

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 1 1

Martin Bruckner

**Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei
Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und
Dekarbonisierungsstrategien.
Eine Literaturstudie**

Martin Bruckner, 2008:
Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in
Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie

Social Ecology Working Paper 111, Vienna

Social Ecology Working Paper 111
Vienna, April 2008

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Klagenfurt University
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna
+43-(0)1-522 40 00-401
www.uni-klu.ac.at/socec
iff.socec@uni-klu.ac.at

© 2008 by IFF – Social Ecology

**Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei
Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und
Dekarbonisierungsstrategien. Eine
Literaturstudie.**

von

Martin Bruckner*

** Unter Mitwirkung von Univ.-Prof. Dr. Marina Fischer-Kowalski und Univ.- Doz. Dr. Kurt
Kratena.*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	3
2	Rebound Effekte.....	4
2.1	Art und Umfang	6
2.2	Klassifizierung	7
2.3	Direkter Rebound Effekt.....	9
	Theoretische Grundlagen.....	10
	Empirischer Nachweis.....	14
2.4	Indirekter Rebound Effekt	16
	Arten.....	16
	Empirischer Nachweis.....	23
2.5	Backfire.....	24
2.6	Politisches Fazit	26
3	Zeit und Einkommen	28
3.1	Zeit als Faktor bei klassischen Rebound Effekten.....	28
3.2	Arbeitsproduktivität und Rebound Effekte.....	29
3.3	Einkommen und Energie.....	29
3.4	Zeit-Rebound	30
	Zwei Effekte	30
	Beispiel	32
	Umfang	34
	Empirische Studien.....	35
	Zeitelastizitäten.....	36
3.5	Arbeitszeit	37
	Arbeitszeitverkürzung und der Rebound Effekt	39
4	Datenlage	40
4.1	Zeitnutzung	40
4.2	Arbeitszeit	41
4.3	Konsum	41
4.4	Umwelt.....	42
4.5	Forschungsstrategie.....	42
5	Literatur.....	44

Einleitung

Die Erhöhung der Material- und Energieeffizienz ist eine klassische Strategie zur Verringerung der Umweltauswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten und trägt zu einer teilweisen Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Umweltbelastung bei. In vielen Ländern werden allerdings derzeit solche Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien der Wirtschaft durch so genannte Rebound Effekte unterlaufen. Rebound Effekte bestehen darin, dass Effizienzgewinne durch Mengenwachstum überkompensiert werden, sodass der Gesamteffekt für die Umwelt sich nicht oder nur wenig verbessert.

Im Rahmen dieser Literaturstudie wurde der internationale state of the art solcher Rebound Effekte gesichtet und versucht die Rolle von Zeitnutzung und Einkommen zu klären. Es werden auch verschiedene umwelt- und gesellschaftspolitische Implikationen diskutiert.

Darüber hinaus wurde sowohl die österreichische als auch die internationale Datenlage gesichtet und versucht eine plausible Forschungsstrategie zu entwickeln, die erlauben soll, für Österreich die Wirksamkeit solcher Effekte zu erkunden.

Rebound Effekte

Die meisten Regierungen versuchen die Material- und Energieeffizienz ihrer Ökonomien zu verbessern und haben dazu Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien implementiert. So auch die österreichische Bundesregierung, die in ihrer Nachhaltigkeitsstrategie eine Steigerung der Material- und Energieeffizienz vorsieht:

„Bis 2015 ist als Ziel eine Steigerung der Ressourcenproduktivität um den Faktor 4 anzustreben.“ (BLFUW, 2002a, S.94)

Dem Thema Energie- und Emissionspolitik ist darüber hinaus eine eigene Klimastrategie (BMLFUW, 2002b, 2007) gewidmet, die in ihrer revidierten Form von 2007, aber auch in der ursprünglichen Fassung von 2002 zahlreiche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, unter anderem in den Sektoren Raumwärme, Verkehr, Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung und Industrie, zur Umsetzung vorschlägt:

„Das Klimaschutzziel Österreichs [ist] eine Reduktion von 13% der Treibhausgasemissionen bis zur Kyoto-Zielperiode 2008-2012 ...“ (BMLFUW, 2007, S.7).

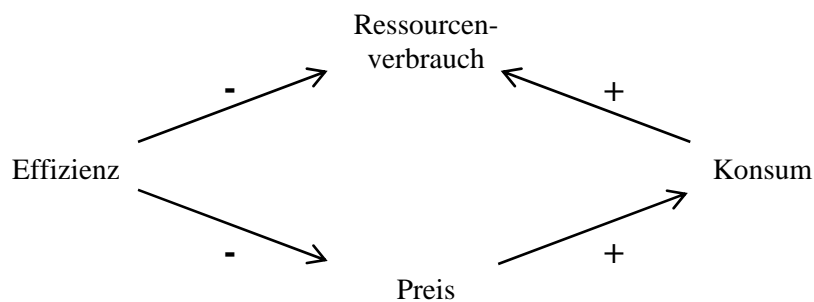
Dabei wird das zu erwartende Einsparpotential meist basierend auf einfachen physikalischen Annahmen und technischen Modellen geschätzt. Die tatsächlichen Einsparungen erreichen diese technischen Annahmen jedoch meist nicht. Im Falle des österreichischen Klimaschutzes hat die bisherige Entwicklung seit 1990 das ambitionierte Ziel von minus 13% weit verfehlt. Im Jahr 2005 war ein Plus von 18% festzustellen (BMLFUW, 2007).

Das Verfehlen von Reduktionszielen von Effizienzmaßnahmen liegt unter anderem an veränderten Verhaltensweisen der Konsumenten bedingt durch geänderte Preise bestimmter Güter und Dienstleistungen. Zum Beispiel geht eine rein technische Verbrauchsabschätzung davon aus, dass der Treibstoffbedarf des Personenverkehrs nach einer Effizienzsteigerung um 20% im Personenkraftwagenbereich, um eben

diese 20% zurückgehen würde. Die sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Theorie sieht das anders. So entscheidet sich ein Autofahrer möglicherweise dazu, weitere Strecken zurückzulegen oder öfter zum motorisierten Fahrzeug zu greifen, wenn der Energieverbrauch pro Kilometer und somit die Grenzkosten pro zusätzlich gefahrene Strecke durch eine die Effizienz erhöhende technische Maßnahme reduziert werden konnten.

Solche Effekte werden unter dem Begriff Rebound Effekte zusammengefasst und führen dazu, dass Teile der erwarteten Energie- oder Materialverbrauchsreduktionen wieder aufgewogen werden. Rebound Effekte können so definiert werden, dass eine Steigerung der Effizienz nicht zu einer Reduktion des Verbrauchs führt (Sorrell, 2007). In Abbildung 1 wird der Mechanismus sehr vereinfacht dargestellt. Steigt die Effizienz (wird also z.B. der Energieeinsatz pro Einheit Output reduziert), so sinkt einerseits der Ressourcenverbrauch (im Beispiel der Energieverbrauch) und andererseits der Preis. Die Preisreduktion führt zur Steigerung des Konsums, was wiederum den Ressourcenverbrauch erhöht.

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Mechanismus des Rebound Effekts



Quelle: eigene Darstellung

Im Extremfall kommt es zu einer Überkompensation, also zur paradoxen Situation, dass der gesamte ökonomieweite Verbrauch nach der Implementierung einer Maßnahme zur Effizienzsteigerung höher ist, als er ohne eine solche Maßnahme wäre – ein Resultat, das mit ‚Backfire‘ bezeichnet wird (Saunders, 1992).

Obwohl der Umfang von Rebound Effekten immer noch stark umstritten ist, steht für Steve Sorrell (2007) nach dem Erstellen einer repräsentativen Überblicksstudie zum Thema Rebound Effekten außer Zweifel, dass sie von ausreichender Relevanz sind,

um sich eine besondere Betrachtung und Behandlung zu verdienen, zumal sie zu beträchtlichen Rückfällen etwa in der Erreichung von Energie- und Klimapolitikzielen führen können.

Das Konzept des Rebound Effekts stammt aus der Energieökonomie. Deshalb bezieht sich die Literatur überwiegend auf Rebound Effekte bei der Effizienzsteigerung von Energiediensten¹. Auch empirische Untersuchungen liegen nur aus der Energieökonomie vor. Die theoretischen Grundlagen von Rebound Effekten lassen sich aber auf Effizienzsteigerungen bei allen limitierenden Faktoren, wie Land, Rohstoffe, Geld, Informationen und Zeit anwenden, wonach davon auszugehen ist, dass solche Effekte auch bei anderen Verbesserungen der ökonomischen Effizienz auftreten.

1.1 Art und Umfang

Rebound Effekte treten in einer großen Vielfalt auf. Versuche einer Klassifizierung wurden schon an verschiedenen Stellen unternommen (siehe Greening und Greene, 1997; Sorrell, 2007). Der so genannte direkte Rebound Effekt wurde erstmals vom Energieökonom Daniel Khazzoom (1980) diskutiert und seither in vielen Studien untersucht (siehe Greening et al., 2000 für eine Übersicht). Indirekte Rebound Effekte setzen sich aus einer Vielzahl von Teileffekten zusammen, welche in Folge einer Effizienzsteigerung der Ressourcen- bzw. Energieverbrauchssenkung entgegenwirken. Ein Rebound Effekt von 100% bedeutet eine gänzliche Kompensierung von Einsparungseffekten und somit Netto-Einsparungen von Null.

Bei der Ermittlung von Rebound Effekten ist eine genaue Definition unter anderem bezüglich des Zeitrahmens (z.B. Kurzzeit- oder Langzeiteffekte) und der Systemgrenzen (z.B. Haushalt, Unternehmen, Volkswirtschaft) erforderlich. Die Effekte können aber auch über Wirtschaftsräume hinausgehen und global wirken. Die

¹ Der Begriff des Energiedienstes (engl. ‚energy service‘) basiert auf der Idee, dass Konsumenten voraussichtlich Licht, eine warme Mahlzeit oder eine Fahrt von A nach B, und nicht Kilowattstunden wollen (Hertwich, 2005). Energieservices können auf Basis unterschiedlicher Technologien die gleiche Funktion erfüllen.

laut Sorrell (2007) relevantesten Effekte, die Langzeiteffekte, können generell nur sehr schwer abgeschätzt werden.

Auf die Möglichkeit, dass Effizienzverbesserungen letztendlich zu Steigerungen des Ressourcen- bzw. Energieverbrauchs führen können, die Summe aller ökonomieweiten Rebound Effekte also die Einsparungseffekte einer Effizienzmaßnahme übertreffen, wurde zuerst vom britischen Ökonomen William Stanley Jevons im Jahr 1865 hingewiesen. Dieses auch als ‚Jevons Paradox‘ (Alcott, 2005) bezeichnete Phänomen ist seit 1992 unter dem Namen ‚Khazzoom-Brookes (K-B) Postulat‘, nach den beiden zeitgenössischen Ökonomen Len Brookes und Daniel Khazzoom, die mit der Idee in Verbindung gebracht werden, bekannt. In seiner ursprünglichen Form lautet es:

„with fixed real energy prices, energy efficiency gains will increase energy consumption above what it would be without these gains“ (Saunders, 1992).

Wenn diese Annahme zutrifft, dann hat das große Implikationen für jede Art von Dematerialisierungs- oder Dekarbonisierungsmaßnahmen, vor allem im Rahmen von aktuellen Maßnahmenpaketen zur Erreichung der Kyoto-Ziele. Es würde bedeuten, dass Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz nicht wie erhofft zu einer Senkung von Energieverbrauch und somit Kohlendioxidemissionen führten, sondern im Gegenteil, diese eher noch anheben würden. Doch auch, wenn das K-B Postulat nicht zutrifft, so kann der Rebound Effekt große Auswirkungen auf globale politische Strategien, vor allem in Bezug auf den Klimawandel, haben. Trotzdem wird dies nach wie vor ignoriert oder vernachlässigt.

1.2 Klassifizierung

Die Gesamtheit aller Rebound Effekte ist ein komplexes Zusammenspiel aus einer Vielzahl von Teileffekten, die auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Ebenen wirken und sich gegenseitig beeinflussen können.

Die folgende Abbildung bietet eine Klassifizierung von Rebound Effekten, die sich in der Einteilung in direkte und indirekte Effekte an Greening und Greene (1997) sowie

Greening et al. (2000) orientiert und außerdem jüngere Arbeiten von Dimitropoulos und Sorrell (2006, 2007, 2008) berücksichtigt.

Abbildung 2: Klassifizierung von Rebound Effekten

Technische Abschätzung der Einsparungen	Tatsächliche Einsparungen		
	Gesamtheit aller Rebound Effekte	Direkter Rebound Effekt <i>(Mikro-Effekte)</i>	Substitutionseffekt
			Einkommens- bzw. Outputeffekt
	Gesamtheit aller Rebound Effekte	Indirekter Rebound Effekt <i>(Makro-Effekte)</i>	Inkorporierte Ressourcen
		Sekundäreffekte	

Quelle: abgeändert nach Sorrell, 2007

Das theoretische Einsparpotential einer Effizienz steigernden Maßnahme wird in der praktischen Umsetzung um die Gesamtheit aller Rebound Effekte reduziert. Tatsächliche Einsparungen von Energie, Emissionen oder Rohstoffen verfehlen das technische Potential oft weit und können im Extremfall sogar negativ sein („Backfire“). Rebound Effekte lassen sich grob in die beiden Kategorien der direkten und indirekten Rebound Effekte unterteilen, die sich wiederum aus mehreren Teileffekten zusammensetzen.

