

# Empfehlungen zu Schweizer Politikinstrumenten in Abhängigkeit von Reboundeffekten

rebound research report 4 MSch

## Report

### Author(s):

Schlegel, Matthias

### Publication date:

2009

### Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006224333>

### Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

# Empfehlungen zu Schweizer Politikinstrumenten in Abhängigkeit von Reboundeffekten

Rebound Research Report 4

Zurich, 27 Apr 2009  
MSch



Preferred citation style:

Schlegel M, 2009. Empfehlungen zu Schweizer Politikinstrumenten in Abhängigkeit von Reboundeffekten. Rebound Research Report Nr. 4. ETH Zurich, IED-NSSI, report EMDM1601, 56 pages. Download: [www.nssi.ethz.ch/res/emdm/](http://www.nssi.ethz.ch/res/emdm/)

© 2009 ETH Zurich, IED-NSSI, Switzerland.  
All rights reserved.

For further information please contact:

ETH Zurich, Dept. of Environmental Sciences  
Institute for Environmental Decisions (IED)  
Natural and Social Science Interface (NSSI)  
Universitaetstrasse 22, CHN J73.2  
8092 Zurich  
Switzerland  
Tel. +41-44-632 58 92 (secretariat)  
Fax. +41-44-632 29 10  
[www.nssi.ethz.ch/res/emdm/](http://www.nssi.ethz.ch/res/emdm/)

Peter de Haan  
[dehaan@env.ethz.ch](mailto:dehaan@env.ethz.ch)  
[www.nssi.ethz.ch/people/staff/pdehaan](http://www.nssi.ethz.ch/people/staff/pdehaan)  
+41-44-632 49 78

Author contact:  
Mathias Schlegel  
[mschlegel@student.ethz.ch](mailto:mschlegel@student.ethz.ch)

# Table of contents

Abstract .....	5
1. Einführung .....	7
1.1 Ausgangslage .....	7
1.2 Fragestellung .....	8
1.3 Methode .....	8
2. Der Reboundeffekt .....	9
2.1 Definitionen .....	9
2.2 Einflussfaktoren .....	12
3. Analyse ausgewählter Politikinstrumente .....	17
3.1 Auswahl zu untersuchender Politikmassnahmen .....	17
3.2 LSVA und 40-Tonnen-Gewichtslimite .....	20
3.3 Road Pricing .....	24
3.4 CO <sub>2</sub> -Abgabe .....	28
3.5 energieEtikette .....	33
3.6 Mindestanforderungen an elektrische Geräte .....	37
4. Diskussion .....	41
4.1 Diskussion der analysierten Politikinstrumente .....	41
4.2 Rückschlüsse auf weitere Instrumente .....	46
4.3 Kritische Betrachtung der Arbeit .....	47
5. Schlussfolgerungen .....	49
Literaturverzeichnis .....	51



# Abstract

Energieeffizienzmassnahmen stellen eine Möglichkeit dar, die aktuellen Energie- und Klimaprobleme anzugehen. Bei ihrer Bewertung werden aber die für die Wirksamkeit relevanten Reboundeffekte kaum berücksichtigt. Andererseits geht auch die Reboundforschung wenig auf Wechselwirkungen mit Politikmassnahmen ein. In dieser Arbeit werden Reboundeffekte in einer umfassenden Art definiert und beschrieben. Basierend auf UKERC (2007) werden Einflussfaktoren zusammengetragen und strukturiert, um Fallbeispiele Schweizer Politikinstrumente auszuwählen. Diese werden anhand der ermittelten Einflussfaktoren – vorwiegend qualitativ – auf Reboundeffekte untersucht. Schliesslich werden die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Literatur diskutiert. Es zeigt sich, dass bei den untersuchten Schweizer Politikmassnahmen eher tiefe Reboundeffekte zu erwarten sind, sofern vor deren Umsetzung keine unausgeschöpften Effizienzpotentiale vorhanden waren. Von Bedeutung sind jedoch erweiterte Effekte, wie aus Umweltsteuern resultierende Mehrausgaben und die Rückerstattung von Lenkungsabgaben durch den Staat, oder auch sozio-psychologische und Wahrnehmungseffekte. Insgesamt ist es bedeutsam, ob ökonomisch (ideale Marktwirtschaft) oder realwirtschaftlich (Einbezug erweiterter Effekte) argumentiert wird. Insbesondere in letzterem Bereich scheinen weitere Untersuchungen angezeigt.

## Keywords

Energiepolitik; Reboundeffekt; Wirkungsabschätzung, soziopsychologischer Rebound



# 1. Einführung

## 1.1 Ausgangslage

Die öffentliche Diskussion um die drohende „Stromlücke“ in der Schweiz, gefolgt von der Veröffentlichung des 4. IPCC Assessment Report „Climate Change 2007“ und begleitet von Rekordpreisen für Erdöl hat die Energie- und Klimapolitik in den Vordergrund gerückt. Dies hat den Bundesrat im Februar 2007 dazu veranlasst, die schweizerische Energiepolitik neu auszurichten (BFE 2007a). Wie die Politik richtig erkannt hat, bieten sich als Reaktion auf die vorhandenen Probleme die zwei Hauptstrategien Energieeffizienz und Förderung CO<sub>2</sub>-armer Energiequellen an. Um den Verbrauch fossiler Energie zu reduzieren, den Stromverbrauch zu stabilisieren und den Anteil erneuerbarer Energien zu steigern, wurde deshalb ein halbes Jahr später unter anderem der „Aktionsplan ‚Energieeffizienz‘“ lanciert (BFE 2007a) und 2008 verabschiedet. Daneben machen sich Umweltorganisationen für griffige und weitgehende Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz stark.

Allerdings bergen Effizienzmassnahmen unter gewissen Bedingungen die Gefahr sogenannter Reboundeffekte in sich. Diese können die tatsächlich verwirklichten Effizienzgewinne stark reduzieren oder sogar völlig zunichte machen. Wie eine umfassende Review des UK Energy Research Centre (UKERC 2007) [ab hier verweisen wir mittels „(ERCxx)“ auf Seite xx von UKERC (2007)] zum Reboundeffekt betont, wurde dieser Gefahr bisher zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt, was sich auch im ernüchternden Fazit der Autoren über die bisherigen Forschungsergebnisse widerspiegelt (UKERC 2007). So gehen weder die vieldiskutierte „Stern Review“ (Stern 2007) noch der oben erwähnte IPCC-Bericht (IPCC 2007) auf Reboundeffekte ein. Das gleiche Bild zeigt sich auch beim genannten Aktionsplan „Energieeffizienz“ des Bundesamtes für Energie (BFE 2007b), wo der Einfluss des Reboundeffekts an keiner Stelle erwähnt, geschweige denn berücksichtigt wird. Dies, obwohl der Reboundeffekt für die Energie- und Klimapolitik von grosser Bedeutung ist, da dieser zur Nichterreichung entsprechender Politikziele führen könnte, wie das UKERC schlussfolgert (ERCv).

Vor diesem Hintergrund erscheint es unverzichtbar, bereits umgesetzte sowie geplante oder geforderte Politikmassnahmen unter Beachtung des Reboundeffekts auf ihre effektive Effizienz zu prüfen. Gerade bei den zurzeit vorherrschenden Budgetzwängen der öffentlichen Hand wird sich das nicht nur für die Umwelt, sondern auch finanziell auszahlen. Zudem ist es auch deshalb relevant, weil gewisse Instrumente zur Beeinflussung der Energieeffizienz als Einschränkung der Wirtschaftsfreiheit (nach der schweizerischen Bundesverfassung ein Grundrecht) gelten, insbesondere da es sich bei Energie um einen wichtigen Produktionsfaktor handelt. Deswegen ist in diesen Fällen den Prinzipien staatlichen Handelns besondere Beachtung zu schenken, was nach Art. 36 BV neben dem Legalitätsprinzip (gesetzliche Grundlage) und dem öffentlichen Interesse oder Schutz von Grundrechten Dritter auch nach Verhältnismässigkeit verlangt (Schweizerische Eidgenossenschaft 1999). Letztere kann in Anlehnung an Ruch (2005) in Effektivitäts- (Eignung zur Zielerreichung) und Proportionalitätsprinzip (Angemessenheit) unterteilt werden. Diese zwei Prinzipien stellen Anforderungen an einschneidende Politikmassnahmen im Effizienzbereich und verlangen nach deren eigenen Effizienz, also dass sie unter anderem möglichst geringfügig durch Reboundeffekte kompensiert werden.



## 1.2 Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Empfehlungen abzugeben für die optimale Umsetzung bestehender und geplanter Politikmassnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz in der Schweiz, so dass das Auftreten und das Ausmass von Reboundeffekten minimiert werden kann.

Dazu werden die Mechanismen der Massnahmen auf mögliche Reboundeffekte und deren zu erwartendes Ausmass analysiert. Da es sich hierbei um eine meist qualitative Analyse handelt, können keine Quervergleiche der Effizienz verschiedener Massnahmen gemacht werden. Die Untersuchung beschränkt sich auf eine Auswahl von Massnahmen. Ähnliche Massnahmen werden miteinander verglichen und von den Ergebnissen werden Rückschlüsse auf weitere, nicht untersuchte Instrumente gemacht. Abgedeckt wird eine breite Palette von politischen Instrumenten in den Bereichen Mobilität, Gebäude sowie Geräte und Beleuchtung. Dabei wurden sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Massnahmen untersucht.

Zuerst wird die gewählte Methode zur Beantwortung obiger Fragestellung näher beschrieben (Kap. 1.3). In einem Theoriekapitel (Kap. 2) wird der Reboundeffekt definiert und die relevanten Faktoren werden zusammengefasst. Anschliessend werden die einzelnen Massnahmen vorgestellt und hinsichtlich Reboundeffekte kritisch analysiert, woraus Empfehlungen abgeleitet werden (Kap. 3). Schliesslich werden die Ergebnisse diskutiert und den zusammengefassten Forschungsergebnissen aus der UKERC-Review gegenübergestellt (Kap. 4), so dass abschliessende Schlussfolgerungen gezogen werden können (Kap. 5).

## 1.3 Methode

Als theoretische Grundlage zum Reboundeffekt und seiner Einflussfaktoren dient die umfassende und aktuelle Literaturreview „The Rebound Effect“ (UKERC 2007). Daraus konnten zudem Kriterien zur Auswahl von Politikmassnahmen abgeleitet werden. Als weitere Hauptquelle wurde der „Aktionsplan ‚Energieeffizienz‘“ des Bundes herbeigezogen (BFE 2007b; 2008d), um aktuelle Politikmassnahmen auf dem Gebiet der Energieeffizienz zu ermitteln. Ergänzt wurde die Aufstellung durch die Konsultation von Homepages verschiedener Umweltorganisationen.

Die gesammelten Massnahmen wurden nach verschiedenen Kriterien klassifiziert, sodass eine Auswahl getroffen werden konnte. Deren Beeinträchtigung durch Reboundeffekte wurde mittels ökonomischer Betrachtungen analysiert und teilweise durch grobe Abschätzungen quantifiziert. Schliesslich wurden die Ergebnisse der Analyse und die daraus gewonnenen Empfehlungen in Bezug zu den Ergebnissen des UKERC (2007) sowie anderen Befunden gesetzt und kritisch diskutiert. Daraus leiteten sich bereinigte Optimierungsempfehlungen ab, welche nach einer Verallgemeinerung auch auf die übrigen Massnahmen angewandt werden können. Somit können konkrete, fundierte Handlungsempfehlungen für die Schweizer Politik abgegeben werden. Zudem ergeben sich auch allgemein-theoretische Erkenntnisse bezüglich den Wechselwirkungen zwischen Reboundeffekten und Politikmassnahmen, sowie Empfehlungen für weitere Forschungsanstrengungen.

## 2. Der Reboundeffekt

Zum ersten Mal wurde der direkte Reboundeffekt vom Wirtschaftsökonom Daniel Khazzoom 1980 zur Sprache gebracht (Khazzoom 1980). Bereits im 19. Jahrhundert vertrat allerdings der Britische Ökonom William Jevons die Ansicht, dass Energieeffizienzsteigerungen den Energieverbrauch erhöhen würden (Jevons 1865), und 1978 publizierte Len Brookes zum ersten Mal zum Thema Rebound (Brookes 1978). Trotz Forschung seit rund 30 Jahren (für eine Review sh. Greene et al 2000) ist der Reboundeffekt vielerorts noch ein relativ neuer Faktor, wie die Beispiele in Kapitel 1.1 zeigen: Weder das schweizerische Bundesamt für Energie, das IPCC als internationales Forschergremium der UNO, noch der renommierte Ökonom Nicholas Stern beziehen Reboundeffekte in ihren Berichten mit ein (BFE 2007b; IPCC 2007; Stern 2007). Im Sinne eines Beitrags zu einer Verbreitung dieses Konzepts und als Grundlage für die späteren Ausführungen wird im Folgenden auf die damit zusammenhängenden Begriffe sowie auf Einflussfaktoren eingegangen, aufbauend auf der englischsprachigen Review „The Rebound Effect“ (UKERC 2007).

### 2.1 Definitionen

Die grosse Diskrepanz zwischen verschiedenen Studien rührt vielfach von unterschiedlichen Definitionen her. Deshalb werden hier – wo nicht anders angegeben basierend auf UKERC (2007) – einige wichtige Begriffe definiert und erklärt.

#### Reboundeffekt allgemein

Saunders (2000) definiert den *Reboundeffekt*  $R$  als

$$R = 1 + \eta_{\tau_F}^F \quad (1)$$

wobei  $\eta_{\tau_F}^F$  die Elastizität des Produktionsfaktors  $F$  (bei Saunders ist dies „fuel“) bei Effizienzgewinn  $\tau_F$  ist:

$$\eta_{\tau_F}^F = \frac{d \ln F}{d \ln \tau_F} \cong \frac{\Delta F / F_0}{\Delta \tau_F / \tau_{F_0}} \quad (2)$$

Von Rebound wird bei  $R > 0$  gesprochen, wobei  $R > 1$  backfire ist (s. unten).

Grundsätzlich lässt sich diese Definition des Reboundeffekts auf jede Umwandlung von Primärressourcen (neben Primärenergie beispielsweise auch Zeit) in Sekundärressourcen, Produkte oder Dienstleistungen (beispielsweise Sekundärenergie, Energiedienstleistungen oder Transportleistung) anwenden. Im Folgenden beschränkt sich der Begriff „Reboundeffekt“ auf Energieeffizienzeinsparungen.

#### Backfire/Khazzoom-Brookes Postulat

Führt eine Effizienzmassnahme über direkte und indirekte Reboundeffekte gesamthaft zu einer Zunahme der Energienachfrage – wird also die Einsparung überkompensiert – spricht man von *backfire*. Das *Khazzoom-Brookes Postulat* besagt, dass bei konstanten Energiepreisen kostenwirksame Energieeffizienzmassnahmen unweigerlich zu einer Zunahme des gesamtwirtschaftlichen Energiekonsums (backfire) führen (Saunders 1992). Dies sei selbst dann der Fall, wenn keine weiteren Produktivitätsgewinne anderer Produktionsfaktoren damit verbunden seien. Allerdings werden diese Aussagen vom UKERC (2007) stark in Frage gestellt und als nicht bewiesen betrachtet.

### Gesamtwirtschaftlicher (economy-wide) Reboundeffekt

Bei gewissen Effizienzmassnahmen kann beobachtet werden, dass nicht die vollständige ingenieurtechnisch zu erwartende Einsparung erzielt wird. Dies lässt sich hauptsächlich damit erklären, dass durch den Effizienzgewinn die Energiedienstleistung vergünstigt wird, was zu verschiedenen Varianten von Mehrkonsum führen kann. Der *gesamtwirtschaftliche Reboundeffekt* setzt sich zusammen aus direktem und indirektem Reboundeffekt (Abbildung 1).

Ingenieurtechnisch zu erwartende Energieeinsparung	Tatsächliche Energieeinsparung		
	Gesamtwirtschaftlicher Reboundeffekt	Indirekter Reboundeffekt	Sekundäre Effekte
		Direkter Reboundeffekt	Graue Energie
			Einkommens-/ Outputeffekt
		Substitutionseffekt	

**Abbildung 1.** Klassifizierung der Reboundeffekte (enthält keine Aussage über deren Grössenordnung). Quelle: verändert nach UKERC (2007), Box 1.2.

### Direkter Reboundeffekt

Der *direkte Reboundeffekt* bezieht sich auf direkten Mehrkonsum der Energiedienstleistung: Einerseits ersetzt – bei gleichbleibendem Nutzen – der gestiegene Energiekonsum bei Verbrauchern den Konsum anderer Produkte oder Dienstleistungen bzw. bei Produzenten den Einsatz der anderen Produktionsfaktoren (*Substitutionseffekt*). Als Produktionsfaktoren werden in der Ökonomie natürliche Ressourcen (inkl. Energie), Kapital, Arbeit und Wissen unterschieden (Eisenhut 2002), wobei Letzteres hier weniger relevant ist, da es im Allgemeingebrauch durch Energie praktisch nicht substituierbar ist. Andererseits ermöglicht der *Einkommenseffekt* für Konsumenten einen höheren Nutzen durch verstärkten Konsum (mehr und grössere Geräte/Motoren sowie höherer Auslastungsgrad), bzw. erlaubt die Kosteneinsparung den Produzenten einen höheren Output durch gestiegenen Input aller Produktionsfaktoren, inkl. der Energiedienstleistung (*Outputeffekt*, beinhaltet aber auch sekundäre Effekte, s. unten).

### Indirekter Reboundeffekt

Selbst ohne Konsumzunahme der betrachteten Energiedienstleistung kann das technische Einsparpotential teilweise zunichte gemacht werden. Dabei werden folgende Mechanismen unterschieden:

- Einerseits ist, um die Effizienzmassnahme überhaupt zu erreichen, häufig ein Materialeinsatz nötig, der *graue Energie* in sich birgt.
- Andererseits hat die Effizienzmassnahme, ist sie einmal umgesetzt, folgende *sekundäre Effekte*:
  - Konsumenten können die erzielten Ersparnisse für andere, energieintensive(re) Produkte oder Dienstleistungen/Aktivitäten nutzen.
  - Produzenten können die Kostenersparnisse zur Erhöhung des Outputs verwenden, was zu erhöhtem Materialverbrauch führt (zusammenhängend mit dem Outputeffekt, s. oben).
  - Durch kostenwirksame Effizienzmassnahmen wird Wirtschaftswachstum angeregt, was den Konsum und damit indirekt auch die Energienachfrage anregt.
  - Bei einem signifikanten Rückgang der Energienachfrage sinken die Energiepreise, was zu höherem Energie- und allgemeinem Konsum führt.
  - Durch die Energieeffizienzmassnahmen und den Rückgang der Energiepreise nimmt der Preis energieintensiver Produkte und Dienstleistungen überproportional ab, wodurch diese attraktiver und somit verstärkt nachgefragt werden.

### Erweiterte Reboundeffekte

Die obige Definition von Rebound beschränkt sich auch in ihrer verallgemeinerten Form auf streng ökonomische Theorien. Bei der angewandten Untersuchung von Reboundeffekten in der Realität (vgl. Kap. 3) fällt auf, dass diese Sichtweise Einschränkungen mit sich bringt und es Sinn macht, den Rahmen zu erweitern und weitere Aspekte einzubeziehen, um zuverlässige Schlussfolgerungen ziehen zu können. In der vorliegenden Arbeit werden folgende Effekte berücksichtigt, welche eine Erweiterung der Definition von Rebound nötig machen:

- **Sozio-psychologische Effekte**

Erstens beschränkt sich die klassische Sicht des Rebounds auf finanzielle oder zumindest monetarisierbare Werte. Wie Hertwich (2005) erstmals hervor streicht, können auch nicht-preisbasierte Reboundeffekte auftreten. Dies wird von de Haan et al. (2006) aufgenommen, welche sogenannte *sozio-psychologische Reboundeffekte* einführen, die mit den sozialen und psychologischen Kosten für den Konsum eines Gutes verbunden seien. In der vorliegenden Arbeit werden diese zwei Effekte einbezogen, aber als eigenständiger behandelt, wobei *sozialer Rebound* durch Normen aus Gesellschaft und persönlichem Umfeld geprägt wird, während *psychologischer Rebound* durch persönliche Normen und Präferenzen bedingt ist. Dabei sind sowohl direkte (Mehrkonsum der gleichen Energiedienstleistung) als auch indirekte Effekte (kompensatorischer Konsum) möglich.

- **Verwendung von Steuereinnahmen**

Das UKERC (2007) schliesst den durch die Wiederverwendung von Steuereinnahmen, welche mit effizienzfördernden Politikinstrumenten verbunden sind, verursachten Mehrkonsum von Energie nicht in die Definition des Reboundeffekts mit ein. Allerdings verweist es auf eine Studie, bei welcher nach einer Steuersenkung, welche durch anderweitige, zusätzliche Steuereinnahmen finanziert wurde, der Reboundeffekt zugenommen hat (Allan et al. 2006). Dieser Ansatz, auch indirekten Mehrkonsum von Energie einzubeziehen, der durch die Regelungstätigkeit des Staates im Bereich der Energieeffizienz verursacht wurde, wird hier übernommen. Diese Effekte sind i. d. R. den indirekten Reboundeffekten zuzuordnen.

### Realwirtschaftliche Mechanismen

Neben erweiterten Reboundeffekten führt eine Ausweitung des Fokus über theoretische ökonomische Betrachtungen hinaus auch zu folgenden realwirtschaftlichen Effekten, welche auf weitere, ansonsten unberücksichtigt gebliebene Reboundeffekte hinweisen:

- **Low hanging fruits**

Unter sogenannten *low hanging fruits* versteht man nicht ausgeschöpfte Effizienzpotentiale, welche eigentlich bereits zu heutigen Energiepreisen und mit moderaten Diskontraten wirtschaftlich wären, aber trotzdem nicht ausgenützt werden. So spricht ecoplan (1998) nach Auswertung verschiedener Studien von bis zu 30% des Energieverbrauchs der Industrie, das nichtausgeschöpfte, rentables Energiesparpotential darstelle. Dies wird durch Kirchner et al. (2003) präzisiert, welche hervorheben, dass die Energiekosten im Industriesektor in der Regel von untergeordneter Bedeutung sind und deshalb weniger einem Optimierungsdruck als im Gewerbe und im Dienstleistungssektor unterliegen. Eine Ausnahme sind sicherlich die energieintensiven Branchen wie die Aluminium- oder Zementindustrie.

- **Threshold effects**

Der Einfluss einer Grösse auf eine andere ist unter Umständen nicht kontinuierlich, sondern kann Sprünge aufweisen, was man als *threshold effect* bezeichnet. Dies kann einerseits der Einfluss eines finanziellen Anreizes sein, der erst ab einem gewissen Schwellenwert eine Wirkung zeigt, was beispielsweise der Fall ist, wenn es zuerst gilt, die Aufmerksamkeit auf Energie zu lenken (Stern et al. 1985). Gemäss Wilson und Dowlatabadi (2007) haben dann psychologische Effekte Überhand.

Andererseits ist es aber auch durchaus vorstellbar, dass bei einer geringen Verbilligung von Produkten (beispielsweise durch eine Erhöhung der Gewichtslimite für Lastwagen, *ceteris paribus*) oder bei diffusen/kleinen Effizienzgewinnen aus entsprechenden Massnahmen beide Effekte ebensowenig wahrgenommen werden, weil sie unter einem gewissen Betrag bleiben. Zu dieser These konnte jedoch keine Evidenz gefunden werden.

- **Wahrnehmung von Rückerstattungen**

Wie oben ausgeführt ist es wichtig, die Rückerstattung von Steuern/Lenkungsabgaben für die Beurteilung des Rebounds zu berücksichtigen. Allerdings ist dies wiederum insofern zu relativieren, als dass nicht die Rückerstattung per se zu Rebound führt, sondern auch deren Wahrnehmung entscheidend ist. So haben Epley et al. (2006) festgestellt, dass die Betrachtung einer Einkommensveränderung als „Bonus“ zu höheren Mehrausgaben führt als ein „Rabatt“. Weiter befinden Chambers und Spencer (2008), dass einmalige Rückerstattungen eher für ausserordentliche Ausgaben (möglicherweise zum Beispiel energieintensive Ferien) gespart werden als kleinere, periodische Vergütungen.

### Energieeffizienz

Das Verhältnis von nützlichem Output und Energieinput eines Systems wird als *Energieeffizienz* bezeichnet. Sie kann mit physikalischen oder ökonomischen Indikatoren und auf verschiedenen Ebenen von einzelnen Produktionsschritten bis zur Wirtschaft als Gesamtes gemessen werden.

### Preiselastizität

Das Verhältnis der relativen Nachfrageänderung zur relativen Preisänderung eines Gutes oder einer Dienstleistung, *ceteris paribus*, wird als (Eigen-)Preiselastizität (der Nachfrage) bezeichnet. In der Regel ist sie negativ. Die Nachfrage wird als elastisch bezeichnet, wenn der Betrag der Elastizität grösser als eins ist, und als unelastisch für Werte darunter.

Für praktische Probleme kann folgende vereinfachte Form der Preiselastizität  $\varepsilon(P)$  verwendet werden,

$$\varepsilon(P) = \frac{\Delta N/N}{\Delta P/P} \quad (3)$$

wobei  $N$  für die Nachfrage,  $P$  für den Preis und  $\Delta$  für deren relativen Änderung stehen.

## 2.2 Einflussfaktoren

Im Folgenden werden wichtige Aspekte bezüglich Reboundeffekte dargelegt, wobei nicht auf theoretische Überlegungen quantitativer Studien eingegangen wird, sondern entsprechend dem Fokus dieser Arbeit vielmehr auf qualitative Aussagen.

### Reboundeffekte allgemein

Sowohl direkte als auch indirekte Reboundeffekte variieren stark in Abhängigkeit der folgenden Faktoren (ERCvi):

- **Technologie** (ERC83):
  - Technologien, die am Anfang ihres Lebenszyklus (vor der breiten Diffusion) stehen, haben aufgrund ihrer geringen Marktsättigung und der damit verbundenen hohen Anzahl potentieller marginaler Konsumenten (Englisch *marginal consumer*; Konsumenten, welche ein bestimmtes Produkt zum ersten Mal erwerben [Wirl 1997]) ein grosses Potential für hohe Reboundeffekte. Dies erklärt sich dadurch, dass bei einem Durchbruch in der Entwicklung die daraus folgenden Effizienzgewinne zu einer Verbilligung und somit weiten Verbreitung der Technologie führen.
  - *Kern-Verfahrenstechnologien* („core process technologies“) sind vielfältig einsetzbar und haben einen Einfluss auf die Produktionskosten vieler anderer Anwendungen, so dass sich Effizienzgewinne und damit auch die Reboundeffekte weit verbreiten und multiplizieren.
  - Technologien, welche neben der Energieeffizienz zusätzlich auch die Kapital- und Arbeitsproduktivität verbessern, bringen abgesehen von den Energieeinsparungen zusätzliche Gewinne und verstärken somit das Risiko von Rebound massiv. So zeigen Modelle verschiedener Studien, dass Verbesserungen in der Produktivität von Energieinputs einen dramatischen Effekt auf Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch haben, und somit einen hohen Reboundeffekt bewirken (ERC80). Allerdings relativiert das UKERC diese Kausalität und mahnt zur vorsichtigen Interpretation (ERC81).

