämlich mit einem ‚trade-off‘ zwischen der Wirkung einer solchen ‚Bepreisung von Effizienzgewinnen‘ einerseits und ihren gesellschaftlichen Kosten andererseits gerechnet werden. Schließlich hat Saunders gezeigt: je unelastischer die Substitutionselastizität zwischen dem Faktor Natur und anderen Faktoren (Arbeit, Kapital), desto höhere Ökosteuersätze müssen eingeführt werden, um tatsächlich etwas bewirken zu können. Mit Blick auf Rebound-Effekte gilt indessen der Umkehrschluss: je elastischer die Substitutionskapazität, desto eher wird zwar schon ein geringer Steuer-

satz ein Umsteuern beim Verhalten bewirken – wobei dann aber mit hohen Rebound-Effekten gerechnet werden muss.⁴² Kurz, eine hohe Elastizität führt zu hohen Rebounds bei geringen Kosten durch die Ökosteuern, eine geringe Elastizität zu geringen Rebounds aber hohen Kosten. Bei der Einführung von Ökosteuern, die speziell Rebound-Effekte einhegen möchten, sollte daher mit sozialen Akzeptanz-Problemen gerechnet werden, die ggf. weit über die Probleme der politischen Akzeptanz bisheriger Energie- und Ökosteuern hinausgehen könnten.⁴³

Wenn indessen den unterschiedlichen Substitutionselastizitäten von Sektoren und Produktgruppen Rechnung getragen werden soll, müssten die Ökosteuer-Sätze streng sektor- und produktspezifisch ausdifferenziert werden. Ein pauschaler Ökosteuersatz auf Basis der gesamtwirtschaftlich erzielten, aggregierten Effizienzsteigerung kann nicht sicher stellen, dass Rebound-Effekte hinreichend eingehegt werden. Allerdings scheint ein komplexes Ökosteuer-Design mit unzähligen verschiedenen, sektor- und produktspezifischen Steuersätzen vor dem Erfahrungshintergrund der zähen Einführungsprozesse bisheriger Ökosteuersysteme realpolitisch kaum umsetzbar.

Alle drei Herausforderungen sind nicht als Argument gegen die Einführung bzw. Weiterentwicklung von Ökosteuern zu verstehen, und seien es auch Systeme mit einfachen, pauschalen Steuersätzen auf Ressourcen-, Energie- oder CO₂-Verbrauch, wie etwa im Fall der Ökologischen Steuerreform in Deutschland. Eine Verteuerung des Faktors Natur bzw. Energie macht aus umweltpolitischer Sicht in jedem Falle Sinn und stellt zudem ein geeignetes Instrument zur Einhegung bestimmter Rebound-Effekte dar.

41 Weizsäcker, Ernst Ulrich/ Hargroves, Karlson/ Smith, Michael (2010): Faktor fünf. Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München.

42 Siehe Saunders (2000) op. cit., S. 443 ff.

43 Zu Problemen und Lösungsoptionen für die politische Akzeptanz von Ökosteuern siehe zum Beispiel Beuermann, Christiane/ Santarius, Tilman (2006): Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time. In: Energy Policy Vol. 34, Nr. 8, S. 917–929.

4.3 Absolute Obergrenzen

Wenn der Naturverbrauch durch absolute Obergrenzen („caps“) beschränkt wird, kann es theoretisch keine Rebound-Effekte geben. Die Einführung eines weltweiten Emissionshandels beispielsweise, der die gesamten Treibhausgasemissionen aller Länder deckelt, macht Emissionssteigerungen durch Rebound-Effekte unmöglich; es kann dann auch keine Zunahme der Emissionen durch indirekte Rebound-Effekte geben, da die Emissionen des Konsums alternativer Güter und Dienstleistungen ja ebenfalls durch die Obergrenze gedeckelt werden. Verschiedentlich werden auch Obergrenzen für andere Schadstoffe und Umweltmedien diskutiert, die sich prinzipiell ebenfalls zur Einhegung von Rebound-Effekten eignen.⁴⁴ In der Praxis steht die Einführung von absoluten Obergrenzen aber vor zwei Problemen.