Die ersten beiden Effekte (der Substitutions- sowie der Einkommenseffekt) sind *Mikro-Effekte*; die letzteren zwei (der verkörperte Konsum und die Sekundäreffekte) sind *Makro-Effekte* und betreffen Interaktionen zwischen Produzenten und Konsumenten auf der gesamtwirtschaftlichen Ebene.

1.3 Direkter Rebound Effekt

Die verbesserte Energieeffizienz eines Dienstes führt zur Senkung der Grenzkosten und steigert somit die Nachfrage und in der Folge den Konsum des Dienstes. Wird z.B. der Transportdienst, durchgeführt mittels PKW, aufgrund einer erhöhten Energieeffizienz des PKW günstiger, so entscheidet sich der Konsument möglicherweise dazu, weitere Strecken mit dem PKW zurückzulegen, vormals zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigte Strecken nun ebenfalls mit dem PKW zu fahren oder eine Aufwertung am PKW selbst durchzuführen, die wiederum zu einer Steigerung des Treibstoffverbrauchs führt. Solch eine Aufwertung kann etwa sein, einen schwereren und leistungsstärkeren PKW zu fahren (z.B. ein SUV), oder zusätzliche komfortsteigernde Features wie eine Klimaanlage zu betreiben (Wirl, 1997). Die meisten Studien übersehen jedoch solche Änderungen in Größe und Leistung von PKWs (siehe Greene et al., 1999; Small und Van Dender, 2005). Diese Änderungen des Konsumverhaltens wirken dem theoretischen Einsparpotential entgegen und wiegen einen Teil davon wieder auf.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, setzt sich der direkte Rebound Effekt aus einem Substitutionseffekt und einem Einkommens- bzw. Outputeffekt zusammen. Der *Substitutionseffekt* beschreibt den Ersatz eines Guts durch einen, infolge einer Effizienzsteigerung billiger gewordenen Energiedienst, während dabei ein konstantes Nutzenniveau erhalten bleibt (z.B. öffentlicher Verkehr wird durch privaten Personentransport ersetzt). Mit *Einkommenseffekt* wird die Möglichkeit des erhöhten Konsums aufgrund des durch Effizienzsteigerungen erhöhten Realeinkommens beschrieben.

Diese Beschreibungen gelten für Konsumenten, die Effekte treten aber auch produktionsseitig auf. Man spricht hier vom *Substitutions-* und vom *Outputeffekt*. Ersterer tritt auf, wenn ein Produzent Kapital und Arbeit durch Energie und Rohstoffe substituiert und dabei den Output konstant hält, zweiterer, wenn die Kosteneinsparungen aus der Effizienzsteigerung zur Erhöhung des Outputs verwendet

werden, und somit den Input aller anderer Faktoren erhöhen, aber meist auch der ursprünglich eingesparten Ressource selbst (Sorrell, 2007).

Ähnlich wie mit dem PKW kann es sich auch mit Waschmaschinen verhalten. Der günstigere Dienst ‚Wäsche waschen‘ bewegt die Konsumenten dazu, mehr und größere Waschmaschinen zu kaufen, diese häufiger zu verwenden und die durchschnittliche Wäscheladung zu verringern. Bei Kühlschränken wird sich die Einsatzdauer in Stunden pro Woche wahrscheinlich nicht verändern, wohl aber kann sich längerfristig die Größe und Zahl der Kühlgeräte vergrößern und die Einsatzgebiete erweitert werden (z.B. Artikel gekühlt werden, die zuvor nicht gekühlt wurden).

Langfristig können auch fundamentale Veränderungen von Technologie und Lebensstil zu einem Rebound Effekt führen. Effizienterer und somit günstigerer Transport kann etwa dazu führen, dass sich in der Siedlungsentwicklung eine Tendenz zu längeren Entfernungen zwischen Wohnort, Arbeitsplatz und Versorgungseinrichtungen etabliert. Bei solchen Langzeiteffekten ist es aber laut Sorrell (2007) schwierig zwischen Rebound Effekten und anderen Faktoren wie Einkommensänderungen zu unterscheiden.

Theoretische Grundlagen

Preiselastizität

Sorrell und Dimitropoulos (2008) zeigen die Vielfalt der in der Literatur zu findenden mikroökonomischen Ansätze zur Beschreibung des direkten Rebound Effekts, erläutern die jeweils zu Grunde liegenden Annahmen sowie die Limitationen der verschiedenen Ansätze. Die in der Ökonomie gebräuchlichste mikroökonomische Definition, anhand der die Höhe des Rebound Effekts gerne gemessen bzw. vorhergesagt wird, ist die auf der Preiselastizität der Nachfrage beruhende Form der Beschreibung, die auch Wirl (1997) in seiner umfangreichen Analyse der Ökonomie der Energieeffizienz verwendet.

Die Preiselastizität der Nachfrage für ein Gut oder eine Dienstleistung ist das Verhältnis der relativen Veränderung der Nachfragemenge zur relativen Veränderung

des Preises, während andere Faktoren konstant gehalten werden. Eine Nachfrage wird als unelastisch bezeichnet, wenn ihre Preiselastizität gleich null ist, und als elastisch bei einer Preiselastizität größer null. Oder anders ausgedrückt gibt die Preiselastizität an, ob und in welchem Ausmaß eine Preisänderung bei einem Gut Auswirkungen auf dessen Nachfrage hat. Eine Preiselastizität der Nachfrage gleich eins bedeutet, dass die Nachfrage einheitselastisch ist, dass also bei einer Senkung des Preises um 1% die Nachfrage um 1% steigt. Bei einer Preiselastizität über eins bewirkt eine Preisänderung eine überproportionale Mengenänderung.

In Bezug auf den direkten Rebound Effekt bedeutet das, dass ein Gut oder eine Dienstleistung mit höherer Nachfrageelastizität bei einer Effizienzerhöhung einen höheren Rebound Effekt aufweisen wird.

Die Preiselastizität der Nachfrage ist wiederum von vielen Faktoren abhängig:

- Sie steigt mit dem *Betrachtungszeitraum*, da sich Konsumenten oft nur langfristig auf Preisänderungen einstellen können. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn ein großer Investitionsaufwand mit einer Anpassung der Nachfrage verbunden ist.
- Die *Substituierbarkeit* ist jedoch nicht nur von der Zahl der vorhandenen Möglichkeiten abhängig, sondern auch von Bindungen an bisherige Güter und Dienstleistungen. Solche Bindungswirkungen können ausgehen von großen Investitionsaufwendungen, technischen Barrieren oder schwer veränderbaren Verhaltensmustern und Lebensstilen.
- Die Höhe der Preiselastizität und somit der direkte Rebound Effekt wird als proportional zum *Anteil der Kosten* an den Haushaltsausgaben (bzw. an den Unternehmensaufwendungen) angenommen. Ein Gut, das einen großen Anteil der Haushaltskosten ausmacht, reagiert stärker auf Preisänderungen, während ein kleiner Kostenfaktor weniger spürbar ist und somit eine Preisänderung keine großen Veränderungen von Konsummustern nach sich ziehen.
- Sie ist außerdem höher, je größer die *wahrgenommene Relevanz der Kosten* des Gutes oder der Dienstleistung sind. Kempton und Montgomery (1982)

haben in diesem Zusammenhang festgestellt, dass eine Verbesserung der für den Konsumenten verfügbaren Information die Nachfrage nach Energiediensten preiselastischer macht. Erst also, wenn die Relevanz der Kosten wahrgenommen wird, führt sie zu einer gesteigerten Preiselastizität, nicht schon bei einem entsprechenden Anteil an den Gesamtausgaben. Fehlende Information führt dazu, dass z.B. die Energiekosten für den Betrieb eines elektrischen Gerätes als weniger relevant wahrgenommen werden, als die Anschaffungskosten für das jeweilige Gerät, oft, obwohl die tatsächliche Relation genau umgekehrt ist. Diese Erkenntnis ist insbesondere wichtig für marktbasierende politische Maßnahmen zur Substitution von Energieträgern.

Es lässt sich daraus schließen, dass die Größenordnung eines zu erwartenden Rebound Effekts ansteigt mit steigendem Betrachtungszeitraum, Zahl der vorhandenen Substitute sowie der Möglichkeit zur Substitution. Außerdem sind höhere Effekte zu erwarten, je größer der Anteil der Kosten an den Haushaltsausgaben, sowie je besser die Wahrnehmung der Relevanz der Kosten. Der österreichische Ökonom Franz Wirl sagt dazu:

„Indeed ‚conservation‘ in the sense of improving energy efficiency may raise energy demand, if demand for service is elastic.“ (Wirl, 1997)

Er bezieht sich in seiner Argumentation auf Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und geht sogar so weit zu sagen, dass bei hoher Elastizität ein ‚Backfire‘ eintreten kann, der Energieverbrauch also das Niveau übersteigt, das er bei Abwesenheit der Maßnahme erreicht hätte.

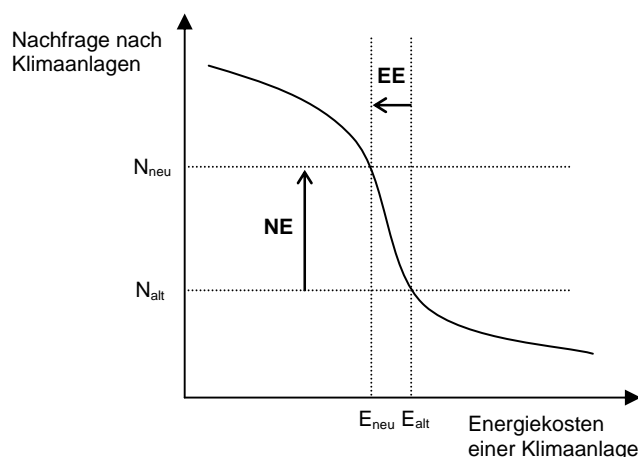
Vertreter der Ökologischen Ökonomik sowie der Industriellen Ökologie weisen auf einige Mängel und Probleme bei der Abschätzung von Rebound Effekten auf Basis von Preiselastizitäten hin. So zweifelt z.B. Edgar Hertwich daran, dass die neoklassische Theorie und ihre Wachstums- und Gleichgewichtsmodelle, die in der Energieökonomie weitgehend verwendet werden, einen Beitrag zur Erforschung von nachhaltigem Konsum leisten können (Hertwich, 2005). Binswanger (2001) zufolge ist das Problem, dass der Rebound Effekt nicht direkt beobachtet, sondern von Preiselastizitäten abgeleitet wird. Damit einher gehen starke Annahmen, die ihm

zufolge zu hinterfragen sind. Haas und Schipper (1998) zeigen eine weitere Schwäche dieses Konzepts, nämlich dass die Preiselastizitäten bei Energiepreisen nicht konstant, sondern in Zeiten steigender Energiepreise höher sind, als in Perioden sinkender Energiepreise.

Andere Einflussfaktoren

Ein Effekt, der die Höhe des direkten Rebounds senkt, ist der so genannte Sättigungseffekt. Ist die maximale Gebäudeinnentemperatur für thermischen Komfort erreicht, so ist davon auszugehen, dass ein effizienteres Heizsystem zu keiner höheren Inanspruchnahme der Heizung führt. (Längerfristig könnte es sich jedoch auf die Größe der Wohnfläche auswirken und so wiederum zu einem Rebound Effekt führen.) Eine entscheidende Erkenntnis daraus ist, dass Rebound Effekte bei Haushalten niedriger Einkommen höher sind, da diese noch weiter von einem Sättigungslevel beim Konsum vieler Energiedienste entfernt sind (Boardman und Milne, 2000). Wirl (1997) spricht in diesem Zusammenhang von ‚Grenzkonsumenten‘ (engl. ‚marginal customers‘), jene Konsumenten, denen vor einer Effizienzsteigerung und somit Kostensenkung der Bezug eines Gutes oder einer Dienstleistung finanziell nicht möglich oder nicht erwägenswert war. Abbildung 3 zeigt den möglichen Effekt von solchen neu auf den Markt tretenden ‚Grenzkonsumenten‘ am Beispiel des Marktes für Klimaanlageanlagen. Eine nur geringe Reduktion der Energiekosten für den Betrieb von Klimaanlageanlagen (E-Effekt), erreicht durch eine technische Effizienzsteigerung, führt zu einer Verdopplung der Nachfrage (N-Effekt) nach Klimaanlageanlagen. Diese Überproportionalität des Nachfrage-Effekts gegenüber dem Energiekosten-Effekt ist bei einer Vielzahl von Gütern und Dienstleistungen zu beobachten. Roy (2000) gibt mit seinen empirischen Untersuchungen des Rebound Effekts in Indien vor allem zu bedenken, dass der Sättigungseffekt in Entwicklungsländern bisher noch sehr gering ist, und das Potential für Rebound Effekte dementsprechend groß.

Abbildung 3: ‚Grenzkonsumenten‘ am Beispiel des Marktes für Klimaanlage



Quelle: eigene Darstellung

Ein anderer den direkten Rebound Effekt senkender Faktor, den Sorrell (2007) feststellt, ist der Preisunterschied zwischen dem herkömmlichen Gerät und der effizienteren (z.B. Energie sparenden) Variante. Mehrkosten eines technisch ausgereifteren und effizienteren Geräts reduzieren den Substitutionseffekt.