Allgemein werden sogenannte *general-purpose technologies* (GPTs) mit besonders starken Reboundeffekten in Verbindung gebracht. Sie zeichnen sich aus durch grosses Optimierungspotential, breite Einsetzbarkeit, potentiellen Einsatz in vielen Produkten und Prozessen sowie starke Komplementarität mit bestehenden oder potentiellen neuen Technologien (Lipsey et al. 2005). Klassische Beispiele für GPTs sind Dampfmaschinen, Eisenbahnen, Automobile oder Computer.

- **Wirtschaftssektor:**

Es wird davon ausgegangen, dass Reboundeffekte im Haushaltssektor tiefer sind als in den Produktionssektoren (ERC79). Dabei ist der Einkommenseffekt geringer als der Substitutionseffekt (ERC58f). Besonders hohe Reboundeffekte werden in energieintensiven Sektoren (ERC51) sowie in der Energieversorgung (ERC83) erwartet. So hat eine Studie befunden, dass der Rebound signifikant tiefer wäre, würden Effizienzmassnahmen nur bei Energiekonsumenten umgesetzt (ERC55).

- **Einkommensgruppe:**

Die Beziehung zwischen direkten Reboundeffekten und Haushaltseinkommen ist unsicher. Wegen Sättigungseffekten wird aber mit einem tieferen Rebound bei höherem Einkommen gerechnet (Boardman und Milne 2000). Umgekehrt ist deshalb der Reboundeffekt in Entwicklungsländern häufig sehr gross (bis hin zu backfire), da viele marginale Konsumenten auf dem Markt sind, für die der Konsum durch eine Effizienzmassnahme überhaupt erst erschwinglich werden kann (ERC32). Es kann angenommen werden, dass die Einkommenselastizität der Energienachfrage zwischen 0.7 (Dargay 1992) und 1.0 (Brookes 1972) liegt, aber mit der Entwicklung der Wirtschaft fällt (ERC68; s. auch Abbildung 2), und damit gleichzeitig allenfalls der Reboundeffekt abnimmt, folgt man den Annahmen von Zein-Elabdin (1997).

Energieökonomisch gesehen vertritt Saunders (2000) die Meinung, dass Reboundeffekte stark von der Elastizität  $\sigma$  der Substitution zwischen Energie und anderen Produktionsfaktoren abhängen, also inwiefern günstigere Energiedienstleistungen Substitute für Kapital, Arbeit und Rohstoffe sein können (Saunders 1992; Allan et al. 2006) und damit wie flexibel der Inputmix ist (ERC51). Die Auswirkungen sind im Folgenden basierend auf ERC73 ausgeführt sowie in Tabelle 1 zusammengefasst:

- Auf der einen Seite bringe eine tiefe Elastizität ( $\sigma \ll 1$ ), also eine niedrige Substitution, einen geringen Reboundeffekt mit sich, so dass Förderung zur Entwicklung (neuer) Energieeffizienztechnologien auch zu einer Energieeinsparung führe. In diesem Falle sei hingegen die Besteuerung von Energie/CO<sub>2</sub> weniger effektiv, da die Konsumenten nicht auf andere Produktionsfaktoren ausweichen und (zumindest kurzfristig) auch die Effizienz nur bedingt steigern können. Die Erreichung eines gegebenen Reduktionsziels führe deshalb zu einem BIP-Rückgang und verursache hohe Kosten (da die verteuerte Energie weniger konsumiert wird, aber schlecht substituierbar ist und somit insgesamt weniger produziert wird), was die Wirtschaft belastet. Ein Beispiel für eine tiefe Elastizität der Substitution ist Beleuchtung, da diese kaum Kapital (höchstens weniger Fenster in Gebäuden nötig) oder Arbeit (mehr Licht führt nicht zu weniger Arbeit) substituieren kann.
- Andererseits gehe bei einer hohen Elastizität der Substitution ( $\sigma = 1$ ) trotz Eingriffen der Politik die Produktion dank einer Anpassung des Inputmix nicht zurück, wodurch kein BIP-Rückgang in Kauf genommen werden müsse und die Kosten für ein gegebenes Reduktionsziel tiefer lägen. Effizienzmassnahmen führten durch die Substitution aber zu einer Produktionserhöhung und somit einem hohen Rebound. Um eine Reduktion des Energieverbrauchs zu erreichen empfahlen sich deshalb in diesem Fall Energiesteuern, deren Ziel die Reduktion des Energieverbrauchs direkt vielmehr als die Steigerung der Energieeffizienz sei. Eine hohe Substitution besteht beispielsweise zwischen Energie zum Heizen und Kapital für Isolation, da diese einfach gegenseitig austauschbar sind (z. B. kann dank einer effizienten Heizung bei der Isolation gespart werden).

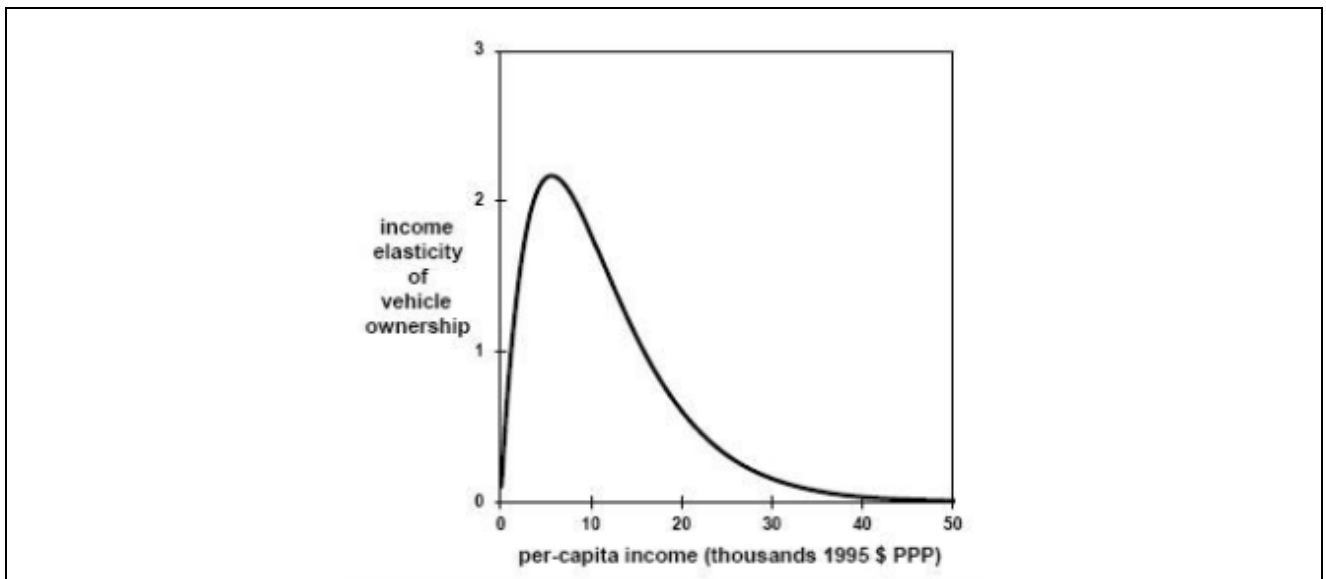
Substitution	niedrig ( $\sigma \ll 1$ )	hoch ( $\sigma = 1$ )
<b>Reboundeffekte</b>	nicht erwartet	erwartet
<b>Energiesteuer</b>	Produktionsrückgang	Energieeinsparung
Produktion (BIP)	Rückgang	konstant
Reduktionskosten	höher	tiefer
<b>Effizienzförderung</b>	Energieeinsparung	höhere Produktion

**Tabelle 1.** Zusammenfassung des Einflusses der Substituierbarkeit zwischen Energie und anderen Produktionsfaktoren auf Politikinstrumente und deren Wirkung.

Allerdings befindet das UKERC, dass grosse Reboundeffekte auch bei geringer Elastizität der Substitution möglich seien (ERC75). Zudem seien für den Reboundeffekt folgende wichtigen Faktoren zu berücksichtigen: Elastizität des Angebots von Kapital und Arbeit, Eigenpreiselastizität der Produktnachfrage, Energieintensität des Produktionssektors (Anteil der Energie an den Gesamtkosten), Substitution zwischen verschiedenen Konsumgütern, Einkommenselastizität der Nachfrage für Güter, und schliesslich wie die Regierung Einkünfte wiederverteile (ERC52). So sind hohe direkte Reboundeffekte bei hohen Eigenpreiselastizitäten von Energienachfrage für eine individuelle Energiedienstleistung zu erwarten (ERC51), während eine tiefe Langzeitelastizität für Primärenergienachfrage einen hohen indirekten Reboundeffekt bedeuten könne (ERC45f). Das UKERC hat allerdings bei letzterer Interpretation Vorbehalte. Die Eigenpreiselastizität von Energienachfrage wird durch Kaufmann (1992) als unelastisch (leicht negativ) eingeschätzt, was unter Umständen für hohen indirekten Rebound sprechen würde. Die indirekten Reboundeffekte als solche sind unempfindlich zu Variationen von Energie- und CO<sub>2</sub>-Preisen (ERC59).

Häufig wird wie oben angetönt das Argument vorgebracht, Reboundeffekte seien klein, da die Nachfrage nach Energiedienstleistungen unelastisch sei, und die Energie einen kleinen Anteil der Kosten ausmache und somit wenig Einfluss auf die Betriebsentscheide habe (ERC5). Allerdings werden diese Argumente durch quantitative Studien nicht unterstützt (ERC45), und das Argument bezüglich des kleinen Kostenanteils gelte nicht, sobald damit Produktivitätssteigerungen verbunden seien (ERC70). Trotzdem meint Ayres (2002), zumindest backfire sei nicht zu erwarten bei Verbesserungen von Konsumtechnologien, die Energiedienstleistungen mit geringer Eigenpreiselastizität liefern und bei denen die Energie einen kleinen Anteil der Gesamtkosten ausmacht. Es kann aber postuliert werden, dass vielfach ohnehin die Wahrnehmung der Energiekosten entscheidend ist, vielmehr als deren eigentliche Grösse (vgl. Kap. 2.1, Abschnitte „Erweiterte Reboundeffekte“ und „Realwirtschaftliche Mechanismen“).

Für die meisten Energiedienstleistungen wird eine Zunahme des Reboundeffekts mit der Zeit erwartet, da Märkte, Technologien und Verhalten eine bestimmte Anpassungszeit benötigen (ERC3). Allerdings tritt langfristig Marktsättigung ein, was einen gegenläufigen Trend bewirkt (ERC26). Zudem nimmt über einen noch längeren Zeithorizont hinweg mit der Entwicklung der Wirtschaft die Einkommenselastizität der Energienachfrage ab, und damit auch der Rebound (s. oben). Ein Beispiel anhand der Nachfrage nach Privatfahrzeugen, bei dem die Entwicklung der Wirtschaft als steigendes Pro-Kopf-Einkommen zu betrachten ist, findet sich in Abbildung 2.



**Abbildung 2.** Beispiel für die Einkommenselastizität der Energienachfrage in Abhängigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung. Quelle: Cohen (2007).

Nach Binswanger (2001) sollte der direkte Reboundeffekt für viele Energiedienstleistungen kleiner werden, wenn der Preis von Zeit weiter an Bedeutung gegenüber den Energiepreisen gewinnt, weil dann Erhöhungen der Energieeffizienz einen abnehmenden Einfluss auf die Gesamtkosten haben.

Reboundeffekte werden weiter durch Opportunitätskosten für die Nachfrageerhöhung eingeschränkt, z. B. Zeit oder Raum (ERC22). So werden bei Geräten wie Geschirrspülern, Staubsaugern, Fernsehern, elektrischen Werkzeugen, Computern oder Druckern tiefe Reboundeffekte erwartet (ERC35).

Ein nicht zu vernachlässigender Effekt ist weiter, dass durch die zusätzlichen Kosten für Energieeffizienz der Reboundeffekt grundsätzlich wieder reduziert wird (ERC50). Schliesslich ist die Kausalität zwischen Effizienz und Energienachfrage zu beachten. So kann es auch sein, dass antizipierte hohe Nachfrage zu Effizienz führt (ERC 37).

### Khazzoom-Brookes/backfire

Das Khazzoom-Brookes Postulat wird als unbewiesen betrachtet. Allerdings erscheint es wahrscheinlicher für Effizienzverbesserungen, die mit weit verbreiteten, und breit einsetzbaren Technologien verbunden sind (GPTs). Dies umso mehr, wenn sie von Produzenten statt Konsumenten eingesetzt werden und Effizienzverbesserungen in einem frühen Entwicklungs- und Verbreitungsstadium erfolgen. Beispiele sind die Dampfmaschine, der Elektromotor sowie Computerkomponenten (ERCviii). Alles zusammengenommen erscheint es unwahrscheinlich, dass alle Energieeffizienzverbesserungen zu backfire führen sollten (ERC86).

### Energiekonsum

Die Energieintensität der Energienachfrage der Haushalte ist um eine Grössenordnung höher als die Energieintensität anderer Güter und Dienstleistungen. Deshalb könnte die Reduktion des Anteils des BIPs, das direkt durch die Haushalte für Energie ausgegeben wird, die effektivste Weise sein, das Verhältnis von Energie pro BIP zu reduzieren (ERC79). Weiter ist der indirekte Energiekonsum von Haushalten grösser als der direkte und er zeigt keine Sättigung bei steigendem Einkommen. Dies bedeutet, dass indirekter Energiekonsum mit der Zeit an Bedeutung gewinnt (ERC48). Wird die Energiequalität der



verschiedenen Energieformen berücksichtigt, läuft die Kausalität von Energieverbrauch zu BIP (Stern 1993; 2000), was eine Reduktion des Energieverbrauchs ohne negative Effekte auf das Wirtschaftswachstum erschwert (ERC 78).

### **Implikationen für Politikmassnahmen**

Viele Untersuchungen haben den Beitrag von nicht-preislichen Politikmassnahmen zu Energieeinsparungen überschätzt, weil sie Reboundeffekte ausser Acht liessen. Deren Berücksichtigung reduziert die scheinbar hohe Effizienz von nicht-monetären Energieeffizienzpolitikmassnahmen, aber da viele finanziell hoch effizient sind, werden sie es auch bleiben. (ERC92).

Geht Energieeffizienz mit verbesserter Produktivität der anderen Produktionsfaktoren Kapital, Arbeit oder natürliche Ressourcen einher, nimmt die Kostenwirksamkeit der Massnahme stark zu. Dadurch wird allerdings der Reboundeffekt verstärkt und es kann backfire eintreten. Gerade die „Überwindung von Ineffizienz“, welche häufig durch nicht-preisliche Politikmassnahmen angeregt wird, erhöhe die Faktorproduktivität noch mehr als andere Effizienzmassnahmen (ERC13). Deshalb ist es sinnvoller, Politikmassnahmen auf geeignete, selektiv ausgewählte Effizienzmassnahmen zu beschränken, die einen geringeren Einfluss auf Faktorproduktivitäten haben (ERC71), und die Abschöpfung weiterer Gewinne durch eine breitere Anwendung dem Markt zu überlassen (ERC93). Energiepolitik sollte also auf die Unterstützung von zweckbestimmten Energieeffizienztechnologien (*dedicated energy efficiency technologies*) fokussieren anstatt die Effizienz von GPTs zu verbessern. Allerdings ist die Volkswirtschaft für Wachstum auf die Diffusion von GPTs angewiesen (ERC84). Bei *dedicated energy efficiency technologies* handelt es sich um eng umschriebene und oft bestehende, herkömmliche Anwendungen (der Staat kann selten rechtzeitig neue Fälle erkennen), über deren Förderung mit Bedacht entschieden werden muss. Dies könnte beispielsweise die Verbesserung thermischer Isolation sein, welche grundsätzlich hohe Effizienzgewinne ermöglicht, aber auch ein hohes Reboundpotential aufweist (s. oben). Entscheidend ist bei gewissen Technologien, dass sie sehr selektiv gefördert werden, so dass unmittelbare Reboundeffekte vermieden werden können. Wird einer Technologie dadurch aber zum Durchbruch verholfen, können trotzdem Reboundeffekte auftreten. Diese müssen dann mit anderen Massnahmen bekämpft werden, aber zumindest wurden in einem anderen Bereich gezielt Effizienzgewinne erreicht.

Werden hohe Reboundeffekte erwartet, empfehlen sich nach Saunders (2000) allgemein Politikmassnahmen, welche die Energiepreise erhöhen (s. oben). Der Einsatz der Einnahmen aus einer zusätzlichen Steuer ist aber vorsichtig zu planen, so erhöhte sich in einem Modell bei Verwendung der Mehreinnahmen für eine Steuersenkung der Reboundeffekt (ERC55). CO<sub>2</sub>- oder Energiebesteuerung kann sowohl direkte als auch indirekte Reboundeffekte reduzieren, wenn sichergestellt wird dass die Kosten der Energiedienstleistungen konstant bleiben, während die Effizienz steigt. Die Besteuerung muss mit einer Rate wachsen, die dem Einkommenswachstum und den Reboundeffekten entspricht, um den *status quo* zu erhalten, oder stärker, um den Verbrauch zu senken.

Besteuerung alleine ist womöglich ungenügend, da diese die zahlreichen Schranken für Innovation und Verbreitung von CO<sub>2</sub>-armen Technologien nicht zu überwinden vermag und negative Effekte auf Einkommensverteilung und Wettbewerbsfähigkeit haben könnte. Andererseits sind Politikmassnahmen, welche auf die Beseitigung von Marktschranken abzielen, auch ungenügend, da Reboundeffekte die Einsparungen zunichte machen könnten. Deshalb ist eine Kombination von Massnahmen nötig. (ERC93). Verbilligt sich Kapital relativ zu Energie (z. B. durch Investitionssubventionen) kann sich unter Umständen laut empirischen Untersuchungen der Energiekonsum erhöhen. Hat weiter die Reduktion der Energienachfrage nach einer Preiserhöhung einen Rückgang des Kapitaleinsatzes zur Folge, kann die Wirtschaft dadurch stark betroffen werden. So erklären sich die potentiell hohen Kosten einer Reduktion des Energieverbrauchs. (ERC 75) Diese volkswirtschaftlichen Nebenwirkungen müssen bei der Auswahl von Politikinstrumenten auch berücksichtigt werden.

## 3. Analyse ausgewählter Politikinstrumente

### 3.1 Auswahl zu untersuchender Politikmassnahmen

Eine umfassende Übersicht von Politikinstrumenten für Energieeffizienz mit potentiellen Reboundeffekten ist in Tabelle 2 enthalten. Eine Auswahl von zu diskutierenden Politikmassnahmen im Bereich der Energieeffizienz, vorgeschlagen durch das BFE (2007b), findet sich in Tabelle 3. Ergänzt wurde letztere Aufstellung durch bereits umgesetzte Instrumente sowie Vorschläge und Initiativen von Umweltschutzorganisationen. Um die zur Auswahl stehenden Politikmassnahmen näher zu charakterisieren und zu kategorisieren, sowie anschliessend die zu untersuchenden Politikinstrumente strukturiert auszuwählen zu können, wurden aus der Synthese relevanter Einflussfaktoren für Reboundeffekte in Kapitel 2.2 folgende bezüglich Rebound interessante Selektionskriterien abgeleitet (in Klammern wird jeweils auf damit verbundene Massnahmen aus Tabelle 3 verwiesen):

- **Technologie:** Reboundeffekte sind stark von der Technologie abhängig, allerdings lassen sich ausser allenfalls bei Computerkomponenten (→ Mindestanforderungen an elektrische Geräte) oder bei der Beleuchtung (→ energieEtikette und Mindestanforderungen) keine GPTs identifizieren. Keine der aufgeführten Massnahmen ist nur auf eine bestimmte Technologie zugeschnitten.
- **Sektor:** Hier bietet der Massnahmenmix keine grosse Variation, die meisten Instrumente stammen aus den Bereichen Mobilität oder Gebäude, welche sowohl Privathaushalte als auch Unternehmen betreffen. Die LSVA betrifft als eine der wenigen Massnahmen nur die Wirtschaft direkt und ist die einzige solche im Bereich Mobilität. Der Bereich Stromerzeugung wäre wegen seiner inhärenten Energieintensität interessant, relevante Politikinstrumente sind aber nicht bekannt. Auch Massnahmen, die speziell einen energieintensiven Sektor betreffen würden, bestehen nur am Rande, beispielsweise Vereinbarungen mit der Zementindustrie im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gesetzes (CO<sub>2</sub>-Abgabe; Küng (2006)).
- **Einkommensgruppe:** Allgemein hat die Schweiz wegen der hohen nationalen Wertschöpfung ein hohes Sättigungsniveau; ein Vergleich mit anderen Ländern ist aber im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Massnahmen im Gebäudebereich betreffen grundsätzlich eher höhere Einkommen, weil die Wohneigentumsquote mit dem Einkommen steigt und Mieter häufig weniger Handlungsspielraum haben.
- **Elastizität der Substitution von Energie durch andere Produktionsfaktoren:** Über die Wirkung des Betrags der Substitutionselastizität auf Rebound-Effekte besteht kein wiss. Konsens(ERC75). Trotzdem scheint gerade die Anwendung der Erkenntnis von Saunders (2000) bezüglich dieser Beziehung zwischen Elastizität der Substitution und Rebound interessant, um die Aussage anhand praktischer Überlegungen zu verifizieren.
- **Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten:** Dieses Kriterium lässt sich schlecht allgemein und schnell bestimmen, so dass es nicht für die Auswahl sondern nur allenfalls für die spätere Analyse verwendet wird.
- **Opportunitätskosten für Nachfrageausweitung:** Besonders bei der energieEtikette und beim Erlass von Mindestanforderungen an einerseits Haushaltgeräte/Unterhaltungselektronik und andererseits Beleuchtung ist dieser Aspekt von Interesse, da grosse Unterschiede bezüglich Opportunitätskosten bestehen.
- **Angemessenheit von Besteuerung:** In der Regel werden Reboundeffekte vor allem mit nicht-preislichen Massnahmen in Verbindung gesetzt, weil bei diesen zumindest auf den ersten Blick keine zusätzlichen Kosten die Effizienzgewinne ausgleichen können. Auch bei preislichen Massnahmen interessiert die genaue Ausgestaltung, denn Reboundeffekte hängen davon ab, ob resultierende Effizienzgewinne allenfalls über- oder nur teilweise kompensiert werden. In dieser Hinsicht sind die LSVA, Road Pricing und Motorfahrzeug(import)steuern interessant.

#	BFE	Instrument	Massnahmen- typ	Kat ego rie	Mo net är	§	Bereich	N/A	Wir kun g	Quel le
1.1		Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und Erhöhung der Gewichtslimite	Steuer/Norm	ALZ/SNG	ja/n ein	W	Mobilität	N		BAV
1.2		Road Pricing	Steuer/ Lenkungsabg.	ALZ	ja	H + W	Mobilität	N		BAV
2.1		Lenkungsabgabe auf nicht-erneuerbare Energieträger/CO <sub>2</sub> -Abgabe auf Brennstoffe	Lenkungsabg	ALZ	ja	H + W	Gebäude (Geräte und el. Motoren)	N		BAV
2.2	alt	CO <sub>2</sub> -Abgabe auf Treibstoffe	Lenkungsabg.	ALZ	ja	H + W	Mobilität	N	+++	BFE
3.1		energieEtikette für Haushaltgeräte und Beleuchtung	Information	WF	nein	H (+ W)	Geräte und el. Mot.	N		BAV
3.2		energieEtikette für Personenwagen	Information	WF	nein	H + W	Mobilität	N		BAV
4.1	8b	Mindestanforderungen an elektronische Geräte	Norm	SNG	nein	H + W	Geräte/el. Motoren	A	+++	BFE
4.1	8c	Mindestanforderungen an elektrische Beleuchtung	Norm	SNG	nein	H + W	Geräte/el. Motoren	A	+++	BFE
4.2	6a	Neue Zielvereinbarung mit auto-schweiz	Norm	SNG	nein	H + W	Mobilität	A	+++	BFE
5	1	Nationales Förderprogramm für die energetische Gebäude-Erneuerung	Subvention	FM	ja	H (+ W)	Gebäude	N	+++	BFE
6	9	Förderung d. Energieeffizienz durch Zertifikate/Effizienzboni in Industrie und DL	Zertifikate/ Subvention	FM	ja	W	Industrie und DL	N	++	BFE
7.1	9	Koordinierte und flächendeckende Einführung verbrauchsabhängiger kant. Motorfahrzeugsteuern	Steuer	ALZ	ja	H + W	Mobilität	N	+	BFE
7.2	6b	Einführung eines Bonus-Malus-Systems auf der Importsteuer für Personenwagen	Steuer/ Subvention	ALZ	ja	H + W	Mobilität	N	++	BFE
2		Revision Mustervorschriften der Kantone im Gebäudebereich: Neubauten und Sanierung	Norm	SNG	nein	H + W	Gebäude	A	++	BFE
3		Gesamtschweizerischer Gebäude-Energieausweis (Mustervorschriften der Kantone im Gebäudebereich)	Information	SNG	nein	H + W	Gebäude	N (&A)	++	BFE
4		Programmvereinb. für Effizienzmassn. der Kantone und Erhöhung der Globalbeiträge	Subvention	FM	ja	H (+ W)	Gebäude	N	++	BFE
5		Abbau von rechtlichen Hemmnissen im Sanierungsbereich Gebäude	Erleichterung (gesetzl.)	SNG	nein	H (+ W)	Gebäude	N	+	BFE
5'		Vereinbarungen m. Versicherungsgesellschaften für Boni für energ. sanierte Gebäude	Subvention	FM	ja	H + W	Gebäude	N		BFE
8		Mindestanforderungen an elektron. Geräte und Zielvereinbarungen für spez. Gerätekate.	Norm	SNG	nein	H + W	Geräte/el. Motoren	A	+++	BFE
8a		Erlasse von Mindestanforderungen an Haushaltgeräte mit Energieetikette	Norm	SNG	nein	H (+ W)	Geräte/el. Motoren	A	+++	BFE
8d		Erlass von Mindestanforderungen an elektrische Normmotoren	Norm	SNG	nein	W (+ H)	Geräte/el. Motoren	A	++	BFE
8e		(Branchen-)Vereinbarung Mindestanf./Energie-deklarationen für best. Gerätekategorien	Norm/ Information	SNG	nein	H (+ W)	Geräte/el. Motoren	A	+	BFE
alt		Erlass neuer Ziele und Massnahmen für Personenwagen in der EnV	Norm	SNG	nein	H (+ W)	Mobilität	A	+++	BFE
10		Verstärkung der Energieeffizienz-Forschung	Information	WF	nein	H + W	Forschung, Bildung	A	+	BFE
11		Beschleunigung des Technologietransfers	Information	WF	nein	n/a	Forschung, Bildung	A	++	BFE
12		Offensive in der Aus- und Weiterbildung über Energieeffizienz	Information	WF	nein	H + W	Forschung, Bildung	A & N	+	BFE
13		Minimalanforderungen im Sinne einer Vorbildfunktion bei Gebäuden der öffentl. Hand	Norm	SNG	nein	Staat	Vorbildfunktion öffentliche Hand	N	++	BFE
14		Verstärkte Beschaffungsrichtlinien des Bundes beim Energieverbrauch und -bezug	Norm	SNG	nein	Staat	Vorbildfunktion öffentliche Hand	N	++	BFE
15		Durchführung von Energiefolgenabschätzungen bei neuen Aktivitäten der Bundesämter	Norm/ Information	WF	nein	Staat	Vorbildfunktion öffentliche Hand	N	+	BFE
		EcoDrive (finanzielle Förderung/gesetzl. Verpflichtung)	Subv./Norm	FM/ SNG	ja/ nein	H	Mobilität	N		BAV
		Lenkungsabgabe für nicht-erneuerbare Energieträger	Lenkungsabg.	ALZ	ja	H (+ W)	Stromerzeugung	N		green peace
		Verbot Elektroheizung	Norm	SNG	nein	H + W	Gebäude	A		
		Freiw. Massn. (ClimateSavers/WWF Climate Group)	-	WF	nein	W	Industrie und DL	A (&N)		WWF

**Tabelle 2.** Gesamtübersicht über vorgeschlagene Politikinstrumente zur Steigerung der Energieeffizienz in der Schweiz. Erläuterung der Spaltenüberschriften: #: Instrumentennr. in nachfolgenden Tabellen; BFE: Massnahmen-Nr. aus (BFE 2008d); Kategorie: ALZ=steuerliche Anreize/ Lenkungsabgabe/Zertifikate, FM=Fördermassnahmen, SNG=Standards/Normen/Gesetzesregelung, WF=Weiche Faktoren; Sektor der Massnahme: gibt an, ob Wirtschaft (W) und/oder Haushalte (H) betroffen, oder der Staat bei sich selbst angreift; N/A: angebotsseitig (A) oder nachfrageseitig (N) wirkend; Wirkung: Effektstärke gemäss BFE (2007b), +=gering, ++=mittel, +++=gross.