Erstens wird es selten gelingen, Obergrenzen weltweit festzulegen. Die Einführung eines weltweiten „caps“ für Treibhausgasemissionen etwa liegt in weiter Ferne. Die Verhandlungen unter der Klimarahmenkonvention (UNFCCC) werden bis heute durch die Frage gelähmt, welche Beiträge Industrie-, Schwellen- und Entwicklungsländer fairer Weise leisten sollen; bis diese Frage der Klimagerechtigkeit nicht gelöst ist, scheint eine absolute Emissionsgrenze für alle Länder undenkbar. So lange indessen Obergrenzen nur für einzelne Länder gelten, kann eine räumliche Verlagerung die Wirkung dieser Obergrenzen schmälern. So ist beispielsweise Deutschland eines der wenigen Industrieländer, das seine nationalen Emissionen seit in Kraft Treten des Kyoto-Protokolls reduzieren konnte. Zwischen 1995 und 2005 sind die CO₂-Emissionen in Deutschland von 10,5 auf 9,7 Tonnen CO₂ pro Kopf gesunken. Allerdings wurden im gleichen Zeitraum über vermehrte Importe von Produkten, bei deren Fertigung CO₂-Emissionen in den Herkunftsländern anfallen, rund 1,1 Tonnen CO₂ pro Kopf ins Ausland verlagert. Im Ergebnis haben die konsumbezogenen Pro-Kopf-Emissio-

nen auch in Deutschland zugenommen;⁴⁵ es hat keine absolute Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Emissionen stattgefunden. Trotz absoluter nationaler Obergrenzen können also Rebound-Effekte entstehen, wenn heimische Produkte durch Importe ersetzt werden.

Zweitens wird es selbst innerhalb von Ländern selten gelingen, nationale Obergrenzen für ein Umweltmedium festzulegen. Das Emissionshandelssystem der EU beispielsweise deckelt die Emissionen lediglich für emissionsintensive Unternehmen, wodurch rund 50% der EU-Emissionen abgedeckt werden. Selbst im theoretischen Fall einer „geschlossenen Volkswirtschaft“ der EU, in dem also keine Verlagerungen ins Ausland stattfinden können, werden indirekte Rebound-Effekte möglich sein, indem sich die Nachfrage von Sektoren, die dem Emissionshandel unterliegen, auf andere Sektoren verlagert. Beispielsweise könnten weniger emissionsintensive Güter konsumiert werden, aber die Summe der anstelle dessen vermehrt nachgefragten emissionsärmeren Güter kann zu einem weiteren Anstieg der Emissionen führen.

Wie oben bereits für Ökosteuern resümiert, sind beide Probleme nicht als Argument gegen die Einführung von absoluten Obergrenzen auf den Naturverbrauch zu verstehen, und seien es auch nur Grenzen für einzelne Sektoren oder Länder. Tatsächlich eignen sich absolute Obergrenzen unter allen umweltpolitischen Instrumenten am besten dazu, Rebound-Effekte einzudämmen. Die Einführung eines absoluten Verbrauchsziels für den Strombedarf in Deutschland etwa, wie es der Sachverständigenrat für Umweltfragen und andere fordern⁴⁶, wäre ein großer Fortschritt, auch für die Minderung von Rebound-Effekten.

44 Siehe z.B. Barnes, Peter (2006): *Capitalism 3.0. A Guide to Reclaiming the Commons*. San Francisco.

45 Bruckner et al. (2010) op. cit.; ähnliche Zahlen bei Peters et al (2010) op. cit.

46 SRU (2011) op. cit., S. 353; siehe auch Linz, Manfred/Scherhorn, Gerhard (2011): *Für eine Politik der Energieeffizienz*. Wuppertal.