Sorrell stellt außerdem fest, dass die Höhe des Rebound Effekts, wie zuvor schon von Binswanger (2001) argumentiert, von der Einkommenshöhe und den damit verbundenen Opportunitätskosten von Zeit abhängt. Mehr zum Zusammenhang zwischen dem Rebound Effekt und den Faktoren Einkommen und Zeit folgt später.

Empirischer Nachweis

Rebound Effekte werden nach ihrem Umfang in schwache und starke Effekte (leichte bzw. überwiegende Kompensation der Einsparungen), sowie Backfire Effekte (Überkompensation der Einsparungen) unterteilt. Die überwiegende Zahl empirischer Studien zu Rebound Effekten beschäftigt sich ausschließlich mit dem Substitutions- und Einkommenseffekt (also dem direkten Rebound Effekt), da alle anderen Effekte nur schwer isoliert betrachtet werden können. Der Umfang des direkten Rebound Effekts ist von einigen Faktoren abhängig, wobei eher schwache Effekte zu erwarten sind. Starke oder gar Backfire Effekte sind nur in ärmeren Ländern sowie bei einkommensschwachen Gruppen wahrscheinlich (Roy, 2000).

Sowohl Greening et al. (2000) als auch Sorrell (2007) bieten eine Übersicht über die Ergebnisse einer großen Zahl von Studien zur Ermittlung des direkten Rebound

Effekts bei Energieeffizienzsteigerungen. Während erstere Publikation Rebounds bis zu 50% ausmacht, werden in letzterer Höchstwerte von 30% beschrieben. Schipper und Grubb (2000) finden bei ihrer, 80-90% des Energieverbrauchs in OECD Ländern abdeckenden, Untersuchung gar nur Effekte in der Größenordnung von 5-15%. Nur wenige Studien beschreiben direkte Rebound Effekte von 50% oder mehr (Khazzoom, 1986; Walker und Wirl, 1993). In Tabelle 1 sind einige Beispiele gelistet.

Der Bereich Raumheizung ist der international am besten dokumentierte und untersuchte Energieverbrauchssektor. Insgesamt 26 Studien wurden betrachtet, die mit hoher Verlässlichkeit einen direkten Rebound Effekt bei thermischer Gebäudeoptimierung von 10-30% erwarten lassen. Das Ergebnis einer Studie über Heizungsenergie in Österreich (Haas und Biermayr, 2000) liegt mit einem ermittelten Rebound von 30% am oberen Ende des von Greening et al. (2000) erhobenen Potentials im Raumheizungsbereich. Die Schwankungsbreite der Studien für Gebäudekühlung ist mit 0-50% signifikant größer als für Gebäudeheizung. Schwachpunkte sind methodische Mängel, die zu Über-, in den meisten Fällen aber zu Unterschätzungen führen, vor allem aber die geringere methodische Varianz der Untersuchungen, wodurch auch die Verlässlichkeit der Ergebnisse nicht als hoch eingestuft werden kann. Im Bereich Warmwasserbereitung liegen die untersten Schätzungen des direkten Rebound Effekts bei unter 10%, die Höchstwerte bei etwa 40%. Hier ist aber nur eine geringe Verlässlichkeit der Ergebnisse gewährleistet. Der private Personenverkehr ist wiederum ein gut untersuchtes Feld, dessen Ergebnisse sich mit denen aus dem Bereich Raumheizung decken. Mit hoher Verlässlichkeit belaufen sich hier die Rebounds auf 10-30%.

Tabelle 1: Übersicht über empirischen Nachweis des direkten Rebound Effekts

	Potentieller Rebound Effekt	Anzahl der Studien	Verlässlichkeit der Ergebnisse
Raumheizung	10-30%	26	hoch
Raumkühlung	0-50%	9	mittel
Warmwasser	< 10-40%	5	niedrig
Privater Personenverkehr	10-30%	17	hoch

Quellen: Greening et al., 2000; Sorrell, 2007

Die Verlässlichkeit der Ergebnisse ist abhängig vom Spektrum der angewandten Methoden. Niedrige Verlässlichkeit indiziert, dass nur ein oder zwei unterschiedliche Methoden verwendet wurden und die Ergebnisse somit nicht beweiskräftig sind. Eine hohe Verlässlichkeit wird nur durch die Anwendung einer großen Zahl von Methoden zur Ermittlung der Rebound Effekte gewährleistet.

Mitunter große Schwankungsbereiche lassen sich in den meisten Fällen auf die Anwendung unterschiedlicher Methoden und Annahmen zurückführen, liegen aber oft auch an anderen Faktoren, wie z.B. klimatischen Bedingungen. Zu berücksichtigen ist generell, dass es sich dabei ausschließlich um direkte Rebound Effekte handelt. Indirekte und ökonomieweite langfristige Effekte sind nicht berücksichtigt.

1.4 Indirekter Rebound Effekt

Unter indirekten Effekten werden Makro-Effekte zusammengefasst, also Effekte, die auf der makroökonomischen Ebene (im Gegensatz zur Haushalts- oder Unternehmensebene des direkten Rebounds) auftreten. Vielen Wissenschaftern zufolge kommt den indirekten Rebound Effekten, obwohl sie sehr viel seltener Berücksichtigung finden und Gegenstand von Untersuchungen sind, eine höhere Relevanz als den direkten Effekten zu (Dimitropoulos, 2007). Das liegt laut Dimitropoulos daran, dass hier der indirekte Energie- und Ressourcenverbrauch, der größer ist als der direkte Haushaltskonsum, im Zentrum der Betrachtungen steht.

Arten

Indirekte Rebound Effekte treten in sehr vielfältigen Formen auf. Eine einheitliche Systematisierung ist in der Literatur nicht zu finden. Die Kategorie der *inkorporierten Ressourcen* ist klar definiert. Darüber hinaus gibt es jedoch eine Reihe von Effekten, die in sehr inkonsistenter Weise beschrieben und klassifiziert werden. Ich habe mich hier für die Zusammenfassung dieser Effekte unter dem Namen *Sekundäreffekte* entschieden.

Inkorporierte Ressourcen

Um eine Effizienzsteigerung beim Verbrauch von Ressourcen oder Energie zu ermöglichen, ist im Normalfall über geistige Leistungen hinaus ein gewisser zusätzlicher Ressourcen- und Energieaufwand erforderlich. Eine die Effizienz steigernde Neuerung, wie z.B. thermische Gebäudeisolierung, benötigt zur Produktion und Installation selbst Energie und Ressourcen. Dieser zusätzliche Konsum wird in der englischen Fachliteratur als ‚inkorporierte‘ (‚embodied‘) Ressourcen bezeichnet und reduziert mögliche Einsparungen.

Sekundäreffekte

Darunter versteht man langfristige Veränderungen der Konsumentenpräferenzen und Lebensstile, sozialer Institutionen und der Organisation der ökonomischen Produktion aufgrund von technologischen Entwicklungen. Diese Effekte werden in manchen Quellen auch Transformationseffekte genannt.

A Inkorporierte Ressourcen

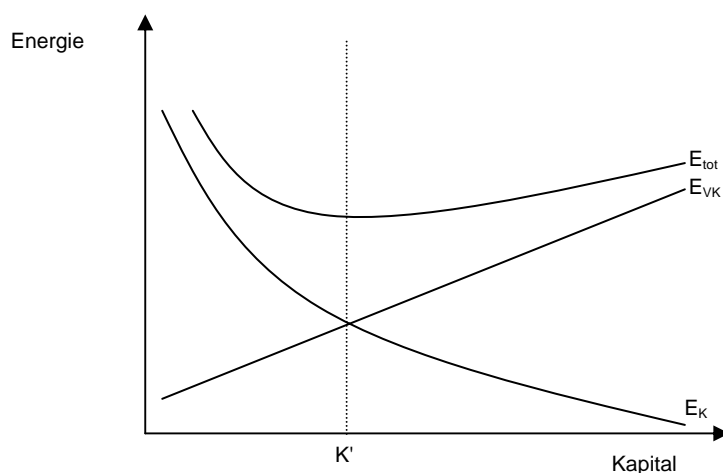
Eine technische Effizienzsteigerung wird meist erreicht durch die Substitution von Energie (oder Rohstoffen) durch Kapital. Zum Beispiel wird ein hoher Gasverbrauch eines Haushalts (Energie) durch die Installation einer Wärmedämmung (Kapital) ersetzt, die eine angenehme Innentemperatur sichert. Als Energieersparnis wird dann meist die Differenz zwischen ursprünglichem Gasverbrauch und anschließend reduziertem Gasverbrauch. Dabei wird diejenige Energie vernachlässigt, die zur Produktion und Instandhaltung des Kapitals notwendig ist. Diese wird in der Literatur oft als ‚embodied energy‘, also inkorporierte Energie, bezeichnet. Im deutschsprachigen Raum wird oft der Begriff ‚graue Energie‘ verwendet. Um das Konzept allgemeingültig zu fassen, wird hier der Begriff der ‚inkorporierten Ressourcen‘ verwendet.

Was letztendlich aus der Sicht des Energiekonsums passiert, isoliert man ein Gebäude gegen Wärmeverluste, ist die Verlagerung des Energiekonsums von einem Sektor (im genannten Beispiel die private Endnachfrage nach Erdgas) in einen anderen Sektor (die Baustoffmittelindustrie) (Kaufmann und Azary-Lee, 1990).

Abbildung 4 zeigt eine graphische Interpretation dieses Prozesses, basierend auf Stern (1997). Die Funktion E_K beschreibt alle möglichen Kombinationen von Energie und Kapital, um eine bestimmte Leistung (also z.B. die Bereitstellung einer Raumtemperatur von 21°C) zu erbringen. Der mit der Bereitstellung des jeweiligen Kapitals verbundene Energieverbrauch (die inkorporierte Energie also) wird durch die Gerade E_{VK} dargestellt. E_{tot} bildet die Summe dieser beiden Funktionen und indiziert damit die gesamte, zur Bereitstellung des Energiedienstes notwendige Energie beim jeweiligen Grad der Substitution von Energie durch Kapital.

Die Grenzen der Substitution, also jener Punkt, an dem die Grenzersparnisse vom Energieaufwand für einen zusätzlichen Kapitaleinsatz überschritten werden, sind im Punkt K' erreicht. K' beschreibt den optimalen Grad an Kapitaleinsatz: jenen Punkt, an dem der lebenszyklusweite Energieverbrauch minimal ist.

Abbildung 4: Grenzen der Substitution



Quelle: Stern, 1997

Mit zunehmender Produktlebensdauer verlieren die inkorporierten Ressourcen jedoch an Bedeutung, E_{VK} flacht ab. Die Relevanz des Energieverbrauchs im Rahmen der Nutzung des Energiedienstes nimmt mit der Gebrauchsdauer zu. Das liegt daran, dass der Kapitaleinsatz einmalig erfolgt, unabhängig von der Dauer der Nutzung, während der Energieverbrauch im Gebrauch regelmäßig anfällt und mit der Lebensdauer steigt.

Das Konzept der inkorporierten Ressourcen betrifft jedoch nicht nur Energie – und senkt somit das lebenszyklusweite Einsparpotential –, sondern auch andere Rohstoffe.

Will man den Rebound Effekt von einem allgemeinen ressourcen- oder umweltpolitischen Standpunkt aus betrachten, statt wie in der Energieökonomie, nachvollziehbarer Weise, nur aus Sicht des Energieverbrauchs (oder ev. der damit verbundenen Emissionen), so müssen alle inkorporierten Ressourcen und die damit möglicherweise verbundenen Umweltfolgen berücksichtigt werden. Dies trifft natürlich in gleicher Weise für andere Teileffekte des direkten sowie des indirekten Rebound Effekts zu.

B Sekundäreffekte

Die Existenz von Sekundäreffekten impliziert meist, dass eine Effizienzsteigerung zu ökonomischem Wachstum führt, was ja von politischer Seite nicht unerwünscht ist, aber eben einen neuerlichen Anstieg des Ressourcen- und Energieverbrauchs zur Folge hat.

Ayres und Warr (2005) gehen davon aus, dass etwa die Hälfte des Wirtschaftswachstums durch eine Steigerung des Inputs an physischer Arbeit erklärt werden kann. Steigende Verfügbarkeit von physischer Arbeit wird auf zwei Arten erreicht, einerseits durch einen generellen Anstieg des Energiekonsums, und andererseits durch eine Verbesserung der technischen Effizienz bei der Umsetzung von Energie in physische Arbeit. Anders ausgedrückt, ist der indirekte Rebound Effekt verantwortlich für einen beträchtlichen Teil des Wirtschaftswachstums, und somit – so lange nicht eine absolute Entkopplung erfolgt, insofern diese möglich ist – auch für den Mehrverbrauch an Ressourcen und Energie.

Effizienzsteigerungen führen durch veränderte Vorleistungs- und Endproduktkosten zu weit reichenden Verschiebungen und Strukturanpassungen der ökonomischen Prozesse sowie der Lebensstile.

Beispiele

Binswanger (2001) beschreibt den Fall des Kaufs eines treibstoffeffizienten PKW, der die Nachfrage nach öffentlichem Verkehr senkt, andererseits aber die Nachfrage nach Freizeitaktivitäten, die nur mittels einem privaten Auto zugänglich sind, erhöht. Jedes der nicht mehr sowie der erstmals konsumierten Güter und Dienstleistungen benötigt wiederum Energie und Ressourcen zu seiner Bereitstellung. Eine Verschiebung der

Bedürfnisse führt also zu einer Verschiebung von Energie- und Ressourcenkonsum von einem Sektor zu einem anderen. Das kann im jeweiligen Einzelfall zur Reduktion oder zur Steigerung des kumulierten Ressourcenkonsums führen.