Informationsmassnahmen durch Forschung, wie sie durch das BFE (2007b) auch vorgebracht wurden (vgl. Tabelle 2), führen zu keinen direkten Effizienzgewinnen, deshalb sind Überlegungen bezüglich Reboundeffekten hier schlecht anwendbar. Deswegen wurde als Informationsmassnahme die energieEtikette gewählt.

Branchenvereinbarungen sind ähnlich wie gesetzliche Einschränkungen (z. B. Mindestanforderungen), nur scheinen sie weniger verbindlich zu sein. Deren genaue Ausgestaltung zu analysieren könnte interessant sein, darauf musste aber im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden.

Aufgrund der obigen Überlegungen wurden für die weitere Analyse folgende Politikinstrumente ausgewählt:

- LSVA und Erhöhung der Gewichtslimite
- Road Pricing
- CO<sub>2</sub>-Abgabe
- energieEtikette
- Mindestanforderungen an elektrische Geräte

Viele Beispiele in der Auswahl fallen in die Kategorie *Steuern/Abgaben*, wie erwähnt ist es bei diesen aber interessant zu prüfen, ob die Besteuerung angemessen ausgestaltet wurde. *Normen* sind gesetzliche/vertragliche Grenzwerte; eine Lenkungsabgabe hat als Hauptzweck, das Verhalten der Abgabepflichtigen in eine bestimmte, vom Gesetzgeber gewünschte Richtung zu lenken (und nicht die Erzielung von Einnahmen).

#	Instrument	Bereich	Massnahm entyp	Wirkung nach BFE (2007b)	Monetär	Marktorientier ung	Sektor der Effizienzmassn ahme
1.1	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) und Erhöhung der Gewichtslimite (auf 40 Tonnen)	Mobilität	Steuer/ Norm		ja/ nein	N	Wirtschaft
1.2	Road Pricing	Mobilität	Steuer		ja	N	Haushalte und Wirtschaft
2.1	Lenkungsabgabe auf nicht-erneuerbare Energieträger/ CO <sub>2</sub> -Abgabe auf Brennstoffe	Gebäude (Geräte und el. Motoren)	Lenkungsab gabe		ja	N	Haushalte und Wirtschaft
2.2	CO <sub>2</sub> -Abgabe auf Treibstoffe	Mobilität	Lenkungsab gabe	+++	ja	N	Haushalte und Wirtschaft
3.1	energieEtikette für Haushaltgeräte und Beleuchtung	Geräte und el. Motoren	Information		nein	N	Haushalte (und Wirtschaft)
3.2	energieEtikette für Personenwagen	Mobilität	Information		nein	N	Haushalte und Wirtschaft
4.1	Mindestanforderungen an elektrische Geräte (Haushaltgeräte & Lampen, elektronische Geräte und Motoren)	Geräte und el. Motoren	Norm	+++	nein	A	Haushalte und Wirtschaft
4.2	Neue, verschärfte Zielvereinbarungen mit auto-schweiz	Mobilität	Norm	+++	nein	A	Haushalte und Wirtschaft
5	Nationales Förderprogramm für die energetische Gebäude-Erneuerung	Gebäude	Subvention	+++	ja	N	Haushalte (und Wirtschaft)
6	Förderung der Energieeffizienz durch Zertifikate und/ oder Effizienzboni in Industrie und Dienstleistungen	Industrie und Dienstleistungen	Zertifikate/ Subvention	++	ja	N	Wirtschaft
7.1	Koordinierte und flächendeckende Einführung ver- brauchsabhängiger kantonaler Motorfahrzeugsteuern	Mobilität	Steuer	+	ja	N	Haushalte und Wirtschaft
7.2	Einführung eines Bonus-Malus-Systems auf der Importsteuer für Personenwagen	Mobilität	Steuer/ Subvention	++	ja	N	Haushalte und Wirtschaft

**Tabelle 3.** Übersicht einer Auswahl von Politikinstrumenten (analysierte Instrumente und interessante Merkmale fett).

### 3.2 LSVA und 40-Tonnen-Gewichtslimite

Da die LSVA und die Erhöhung der Gewichtslimite auf 40 Tonnen zusammen im Landverkehrsabkommen mit der EU ausgehandelt wurden und untrennbar miteinander verbunden sind, werden diese beiden Instrumente als eine Massnahme betrachtet.

#### Die LSVA in Kürze

Im Folgenden wird auf Krebs und Balmer (2002) gestützt die 2001 eingeführte leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) kurz vorgestellt. Die Ziele der LSVA sind:

- Wachstum des Strassenschwerverkehrs begrenzen
- Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene fördern (durch Verteuerung der Strasse, aber auch durch Finanzierung der Bahngrossprojekte NEAT und Bahn 2000/ZEB [Zukünftige Entwicklung der Bahninfrastruktur])
- Umwelt entlasten (vornehmlich Luftverschmutzung und Lärm auf den Transitachsen, sowie indirekt Energie- und CO<sub>2</sub>-Effizienz durch das Ziel der Verlagerung des alpenquerenden Güterverkehrs). Allerdings werden Energie- und CO<sub>2</sub>-Effizienz in Krebs und Balmer (2002) weder als Ziel noch als Erfolg erwähnt (später in Krebs und Balmer (2008) dann aber schon). Trotzdem ist die LSVA indirekt ein Instrument zur Steigerung der Energieeffizienz der gesamten Wirtschaft, da sie neben der modalen Verlagerung (Wirkung s. unten) eine bessere Auslastung von Transporten oder deren teilweise Vermeidung anregt.

Das Prinzip der LSVA ist die Kostenwahrheit im Strassengüterverkehr. Dazu sollen dem Schwerverkehr die durch ihn verursachten, ungedeckten Kosten angelastet werden (Verursacherprinzip): Der maximale durchschnittliche Tarif pro Tonnenkilometer wurde so berechnet, dass die Gesamteinnahmen der LSVA den externen Kosten des Strassenschwerverkehrs entsprechen (ca. 1.5 Mia. SFr. (Krebs und Balmer 2008), wozu gemäss Schreyer (2008) vor allem die Luftverschmutzung, der Lärm und der Treibhauseffekt beitragen, vgl. Abbildung 3). Durch diese Internalisierung der externen Effekte soll die Wirtschaft dazu gebracht werden, dass der vom freien Markt gewährleistete optimale Technologieeinsatz durch Berücksichtigung der Externalitäten auch tatsächlich zum gesamtwirtschaftlichen Optimum hinführt.

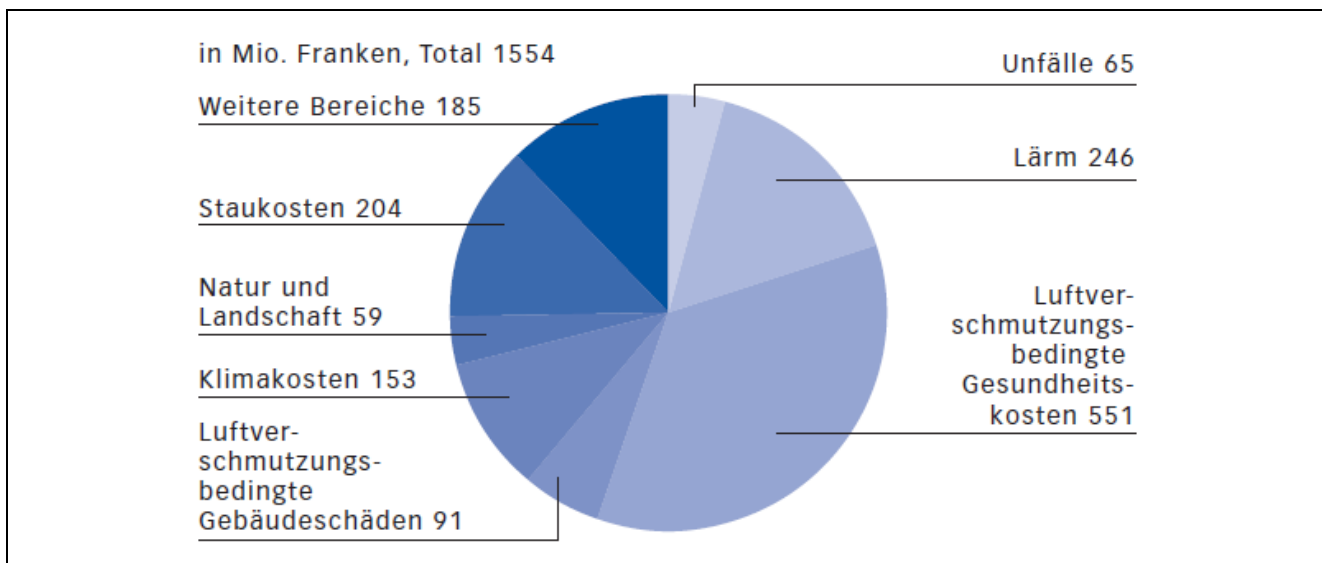


Abbildung 3. Externe Kosten des Strassengüterverkehrs (2005). Quelle: Krebs und Balmer (2008).

Die Höhe der Abgabe ist von folgenden Faktoren abhängig, welche entsprechende Lenkungswirkungen bezwecken:

- zurückgelegte Distanz auf dem schweizerischen Strassennetz (→ Reduktion der Fahrleistung)
- zulässiges Gesamtgewicht des Fahrzeugs (→ hohe Auslastung)
- Emissionskategorie des Fahrzeugs (→ geringe Luftverschmutzung)

Der Abgabesatz wurde schrittweise bis zur Eröffnung des Lötschberg-Basistunnels erhöht. Der Maximalsatz von 2.75 Rp./tkm (entspricht 325 Fr. für eine Transitfahrt mit einem 40-Tonnen-LKW) hätte somit spätestens ab dem 1. Januar 2008 erhoben werden sollen. Anscheinend auf politischen Druck hin (Hagenbüchle 2007) verzichtete der Bundesrat jedoch darauf und erhöhte den massgebenden Abgabesatz auf 2.66 Rp./tkm (Krebs und Balmer 2008). Die Erhöhung für Euro III-Lastwagen wurde zuerst auf 2009 verschoben (UVEK 2007), sollte dann möglicherweise erst 2011 erfolgen (Stricker 2008), wurde aber schliesslich doch per 1. Januar 2009 umgesetzt (EZV 2009). Gemäss offizieller Auskunft des ARE sei damit der Handlungsspielraum zurzeit ausgeschöpft und eine weitere Erhöhung sei nicht geplant (Balmer 2009). Die Erträge müssen zur Deckung von Kosten im Zusammenhang mit dem Strassenverkehr verwendet werden. Zwei Drittel gehen an den Bund und ein Drittel an die Kantone, wobei die Randkantone bevorzugt werden. Der Bund darf seinen Anteil für die Eisenbahngrossprojekte verwenden, bis deren Bau und Finanzierung abgeschlossen ist (Schweizerische Eidgenossenschaft 1999).

### Die Erhöhung der Gewichtslimite in Kürze

Im Landverkehrsabkommen mit der EU wurde neben den Abgabesätzen der LSVA auch eine parallele schrittweise Erhöhung der Gewichtslimite bis 2005 vereinbart: Diese stieg von 28 Tonnen über 34 Tonnen (ab 1. Januar 2001, daneben bereits namhafte 40-Tonnen-Kontingente) auf 40 Tonnen (ab 1. Januar 2005). (Krebs und Balmer 2008)

### Einordnung der Massnahmen

Beide Instrumente sind relevant für die Energieeffizienz im Bereich Mobilität, wobei es um eine Steuerung der Nachfrage geht. Es handelt sich hier um zwei der wenigen Massnahmen, welche direkt und einzig bei der Wirtschaft angreifen. Die LSVA ist eine Steuer, welche die Nachfrage nach Transportleistung durch deren Verteuerung reduzieren soll. Allerdings ist das vordergründige Ziel der LSVA die Veränderung des Modal-Splits und somit nur indirekt die Steigerung der Energieeffizienz, wobei trotzdem auch ein Anreiz für eine höhere Auslastung (und somit Effizienz) geschaffen wird. Die Erhöhung der Gewichtslimite ist eine gesetzliche Norm, welche nicht-monetär ist. Ausserordentlicherweise handelt es sich hierbei nicht um eine Verschärfung, sondern um eine Lockerung, welche eine höhere Energieeffizienz ermöglicht.

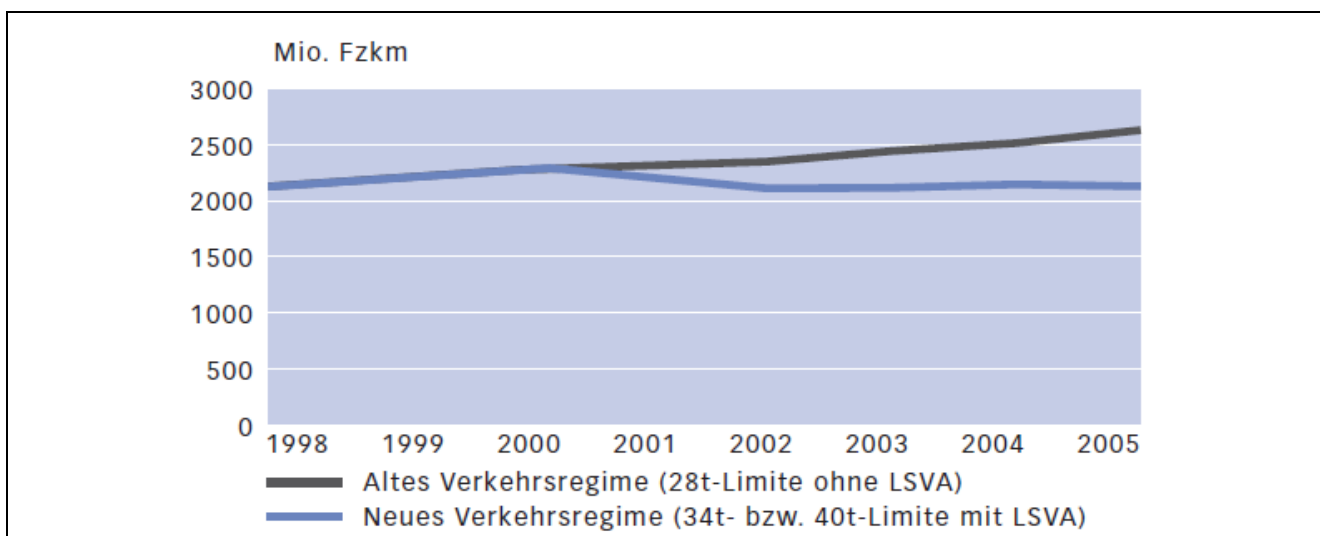
### Analyse

Als Ergebnis der LSVA und der Erhöhung der Gewichtslimite wurde schon bis 2005 ein Rückgang der Fahrleistung (Fzkm) des Strassengüterschwerverkehrs (vgl. Abbildung 4) bei gleichzeitiger Zunahme der Transportleistung (tkm) beobachtet. Zudem fand eine verstärkte Erneuerung der Fahrzeugflotte statt. Entgegen Befürchtungen blieben die Beschäftigtenzahlen im Strassentransportgewerbe konstant. Auch die Teuerung beschränkte sich auf geschätzte 0.11%. (Krebs und Balmer 2008).

Seit 2005 wird laut dem UVEK der Produktivitätsgewinn aus der Erhöhung der Gewichtslimite und höheren Auslastungen durch den zu diesem Zeitpunkt erhöhten LSVA-Satz kompensiert (UVEK 2002). Diese Einschätzung wird auch von der SBB Cargo geteilt (Hagenbüchle 2002). Zudem war die LSVA als Lenkungsinstrument bei den Abgabesatzerhöhungen 2005 und 2008 für die Unternehmer stärker spürbar, da sie nicht mit einer Produktivitätssteigerung einherging, und hat somit zweimal einen deutlichen finanziellen Anreiz gegeben. (Produktivitätssteigerungen waren natürlich auch 2001 und 2005 nur mit 34- bzw. 40-Tönnern möglich, nicht bei weiterem Betrieb von 28-Tönnern.)

Wäre die LSVA *ceteris paribus* (ohne gleichzeitige Erhöhung der Gewichtslimite) eingeführt worden, so wäre der Strassengütertransport verteuert worden, bezogen auf die erwirtschaftete Wertschöpfung am stärksten bei Leerfahrten. Geht man von einer idealen Marktwirtschaft aus, wäre die Logistik vor und nach der LSVA-Einführung am jeweiligen ökonomischen Optimum gewesen, so dass sich für die Transportunternehmen keine reboundgefährdeten Effizienzgewinne

ergeben hätten. Allerdings wäre in der realen Wirtschaft davon auszugehen, dass sogenannte „low hanging fruits“ vorhanden sind (vgl. Kap. 2.1). Deren Ausnützung könnte die Zusatzkosten überkompensieren und somit durch die Kostensenkung für die angebotene Dienstleistung zu direkten Reboundeffekten führen, deren Ausmass allerdings relativ gering sein dürfte. Analog zu den untenstehenden Ausführungen für die Gewichtslimitenerhöhung könnte dadurch sowohl ein Outputeffekt (verstärkte Nachfrage nach Transportleistung) als auch ein Substitutionseffekt (Verlagerung von der Schiene auf die energieintensivere Strasse [Spielmann und de Haan 2008]) erwartet werden. Indirekte Reboundeffekte durch die Transportunternehmen sind weniger zu erwarten, da wegen dem Wettbewerbsdruck der Gewinn kaum anderweitig ausgegeben, sondern an die Kunden weitergegeben würde, was allerdings dort doch noch mit indirektem Rebound verbunden sein kann (s. unten).



**Abbildung 4.** Entwicklung der Fahrleistung im Strassengüterverkehr im neuen und alten Verkehrsregime. Quelle: Krebs und Balmer (2008).

Eine Erhöhung der Gewichtslimite auf 40 Tonnen, *ceteris paribus*, hätte signifikante Effizienzgewinne mit sich gebracht, welche vollumfänglich der Wirtschaft zugute gekommen wären. Der mit der Energieeinsparung verbundene Produktivitätsgewinn hätte den Wettbewerbsvorteil gegenüber der Schiene erhöht. Einerseits hätte eine Veränderung des Modal-Splits zugunsten der Strasse stattgefunden, welche aufgrund der niedrigeren Energieintensität des Schienengüterverkehrs als direkter Reboundeffekt (Substitutionseffekt) aufgefasst werden kann. Zudem würden als weiterer direkter Reboundeffekt neue Möglichkeiten der Arbeitsteilung mit den damit verbundenen Transporten wirtschaftlich werden und somit zu einer Zunahme des Strassengüterverkehrs führen (Outputeffekt). Indirekte Reboundeffekte konzentrieren sich hier vermutlich wie oben erwähnt auf die als Preissenkungen an die Haushalte weitergegebenen (oder durch Zwischenverteiler absorbierten) Effizienzgewinne, deren Verwendung wiederum eine gewisse Energieintensität hat. Durch Multiplikatoreffekte werden diese Preisänderungen der Transportbranche theoretisch weit verbreitet. Wegen der meist geringen Kostenanteile, welche nur zu kleinen Preissignalen – unter Umständen unter der Wahrnehmungsgrenze – führen, kann in der Praxis allerdings in Frage gestellt werden, wie stark diese Verbilligung ins Gewicht fällt. Deshalb sind die insgesamt resultierenden indirekten Reboundeffekte schwer abzuschätzen. Um die verschiedenen Reboundeffekte zu verhindern, ohne zu stark mit gesetzlichen Beschränkungen in die Wirtschaft einzugreifen, würde sich hier die Kompensation der Effizienzgewinne mit einer Steuer empfehlen, was mit der LSVA genau erfolgt ist.

Nun werden also in der Schweiz bewusst beide Instrumente gekoppelt eingesetzt. Kompensiert die LSVA tatsächlich die Produktivitätssteigerung durch die Erhöhung der Gewichtslimite (nach Expertenaussagen ist dies der Fall, s. oben), sind

idealerweise keine Effizienzgewinne und somit kein Rebound zu erwarten. (Die leicht positive Teuerung ist angesichts des hohen Wettbewerbsdrucks in der Transportbranche auch ein Hinweis darauf, dass keine signifikanten Effizienzgewinne möglich waren.) Grundsätzlich wäre ein zusätzlicher Nachfragerückgang durch die Verteuerung der äusserst energieintensiven Dienstleistung „Transport“ möglich, da allerdings die Teuerung gering ausfiel, wird sich dieser in Grenzen gehalten haben.

Um eine umfassende Bilanz zu ziehen, muss jedoch auch die Verwendung der Steuererträge betrachtet werden. Rund ein Drittel der Erträge der LSVa geht an den Bund und wird zunächst bis zu deren Fertigstellung für die Bahngrossprojekte verwendet. Aufgrund der unterschiedlichen Energieintensität von Schienen- und Strassengüterverkehr kann durch diese als Zusatzeffekt zur Lenkungswirkung der LSVa-Erhebung stattfindende Förderung der Bahn und der daraus resultierenden Energieeinsparung eine Art „umgekehrter“ indirekter Reboundeffekt erwartet werden. Die Kantone hingegen verwenden ihren Anteil (zwei Drittel) wie in Art. 85 Abs. 2 der Bundesverfassung (BV) vorgesehen „zur Deckung von Kosten [...], die im Zusammenhang mit dem Strassenverkehr stehen“ (Schweizerische Eidgenossenschaft 1999), also nicht nur von externen Kosten, sondern auch für den gewöhnlichen Strassenbau und -unterhalt, oder entgegen dieser Bestimmung gar für die allgemeinen Staatsausgaben (VCS Bern 2001). Weil diese Verwendungszwecke alle eine gewisse Energieintensität aufweisen, muss hier im erweiterten Sinne von Reboundeffekt gesprochen werden. Im Extremfall könnte sogar ein höherer zusätzlicher Energiekonsum vermutet werden, als Energie vordergründig eingespart wurde (backfire). Wie eine grobe Abschätzung von Schlegel (2009) mit starken Vereinfachungen zeigt, könnte die Verwendung der Kantonsanteile für Strassenbau tatsächlich einen Rebound in der Grössenordnung von bis zu 80% verursachen<sup>1</sup>.

Würden die Kantone ihre Anteile an den LSVa-Einnahmen zugunsten des weniger energieintensiven öffentlichen Verkehrs oder Schienengüterverkehrs [die Energieintensität von motorisiertem Privatverkehr (Bureau of Transportation Statistics 2008) deutlich höher ist als diejenige von öffentlichem Schienenverkehr (Schlegel 2008)], oder zur vermutlich ebenfalls energieextensiveren Deckung bzw. Vermeidung externer Kosten einsetzen, könnte dieser Reboundeffekt reduziert werden. Zur Analyse der aufgetretenen Reboundeffekte lassen sich erhobene Verkehrsstatistiken schlecht verwenden, da diese durch zahlreiche weitere äussere Faktoren beeinflusst wurden, beispielsweise das geänderte Verkehrsregime am Gotthardtunnel (Krebs und Balmer 2008).

### Zusammenfassung und Empfehlungen

Idealerweise würden die Effizienzgewinne aus der Produktivitätssteigerung aufgrund der Erhöhung der Gewichtslimite durch die LSVa abgeschöpft und somit keinen Rebound verursachen. In der Realität muss es aber als günstig betrachtet werden, dass durch eine hohe Kompetitivität in der Transportbranche die bestehenden, nichtausgeschöpften Einsparungspotentiale anscheinend gering waren. Dies sollte die direkten Reboundeffekte aufgrund zusätzlich freigesetzter Effizienzgewinne tief halten. Daneben hat es auch zur Folge, dass weniger mit indirektem Rebound (v. a. durch Weitergabe der Gewinne an die Haushalte) gerechnet werden muss. Wesentlich für den Reboundeffekt ist weiter die Verwendung der Steuereinnahmen, bei der wie gezeigt die Gefahr eines hohen Rebounds besteht. Hier besteht noch Optimierungspotential durch konsequente Förderung von Mobilitätsformen mit niedrigerer Energieintensität oder zumindest eine energieextensive Verwendung der Einnahmen. Es kann also festgestellt werden, dass die beiden Instrumente in dieser

<sup>1</sup> Im Folgenden wird die Berechnung von Schlegel (2009) wiedergegeben: Bei einem Nettoertrag der LSVa im Jahr 2008 von 1'350 Mio. Fr. (Balmer 2008) ergibt sich ein Kantonsanteil von 900 Mio. Fr. Nimmt man an, dass damit im Extremfall vollumfänglich Strassen neu gebaut werden, ergibt dies bei einem Richtpreis für Kantonsstrassen von 4.6 Mia. Fr./1'150 km (Kt. AG 2009) = 4 Mio. Fr./km (eher tief, da aus Mittellandkanton) bis zu 225 km neue Strassen, was einem Zuwachs von 0.315% (= 225 km/71'346 km (BFS 2009a)) entspricht. Geht man von einer linearen Verkehrszunahme aus, ergibt dies zusätzliche 180.7 Mio. Fzkm (= 57'296 Mio. Fzkm (Evéquoz 2008) \* 0.315%), oder 910.6 TJ (= 288'740 TJ (BFE 2008f) \* 0.315%), gegenüber einer Einsparung von 1'170 TJ durch die LSVa und die Gewichtslimitenerhöhung (Balmer 2008). Dies entspricht einem Reboundeffekt von 77.8% (= 910.6 TJ / 1'170 TJ), wobei die graue Energie der gebauten Strassen nicht berücksichtigt wurde.