4.4 Nachhaltigkeits-Kommunikation

Die Vielzahl unterschiedlicher Gründe für Rebounds legt nahe, dass nicht nur ordnungsrechtliche und marktwirtschaftliche Instrumente angezeigt sind, Rebound-Effekte zu verringern, sondern auch aller Arten von Maßnahmen der Nachhaltigkeitskommunikation, die darauf abzielen, das Wissen und die Wertvorstellungen von Konsumentinnen und Produzentinnen zu beeinflussen. Hierzu zählen Umweltbildung, Nachhaltigkeits-Werbekampagnen oder Öko-Labels genauso wie Umwelt-Management-Systeme, Umwelt-Audits, oder ökologisches Marketing, um nur einige zu nennen. Insbesondere psychologische Rebound-Effekte können, wenn überhaupt, nur durch Instrumente der Nachhaltigkeitskommunikation adressiert werden.

Doch trotz großer Erfolge bei der Verbesserung des Umweltbewusstseins konnten bisher nur wenige Erfolge erzielt werden, das tatsächliche Umweltverhalten zu verändern. Zudem bleibt die ökologische Treffsicherheit von Maßnahmen der Nachhaltigkeitskommunikation stets unsicher. Im *policy mix* mit anderen Instrumenten sollten sie genutzt werden, um über die vielfältigen Ursachen und Zusammenhänge von Rebounds aufzuklären. Und es bietet sich an zu erforschen, wie sie speziell zur Einhegung von Rebound-Effekten weiterentwickelt werden könnten. Indessen besteht bis auf weiteres wenig Grund zur Hoffnung, dass der gesamtwirtschaftliche Rebound-Effekt durch Nachhaltigkeitskommunikation nennenswert verringert werden könnte.

5. Wachstum oder Entkoppelung

Die Vielzahl und Verschiedenartigkeit möglicher Rebound-Effekte und die in diesem Text vorgelegene Einschätzung, dass die Summe dieser Rebound-Effekte auch langfristig mindestens die Hälfte der Einsparpotentiale von Effizienzmaßnahmen aufzehren wird, macht deutlich, dass Technologie- und Innovationsoffensiven alleine nicht ausreichen, um ökologische Ziele wie etwa die Verminderung der Treibhausgase um ca. 80-90% in den Industrieländern bis zum Jahr 2050⁴⁷ zu erreichen. Mehrere Studien haben bisher untersucht, ob und wie sich eine Vollversorgung durch erneuerbare Energien und eine Reduktion der Treibhausgase um bis zu 90% bis 2050 in Deutschland und Europa realisieren lässt.⁴⁸ Sie gehen von einem weiter wachsenden Volkseinkommen aus, aber keine der Studien berücksichtigt irgend welche Rebound-Effekte.⁴⁹ Da die Studien alle technischen Potentiale für die Emissionsreduktion um 90% ausschöpfen und insofern keinerlei Spielräume für Misserfolge lassen, muss unter Berücksichtigung von Rebound-Effekten und der Faustformel ‚Fifty-Fifty‘ eine Erreichung des Ziels durch Effizienz- und Konsistenzstrategien beim heutigen Kenntnisstand der Technik als unerreichbar erklärt werden.

Letztlich liegt der Grund für das Versagen nicht im mangelnden technischen Einsparpotential, sondern im immanenten Nachteil von Effizienz- und Produktivitätssteigerungen jeglicher Art, dass sie das Wirtschaftswachstum anheizen. Vor allem wirken ‚win-win‘-Lösungen wachstumsstimulierend, bei denen Verbraucher, Unternehmer, Regierungen Kosten sparen. Doch letztlich löst jeder Produktivitätsschub einen Wachstumsschub aus. Das Wachstum lässt den Output aller Güter und Dienstleistungen ansteigen, und mit ihm die Nachfrage nach Energie und Ressourcen für die Herstellung dieser Güter. Wie hoch

47 IPCC (2007) op. cit.; oder WBGU (2009): Solving The Climate Dilemma: The Budget Approach. Sondergutachten. Berlin.

48 Nebst Studien von z.B. Shell, BMU/UBA, Greenpeace siehe vor allem WWF (Hrsg.)(2010): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Frankfurt.