Auch produktionsseitig können solche Effekte auftreten, wie Sorrell (2007) beschreibt. Produzenten können mit den Ersparnissen von Effizienzsteigerungen den Output und somit auch die Kapital- und Arbeitsproduktivität steigern, zu deren Bereitstellung wiederum Energie und Ressourcen benötigt werden. Dadurch können die Preise gesenkt werden, was in weiterer Folge den Konsum beflügelt. Kann z.B. die Stahlproduktion den Kohleverbrauch pro Tonne Stahl reduzieren, so führt das zu einer Kostensenkung am Stahlmarkt, wodurch wiederum Produkte, zu deren Herstellung Stahl ein relevanter Inputfaktor ist, für den Endkonsumenten billiger werden und die Nachfrage danach steigt. Werden also z.B. PKW billiger, steigert das möglicherweise auch den privaten Personenverkehr und somit die Nachfrage nach Treibstoff.

Teileffekte

Es kann eine Vielzahl verschiedener Effekte unterscheiden werden, die oft nicht klar von einander abgrenzbar sind. Nachfolgend präsentiere ich eine nicht auf Vollständigkeit Anspruch erhebende Auflistung und Beschreibung solcher Effekte. Die zuvor dargestellten Beispiele lassen sich nicht einem Effekt zuordnen, sondern spiegeln vielmehr die Mechanismen mehrerer Teileffekte wieder.

Sekundärer Einkommenseffekt

Eine Effizienzsteigerung kann das Bedürfnis und die Nachfrage nach anderen Gütern und Dienstleistungen beeinflussen (siehe z.B. Greening et al., 2000). Für Konsumenten resultiert aus einer Reduktion des Preises eines Konsumguts eine Ersparnis, die für andere Güter und Dienstleistungen, zu deren Bereitstellung wiederum Energie und Ressourcen notwendig waren, ausgegeben werden kann. Die Ersparnisse aus geringerem Treibstoffverbrauch eines effizienten PKW werden beispielsweise für eine Fernreise verwendet.

Dieser Effekt ist nicht zu verwechseln mit dem Einkommenseffekt, der Teil des direkten Rebound Effekts ist. Letzterer beschreibt den Mehrkonsum des aufgrund der Effizienzsteigerung preisreduzierten Guts während der sekundäre Einkommenseffekt den Mehrkonsum an anderen Gütern und Dienstleistungen beschreibt.

Lebensstileffekte

Neue Technologien und veränderte Preisstrukturen haben ein großes Potential gesellschaftliche Lebensstile gravierend zu beeinflussen. Bei manchen technologischen Innovationen sind die Erwartungen bezüglich deren Beitrag zur Dematerialisierung groß. Die Informationstechnologie hat hier schon einmal Erwartungen geweckt, als vom papierlosen Büro die Rede war. Der Papierverbrauch ist seither jedoch massiv gestiegen. Nun stellen die beiden finnischen Soziologen Heiskanen und Pantzar (1997) die Frage, wie realistisch die hohen Dematerialisierungserwartungen an den Übertritt in das Informationszeitalter sind. Thomas Schauer (2003) stellt aufbauend darauf zwei Szenarien gegenüber: zum einen die Substitutionshypothese, die davon ausgeht, dass virtuelle Aktivitäten physische ersetzen und somit zu einer Dematerialisierung führen, weil z.B. eine Reduktion der Reisetätigkeit stattfindet und physische Kontakte durch virtuelle abgelöst werden; und zum anderen die Additionshypothese, die besagt, dass bisherige Bedürfnisse weiterhin in gewohnter Form befriedigt, und darüber hinaus neue geschaffen werden. Einige Studien zeigen, dass moderne Informations- und Kommunikationstechnologien einen Anstieg des Konsums, vor allem des Personentransportaufkommens, des Internethandels und des damit verbundenen Transports, bewirken (siehe Rejeski, 2003). Herring und Roy (2007) begründen das damit, dass jedes Medium (wie Telefon, Fernsehen und Internet) und die damit verbundenen Kommunikations- und Geschäftsmöglichkeiten über einen bestimmten Radius (Telefon: ursprünglich eher lokal; Fernsehen: regional oder überregional; Internet: global) das Reisebedürfnis entsprechend steigern, wobei das Internet den Autoren zufolge wesentlich zur Entwicklung von Billigfluglinien beitrug und damit den Wochenend- und Städtetourismus sowie den Fernreiseverkehr stimuliert hat.

Die Schaffung neuer Bedürfnisse hat den zusätzlichen Effekt, dass in kürzerer Zeit mehr konsumiert wird. Konsumaktivitäten werden optimiert, damit in der gleichen

Zeit mehr Bedürfnisse befriedigt werden können. Eine Zugreise wird durch einen Flug ersetzt, um die Zeitkosten des Konsums möglichst gering zu halten (zu diesen Effekten mehr im Kapitel Zeit-Rebounds).

Allgemeine Gleichgewichtseffekte

Effizienzsteigerungen bei einem Endprodukt oder einem Intermediärgut können zu ökonomieweiten Preis- und Mengenanpassungen führen (Greening und Greene, 1997). Diese Effekte werden in der Literatur sehr unterschiedlich benannt. Zu finden sind etwa die Bezeichnungen ‚ökonomieweiter Rebound Effekt‘, ‚allgemeine Gleichgewichtseffekte‘ oder schlicht ‚Preis- und Mengenanpassungen‘.

Wachstumseffekt

Kosteneffektive Effizienzsteigerungen haben das Potential, die gesamte Produktivität eines Sektors oder einer Volkswirtschaft zu erhöhen und fördern damit ein Wirtschaftswachstum, was wiederum zu erhöhtem Energie- und Ressourcenverbrauch führt (Hertwich, 2005; Sorrell, 2007).

Preiseffekt

Große Reduktionen des Verbrauchs eines bestimmten Rohstoffes oder Energieträgers können zu Preissenkungen der jeweiligen Ressource führen, was die Nachfrage und den Konsum steigert. Gesenkte Preise erhöhen das reale Einkommen und schaffen somit Anreize zu zusätzlichen Investitionen und stimulieren den gesamtwirtschaftlichen Output (Sorrell, 2007).

Nachfrageverlagerung

Sowohl Effizienzsteigerungen als auch daraus resultierende Preisreduktionen für Ressourcen und Energie führen zu Preissenkungen bei energie- und ressourcenintensiven Gütern und Dienstleistungen im Vergleich zu Gütern und Dienstleistungen zu deren Herstellung kaum oder weniger Rohstoffe notwendig sind (Sorrell, 2007). Das kann zu einer Nachfrageverlagerung etwa von arbeits- zu energieintensiven Gütern und somit zu einer Substitution von Arbeit durch Energie führen.

Empirischer Nachweis

Einen Überblick über Ansätze zur Messung indirekter Rebound Effekte bieten Dimitropoulos (2007) und Sorrell (2007). Hauptsächlich handelt es sich dabei um ‚Computable General Equilibrium‘ (CGE) und um makroökonomische Modelle. Tatsächliche quantitative Einschätzungen des indirekten Rebound Effekts liegen kaum vor. Sorrell beschreibt eine Reihe empirischer und methodischer Schwächen sowie problematischer Annahmen, welche die Zuverlässigkeit der wenigen vorhandenen Studien schmälern und es schwierig machen, allgemeine Schlüsse über die Größenordnung der Effekte zu ziehen.

Kaufmann und Azary-Lee (1990) errechneten einen Rebound Effekt durch inkorporierte Energie in der Holzverarbeitenden Industrie der USA von 83%. Dies ist wohl ein Extrembeispiel. Die inkorporierten Ressourcen erreichen schon alleine aufgrund ökonomischer Faktoren kaum relevante Ausmaße. Wird nämlich für die technische Innovation mehr Energie verbraucht, als über den Lebenszyklus wieder gespart werden kann, so verliert sie an Rentabilität.

Die von Sorrell (2007) ausgewerteten Studien weisen Ergebnisse für den Rebound Effekt von 33% bis 170% auf. Diese Studien haben jedoch die bereits erwähnten Schwächen und die Resultate sind meist stark von bestimmten Annahmen abhängig. Es lässt sich einzig der Schluss ziehen, dass indirekte Rebound Effekte nachweislich auftreten, und dass anzunehmen ist, dass sie häufig 50% übersteigen und somit die Hälfte oder mehr des technischen Einsparpotentials aufheben.

Die beschriebenen Studien behandeln die Rebound Effekte bei Energieeffizienzsteigerungen. Man kann diese Modelle der Energieökonomie aber auch auf alle anderen Inputfaktoren anwenden. Die Größenordnung eines Rebound Effekts bei der Steigerung der Ressourceneffizienz hängt dabei vom Anteil der jeweiligen Ressource an den gesamten Produktionskosten ab. Weiters kann geschlossen werden, dass eine Effizienzsteigerung im Bereich einer Ressource zu Rebound Effekten auch in anderen Bereichen führt. Eine Steigerung der Energieeffizienz bewirkt also nicht nur Rebounds im Energiekonsum, sondern auch im Verbrauch anderer Ressourcen.

1.5 **Backfire**

Kann die Summe aller Rebound Effekte, wie es das K-B Postulat besagt, das technische Einsparpotential übersteigen? Die Vertreter des K-B Postulats sind davon überzeugt. Die bekanntesten darunter sind Harry Saunders und Len Brookes (siehe Saunders, 1992; Brookes, 2000). Selbst der einstige Kritiker Horace Herring vertritt heute eine unterstützende Position (Herring, 2006). Solch ein Backfire wird von Energieökonomen seit jeher beschrieben und führte ihnen zufolge zum drastischen Anstieg des Energieverbrauchs der vergangenen 150 Jahre.

Stanley Jevons, der Gründervater der Energieökonomie, schreibt in seinem Klassiker „The Coal Question“ von 1865:

„It is a confusion of ideas to suppose that the economical use of fuel is equivalent to diminished consumption. The very contrary is the truth...“ (Jevons, 1865, zitiert in Herring, 2004, S.240)

Er führt weiter aus, dass:

„the reduction of the consumption of coal, per ton of iron, to less than one-third of its former amount, was followed...by a tenfold increase in total consumption...not to speak of the indirect effect of cheap iron in accelerating other coal-consuming branches of industry.“ (Jevons, 1865, zitiert in Herring, 2004, S.240)

Jevons zeigt am Beispiel der Stahlproduktion Schottlands zur Mitte des 19. Jahrhunderts, wie eine Steigerung der Energieeffizienz um 200% zur dramatischen Steigerung der Stahlproduktion führte, und die erwarteten Einsparungen am Energieträger Kohle um ein Mehrfaches überkompensierte.

Aktueller ist Rosenbergs Untersuchung des Bessemer Prozesses (Rosenberg, 1989), einer technischen Innovation in der Metallurgie. Wie Jevons berichtet er von Nachfragesteigerungen, die jede Energieeinsparung mehr als wettmachten:

„[the Bessemer process] was one of the most fuel saving innovations in the history of metallurgy [but] made it possible to employ steel in a wide variety of uses that were not feasible before Bessemer, bringing with it large increases in demand. As a result,

although the process sharply reduced fuel requirements per unit of output, its ultimate effect was to increase...the demand for fuel.“ (Rosenberg, 1989, zitiert in Sorrell, 2007, S.63)

Weitere historische Evidenz für das K-B Postulat erbringen Fouquet und Pearson (2006), welche die Entwicklungen des Energiedienstes Beleuchtung in Großbritannien anhand der Faktoren Energieeffizienz, Preis und Konsum über einen Zeitraum von sieben Jahrhunderten untersuchen. Ihnen zufolge sind moderne Leuchtmittel 1000-mal effizienter als die Öllampen um 1800, der Konsum steigerte sich in der selben Zeit um mehr als das 25000-fache. Selbst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, die Zeit der elektronischen Beleuchtung, fand eine Verdreifachung der Effizienz begleitet von einer Verfünffachung des Konsums statt. Die Ausgaben pro Kopf für Beleuchtung haben sich im Beobachtungszeitraum verdoppelt, während das BIP pro Kopf um den Faktor 15 gesteigert wurde (siehe Tabelle 2).

Heute wird vom flächendeckenden Einsatz von Energiesparlampen und Leuchtdioden ein großes Energiesparpotential erwartet. Neue Formen der Lichtbereitstellung mithilfe derer sich Faktoren wie Effizienz, Größe des Leuchtkörpers, Abwärme oder Farbkraft verbessern bzw. minimieren lassen, können jedoch durch die Erschließung neuer Anwendungsmöglichkeiten zu weiteren Steigerungen des Beleuchtungskonsums führen, der wie zwischen 1800 und 2000 in einem tatsächlichen Anstieg des Energiekonsums für Beleuchtung resultiert.

Tabelle 2: Entwicklung von Effizienz, Preis und Konsum von Beleuchtung

	Beleuchtungs- effizienz	Preis pro Lumen	Konsum von Beleuchtung	Reelles BIP per capita
1800	1	1	1	1
1850	4	0,27	7	1
1900	15	0,042	220	3
1950	340	0,0015	5000	4
2000	1000	0,0003	25630	15

Anmerkung: Index 1800 = 1. Quelle: Fouquet und Pearson, 2006.