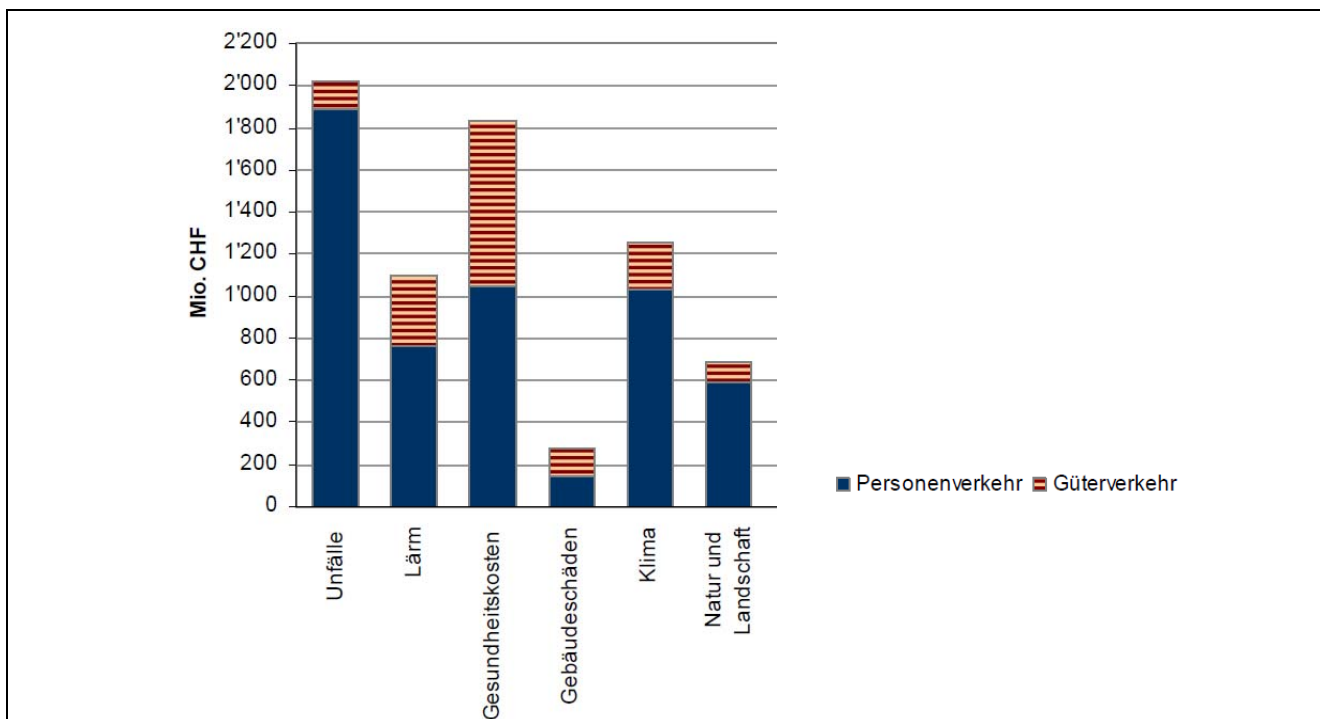
Kombination bezüglich Rebound ziemlich optimal wirken. Eine Verbesserung könnte durch die oben beschriebene gezielte Verwendung der Einnahmen erreicht werden.

### 3.3 Road Pricing

#### Road Pricing in Kürze

Neben den bisherigen, vorwiegend auf Geboten und Verboten abstützenden Instrumenten zur Verkehrssteuerung wird aktuell vermehrt Road Pricing als neue Massnahme zur Diskussion gebracht. Grundsätzlich ist auch die oben diskutierte LSVA eine Form von Road Pricing (und zwar des flächendeckenden, landesweiten Road Pricings, s. unten), hier wird der Begriff allerdings generell auf den Privatverkehr bezogen (bzw. auf sämtliche Fahrzeuge unter 3,5 Tonnen, da diese nicht der LSVA unterstellt sind). Das Funktionsprinzip des Instruments „Road Pricing“ und seine zahlreichen Variationen werden gestützt auf eine Informationsbroschüre des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung (TA-SWISS) vorgestellt (Walter 2004), ergänzt durch weitere Quellen:

Anstatt weitere kostspielige Infrastrukturbauten mit ihren auch nachteiligen Effekten zu planen, greift Road Pricing auf der Nachfrageseite an: Durch die Erhebung von Strassenbenutzungs-Abgaben wird die Mobilität verteuert und es werden Einnahmen geschaffen. Somit wird einerseits Kostenwahrheit im Verkehr geschaffen (Internalisierung von Externalitäten), was Anreize zur Reduktion der Mobilität schafft und dadurch deren externen Effekte reduziert. Bei diesen Externalitäten geht es im Strassenpersonenverkehr hauptgewichtig um Unfallkosten und die klassischen Umweltauswirkungen des Verkehrs (Lärm und Luftverschmutzung sowie Beitrag zum Klimawandel; vgl. Abbildung 5 und Schreyer [2008]), daneben aber auch wesentlich um die zeitabhängige Landinanspruchnahme durch die Verkehrsteilnehmer („Staus“).



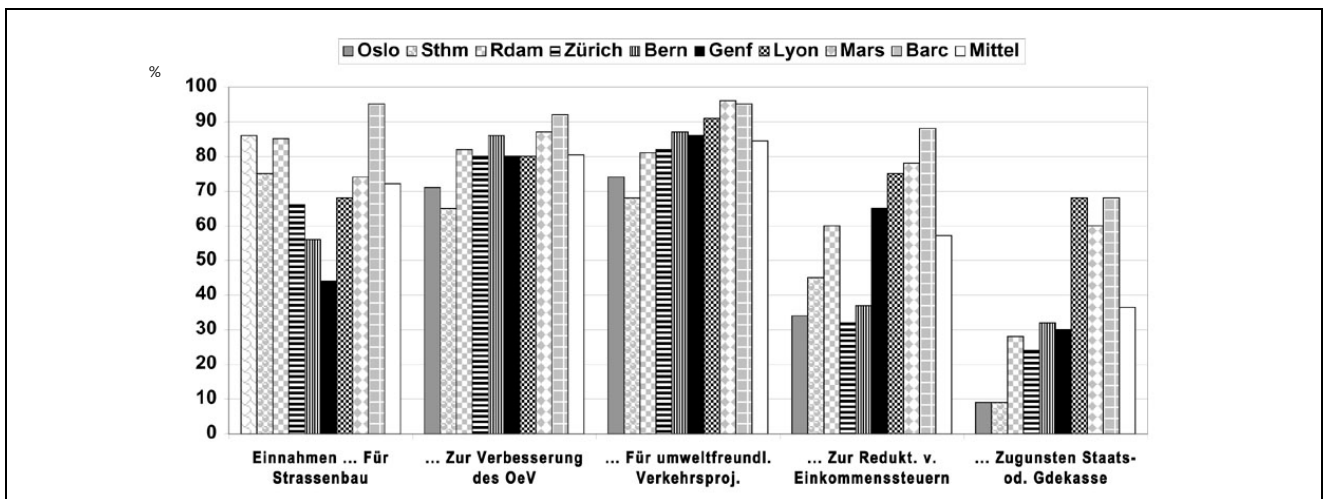
**Abbildung 5.** Externe Kosten des Strassenverkehrs (Personen- und Güterverkehr, 2005). Quelle: ecoplan und Infras (2008).

Andererseits werden Mittel generiert, i. d. R. für Ausbauten des Verkehrsnetzes. Allerdings argumentieren Gegner häufig damit, dass der motorisierte Verkehr seine Kosten bereits über bestehende Abgaben und Steuern mehr oder weniger deckt

– dies schliesst freilich seine nicht unerheblichen externen Kosten nicht mit ein. Die Einnahmen können aber auch für den öffentlichen Verkehr sowie zur Senkung anderer Verkehrsabgaben oder allgemeiner Steuern verwendet, oder direkt an die Bevölkerung ausgeschüttet werden. Grundsätzlich ist die Verwendung des Ertrags entscheidend für die Akzeptanz von Road Pricing (Kasser 2006), wie auch die unterschiedlichen Zustimmungsraten für verschiedene Verwendungszwecke in Abbildung 6 zeigen.

Die Abgabe kann auf einzelnen Strassenabschnitten, in bestimmten Stadtgebieten, auf Autobahnen oder landesweit eingeführt werden (Letzteres gewährt am ehesten die Verhinderung von Ausweichverkehr, so dass auch ein positiver Effekt auf die Umwelt eintreten kann). Dabei kann sie pauschal oder fahrleistungsabhängig ausgestaltet werden. Sie kann auch in Abhängigkeit der Zeit, des Emissionsstandards des Fahrzeugs, der Umweltbelastung in der Erhebungszone sowie der Strassenqualität variiert werden. Die Einführung von Road Pricing in verschiedenen Städten hat gezeigt, dass der Verkehr dadurch wirksam reduziert werden kann. Wird die Abgabe tageszeitlich beschränkt erhoben, kann eine zeitliche Verlagerung der Verkehrsaktivitäten beobachtet werden. Die Akzeptanz nimmt nach der Einführung stark zu und scheint höher zu sein bei einfacher Preisgestaltung und transparenten Geldflüssen.

Durch diese Erfahrungen ermutigt und angesichts vorherrschender Probleme insbesondere in den Schweizer Agglomerationen bestehen politische Bestrebungen, mittelfristig Road Pricing in der Schweiz einzuführen. Auch das UVEK sieht dies als eines der wirksamsten Instrumente zur Verkehrslenkung (Rey 2004). Die Erhebung von Gebühren auf öffentlichen Strassen wird zurzeit noch durch die Bundesverfassung verboten bzw. bedarf einer Ausnahmebewilligung durch das Parlament (BV Art. 82 Abs. 3; Schweizerische Eidgenossenschaft (1999)). Als (allenfalls günstigere) Alternativen gelten verstärkte Parkplatzbewirtschaftung und eine Erhöhung der Mineralölsteuer. Wie eine publifocus-Studie der TA SWISS zeigte, ist Road Pricing allerdings auch in der Schweiz eine äusserst umstrittene Massnahme (Rey 2004).



**Abbildung 6.** Zustimmung zu verschiedenen Verwendungszwecken von Road Pricing-Einnahmen (einzelne Balken für verschiedene Städte in Europa). Quelle: Güller et al. (2000).

### Einordnung der Massnahme

Road Pricing ist wie die LSVA eine Steuer, welche nachfrageseitig im Mobilitätsbereich wirken soll. Dabei ist die Steigerung der Energieeffizienz nur ein indirekter Effekt (s. unten). Betroffen ist nach der hier verwendeten Unterscheidung grösstenteils der Privatverkehr, mit Ausnahme von der Wirtschaft eingesetzter kleiner Fahrzeuge unter 3,5 Tonnen. Da die Massnahme viele verschiedene variierbare Faktoren aufweist besteht noch grosses Gestaltungspotential, um allfällige Reboundeffekte zu minimieren.

## Analyse

Road Pricing strebt bedingt durch die Ausgestaltung der Besteuerung direkt die Erhöhung der Effizienz bezüglich externer Kosten an, wobei es sich um die zeitliche Rauminanspruchnahme und allenfalls Luftschadstoffe handelt. Indirekt kann dies aber auch zu verbesserter Energieeffizienz führen: Durch die Verteuerung von Transportleistungen des motorisierten Individualverkehrs werden je nach Design – allenfalls auch zeitlich variierend – Anreize für eine höhere Auslastung der Fahrzeuge, den Verzicht auf ineffiziente Fahrten sowie deren Substitution durch den energieextensiveren öffentlichen Verkehr, oder sogar für den Kauf umweltfreundlicher Fahrzeuge gegeben. Neben tieferen Mobilitätskosten führt die erwähnte Verminderung von Externalitäten u. a. durch effizientere Nutzung des Strassenraums zur Vermeidung von kostspieligem Ausbau der Kapazität. Weiter werden durch den flüssigeren Verkehr nicht nur Emissionen reduziert, sondern auch Treibstoffkosten gespart und die Staukosten (Opportunitätskosten und psychisch begründete Produktivitätseinbussen) verringert. Dies führt also zu Effizienzgewinnen für die öffentliche Hand, für die Wirtschaft und die Haushalte. Demgegenüber steht – unter Ausblendung einer unten diskutierten Rückerstattung – eine Mehrbelastung grösstenteils der Haushalte [lediglich 8% des Personenverkehrs (Pkm) ist gewerbsmässig (BFS 2009b)] durch die neue Abgabe. Die Gesamtbilanz ist schwer zu ermitteln, da die Effizienzgewinne wie festgestellt nicht direkt das Ziel sind und somit diffus auftreten. Potentielle Reboundeffekte lassen sich aber trotzdem analysieren.

Direkter Rebound wäre allenfalls bei einer starken Verflüssigung des Verkehrs möglich, indem individuelle Mobilität wieder vermehrt genutzt würde (Einkommenseffekt). Dafür spricht insbesondere, dass wegen dem hohen Wert von Zeitgewinnen die Kosten überkompensiert werden könnten. Andererseits stehen dem aber ebensolche Zeitkosten für die zusätzliche Mobilität gegenüber, weshalb der Nutzen ziemlich hoch sein müsste, um einen solchen Rebound zu generieren. Weniger bedeutsam sollte aus diesem Grund auch der Einkommenseffekt nach dem Kauf energieeffizienter Fahrzeuge sein, weil deren Nutzung zeitintensiv ist (Mobilität ist eher zeit- als kostenlimitiert). Da bei Einkommenseffekten automatisch wieder ein Gegendruck aufgebaut würde, sollten sich diese Reboundeffekte ohnehin allgemein im Rahmen halten. Das Auftreten von Substitutionseffekten ist zumindest im Haushaltsektor eher schwer vorstellbar.

Bezüglich indirekten Rebounds fällt je nach Besteuerungsmodell die graue Energie von neuen, effizienten Fahrzeugen zu Buche. Diese graue Energie gilt per Definition als Rebound (sofern das energieeffizientere Fahrzeug energieintensiver in der Produktion ist oder früher als geplant das Vorgängerfahrzeugs ersetzt), auch wenn sie zumeist durch die Einsparung im Betrieb kompensiert wird. Allerdings könnte dieser Effekt schwach sein, wenn man von einer vorübergehenden Verschiebung effizienter Fahrzeuge in die besteuerten Zonen und ineffizienter Autos in die anderen Gebiete ausgeht, was eine Anpassung im Rahmen der natürlichen Erneuerung ermöglichen würde. Ein durch Road Pricing bedingter Umstieg auf den öffentlichen Verkehr wäre eher nicht mit sekundären Effekten verbunden, da dieser energieextensiver ist (s. oben) und ein solcher Wechsel gezielt stattfinden würde und somit keine Ausdehnung der Nachfrage nach Mobilität beinhalten sollte. Betrachtet man Mobilität als Ganzes als betroffene Energiedienstleistung, kann dieser Rebound auch als Einkommenseffekt klassifiziert werden. Die höhere Auslastung von Autos oder der Verzicht auf Fahrten sollten auch nicht zu Rebound führen, da die damit verbundenen Gewinne theoretisch im Durchschnitt durch die Steuer kompensiert werden, weil immer nur so weit Effizienzgewinne gesucht werden, bis die Grenzgewinne der zusätzlichen Belastung durch die Abgabe entsprechen.

Diese Überlegung könnte auf den ersten Blick folgendermassen weiterentwickelt werden: Da zwar theoretisch jedes Individuum seine Effizienz so anpasst, dass diese Steigerung gerade die zusätzlichen Kosten ausgleicht, dies aber für alle Verkehrsteilnehmer einen Nutzen mit sich bringt, folgt eine gesamtwirtschaftliche Produktivitätssteigerung. Dazu kommt, dass auch die nicht in diese Rechnung einbezogenen externen Kosten durch den Verkehr reduziert werden, was einen zusätzlichen positiven Effekt bedeutet. Diese zwei Effekte zeigen, dass durch die Internalisierung der externen Effekte durch Road Pricing das Phänomen der „Tragik der Allmende“ (infolge nicht vollständiger Kostenwahrheit kann das Ausmass der aus individueller Optik optimalen Nutzung einer frei verfügbaren, begrenzten Kollektivressource, wie zum Beispiel Verkehrsflächen, zu einem gesamtwirtschaftlichen Schaden und schliesslich zum Kollaps der Kollektivressource führen) umgekehrt wurde. Allerdings ist dieser Effekt schwer quantifizierbar und wird durch die beschränkte Rationalität und

unvollständige Information der Marktteilnehmer (insbesondere der Haushalte) gedämpft. Während Road Pricing vornehmlich Privatpersonen betrifft, profitieren wie oben angedeutet grundsätzlich alle Verkehrsteilnehmer von einer allfälligen Entlastung der Strassen. Dies könnte zu einem Nettogewinn für die Wirtschaft und damit zu einem Outputeffekt führen. Allerdings gilt es auch die Elastizität der verschiedenen Nachfragegruppen zu berücksichtigen: Es kann vermutet werden, dass diese bei den Haushalten grösser ist, so dass schlussendlich die Wirtschaft verhältnismässig stärker belastet würde als vordergründig anzunehmen wäre, womit auch obiger Effekt zu relativieren wäre. In der Realität besteht beim Road Pricing insofern ein Unterschied zur LSVA, als dass die Effizienzgewinne, welche die Mehrbelastung mildern, relativ gering und für den einzelnen Haushalt schlecht fühlbar sind. Weil die Haushalte also die Effizienzgewinne vermutlich nicht gut wahrnehmen und diese die zusätzlichen Kosten eher nicht ausgleichen, ist kaum mit weitreichenden indirekten Reboundeffekten zu rechnen. Da Unternehmen wegen ihrer wettbewerbsbedingten Sensitivität für Effizienz und ihrer Grösse die Effizienzgewinne stärker spüren sollten, muss hier mit einem höheren Reboundeffekt gerechnet werden als bei den Haushalten.

Wiederum ist jedoch die Verwendung der Einnahmen aus der Abgabe entscheidend für den Gesamteffekt der Massnahme. Die Auswirkungen bei Investition der Steuereinnahmen in Strassenbau- bzw. Projekte des öffentlichen Verkehrs sind analog wie für die LSVA diskutiert mit den unterschiedlichen modalen Energieintensitäten verknüpft (vgl. Kap. 3.2, Abschnitt „Analyse“). Werden andere Verkehrsabgaben wie die Automobilsteuer (bei Import), die Motorfahrzeugsteuer oder die Mineralölsteuer im selben Ausmass wie die neu erhobene Strassenbenützungsteuer gesenkt oder aufgehoben, erhalten die Verkehrsteilnehmer im Durchschnitt ein zusätzliches „Einkommen“ von derselben Grössenordnung wie die zusätzliche Belastung durch Road Pricing. Theoretisch würden also netto nur die Effizienzgewinne übrig bleiben, dieser Link wird mental aber wahrscheinlich nur selten gemacht. Dieselben Überlegungen treffen bei einer allgemeinen Steuersenkung zu. Bei einer Rückerstattung der Steuer an Bevölkerung und Wirtschaft wird diese von den Haushalten mit einer durchschnittlich relativ hohen Energieintensität ausgegeben (sekundäre Effekte), während sie in der Wirtschaft eher für Outputeffekte verwendet werden.

Allerdings ist realwirtschaftlich auch die Art der Rückerstattung relevant: Werden die Mehreinnahmen direkt und explizit in Form einer Gutschrift ausgeschüttet, wird dieser Bonus wahrscheinlich für eher energieintensive Luxusgüter wie Ferien verwendet. Werden die Steuereinnahmen hingegen indirekt über (Verkehrs-)Steuersenkungen zurückerstattet, ist dies weniger offensichtlich und wird weniger stark wahrgenommen, was den Rebound dämpfen sollte. Jedoch sinkt dadurch die Akzeptanz für Road Pricing. Daneben müssen weitere psychologische Effekte berücksichtigt werden. Zwar einmalige, aber grosse Steuersenkungen wie bei der Motorfahrzeugimportsteuer werden stärker wahrgenommen als jährliche Rabatte wie bei der Motorfahrzeugsteuer, weshalb mit einem höheren Reboundeffekt zu rechnen wäre. Demgegenüber steht ein pro Einheit (Kilometer oder Stunde individuelle Mobilität) verhältnismässig günstiges Road Pricing, das allerdings für viele Einzelpersonen durch seinen Symbolcharakter verhältnismässig stark wirken kann.

### **Zusammenfassung und Empfehlungen**

Durch die Steuer sollten also wiederum die Effizienzgewinne und damit die (vorwiegend direkten) Reboundeffekte teilweise kompensiert werden; dabei ergeben sich aber Unterschiede in Abhängigkeit der Substitutionselastizitäten der verschiedenen Verkehrsteilnehmer. Dies wird hier nicht quantifiziert, je nach Ausgestaltung könnte die Nettobilanz aber vermutlich positiv oder negativ sein. Entscheidend ist auch hier die Verwendung der Steuereinnahmen (sowohl Zweck als auch Verfahren). Der Reboundeffekt kann gemindert werden, indem der Steuerertrag möglichst mit einer geringen Energieintensität ausgegeben wird. Wird er dennoch an die Bevölkerung zurückgegeben, wäre eine indirekte und tranchenweise Anrechnung anzustreben.

### 3.4 CO<sub>2</sub>-Abgabe

#### Die CO<sub>2</sub>-Abgabe in Kürze

Als Ausgangspunkt für die folgenden Ausführungen wird hier basierend auf einer Publikation des Bundesamts für Umwelt BAFU (2007c) die CO<sub>2</sub>-Abgabe in ihrem Kontext vorgestellt: Die CO<sub>2</sub>-Abgabe hat ihre gesetzliche Grundlage im CO<sub>2</sub>-Gesetz, welches zur Umsetzung des Kyoto-Protokolls eingeführt wurde. Neben dieser Abgabe setzt der Bundesrat auch auf freiwillige Massnahmen wie den Klimarappen (privatwirtschaftlich erhobene Abgabe zur Finanzierung von CO<sub>2</sub>-Kompensationsprojekten) und die steuerliche Begünstigung von biogenen Treibstoffen. Neben der tatsächlich eingeführten und hier diskutierten CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffe wäre gemäss der Zielvereinbarung des UVEK mit auto-schweiz auch eine CO<sub>2</sub>-Abgabe auf gewöhnliche Treibstoffe eine Option gewesen, falls die Vereinbarung nicht zum erhofften Erfolg geführt hätte (auto-schweiz 2002). Obschon diese Vereinbarung auch tatsächlich nicht eingehalten wurde, hat der Bundesrat die genannte Möglichkeit nicht wahrgenommen, weil zu diesem Zeitpunkt die Stiftung Klimarappen mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Zertifikat kompensiert hatte, als zunächst erforderlich (strasseschweiz 2007). Im Folgenden wird nicht weiter auf diese Variante der CO<sub>2</sub>-Abgabe eingegangen.

Die aktuell erhobene CO<sub>2</sub>-Abgabe wurde per Anfang 2008 als Lenkungsabgabe auf fossile Brennstoffe eingeführt und soll einen Anreiz zu mehr CO<sub>2</sub>- und Energieeffizienz bilden. Betroffen sind sämtliche Brennstoffe zur Wärme- und/oder Stromproduktion, nicht aber Treibstoffe. Die Abgabe soll in Abhängigkeit von der Reduktionszielerreichung schrittweise während drei Jahren von 12 Fr. (2008) über 24 Fr. (2009) auf maximal 36 Fr. pro Tonne CO<sub>2</sub> steigen (2010), was verglichen mit dem Vorschlag des Bundesrates (35 Fr./tCO<sub>2</sub>) und der Maximalforderung (78 Fr./tCO<sub>2</sub>, swissinfo (2006)) relativ tief erscheint. Der 2009er Erhöhungsschritt wurde nicht umgesetzt, weil die CO<sub>2</sub>-Reduktion die gesetzlichen Vorgaben übertraf (BAFU 2008a). Da die Abgabe abhängig von den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist, variiert diese auch für die verschiedenen Brennstoffe in Abhängigkeit von deren CO<sub>2</sub>-Intensität. Trotzdem setzt sie einen relativ direkten Anreiz für Energieeffizienz. Weil es sich um eine Lenkungsabgabe handelt, wird der Ertrag wieder an die Bevölkerung und an die Wirtschaft zurückerstattet (siehe Abbildung 7; Rückerstattung im selben Verhältnis wie die von diesen beiden Gruppen geleistete Abgabesumme). Da dies pauschal pro Kopf bzw. *pro rata* AHV-Lohnsumme geschieht, wird Energieeffizienz belohnt, allerdings bringt dieser Mechanismus bei Unternehmen gewisse Verzerrungen: Betriebe mit einem hohen Verhältnis von Lohnsumme zu Energieverbrauch profitieren. Die Rückerstattung erfolgt erst zwei Jahre nach der Erhebung.

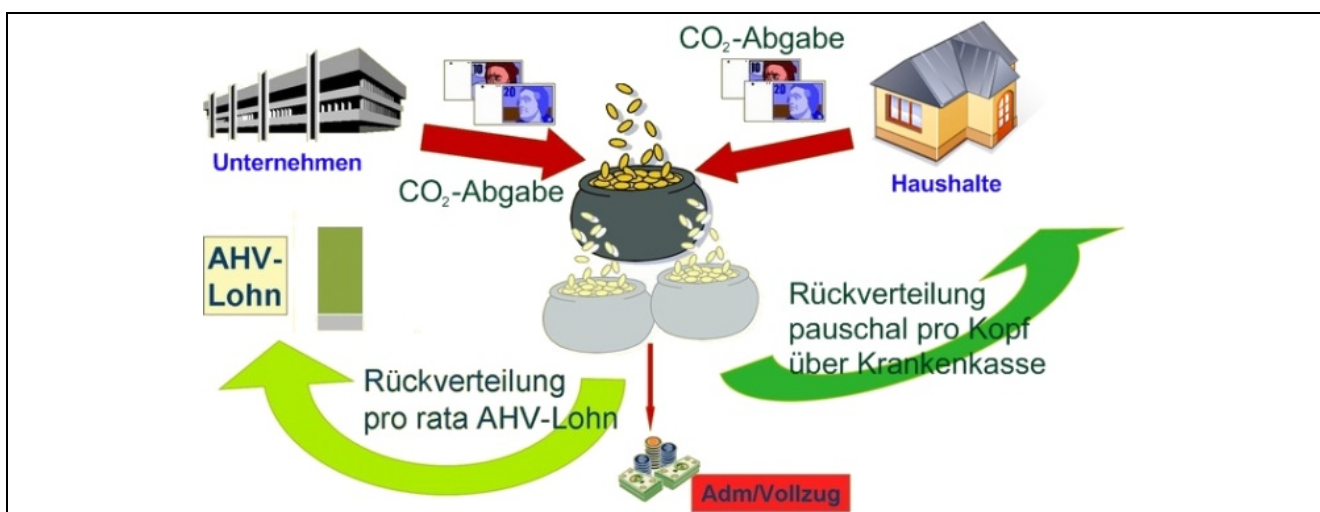


Abbildung 7. Schematische Darstellung der Geldströme der CO<sub>2</sub>-Abgabe. Quelle: angepasst nach fenaco-Landi (2009).