49 So urteilt auch der SRU (2009) op. cit.

die Summe aller Rebound-Effekte dieses Wachstumsschub ist, hängt vom Zusammenhang zwischen Energienachfrage und Output ab; mit anderen Worten, wie energie- und materialintensiv die zusätzlich hergestellten Güter sind. Doch auch ‚grüne‘ Produkte, wie etwa erneuerbare Energien, sind nicht zu ökologischen Nullkosten zu haben. Daher muss angezweifelt werden, dass ein grünes Wachstum eine hinreichende Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum realisieren kann, so lange nicht gleichzeitig ökonomische Schrumpfung in nicht-nachhaltigen Sektoren stattfindet.

5.1 Zweifel am grünen Wachstum

Ökologisch gesinnte Befürworter eines weiteren Wirtschaftswachstums argumentieren, dass ein massiver Ausbau erneuerbarer Energien, der Gebäudedämmung, nachhaltiger Infrastrukturen usw. nur bei wachsendem Volkseinkommen zu erzielen sei. ‚Grünes‘ Wirtschaftswachstum (*green growth*) stelle aber keine zusätzliche ökologische Belastung dar, da es nur auf die höheren Kosten von den Investitionen in nachhaltige Produktionsweisen und Infrastrukturen und dem Konsum ökologischer Produkte zurückgehe.

Allerdings muss klar gestellt werden, dass es auch im theoretischen Fall einer ausschließlich grün wachsenden Wirtschaft Rebound-Effekte geben wird. Schließlich gilt: Wenn beispielsweise der Verbrauch fossiler Energie durch die Isolierung von Häusern gesenkt wird, wird der Faktor Natur durch den Faktor Kapital ersetzt. Wie oben erläutert, führt dieser Vorgang insbesondere dann zu hohen Rebound-Effekten, wenn die Substitutionselastizität zwischen Natur und Kapital (oder Arbeit) hoch ist. Genau diese Elastizität wird aber mit dem fortschreitenden Übergang zu einer postfossilen Wirtschaft steigen, da der Faktor Natur stetig leichter durch Arbeit oder Kapital substituierbar wird.

Ein vereinfachtes Beispiel veranschaulicht den Zusammenhang zwischen grünem Wachstum und steigenden Rebound-Effekten. Man führe sich vor Augen, mit welchem unterschiedlichem

Aufwand an Ressourcen, Arbeit und Kapital die ersten Autos mit Otto-Motoren gegenüber den Hybrid-Autos von heute gebaut wurden. Die Motorentechnologie der ersten Generation bestand aus wenigen Teilen, die im wesentlichen aus Eisen und Stahl gefertigt wurden, und baute auf verhältnismäßig einfachen Konstruktionsplänen auf, die von einer überschaubaren Zahl an Forschern und Ingenieuren entwickelt wurden. Die Antriebstechnologie eines Hybrid-Autos hingegen ist komplex, vereint zig verschiedene Rohstoffe aus allen Erdteilen, an deren Abbau und Transport zahlreiche Firmen beteiligt sind, und wird von Heerscharen von Wissenschaftlerinnen und Ingenieuren entwickelt, die alle Gehälter beziehen und ihrerseits Konsum tätigen. Kurz: während Hybrid-Autos pro Tonnenkilometer vielleicht energiesparender fahren, geht ihre Herstellung mit multiplen gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekten einher.

Es ist eine kurzsichtige Argumentation, dass weiteres Wachstum und sei es noch so grün dazu führen würde, die Investitionen und der Konsum und folglich auch der Ressourcenverbrauch und die Emissionen gingen in einem Maße zurück, dass Nachhaltigkeitsziele erreicht werden können. Schließlich wird ein Mehr an Volkseinkommen, auch wenn es aus teureren grünen Produkten resultiert, immer ein Mehr an Konsum nach sich ziehen. Denn was drücken die höheren Kosten der grünen Produkte schon aus? Sie drücken aus, dass entweder mehr Humankapital (Wissen) zu ihrer Entwicklung, oder mehr Arbeitszeit zur Fertigung, oder mehr Aufwand zum Abbau speziell benötigter Rohstoffe fällig wird. In jedem Fall werden mehr ökonomische Transaktionen vorgenommen, die *ceteris paribus* mehr Unternehmen oder Menschen an der Wertschöpfung dieser Produkte beteiligen und daher hierzulande wie global durch Verlagerungseffekte vielfältige Rebound-Effekte generieren, die einer hinreichenden Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Naturverbrauch entgegenwirken.