Die genannten Beispiele (Stahlerzeugung und Beleuchtung) betreffen energieintensive Technologien in ihren frühen Stadien, für die ein großes Potential für

eine breite Anwendung bestand. Ayres (2002) geht davon aus, dass solche Konsequenzen nicht zu erwarten sind bei Gütern, deren Nachfrage aufgrund ihrer begrenzten Anwendungsmöglichkeiten schneller an ein Sättigungsniveau gelangt, oder bei denen Energie nur einen kleinen Anteil an den Produktionskosten trägt.

Sind aber Verbesserungen der Energieeffizienz mit Steigerungen der Produktivität anderer Inputfaktoren (wie Kapital, Arbeit oder Ressourcen) verbunden, was eine Kernthese von Brookes Arbeit ist und auch an anderer Stelle vertreten wird (Toman und Jemelkova, 2003; Ayres und Warr, 2005; Sorrell, 2007), dann können auch bei Gütern und Dienstleistungen mit einem geringen Anteil der Energie an den Gesamtkosten große Rebound Effekte auftreten.

1.6 Politisches Fazit

Die Evidenz für Rebound Effekte lässt keine eindeutigen Schlüsse zu. Edgar Hertwich fasst es so zusammen:

„It is no doubt, however, that energy efficiency leads either to substantial economic growth or to substantial reductions of energy use.“ (Hertwich, 2005, S.90)

Will man aber sicher sein, die Umweltbelastung zu reduzieren, sind andere Maßnahmen wie gesetzlich vorgeschriebene Emissionsobergrenzen oder Umweltsteuern nötig (Brookes, 2000). Um dem Rebound Effekt im Energieverbrauch effektiv entgegenzuwirken, muss der Energiepreis in dem Ausmaß steigen, dass die Preise von Energiediensten (nicht die Energiepreise selbst) in Relation zu den Einkommen konstant bleiben. Das wäre theoretisch nur erreichbar, indem man den Markt für jeden Energiedienst (separat) reguliert und die Preise z.B. durch Steuern konstant hält. Das ist aber kaum vorstellbar. Eine denkbare und letztendlich wahrscheinlich auch sinnvollere Möglichkeit wäre die Einführung einer Energie- oder Emissionssteuer, die so ausgelegt und ständig angepasst wird, um die durchschnittlichen Preise von Energiediensten möglichst stabil zu halten. Das heißt, dass die Steuer mit steigender Energieeffizienz ebenfalls angehoben werden müsste, um den gewollten Effekt langfristig sicherzustellen. Damit wäre gewährleistet, dass

Effizienzsteigerungen zur Reduktion des Verbrauchs führen, und nicht, wie Hertwich (siehe Zitat) es sagt, zu Wirtschaftswachstum.

Kyoto und der Rebound Effekt

Betrachtet man die ‚Flexiblen Mechanismen‘ des Kyoto-Protokolls so stellt sich, unter Berücksichtigung der möglichen Auswirkungen des Rebound Effekts und vor allem der überdurchschnittlichen Wirkung in Ländern auf niedrigem wirtschaftlichem Niveau, die Frage nach deren tatsächlichem Beitrag zur globalen Reduktion von Treibhausgasemissionen. Vor allem das Instrument ‚Clean-Development-Mechanism‘ (CMD), welches es Annex-1-Staaten² ermöglicht, Projekte zur Effizienzsteigerung in Nicht-Annex-1-Ländern durchzuführen und sich die daraus resultierenden (theoretischen) Emissionsreduktionen auf die eigenen Zielvorgaben anzurechnen, ist für starke Rebound-Effekte anfällig.

Solche Maßnahmen erhöhen die Emissionsrechte von Staat A, um die theoretischen Reduktionen der CO₂-Emissionen in Höhe von x Tonnen in Staat B. Durch den Rebound Effekt sind allerdings im schlimmsten Fall – im Fall eines Backfires, der in Entwicklungsländern sehr viel wahrscheinlicher ist (Roy, 2000) – die tatsächlichen Reduktionen gleich Null oder sogar negativ. Im Fall eines Backfires dürfen also die Emissionen in Staat A um x Tonnen erhöht werden, während sie in Staat B ebenfalls steigen. Aus einer intendierten Reduktion um bis zu x Tonnen wird ein Anstieg um mehr als x Tonnen.

² Unter Annex-1-Staaten werden in der Klimakonvention jene Staaten gelistet, die Emissionsreduktionsverpflichtungen eingegangen sind, im Gegensatz zu den Nicht-Annex-1-Staaten, deren keine Verpflichtung zur Senkung ihrer Emissionen auferlegt wurde (Entwicklungsländer).

Zeit und Einkommen

Dieser Teil der Studie versucht die unterschiedlichen Wirkweisen der Faktoren Zeit und Einkommen auf Rebound Effekte im Besonderen bei Energieeffizienzsteigerungen zu beleuchten. Dazu wird sowohl auf die Zeitnutzung generell, als auch auf den Faktor Arbeitszeit im Besonderen eingegangen.

1.7 Zeit als Faktor bei klassischen Rebound Effekten

Da der Konsum von Produkten meist außer monetären auch Zeitkosten verursacht, kann bei der Ermittlung von Rebound Effekten der Faktor Zeit große Auswirkungen haben. Davis (2007) zeigt auf, dass hohe Zeitkosten den Umfang des Rebound Effekts bei Energieeffizienzsteigerungen stark reduzieren. Studien, die die Zeitkosten nicht berücksichtigen, überschätzen somit den Rebound Effekt.

Aus Davis (2007) Analysen geht hervor, dass beim Wäsche waschen, wo die Zeitkosten einen Anteil von 80-90% an den Gesamtkosten haben, der erhobene direkte Rebound Effekt beim Einsatz energieeffizienter Waschmaschinen ein Ausmaß von nur 5,6% hatte. Aber auch im privaten Autoverkehr liegt der Anteil der Zeitkosten bei über 75% der Gesamtkosten (Small, 1992).

Das führt Davis zu der Schlussfolgerung, dass bei zeitintensiven Aktivitäten selbst relativ große Verbesserungen der Energieeffizienz nur kleine Effekte auf die Nachfrage haben sollten. Über die Zeit wirkt sich zusätzlich dazu der Anstieg der Löhne und Gehälter mindernd auf den Rebound Effekt aus (Sorrell, 2007).

Entscheidend ist die zum Konsum eines Gutes oder einer Dienstleistung benötigte Zeit, und die vom Konsumenten empfundenen Opportunitätskosten pro Zeiteinheit. Diese steigen proportional zum Einkommen. Je höher das Einkommen, desto größer die Opportunitätskosten, und desto kleiner sind in Relation die Energiekosten.

Die Höhe des Einkommens und der Zeitkosten können aber auch entgegengesetzt wirken, was im Kapitel Zeit-Rebounds erläutert wird.

1.8 Arbeitsproduktivität und Rebound Effekte

Wir kennen nun Rebound Effekte, die nach einer Steigerung der Energie- sowie der Ressourcenproduktivität auftreten. Doch Effizienzsteigerungen jeder Art erzeugen ähnliche Effekte auf Wettbewerb und Preis, weshalb davon auszugehen ist, dass auch die Steigerung der Arbeitsproduktivität zu Rebound Effekten führt. Dies führt dazu, dass etwaige Arbeitszeiterparnisse infolge gesteigerter Produktivität (z.B. durch Automatisierung) Arbeitsplätze in anderen Sektoren schaffen (unter anderem in Form von inkorporierter Arbeit) und dazu beitragen, den Output zu steigern und die Preise senken, wodurch Einkommen frei wird, um andere Güter und Dienstleistungen zu kaufen, zu deren Bereitstellung wiederum Arbeit und natürlich auch andere Inputfaktoren wie Energie notwendig waren.

Verallgemeinert bedeutet das, dass die Steigerung der Faktoreffizienz (ob für den Faktor Arbeit, Rohstoffe, Land, Energie, etc.) abhängig vom Grad der Limitierung immer zu ökonomischen Wachstumseffekten und Rebound Effekten bei allen Inputfaktoren führt. Eine Steigerung der Arbeits- oder Materialproduktivität führt somit im Weiteren also auch zu Rebounds bei der Energienachfrage.

1.9 Einkommen und Energie

Es wird allgemein angenommen, dass eine Kombination aus strukturellen Veränderungen und Verbesserungen der Energieeffizienz in den OECD Ländern eine Entkoppelung des BIP-Wachstums vom Wachstum des Primärenergiekonsums ermöglicht haben (Geller, et al., 2006). Viele theoretische und empirische Studien aggregieren verschiedene Typen von Energieträgern auf Basis ihres thermischen Energiegehalts und vernachlässigen damit Unterschiede in der Energiequalität. Werden jedoch die Energieinputs nach deren relativer Grenzproduktivität gewichtet, erkennt man die enge Kopplung von Energieverbrauch und BIP-Wachstum (Hong, 1982; Stern, 1993; Cleveland, et al., 2000; Stern und Cleveland, 2004).

Doch nicht nur auf der Ebene des Volkseinkommens lässt sich eine Relation mit dem Energieverbrauch nachweisen. Schipper et al. (1996, 1997) zeigen mittels einer Dekomposition der Veränderungen in der Energieverwendung in verschiedenen Sektoren in zehn OECD Ländern in einer Periode von 1973 bis 1992, dass auch auf der Ebene des Haushaltseinkommens immer noch eine direkte Proportionalität erkennbar ist und der Energieverbrauch mit dem Haushaltseinkommen steigt.

1.10 Zeit-Rebound

Die Zeitnutzung hat Einfluss auf den Ressourcenverbrauch. Das geht aus empirischen Studien und theoretischen Überlegungen hervor. Schipper et al. (1989) waren unter den ersten, die den Energiekonsum mit dem Faktor Zeit in Verbindung brachten. Sie berechnen die Energieintensitäten pro Zeiteinheit verschiedener Aktivitäten. Leitschuh-Fecht (1999) stellt fest, dass Konsum zur Kompensierung von Zeitmangel eingesetzt wird. Zeit ist wie auch Geld ein limitierender Faktor und beeinflusst somit Konsumententscheidungen und hat Auswirkungen auf den Energiekonsum. Dieser Einfluss wurde in der traditionellen Energieökonomie und Rebound-Theorie meist nicht berücksichtigt. Als eine Ausnahme gilt Becker (1965), der argumentiert, dass Konsumenten nicht nur zwischen verschiedenen Gütern wählen, sondern auch zwischen dem Konsum von Gütern oder Freizeit. Cogoy (1995, 1999) bringt erstmals in die Diskussion mit ein, dass Güter an sich noch keine Funktion erfüllen, solange sie nicht mit Konsumzeit verbunden werden. Er argumentiert, dass Zeitverwendung damit eine umweltrelevante Rolle innehat. In jüngster Zeit widmen sich mehrere Autoren diesem Thema und beschreiben die temporale Dimension des Konsums (siehe u.a. Binswanger, 2001, 2002; Jalas, 2002, 2005, 2006; Hofstetter und Madjar, 2003).

Zwei Effekte

Mathias Binswanger (2001) beschreibt erstmals zwei Effekte, die dabei zur Wirkung kommen. Zum einen die Substitution von Zeit durch Energie und zum anderen der so genannte ‚Rebound Effekt hinsichtlich Zeit‘, manchmal auch als Zeit-Rebound bezeichnet.

Substitutionseffekt

Viele Energiedienste ersetzen vormals mechanisch betriebene Arbeitsgeräte in Haushalt und Beruf oder ermöglichen völlig neue Dienste, die neue Bedürfnisse schaffen und befriedigen. So wird meist (zeit)aufwändige Arbeit durch Energie substituiert, oft jedoch weniger mit dem primären Ziel, Zeit zu sparen, sondern mit dem Bestreben nach Komfort und Bequemlichkeit.

Binswangers These ist, dass zeitsparende Technologien meist mehr Energie pro Service benötigen, als ihre zeitaufwändigeren Vorgänger:

“Time saving devices usually require more energy as is most evident from transport where an increase in the efficiency of time use (faster modes of transport) tends to be associated with a larger input of energy ... the overall effect of time-saving technological progress will be an increase in energy use.” (Binswanger, 2001, S. 131)

Zeit-Rebound

Er führt weiter aus, dass jedoch selbst dann, wenn die neue zeitsparende Technologie weniger Energie benötigt als die damit substituierte, der ‚Rebound Effekt hinsichtlich Zeit‘ unter Umständen den Energieverbrauch erhöht. Damit wird jener Effekt bezeichnet, wenn eine Zeitersparnis aufgrund gesteigerter Konsumeffizienz zu zusätzlichen Konsumaktivitäten und somit oft auch zusätzlichem Ressourcenverbrauch führt.

Der Zeit-Rebound lässt sich analog zum Einkommenseffekt bei Energieeffizienzsteigerungen beschreiben, der Teil des direkten Rebound Effektes, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, ist. Zeitsparinnovationen, die zur effizienteren Nutzung von Konsumzeit führen, bewirken das Freiwerden zusätzlicher Konsumzeit, die, wie wir wissen, bei jedem Menschen täglich aufs Neue beschränkt ist. In der gleichen Zeit können nun mehr Güter und Dienstleistungen konsumiert werden. Verstärkend wirken sich hier Veränderungen der Präferenzfunktion bedingt durch Zeitmangel und verstärktes Konsum- und Erholungsbedürfnis aus.