Als Reaktion auf den Anreiz durch die Abgabe bieten sich im Siedlungsbereich gemäss Kirchner et al. (2003) drei Formen von Massnahmen:

- Nicht-investive (verhaltensorientierte) Massnahmen haben nur beschränkt einen dauerhaften Einfluss und ihre Wirkung ist auch begrenzt.
- Geringinvestive Massnahmen führen zu dauerhaften, mittleren Einsparungen, stehen aber starken Umsetzungshemmnissen gegenüber.
- Investive Massnahmen sind aufwändig, bergen aber auch ein hohes Potential.

Neben ähnlichen Vorkehrungen können sich Unternehmen auch von der CO<sub>2</sub>-Abgabe befreien lassen, indem sie sich zu Emissionsreduktionen verpflichten. Sie werden dann auch nicht an der Ausschüttung der Einnahmen beteiligt, können aber mit Emissionszertifikaten handeln, um überschüssige oder fehlende Einsparungen auszugleichen.

### Einordnung der Massnahme

Die CO<sub>2</sub>-Abgabe ist dank der Rückerstattung eine klassische Lenkungsabgabe und ist damit auch ein monetäres Instrument. Da die Rückerstattung aber pauschal, ohne vorgegebenen Verwendungszweck und rein monetär an Haushalte und Wirtschaft erfolgt, gilt sie als *indirekte* Lenkungsabgabe. Sie betrifft sowohl Haushalte als auch Unternehmen, letztere stehen dabei im Spannungsfeld zwischen CO<sub>2</sub>-Abgabe und CO<sub>2</sub>-Zertifikathandel. Die Abgabe zielt auf eine nachfrageseitige Reduktion der Energieintensität, in der aktuellen Umsetzungsform allerdings lediglich im Gebäudebereich (sowie indirekt und in der Schweiz in sehr geringem Masse über eine Verteuerung des inländischen Stroms aus fossilen Energiequellen für die Kategorie „Geräte und Motoren“).

### Analyse

Über den realen Effekt der CO<sub>2</sub>-Abgabe lassen sich noch keine Aussagen machen, da deren Einführung erst ein Jahr zurückliegt. Grundsätzlich muss aber festgestellt werden, dass die Lenkungsabgabe relativ tief ist, insbesondere verglichen mit den Schwankungen des Erdölpreises (TCS 2005), an den auch die anderen Brennstoffpreise indirekt gekoppelt sind. Zudem zeigt eine Studie von Prognos (Kirchner et al. 2003) unter Verwendung von Modellierungen mit Preiselastizitäten, dass die CO<sub>2</sub>-Abgabe bei einer Einführung 2005 zuerst 30 Fr./tCO<sub>2</sub> und ab 2008 50 Fr./tCO<sub>2</sub> hätte betragen müssen, um das Reduktionsziel des Schweizer CO<sub>2</sub>-Gesetzes zu erreichen (auch in dieser Studie bleiben Reboundeffekte unberücksichtigt). Allerdings liegt dabei die Annahme für den Rohölpreis mit maximal 25 \$/barrel stark unter dem aktuellen Preisniveau von über 40 \$/barrel, nachdem er monatelang sogar über 100 \$/barrel war (Erdöl-Vereinigung 2009). Durch diese Differenz wäre der absolute Effizienzgewinn höher, bzw. eine tiefere Abgabe hätte zusammen mit den höheren Marktpreisen eine ähnliche Wirkung gehabt. (Der Beitrag der CO<sub>2</sub>-Abgabe wäre aber selbst in ersterem Falle geschmälert, da die durch sie bewirkte zusätzliche relative Verteuerung tiefer wäre, was unter der verwendeten Annahme konstanter Elastizitäten zu einer geringeren Nachfragereduktion führen würde.)

Theoretisch bewirkt die Internalisierung von externen Effekten durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe das Ergreifen von Massnahmen durch Privathaushalte und Unternehmen in dem Ausmass, dass die dadurch erzeugten Ersparnisse (durch Abgabevermeidung und Energieeinsparung) die Massnahmenkosten ausgleichen (die Grenzvermeidungskosten entsprechen der Grenzersparnis). Dies verunmöglicht Effizienzgewinne, wodurch dieses Instrument keinen Rebound mit sich bringen sollte. Allerdings gilt es, den Blickwinkel etwas zu öffnen: Einerseits wurde bis dahin die Rückerstattung der Lenkungsabgabe richtigerweise nicht berücksichtigt, da diese ohnehin pauschal ausbezahlt wird und somit keine Relevanz für den oben beschriebenen Vermeidungsentscheid hat. Mit der Verwendung dieses nicht zu vernachlässigenden Zusatzeinkommens sind aber in der Regel Reboundeffekte aller Formen verbunden, ausser es wird eine CO<sub>2</sub>-freie oder -sparende Investition getätigt. Die Gutschrift kann einerseits für eine Ausweitung der Heizleistung verwendet werden (Einkommenseffekt) oder Substitutionen auslösen (wie z. B. eine geringere Isolation), oder auch dem generellen Konsum zufließen (sekundäre Effekte). Zudem könnten damit auch mit grauer Energie verbundene Energiesparmassnahmen finanziert werden. Andererseits ist bei vielen Vermeidungsstrategien der Einsatz grauer Energie notwendig (indirekter Rebound) und es ist technologische Innovation damit verbunden, was wiederum Effizienzgewinne und Rebound mit sich bringen kann.

Konkret auf die Privathaushalte bezogen, können nicht-investive Massnahmen (s. oben) als monetär kostenlos aufgefasst werden, wodurch die Haushalte die volle Kosteneinsparung für getroffene Massnahmen erfahren. Trotzdem ist selbst unter diesen Bedingungen bei einer Preiselastizität zwischen  $-0.2$  und  $0$  (Kirchner et al. 2003), also unelastisch ( $-1.0 < \varepsilon < 0$ ), im Durchschnitt netto keine Entlastung zu erwarten, weil die Nachfrage weniger stark abnimmt als der Preis zunimmt und somit die Gesamtkosten steigen (dies bezieht die Rückerstattung der Abgabe nicht mit ein). Allerdings sind bei der Betrachtung von Einzelfällen durchaus höhere Einsparungen möglich, diese werden jedoch – bei Annahme einer optimalen Ausnützung der Einsparpotentiale vor der Massnahme – die Zusatzkosten durch die Abgabe auch nur ausgleichen und nicht überkompensieren. Somit wären auf rationaler Ebene keine Reboundeffekte zu erwarten.

Bei investiven Massnahmen kommen zusätzlich die Kosten für deren Umsetzung hinzu, wie oben bereits dargelegt wäre aber hier erst recht kein Rebound zu gewärtigen.

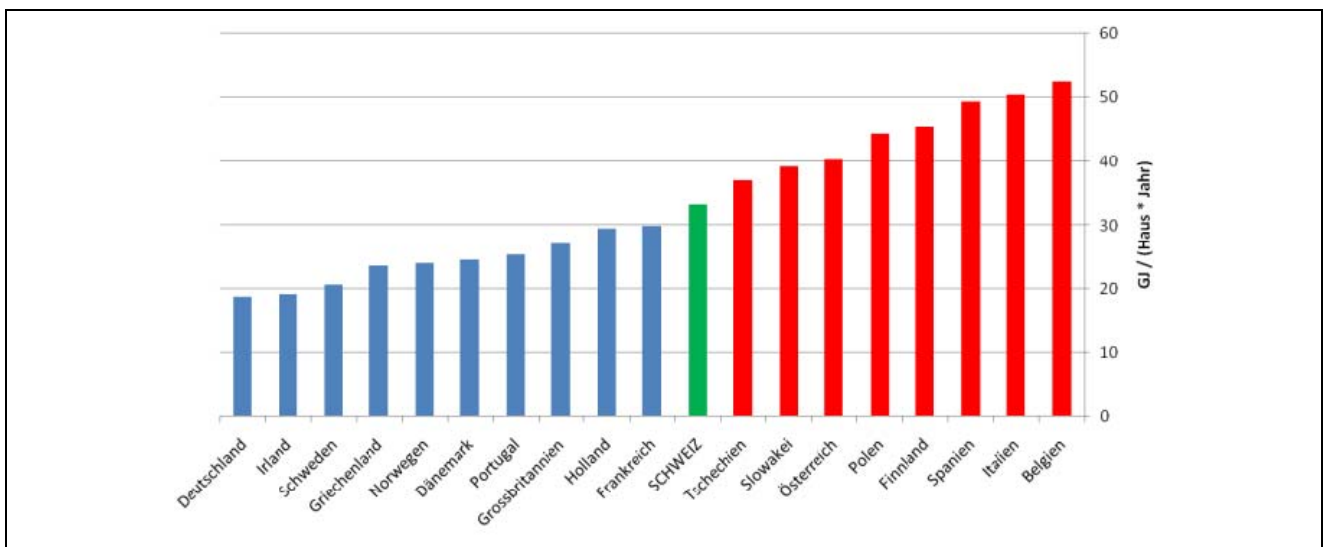
Bei Unternehmen gilt im Allgemeinen das Gleiche, wobei freilich die Besonderheit der lohnsummenabhängigen Rückerstattung zu berücksichtigen ist:

- Firmen, die netto durch die Abgabe belastet werden, können dies durch die Umsetzung von Sparmassnahmen abfedern, oder – insbesondere wenn ihr Einsparpotential sehr gering oder unwirtschaftlich ist – durch die Verpflichtung zu einer Emissionsbegrenzung und der Teilnahme am Emissionshandel (dies lohnt sich insbesondere für energieintensive Branchen (BAFU 2008b)). Für Rebound aus ersterem Fall wird auf die Ausführungen weiter oben verwiesen, während in letzterem Fall die Firma nicht mehr von der CO<sub>2</sub>-Abgabe tangiert wird, sondern vom Emissionshandel und der zugehörigen Zielvereinbarung, die hier nicht diskutiert werden.
- Unternehmen, welche netto von der Abgabe profitieren, sind entweder energieextensiv, oder aber einfach personalintensiv. Bezüglich Rebound kann bei ersteren vermutet werden, dass auch der „Gewinn“ aus der Abgabe eine relativ energieextensive Verwendung findet, und auch letztere haben vermutlich eine unterdurchschnittliche Energieintensität (es handelt sich dabei vorwiegend um Dienstleistungsunternehmen). In beiden Fällen ist somit kein starker Rebound zu erwarten.

In der Realität sind aber zahlreiche weitere Betrachtungen zu berücksichtigen, da das Modell einer idealen Marktwirtschaft – wie in Kapitel 2.1 in den Abschnitten „Erweiterte Reboundeffekte“ und „Realwirtschaftliche Mechanismen“ dargelegt – in vielen Punkten angepasst werden muss, wie auch im Folgenden klar wird.

So bewegt sich als Folge des bescheidenen Abgabenniveaus der Nettoeffekt der CO<sub>2</sub>-Abgabe auf die Haushalte – sei er nun negativ oder positiv – selbst beim höchsten vorgesehenen Abgabesatz im Rahmen von ein paar Dutzend Franken pro Person und Jahr (BAFU 2007a; b). Dies ist zwar nicht insignifikant, kann aber insbesondere beim anfänglichen Abgabesatz (2008) sowohl auf der Ausgaben- als auch auf der Einnahmenseite nicht viel mehr als symbolische Wirkung haben: Die Mehrbelastung durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe beträgt je nach Energieträger rund 2-5%, was jährlich 40 bis 60 Fr. pro Haushalt entspricht (Erdgas Obersee 2007). Aus dem etwas tiefer liegenden Wert des BAFU (2007b) für die Rückerstattung ergibt sich auf die relevante Zeitperiode von einem Monat heruntergebrochen ein Rabatt von voraussichtlich Fr. 1.33 pro Person auf eine Krankenkassenrechnung von mehreren hundert Franken (swissinfo 2008). Auch Kirchner et al. (2003) fordern deutlich höhere Abgaben, um einen signifikanten Effizienzgewinn zu erzielen. Würde die Abgabe hingegen als dauerhaft wahrgenommen, würden gar weitere Abgabeerhöhungen erwartet oder hätte die CO<sub>2</sub>-Abgabe einen symbolischen Charakter, könnte der Effekt einer tiefen Abgabe aber auch verstärkt werden – dies ist hier jedoch weniger zu erwarten. Weiter ist gerade bei nicht-investiven Massnahmen in Haushalten anzunehmen, dass schon vor der Massnahme wirtschaftliche Einsparungen möglich gewesen wären, was obige, Rebound ausschliessende Feststellung relativiert. Dieser Effizienzüberschuss sollte aber keine direkten Reboundeffekte auslösen, da dies nicht mit der ursprünglichen Motivation zur Kosteneinsparung vereinbar wäre, wohl aber sekundäre Effekte durch die Verwendung des eingesparten Betrags. Parallel dazu kann durch Beachtung sozio-psychologischer Effekte weiterer Rebound erwartet werden, insbesondere indirekt durch das Aufbrauchen des akquirierten „Kredits“.

Bei investiven Massnahmen kann ebenfalls angenommen werden, dass die neue Abgabe insbesondere bei Privatpersonen einen gewissen Investitionsschub auslöst, der lediglich aus Trägheit und nicht aus finanziellen Überlegungen bisher nicht getätigt wurde („low hanging fruits“). Deshalb könnten trotz obigen Elastizitätsüberlegungen unter Umständen höhere finanzielle Einsparungen erwartet werden als der Gesamtbetrag von Abgabe und Massnahmenkosten, da in diesem Fall vor Einführung der Massnahme die Grenzeinsparungskosten eben durchschnittlich tiefer als die Grenzeinsparung lagen. Anders gesagt bedeutet dies, dass der Effizienzgewinn netto nicht durch die Abgabe ausgeglichen wird und somit die Energiedienstleistung zumindest für einzelne Haushalte günstiger wird. Dies bringt ein Reboundpotential mit sich. Weil bei den Privathaushalten das Heizen die einzige direkt betroffene Energiedienstleistung ist, sind Substitutionseffekte kaum vorstellbar. Hingegen muss zumindest bei einzelnen aktiv gewordenen Haushalten mit Einkommenseffekten gerechnet werden, indem beispielsweise nach Isolationsmassnahmen die Temperatur oder der Heizbereich ausgeweitet werden. Wegen einer diesbezüglich relativ hohen Sättigung in der Schweiz fällt dieser Effekt jedoch geringer aus, als dies in Ländern mit einem tieferen Komfortstandard der Fall sein könnte (für eine Einordnung des Isolationsstandards in der Schweiz sei auf Abbildung 8 verwiesen, welche allerdings Faktoren wie Klima und Hausgrösse sowie aussereuropäische Entwicklungs- und Schwellenländer nicht berücksichtigt). Da es sich um eine Investitionsmassnahme handelt, findet zudem automatisch ein indirekter Rebound in Form grauer Energie statt. Zusätzlich sind auch sekundäre Effekte zu erwarten. Auch hier spielen analog zu den nicht-investiven Massnahmen sozio-psychologische Aspekte eine Rolle.



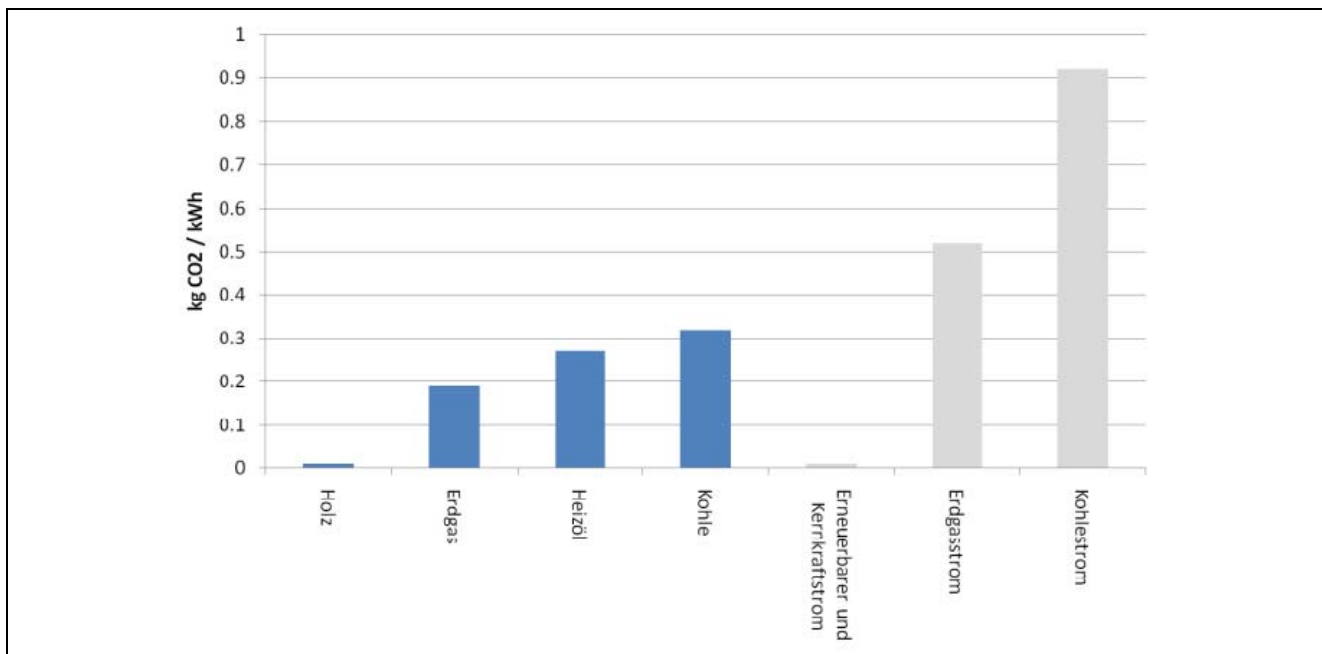
**Abbildung 8.** Energieverlust pro Haus und Jahr in verschiedenen europäischen Ländern. Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von EURIMA (2003).

Auf Seite der im freien Markt stehenden Unternehmen wäre gerade unter dem Licht der oben beschriebenen Preissteigerungen bei fossilen Brennstoffen zu vermuten, dass sie eine möglichst hohe Energieeffizienz anstreben. Allerdings besteht wie weiter oben gezeigt wurde eine relativ grosse Investitionslücke in Form von „low hanging fruits“. Selbst vor Einführung der CO<sub>2</sub>-Abgabe übt diese einen gewissen Druck aus und fördert das Ausschöpfen dieser Potentiale, wobei dessen Auswirkungen den Reboundeffekten durch die Abgabe zugerechnet werden müssen. Nach Einführung der Abgabe ist selbstverständlich, dass zumindest grosse und mittlere Unternehmen mögliche Einsparungen und die Belastung durch die Abgabe genau abwägen werden. Erreichen energieintensive Firmen – durch die Abgabe angeregt – Reduktionen und investieren mit den daraus frei werdenden Mitteln weiter in ihre trotzdem noch energieintensive Produktion, führt dies unweigerlich zu relativ bedeutendem Rebound (Outputeffekt, oder allenfalls Einkommenseffekt durch Weitergabe an die Haushalte). Auf der Seite der indirekten Reboundeffekte wäre in diesem Fall lediglich die graue Energie zu verzeichnen.



Schliesslich sind auch zur Rückerstattung der Abgabeeinnahmen zumindest bei den Haushalten einige Bemerkungen zu machen. So sind die Erhebung und die Rückerstattung sowohl prozessmässig als auch zeitlich nicht direkt miteinander verbunden: Sie erfolgen über den Brennstoffkauf bzw. über die Bezahlung der Krankenkassenprämien, zudem liegen Belastung und Gutschrift zwei Jahre auseinander. Weiter ist der Betrag wie oben schon ausgeführt ziemlich klein, und er wird nicht als solcher ausbezahlt, sondern bewirkt lediglich einen Rabatt auf eine ohnehin zu begleichende Rechnung. So kann auch bei begleitenden Informationsanstrengungen nur beschränkt damit gerechnet werden, dass Erhebung und Rückerstattung kausal zueinander in Beziehung gebracht werden, und insbesondere die Rückerstattung angemessen wahrgenommen wird. Aus diesen Gründen kann angenommen werden, dass durch die Rückerstattung der Abgabe bis auf diffuse sekundäre Effekte normalerweise kein Rebound auftritt. Bei Investitionsmassnahmen werden allerdings auch Privatpersonen die Rückerstattung der Abgabe in ihren Rentabilitätsüberlegungen einbeziehen, was weitergehende Massnahmen attraktiv macht und/oder deren Nettoerfolg verbessert. In diesem Fall müssten stärkere Einkommens- und sekundäre Effekte erwartet werden.

Zuletzt sei nochmals auf die Tatsache hingewiesen, dass die Abgabe auf CO<sub>2</sub>-Emissionen und nicht auf Energieumsatz erhoben wird, und dass die CO<sub>2</sub>-Intensität verschiedener Energieträger nicht gleich ist (vgl. Abbildung 9). Dies hat zur Folge, dass eine Substitution fossiler Brennstoffe beispielsweise durch eine Wärmepumpe einen hohen Effizienzgewinn bringt, der Einsatz einer Widerstandsheizung allerdings einen stark gegenläufigen Effekt hätte. Durch den Wechsel von einer Ölheizung zu einer Gasheizung wird hingegen neben einer CO<sub>2</sub>-Einsparung fast 13% weniger Primärenergie für die gleiche Nutzwärme aufgewendet (gemäss Nussbaumer (2008) benötigt eine Erdgasheizung mit Abgaskondensation 1.23 J Primärenergie pro Joule Nutzenergie, während der gleiche Wert bei einer Ölheizung 1.41 beträgt). Dies bedeutet, dass die Rebound verursachenden Effizienzgewinne nicht proportional zu einer beobachteten Reduktion der CO<sub>2</sub>-Intensität (eines Betriebs oder einer Volkswirtschaft) sind, aber auch, dass die oben dargelegten Reboundeffekte selbst im Ausmass nochmals um einen zusätzlichen Faktor stark variieren können.



**Abbildung 9.** CO<sub>2</sub>-Intensitäten verschiedener Energieträger. Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage von bp (2009).

### Zusammenfassung und Empfehlungen

Theoretisch müsste ökonomisch gesehen bei einer Lenkungsabgabe auf den ersten Blick kein Reboundeffekt erwartet werden, weil die Abgabe Effizienzgewinne kompensiert. Wie allerdings aufgezeigt wurde, gibt es hierzu zahlreiche weitergehende Betrachtungen, welche dies relativieren. Schon die durch die Abgabe indirekt auch angestrebte Technologieentwicklung führt über längere Zeit zu Rebound. Weiter ist die Verwendung der rückerstatteten Lenkungsabgabe von Bedeutung, sie führt zu diversen Reboundeffekten – es zeigt sich also, dass der Charakter einer indirekten Lenkungsabgabe problematisch sein kann, weil ihre Verwendung nicht direkt steuerbar ist. Die Lohnsummenabhängigkeit bei Unternehmen per se sollte jedoch keinen übermässigen Rebound verursachen, da die aufgrund dieses Effekts entlasteten Firmen tendenziell eine unterdurchschnittliche Energieintensität aufweisen.

Realwirtschaftlich (unter Berücksichtigung von in der Realität beobachteter Mechanismen, welche über die vereinfachenden allgemeinen ökonomischen Theorien hinausgehen; zum Beispiel eingeschränkt rationelles Verhalten) ist bereits fraglich, ob die vorliegende Abgabe genug hoch ist, um wahrgenommen zu werden (die Annahme linearer Preiselastizitäten wird also in Frage gestellt), und insbesondere die Wahrnehmung der Rückerstattung kann – bedingt durch deren Ausgestaltung – angezweifelt werden. Dies würde für tieferen Rebound sprechen (mit Ausnahme von Fällen, wo Investitionen umfassend abgewogen werden). Eine wichtige Einschränkung ist andererseits die Tatsache, dass sowohl bei Haushalten als auch Unternehmungen signifikante brachliegende Effizienzpotentiale vorhanden sind, welche die durch die Abgabe angeregten Massnahmen dann doch mit Effizienzgewinnen versehen. Dies führt sowohl zu Einkommens-/Outputeffekten (nur bei investiven Massnahmen), als auch zu sekundären Effekten (und logischerweise auch zu höherem Konsum grauer Energie bei investiven Massnahmen). Um grössere Effizienzsteigerungen durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe zu erreichen, sollte also die Wahrnehmung der Abgabe durch höhere Beträge oder kommunikative Massnahmen verstärkt werden. Um die Reboundeffekte zu minimieren sollte hingegen die Rückerstattung möglichst indirekt erfolgen.

## 3.5 energieEtikette

### Die energieEtikette in Kürze

Die energieEtikette wurde in den 90er Jahren von der europäischen Fachorganisation der Haushaltapparatebranche geschaffen und später in allen EU-Ländern Standard. Nach einer freiwilligen Einführung ist sie seit 2003 in der Schweiz laut Energieverordnung (EnV) obligatorisch für grosse Elektrogeräte im Haushalt (darunter fallen zurzeit Kühl- und Gefriergeräte, Waschmaschinen, Wäschetrockner (Tumbler), Geschirrspüler, Backöfen und Raumklimageräte (BFE 2008b)) und Lampen. Die Geräte werden aufgrund ihres Energieverbrauchs bezogen auf ihre Grösse (und teilweise der Qualität ihrer Dienstleistung) auf einer Skala von sieben Güteklassen bewertet (siehe Beispiel in Abbildung 10) – aufgrund von technischen Effizienzsteigerungen wurden 2003 als Übergangslösung bis zu einer umfassenden Überarbeitung der Klassen zusätzlich die beiden Güteklassen A+ und A++ für Bestgeräte eingeführt. (Kafsack 2009). Daneben werden weitere Geräteklassenspezifische Angaben gemacht. (BFE 2002) Dabei werden im Gegensatz zu einem Herkunftszertifikat die Produktion und die damit verbundene graue Energie völlig ausser Acht gelassen.

Ebenfalls 2003 wurde nach dem gleichen Prinzip eine energieEtikette für Personenfahrzeuge verbindlich eingeführt. Diese führt das Leergewicht, den Treibstoffverbrauch (l/100 km) sowie den CO<sub>2</sub>-Ausstoss (g/km) auf. Die Einteilung in die sieben Güteklassen erfolgt aufgrund des Verhältnisses zwischen Treibstoffverbrauch und Leergewicht. (energieschweiz 2008) Dies hat den Vorteil, dass Wagen gleicher Klasse miteinander verglichen werden. Andererseits stehen so aber grosse Autos mit hohem Treibstoffverbrauch im Vergleich zu Kleinwagen mit mittlerem Verbrauch zu gut da (vgl. Abbildung 11). Weiter plant der Bund die Einführung eines „Gebäude-Energieausweises“, analog zur energieEtikette (BFE 2007b).

### Einordnung der Massnahme

Die energieEtikette ist das Flaggschiffinstrument auf der Ebene der Informationsmassnahmen für mehr Energieeffizienz, und dementsprechend nicht-monetär. Zwei verschiedene Varianten decken die beiden Bereiche Mobilität sowie Geräte und

Motoren ab, wobei letzterer eine wachsende Abdeckung verzeichnet. Sie zielen allgemein auf jeglichen Konsum sowohl von Haushalten als auch der Wirtschaft, sind also nachfrageseitig orientiert. Allerdings ist zu erwarten, dass die energieEtikette vorwiegend bei Privatpersonen die Komponente „Energie“ neu vermehrt in den Entscheidungsprozess einfließen lässt, während dies zumindest in gewissen Wirtschaftsbranchen aus Kostengründen bereits selbstverständlich ist.