5.2 Für eine Gesellschaft des Genug

Es gibt kein Entrinnen aus der Tatsache, dass reales Wirtschaftswachstum eine Mehrnachfrage nach sich zieht. Wenn das Ziel Nachhaltigkeit ernst genommen wird, so scheint nur die Option zu bleiben, den Teufelskreis der Wachstumsspirale zu beenden. Eine Wachstums-Gesellschaft, die eine große Transformation zur Nachhaltigkeits-Gesellschaft anstrebt, steht vor der Mammutaufgabe, ihr Wachstum wirkungsvoll zu begrenzen. Nur wenn das Volkseinkommen aufhört stetig weiter zu wachsen, können Effizienz- und Konsistenzstrategien ihre technisch möglichen, sprich: ihre vollen Einsparpotentiale realisieren und den Ressourcenverbrauch auf ein tragfähiges Niveau reduzieren. Ob und wie indessen das Volkseinkommen stabil gehalten werden (*steady state economy*)⁵⁰ oder gar schrumpfen kann, ist eine der wichtigsten und herausforderndsten Forschungsfragen für die Zukunft.

Möglicher Weise können Ökosteuern neben ihrer umsteuernden Wirkung noch einen weiteren Beitrag leisten, dies ins Werk zu setzen. Denn wenn aus den Einnahmen einer Ökologischen Steuerreform keine neuen Rebound-Effekte hervorgehen sollen, dürfen sie lediglich zum Abtragen der bestehenden „ewigen Staatsschulden“⁵⁰ verwendet werden. Das Ergebnis wäre vermutlich kein grünes Wachstum, sondern eher ein ökologisches und soziales Gesundenschrumpfen der Wirtschaft. Denn wenn die Einnahmen der Steuern dem Wirtschaftskreislauf praktisch entzogen würden, kann es sein, dass das Volkseinkommen stabil bleibt oder sinkt. Aber sowohl die ökologischen Schulden bei der Biosphäre als auch die ökonomischen Schulden bei unseren nachfolgenden Generationen könnten abgebaut werden.

Ohne Zweifel erfordert eine Beendigung der Wachstumsspirale enormen ökonomischen, politisch-institutionellen und individuellen Reformwillen. Die Volkswirtschaftslehre muss eine ‚Makroökonomie der Mäßigung‘ erst entwickeln, denn der wissenschaftliche Mainstream hat bisher die Frage völlig ignoriert, ob und wie Marktwirtschaften ohne Wachstum florieren können. Die Politik muss es nicht nur schaffen, ohne neue Staatsschulden auszukommen und alte Schulden abzubauen, sondern zudem all jene Institutionen der sozialen Sicherung reformieren, die bislang auf stetes Wachstum angewiesen waren.

Zuvor müssen Politiker und Bürgerinnen sich auf eine Debatte über gesellschaftliche Suffizienz einlassen. Erst wenn die Einsicht angekommen ist, dass es einen Punkt geben kann und sollte, an dem genug oder vielleicht schon zu viel Wirtschaftswachstum erzielt worden ist, wird es möglich sein, über ökonomische Grenzen des Wachstums nachzudenken. Und erst wenn diese Grenzen eines Tages eingehalten werden, können Effizienz- und Konsistenzstrategien einen uneingeschränkt konstruktiven Beitrag zur Nachhaltigkeit leisten. Die Jahre, die bis zur Lösung dieser Mammutaufgabe wohl noch vergehen dürften, werden indessen neues Beweismaterial für die These dieses Artikels liefern: dass Rebound-Effekte eine hinreichende Verminderung des absoluten Naturverbrauchs vereiteln, solange die Wirtschaft weiter wächst.

⁵⁰ Binswanger nennt Staatsschulden auch „ewige Schulden“ der Zentralbanken, weil Zentralbanken seit Aufhebung des Goldstandards in der Lage sind, praktisch unbegrenzt Schulden aufzunehmen, die niemand zurückfordert, und die sich so lange in Geldschöpfung und reales Wirtschaftswachstum übersetzen, bis das System kollabiert. Siehe Binswanger, Hans Christoph (2006): Die Wachstumsspirale. Geld, Energie und Imagination in der Dynamik des Marktprozesses. Marburg.