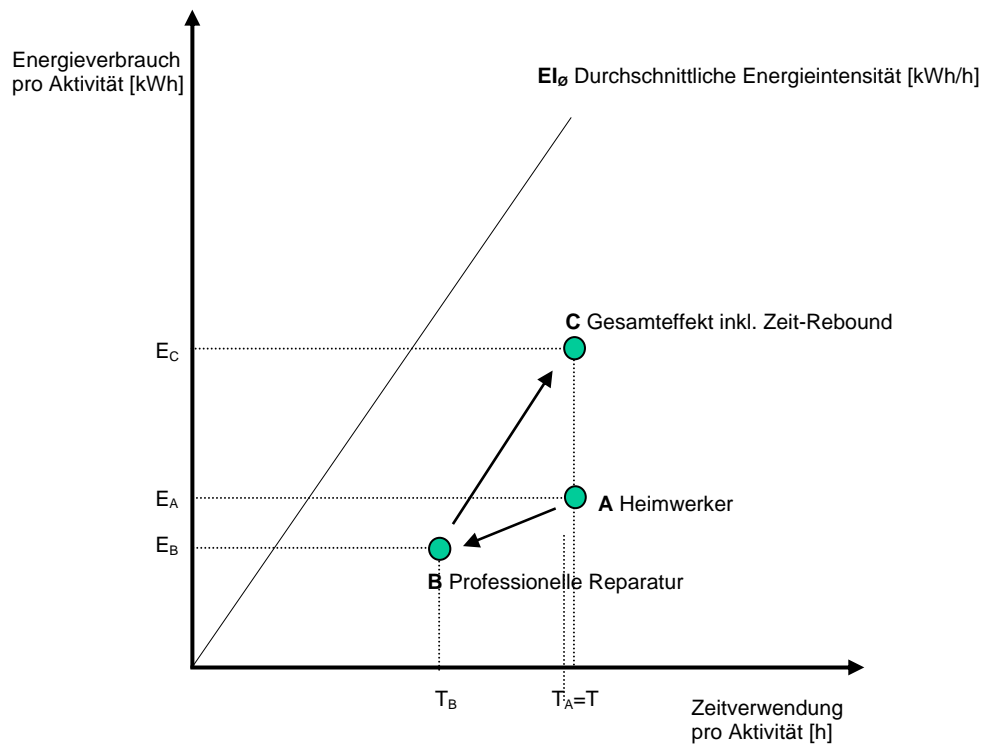
Beispiel

Zahlreiche Mobilitätsstudien zeigen, dass die durchschnittlich für Mobilität aufgewendete Zeit stabil bleibt, während die Reisedistanz steigt (für einen Überblick siehe Schipper, 1997; Binswanger, 2001). Schnellere Mobilität führt zwar kurzfristig zu Zeitersparnissen. Langfristig tendieren Verkehrsteilnehmer jedoch dazu, die Distanzen an die erhöhte Geschwindigkeit anzupassen und erhöhen ihren Aktivitätsradius.

Anhand dieses Beispiels lassen sich die beiden Effekte sehr gut beschreiben. Schnellere Mobilität benötigt mehr Energie pro Kilometer. Es wird also Zeit durch Energie substituiert (Substitutionseffekt). Die Zeitersparnis wird dazu verwendet, weitere Strecken zurückzulegen, wofür wiederum Energie benötigt wird (Zeit-Rebound).

Ein weiteres Beispiel zeigt Abbildung 5 in grafischer Form (nach Jalas, 2002). Punkt A markiert den Energieverbrauch und den Zeitaufwand für eine selbst in Heimarbeit durchgeführte Autoreparatur, Punkt B den entsprechenden Zeit- und Energieaufwand, wird die Reparatur von einer professionellen Werkstätte ausgeführt. Die Verschiebung von Punkt A nach B stellt somit den Substitutionseffekt dar, der in diesem Beispiel im Gegensatz zum vorangegangenen sogar negativ ist. Dabei wird Zeit frei, die Differenz zwischen T_A und T_B , die wiederum für andere Konsumaktivitäten benutzt werden kann. Geht man davon aus, dass die zusätzliche Aktivität die durchschnittliche Energieintensität aller Freizeitaktivitäten hat (siehe Linie EI_{\emptyset}), so erreichen der Energieverbrauch und die Zeitnutzung Punkt C.

Abbildung 5: Modell des Substitutions- und Rebound Effekts hinsichtlich Zeit



Quelle: Darstellung abgeändert; Original in J alas, 2002

In diesem Beispiel steigt der Gesamtenergiekonsum trotz negativem Substitutionseffekt aufgrund des hohen Zeit-Rebounds (der Verschiebung von Punkt B nach C).

Eine allgemeine Interpretation des gezeigten Modells lautet wie folgt:

Wenn
$$\frac{EA - EB}{TA - TB} < EI_0 \quad (1)$$

dann
$$EA < EC \quad (2)$$

und wenn
$$\frac{EA - EB}{TA - TB} > EI_0 \quad (3)$$

dann
$$EA > EC \quad (4)$$

Gleichung (1) und (2) beschreiben, dass wenn der Substitutionseffekt kleiner ist als die durchschnittliche Energieintensität, es zu einem Backfire kommt, der

Energieverbrauch also in Summe steigt. Ist der Substitutionseffekt größer als die Durchschnittsenergieintensität aller Freizeitaktivitäten, wie in Gleichung (3) beschrieben, so kommt es zu einer Reduktion des Energiekonsums (4).

Die Verwendung der durchschnittlichen Energieintensität ist eine vereinfachende Annahme. Es wäre wünschenswert zu wissen, durch welche Aktivität(en) die frei gewordene Zeit belegt wird. Dazu ist die Ermittlung von Zeitelastizitäten, wie sie weiter unten beschrieben wird, ein vielversprechender Ansatz.

Umfang

Der Umfang dieser Effekte ist abhängig vom Anteil der Zeitkosten an den gesamten Konsumkosten. Billige Güter, zu deren Konsum viel Zeit notwendig ist, sind als besonders sensitiv gegenüber einem Zeit-Rebound zu bewerten während für kostenintensive aber relativ zeitschonende Güter und Dienstleistungen selbst bei anteilmäßig großen Reduktionen der Konsumzeit kaum nachweisliche ‚Rebound Effekte hinsichtlich Zeit‘ zu erwarten sind. Das Ausmaß dieses Effektes beruht aber, wie Binswanger (2001) und Jalas (2002) zeigen, auch auf den Faktoren die den individuellen Konsum beschränken. Ist die primär einschränkende Größe das Einkommen, so führt eine Zeitersparnis nicht unbedingt zu zusätzlichem Konsum, ist die Zeit die einzige limitierende Variable, kann der Zeit-Rebound theoretisch unbegrenzte Ausmaße annehmen.

Seit den 1980ern ist in Europa und den USA ein relativ konstantes Verhältnis von Arbeits- und Freizeit festzustellen (Schor, 2005). Steigende Produktivität wurde seither nicht wie zuvor in Form von mehr Freizeit, sondern von mehr Einkommen weitergegeben. Das verfügbare Einkommen stieg, wobei die verfügbare Konsumzeit konstant blieb. Zeit ist für jeden Menschen ähnlich begrenzt, die täglich verfügbare Lebenszeit sogar exakt gleich. Die Limitierung verlagerte sich also immer mehr auf den Faktor Zeit was Marktpotentiale für zeitsparende und energieintensive Güter und Dienstleistungen schuf.

Aufgrund dieser Tatsache wird verständlich, warum die Relevanz des Zeit-Rebounds in der Literatur durchwegs als größer, als die des Rebound Effekts hinsichtlich Energie eingeschätzt wird (Binswanger, 2002; Jalas, 2002; Hofstetter und Madjar,

2003; Hertwich, 2005; Sorrell, 2007). Außerdem ist mit steigenden Einkommen, und folglich steigenden Opportunitätskosten pro Zeiteinheit, eine steigende Wirksamkeit des Zeit-Rebounds zu erwarten, während der konventionelle Rebound Effekt, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, an Bedeutung verliert.

Empirische Studien

Mikko Jalas (2002) analysiert in seiner Arbeit die Energieintensitäten verschiedener Aktivitäten. Er kombiniert dazu die finnische Konsumerhebung mit der Input-Output-Tabelle der nationalen Ökonomie und den abgeleiteten Energieintensitäten der Endnachfrage, um den indirekten Energiekonsum zu ermitteln, und verwendet weiters Erhebungen des direkten Energiekonsums der Haushalte, die er in Verbindung zu Zeiterhebungsdaten stellt. In Tabelle 3 sind einige seiner Ergebnisse dargestellt.

Tabelle 3: Energieverbrauch und Zeitverwendung für ausgewählte Aktivitäten in einem Zweipersonenhaushalt in Finnland, 1987-90

Aktivität	Direkter Energieverbrauch [kWh/a]	Indirekter Energieverbrauch [kWh/a]	Zeitverwendung [h/a]	Energieintensität [kWh/h]
Waschen und Bügeln	457	86	106	5,1
Putzen			300	0,42
Kochen	2662	323	548	5,4
Restaurantbesuch		320	31	10
Kultur- und Sportereignis		69	57	1,2
Lesen		907	751	1,2
Fernsehen	686	174	1531	0,56

Quelle: Jalas, 2002

Ein Restaurantbesuch ist also energieaufwändiger, als zuhause zu kochen, obwohl Jalas keine notwendigen Transporte berücksichtigt. Lesen, Fernsehen und Putzen haben in etwa den gleichen (niedrigen) Energieverbrauch pro Zeiteinheit, während Hausarbeiten, zu denen mit Strom oder Gas betriebene Geräte notwendig sind, eine deutlich höhere Energieintensität aufweisen. Jalas befindet außerdem, dass eine

Verlagerung von Aktivitäten von zuhause auf andere Plätze den Energiekonsum stark erhöhen kann. Das bestätigen auch Wadeskog et al. (2003). Ihnen zufolge ist Haushaltsproduktion aufgrund der geringeren Technisierung weniger CO₂-intensiv als industrielle Produktion. Haushaltsproduktion fordere zwar mehr Arbeitseinsatz, ermögliche jedoch den selben Output mit geringerem Energieeinsatz und Emissionsaufkommen. Bei der Verlagerung der Produktion von Haushalten zu industrieller Fertigung findet also auch eine Verlagerung von Zeit- zu Energieverwendung statt.

Weitere empirische Forschungsergebnisse liefert Van der Werf (2002). Er zeigt Zusammenhänge zwischen dem Niveau des Energiekonsums und Altersgruppen auf und berechnet für verschiedene Aktivitäten den Energieverbrauch pro Stunde. Einen Überblick über das noch kleine Spektrum an Studien und deren Ergebnisse bieten Hofstetter und Madjar (2003).

Zeitlastizitäten

Zur Ermittlung von zu erwartenden Veränderungen des Energieverbrauchs durch Änderungen der Zeitnutzung schlagen Hofstetter und Madjar (2003) die Kalkulation von Zeitlastizitäten vor. Dies kann äußerst relevante Erkenntnisse liefern. Welche Aktivitäten werden etwa durch den Vormarsch der Internetnutzung verdrängt oder ersetzt? Was war die Energieintensität dieser Aktivitäten im Vergleich zur neuen Aktivität? Kommt es zu einem gemeinsamen vermehrten Auftreten von Begleitaktivitäten, wie etwa Lieferdienstleistungen, im Zuge der Steigerung der Internetnutzung?

Erste Berechnungen von Zeitlastizitäten stammen von Nie (2000) und Gershuny (2002), die versuchen zu quantifizieren, was die Auswirkungen auf alle anderen Aktivitäten sind, wenn die Zeitverwendung für Internetnutzung steigt. Solche Zeitlastizitäten können in einem weiteren Schritt mit Matrizen der sektoralen Energie- oder Materialintensitäten verbunden werden, um Änderungen im Energie- oder Materialverbrauch abschätzen zu können.

Dieser Ansatz erfordert jedoch umfangreiche Langzeiterhebungen der Zeitnutzung, wie etwa die von Gershuny verwendeten Daten aus Großbritannien (Home OnLine

1998-2001³). Elastizitäten sollten, um konsistent zu sein, getrennt für verschiedene Konsumenten- oder Lebensstilgruppen ermittelt werden, die aufgrund gleicher oder ähnlicher Konsum- und Zeitznutzungsmuster, sozialer und demographischer Daten, sowie Motivationen und Interessen gebildet wurden (für eine Unterscheidung verschiedener Lebensstilgruppen siehe z.B. UBA, 2002, S. 137 ff.).

1.11 Arbeitszeit

Die Wirtschaft ist ein System zur möglichst effizienten Befriedigung von Bedürfnissen. Dazu werden Inputfaktoren wie Arbeit, Energie, Rohstoffe und Wissen zu Produkten umgewandelt. Diese Prozesse führen neben den intendierten Outputs jedoch auch zu ungewünschten Nebenprodukten, wie Abfällen und Emissionen. Wird nun die Effizienz der Umwandlung gesteigert, führt dies dazu, dass mit weniger Input die gleichen Outputs erzeugt werden können.