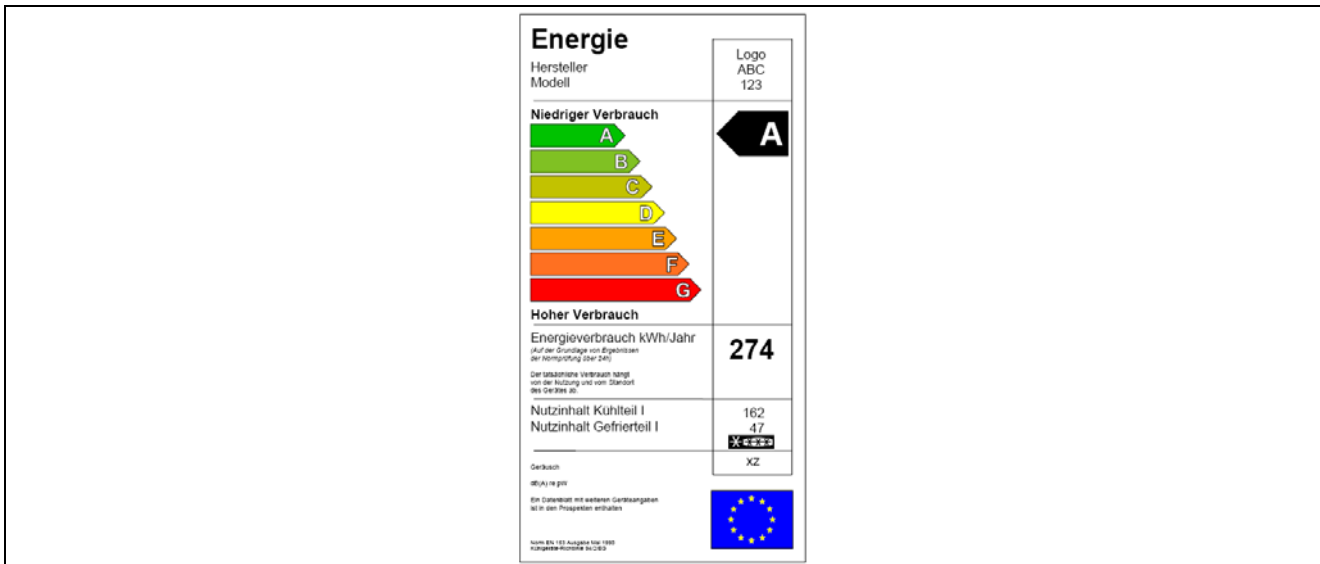


Abbildung 10. Beispiel energieEtikette für Kühlgeräte. Quelle: energieschweiz (2004).

### Analyse

Die folgende Analyse beschränkt sich auf die energieEtikette für Haushaltgeräte und Beleuchtung. Gemäss dem BFE (2008c) hat eine Evaluation dieser energieEtikette gezeigt, dass bereits im Einführungsjahr Einsparungen im niedrigen einstelligen Prozentbereich erzielt wurden. Zwei der wichtigsten Prämissen der Wirtschaftstheorie sind, dass vollständige Information herrscht und jedes Individuum (*homo oeconomicus*) rational anstrebt, seinen eigenen Nutzen zu maximieren (Eisenhut 2002). Unter diesem Gesichtspunkt wäre ein Instrument wie die energieEtikette überflüssig und wirkungslos.

In der Realwirtschaft müssen aber diverse Formen von Marktversagen berücksichtigt werden, was auch Informationsanstrengungen des Staates legitimiert. Darunter fallen zwei Aspekte, welche mit den zwei Funktionen von Information übereinstimmen und somit durch die energieEtikette korrigiert werden können:

- Im freien, nichtregulierten Markt werden externe Effekte nicht berücksichtigt. Da Information normbildend ist, ermöglicht es die energieEtikette dem Staat, indirekt Externalitäten beim Konsum als möglichen und wünschenswerten Entscheidungsfaktor aufzuzeigen.
- Ein weiteres Marktversagen ist asymmetrische Information [entsteht, wenn nicht alle Marktteilnehmer über vollständige Information bezüglich der Güter und Akteure verfügen (Eisenhut 2002)]. Hier jedoch stellt der Staat reine Information bereit und schafft mit der energieEtikette eine erweiterte, objektive Entscheidungsgrundlage, mit der Konsumenten einen mit bereits bestehenden Präferenzen stimmigen Entscheidung treffen können.

Wohl kann argumentiert werden, dass mit sämtlichen Instrumenten automatisch Information verbunden ist (beispielsweise durch Medienpräsenz), doch das Ziel der vorliegenden Massnahme ist neben dem normativen Charakter gerade die Lieferung neutraler Information. Insofern schafft sie einen Mehrwert, deren Nutzen im Sinne einer effektiven Effizienzpolitik trotzdem kritisch überprüft werden sollte, da sie für den Staat auch mit Kosten verbunden ist.

Die Normbildung sollte theoretisch keine Reboundeffekte verursachen, da sich demzufolge das gesamte Konsumverhalten eines betrachteten Akteurs unabhängig von monetären Argumenten konsequent ändern sollte. Der Informationsfaktor

hingegen könnte Rebound mit sich bringen, da die neu gekauften Geräte nun durchschnittlich energiesparender wären, was zusätzliche Effizienzgewinne verursachen würde.

Im „typischen“ Schweizer Haushalt kann der Grossteil der bisher mit der energieEtikette zu kennzeichnenden Geräte als bereits vertreten erwartet werden, nur Raumklimageräte können noch nicht als typisch gelten (Bush et al. 2007). Das bedeutet, dass die energieEtikette mehrheitlich bei Ersatzbeschaffungen zum Tragen kommt. In diesem Fall besteht zumindest nicht die Gefahr eines Substitutionseffekts. Auch indirekter Rebound durch graue Energie ist bei Ersatzkäufen nicht zu befürchten. Allenfalls könnte es zwar sein, dass das energieeffizientere (Ersatz-)Gerät mehr graue Energie beinhaltet, bei der Stromsparlampe ist dies aber beispielsweise nicht der Fall (Hofer 2008). Hingegen werden die Effizienzgewinne sowohl Einkommens- als auch sekundäre Effekte auslösen. Erstere sind allerdings abhängig von den Möglichkeiten und der Attraktivität der Nachfrageausdehnung, also auch der Opportunitätskosten. Daneben sind aber gerade hier, wo einzelne Subjekte angesprochen werden, die Auswirkungen auf deren Psyche nicht zu vernachlässigen. Dies wird im Folgenden analysiert.

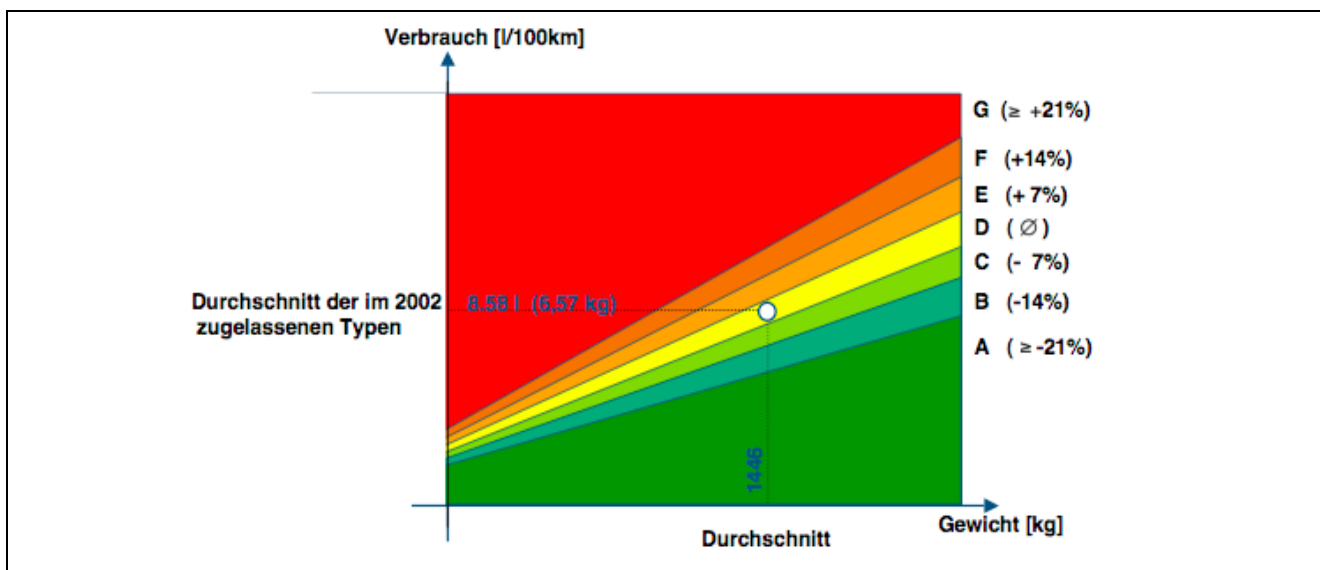
Bei Ersatzkäufen, wo die energieEtikette also mehrheitlich zum Tragen kommt, muss ein nicht unbedeutender direkter Rebound durch die Förderung des Einkommenseffekts erwartet werden, da dem Kunden stärker bewusst wird, dass er neuerdings ein energieeffizientes Gerät besitzt. Es geht allerdings nicht mehr nur um den finanziellen Aspekt – welcher bei Haushaltgeräten zwar durchaus vorhanden ist, aber absolut wegen den relativ tiefen Strompreisen eher schwach ins Gewicht fällt – sondern vielmehr um erweiterte Formen des Reboundeffekts. Dabei tritt der soziale Rebound vor allem beim Kauf in Erscheinung, während der psychologische Rebound eher den Gebrauch betrifft (da vom Umfeld i. d. R. vor allem das Gerät und weniger dessen Gebrauchsmuster wahrgenommen wird).

Erweiterte sekundäre Reboundeffekte sind weniger zu erwarten, weil die finanziellen Einsparungen relativ gering sind und die energieeffizienten Geräte auch sozio-psychologisch nur begrenzt kompensatorische Handlungen legitimieren. Letzteres gründet auf der Einschätzung, dass es sich bei den betreffenden Geräten bezüglich Umweltfreundlichkeit nicht gerade um Prestigeobjekte oder solche mit Symbolcharakter handelt, welche eine genügend starke Ausstrahlung hätten, dass sozio-psychologische Effekte auf den übrigen Konsum übertragen würden. Eine Ausnahme stellt hier vermutlich die Energiesparlampe dar, welche durchaus als Symbol angesehen werden kann. Hier besteht die Gefahr, dass beispielsweise deren Effekt durch den Anwender subjektiv überschätzt wird, wodurch ein übermässiger, nicht rechtfertigbarer psychologischer Kredit geschaffen würde.

Erst bei einer erweiterten Anwendung der energieEtikette auf eine breitere Produktpalette im Haushaltsbereich ist unter Umständen ein zusätzlicher Effekt dadurch zu erwarten, dass Konsumenten (insbesondere Haushalte) neu Geräte weiterer Klassen kaufen würden. Der Reboundeffekt besteht darin, dass diese Geräte teilweise nur deshalb gekauft würden, weil die Topgeräte der Produktkategorie als „umweltfreundlich“ (und gleichzeitig auch kostengünstig im Betrieb) dargestellt würden. Dies ist ein häufig negativ bewertetes Charakteristikum der energieEtikette: Sie macht vordergründig Aussagen zum relativen Energieverbrauch eines Gerätes innerhalb einer Produktklasse (eine „Klasse“ ist z. B. „Kühlschränke“) und nicht zu dessen absoluten Energieverbrauch (s. auch weiter unten). Dabei dürfte wiederum der sozio-psychologische Effekt stärker ins Gewicht fallen als der monetäre.

Bei einer solchen Neuanschaffung handelt es sich um einen klaren Substitutionseffekt (direkter Rebound): Eine bisher ohne Gerät ausgeübte Tätigkeit wird durch ein Haushaltgerät ersetzt. Zudem stellt der zusätzlich ausgelöste Verbrauch grauer Energie einen indirekten Reboundeffekt dar. Weiter sind ausgehend von der oben geschilderten Motivation zusätzliche Einkommens- und sekundäre Effekte zu erwarten, da der Kauf eines effizienten Gerätes einen sozio-psychologischen Gewinn mit sich bringt – auch wenn es sich dabei um ein zusätzliches Gerät handelt, was diesen Effekt gegenüber Ersatzkäufen allerdings abschwächen könnte. Der monetäre Einkommenseffekt sollte vernachlässigbar sein.

Allgemein ist bei der energieEtikette problematisch, dass aufgrund der Berücksichtigung der Grösse eines Gerätes bei der Berechnung der Güteklasse grosse Geräte unter Umständen besser bewertet werden als kleine, welche zwar ineffizienter sind, aber trotzdem weniger Energie brauchen (als Veranschaulichung zeigt Abbildung 11 den analogen Fall der energieEtikette für Personenwagen). Da dies vielen Konsumenten wohl nicht bewusst ist, führt die energieEtikette hiermit zum Kauf von grösseren Geräten und damit zu psychologisch bedingtem Rebound (Einkommenseffekt) durch „falsche“ oder zumindest irreführende Information (und schafft es in dieser Hinsicht nicht vollständig, das Marktversagen der asymmetrischen Information zu beheben). Daneben führt der erhöhte Materialaufwand beim Kauf von grösseren Geräten zu weiterem Reboundeffekt in Form grauer Energie.



**Abbildung 11.** Kategorien der energieEtikette für Personenwagen in Abhängigkeit von Gewicht und Verbrauch. Quelle: de Haan (2008).

Die Anwendung einer energieEtikette auf deutlich unterschiedliche Produkte, wie z. B. Fahrzeuge oder Gebäude, bringt weitgehende andere Bedingungen als in den obigen Ausführungen zur energieEtikette für Haushaltgeräte. Insbesondere das Verhältnis zwischen monetären und sozio-psychologischen Gewinnen ist unterschiedlich, da bei Autos oder Häusern die potentiellen Einsparungen bei den Betriebskosten tendenziell grösser sind. Die Auswirkungen auf die Reboundeffekte solcher energieEtiketten sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

### Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Unvollkommenheit der Marktwirtschaft legitimiert Informationsinstrumente wie die energieEtikette. Diese kommt mehrheitlich bei Ersatzkäufen zur Geltung, wobei Substitutionseffekte und graue Energie als Reboundeffekte ausscheiden. Bei Neukäufen ist Rebound sämtlicher Arten zu erwarten, worin sich auch die Schwäche der energieEtikette spiegelt: deren Relativität. Während allgemein die monetären Aspekte weniger wichtig sind, haben sozio-psychologische Effekte grosse Bedeutung (insbesondere der Einkommenseffekt). Letztere lassen sich schwer vermeiden, da das transportieren einer Botschaft inhärent mit der energieEtikette verbunden ist.

Um einen weiteren Reboundeffekt durch den Kauf zusätzlicher Geräte – weil diese als umweltfreundlich ausgewiesen sind – zu verhindern, sollte die energieEtikette nur auf Geräteklassen angewendet werden, welche bei den Konsumenten bereits breit vertreten sind. Daneben wäre das Überdenken der von der Gerätegrösse abhängigen Skala zu empfehlen hin zu einem teilweise relativen und teilweise absoluten Ansatz (analog Energieetikette für Neuwagen).

## 3.6 Mindestanforderungen an elektrische Geräte

### Mindestanforderungen an elektrische Geräte in Kürze

Als Umsetzung des in Kapitel 1.1 vorgestellten Aktionsplans und angetrieben durch verschiedene parlamentarische Motionen (BFE 2008c) hat der Schweizer Bundesrat im Oktober 2008 unter anderem die Revision der Energieverordnung (EnV) betreffend Anforderungen an netzbetriebene elektrische Geräte in die Vernehmlassung geschickt. Er präzisierte sein Vorhaben folgendermassen (BFE 2008a): Erstmals werden der Wirtschaft Verbrauchsvorschriften für Haushalt- und elektronische Geräte auferlegt. Die entsprechenden Vorschriften sollen 2010 mit einer Übergangsfrist von wenigen Jahren in Kraft gesetzt werden. Dabei werde das Angebot nicht merklich eingeschränkt, sondern die Grenzwerte seien so angesetzt, dass vornehmlich Billiggeräte mit hohem Stromverbrauch verboten würden, welche für die Konsumenten ohnehin nicht wirtschaftlich wären (BFE 2008c). Betroffen sind bei den Haushaltgeräten und Lampen die der energieEtikette unterstellten Geräte ab einer bestimmten Energieeffizienzklasse [z. T. bereits ab Klasse A (BFE 2008c)]. Weiter werden der Stand-by-Verbrauch elektronischer Geräte [TV-Geräte, Set-Top-Boxen, Audio-Video-DVD, PC, Monitore, Drucker, Kopierer, Netz- und Ladegeräte. (BFE 2008a)] sowie der Stromverbrauch industrieller Elektromotoren reglementiert. Das Einsparpotential (exkl. Lampen und Elektromotoren) nach Erneuerung des gesamten Geräteparks beträgt unter Annahme einer durchschnittlichen Einsatzdauer von 10 Jahren ca. 0.64% (100+8+200+1 GWh Haushaltgeräte + 60 GWh elektronische Geräte; BFE 2008e) des Schweizer Stromverbrauchs 2007 (57'432 GWh, BFE 2008f).

### Einordnung der Massnahme

Das Setzen von Mindestanforderungen bezüglich Energieeffizienz an elektrische Geräte (eine Norm, also eine nicht-monetäre Massnahme) bezweckt, das Angebot (direkt) zu steuern. Da sie auf Güter abzielt, welche auf dem freien Markt verkauft werden, stellt dies einen Eingriff in die Wirtschaftsfreiheit dar. Allerdings kann sich der Staat dabei auf das nötige öffentliche Interesse stützen, weil dadurch externe Kosten (der Stromerzeugung) reduziert werden, und dazu lediglich – häufig für den Konsumenten nicht auf den ersten Blick als solche ersichtliche – unwirtschaftliche Geräte verboten werden. Profitieren sollten davon sowohl Haushalte als auch Unternehmen bei der Beschaffung neuer Geräte.

### Analyse

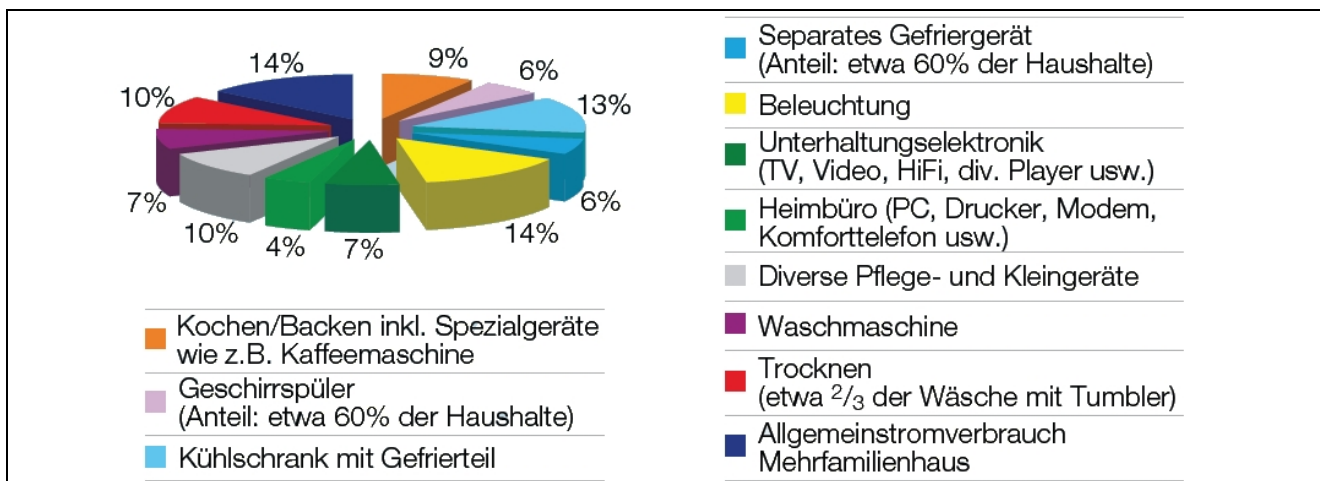
Durch die neue Energieverordnung erhalten die Konsumenten automatisch ein Angebot von effizienteren Geräten, welche insgesamt Stromersparnisse im Wert von 54 Mio. Fr. pro Jahr (BFE 2008c) (exkl. Elektromotoren und Beleuchtung) ermöglichen, wobei der Grossteil (45 Mio. Fr. pro Jahr) auf Haushaltgeräte und somit auf die Haushalte entfällt. Obschon die Einsparungen laut einer Übersicht des Bundes (BFE 2004) – welche nach einem Vergleich mit Zahlen des WWF (2008) weiterhin aktuell erscheint – pro Jahr lediglich wenige Dutzend Franken ausmachen, kann dies für einen Haushalt nach einer Gesamterneuerung doch über hundert Franken ergeben. Als weiterer Effekt werden die Produzenten und der Handel durch die Einführung von Normen für die Effizienz der Geräte sensibilisiert (BFE 2008c).

Der Grossteil der Effizienzgewinne kommt also den Privathaushalten zu Gute, wodurch deren Stromrechnung dauerhaft entlastet wird. Andererseits ist es wahrscheinlich, dass die einmaligen Anschaffungskosten für die betreffenden Geräte teilweise ansteigen. Allerdings sind diese Mehrkosten – wenn überhaupt vorhanden – i. d. R. relativ gering und sollen in Zukunft sogar sinken (BFE 2008c). Durch die oben quantifizierte, insgesamt zu erwartende Entlastung folgen theoretisch unabwendbar Reboundeffekte. Dabei sind – was den direkten Reboundeffekt betrifft – der Substitutionseffekt stark von der Sättigung mit der Technologie bzw. der Einkommenseffekt von der bisherigen Nutzungsintensität der entsprechenden Dienstleistung abhängig: Während beispielsweise die Haushalte mit Backöfen grösstenteils gesättigt sind, können energieeffiziente Tumbler, Kühlschränke oder Geschirrspüler zu deren Neuanschaffung bzw. verstärkten Verwendung führen (Abbildung 12 zeigt den Anteil verschiedener Haushaltgeräte am Stromverbrauch sowie den Sättigungsgrad für gewisse Geräte); Kühlschränke zum Beispiel weisen zwar eine flächendeckende Verbreitung auf, ihre Nutzung weist aber effizienzbedingtes Steigerungspotential auf, sei es für grössere Verpackungen oder mehr Fertig- und Frischprodukte. Dabei

kann auch ein Substitutionseffekt von Zeit (zum einkaufen/kochen) durch Energie (Kühlung von grossen Vorräten/Fertigprodukten in Haushalten) erwartet werden.

Zu beachten sind aber auch die mit der Zusatznutzung verbundenen Zeit- und Raumkosten. So ist insbesondere die Nutzung eines Grossteils der hier reglementierten elektronischen Geräte wie Fernseher oder Computer mit einem direkten, gleich grossen Zeitaufwand verbunden (sofern sie nicht lediglich im Hintergrund laufen ohne eigentliche Nutzung), was den Rebound vermindern sollte. Im Gegensatz dazu ist die Beleuchtung praktisch unabhängig von menschlicher Präsenz, und auch die Nutzung vieler betroffener Haushaltgeräte wie Kühlgeräte ist nicht mit einem direkten Arbeitseinsatz verbunden. Bei Haushaltgeräten, welche Arbeit nicht vollständig ersetzen (beispielsweise Waschmaschinen oder Geschirrspüler) hängt die Bilanz aber davon ab, ob tatsächlich mehr gewaschen wird (führt zu erhöhtem Zeitaufwand für Vor- und Nachlauf), oder ob die Maschine für die gleiche Menge häufiger genutzt wird (spart unter Umständen sogar Zeit).

Da die Auswahl an Bestgeräten durch die neue Regelung nicht ändert, bleibt auch der Anreiz konstant, ein altes Gerät durch ein neues zu ersetzen. Deshalb sind indirekte Reboundeffekte in Form grauer Energie nicht zu erwarten. Sekundäre Effekte hingegen sind wiederum automatisch mit der finanziellen Ersparnis verbunden, wegen der geringen Beträge wird ihr absoluter Betrag jedoch relativ klein sein.



**Abbildung 12.** Aufteilung des typischen Haushalt-Stromverbrauchs (im Mehrfamilienhaus; inkl. Sättigungsgrad einzelner Geräte). Quelle: Bush et al. (2007).

Berücksichtigt man auch erweiterte Effekte, deuten die tiefen monetären Werte auf relativ kleine direkte Reboundeffekte hin, da sie unter Umständen zu tief sind, um entscheidungsrelevant zu sein.

Zusätzlich ist aber auch mit psychologischen Effekten zu rechnen (weniger mit sozialen, da die betreffenden Geräte kaum ausserhalb des Haushaltes wahrgenommen werden). Dabei handelt es sich einerseits um eine Substitution (neu Einsatz von elektrischen Geräten anstelle von Handarbeit), andererseits kommt es aber auch zu einer Erhöhung des Nutzens durch die vermehrte Verwendung von Geräten (nach Definition ein Einkommenseffekt). Allerdings sind diese Effekte nur in den Fällen der hier besprochenen Massnahme anzulasten, in denen sonst eines der neu verbotenen, hochineffizienten Geräte gekauft worden wäre. Bei den sekundären Effekten führt vermutlich neben der geringen Ersparnis insbesondere die Tatsache, dass diese nur indirekt, verzögert und ratenweise auf der Stromrechnung erscheint, zu verhältnismässig tiefem Rebound. Dadurch werden allerdings auch die oben postulierten psychologischen direkten Reboundeffekte reduziert, da das Bewusstsein, ein sparsames, umweltfreundliches Gerät zu besitzen, nur schwach durch finanzielle Signale bestätigt wird.

Während sich bei den Unternehmen die Betroffenheit auf elektronische Geräte und die Beleuchtung konzentriert, kann grundsätzlich von den gleichen Effekten wie bei den Haushalten ausgegangen werden. Lediglich die geringere Wahrnehmung aufgrund kleiner Beträge ist womöglich wegen des höheren Kostenbewusstseins weniger ausgeprägt, andererseits könnte aber deswegen auch die durchschnittliche Effizienz der Geräte schon vor Einführung der Massnahme relativ hoch sein.

### **Zusammenfassung und Empfehlungen**

Insgesamt wurde gezeigt, dass der Erlass von Mindestanforderungen an elektrische Geräte zwangsläufig mit Rebound verbunden ist, da die Effizienzgewinne den Konsumenten überlassen werden – allerdings wird bei Unternehmen eine etwas geringere Wirkung erwartet, weil diesen eine höhere bestehende Effizienz zugeschrieben wird. Dabei variiert der direkte Reboundeffekt in Abhängigkeit der bisherigen Nutzung und der Opportunitätskosten für die Mehrnutzung des Geräts.

Auch hier kann – zumindest bei den Haushalten – jedoch argumentiert werden, dass die geringen Beträge und deren indirekten Wahrnehmung über die Stromrechnung zu einer Abschwächung des Rebounds führen könnten. Andererseits kann er durch psychologische Effekte auch verstärkt werden, da ein grösserer Anteil der Konsumenten einen mentalen Gewinn durch den Kauf eines umweltfreundlichen, effizienten Geräts erfährt.

Die Reboundeffekte könnten also reduziert werden, indem die Effizienzgewinne durch eine Abgabe abgeschöpft würden. Dies scheint aber schlecht praktikabel, aufwändig und es würde die Attraktivität der effizienten Geräte mindern. Insgesamt scheint das Instrument aber – auch dank den Gegebenheiten – effizient und gut ausgestaltet zu sein.





# 4. Diskussion

## 4.1 Diskussion der analysierten Politikinstrumente

Nun sollen die oben durch die Analyse der verschiedenen Instrumente erhaltenen Resultate zuerst allgemein und anschliessend massnahmenspezifisch mit den durch das UKERC zusammengefassten bisherigen Forschungsergebnissen verglichen werden.

Nicht nur bei nicht-monetären Massnahmen, sondern auch durch steuerliche Anreize (LSVA, Road Pricing) oder solche von Lenkungsabgaben (CO<sub>2</sub>-Abgabe) können brachliegende Effizienzpotentiale zur Ausnützung angeregt werden. Dies entspricht der Überwindung von Ineffizienz, was nach UKERC die Produktivitätssteigerung und somit den Rebound noch verstärken dürfte (ERC13). Allerdings variieren diese ungenutzten Potentiale und sie sind schwer zu quantifizieren. Während in den folgenden Ausführungen vorwiegend argumentiert wird, dass eine schlechte Wahrnehmbarkeit der Rückerstattung einer Abgabe/Steuer den Reboundeffekt reduziert würde, könnte auch die Meinung vertreten werden, dass dies irrelevant ist, weil diese Beträge trotzdem ausgegeben werden – Evidenz wurde dazu aber nicht gefunden.

### LSVA und 40-Tonnen-Gewichtslimite

Beim Gütertransport handelt es sich zwar nicht um eine Technologie, er hat aber ähnliche Merkmale wie eine Kern-Verfahrenstechnologie nach ERC83, indem er wie erwähnt an den Kosten fast sämtlicher Produkte beteiligt ist und sich so allfällige Reboundeffekte verteilen können. Weiter entspricht er zumindest teilweise einer (reboundanfälligen) GPT nach Lipsey et al. (2005), insbesondere durch die möglichen Optimierungen in Form höherer Auslastungen und/oder höherer Gewichtslimiten. Gerade erstere Reboundmöglichkeit wäre zwar theoretisch nicht gegeben, wie gezeigt könnte sie aber in der Realität durchaus relevant sein. Die in den Resultaten dargelegte Erwartung geringer Reboundeffekte stimmt zwar mit ERC79 nicht überein, wo in der Wirtschaft höhere Reboundeffekte vorhergesagt werden. Dies hängt aber gerade damit zusammen, dass durch den Kostendruck in der hier betroffenen Branche die Effizienzgewinne, falls nicht von der Steuer abgeschöpft, voraussichtlich an die Haushalte weitergegeben werden.

Zudem müsste laut UKERC auch angesichts der hohen Energieintensität der Transportbranche ein hoher Reboundeffekt erwartet werden (ERC51). Die Substituierbarkeit von Energie (Transporten) durch andere Produktionsfaktoren variiert aber stark zwischen gering für die Verteilung von Gütern (v. a. Binnenverkehr) und hoch für gewisse Arbeitsteilungsprozesse (v. a. grenzüberschreitend), weshalb keine eindeutige Aussage für Rebound nach Saunders (2000) gemacht werden kann. Wird die Gewichtslimitenerhöhung als Effizienzförderungsmaßnahme aufgefasst, wäre demnach gemäss der nicht unumstrittenen Ansicht von Saunders (2000) für eine Energieeinsparung eine Erhöhung der Gewichtslimite für den Binnenverkehr und die Einführung einer LSVA für den internationalen Verkehr zu empfehlen. Die umgekehrte Zuordnung würde allerdings im internationalen politischen Kontext realistischer erscheinen.

Das UKERC argumentiert, dass sich der Staat auf Effizienzmassnahmen beschränken sollte, welche nicht zu Produktivitätssteigerungen führen (ERC71). Im Vorliegenden Fall widerspricht zwar die Erhöhung der Gewichtslimite für LKWs dieser Empfehlung, die Produktivitätssteigerung scheint aber durch die LSVA erfolgreich aufgefangen worden zu sein. Zudem entspricht es auch der empfohlenen Beseitigung von Marktschranken zugunsten der Wettbewerbsfähigkeit (ERC93). Andererseits kann auch argumentiert werden, dass eine Beibehaltung der Gewichtslimite die Attraktivität der

energieeffizienten Bahn erhalten hätte und daneben mit einer LSVA die Effizienz im Strassentransport trotzdem hätte optimiert werden können. Angesichts der beschränkten Bahnkapazitäten und des politischen Drucks durch die EU kann die vorliegende Lösung jedoch als praktisch optimales Modell betrachtet werden, wobei zudem die Beschränkung des zwar effizienten Strassenverkehrs zugunsten der Bahn (beispielsweise durch eine Alpen transitbörse) dadurch nicht ausgeschlossen wird. Sie entspricht schlussendlich auch der durch das UKERC empfohlenen Kombination von Massnahmen zur Beseitigung von Markthemmnissen und Steuern (ERC93).

Wie auch das UKERC herausstreicht (ERC55), muss die Verwendung von Steuereinkünften genau bedacht werden, was hier ebenfalls betrachtet wurde. Logischerweise gilt es, die Einnahmen möglichst für Zwecke mit einer geringen Energieintensität zu verwenden, um keinen Rebound zu generieren. Wie beim vorliegenden Instrument dargelegt wird, ist unter günstigen Umständen und guter Ausgestaltung sogar ein „umgekehrter Rebound“ möglich. Weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet wären für künftige Politikentscheide von grossem Wert, denn die UKERC-Review lässt in dieser Hinsicht weitergehende Betrachtungen vermissen. Andererseits weist eine grobe Abschätzung des Rebounds durch die Verwendung der Kantonsanteile für den Strassenbau auf potentiell hohe Reboundeffekte hin, weshalb sich eine genauere Analyse und allenfalls eine Anpassung der Verwendungszwecke (hin zu einer geringeren Energieintensität) aufdrängen würden. Das Resultat der erwähnten Abschätzung ist allerdings mit Vorsicht zu geniessen, da einerseits für bestimmte Werte möglicherweise keine repräsentativen Daten verwendet wurden, und andererseits gewisse angenommene Mechanismen (insbesondere die zum Strassenausbau proportionale Verkehrszunahme) ohne wissenschaftliche Grundlage, sondern nur aus Vereinfachungsgründen verwendet wurden.

Abschliessend kann die LSVA in Kombination mit der Gewichtslimitenerhöhung bezüglich Rebound folgendermassen beurteilt werden: Es ist sehr vorteilhaft, dass die Effizienzpotentiale anscheinend vor Einführung grösstenteils ausgeschöpft waren und die später entstehenden Gewinne durch die Steuer abgeschöpft wurden. Die ansonsten zu erwartenden Reboundeffekte könnten relativ hoch sein und sich weit verteilen. Die Auswirkungen der Einnahmenverwendung könnten aber bezüglich Rebound stark negativ sein und müssen unbedingt weiter untersucht werden. Auch wenn insgesamt ein Verzicht auf die Erhöhung der Gewichtslimite (bei alleiniger Einführung der LSVA) besser erscheinen mag, ist die vorliegende Lösung pragmatischer und womöglich ebenso gut.

### Road Pricing

Wie bei der LSVA und der Gewichtslimitenerhöhung handelt es sich auch hier um Effizienz im Mobilitätsbereich, welche weitreichende Auswirkungen hat. Allerdings sind vor allem die Haushalte betroffen, und diese können vermutlich auch besser auf die Abgabe reagieren und erfahren somit höhere Effizienzgewinne, weshalb die Gewinne vornehmlich nur indirekt über die Wirtschaft verbreitet werden. Zudem sind wie gezeigt die Produktivitätsgewinne relativ schwach ausgeprägt, weswegen nicht die in ERC80 bei Produktivitätssteigerungen beschriebenen starken Reboundeffekte zu gewärtigen sind. Insbesondere die für Haushalte erwartete geringere Wahrnehmung der Effizienzgewinne und der damit verbundene schwächere Rebound entspricht der Feststellung des UKERC, wonach bei Unternehmen i. d. R. ein höherer Rebound erfolgt (ERC79). Wie erwähnt, müssen die (in der Analyse nicht ausgeschlossenen) direkten Reboundeffekte zusätzlich relativiert werden, da diese mit signifikanten Opportunitätskosten in Form von Zeit verbunden sind, wodurch der Rebound gedämpft wird (ERC22).

Auch Road Pricing ist zwar keine gezielte Förderung einer geeigneten Technologie nach ERC71, allerdings ist auch keine klare Steigerung von Faktorproduktivitäten ersichtlich. Wiederum gelten bezüglich der Verwendung der Steuern die gleichen Bemerkungen wie bei der LSVA. Beim Road Pricing besteht dazu ein grosser Spielraum, wobei auch der Einfluss auf die (politische) Akzeptanz berücksichtigt werden sollte. Die vermutete hohe Energieintensität von Haushaltsausgaben aufgrund einer Rückerstattung wird von einem Modell von Allan et al. (2006) bestätigt, welches darauf hinweist, dass eine direkte Rückgabe an die Bevölkerung (hier konkret über Steuersenkungen) den Reboundeffekt erhöht. Dies liege an den unterschiedlichen Energieintensitäten von staatlichem und privatem Konsum. (Ein gutes Beispiel, welches einerseits den

Reboundeffekt durch die Verwendung der Erträge minimiert und andererseits den Anreiz für den Staat reduziert, möglichst hohe Steuererträge zu erzielen, findet sich in Dänemark: Der Staat gibt den Erlös aus der Abgabe an die Industrie zurück, wobei der Grossteil für Umweltinnovationen reserviert wird. [Prasad 2008].) Neben der Energieintensität der Verwendung ist insbesondere auch auf die Wahrnehmung einer allfälligen Art von Rückerstattung zu achten. Dabei würde ein monatlicher Modus die (zu Rebound führenden) Ausgaben stärker stimulieren als eine grössere, jährliche Rückerstattung (Chambers und Spencer 2008); andererseits kann aber auch argumentiert werden, dass Sparen über Investitionen zu Rebound führen könnte. Wie das UKERC festhält, darf die Anpassung der Steuer an das Einkommen (oder allgemeiner: an die Inflation) nicht vergessen werden (ERC93). Weiter ist es zentral, dass im Sinne eines Massnahmenmix neben dem finanziellen Anreiz durch Road Pricing auch effiziente Alternativen gefördert werden (ERC93).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Rebound bei Road Pricing insbesondere bei Haushalten – vor allem aufgrund des mit individueller Mobilität verbundenen schlechten (tiefen) Verhältnisses zwischen Opportunitätskosten und Wertschöpfung pro Zeiteinheit – tief bleiben sollte. Beachtung geschenkt werden sollte nichtsdestotrotz der Verwendung der Erträge.

### **CO<sub>2</sub>-Abgabe**

Beim durch die CO<sub>2</sub>-Abgabe besonders betroffenen Heizen herrscht eine hohe Marktsättigung, weshalb wie oben festgestellt Einkommenseffekte zwar möglich, aber doch begrenzt sind. Dies stimmt angesichts des hohen schweizerischen Einkommensniveaus mit den Aussagen von Boardman und Milne (2000) zum Einfluss des Einkommens auf Rebound überein. Allerdings besteht ein gewisses Potential für die Initiierung technologischer Innovation, wobei auch hier die Auswirkungen limitiert sind, da es sich nicht um eine Kern-Verfahrenstechnologie oder eine GPT nach ERC83 handelt. Aufgrund der ausgemachten geringen Preiselastizität wäre gemäss ERC5 ein tiefer direkter Reboundeffekt, dafür aber laut ERC45f ein hoher indirekter Reboundeffekt zu gewärtigen. Allerdings ist letzere Schlussfolgerung gemäss UKERC nicht gesichert, obschon auch Kaufmann (1992) diese Beziehung herstellt. Trotzdem lässt sich aus der hier vorgenommenen Analyse eine entsprechende Tendenz erkennen.

Da bedingt durch die Ausgestaltung der Rückerstattung gewisse Unternehmen in den Genuss eines Nettogewinns aus der Abgabe kommen, könnte befürchtet werden, dass dies die in ERC79 festgestellten hohen Reboundeffekte von Firmen zur Folge haben könnte. Jedoch wurde gezeigt, dass die Betroffenen tendenziell eine tiefe Energieintensität aufweisen sollten, weshalb sich die Effekte im Rahmen halten müssten. Weil heizen mit sehr geringen Zeitkosten verbunden ist, kann nicht wie nach Binswanger (2001) mit einer Abnahme der Reboundeffekte in der Zukunft gerechnet werden. Auch wird die Nachfragesteigerung nicht durch damit verbundene hohe zeitliche Opportunitätskosten gemäss ERC22 eingeschränkt.

Aus dem Betrachtungswinkel von Saunders (2000) ist im durch die Abgabe hauptsächlich tangierten Gebäudesektor (Heizen) sowohl bei Privaten als auch in der Wirtschaft die Elastizität der Substitution zwischen Energie und anderen Produktionsfaktoren – im Gegensatz zur Preiselastizität der Energienachfrage – als relativ hoch anzuschauen, insbesondere angesichts der aufgezeigten hohen ungenutzten Effizienzpotentiale. Dies würde zwar entgegen der angestellten ökonomietheoretischen Überlegungen deutliche Reboundeffekte erwarten lassen, die Überlegungen von Ayres (2002) würden jedoch aufgrund der niedrigen Eigenpreiselastizität zumindest backfire eher ausschliessen. Andererseits wäre aber die Anwendung einer Steuer, wie es auch die CO<sub>2</sub>-Abgabe im weiteren Sinne ist, aus dieser Optik zu unterstützen. Allerdings weist dies auch indirekt darauf hin, dass der Rückerstattung der Abgabe – dem Unterschied zwischen einer Lenkungsabgabe und einer Steuer – besonderes Augenmerk zu schenken ist. Dies wird durch ERC52 und ERC55 bekräftigt.

Interessant ist weiter im Kontext der aufgezeigten Preisentwicklung, dass gemäss ERC59 die indirekten Reboundeffekte generell als unabhängig zu Variationen von Energie- und CO<sub>2</sub>-Preisen betrachtet werden können.

Da der Einsatz von Brennstoffen im Allgemeinen lediglich die Funktion des Heizens hat, ist eine diesbezügliche Verbesserung der Effizienz nicht mit weiteren reboundfördernden Produktivitätssteigerungen verbunden, obschon es sich häufig auch um die Überwindung von Ineffizienz nach ERC13 handelt, wenn auch in diesem Fall ausgelöst durch eine monetäre Massnahme. Zusätzlich ist wie schon beim Road Pricing gezeigt auch die Rückerstattungsperiode von Bedeutung. Die von ERC93 für die Minimierung des Rebounds geforderte Erhaltung des Kostenniveaus der betreffenden Energiedienstleistung durch die Anpassung einer Steuer ist bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe eigentlich nicht gegeben, denn deren potentielle jährliche Erhöhung ist nicht auf diesen Zweck ausgerichtet. Zudem wird die vorliegende Abgabe (nach aktuellem Kenntnisstand) auch lediglich für wenige Jahre erhoben werden und garantiert somit keine Konstanz. Die in ERC93 weiter geforderte Kombination von Steuern mit der Förderung energieeffizienter Technologien ist auch im vorliegenden Kontext nicht von der Hand zu weisen. Allerdings sei darauf hingewiesen, dass im Gebäudebereich sehr wohl hervorragende Technologien vorhanden und auch wirtschaftlich sind (wie zum Beispiel durch Minergie®-Bauten vor Augen geführt wird), diese aber einfach nur selten eingesetzt werden.

Abschliessend muss somit anerkannt werden, dass die vorliegende Untersuchung aufgrund verschiedener Überlegungen zu unterschiedlichen Resultaten kommt, weshalb weitere, allenfalls quantitative Untersuchungen angezeigt scheinen. So weisen zahlreiche Argumente wie hohe Sättigung, Abwesenheit von GPTs und allgemein von Produktivitätserhöhungen, tiefe Energieintensitäten der profitierenden Unternehmen, sowie eine geringe Wahrnehmung der Abgabe eher auf kleine Reboundeffekte. Andererseits ergibt die Überlegung in Anlehnung an Saunders die Vermutung hoher Reboundeffekte, was weiter durch identifizierte „low hanging fruits“ und das Nichtvorhandensein von Opportunitätskosten unterstützt wird. Unbestritten ist, dass die Verwendung der Erträge aus der Lenkungsabgabe sehr relevant ist. Schliesslich wäre die Weiterführung (und allenfalls Anpassung) der CO<sub>2</sub>-Abgabe über einen längeren Zeithorizont sehr zu empfehlen.

### **energieEtikette**

Wie oben herausgestrichen wurde, ist es relevant, auf welche Geräte die energieEtikette angewendet wird. Dies wird auch vom UKERC bestätigt. So sei zu berücksichtigen, dass Technologien mit einer geringen Marktsättigung hohe Reboundeffekte hätten (ERC83).

Neben den festgestellten psychologischen Effekten besitzt die gesamte Beleuchtung Merkmale einer GPT nach Lipsey et al. (2005): Sie wird universell eingesetzt, ist – wenn auch marginal – indirekt an sämtlichen Produktionsprozessen beteiligt, und besitzt ein deutliches Optimierungspotential (von herkömmlichen Glühlampen über Energiesparlampen zu LED-Technologie). Hoher Rebound ist damit zu erwarten, backfire scheint aber unter Abwesenheit der in ERCviii erwähnten Faktoren wie Einsatz nur auf Produzentenseite oder Effizienzverbesserungen in frühem Entwicklungsstadium weniger wahrscheinlich. Trotz dieser Überlegungen ist Rebound in diesem Bereich aber vermutlich weniger verbreitet als befürchtet werden könnte, denn der Effekt der energieEtikette auf den Beleuchtungssektor hält sich in Grenzen (BFE 2008c). Ausser der Beleuchtung ist vor allem der Haushaltssektor durch die Massnahme betroffen, wodurch gemäss ERC79 der Rebound eher tief bleiben sollte.

Die Elastizität der Substitution zwischen Energie und anderen Produktionsfaktoren ist hier ziemlich gering, da es sich bis auf Raumklimageräte um Geräte handelt, die in der Schweiz dem Mindestlebensstandard zuzurechnen sind. Dies bedeutet, dass weniger Rebound befürchtet werden muss, und Massnahmen zur Effizienzsteigerung effektiver sind als Steuern, was im weiteren Sinne dem hier gewählten Ansatz entspricht. Wie in der Analyse richtig erwähnt sind nach ERC22 die Opportunitätskosten für die Erhöhung der Nachfrage zu berücksichtigen. Dabei bestehen grosse Unterschiede zwischen Beleuchtung (tief) und Haushaltgeräten (hoch). Dies bedeutet, dass bei ersterer der Rebound wie anderweitig schon festgestellt relativ hoch sein kann, während er bei den Haushaltgeräten gering sein sollte. (ERC35 erwähnt diesbezüglich Geschirrspüler explizit.)

Die allgemeine Bemerkung in ERC92, wonach die Wirkung nicht-preislicher Massnahmen wegen Vernachlässigung von Rebound überschätzt worden sei, trifft auch auf die energieEtikette zu, gleichzeitig wohl aber auch der Hinweis auf die ohnehin hohe Effizienz dieser Instrumente. Dabei handelt es sich zwar auch um die „Überwindung von Ineffizienz“ (ERC13), aber da die Faktorproduktivität kaum signifikant erhöht wird, ist dies hier nicht relevant. Nichtsdestotrotz könnten analog zu ERC71 die der energieEtikette unterstellten Geräteklassen so ausgewählt werden, dass solche mit ohnehin grösstenteils Bestgeräten ausgelassen werden, und ineffiziente Geräte könnten allenfalls durch Mindestanforderungen vom Markt ausgeschlossen werden (vgl. Kap. 3.6). So würde der mit der energieEtikette verbundene Rebound reduziert. Wie ERC84 festhält, ist die Verbreitung von GPTs für die Wirtschaft wichtig, dies wird aber durch das vorliegende Instrument nicht verhindert. Die energieEtikette ist bestimmt eine hilfreiche Massnahme, um die Verbreitung von effizienten Technologien zu fördern, nach Auffassung des UKERC idealerweise in Kombination mit monetären Instrumenten (ERC93).

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, dass die Relevanz der abgedeckten Geräteklassen bestätigt wurde, wobei bezüglich Rebound in Abhängigkeit der Sättigung eine Differenzierung nach Ersatz- und Neukäufen zu machen ist. In diesem Zusammenhang könnte eine Kombination mit Mindestanforderungen an Geräte oder monetären Instrumenten sinnvoll sein. Insgesamt sollte sich der Rebound ausser bei der Beleuchtung im Rahmen halten, wobei (sozio-)psychologische (Einkommens-)Effekte die Hauptrolle spielen. Dies liegt in der Natur einer Informationsmassnahme, wird aber verstärkt durch den relativen Aspekt der Bewertung eines Geräts durch die energieEtikette. Insbesondere die Berücksichtigung der Gerätegrösse führt zu verzerrter Information und stellt somit eine Schwäche der energieEtikette dar.

### **Mindestanforderungen an elektrische Geräte**

Die identifizierte Wichtigkeit der Sättigung mit den verschiedenen Gerätearten stimmt überein mit der Feststellung in ERC83, wobei die Sättigung zu einem gewissen Teil mit dem Einkommen korrelieren sollte (Boardman und Milne 2000). Diese ist umso relevanter, als dass zwar durch den Einsatz eines energieeffizienteren Geräts der betroffenen Klassen die Produktivität der anderen Einsatzfaktoren kaum markant gesteigert wird, wohl aber beim Umstieg von Handarbeit auf den Gebrauch eines Geräts, was laut ERC80 hohen Rebound mit sich bringen könnte.

Da auch hier wie bei der energieEtikette festgestellt die Beleuchtung als GPT betrachtet werden kann, wäre in diesem Bereich aufgrund der analogen Überlegungen mit hohem Rebound zu rechnen. Zudem lässt sich der Beleuchtungsbereich auch als Kern-Verfahrenstechnologien nach ERC83 auffassen, was auf eine weite Verbreitung des Reboundeffekts hinweist. Gerade auch Computer gelten als Paradebeispiel für GPTs (und könnten im erweiterten Sinne auch als Kern-Verfahrenstechnologie bezeichnet werden). Da es bei den vorliegenden Anforderungen aber lediglich um den Stand-by-Verbrauch geht (BFE 2008c), wird dadurch die Produktivität nicht erhöht. Somit werden zwar Energie und damit auch Geld gespart, aber eine Verstärkung des Rebounds durch eine begleitende Produktivitätssteigerung muss nicht befürchtet werden.

Dass die Massnahme naturgemäss mehrheitlich im Haushaltssektor angreift, ist gemäss ERC79 positiv zu werten, da hier der Rebound eher tiefer als in der Wirtschaft ist. Die Elastizität der Substitution von Energie durch andere Produktionsfaktoren ist bei den betroffenen Geräten ähnlich wie bei der energieEtikette als gering anzunehmen, da deren Leistung kaum in gleicher Qualität auf andere Weise zu erbringen ist. Nach Saunders (2000) wäre damit eher kein Rebound zu befürchten, und Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz wären gegenüber Energiesteuern zu bevorzugen, was hier mit der Steigerung der Durchschnittseffizienz der Geräte auch gewissermassen umgesetzt wurde. Die aufgrund der vorhandenen geringen Preiselastizität zu befürchtenden hohen indirekten Reboundeffekte nach ERC45f wurden in den obigen Ausführungen allerdings nicht festgestellt. Die oben beschriebene Reduktion des Rebounds aufgrund von Opportunitätskosten für die Nachfrageausdehnung, insbesondere bei elektronischen Geräten, entspricht der Argumentation des UKERC in ERC22, wobei wie schon bei der energieEtikette die Beleuchtung von diesem Effekt ausgenommen ist. In ERC35 werden in dieser Hinsicht zahlreiche unter die neue Energieverordnung fallende Geräte explizit erwähnt.

Auch beim geplanten Erlass von Mindestanforderungen an elektrische Geräte wurde wie in ERC92 für nicht-monetäre Instrumente postuliert der Nutzen vermutlich überschätzt, wird doch der Rebound in den Erläuterungen des Bundes nirgends auch nur erwähnt. Trotzdem sind aber die in der vorliegenden Analyse ausgemachten Reboundeffekte relativ bescheiden. Somit ist auch die Einschätzung des BFE, wonach diese Massnahme bei Kosten von 130'000 Fr. eine „hohe“ Wirkung entfalten werde (BFE 2007b), nur geringfügig zu relativieren.

Bei der vorliegenden Massnahme ist das primäre Ziel zwar ganz klar die Überwindung von Ineffizienz. Allerdings ist diese hier wie schon für die GPTs ausgeführt nur beschränkt mit der Steigerung von anderen Faktorproduktivitäten verbunden, welche vom UKERC mit hohem Rebound in Verbindung gebracht würde (ERC13). Durch das Verbot ineffizienter Geräte wird dem Markt aber ohnehin wie in ERC 93 empfohlen die Möglichkeit gelassen, von Innovationen selbst zu profitieren, während eine weitere Effizienzerhöhung von GPTs wie Computer oder Lampen zumindest direkt nicht gefördert wird, wie ERC84 auch rät. Insgesamt kann die Einführung von Mindestanforderungen an elektrische Geräte als nur relativ schwach reboundgefährdet betrachtet werden. Dafür sind unter anderem die mit der Nutzung verbundenen Opportunitätskosten sowie der Sättigungsgrad der Geräte verantwortlich, aber auch die Wahrnehmung der Effizienzgewinne. Interessant ist die Feststellung, dass mit der Effizienzsteigerung verbundene Produktivitätserhöhungen zwar erwartet werden könnten, unter den gegebenen Umständen aber nur bedingt auftreten sollten.

## 4.2 Rückschlüsse auf weitere Instrumente

### CO<sub>2</sub>-Lenkungsabgabe auf Treibstoffen

Die CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Treibstoffen würde analog zur CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen funktionieren, sie konnte sich bisher allerdings politisch nicht durchsetzen. Da sie im Mobilitätsbereich ansetzt, werden auch Erkenntnisse aus dem Road Pricing berücksichtigt.

Eine solche Abgabe auf Treibstoff hätte je nach Ausgestaltung von Road Pricing ziemlich genau die gleiche Wirkung, weshalb in Anlehnung an dessen Analyse ein tiefer Rebound erwartet werden könnte. Wie sowohl dort als auch bei der Abgabe auf Brennstoffe vermerkt, ist daneben aber auch die Rückerstattung der Lenkungsabgabe zu beachten. Das unschlussige Ergebnis der Analyse zur CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen macht es schwierig, daraus Folgerungen für die Abgabe auf Treibstoffen zu ziehen. Aufgrund des grundsätzlich unterschiedlichen Sektors scheint dies aber ohnehin nicht einfach zu sein. Insgesamt lässt sich somit die Einschätzung des BFE (2007b), wonach diese Massnahme eine „grosse“ Wirkung entfalten sollte, tendenziell unterstützen, aber nicht abschliessend beurteilen.

### Zielvereinbarung mit auto-schweiz

Die geplante neue, verschärfte Zielvereinbarung mit auto-schweiz entspricht wie der Erlass von Mindestanforderungen an elektrische Geräte einer Norm und ist somit nicht-monetär und angebotsorientiert. Allerdings ist die Massnahme im Mobilitätsbereich anzusiedeln; und es wird vermutlich lediglich ein zu erreichender Durchschnittswert vorgegeben, welcher nicht nur durch den Verzicht auf den Verkauf der ineffizientesten Fahrzeuge erreicht werden kann, sondern auch neue, top-effiziente Fahrzeuge in der Angebotspalette notwendig macht. Insgesamt könnte in Anlehnung an die Analyse der Mindestanforderungen von einem eher geringen Reboundeffekt ausgegangen werden. Allerdings sind die aufgrund der diskutierten Regelung notwendigen Einsparungen im motorisierten Individualverkehr vermutlich höher, so dass die Wahrnehmung der Effizienzgewinne stärker wäre. Ansonsten gelten die gleichen Argumente bezüglich Opportunitätskosten und Sättigung wie bei den Mindestanforderungen. Auch die für die elektrischen Geräte diskutierten Produktivitätsgewinne sind hier bestimmt nicht zu erwarten. Da ausserdem die Elastizität der Substitution mit anderen Produktionsfaktoren als relativ gering eingeschätzt werden kann, sollte insgesamt von einem ebenfalls geringen Reboundeffekt ausgegangen werden können. Somit scheint auch die Einstufung der Wirkung dieser Massnahme durch das BFE (2007b) als „gross“ nicht in Frage gestellt werden zu müssen.

### 4.3 Kritische Betrachtung der Arbeit

Aufbauend auf einer klaren Theoriegrundlage war es mittels einer detaillierten Analyse ausgewählter Instrumente möglich, zahlreiche Aspekte deren Implementierung aufzuzeigen, und sowohl vermutete als auch weniger wahrscheinliche Reboundeffekte zu bestimmen. Aus dem Vergleich mit bisherigen Forschungsergebnissen geht hervor, dass diese Erkenntnisse robust sind. In manchen Fällen müssen bestehende (teilweise zu allgemeine) Ansichten in Frage gestellt werden. Eine bedeutende Einschränkung stellt dabei aber der qualitative Charakter der vorliegenden Arbeit dar. Somit lassen sich zwar Handlungsempfehlungen ableiten, ein Vergleich der Grösse verschiedener Reboundeffekte ist allerdings kaum möglich oder wäre mit höchster Vorsicht zu geniessen. Ebenfalls unmöglich ist auf diese Art eine abschliessende Effizienzbewertung verschiedener Massnahmen. Der Grund für die Inkaufnahme dieser Schwäche ist neben dem hohen Aufwand auch die schwache Datengrundlage, daneben wäre zudem eine schlechte Verallgemeinerbarkeit der Resultate anzunehmen.

Bei sämtlichen untersuchten Politikinstrumenten ist das Ziel entgegen dem Fokus des UKERC nicht die Förderung einer spezifischen Technologie, sondern eine allgemeine (z. T. indirekte) Steigerung der Energieeffizienz in einem bestimmten Bereich. In anderen Worten heisst dies, dass zwar sehr wohl Technologien gefördert werden, die Politikmassnahmen diese aber nicht gezielt auswählen (können), sondern jeweils höchstens auf eine ganze Geräteklasse fokussieren. Dieser Unterschied hat den für diese Arbeit nutzbaren Teil des UKERC-Berichts eingeschränkt und auch die Anwendung der Erkenntnisse erschwert, da stets nach den verschiedenen von einem Instrument betroffenen Technologien zu differenzieren war.

Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass der hier über Energie definierte Rebound vor dem Hintergrund des Klimawandels der aktuellen Diskussion nur bedingt gerecht wird und eine Definition über den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu diesem Zweck mehr Sinn machen würde (zumindest bis Energie grösstenteils erneuerbar ist, aber dann wäre auch der Rebound weniger besorgniserregend).





## 5. Schlussfolgerungen

Aus der vorgenommenen Analyse von schweizerischen Politikinstrumenten zur Steigerung der Energieeffizienz und dem spezifischen Vergleich mit aktuellen Forschungsergebnissen ergeben sich eine konkrete Bewertung sowie Empfehlungen bezüglich Reboundeffekten, welche in Tabelle 4 in Stichworten knapp zusammengefasst sind. Diese Resultate sind für die Politik relevant und können für Anpassungen bestehender Instrumente oder neue Massnahmen berücksichtigt werden. Wie im Rahmen dieser Arbeit auch klar wurde, sind häufig Kombinationen sinnvoll; und politisch manchmal notwendige, mit Rebound verbundene Zugeständnisse können durch Kompromissbildung durchaus erfolgreich ausgestaltet werden, wie die durch die EU verlangte Erhöhung der Gewichtslimite auf 40 Tonnen und deren von der Schweiz eingeforderte Verknüpfung mit der LSVA zeigen.

Insgesamt wurde festgestellt, dass die untersuchten Instrumente gut ausgestaltet sind, obschon der Rebound nicht nur bei nicht-preislichen Massnahmen unterschätzt, sondern von den Bundesämtern nicht in Betracht gezogen wird. Vorsicht ist geboten bei Instrumenten, welche eine Veränderung des Modal-Splits anstreben, oder auch bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe, weil die i. d. R. angezielte und für den Rebound relevante Energieeffizienz nicht mit CO<sub>2</sub>-Effizienz gleichzusetzen ist. Grundsätzlich können zahlreiche Kriterien und Wirkmechanismen aus der Forschung bestätigt werden, einige Einschränkungen gilt es aber zu machen. Die gefürchtete ungedämpfte gleichzeitige Produktivitätssteigerung parallel zur Erhöhung der Energieeffizienz erscheint bei den untersuchten Instrumenten aufgrund der Analysen als unwahrscheinlich. Allgemein wurde festgestellt, dass GPTs oder die Überwindung von Ineffizienz ohnehin häufig nicht mit Produktivitätssteigerung verbunden sind, so z. B. bei den Mindestanforderungen. Hingegen wurde am Beispiel der CO<sub>2</sub>-Abgabe bewusst, dass auch die Förderung von technologischer Innovation langfristig zu Rebound führen kann.

Opportunitätskosten für die Ausweitung der Nachfrage sind für den Rebound zentral (beispielsweise bei Road Pricing), und auch die Sättigung mit den betreffenden Technologien ist von Bedeutung. Die Theorie von Saunders, wonach der Rebound mit steigender Elastizität der Substitution zwischen Energie und anderen Produktionsfaktoren zunimmt, ist mit Vorsicht anzuwenden. So konnte es bei den Mindestanforderungen bestätigt werden, stand aber bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe im Widerspruch zu anderen Erkenntnissen. Genau umgekehrt verhält es sich mit der Theorie über den Einfluss der Preiselastizität auf den Rebound aus dem UKERC-Bericht. Allgemein ist zu beachten, dass häufig die betroffenen Gerätekategorien relevant sind und nicht nur der breitere Anwendungsbereich einer Massnahme (dies gilt konkret für Überlegungen zu Opportunitätskosten oder solche basierend auf der Elastizität der Substitution nach Saunders).

<b>Politikinstrument</b>	<b>zu erwartender Reboundeffekt</b>	<b>Empfehlung</b>
LSVA & Gewichtslimite	direkt gering, hoch durch Steuerverwendung	energieextensive Steuerverwendung
Road Pricing	je nach Design; eher tief ausser Rückerstattung	energieextensive oder indirekte Rückerstattung
CO <sub>2</sub> -Abgabe	nicht eindeutig; Rückerstattung wichtig	indirekte Rückerstattung; Konstanz garantieren
energieEtikette	mittel, vor allem sozio-psychologisch	keine relative Skala, nur gesättigte Gerätearten
Mindestanforderungen	gering – mittel, je nach Sättigung & Zeitkosten	– (allenfalls Gewinne mit Abgabe abschöpfen)

**Tabelle 4.** Knappe Zusammenfassung der zu erwartenden Reboundeffekte und Empfehlungen für die verschiedenen untersuchten Massnahmen.

Andererseits wurden auch neue Ansätze, welche erweiterte Effekte auf den Rebound berücksichtigen, mit dem Ziel übernommen, realitätsnähere Resultate zu erhalten. So wurde aufgezeigt, dass sozio-psychologische Effekte omnipräsent sind, insbesondere bei Informationsmassnahmen, weshalb deren (indirekte) Botschaften gut zu bedenken sind. Ebenfalls zu beachten sind potentielle (z. T. irreführende) Symbolwirkungen einzelner Objekte oder Massnahmen. Auch bei Steuern, welche theoretisch nicht mit Rebound verbunden wären, wurde gezeigt, dass insgesamt entscheidend ist, ob vorher schon Effizienzpotentiale („low hanging fruits“) vorhanden waren. Falls dies der Fall ist, muss trotzdem Rebound erwartet werden. Weiter bestätigte sich, dass die Ausgestaltung einer Steuer und damit deren Wahrnehmung entscheidend ist (beidseitig, so kann z. B. die Wirkung von Road Pricing sowohl gedämpft als auch zu einer Symbolwirkung verstärkt werden). Ebenso wichtig sind der Verwendungszweck von Steuereinnahmen (z. B. führt bei der LSVA die Bandbreite von umgekehrtem Rebound bis zu backfire) bzw. die Rückerstattung von (indirekten Lenkungs-)Abgaben (wobei auch hier die Wahrnehmung entscheidend ist, wie z. B. bei der CO<sub>2</sub>-Abgabe). Bezüglich der Wahrnehmung von Effizienzgewinnen wurden zahlreiche Überlegungen angestellt, es wurden aber keine neuen, allgemein gefestigten Einsichten erlangt.

Als zentrale Erkenntnis wurde insgesamt aufgezeigt, dass sich die Resultate stark unterscheiden können in Abhängigkeit davon, ob ökonomisch oder realwirtschaftlich (durch den Einbezug erweiterter Effekte) argumentiert wird. Dies gilt in beide Richtungen, so ist der reale Rebound gegenüber der theoretischen Argumentation für die LSVA höher, aber für die Erhöhung der Gewichtslimite tiefer. Daneben gilt es zu beachten, dass gewisse Politikinstrumente wie die energieEtikette erst durch den Einbezug von Marktversagen legitimieren werden können.

# Literaturverzeichnis

- Allan, G., N. Hanley, P. G. McGregor, J. K. Swales, K. Turner (2006). The macroeconomic rebound effect and the UK economy - Final report to the Department Of Environment Food and Rural Affairs. Strathclyde, Department Economics, University of Strathclyde.
- auto-schweiz (2002). "Vereinbarung über die Absenkung des Verbrauchs mit dem UVEK unterzeichnet." Abgerufen am 17. März 2009, von [http://www.auto-schweiz.ch/cms/Vereinbarung\\_uber\\_die\\_Absenkung\\_des\\_Verbrauchs\\_mit\\_dem\\_UVEK\\_unterzeichnet.html](http://www.auto-schweiz.ch/cms/Vereinbarung_uber_die_Absenkung_des_Verbrauchs_mit_dem_UVEK_unterzeichnet.html).
- Ayres, R. U. (2002). Resources, scarcity, technology and growth', INSEAD Working Paper No. 2002/118/EPS/CMER. Fontainebleau, Centre for the Management of Environmental Resources, INSEAD.
- BAFU (2007a). "Die CO<sub>2</sub>-Abgabe könnte bereits 2008 in Kraft treten." Abgerufen am 25. Dezember 2008, von <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=16609>.
- BAFU (2007b). Faktenblatt 2 zur CO<sub>2</sub>-Abgabe. Rückverteilung des Abgabeertrags an die Bevölkerung und Wirtschaft. UVEK. Bern.
- BAFU (2007c). "Was ist die CO<sub>2</sub>-Abgabe." Abgerufen am 25. Dezember 2008, von <http://www.bafu.admin.ch/co2-abgabe/05179/index.html?lang=de>.
- BAFU (2008a). "CO<sub>2</sub>-Abgabe auf Brennstoffen wird 2009 nicht erhöht." Abgerufen am 17. März 2009, von <http://www.bafu.admin.ch/dokumentation/medieninformation/00962/index.html?lang=de&msg-id=19643>.
- BAFU (2008b). Emissionshandel in der Schweiz, UVEK.
- Balmer, U. (2008). So wird die LSVA berechnet. UVEK. Bern, ARE.
- Balmer, U. (2009). Telefonische Auskunft. M. Schlegel. Bern, Bundesamt für Raumentwicklung.
- BFE (2002). Schwerpunkt energieEtikette. energie extra. Bern, BFE.
- BFE (2004). "Die energieEtikette für Haushaltgeräte und Beleuchtung." Abgerufen am 27. Dezember 2008, von [http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00887/index.html?lang=de&dossier\\_id=00923](http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00887/index.html?lang=de&dossier_id=00923).
- BFE (2007a). "Bundesrat Leuenberger will Energieeffizienz und Anteil der erneuerbaren Energien massiv ausbauen." Abgerufen am 3. Juli 2008, von <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=14286>.
- BFE (2007b). Entwurf: Aktionsplan Energieeffizienz. V. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Energie und Kommunikation UVEK. Bern.
- BFE (2008a). "Bundesrat schickt Revisionspaket für mehr Energieeffizienz in die Vernehmlassung." Abgerufen am 26. Dezember 2008, von <http://www.bfe.admin.ch/energie/00588/00589/00644/index.html?lang=de&msg-id=22122>.
- BFE (2008b). "Die energieEtikette für Haushaltgeräte und Beleuchtung." Abgerufen am 29. Oktober 2008, von <http://www.bfe.admin.ch/energieetikette/00887/index.html?lang=de>.

- BFE (2008c). Erläuterungen zu den Änderungen der Energieverordnung (EnV) betreffend Anforderungen an netzbetriebene elektrische Geräte. UVEK. Bern.
- BFE (2008d). Faktenblatt 5: Aktionsplan "Energieeffizienz". V. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Energie und Kommunikation UVEK. Bern.
- BFE (2008e). Faktenblatt. Vorschläge zur Revision der Energieverordnung. UVEK. Bern.
- BFE (2008f). Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2007. UVEK. Bern.
- BFS (2009a). "Mobilität und Verkehr: Wichtigste Kennzahlen." Abgerufen am 22. März 2009, von <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/01/key.html>.
- BFS (2009b). Panorama. Neuchâtel.
- Binswanger, M. (2001). "Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect?" *Ecological Economics* **36**(1): 119-32.
- Boardman, B., G. Milne (2000). "Making cold homes warmer: the effect of energy efficiency improvements in low-income homes." *Energy Policy* **218**(6-7): 411-24.
- bp (2009). "Carbon calculator." Abgerufen am 11. April 2009, von <http://www.bp.com/sectiongenericarticle.do?categoryId=9011367&contentId=7025803>.
- Brookes, L. G. (1972). "More on the output elasticity of energy consumption." *The Journal of Industrial Economics* **21**(1): 83-92.
- Brookes, L. G. (1978). "Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the UK." *Energy Policy* **6**(2): 94-106.
- Bureau of Transportation Statistics (2008). "National Transportation Statistics - Table 4-20: Energy Intensity of Passenger Modes." Abgerufen am 04.08 2008, von [http://www.bts.gov/publications/national\\_transportation\\_statistics/html/table\\_04\\_20.html](http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/html/table_04_20.html).
- Bush, E., S. Gasser, J. Nipkow (2007). Der typische Haushalt-Stromverbrauch. *Bulletin SEV/VSE*. Fehraltorf, electrosuisse.
- Chambers, V., M. Spencer (2008). "Does changing the timing of a yearly individual tax refund change the amount spent vs. saved?" *Journal of Economic Psychology* **29**: 856-862.
- Cohen, D. (2007). "Car crazy." Abgerufen am 10. April 2009, von <http://www.energybulletin.net/node/37525>.
- Dargay, J. M. (1992). Are price & income elasticities of demand constant? Oxford, The UK experience, Oxford Institute for Energy Studies.
- de Haan, P. (2008). energieEtikette - Kategorien. 081211-25\_Lenkungsabgaben\_I\_HANDOUTS.ppt. Zürich, ETH Zürich.
- de Haan, P., M. G. Müller, A. Peters (2006). "Does the hybrid Toyota Prius lead to rebound effects? Analysis of size and number of cars previously owned by Swiss Prius buyers." *Ecological Economics* **58**(3): 592-605.
- ecoplan (1998). Investitionsentscheide und Energiesparoptionen: Umfrage zu Hemmnissen und Einflussfaktoren. Bern, Bundesamt für Energie.
- ecoplan, Infras (2008). Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz - Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten. Bern, Schweizerische Eidgenossenschaft.
- Eisenhut, P. (2002). *Aktuelle Volkswirtschaftslehre*. Chur/Zürich, Verlag Rüegger.
- energieschweiz (2004). energieEtikette für Kühl- und Gefriergeräte. UVEK. Bern, BFE.

- energieschweiz (2008). Die energieEtikette gibt Auskunft. Bern, BFE.
- Epley, N., D. Mak, L. C. Idson (2006). "Bonus or rebate? The impact of income framing on spending and saving." Journal of Behavioral Decision Making **19**(June): 213-227.
- Erdgas Obersee (2007). "Informationen zur CO<sub>2</sub>-Abgabe für Haushalte." Abgerufen am 25. Dezember 2008, von <http://www.erdgasobersee.ch/de/markt-und-politik/co2-abgabe/co2-abgabe-fuer-haushalte.html>.
- Erdöl-Vereinigung (2009). "Rohölpreise. Brent 38 - Monatsmittel." Abgerufen am 9. Januar 2009, von <http://www.erdoelvereinigung.ch/de/erdoelvereinigung/Preise/Rohoel/Rohoelmonat.aspx>.
- EURIMA (2003). The critical importance of building insulation for the environment. Brüssel, European insulation manufacturers association.
- Évéquoz, R. (2008). Leistungen des motorisierten privaten Personenverkehrs auf der Strasse - Aktualisierte Zeitreihe bis 2007. EDI. Neuchâtel, BFS.
- EZV (2009). "Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA)." Abgerufen am 10. Februar 2009, von [http://www.ezv.admin.ch/zollinfo\\_firmen/steuern\\_abgaben/00379/index.html#](http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/steuern_abgaben/00379/index.html#).
- fenaco-Landi (2009). "CO<sub>2</sub>-Abgabe/Klimarappen." Abgerufen am 11. April 2009, von <http://www.holz-pellets.ch/default.asp?linkthemedit=9&marketid=25&lng=d&linkid=1392>.
- Greening, L. A., D. L. Greene, C. Difiglio (2000). "Energy efficiency and consumption - the rebound effect - a survey." Energy Policy **28**(6-7): 389-401.
- Güller, P., R. Neuenschwander, M. Rapp, M. Maibach (2000). Road Pricing: Konzepte und Akzeptanz. NFP 41: Verkehr und Umwelt - Wechselwirkungen Schweiz-Europa. Schweizerischer Nationalfonds. Bern.
- Hagenbüchle, W. (2002). Eine unbequeme Wahrheit. Neue Zürcher Zeitung. Zürich.
- Hagenbüchle, W. (2007). Anhaltender Druck gegen LSVA-Erhöhung. Neue Zürcher Zeitung. Zürich, NZZ.
- Hertwich, E. G. (2005). "Consumption and the Rebound Effect - An Industrial Ecology Perspective." Journal of Industrial Ecology **9**(1-2): 85-98.
- Hofer, B. (2008). Die Energie hinter der Energie. Zürcher UmweltPraxis. Zürich, Umweltschutzverwaltung des Kantons Zürich. **53**: 38-39.
- IEA (2004). 30 years of energy use in IEA countries. Oil crises & climate challenges. Paris, IEA.
- IPCC (2007). Working Group III contribution to the IPCC Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jevons, W. S. (1865). The Coal Question: Can Britain Survive? The Coal Question: An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of Our Coal-mines. A. W. Flux. New York, A. M. Kelley.
- Kafsack, H. (2009). Neues Energieetikett für Haushaltsgeräte. Frankfurter Allgemeine Zeitung. Frankfurt.
- Kasser, F. (2006). Road Pricing in der Schweiz: Soziale Verteilungseffekte und Umweltauswirkungen. Zürich, Natural and Social Science Interface (NSSI), ETH Zürich.
- Kaufmann, R. K. (1992). "A biophysical analysis of the energy/real GDP ratio: implications for substitution and technical change." Ecological Economics **6**(1): 35-56.
- Khazzoom, J. D. (1980). "Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances." Energy Journal **1**(4): 21-40.

- Kirchner, A., M. Schlesinger, P. Hofer, J. Limbers (2003). CO<sub>2</sub>-Abgabe bei Brennstoffen. Basel, prognos.
- Krebs, P., U. Balmer (2002). Fair und effizient. Bern, ARE/UVEK.
- Krebs, P., U. Balmer (2008). Fair und effizient. Bern, ARE/UVEK.
- Kt. AG (2009). "Tiefbau - Unterhalt." Abgerufen am 22. März 2009, von <http://www.ag.ch/tiefbau/de/pub/portrait/aufgaben/unterhalt.php>.
- Küng, M. (2006). Noch einen Klimarappen oder CO<sub>2</sub>-Abgabe? Aargauer Zeitung. Aarau, AZ Medien.
- Lipsey, R. G., K. I. Carlaw, C. T. Bekar (2005). Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long-term Economic Growth. Oxford, Oxford University Press.
- Nussbaumer, T. (2008). Energietechnik und Umwelt. Zürich, ETH Zürich.
- Prasad, M. (2008). On Carbon, Tax and Don't Spend The New York Times. New York, The New York Times Company.
- Rey, L., Dr. (2004). publifocus Road Pricing - Bericht eines Mitwirkungsverfahrens. Bern, TA SWISS.
- Ruch, A. (2005). Grundzüge der Rechtslehre. Zürich.
- Saunders, H. D. (1992). "The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth." The Energy Journal **13**(4): 131.
- Saunders, H. D. (2000). "A view from the macro side: rebound, backfire, and Khazzoom-Brookes." Energy Policy **28**(6-7): 439-49.
- Schlegel, M. (2008). Energy use and carbon emissions from passenger rail travel. Norwich, School of Environmental Sciences, University of East Anglia.
- Schlegel, M. (2009). Rebound effect of the Swiss heavy vehicle fee and the 40 tonnes weight limit. Zürich, ETH Zürich (unveröffentlichtes Dokument).
- Schreyer, C. (2008). External Costs of Transport - Today + Future development. SATW Congress, Yverdon.
- Schweizerische Eidgenossenschaft (1999). Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999. SR 101.
- Spielmann, M., P. de Haan (2008). Umweltindikatoren im Verkehr. Zürich, Verlag Rüegger.
- Stern, D. I. (1993). "Energy and economic growth in the USA : A multivariate approach." Energy Economics **15**(2): 137-50.
- Stern, D. I. (2000). "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy." Energy Economics **22**: 267-83.
- Stern, N. (2007). Stern Review: The Economics of Climate Change. London, HM Treasury.
- Stern, P. C., L. G. Berry, E. Hirst (1985). "Residential conservation incentives." Energy Policy **13**(2): 133-142.
- strasseschweiz (2007). "Klimarappen weist den Weg." Abgerufen am 17. März 2009, von [http://www.strasseschweiz.ch/dcs/users/2/Klimarappen\\_Genehmigung\\_d.pdf](http://www.strasseschweiz.ch/dcs/users/2/Klimarappen_Genehmigung_d.pdf).
- Stricker, C. (2008). Bundesrat Merz beugt sich der Lastwagenlobby. Neue Zürcher Zeitung. Zürich.
- swissinfo (2006). "Gestaffelte Abgabe für umweltgefährdende Emissionen." Abgerufen am 25. Dezember 2008, von [http://www.swissinfo.ch/ger/specials/deutsche\\_in\\_der\\_schweiz/Gestaffelte\\_Abgabe\\_fuer\\_umweltgefahrdende\\_Emissionen.html?siteSect=23001&sid=6833229&cKey=1150965942000&ty=st](http://www.swissinfo.ch/ger/specials/deutsche_in_der_schweiz/Gestaffelte_Abgabe_fuer_umweltgefahrdende_Emissionen.html?siteSect=23001&sid=6833229&cKey=1150965942000&ty=st).

- swissinfo (2008). "Schweiz vor weiterer Prämienerrhöhung." Abgerufen am 9. Januar 2009, von [http://www.swissinfo.ch/ger/news/wirtschaft/Schweiz\\_vor\\_weiterer\\_Praemienerhoehung.html?siteSect=164&sid=9802789&cKey=1223063317000&ty=st](http://www.swissinfo.ch/ger/news/wirtschaft/Schweiz_vor_weiterer_Praemienerhoehung.html?siteSect=164&sid=9802789&cKey=1223063317000&ty=st).
- TCS (2005). "CO<sub>2</sub>-Abgabe." Abgerufen am 25. Dezember 2008, von [http://www.tcs.ch/main/de/home/der\\_tcs/presse/archiv/co2\\_abgabe\\_.html](http://www.tcs.ch/main/de/home/der_tcs/presse/archiv/co2_abgabe_.html).
- UKERC (2007). The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. London.
- UVEK (2002). Kurzfassung Verlagerungsbericht 2002. UVEK. Bern.
- UVEK (2007). "LSVA-Erhöpfung auf 2008: Einjähriger Aufschub des Klassenwechsels für EURO 3-Lastwagen." Abgerufen am 30.07.08 2008, von <http://www.uvek.admin.ch/dokumentation/00474/00492/index.html?lang=de&msg-id=14038>.
- VCS Bern (2001). "Die Verwendung der LSVA-Gelder in den Kantonen." Abgerufen am 01.08 2008, von [http://www.vcs-be.ch/Neue\\_Dateien/die\\_verwendung\\_der\\_lsva.htm](http://www.vcs-be.ch/Neue_Dateien/die_verwendung_der_lsva.htm).
- Walter, F. (2004). publifocus Road Pricing. Bern, Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung (TA SWISS).
- Wilson, C., H. Dowlatabadi (2007). "Models of Decision Making and Residential Energy Use." Annual Review of Environment and Resources 32: 169-203.
- Wirl, F. (1997). The economics of conservation programs. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- WWF (2008). "Für Geräte: Top Ten! Klimafreundliche Produkte." Abgerufen am 27. Dezember 2008, von [http://www.wwf.ch/de/tun/tipps\\_fur\\_den\\_alltag/gerate\\_\\_lampen/topten/index.cfm](http://www.wwf.ch/de/tun/tipps_fur_den_alltag/gerate__lampen/topten/index.cfm).
- Zein-Elabdin, E. O. (1997). "Improved stoves in Sub-Saharan Africa: the case of the Sudan." Energy Economics 19(4): 465-75.



ETH Zurich  
Institute for Environmental Decisions (IED)  
Natural and Social Science Interface (NSSI)  
Universitaetstrasse 22  
8092 Zurich  
SWITZERLAND

Phone +41 44 632 58 92  
[www.nssi.ethz.ch/res/](http://www.nssi.ethz.ch/res/)