Literatur

- Barker, Terry/ Ekins, Paul/ Foxon, Timothy J. (2007): The macro-economic rebound effect and the UK economy. In: *Energy Policy* Nr. 35, S. 4935–4946.
- Barker, Terry/ Dagoumas, Athanasios/ Rubin, Jonathan (2009): The macroeconomic rebound effect and the world economy. In: *Energy Efficiency* Nr. 2, S. 411–427.
- Barnes, Peter (2006): *Capitalism 3.0. A Guide to Reclaiming the Commons*. San Francisco.
- Beuermann, Christiane/ Santarius, Tilman (2006): Ecological Tax Reform in Germany: Handling Two Hot Potatoes at the Same Time. In: *Energy Policy* Vol. 34, Nr. 8, S. 917–929.
- Binswanger, Hans Christoph (2006): Die Wachstums-spirale. Geld, Energie und Imagination in der Dynamik des Marktprozesses. Marburg.
- Binswanger, Mathias (2001): Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? In: *Ecological Economics* Nr. 36, S. 119–132.
- BMWi (2011): *Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung*.
- Bontrup, Heinz J./ Niggemeyer, Lars/ Melz, Jörg (2007): *Arbeit fair teilen: Massenarbeitslosigkeit überwinden!* Hamburg.
- Brookes, Len (1990): The greenhouse effect: the fallacies in the energy efficient solution. In: *Energy Policy* Nr. 18, S. 199–201.
- Bruckner et al. (2010): *Counting CO₂-Emissions in a Globalized World*. DIE-Discussion Paper No. 9. Bonn.
- Ebert, Thilo/ Essig, Nathalie/ Hauser, Gerd (2010): *Zertifizierungssysteme für Gebäude. Nachhaltigkeit bewerten, internationaler Systemvergleich, Zertifizierung und Ökonomie*. München.
- Giampietro, Mario/ Mayumi, Kozo (2008): The Jevons Paradox: The Evolution of Complex Adaptive Systems and the Challenge for Scientific Analysis. In: John M. Polimeni et al.: *The Myth of Resource Efficiency. The Jevons Paradox*. London, S. 79–140.
- Greening, Lorna/ Greene, David L. (1998): *Energy Use, Technical Efficiency, and the Rebound Effect: A Review of the Literature*. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory.
- Hawken, Paul/ Lovins, Amory/ Lovins, L. Hunter (2000): *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. New York.
- Heinberg, Richard (2009): *Searching for a Miracle. Net Energy Limits & the Fate of Industrial Society. A Study for the International Forum on Globalization*. San Francisco.
- Holm, Stig-Oluf/ Englund, Göran (2009): Increased ecoefficiency and gross rebound effect: Evidence from USA and six European countries 1960–2002. In: *Ecological Economics* Nr. 68, Iss. 3, S. 879–887.
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Cambridge.
- Jackson, Tim (2011): *Wachstum ohne Wohlstand. Leben und Wirtschaften in einer endlichen Welt*. München.
- Jenkins, Jesse/ Nordhaus, Ted/ Shellenberger, Michael (2011): *Energy Emergence. Rebound & Backfire as Emergent Phenomena*. Oakland, Breakthrough Institute.
- Khazzoom, Daniel J. (1980): Economic implications for mandated efficiency in standards for household appliances. In: *The Energy Journal* Nr. 1, S. 21–40.
- Knoflacher, Hermann (2007): *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung*. Wien.
- Linz, Manfred/ Scherhorn, Gerhard (2011): *Für eine Politik der Energie-Suffizienz*. Wuppertal.
- Loske, Reinhard (2010): *Abschied vom Wachstumszwang. Konturen einer Politik der Mäßigung*. Rangsdorf.
- Madlener, Reinhard/ Alcott, Blake (2011): Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkoppelung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekte und Problemverschiebungen. Vorläufige Endfassung einer Studie an die Enquete Kommission Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität des Deutschen Bundestags vom 4.12.2011.
- Mazar, Nina/ Zhong, Chen-Bo (2010): Do Green Products Make Us Better People? In: *Psychological Science*, Vol. 21, Nr. 4, S. 494–498.
- McKinsey & Company (2010): *Impact of the financial crisis on carbon economics. Version 2.1 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*.
- Mill, John Stuart (1848): *Principles of Political Economy with some of their Applications to Social Philosophy*. London, Book 1, Chapter IV, Seite 133.