Die Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz ist in der Nachhaltigkeitsdebatte ein viel gefordertes Mittel zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs. Dass diese in vielen Fällen aber die erhofften Einspareffekte verfehlt, habe ich bereits gezeigt. Auch in der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie wurde darauf verwiesen:

„Die notwendige Reduktion der Material- und Energieintensität von Produkten und Dienstleistungen wird aber nur dann nachhaltig erfolgreich sein, wenn die Effizienzgewinne nicht durch überproportionales Wachstum des Ressourcenverbrauchs aufgezehrt werden. Ein sparsamer und schonender Umgang mit natürlichen Ressourcen muss sich daher auch im Lebensstil und Konsumverhalten jedes/jeder Einzelnen manifestieren.“ (BMLFUW, 2002a, S. 43)

Und es lautet weiter:

„Standen bisher technologische Innovationen im Vordergrund, so schaffen integrierte Systemlösungen mehr Raum für nachhaltige Lösungen...“ (BMLFUW, 2002a, S. 44)

³ <http://www.data-archive.ac.uk/findingData/snDescription.asp?sn=4607>

Die Frage lautet letztlich, wie eine Reduktion des Umweltverbrauchs bei Aufrechterhaltung der Lebensqualität möglich ist. Durch die bloße Verbesserung der Ressourceneffizienz lässt sich nur eine relative Entkopplung zwischen Wohlfahrt und Stoffwechsel erreichen. Wie kann aber der physische Stoffwechsel minimiert werden, und gleichzeitig ein hohes Niveau an Lebensqualität erhalten bleiben? Wie kann eine integrierte Systemlösung aussehen, die sich im Lebensstil und Konsumverhalten jedes/jeder Einzelnen manifestiert, wie es die österreichische Nachhaltigkeitsstrategie fordert?

Juliet Schor (1993, 2005) schlägt vor, den Fokus auf die Arbeitszeit zu legen. Ihr zufolge hat eine Reduktion der Arbeitszeit nicht nur positive soziale Effekte, sondern kann auch einen Beitrag zur Reduktion von Konsum und Ressourcenverbrauch leisten. Die Idee des Ausgleichs von Produktivitätssteigerungen in Form von Zeit statt Geld lässt sich in der Literatur immer öfter in Verbindung mit nachhaltigem Konsum finden (z.B. Røpke, 1999; Sanne, 2000; Reisch, 2001, Proinger, 2005).

Ausubel und Grübler (1995) zeigen, dass in den vergangenen 150 Jahren ein steter Ausgleich der steigenden Arbeitsproduktivität in mehr Freizeit stattfand. Betrug der Anteil der Arbeitszeit 1850 noch 20% der Lebenszeit, so sank dieser auf etwa 10% um 1980. Wäre die Arbeitszeit zwischen 1980 und 2000 entsprechend des Produktivitätsgewinns gesenkt worden, so hätte sie sich in diesem Zeitraum beinahe halbiert (bei einer durchschnittlichen jährlichen Produktivitätssteigerung um 3%, Quelle: Groningen Database). Tatsächlich aber stagniert die Arbeitszeit in Europa seit den 1980er Jahren (Proinger, 2005) und ist in den USA sogar leicht gestiegen (Schor, 2005).

Eine Arbeitszeitreduzierung steht dem politischen Ziel der Wachstumsmaximierung diametral gegenüber. Dass darunter die Lebensqualität aber nicht leiden muss, zeigen Untersuchungen aus den USA, die belegen, dass ein großer Teil der Bevölkerung mehr Freizeit einem Mehr an Einkommen vorziehen würde (Schor, 2005). Eine direkte Korrelation von Einkommen und Lebensqualität ist ebenfalls nur beschränkt nachweisbar (siehe z.B. Layard, 2005). Steigendes Einkommen führt nicht in gleicher Weise zu einer erhöhten Lebensqualität (für eine Übersicht zu den Zusammenhängen

zwischen Einkommen und Lebensqualität siehe Easterlin, 2001 oder Hofstetter und Madjar, 2003, S. 19 ff.).

Eine Diskussion darüber, ob eine kontinuierlich wachsende Wirtschaft jemals nachhaltig sein kann, ist unter anderem nachzulesen bei Binswanger (1995) und Daly (1996).

Arbeitszeitverkürzung und der Rebound Effekt

Der Umfang der Umweltauswirkungen menschlicher Tätigkeit ist abhängig von technologischen, ökonomischen und demographischen Faktoren. Ehrlich und Holdren führten 1972 die IPAT-Identität ein, um diese Zusammenhänge zu modellieren:

$$I = P \times A \times T \quad (5)$$

Die Gleichung (5) besagt, dass der ökologische *Impact* dem Produkt aus den Faktoren *Population*, *Affluence* und *Technology* entspricht, wobei A als Bruttoinlandsprodukt pro Kopf und T als Umweltbelastung pro ökonomischen Output interpretiert werden kann. Nachdem Effizienzsteigerungen, also Reduktionen des Faktors T, zu Rebound Effekten führen, durch die sie den Faktor A erhöhen, bleibt die erwartete Wirkung auf den *Impact* aus. Schor (2005) schließt daraus, dass, um die Umweltauswirkungen mittelfristig zu reduzieren, auf den Faktor A, also das Einkommen pro Kopf, Einfluss genommen werden muss.

Eine Arbeitszeitverkürzung würde gegenüber einer Wachstumsstrategie den Einkommenseffekt, ein Teileffekt des direkten Rebounds, reduzieren. Die Limitierung des Einkommens mit einhergehender Ausweitung der freien Zeitverfügbarkeit würde aber auch den oft größeren Zeit-Rebound reduzieren. Um den Umfang der durch einen Ausgleich von Produktivitätszuwachsen in Zeit statt Geld erwirkten Reduktion der Umweltauswirkungen abschätzen zu können, müssen empirische Untersuchungen des Zeit-Rebounds angestellt werden, sowie die Veränderung der Zeitverwendung der Haushalte im Falle einer Arbeitszeitreduktion ermittelt werden. Wie im folgenden Kapitel noch genauer ausgeführt wird, fehlen in Österreich dazu nationale Datenerhebungen.

Datenlage

Dieses Kapitel bietet eine kurze Übersicht über die Datenlage, in Österreich und international, zur Einschätzung der Wirksamkeit von Rebound Effekten und die Rolle von Zeitznutzung, Arbeitszeit und Einkommen. Abschließend wird eine mögliche Forschungsstrategie zur Erforschung der Wechselwirkungen zwischen Zeit und Umwelt skizziert.

1.12 Zeitznutzung

Aufgrund der aufwendigen Erhebung von Zeitznutzungsdaten ist der Bestand solcher Datensammlungen sehr gering. Aus Österreich gibt es Zeitznutzungserhebungen im Mikrozensus. Diese Daten stammen jedoch aus den 1970er bzw. 1980er Jahren und können somit nur begrenzt zur Erforschung aktueller Veränderungen herangezogen werden. Eine Zeitznutzungsstudie wurde jedoch erst kürzlich bei der Statistik Austria in Auftrag gegeben, und es bleibt abzuwarten, wie gut die Eignung der generierten Daten für die Untersuchung von Zusammenhängen zwischen Zeitznutzung und Umweltverbrauch ist. Dazu sind nämlich umfangreiche Zeitznutzungserhebungen über mehrere Jahre erforderlich, die möglichst viele Aktivitäten unterscheiden, die simultane Ausführung von Aktivitäten zulassen, nötige Transportwege und -mittel erheben, sowie feststellen, mit wem die Aktivität durchgeführt wurde.

Weltweit existieren nur wenige Datensets, die diesen Kriterien entsprechen. United Nations (2002) bietet einen Überblick über Verfügbarkeit, Design, Methode, etc. internationaler Zeitznutzungserhebungen. Umfangreiche Daten sind demnach für Australien, Großbritannien und Japan verfügbar. Die ‚Japanese Panel Survey of Consumers (JPSC)‘ ist hier besonders hervorzuheben, da diese regelmäßig durchgeführte Umfrage Daten zu Konsumausgaben, Zeitznutzung und Zufriedenheit integriert.

1.13 Arbeitszeit

Arbeitszeitdaten sind ein sehr sensibler Bereich. Nationale Quellen sind aufgrund unterschiedlicher Erhebungsmethoden und Definitionen nicht für einen internationalen Vergleich geeignet. Die Datenerhebung kann auf drei methodischen Ansätzen beruhen: Haushaltserhebungen, Unternehmenserhebungen und Zeitnutzungserhebungen. Letzteres ist wie zuvor beschrieben nur für wenige Länder verfügbar. Unternehmenserhebungen berichten meist nur bezahlte, nicht tatsächliche Arbeitszeit. Die repräsentativsten und umfangreichsten Arbeitszeitdaten stammen aus Haushaltserhebungen. Wichtige internationale und europäische Datensammlungen sind in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 4: Verfügbarkeit von internationalen und europäischen Arbeitszeitdaten

Datenquelle	Daten	Zeitraum	Homogenität
EUROSTAT New Cronos	Erwerbstätigkeit, wöchentliche Arbeitszeit nach Gruppen	ab 1983; ab 1992 umfangreicher	ja
OECD Labour Force Statistics	Erwerbstätigkeit, jährliche Arbeitszeit allgemein	ab 1955; umfangreicher von 1970 bis 1983	relativ
GRONINGEN Total Economy Database	jährliche Arbeitszeit allgemein	ab 1950	relativ
ILO Laborstat	Erwerbstätigkeit, wöchentliche Arbeitszeit verschiedener Gruppen	vereinzelt ab 1970; sehr unterschiedlich	nein

Quelle: Proinger, 2005

Nationale Daten für Österreich werden jährlich im Mikrozensus erhoben.

1.14 Konsum

Eine Konsumerhebung auf Haushaltsebene für Österreich wird von der Statistik Austria durchgeführt und ist online verfügbar⁴. Es werden die monatlichen

⁴ Konsumerhebungen für 2004/05 sowie 1999/00 sind zugänglich unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/soziales/verbrauchsausgaben/konsumerhebung_2004_2005/index.html

Verbrauchsausgaben nach Haushaltstyp, Anzahl der Personen im Haushalt, Bildungsniveau und Erwerbstätigkeit erfasst.

1.15 Umwelt

Die von der Statistik Austria erstellte umweltökonomische Gesamtrechnung⁵ (NAMEA – ‘National Accounting Matrix including Environmental Accounts’) bietet eine Aufgliederung umweltbezogener Daten nach ÖNACE-Klassifizierung und ermöglicht somit eine direkte Gegenüberstellung mit Parametern aus der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Sie umfasst u.a. Daten zu Emissionsentstehung und Ressourcenverbrauch in den Wirtschaftssektoren sowie den privaten Haushalten.

1.16 Forschungsstrategie

Zur Untersuchung der Zusammenhänge zwischen (Arbeits-)Zeit und Einkommen einerseits, sowie Umweltauswirkungen andererseits, wird in der Literatur eine Vielzahl verschiedener Methoden angewandt, wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben. Die folgende Listung und kurze Beschreibung von Forschungsvorhaben zeigt, welche Möglichkeiten und Ansatzpunkte in Österreich bei vorhandener (und zu erwartender) Datenbasis gegeben sind.

Mittels einer Dekompositionsanalyse könnte ermittelt werden, welche Rolle Arbeitszeit und Einkommen in der historischen Entwicklung der Umweltauswirkungen (z.B. der CO₂-Emissionen) in Österreich hatte. Die benötigten Daten dazu können aus nationalen Datenquellen wie NAMEA und dem Mikrozensus entnommen werden.

Interessant wäre etwa auch die Untersuchung der Hypothese Binswangers, wonach Haushalte mit geringerer Zeitverfügbarkeit und höherem Einkommen ein höheres

⁵ NAMEA für 1995 bis 2005 ist zugänglich unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_und_umwelt/umwelt/umweltoekonomische_gesamtr_echnung_namea/index.html

Energiekonsumniveau aufweisen. Dazu können Konsumdaten aus der österreichischen Konsumerhebung bzw. dem Mikrozensus, sowie Umweltdaten aus NAMEA verwendet werden.

Existierende Zeitnutzungserhebungen für Österreich sind nicht rezent und können deshalb nur begrenzt genutzt werden. Ergebnisse der aktuell in Vorbereitung befindlichen Umfrage erlauben möglicherweise weitere Studien im Bereich Zeitnutzung. Vorläufig bzw. ergänzend kann aber auch auf Zeitnutzungsdaten aus Ländern mit ähnlicher wirtschaftlicher und demographischer Struktur zurückgegriffen werden.

Daten zur Zeitverwendung der Haushalte können beispielsweise mit Energieverbrauchsdaten verknüpft werden. Die dazu notwendigen Input-Output Tabellen sowie die Konsumdaten sind vorhanden. Die Ergebnisse einer solchen Untersuchung wären die Energieintensitäten verschiedener Aktivitäten wie sie Jalas (2002) für Finnland untersucht hat.

Auf Basis von Zeitdaten über längere Zeiträume können außerdem Zeitelastizitäten für bestimmte Konsumaktivitäten und Konsumentengruppen (Lebens- und Zeitnutzungsstile) ermitteln lassen, woraus auf Trends und mögliche Entwicklungen geschlossen werden kann.

Literatur

- Alcott, Blake, 2005. Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54 (1), 9-21.
- Ausubel, Jesse H., Grübler, Arnulf, 1995. Working Less and Living Longer: Long-Term Trends in Working Time and Time Budgets. In: *Technological Forecasting and Social Change* 50, 195-213.
- Ayres, Robert U., 2002. Resources, scarcity, technology and growth. INSEAD Working Paper No. 2002/118/EPS/CMER, Center for the Management of Environmental Resources, INSEAD, Fontainebleau, France.
- Ayres, Robert U., Warr, B., 2005. Accounting for growth: The role of physical work. *Structural Change and Economic Dynamics*, 16 (2), 181-209.
- Becker, G., 1965. A theory of the allocation of time. *The Economic Journal*, 65, 493-517.
- Binswanger, Mathias, 1995. Sustainable development: Utopie in einer wachsenden Wirtschaft? *J. Environ. Law Policy* 1 (95), 1-19.
- Binswanger, Mathias, 2001. Technological Progress and Sustainable Development: What About the Rebound Effect? *Ecological Economics*, 36, 119-132.
- BMLFUW, 2002a. Die Österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung. Eine Initiative der Bundesregierung. Wien, April.
- BMLFUW, 2002b. Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels. Klimastrategie 2008-2012. Wien, 18. Juni.
- BMLFUW, 2007. Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. Wien, 21. März.
- Boardman, B., Milne, G., 2000. Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes. *Energy Policy*, 28 (6-7), 411-424.
- Brookes, L. G., 2000. Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy* 28 (6-7), 355-366.
- Cleveland, C. J., Kaufmann, R. K., Stern, D. I., 2000. Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics*, 32, 301-17.
- Cogoy, M., 1995. Market and non-market determinants of private consumption and their impacts on the environment. *Ecological Economics*, 13, 169-180.
- Cogoy, M., 1999. The consumer as a social and environmental actor. *Ecological Economics*, 28, 385-398.
- Daly, Herman, 1996. *Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development*. Beacon Press, Boston, MA.
- Dimitropoulos, John, 2006. Energy consumption takes time. In: *Proceedings of the Sixth BIEE Academic Conference*, Oxford, UK, 20-21 September.

- Dimitropoulos, John, 2007. Energy productivity improvements and the rebound effect: An overview of the state of knowledge. *Energy Policy*, 35 (12), 6354-6363.
- Dimitropoulos, John, Sorrell, Steve, 2006. The rebound effect: theoretical basis, extensions and limitations. In: *Proceedings of the 29th IAEE International Conference*, Potsdam, Germany, 7–10 June.
- Easterlin, Richard A., 2001. Income And Happiness: Towards A Unified Theory. *The Economic Journal*, 111, 465-484.
- Ehrlich, Paul R., Holdren, John P., 1972, Review of The Closing Circle, *Environment*, 24-39.
- European Central Bank (2008): Private final consumption expenditure at 2000 prices. France. Available at: <http://sdw.ecb.europa.eu>.
- Fouquet, R., Pearson, P., 2006. Seven countries of energy services: the price and a use of light in the United Kingdom (1300-1700). *The Energy Journal*, 27 (1), 139-177.
- Greene, D.L., Kahn, J.R., Gibson, R., 1999. Fuel economy rebound effect for US household vehicles. *Energy Journal*, 20 (3), 1-31.
- Greening, L.A., Greene, D.L., 1997. Energy use, technical efficiency, and the rebound effect: a review of the literature. Report to the Office of Policy Analysis and International Affairs, US Department of Energy, Washington, DC, December.
- Greening, Lorna A., Greene, David L., Difiglio, Carmen, 2000. Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. *Energy Policy* 28, 389-401.
- Haas, R., Biermayr, P., 2000. The rebound effect for space heating – Empirical evidence from Austria. *Energy Policy*, 28 (6-7), 403-410.
- Haas, R., Schipper, L., 1998. Residential energy demand in OECD-countries and the role of irreversible efficiency improvements. *Energy Economics* 20 (4), 421-442.
- Heiskanen, E., Pantzar, M., 1997. Towards sustainability consumption: two new perspectives. *Journal of Consumer Policy*, 20 (4), 409-442.
- Herring, Horace, 2004. The rebound effect and energy conservation. In: Cleveland, C. (Hrsg.), *Encyclopedia of Energy*, Volume 5. Academic Press, Elsevier Science, New York, Amsterdam.
- Herring, Horace, 2006. Energy efficiency—a critical view. *Energy*, 31 (1), 10-20.
- Herring, Horace, Roy, Robin, 2007. Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 27 (4), 194-203.
- Hertwich, Edgar G., 2005. Consumption and the Rebound Effect. An Industrial Ecology Perspective. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (1-2), 85-98.
- Hofstetter, Patrick, Madjar, Michael, 2003. Linking change in happiness, time-use, sustainable consumption, and environmental impacts. An attempt to understand time-rebound effects. Zürich, BAO, Consultrix.
- Hong, N. V., 1983. Two measures of aggregate energy production elasticities. *The Energy Journal*, 4 (2), 172-77.

-
- Jalas, Mikko, 2002. A time-use perspective on the materials intensity of consumption. *Ecological Economics*, 41, 109-123.
- Jalas, Mikko, 2005. The Everyday Life Context of Increasing Energy Demand. Time Use Survey Data in a Decomposition Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (1-2), 129-145.
- Jalas, Mikko, 2006. Busy, wise and idle time. A study of temporalities of consumption in the environmental debate. Helsinki School of Economics.
- Jevons, W.S., 1865. *The Coal Question: Can Britain Survive?* A.W. Flux (Hrsg.), Augustus M. Kelley, New York.
- Kaufmann, R.K., Azary-Lee, I.G., 1990. A biophysical analysis of substitution: does substitution save energy in the US forest production industry? Proceeding of the Workshop 'Ecological Economics', St. Paul, Minnesota, 2–6 April.
- Kempton, W., Montgomery, L., 1982. Folk quantification of energy. *Energy*, 7 (10), 817-827.
- Khazzoom, J. Daniel, 1980. Economic implications of mandated efficiency in standard for household appliances. *Energy Journal*, 1 (4), 21-40.
- Khazzoom, J. Daniel, 1986. *An econometric model integrating conservation in the estimation of the residential demand for electricity.* Greenwich, CT: JAI Press.
- Layard, Richard, 2005. *Die glückliche Gesellschaft. Kurswechsel für Politik und Gesellschaft.* Frankfurt, Campus.
- Leitschuh-Fecht, H., 1999. *Privater Konsum und Nachhaltige Entwicklung. Positionspapier des Forum Umwelt & Entwicklung zur Vorlage bei der CSD 7, Bonn.*
- Proinger, Judith, 2005. *Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld?* Social Ecology Working Paper 77, IFF Wien, April.
- Reisch, L. A., 2001. Time and wealth. The role of time and temporalities for sustainable patterns of consumption. *Time & Society* 10 (2/3), 367-385.
- Rejeski, D., 2003. E-Commerce, the Internet and the Environment. *Journal of Industrial Ecology* 6 (2), 1-3.
- Røpke, Inge, 1999. The dynamics of the willingness to consume. *Ecological Economics*, 28 (3), 399-420.
- Rosenberg, N., 1989. *Energy Efficiency Technologies: Past, Present and Future Perspectives. How Far Can the World Get on Energy Efficiency Alone?*
- Roy, Joyashree, 2000. The rebound effect: some empirical evidence from India. *Energy Policy*, 28 (6-7), 433-438.
- Sanches, Samy, 2005. Sustainable Consumption à la française? Conventional, innovative, and alternative approaches to sustainability and consumption in France. *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 1 (1), 43-57.
- Sanne, C., 2000. Dealing with environmental savings in a dynamic economy—how to stop chasing your tail in the pursuit of sustainability. *Energy Policy*, 28 (6–7), 487-497.

- Saunders, H.D., 1992. The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth. *The Energy Journal* 13 (4), 131-145.
- Schauer, Thomas, 2003. Der Mythos von der dematerialisierenden Informationstechnologie. Bericht des European Support Centre of the Club of Rome, www.sustainableeurope.net/docs901104/schauer.pdf.
- Schipper, L., Bartlett, S., Hawk, D., Vine, E., 1989. Linking life-style and energy use: A matter of time. *Annual review of energy* 14, 273-320.
- Schipper, L.J., Haas, R., Scheinbaum, C., 1996. Recent trends in residential energy use in OECD countries and their impact on carbon dioxide emissions: a comparative analysis of the period 1973-1992. *Mitigation Adaptation Strategies Global Change* 1, 167-196.
- Schipper, L.J., Ting, M., Khrushch, M., Golove, W., 1997. The evolution of carbon dioxide emissions from energy use in industrialized countries: an end-use analysis. *Energy Policy* 25, 651-672.
- Schipper, L., Grubb, M., 2000. On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries. *Energy Policy*, 28 (6-7), 367-388.
- Schneider, F., 2003. L'effet rebond. *L'Ecologist* 4 (3), 45.
- Schor, Juliet, 1993. *The overworked American. The unexpected decline of leisure.* New York, Basic Books.
- Schor, Juliet, 2005. Sustainable Consumption and Worktime Reduction. *Journal of Industrial Ecology*, 9 (1-2), 37-50.
- Small, K.A., 1992. *Urban Transportation Economics.* Harwood Academic Publishes, Chur.
- Small, K.A., Van Dender, K., 2005. A study to evaluate the effect of reduced greenhouse gas emissions on vehicle miles travelled. Prepared for the State of California Air Resource Board, the California Environment Protection Agency and the California Energy Commission, Final Report ARB Contract Number 02-336, Department of Economics, University of California, Irvine.
- Sorrell, Steve, 2007. *The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency.* UKERC Report, SPRU, University of Sussex.
- Sorrell, Steve, Dimitropoulos, John, 2008. The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics*, 65 (3), 636-649.
- Stern, D. I., 1993. Energy and economic growth in the USA: A multivariate approach. *Energy Economics*, 15 (2), 137-50.
- Stern, D. I., Cleveland, C. J., 2004. Energy and economic growth. Rensselaer Working Paper in Economics, No. 0410, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY.
- Toman, Michael, Jemelkova, Barbora, 2003. Energy and Economic Development: An Assessment of the State of Knowledge. *The Energy Journal*, 24 (4), 93-112.
- United Nations, 2002. Overview on time-use surveys and classifications. Available at: <http://unstats.un.org/unsd/methods/timeuse/index.htm>.

Wadeskog, Anders, Larsson, Maja, 2003. Households in the environmental accounts. Prepared for DG Environment and Eurostat, Statistics Sweden, Stockholm, December.

Walker, I.O., Wirl, F., 1993. Irreversible price-induced efficiency improvements: Theory and empirical application to road transportation. *The Energy Journal*, 14 (4), 183-205.

Wirl, Franz, 1997. *The economics of conservation programs*. Kluwer, Dordrecht.

Band 1

Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2*

Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989. Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3*

Umwelt & Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)

Band 4*

Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte. Lackner, C. (1990)

Band 5*

Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M., Kissler, M., Payer, H., Steurer A. (1990)

Band 6*

Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen. Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7

Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich. Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steurer, A. (1990)

Band 8*

Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)

Band 9*

A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Dell'Mour, R., Fleissner, P., Hofkirchner, W., Steurer A. (1991)

Band 10

Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steurer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11

Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991)

Band 12

Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13

Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steurer, A. (1991)

Band 14

Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15

Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16

Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17

Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steurer, A. (1991)

Band 18

Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991. Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19

Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20*

Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steurer, A. (1991)

Band 22

A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23

Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24

Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Mit * gekennzeichnete Bände sind leider nicht mehr erhältlich.



Band 25

Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26

Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992)

Band 28*

Naturschutzaufwendungen in Österreich. Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29*

Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region. Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992: Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31*

Leerzeichen. Neuere Texte zur Anthropologie. Macho, T. (1993)

Band 32

Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33

Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993)

Band 34

Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994)

Band 35

Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994)

Band 36

Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37*

Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38*

Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39

Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa. Macho, T. (1994)

Band 40

On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41

Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen. Rauch, F. (1994)

Band 42

Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43

Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995)

Band 44

Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45

National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46

Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature. Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47

Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen. Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48

Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky. A. Thompson, M. (1997)

Band 49

Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+

Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998)

Band 51+

Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+

Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+

NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+

Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
<http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm>
Im PDF-Format downloadbar.

Band 55+

Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng. Grünbühel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+

Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+

Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft. Erb, K. H. (1999)

Band 59+

Das Leitbild "Nachhaltige Stadt". Astleithner, F. (1999)

Band 60+

Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik. Weisz, B. U. (2001)

Band 61+

Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs. Hutter, D. (2001)

Band 62+

Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+

Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development. Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M. (2002)

Band 64+

Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Darge, E. (2002)

Band 65+

Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.; Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+

Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität. Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzer, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+

Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002)

Band 68+

Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Gaube, V. (2002)

Band 69+

The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+

Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000. Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+

Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrian Villages in Comparison. Krausmann, F. (2008)

Band 73+

Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP. Schandl, H., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+

Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzlmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+

Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+

The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+

Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005)

Band 78+

Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich. Lauk, C. (2005)

Band 79+

Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Machold, P. (2005)

Band 80+

Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island. Wildenberg, M. (2005)

Band 83+

HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen. Lauk, C. (2006)

Band 84+

Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeithofer, M. (2006)

Band 85+

Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+

Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Weisz, H. (2006)

Band 88+

Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000). Rainer, G. (2006)



Band 89+

Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005. Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+

Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam. Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+

Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos. Hirsch, H. (2006)

Band 92+

Human appropriation of net primary production (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis. Kastner, T. (2007)

Band 93+

Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+

The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+

Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes. Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+

Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich. Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 97

(in Vorbereitung)

Band 98+

Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines. Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis. Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+

Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases. Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis. Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +

Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klimapolitik zu verstehen. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+

Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse. Lackner, Maria; Wien (2008)

Band 104+

Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer. Weis, Ekke; Wien (2008)

Band 105+

Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen. Paler, Michael; Wien (2008)

Band 106+

Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells. Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+

Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000. Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+

Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie. Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+

Direktvermarktung in Reichraming aus sozialökologischer Perspektive. Zeithofer, M.; Wien (2008)

Band 110+

CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+

Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie. Bruckner, M.; Wien (2008)