- Oehme, Ines et al. (2009): Umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte. Der Beitrag der Ökodesign-Richtlinie zu den Energieeffizienzzielen der EU. Eine Studie für das Umweltbundesamt. Dessau.
- Ohta, Hiroyuki/ Fujii, Satoshi (2011): Does Purchasing an Eco-car Promote Increase in Car-Driving Distance? Unpublished Paper from Tokyo Institute of Technology. Tokyo.
- Paech, Niko (2011): Grünes Wachstum? Vom Fehlschlagen jeglicher Entkoppelungsbemühungen: Ein Trauerspiel in mehreren Akten. In: Sauer, Thomas (Hrsg.): Ökonomie der Nachhaltigkeit. Grundlagen, Indikatoren, Strategien. Marburg, S. 161–182.
- Peters, Glen P. et al. (2010): Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. In: Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America, Nr. 1–6.
- Polimeni, John M. et al (2008): The Myth of Resource Efficiency. The Jevons Paradox. London.
- Roy, Joyashree (2000): The rebound effect: some empirical evidence from India. In: Energy Policy Nr. 28 (6–7), S. 433–438.
- Santarius, Tilman (2009): Klima und Handel. Warum der Klimawandel zu einer Reform der Welthandelspolitik führt. Studie für das Forum Umwelt & Entwicklung. Bonn/Berlin.
- Saunders, Harry (1992): The Khazzoum-Brookes Postulate and Neoclassical Growth. In: Energy Journal Nr. 13, S.131–148.
- Saunders, Harry D. (2000): A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoum-Brookes. In: Energy Policy Nr. 28, S. 439–449.
- Saunders, Harry D. (2010): Historical Evidence for Energy Consumption Rebound in 30 US Sectors and a Toolkit for Rebound Analysis. Artikel im Erscheinen.
- Sorell, Steve (2007): The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. London.
- SRU (2011): Wege zu einer 100% erneuerbaren Energieversorgung. Sondergutachten. Berlin.
- Turner, Karen/Hanley, Nick/De Fence, Janine (2009): Do Productivity Improvements Move Us Along the Environmental Kuznets Curve? Stirling Economics Discussion Paper Nr. 2. www.economics.stir.ac.uk.
- van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2011): Industrial energy conservation, rebound effects and public policy. UNIDO Working Paper Nr. 12. Wien.
- WBGU (2009): Solving The Climate Dilemma: The Budget Approach. Sondergutachten. Berlin.
- Weizsäcker, Ernst Ulrich/ Hargroves, Karlson/ Smith, Michael (2010): Faktor fünf Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München.
- Wuppertal Institut (2008): Zukunftsfähiges Deutschland in einer globalisierten Welt. Ein Anstoß zu einer gesellschaftlichen Debatte. Frankfurt.
- WWF (Hrsg.)(2010): Modell Deutschland. Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Frankfurt.
- Zein-Elabdin, Eiman O. (1997): Improved stoves in Sub-Saharan Africa: the case of the Sudan. In: Energy Economics Nr. 19 (4), S. 465–475.
- Zhong, Chen Bo/ Liljenquist, Katie/ Cain, Daylien M. (2009): Moral Self-Regulation: Licensing & Compensation. In: De Cremer, David (Hrsg.): Psychological Perspectives on Ethical Behavior and Decision Making. Charlotte, S. 75–89.

Kontakt

Tilman Santarius
santarius@germanwatch.org

Germanwatch e.V.
Schiffbauerdamm 15
D-10117 Berlin

Wuppertal Institut

Döppersberg 19
42103 Wuppertal
Postfach 100480
42004 Wuppertal
info@wupperinst.org
www.wupperinst.org



Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH